

Volumen 56

Número 2/3 · 1981

Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

Revista técnica publicada trimestralmente por International Telephone and Telegraph Corporation

Comunicaciones Eléctricas presenta las investigaciones, los desarrollos y las realizaciones conseguidas por ITT y sus compañías asociadas.

Publicada desde 1922 en su versión inglesa, aparece ahora editada en cuatro lenguas. Se distribuye en el mundo entero.

Se invita a los ingenieros de ITT a proponer proyectos de artículos, cuyos resúmenes deben enviarse al editor internacional para su consideración.

Director Ejecutivo, Bruselas
Lester A. Gimpelson

Editor, Comunicaciones Eléctricas, Madrid
Antonio Soto

Editor, Electrical Communication, Harlow
Michael Deason

Editor, Elektrisches Nachrichtenwesen, Stuttgart
Otto Grewe

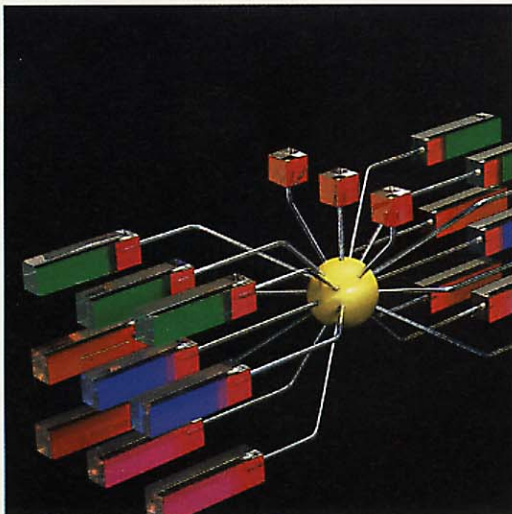
Editor, Revue des Télécommunications, París
René Thévin

Las direcciones de los editores se dan en la página 322

Índice

Central digital ITT 1240

- 112 **Presentación**
- 114 **Introducción**,
M. Langenbach-Belz, A. Melis y H. Verhille
- 126 **Arquitectura**,
R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg
- 135 **Descripción del equipo físico**,
S. Das, K. Strunky y F. Verstraete
- 148 **Red digital de conmutación**,
J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y
D. C. Upp
- 161 **Tecnología de componentes avanzada**,
J. Cornu y M. Meinck
- 173 **Conceptos y realización de la programación**,
L. Katzschner y F. Van den Brande
- 184 **Operación y mantenimiento**,
E. Bertoli, H. Neufeldt y M. Smouts
- 198 **Eficacia de sistema**,
J. Dutt y H. A. Malec
- 207 **Capacidad de tráfico**,
J. R. de los Mozos Marqués y A. Buchheister
- 218 **Aplicación a la red local**,
M. Van Brussel y A. Campos Flores
- 235 **Aplicación a la red interurbana**,
P. Haerle y M. della Bruna
- 248 **Subsistema de operadoras**,
R. Delit, M. A. Henrion, J. Van Walle, H. Strasser
y W. Würth
- 264 **Realización de la señalización por canal común CCITT n° 7**,
B. Rossi y F. Haerens
- 274 **Sistemas soporte del producto**,
C. G. Denenberg y J. H. Newey
- 283 **Práctica de equipos**,
H. Schiemann, L. Van Laere y F. Leysens
- 293 **Fabricación e instalación**,
P. Pahud y A. L. Perga
- 302 **Planificación de redes y aplicación**,
F. Alvarez Casas y F. Casali
- 315 **Contribuyeron en este número**
- 319 **En este número**
- 321 **Abreviaturas**



Este modelo simboliza la arquitectura física de la central digital ITT 1240. La red digital de conmutación, representada por la esfera central, se conecta a una diversidad de módulos terminales autónomos, cada uno con su propio microprocesador y memoria. El control está totalmente distribuido. Una arquitectura tan singular puede aplicarse a centrales locales, interurbanas o combinadas, cubriendo así un margen de tamaños excepcionalmente amplio.

Presentación

En 1975 ITT acometió su más ambicioso proyecto de desarrollo: la creación de un sistema digital de conmutación nuevo, capaz de satisfacer toda la gama de necesidades de las Administraciones telefónicas extendidas por el mundo, tanto ahora como en el futuro. Se formó un equipo técnico multinacional con el fin de asegurar la aplicación de la tecnología más reciente al logro de tal objetivo. El resultado fue un sistema digital genuino, de la tercera generación: la central ITT 1240. Más de 1.300 ingenieros completan hoy el desarrollo del ITT 1240 en laboratorios y centros de diseño de ITT en todo el mundo, preparando su introducción al menos en diez países durante los dos próximos años.

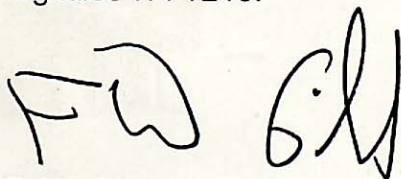
Una empresa de tal envergadura exigía nuevas orientaciones del desarrollo y de la gestión. Así, se creó el International Telecommunications Center, en Bruselas, para dirigir el programa de desarrollo, y luego ITT constituyó centros de diseño en Alemania, Bélgica, España, Francia, Italia y los Estados Unidos, que aunan sus esfuerzos en la obtención de un producto que cumple todos los requisitos actuales, y además ofrece un nuevo grado de eficacia, calidad de servicio y flexibilidad para atender una gama completa de nuevas necesidades, sean o no previsibles.

Para asegurarse de que el producto podría satisfacer todas estas exigencias, el primer reto que hubieron de afrontar los diseñadores fue representarse a la vez el entorno de las telecomunicaciones y la evolución tecnológica en las próximas décadas. Así nació el concepto de la Red 2000, que para ITT significa el sistema final de distribución de la información, hacia el cual se orienta el diseño del ITT 1240 y de otros muchos productos nuevos de telecomunicación. En este concepto va implícita la necesidad de futuras redes teleinformáticas que integren servicios de voz y de datos, exigencia que obliga a utilizar comunicaciones digitales en vez de analógicas. Además, la Red 2000 nos enseña que los rápidos avances tecnológicos, sobre todo en microprocesadores, conducen a distribuir con más amplitud las funciones de control, hasta llegar en último término a que un terminal inteligente asuma la mayor parte del control de la red.

Una distribución total del control no sólo permite responder al desafío de la Red 2000, sino que convierte en realidad los últimos conceptos sobre control por programa almacenado sin limitar la capacidad ni el rendimiento

del sistema. La estructura distribuida del ITT 1240 logra enteramente estos fines por medio de una sola arquitectura, válida desde las pequeñas centrales locales a las mayores centrales interurbanas, sin ningún procesador central sujeto a catastróficos fallos por errores de programación o defectos en los circuitos. Los diseñadores deseaban, además, superar las importantes deficiencias de los primeros sistemas de programa almacenado, reteniéndolo no obstante la ventaja esencial de su flexibilidad para incorporar nuevos servicios. La enorme potencia de proceso disponible en las centrales hará que éstas puedan adaptarse a cualquier servicio o adelanto tecnológico con alteraciones mínimas en su programación. En el número anterior de *Comunicaciones Eléctricas* (volumen 56, n° 1) se presentó un claro ejemplo de ello al exponer en detalle cómo puede potenciarse la central ITT 1240 para combinar tráfico telefónico y tráfico de datos, destacando los grandes beneficios que supone integrar los servicios de datos en una red telefónica actual. Se demostraba allí que el ITT 1240 constituía la clave de una evolución gradual hacia un entorno de red digital de servicios integrados, paso decisivo hacia la Red 2000.

En lo que se alcanza a prever, el servicio telefónico básico seguirá siendo el objeto primario de atención de la mayoría de Administraciones. Por ello, en este número de *Comunicaciones Eléctricas*, hemos recurrido a la maestría de nuestro equipo mundial de desarrollo para detallar técnicamente la estructura y funcionamiento del ITT 1240 y describir varias aplicaciones específicas de telefonía, que demuestran todavía más la gran flexibilidad de la arquitectura especial, totalmente distribuida, de las centrales digitales ITT 1240.



F. W. Gibbs
Vicepresidente Senior y Director Ejecutivo
de Telecomunicaciones y Electrónica,
Sede Central de ITT, Nueva York

Central digital ITT 1240:

Introducción

La central digital ITT 1240 es el resultado de la decisión de ITT de desarrollar un sistema de conmutación digital completamente nuevo, capaz de prestar servicio telefónico y no telefónico durante la próxima transición a las redes digitales. Este importante proyecto de desarrollo – el mayor en la historia de ITT – culminó en una arquitectura de central con control totalmente distribuido, capaz de adaptarse a aplicaciones locales, interurbanas y combinadas, de una gama de tamaños que hasta ahora se creía imposible.

M. Langenbach-Belz

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,
República Federal de Alemania

A. Melis

International Telecommunications Center,
Bruselas, Bélgica

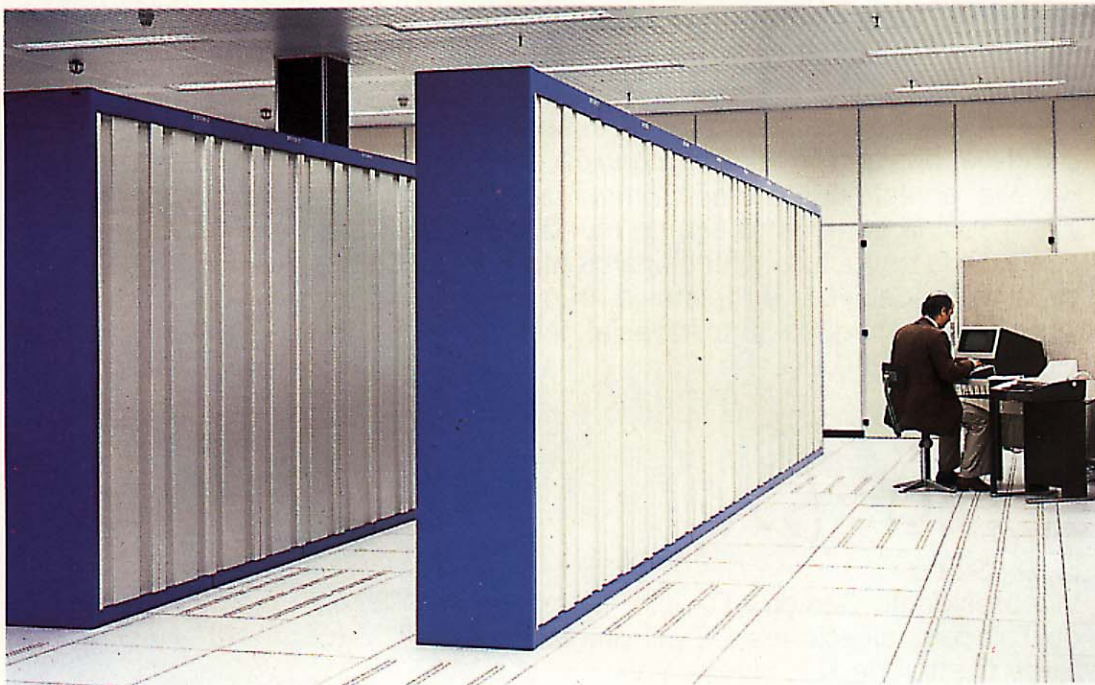
H. Verhille

Bell Telephone Manufacturing Company,
Amberes, Bélgica

Introducción

Al decidir el desarrollo de un sistema de conmutación totalmente nuevo, ITT dio un paso de suma importancia. Ello fue el fruto de una elección entre tres alternativas: continuar mejorando los sistemas analógicos SPC, modernizar los ya existentes introduciendo subsistemas digitales, o diseñar un sistema de conmutación íntegramente digital, completamente nuevo.

Tanto la Administración telefónica como el fabricante se benefician de la introducción de adelantos tecnológicos en los sistemas existentes: las instalaciones actuales pueden ser ampliadas con equipos de tecnología nueva, lo cual es ventajoso para la Administración, mientras que para los fabricantes este método evolutivo requiere menos gastos de desarrollo y modificaciones en maquinaria de fabricación. Verdaderamente, la historia de las centrales de



Instalación típica de
central digital
ITT 1240.



ITT PENTACONTA* (barras cruzadas) y METACONTA* (SPC analógico) ilustra sobre cómo unidades basadas en nuevas tecnologías se pueden introducir en centrales existentes (p.ej., registradores controlados por procesador y traductores en las centrales Pentaconta; nuevas y más pequeñas matrices de conmutación en las centrales Metaconta).

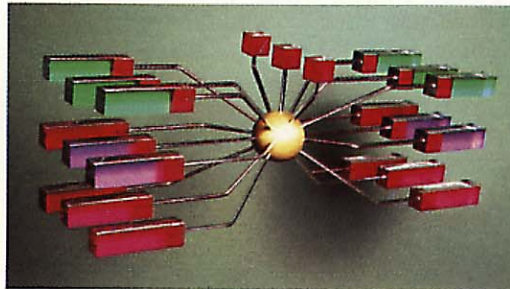
Sin embargo, en algún momento de la evolución de la tecnología y de los requisitos de servicio del abonado resulta ventajoso iniciar un nuevo desarrollo, encaminado a un sistema de conmutación totalmente nuevo. Ese momento ya ha llegado y ahora los esfuerzos se orientan hacia una nueva central íntegramente digital que utilice los últimos avances en esta tecnología. El enorme coste de desarrollo de una central enteramente digital, la incertidumbre sobre los datos y otros servicios requeridos en el futuro y la impredecibilidad del desarrollo tecnológico implican que esta nueva central digital debería, al menos, satisfacer dos importantes requisitos en su diseño. Primeramente, debería ser capaz de acomodarse a nuevas tecnologías y servicios sin rediseño del sistema. En segundo lugar, las instalaciones existentes deberían ser ampliables con equipos de nueva tecnología o nuevos servicios, sin reajustes en el equipo instalado. La realización de estos requisitos se ha denominado simplemente "diseño a prueba de futuro".

El principal cambio previsto en los servicios de abonado — la combinación de tráfico telefónico y de datos — es resultado de las demandas predecibles de servicios de comunicación no telefónicos y de los estudios que han demostrado la economía resultante de integrar los servicios telefónicos y no telefónicos en la red digital, formando la red digital de servicios integrados o RDSI. Las centrales íntegramente digitales son necesarias para explotar la capacidad de datos potencial de los canales de 64 kbits^{-1} y $8 \text{ kbit} \text{ s}^{-1}$, normalizados mediante recomendaciones del CCITT para servicios digitales de voz y datos. Más bien que contemplar una transición inicial a la

red telefónica digital (RDI), y posteriormente otra a la integración de servicios (RDSI), se consideró necesario y práctico, desde el principio del diseño de la nueva central digital, incluir la capacidad de transportar conjuntamente voz y datos (y otros servicios no telefónicos). Esta capacidad se concibió como característica básica de diseño y no como modificación incorporable.

La convicción de que un rediseño evolucionado de los actuales sistemas analógicos SPC no podría estar "a prueba de futuro", ni aprovecharía plenamente los recientes avances microelectrónicos, sustentó la decisión de desarrollar un sistema de conmutación totalmente nuevo. Una vez acordado esto, se realizaron estudios de la economía y capacidades de las tecnologías actuales y futuras, combinados con previsiones de demanda de servicios de voz y datos. El resultado de tales estudios fue determinante para la elección de una arquitectura de sistema digital con el control totalmente distribuido — la central digital ITT 1240. Este método de control tiene grandes ventajas en lo referente a directa introducción de nuevas facilidades, perfil de costes lineal, aceptación de futuros componentes, fiabilidad y protección contra fallos importantes.

Al mismo tiempo, los avances en tecnología de LSI (integración en gran escala) convirtieron las arquitecturas de control



Modelo representando la arquitectura ITT 1240.

distribuido en algo físicamente práctico y económicamente ventajoso. La época era, pues, propicia para iniciar el mayor proyecto de desarrollo en la historia de ITT: la central digital ITT 1240.

Los artículos de este número especial de *Comunicaciones Eléctricas* cubren el amplio espectro de los avances tecnológicos integrados en el desarrollo ITT 1240. Se incluyen artículos sobre la arquitectura de centrales, equipo físico, programación, práctica de equipos, sistemas de apoyo al producto, señalización CCITT n° 7, control de tráfico, subsistemas de operadoras, operación y mantenimiento, fabricación e instalación, y la aplicación de las centrales ITT 1240 en redes locales e interurbanas. Este artículo de introducción describe brevemente las principales características de la arquitectura ITT 1240 y expone los criterios que afectaron al diseño.

Aparato terminal multiservicio en una oficina futura. El sistema ITT 1240 integra fácilmente nuevos servicios a medida que se dispone de ellos.

* Marca registrada de ITT



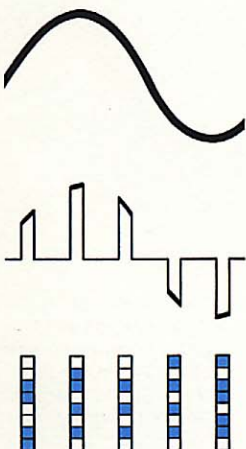
La RDSI interconectará una amplia variedad de terminales por medio de una red digital común.

El desarrollo del sistema ITT 1240 ha reunido la habilidad y experiencia de ingenieros, diseñadores y científicos de ITT en Alemania, Bélgica, España, Francia, Italia y Estados Unidos, todos representados como autores en esta publicación. El resultado es un desarrollo internacional fiable y adecuado para aplicación en todo el mundo.

Aplicación de la tecnología digital

Más de 20 años de experiencia en conmutación y transmisión digitales condujeron al desarrollo de la central digital ITT 1240. Comenzando por la invención del sistema MIC en 1937 por A. H. Reeves en los Laboratorios ITT en Francia, continuando luego con la adelantada central piloto MIC instalada en Londres al final de los años 60, hasta llegar a las actuales centrales del Sistema 12, los grupos de desarrollo de ITT en Europa y Estados Unidos han sido pioneros en las técnicas de transmisión y conmutación de señales digitalizadas. En su patente de 1938, Reeves afirmaba que la ventaja de la codificación digital era su relativa insensibilidad a la atenuación y la interferencia, conducente a una calidad de transmisión uniforme en cualquier distancia. Esta ventaja básica de transmisión no pudo hacerse real hasta el final de los años 50, debido a que los componentes necesarios para el tratamiento de las señales digitales eran demasiado caros. El desarrollo de los semiconductores dio como resultado sistemas digitales de transmisión económicos, y ahora la tecnología microelectrónica ha

Codificación MIC.



hecho factibles los sistemas de conmutación digitales.

Además de las calidades de transmisión que Reeves reconocía en las señales MIC, los canales digitales se pueden utilizar para datos y otras aplicaciones no telefónicas, que van desde la transferencia de datos a alta velocidad hasta la lectura mensual de contadores. Los nuevos equipos digitales de transmisión y conmutación deben ser capaces de tratar a la vez servicios telefónicos y de datos, para satisfacer las necesidades actuales de transferencia de información y su rápida expansión en el porvenir. Sin embargo, dada la incertidumbre sobre los requisitos de los servicios de datos del mañana (niveles y características del tráfico), es de especial importancia el aspecto de seguridad ante el futuro, ya citado.

Los estudios iniciales de ITT sobre introducción de la tecnología digital conducente a una RDI (red digital integrada) prevén importantes ahorros para las Administraciones cuando alcancen un nivel razonable de integración de transmisión y conmutación en sus redes. Estos estudios muestran igualmente que, con una central íntegramente digital y una estrategia de introducción basada en una sana economía, sería despreciable el gasto inicial necesario para introducir las operaciones digitales¹. De todo lo anterior y de recientes estudios sobre la red digital de servicios integrados se deduce una importante conclusión: en vez de planificar una transición a la RDI y posteriormente otra a la RDSI, se puede progresar hacia una RDI de forma tal que los servicios de datos puedan ser incorporados en cualquier momento. Esta incorporación no originará coste adicional, y poco o ningún efecto sobre el tráfico telefónico en cuanto a coste o calidad de servicio. En realidad, la tecnología y la arquitectura del sistema ITT 1240 permiten el paso a las redes digitales integradas en una sola transición².

Las bases para la RDSI se expusieron en el número anterior de *Comunicaciones Eléctricas*, dedicado a este tema. Un artículo de Tolusso y Treves³ describía los módulos que pueden añadirse al ITT 1240 para el tratamiento de servicios no telefónicos. El número actual presenta una descripción detallada de la tecnología común, arquitectura y funcionamiento del ITT 1240, y de los módulos para aplicaciones telefónicas. La simple añadidura de los módulos adecuados de línea y enlace proporcionará acceso y facilidades de tratamiento de datos; de hecho, la central no diferencia entre tráfico telefónico y no telefónico.

Consideraciones de diseño ITT 1240

Cierto número de consideraciones básicas tuvieron importancia en los comienzos del programa de desarrollo para la central digital

ITT 1240. Entre éstas se encontraban la planificación de redes digitales, los avances esperados en microelectrónica y tecnologías de programación, y la elección de la arquitectura de la central (centralización, distribución parcial o distribución total del control).

Planificación de redes digitales

El objetivo primario de la planificación de redes es conseguir un crecimiento eficiente de la red en cuanto a número de abonados, calidad del servicio e inclusión de nuevos servicios. "Eficiente" significa un coste mínimo para el equipo y operaciones que satisfacen las demandas de servicios de los abonados, bajo ciertas exigencias de funcionamiento, o, alternativamente, la provisión de la máxima cantidad de servicios y calidad de operación, bajo restricciones de gastos de capital. En cualquiera de los dos casos, la planificación de la red comienza con la red actual y se extiende durante los próximos 10 o 20 años. Si se ha de conservar y utilizar con eficacia el equipo instalado habrá que conceder plena atención a la red existente.

En la mayoría de los países, el período de interconexión de analógico y digital se extenderá durante varias décadas. En este intervalo de creciente integración del equipo digital de transmisión y conmutación, es importante que cualquier central digital tenga flexibilidad para satisfacer las exigencias de la red, más bien que requerir costosos reajustes de la misma para adaptarse a las características de la central. Esta flexibilidad de aplicación es una característica de diseño del ITT 1240; los estudios sobre digitalización de la red, realizados conjuntamente por las Administraciones y las asociadas ITT, han confirmado las ventajas de la pragmática estrategia de introducción que permite el ITT 1240^{1,4,5,6}.

Por supuesto, la planificación de la red digital debe ahora incluir tráfico telefónico y no telefónico para facilitar la introducción eficiente de servicios de datos. La capacidad del ITT 1240 para cursar tráfico de ambas clases sin que los servicios no telefónicos afecten adversamente a la calidad o al coste del tráfico telefónico, simplifica considerablemente dicha planificación a medio o largo plazo.

Avances en la tecnología de semiconductores

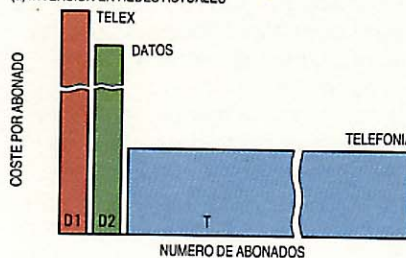
Los recientes y significativos avances en tecnología de semiconductores, frecuentemente conocidos como la revolución microelectrónica, han hecho técnica y económicamente factible la nueva arquitectura de las centrales. En particular, es ahora posible obtener gran potencia de proceso y capacidad de memoria a coste razonable; además, las facilidades de proceso y memoria pueden localizarse en pequeñas unidades distribuidas por toda la central, de

acuerdo con las necesidades. Anteriormente, los diseñadores estaban limitados por las capacidades de memoria y proceso disponibles, y por la necesidad de una gran unidad de proceso con control centralizado, que consiguiese un coste económico de proceso por función. Con la nueva tecnología se pueden desarrollar centrales con capacidad de proceso más elevada y, al mismo tiempo, con modularidad de programación y equipos, lo cual mejora la flexibilidad.

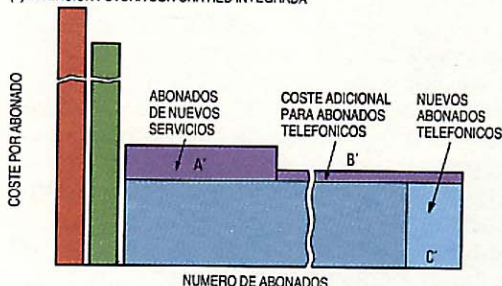
La existencia de microprocesadores potentes y baratos ha resuelto el problema de ofrecer una gama completa de tamaños de central con una arquitectura única, desde centrales muy pequeñas hasta las mayores, todas con un amplio complemento de servicios. La potencia de proceso y la capacidad de memoria se amplían gradualmente añadiendo idénticos procesadores y unidades de memoria, basados en componentes comerciales, lo cual permite a Administraciones y fabricantes de equipos de telecomunicación aprovecharse de los progresos tecnológicos en la industria de los ordenadores. Es importante elegir entre los componentes industriales LSI normalizados y los diseñados de encargo. Es claro que los microprocesadores y memorias comerciales se benefician de la disminución de costes debida a fabricación de grandes series. Sin embargo, donde los circuitos LSI normalizados no satisfagan los requisitos de la central, deberán desarrollarse LSI de encargo. El criterio aplicado aquí es que se utilicen sólo unos pocos tipos de circuitos LSI (si bien con la complejidad suficiente), pero en grandes cantidades.

A la vista de los rápidos avances en tecnología, se esperan cambios importantes durante la vida de una central y en verdad deben aprovecharse tales avances

(a) INVERSION EN REDES ACTUALES

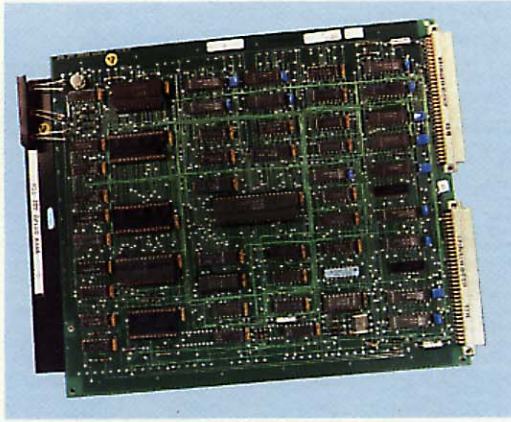


(b) INVERSION FUTURA CON UNA RED INTEGRADA

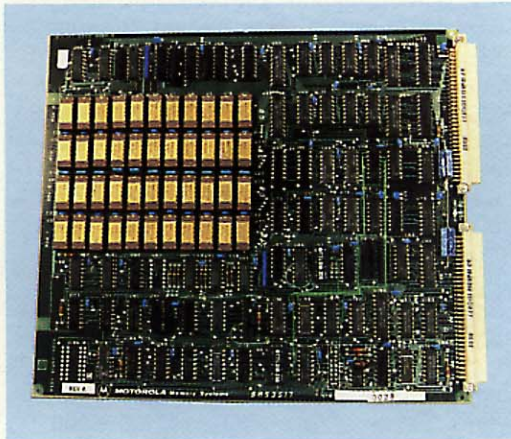


Inversión en red actual y futura, mostrando el despreciable coste adicional sobre los abonados telefónicos que supone una RDSI.

Placa impresa de microprocesador.



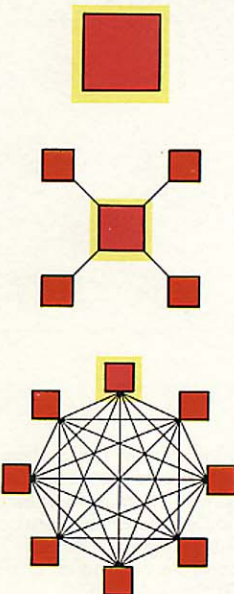
Placa impresa de memoria.



Así, aunque una central utilice sólo microprocesadores, su estructura de control puede no estar totalmente distribuida. Cuando la distribución es total, todas las funciones de control de llamadas son efectuadas por microprocesadores asociados con pequeños grupos de líneas o enlaces. Además, el control de la red digital de conmutación está repartido entre los elementos de la red, y no centralizado como en el caso de la distribución parcial. Para poder valorar la decisión de distribuir totalmente el control en la central digital ITT 1240 es útil examinar las características de los diferentes esquemas de control.

Es improbable que con el control centralizado o parcialmente distribuido puedan satisfacerse las futuras demandas de facilidades y servicios telefónicos y no telefónicos, y ello por dos razones: primeramente, combinar servicios en un sistema de control centralizado sería complejo, y posiblemente inmanejable, requiriendo importantes revisiones de la programación para añadir facilidades nuevas, todavía indefinidas (por ej.: futuros servicios de datos); en segundo lugar, los nuevos servicios competirían por la capacidad de proceso acumulada en la unidad central de control, y ello afectaría al buen funcionamiento de los servicios telefónicos, o limitaría la capacidad de la central. Esto contrasta fuertemente con una estructura de control totalmente distribuido, en la cual la lógica y el almacenamiento de datos residen, según las necesidades, en los módulos terminales. El uso de una rígida disciplina de interconexión asegura que un cambio en un módulo terminal (consecuencia de un cambio de señalización, por ejemplo) o la introducción de un nuevo módulo (como sucedería para un nuevo servicio de datos) tenga poco o ningún efecto sobre la programación localizada en otros módulos.

Comparación de las estructuras de control centralizado, parcialmente distribuido y totalmente distribuido. El impacto del fallo de un procesador individual se indica en amarillo.



para prolongar esa vida. Así, la arquitectura de la central debe ser capaz de incorporar nuevas tecnologías en la ampliaciones y en la introducción de nuevos servicios, en ambos casos sin modificar el equipo ni la programación, y, en instalaciones existentes, con poco o ningún reajuste.

Arquitectura de la central

La elección de arquitectura de una central viene condicionada por los requisitos de aplicación para centrales modernas (gama de tamaños, utilización de la red local e interurbana, servicios telefónicos y no telefónicos), junto con la evolución de la tecnología de semiconductores. La cuestión fundamental es qué arquitectura de control debe utilizarse, especialmente para control de llamadas. Las alternativas son: control centralizado, como en las actuales centrales SPC; control parcialmente distribuido, como en algunas centrales analógicas e híbridas; o control totalmente distribuido, solución ahora posible merced a la tecnología LSI. La distribución de control parcial implica conservar un punto central, constituido por procesadores convencionales, o bien por grupos de microprocesadores organizados como unidad central de control; las funciones particulares pueden estar repartidas por toda la central (por ejemplo, recepción de dígitos en una unidad de línea) mediante microprocesadores.

El objetivo primario y tradicional de los diseñadores de sistemas de conmutación ha sido desarrollar una única arquitectura de control adecuada para la gama completa de centrales, desde las pequeñas a las más grandes, y para todas las aplicaciones, locales, interurbanas y combinadas: realmente, un sistema único que pueda satisfacer todas las necesidades de la red de una Administración. Una arquitectura tal debería usar bloques modulares normalizados y ser económica en toda esta gama de tamaños. Los incrementos de crecimiento deberían ser pequeños, permitiendo una estrecha adaptación entre la demanda de servicios y la provisión de equipo; las ampliaciones deberían realizarse sin interrupción del servicio ni reajuste de las instalaciones existentes (incluyendo la red de conmutación). Una vez más, la distribución del control a pequeños grupos de terminales, así como por toda la red digital de conmutación, es la clave del logro de estos objetivos.

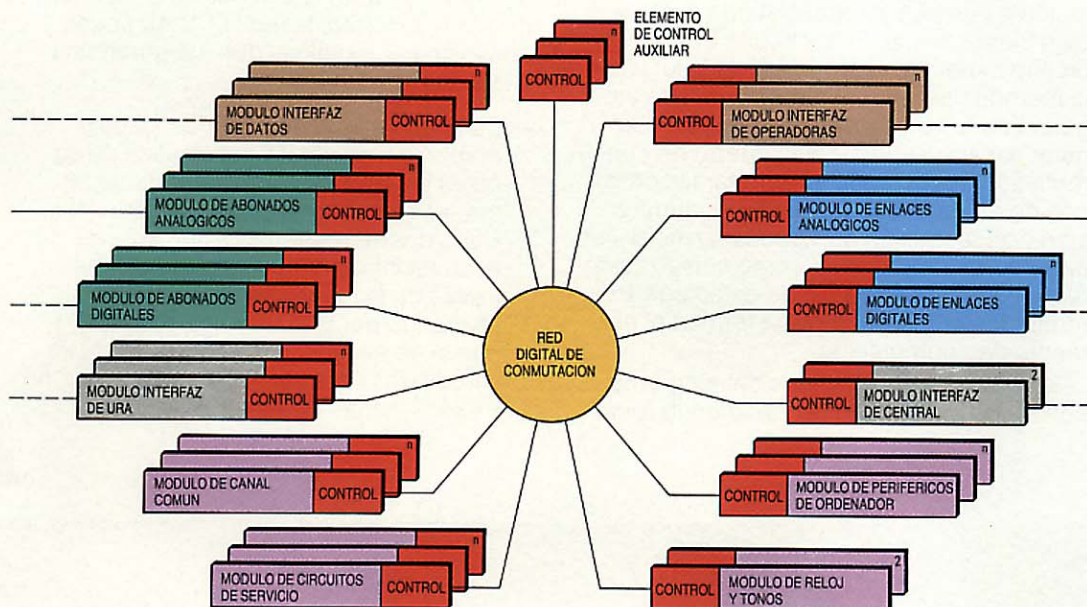
Pueden incorporarse avances tecnológicos en las ampliaciones para mejorar la calidad de prestaciones o los costes. Su introducción, tanto en nuevas instalaciones como en ampliaciones, no debe exigir ningún rediseño de la central ni, en particular, revisión de programación alguna.

Distribuyendo el proceso de control y las facilidades de memoria entre los terminales y los elementos individuales de la red de

Arquitectura ITT 1240

La arquitectura básica de la central digital ITT 1240 es notablemente regular y simple (ver figura en esta página), y consiste en una red digital de conmutación conectada a una variedad de módulos terminales⁷. Todos los módulos poseen ECT (elementos de control terminal) físicamente iguales, de color rojo en la figura, que proporcionan

Arquitectura de la central digital ITT 1240, mostrando la estructura de control distribuido.



conmutación, puede evitarse la tradicional (y costosa) necesidad de sobreequ coasta una central, en su instalación inicial, con la capacidad de proceso definitiva, como igualmente aquellos planes basados en el dificultoso cambio a procesadores mayores según la central crece.

La distribución de control mejora la fiabilidad de la central, ya que no existe un punto único cuyo fallo pueda cortar el servicio de la central. Por el contrario, el fallo de un elemento de control afecta, o bien a un pequeño número de abonados o enlaces, o, en el caso de un conjunto de elementos de control comunes, al funcionamiento de una facilidad. Esta última característica es una ventaja inherente a la red digital de conmutación ITT 1240, cuyo control se distribuye entre los elementos de conmutación, sin ningún punto (o mapa) de control global.

Estas consideraciones condujeron a la arquitectura de control totalmente distribuido descrita en este artículo y los siguientes. Recordando algo a los sistemas electromecánicos de control progresivo, el ITT 1240 combina las ventajosas características de dicho tipo de control y del control por programa almacenado en una estructura de distribución total, que verdaderamente está "a prueba de futuro".

lógica de control y memoria a los terminales y se comunican a través de la mencionada red mediante un interfaz normalizado. Puede obtenerse capacidad adicional de proceso desde un conjunto de ECA (elementos de control auxiliar), todos con el mismo equipo que los ECT. La red de conmutación consiste en una estructura regular de elementos digitales de conmutación idénticos, que individualmente poseen la lógica y la memoria necesarias para dirigir los mensajes entre los ECT o establecer conexiones telefónicas o de datos.

Red digital de conmutación

La red ITT 1240 (ver figura en página 120) consta de parejas de conmutadores de acceso y de un conmutador de grupo; los conmutadores de acceso distribuyen el tráfico desde los módulos terminales a los planos del conmutador de grupo⁸. El número de etapas y planos en este último depende del número de terminales y del tráfico. La figura representa la máxima dimensión de la red digital de conmutación, con cuatro etapas y cuatro planos de conmutador de grupo; es apropiada para una aplicación de fuerte tráfico con aproximadamente 100.000 líneas ó 60.000 enlaces. Para centrales más pequeñas se necesitan

menos etapas, y menos planos cuando el tráfico sea menor.

Sólo se emplea una unidad funcional básica — el elemento digital de conmutación — para construir la red de conmutación total. La expansión por incremento de tráfico o de terminales implica la adición de elementos digitales de conmutación; los elementos anteriormente instalados no necesitan redistribución, y la ampliación puede realizarse con la central en funcionamiento.

El núcleo del elemento digital de conmutación es un puerto especial de conmutación bidireccional. Este circuito LSI de diseño específico contiene toda la lógica y la memoria requeridas para conectar cualquiera de los 32 canales entrantes a cualquier canal saliente⁹. Cada puerto de conmutación es capaz de interpretar las órdenes de entrada, establecimiento, supervisión y desconexión de llamadas o mensajes entre procesadores, así como señalización hacia otras unidades. 16 de estos puertos montados en una sola placa forman el elemento de conmutación.

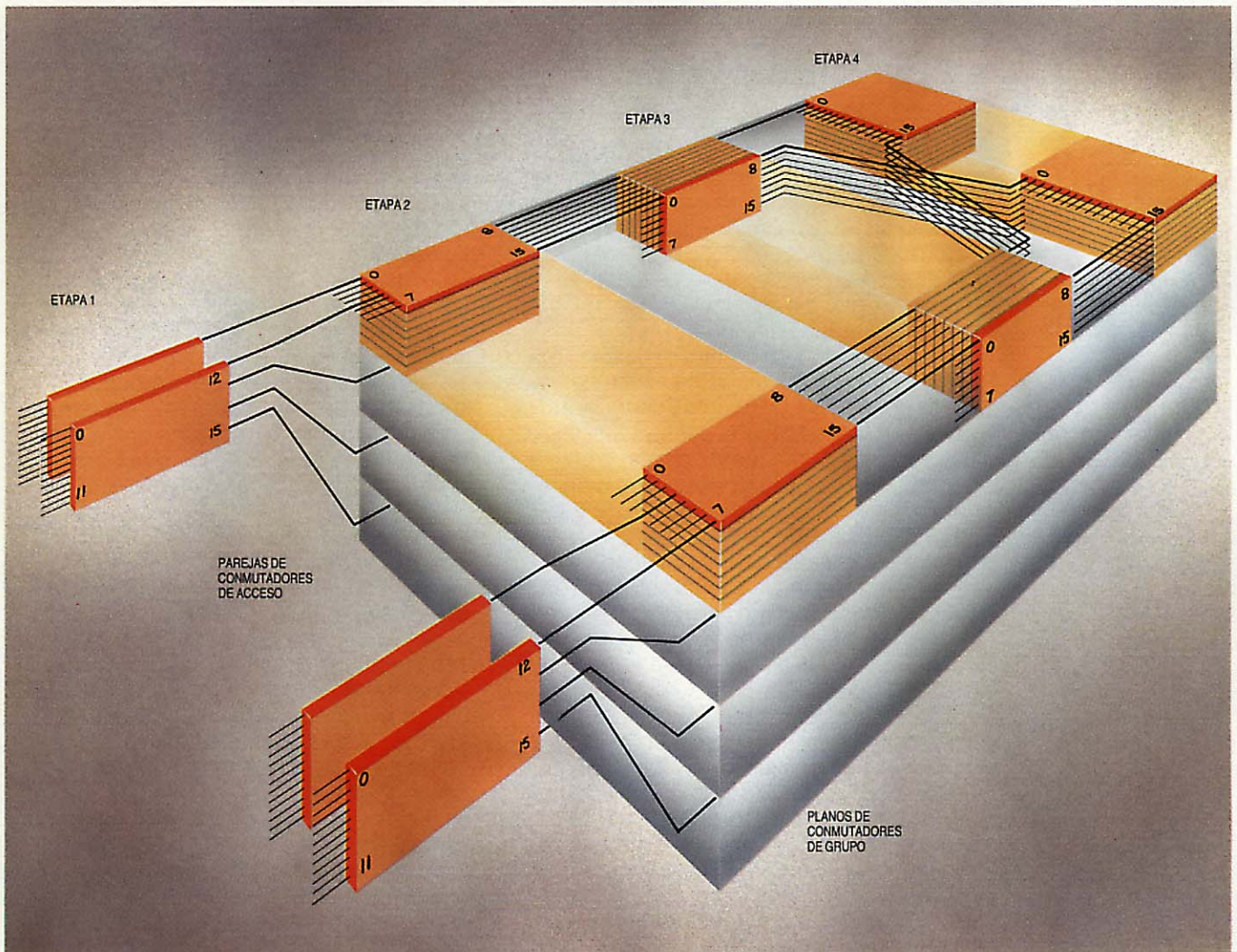
Los 16 puertos idénticos del elemento son todos bidireccionales, pudiendo recibir

y transmitir trenes de bits. Cualquiera de los 32 canales entrantes en cualquiera de los 16 puertos puede ser conectado a cualquier canal saliente de cualquier puerto, lo cual hace que el elemento de conmutación reúna características de conmutación espacial y temporal. Así, cada elemento digital equivale a una matriz de barras cruzadas de 512 x 512 a dos hilos, excepto en que posee totalmente su propia lógica.

Además de permitir una plena comunicación entre un gran número de elementos de control, y ampliación dentro de un margen muy extenso, la red ITT 1240 posee nuevas características que aseguran una alta eficacia y flexibilidad:

- Establecimiento de caminos etapa a etapa, con selección automática de canales libres y reintentos automáticos, que aseguran un bloqueo despreciable. Cada puerto responde a las órdenes de establecimiento de caminos enviadas a través de la red. El marcador central, requerido por las centrales convencionales, se elimina, facilitando las ampliaciones de la central. De forma similar, no existe "mapa" de matrices.

El núcleo del sistema ITT 1240 — la única red digital de conmutación totalmente compuesta de elementos de conmutación idénticos. Esta figura muestra la topología replagada que permite un máximo de cuatro planos independientes, de 16 grupos. Cada grupo facilita conexión a 32 parejas de conmutadores de acceso, cada una de las cuales a su vez admite hasta 12 vías MIC duplicadas de 32 canales para conexión de módulos terminales.



- La fiabilidad inherente está basada en la disponibilidad de un gran número de caminos alternativos, de forma tal que el fallo de un elemento individual de conmutación no afecta a la capacidad de conexión, y su efecto sobre el rendimiento del servicio es despreciable^{10,11}.
- La red maneja vías digitales transparentes de $4,096 \text{ Mbit s}^{-1}$, cada una con 32 canales de 128 kbit s^{-1} multiplexados en el tiempo, que pueden transportar mensajes de señalización entre módulos o una amplia gama de servicios de datos, en modo simplex o dúplex, así como telefonía digital. Esta transparencia es esencial para satisfacer los requisitos de una RDSI.

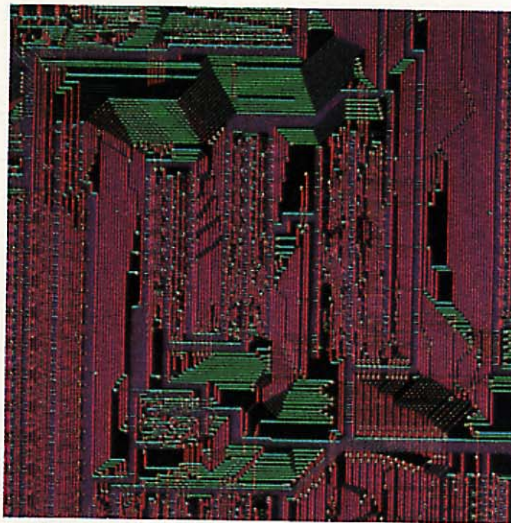
Módulos terminales

Los módulos terminales están conectados a la red digital de conmutación mediante un interfaz normalizado. Constan de ECT y de circuitos terminales que realizan distintas funciones (p. ej., control de líneas y enlaces, provisión de señales de reloj, gestión del interfaz hombre-máquina)¹². Todos los ECT utilizan los mismos circuitos (interfaz terminal, microprocesador y memoria), aunque el tamaño de la memoria varíe; el interfaz terminal incorpora circuitos LSI de encargo en sus puertos de transmisión y de recepción⁹. Los ECT se cargan con la programación adecuada a los terminales. Los elementos de control tienen acceso a otros módulos o a diversos recursos a través de la red de conmutación; gestionan la comunicación entre procesadores (p. ej.: señalización), control de llamadas (establecimiento, supervisión, liberación), operación y mantenimiento. Ya que los elementos de control funcionan a través de un interfaz (terminal) normalizado, pueden añadirse nuevos tipos de terminales, o modificarse los existentes, sin afectar a la red de conmutación ni a otros módulos.

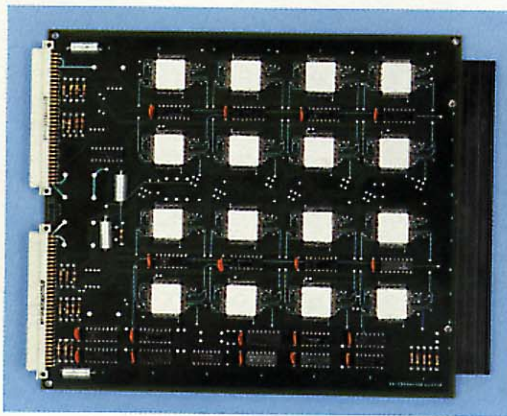
Se obtienen nuevas posibilidades y mayor capacidad de control mediante ECA, que son idénticos en circuitos a los ECT pero no están asociados con un terminal. Sus tareas están determinadas mediante la programación. La fiabilidad viene dada por un conjunto de ECA, con conmutación automática a un ECA en espera para casos de fallo. Los ECA son superiores en jerarquía de control a los ECT, a los cuales apoyan con una variedad de funciones administrativas.

Conceptos de programación

Características de la estructura de control distribuido ITT 1240 son la enorme potencia de proceso y capacidad de memoria, pudiendo ambas incrementarse en pequeñas cantidades para que el crecimiento sea gradual. Permiten la utilización de avanzados diseños de programación y métodos de producción, dando como resultado paquetes genéricos de programación con



Vista parcial ampliada de un puerto de conmutación ITT 1240 (LSI).



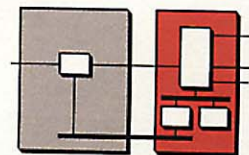
Elemento digital de conmutación con 16 puertos.

excelente mantenibilidad, facilidad de comprensión y fácil adaptación a los cambios¹³. El último punto es consecuencia de la distribución de la programación entre los elementos de control de la central y de la independencia de los módulos lógicos.

La programación se estructura en niveles, con máquinas virtuales en cada nivel; es decir, está dispuesta en estratos funcionales, cada uno de los cuales hace uso de los estratos inferiores con completa independencia de la realización detallada de los mismos. De esta forma, los cambios o añadidos a un nivel de programación no afectan a los niveles superiores. Un ejemplo importante es el módulo lógico denominado operador de dispositivo y los circuitos que controla, cuyo conjunto constituye una máquina virtual con un interfaz normalizado hacia la programación operacional; en consecuencia, los cambios en el equipo físico (p. ej., un nuevo microprocesador) no afectan a dicha programación.

La programación ITT 1240 está también estructurada en FMM (máquinas de mensajes finitos); éstas son módulos lógicos que aceptan mensajes pertenecientes a un conjunto de mensajes de entrada definido. Las FMM procesan los mensajes de datos de entrada y, con base en éstos y en su

Módulo terminal genérico.





Concepto de máquina virtual.

estado interno, generan uno o más mensajes de salida. Un atributo de esta estructura FMM es que evita el procesamiento de mensajes erróneos no pertenecientes al conjunto de mensajes definido para los módulos receptores; así, los fallos de programación o de datos no se propagan a otros módulos de programación. El interfaz estrictamente formalizado también sustenta el concepto modular, lo que a su vez asegura un alto grado de flexibilidad en el diseño de la programación de la central, así como en los paquetes de programas de la operación y el mantenimiento.

Operación y mantenimiento

Está generalmente reconocido que la tecnología digital ofrece unas grandes ventajas en el campo de operación y mantenimiento¹⁴. En la central digital ITT 1240, la programación correspondiente tiene un volumen más de cuatro veces mayor que la de tratamiento de llamadas, reflejando la importancia que ITT concede a este área. La disponibilidad de amplias facilidades de proceso de datos y almacenamiento permite vigilar las prestaciones más de cerca de lo que hasta ahora fue posible. (p.ej., el flujo de tráfico y su control por la central). En el área de operación, el ITT 1240 apoya cuatro funciones básicas:

- Gestión de la central, incluyendo la adición y supresión de abonados, asignación de números de equipo y de guía, y definición de clases de servicio de abonados.
- Gestión de la red, para minimizar cualquier degradación del servicio bajo car-

gas de tráfico excepcionalmente altas o anormales.

- Medida del comportamiento del tráfico y de la central, por ejemplo, para facilitar la planificación de redes futuras. Las medidas, que fácilmente se modifican o amplían (mediante el interfaz hombre-máquina), incluyen vigilancia del tráfico, detección de faltas, generación de alarmas, análisis estadísticos para evaluación del comportamiento y planificación, etc.
- Pruebas en línea, para observación del comportamiento, y pruebas automáticas de diagnóstico para identificación de faltas.

Las actividades de operación y mantenimiento está facilitadas por un interfaz de comunicación hombre-máquina, que hace posible controlar las operaciones de la red desde un centro remoto, ya sea éste una central supervisora ITT 1240, o un sistema de mantenimiento centralizado, como el centro de operación y mantenimiento ITT 1290.

Señalización por canal común CCITT n° 7

La señalización por canal común CCITT n° 7 — ahora en su etapa final de desarrollo dentro del CCITT — será la universalmente normalizada para las redes multiservicio. Esto representa un paso decisivo en la realización de una futura RDSI. Por esta razón, el ITT 1240 se diseñó específicamente para aprovechar las ventajas de la señalización por canal común, tanto para la red telefónica como para señalización con las centrales supervisadas¹⁵. El ITT 1240 mantendrá su compatibilidad con la señalización CCITT n° 7, tanto en el entorno predominantemente telefónico de los próximos años como en la transición a una futura RDSI.

Manejo del tráfico

La central ITT 1240 cursa un tráfico elevado con despreciable probabilidad de pérdidas¹⁰. Como se expuso anteriormente, la red digital de conmutación puede ampliarse fácil y económicamente, en línea con los requisitos de tráfico previstos.

El establecimiento de caminos a través de la red digital se realiza etapa a etapa, utilizando selección incondicional. Pueden equiparse hasta cuatro etapas (conmutadores de acceso más un máximo de tres etapas de conmutadores de grupo). Si se produce bloqueo en cualquier etapa, los intentos se repiten automáticamente. Este método se utiliza para establecer conexiones de datos o conversación, y caminos para mensajes de control.

Los especialistas en tráfico de ITT participaron en el desarrollo del ITT 1240 desde las etapas iniciales de diseño. Dichos expertos han creado un amplio conjunto de herramientas de análisis y simulación para tratar las situaciones específicas que sur-



Equipo de operación y mantenimiento del ITT 1240.

gieron durante el diseño de una central digital con tan gran número de microprocesadores distribuidos. También estudiaron las características relativas al tráfico del ITT 1240, incluyendo su dimensionado y las aplicaciones de la red.

Subsistema de operadoras

De la misma forma que los módulos de enlaces y abonados se conectan a la central ITT 1240 a través de un interfaz normalizado con la red digital, pueden añadirse otros subsistemas a la central. Un importante ejemplo es el subsistema de operadoras, todavía importante para el servicio aunque la proporción de llamadas encaminadas manualmente esté decreciendo¹⁶. Este subsistema es un complemento necesario para centrales interurbanas, nacionales o internacionales, y puede también utilizarse en centrales locales.

El subsistema de operadoras emplea terminales inteligentes; la posición en sí consiste en un pupitre de altura ajustable, sobre el que se colocan de modo autónomo la pantalla visualizadora y el teclado, permitiendo a las operadoras posicionar las unidades para su máxima comodidad de operación y el mínimo reflejo en la pantalla. La función primaria del subsistema es la asistencia manual a ciertas llamadas, sustituyendo la memoria del procesador a los tradicionales tickets de papel y controlando el microprocesador muchas actuaciones anteriormente asignadas a la operadora, con lo que mejora notablemente su rendimiento (es decir, se reduce su tiempo de trabajo por llamada). Una vez que aparezca en la pantalla la información básica tecleada, se realizarán automáticamente actividades telefónicas tales como formación de colas de espera, tarificación y aplazamiento de llamadas.

El subsistema de operadoras también realiza funciones administrativas de ayuda, como son la asistencia de idioma a operadoras extranjeras, la vigilancia del sistema en cuanto a operación y mantenimiento, la instrucción de operadoras y la supervisión de posiciones.

Configuración de la central

La arquitectura del ITT 1240 asegura que puede ser configurado para la mayoría de las aplicaciones, sin más que escoger los apropiados módulos terminales normalizados y seleccionar el tamaño de la red. Debe insistirse en el hecho de que se utiliza la misma arquitectura para aplicaciones locales e interurbanas, escogiendo de un conjunto de módulos estándar aquéllos que satisfagan los requisitos particulares de cada Administración.

Las centrales digitales ITT 1240, cuando se usan en redes locales, pueden cubrir económicamente la gama desde sólo unos

pocos abonados hasta más de 100.000, con crecimiento gradual en todo este margen¹⁷.

La gama de medio a gran tamaño, desde aproximadamente 1.000 a 100.000 abonados, se cubre con la configuración de central independiente, la cual puede realizar todas las funciones administrativas y de tratamiento de llamadas. Cuando el número de líneas de abonado es inferior a 1.000 ó 2.000 (dependiendo de la velocidad de crecimiento), es más económica la configuración de central supervisada. Una vez más, todas las funciones de control de llamada son realizadas autónomamente por la central; sin embargo, ciertas funciones administrativas se encomiendan a una central supervisora remota ITT 1240. Esta técnica de supervisión de centrales reduce el coste inicial de las centrales pequeñas y permite unos intervalos mayores entre las visitas de mantenimiento, manteniendo siempre todas las características de control de llamadas, fiabilidad y rutas múltiples de una central independiente.

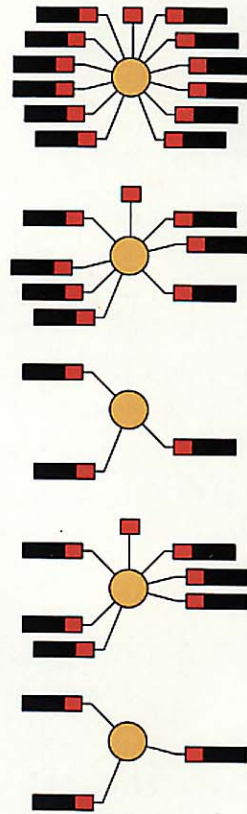
Como se mencionó anteriormente, la arquitectura de control distribuido del ITT 1240 reduce los costes iniciales, permitiendo proporcionar un servicio rentable incluso en la gama de tamaños muy pequeños. De hecho, la URA (unidad remota de abonados) ITT 1240, que funciona como concentrador de líneas, puede cubrir económicamente la gama desde 6 abonados hasta 480; una técnica de segregación múltiple permite que hasta 8 URA físicamente separadas accedan a todos los canales de una o dos vías MIC¹⁷.

En línea con el objetivo de ampliación gradual, las centrales supervisadas pueden ascender a la categoría de independientes simplemente por la adición de módulos terminales normalizados y elementos digitales de conmutación. No es necesario interrumpir el servicio durante la ampliación de la central, ya que no hay que redistribuir ni sustituir ningún equipo.

Cuando se usa como central de tránsito, interurbana o internacional, el ITT 1240 puede atender desde 500 hasta 60.000 enlaces¹⁸. Como ya se ha mencionado, se utilizan los mismos módulos de equipo básicos en las aplicaciones locales e interurbanas, aunque en el último caso puede disponerse de facilidades adicionales, tales como supresión digital de eco.

Otros aspectos

Hay otras muchas áreas del diseño, tecnología y operación del ITT 1240 que son innovadoras e importantes para su funcionamiento y servicio actuales y para su evolución en el futuro. Algunas de las más importantes, expuestas todas ellas con amplitud en artículos de este número, son las siguientes:



Configuraciones tipo de central ITT 1240 independiente y supervisada. Todas usan la arquitectura común y módulos de la gama normalizada.

Modelo usado para estudios ergonómicos durante el desarrollo de la posición de operadora ITT 1240.



Práctica de equipos: se ha desarrollado una práctica de equipos totalmente nueva para adecuarse a las características de tecnología digital del ITT 1240¹⁹. Consiste en un único tipo normalizado para placas, cuadros y bastidores. Una central típica requiere notablemente pocas clases de placas, generalmente unas 35. Los paneles posteriores de circuito impreso interconectan las placas dentro de la misma unidad funcional y cuadro, mientras que se utilizan cables enchufables para las conexiones dentro de, o entre, bastidores. En línea con los requisitos de la tecnología digital, se desarrolló una gama totalmente nueva de placas impresas y conectores de cable para el ITT 1240.

Sistemas soporte del producto: se han diseñado diversas herramientas de programación para el proceso de desarrollo del sistema, para la ingeniería de adaptación a un mercado nacional, y para las instalaciones individuales²⁰. Las más importantes son las utilizadas para el desarrollo y prueba de la programación, para producción de los programas y para el control de la configuración. Estas herramientas soporte funcionan en sistemas comerciales de proceso de datos con acceso remoto.

Fabricación e instalación: además de definir nuevos procesos de fabricación, una preocupación importante ha sido obtener un producto de alta calidad²¹. Esto se ha logrado mediante un extenso programa de pruebas desarrollado a todos los niveles de la producción, hasta la prueba funcional de bastidores e incluso de centrales enteras. Para minimizar el esfuerzo y tiempo de

instalación, los bastidores, completamente probados y equipados, se envían con los cables necesarios.

Conclusiones

Los avances en la tecnología de semiconductores han hecho posible realizar el ITT 1240 con una arquitectura de control distribuido, que incluye a la red digital de conmutación. Esta configuración de control proporciona, de modo económico, gran potencia de proceso y capacidad de memoria para cualquier demanda de tráfico, expresada en niveles y tipos de servicio.

La modularidad del equipo y la programación, combinada con esta arquitectura innovadora, asegura que puedan añadirse nuevas facilidades, especialmente las relativas a conmutación de datos, y que incluso puedan en el futuro introducirse las tecnologías más avanzadas sin cambios en la configuración de la central. Estas son características intrínsecas de la central digital ITT 1240 "a prueba de futuro".

Referencias

- 1 G. Robin y S. Treves: Progressive Introduction of Digital Switching and Transmission in Existing Networks; *Zurich Seminar on Digital Communications*, 1978. Una ampliación de este trabajo con el título: Pragmatic Introduction of Digital Switching and Transmission in Existing Networks, apareció en *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Communications*, julio 1979.
- 2 Presentación al número especial sobre la red digital de servicios integrados; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 2-3.
- 3 G. Tolusso y S. R. Treves: Aplicación del control distribuido al tratamiento de servicios no telefónicos; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 44-56.
- 4 F. Gómez Alamillo, I. Menéndez de Luarda y C. Tirado Montero: Techno-economic Analysis of the Introduction of Digital Switching in the Spanish Telephone Network; *International Switching Symposium*, París, mayo 1979, documento 12A4. También en *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº 3, págs. 257-265.
- 5 F. Casali y S. R. Treves: Evolutionary Planning of Digital Switching and Transmission in a Typical Medium Size Town; *Telecommunications Networks Planning Conference*, octubre 1980, París, documento III.5.
- 6 F. Alvarez Casas y F. Casali: Central digital ITT 1240: Planificación de redes y aplicación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 302-314 (en este número).
- 7 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126-134 (en este número).
- 8 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148-160 (en este número).
- 9 J. Cornu y M. Meinck: Central digital ITT 1240: Tecnología de componentes avanzada; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 161-172 (en este número).
- 10 J. R. de los Mozos Marqués y A. Buchheister: Central digital ITT 1240: Capacidad de tráfico; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 207-217 (en este número).



Armario ITT 1240 completamente equipado.

Prueba en la fábrica de una central ITT 1240 antes de su envío a la instalación.



- 11 J. Dutt y H. A. Malec: Central digital ITT 1240: Eficacia de sistema; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 198–206 (en este número).
- 12 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 135–147 (en este número).
- 13 L. Katzschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173–183 (en este número).
- 14 E. Bertoli, H. Neufeldt y M. Smouts: Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 184–197 (en este número).
- 15 B. Rossi y F. Haerens: Central digital ITT 1240: Realización de la señalización por canal común CCITT nº 7; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 264–273 (en este número).
- 16 R. Delit, M. A. Henrion, J. Van Walle, H. Strasser y W. Würth: Central digital ITT 1240: Subsistema de operadoras; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 248–263 (en este número).
- 17 M. Van Brussel y A. Campos Flores: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 218–234 (en este número).
- 18 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 235–247 (en este número).
- 19 H. Schiemann, L. Van Laere y F. Leyssens: Central digital ITT 1240: Práctica de equipos; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 283–292 (en este número).
- 20 C. G. Denenberg y J. H. Newey: Central digital ITT 1240: Sistemas soporte del producto; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 274–282 (en este número).
- 21 P. Pahud y A. L. Perga: Central digital ITT 1240: Fabricación e instalación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 293–301 (en este número).

Central digital ITT 1240: Arquitectura

La arquitectura de control distribuido de la central digital ITT 1240 ha sido diseñada para mejorar la flexibilidad de la central, utilizar tecnología avanzada de componentes y superar las limitaciones de los sistemas de control centralizado. Conceptualmente es muy simple: consiste en un cierto número de módulos terminales autónomos, cada uno con su propio microprocesador, conectados a la red digital de conmutación. El crecimiento gradual dentro de un amplio margen de tamaños y la capacidad de incorporar nuevos servicios y tecnologías, garantizan la "seguridad frente al futuro" de la central.

R. Bonami

Laboratoire Central de
Télécommunications, Vélizy, Francia

J. M. Cotton

J. N. Denenberg

ITT Advanced Technology Center, Shelton,
Connecticut, Estados Unidos

Introducción

Los sistemas de comunicación tienden a evolucionar a partir de otros diseñados previamente, tanto para minimizar el impacto de los cambios en el equipo instalado como para reducir el esfuerzo de desarrollo. Se produce una ruptura en dicha evolución cuando los avances tecnológicos impulsan a un cambio fundamental en la arquitectura.

Una ruptura así ocurrió en la década de 1940, al pasar desde el principio de control progresivo, aceptado hasta entonces, al primer sistema dotado de control común, en el cual la señalización de abonado se transmitía sobre el camino de conversación hacia un control común centralizado y la señalización interna usaba haces particulares. Aunque el paso al control común aumentaba la flexibilidad y ofrecía nuevos servicios, adolecía de ciertas desventajas desde el punto de vista de la compañía explotadora. La gama económica de capacidades para un tipo de central particular era relativamente corta (comparada con la del control progresivo), y solía limitarse a una relación de 8 a 1 ó de 10 a 1, fundamentalmente por el alto coste de las centrales pequeñas. La vulnerabilidad del control común podía dar lugar a situaciones de falta de servicio de la central entera o de una parte importante. Finalmente, el mantenimiento de estas centrales requería gran cantidad de personal técnico cualificado.

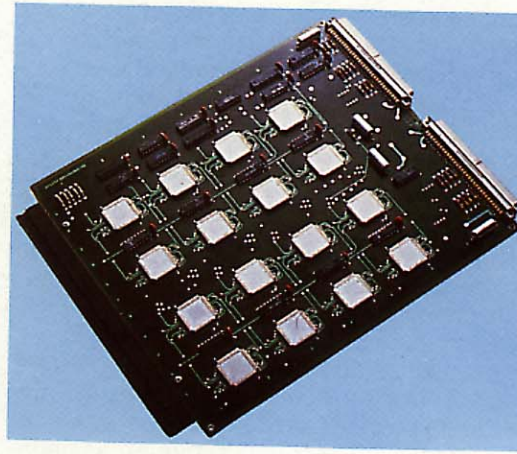
La evolución desde el control común cableado al control común por programa almacenado acentuó las ventajas en cuanto

a flexibilidad y facilidad para ofrecer nuevos servicios, pero en cambio hubo que incluir en el personal de operación técnicos entrenados en programación. Las arquitecturas monolíticas con ordenador centralizado, resultantes de esta evolución, junto con las limitaciones en la capacidad de proceso, condujeron a un compromiso entre la eficiencia, la flexibilidad y los servicios, siendo a veces difícil aprovechar completamente la evolución tecnológica por el esfuerzo necesario para las revisiones de los programas.

Las recientes innovaciones en la tecnología electrónica, consecuencia de la aparición de los circuitos LSI (integración en gran escala), junto con los avances en la tecnología de programación, han permitido diseñar un sistema de comunicación totalmente digital que ofrece una gran variedad de funciones de transferencia de información (ej., transmultiplexores FDM/MIC, enlaces digitales con circuito de terminación de línea), manteniendo asimismo la flexibilidad y la posibilidad de nuevos servicios de los sistemas de control común. Por otra parte, se recuperan las ventajas de los sistemas de conmutación anteriores: modularidad, amplia gama de capacidades, y resultados económicos en el extremo inferior de dicha gama junto con un coste sensiblemente constante por línea adicional. Además ofrece nuevos servicios y, en particular, la capacidad de cursar tráfico de datos.

Para conseguir todo ello, ha sido necesario concebir una arquitectura que con-

temple la evolución tecnológica futura y que no sea un simple desarrollo de las existentes estructuras de control común. El diseño de la central digital ITT 1240 así obtenido, representa una ruptura estructural comparable a la que supuso la introducción de los sistemas de conmutación de control común. Esta nueva estructura de centrales pretende constituirse en modelo durante las tres o cuatro próximas décadas.



Placa del elemento digital de conmutación, unidad funcional básica de la red de conmutación ITT 1240.

Objetivos de diseño de la central ITT 1240 y su realización

Para comprender la arquitectura de un sistema, es importante conocer los objetivos fijados para el diseño y su influencia sobre aquélla. La necesidad dominante era lograr un sistema de conmutación adecuado para una gama de aplicaciones muy extensa, ahora y en el futuro; para ello se tomaron como objetivos la flexibilidad, el amplio margen de capacidades, el crecimiento gradual, la aptitud para aceptar nuevas tecnologías y facilitar nuevos servicios sin necesidad de rediseños en el sistema, así como la presentación de una estructura común en las aplicaciones local, interurbana y de datos. Seguidamente se presentan los objetivos de diseño de la arquitectura ITT 1240, que en algunos casos no son independientes.

Gama extensa y crecimiento gradual

El margen de variación de capacidades del ITT 1240 se ha mejorado sensiblemente con relación al margen de 10 a 1 admitido en las centrales semielectrónicas. Se estableció como objetivo, para las centrales autónomas, el obtener una gama de aplicación económica desde 1000 a 50000 líneas. En realidad, con la central digital ITT 1240 puede cubrirse una gama más amplia, hasta más de 100000 líneas. El límite inferior está muy por debajo de 100 líneas al usar la unidad remota de abonados, o en unos pocos cientos de líneas con las centrales supervisadas.

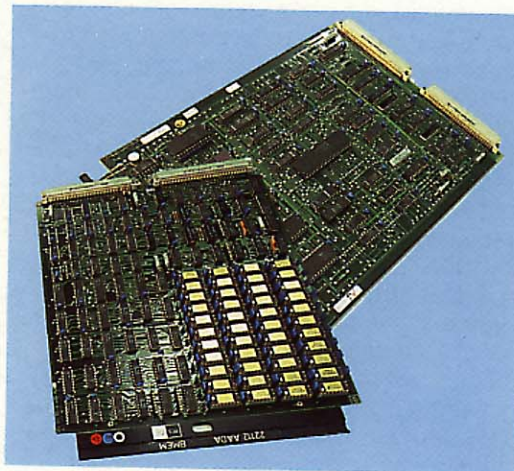
Había de ofrecerse un crecimiento gradual y modular, desde el tamaño más pequeño al mayor, manteniendo en toda la gama el conjunto completo de servicios para el abonado y la Administración.

La combinación de ambos objetivos, amplia gama de variación y crecimiento gradual, implica que tanto el control como la red de conmutación se realicen en módulos pequeños, que puedan añadirse al par que se conectan nuevos grupos de líneas a un sistema ya en servicio.

La central ITT 1240 utiliza elementos de control normalizados de idénticos circuitos y una red de conmutación basada en una sola unidad funcional: el elemento digital de conmutación.

Objetivos de coste

Se trataba de desarrollar un sistema de conmutación "en sí mismo" enteramente competitivo frente a los sistemas semielectrónicos, en el entorno analógico del momento de su introducción y durante muchos años después. Al decir "en sí mismo", se expresa que en la comparación con las centrales semielectrónicas no se tienen en cuenta las ventajas futuras de la conmutación y transmisión integradas. Además el diseño había de ser capaz de obtener provecho económico de la integración de la transmisión y la conmutación digital, cuando ello entrara en los planes de una Administración.



Placas de microprocesador y de memoria utilizadas en los elementos de control.

Ingeniería de aplicación

Era necesario reducir al mínimo la ingeniería de las centrales individuales denominada ingeniería de aplicación (en inglés, CAE), así como el mantenimiento de los programas.

El logro de bajos costes de CAE resulta de dos principios de diseño. En primer lugar, no debería precisarse ingeniería de tráfico, ni en los circuitos ni en la programación. En segundo lugar, el diseño de los

circuitos, en especial el del interfaz de línea, debería estandarizarse al máximo para todas las clases de línea, de modo que una clase específica se determine exclusivamente por los programas que se le asignen.

Facilidad en la ingeniería de diseño

Teniendo en cuenta que la central ITT 1240 había de poder utilizarse en todo el mundo, era importante minimizar el desarrollo necesario para su adaptación a un país concreto, conocido como ingeniería de diseño de clientes (en inglés, CDE). Dicho objetivo se logra modularizando en paquetes las facilidades y opciones: las diferentes necesidades de las Administraciones se pueden satisfacer seleccionando los módulos básicos apropiados de equipo y programas y desarrollando las opciones adicionales, sin tener por tanto que recalificar el sistema básico. Obviamente, esto sirve también para atender a distintos requisitos dentro de un mismo país.

Para simplificar la CDE es necesario tener un número pequeño de interfaces estándar bien definidos entre los módulos de la central, de equipo o de programas, que permitan intercambiarlos fácilmente. Los interfaces han sido claramente identificados y cuidadosamente documentados.

Evolución

El ITT 1240 se diseñó y estructuró de manera que cualquier módulo pudiese ser rediseñado para aprovechar la evolución tecnológica, sin por ello interferir con la operación del resto de la central. Este requisito no sólo refuerza la necesidad de unos interfaces normalizados en los circuitos, sino que también exige que se identifiquen, clara y separadamente, los programas necesarios para operar un módulo de circuitos concreto y que dichos programas trabajen dentro de fronteras claramente definidas por interfaces lógicos normalizados. La combinación de un módulo de circuitos y de sus programas asociados de control y mantenimiento, constituye un módulo virtual, fácilmente reemplazable cuando sea preciso por otro módulo virtual diferente con los mismos interfaces telefónicos.

En la frontera tecnológica

El ITT 1240 había de aprovechar el estado de la tecnología en el momento de su introducción, no del comienzo de diseño. Esto implica que la arquitectura había de anticipar el avance tecnológico, usando técnicas que en el momento del diseño acababan de salir de su fase de desarrollo en lugar de utilizar las ya consolidadas. La red digital de conmutación, con sus circuitos LSI de diseño específico de alta densidad, y el control distribuido, que hace uso de grandes cantidades de memoria, serán viables y

económicos no sólo en el momento de introducción de las centrales, sino todavía más a medida que evolucione la tecnología.

Control distribuido

Se emplea generalmente este término cuando se utilizan muchos procesadores, físicamente distintos, en un gran sistema. Existen tres formas de distribución del control:

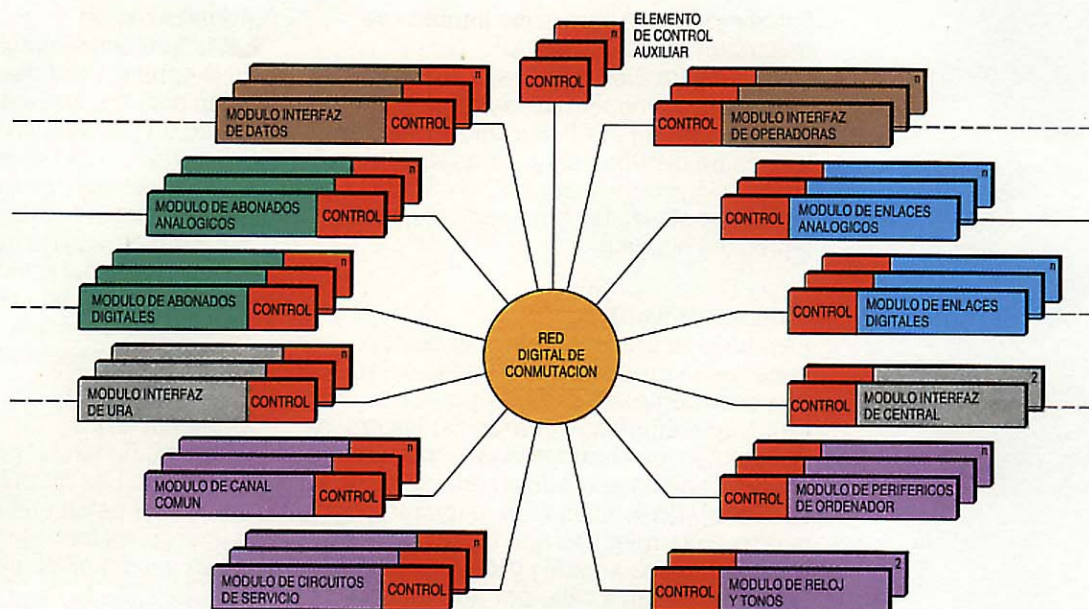
Distribución funcional, en la que cada procesador realiza una función diferente. Aparte de que se pueda emplear la duplicación o alguna otra forma de redundancia, cada procesador es una entidad funcional única y tiene un paquete de programas también único. Si un procesador falla y no es reemplazado, la función que desempeña en el sistema se pierde, a menos que se realice una reconfiguración funcional total.

Distribución jerárquica, en la que cada procesador tiene su papel específico en una relación jerárquica con el resto de los procesadores. Un cuidadoso diseño de la central podría permitir reutilizar ciertos tipos de procesadores, pero la tendencia es que cada procesador y su paquete de programas sean únicos. En el caso de fallo de un procesador, si no se le reemplaza, todas las porciones del sistema situadas por debajo en la jerarquía quedarán fuera de servicio.

Distribución espacial, en la que a cada procesador se le asigna una parte de la operación total de la central (por ejemplo, todas las funciones que corresponden a un grupo concreto de abonados). Un gran número de estos procesadores y paquetes de programas serán idénticos, con la única diferencia de los datos que reciben para el proceso. Si uno de estos procesadores falla y no se le reemplaza, solamente quedará fuera de servicio una parte de las funciones de la central (por ej., servicio a un pequeño grupo de abonados), o sufrirá una reducción aparente en su dimensionado (como la pérdida de una unidad en un grupo).

Se ha hecho esta distinción porque todos los sistemas modernos tienden a usar una o más de las formas de distribución explicadas, con objeto de aprovechar la tecnología de los microprocesadores. La forma (o la combinación de formas) de distribución utilizada determinará la eficiencia en el cumplimiento de los objetivos del sistema. La estructura física del control ITT 1240 es de distribución espacial sin control central; sin embargo la estructura de la programación utiliza los tres tipos de distribución ya expuestos.

Figura 1
Arquitectura de la central digital ITT 1240, cuyo control distribuido supera las limitaciones de los sistemas con control centralizado.



Distribución del control en la central ITT 1240

La construcción de un sistema de distribución espacial presenta algunos problemas de diseño, nuevos y retadores. Tal vez el más importante sea el de intercomunicación de los procesadores. Las clásicas redes de ordenadores, estructuras de buses y configuraciones de multiproceso difícilmente manejarían la cantidad de comunicaciones entre procesadores que necesita una central con cientos de ellos. Se precisa, por tanto, un nuevo planteamiento. La central ITT 1240 resuelve el problema al utilizar la propia red digital de conmutación para tales comunicaciones. Puesto que la mayoría de los procesadores son ya responsables de establecer y mantener los caminos de conversación para sus grupos de abonados, pueden aplicar esa misma capacidad a establecer caminos para comunicación entre procesadores a través de la red, sobre canales de 64 kbit s^{-1} . Sin embargo, todo ello impone algunas exigencias a la red de conmutación:

Control directo por el usuario final: la red debe ser controlada directamente por el equipo conectado en sus terminaciones, con objeto de que la comunicación entre los procesadores no precise de otros elementos de control.

Virtualmente sin bloqueo: cualquier bloqueo apreciable haría más lenta la comunicación entre procesadores y con ello aumentaría el tiempo de respuesta total del sistema. Este requisito debe cumplirse aunque no exista un mecanismo global de búsqueda de caminos, ya que la centralización de tal mecanismo impondría restricciones al

sistema en cuanto a capacidad de proceso o le haría sensible a los fallos.

Establecimiento rápido de los caminos: en los mensajes entre procesadores, el camino debe establecerse en uno o dos milisegundos. Tiempos de establecimiento mayores afectarían desfavorablemente a los tiempos de respuesta de la central, ya que el retardo de los mensajes se haría apreciable dentro del proceso de una llamada.

Crecimiento gradual: puesto que un sistema con control distribuido espacialmente puede ofrecer un crecimiento gradual a lo largo de una extensa gama de tamaños, la red de conmutación debe apoyar esta característica con la facilidad de crecer gradualmente en dicha gama (en cuanto a líneas y a tráfico).

La red digital de conmutación de la central ITT 1240 satisface los cuatro criterios anteriores y por tanto es el núcleo de la arquitectura distribuida de la central. El lector puede encontrar su descripción en otro artículo de este número¹.

Básicamente la central ITT 1240 consiste en un conjunto de módulos o bloques funcionales, cada uno con su propio microprocesador, conectados a la red digital de conmutación, tanto para las comunicaciones de conversación como para las comunicaciones entre procesadores, según indica la figura 1. Cada módulo posee recursos de circuitos y de capacidad de proceso para un grupo de terminales (60 abonados o 30 enlaces), o bien recursos en circuitos y en programas para atender una función de la central (circuitos de servicio, periféricos de ordenador, generador de reloj y tonos), o tan sólo medios de puro proceso sin circuitos específicos. Los dis-

tintos módulos funcionales también se describen en este número².

En la figura 2 se muestra la arquitectura de control distribuido de la programación de la central ITT 1240. Se utilizan las tres formas de distribución en la estructura del soporte lógico de la central; la división indicada enfatiza las funciones más importantes del sistema.

Proceso de llamadas

Esta función presenta una distribución espacial en grupos de 480 líneas ó 240 enlaces. Dentro de cada grupo se usa una forma de distribución jerárquica: los procesadores de los elementos de control terminal (ECT) de cada módulo controlan los circuitos y las funciones de exploración y distribución, mientras que las funciones de tratamiento de llamadas y lógica de señalización se llevan a cabo por un procesador independiente, llamado elemento de control auxiliar (ECA).

Servicios soporte

Están distribuidos funcionalmente. Los servicios soporte incluyen los prestados por circuitos de servicio, periféricos de ordenador, módulos de reloj y tonos, y los servicios de base de datos de la central realizados por parejas de ECA; cada pareja conserva los datos correspondientes a un servicio de la central (gestión de grupos de enlaces, traducciones de encaminamiento, etc.).

Administración

Estas funciones (actualización de los datos de la central, medidas, tarificación, etc.) están distribuidas jerárquicamente, existiendo un par de ECA en el nivel superior. Los niveles más bajos están ocupados por ECA de control de llamadas y por los ECT. Ambos tipos de elementos de control utilizan los módulos de periféricos de ordenador para las operaciones de entrada/salida e interaccionan con el resto de los procesadores para recopilar datos o modificar la base de datos de la central.

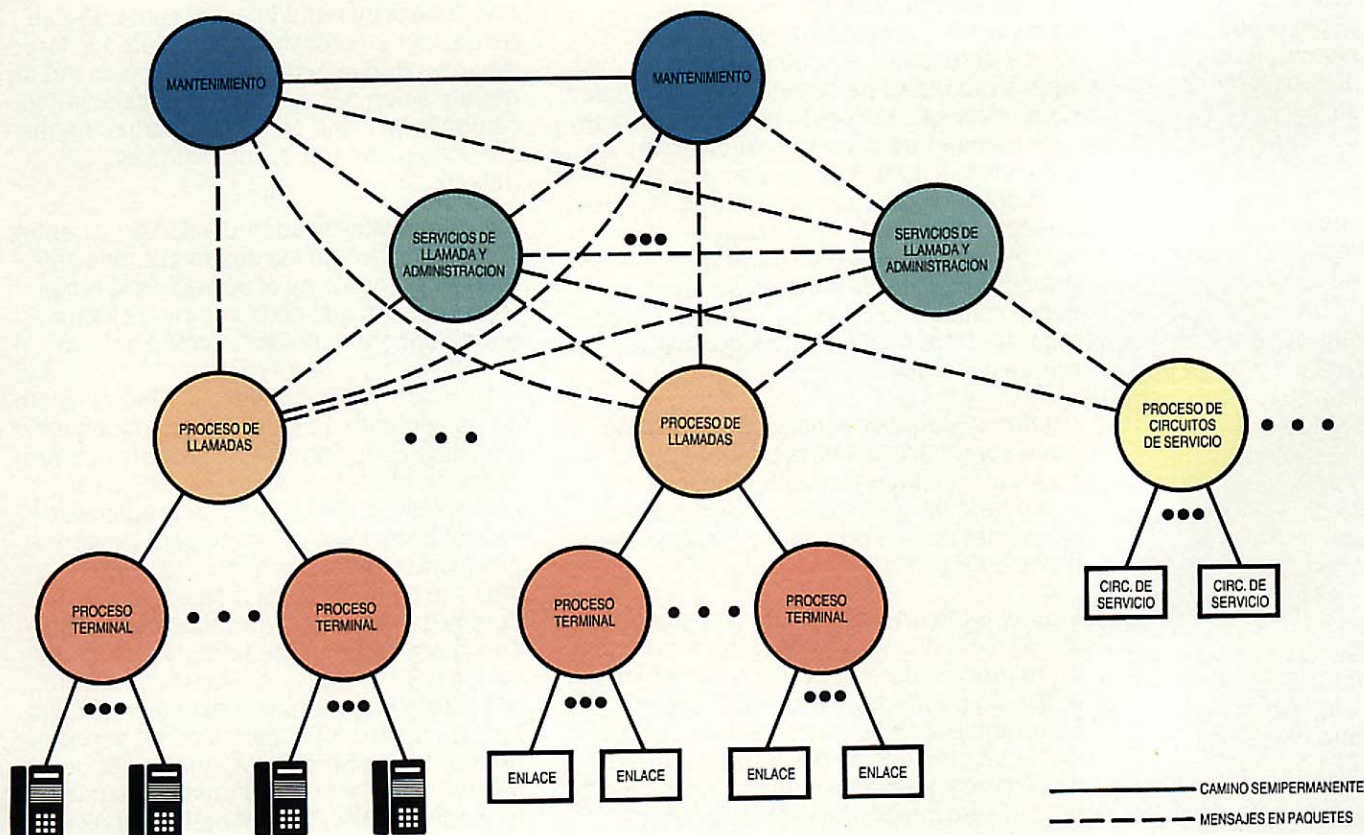
Mantenimiento

Esta función también tiene distribución jerárquica. Los módulos de periféricos de ordenador están en el extremo superior de la jerarquía y todos los demás procesadores en un mismo nivel más bajo.

Resumen

La estructura utiliza en cada caso el tipo de distribución más adecuado a las necesidades. Sin embargo, su característica fundamental es el uso de distribución espacial en el tratamiento de llamadas. Con ella la central digital ITT 1240 logra cumplir el objetivo del crecimiento gradual, contando siempre con los recursos de proceso necesarios para construir una central de cualquier tamaño o capacidad deseados. La estructura de control se analiza más ampliamente en el artículo dedicado a la programación de la central ITT 1240³.

Figura 2 Disposición del proceso distribuido en las centrales digitales ITT 1240.



Normalización

Definición de un interfaz normalizado

Un interfaz es la frontera de comunicación entre dos módulos. Un interfaz normalizado es aquél que satisface los requisitos de un conjunto de módulos y en el cual los mecanismos y procedimientos de comunicación están rígida y claramente definidos. Por lo tanto, en el caso de módulos de equipo, se debe definir claramente el número de hilos, sus características, las relaciones de tiempo de las señales eléctricas y la naturaleza física de las interconexiones. Para los módulos de programas se ha de definir la estructura, los códigos y los protocolos de los mensajes que circulan a través del interfaz.

Finalidad de la normalización

La utilización de interfaces normalizados para interconectar módulos permite que se pueda rediseñar uno de los módulos sin que ello afecte al funcionamiento de los restantes, siempre que aquél se adapte al interfaz. También garantiza la fácil interconexión de módulos que realizan distintas funciones. Un ejemplo lo constituye el interfaz normalizado de transmisión, dentro de la central ITT 1240, entre los distintos módulos y la red digital de conmutación. Este interfaz permite conectar una variedad de módulos terminales (módulos de abonados analógicos y digitales, módulos de enlaces analógicos y digitales, etc.) a la red digital de conmutación (Fig. 1). Además, facilita la interconexión de los elementos digitales de conmutación, con lo que una central puede crecer desde un tamaño pequeño hasta uno muy grande mediante incrementos pequeños, al irse conectando nuevos elementos de conmutación que utilizarán el mismo interfaz de transmisión. Como un último ejemplo, cuando se diseña un nuevo circuito interfaz de línea de abonado, se podrá conectar a la central un nuevo módulo de abonado, añadido a la versión antigua o en sustitución de ésta, sin afectar con ello al sistema.

Interfaces físicos normalizados

La figura 3 muestra los tres principales interfaces normalizados para módulos de equipo de la central ITT 1240. Estos son: el interfaz de transmisión, con las dos versiones asíncrona y síncrona, el bus de control de periféricos de baja velocidad y el bus de control de periféricos de alta velocidad. Además de éstos, hay un interfaz con los -48 V nominales de batería de la central y un interfaz con el suministro de reloj local. Otros interfaces externos, como el de la línea de abonado, el del enlace digital, etc., están normalizados para la red telefónica pero no son específicos de la central ITT 1240.

El interfaz del bus de periféricos de baja velocidad contiene ocho vías de datos en

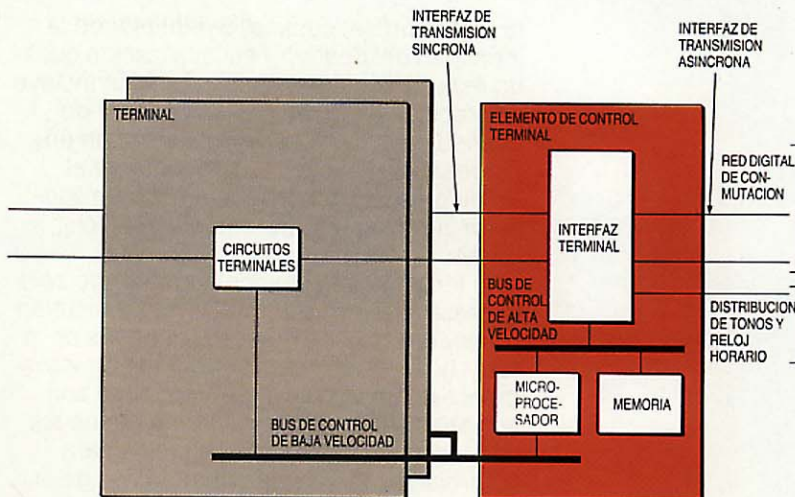


Figura 3
Interfaces físicos normalizados en un módulo terminal.

paralelo, junto con otras vías para dirección, control y temporización. El interfaz del bus de periféricos de alta velocidad contiene 16 líneas binarias en paralelo, sobre las que también se multiplexa la dirección, además de vías para control y temporización.

Interfaces lógicas normalizadas

Dentro de cada procesador, los programas de tiempo real comprenden los programas de aplicación y el sistema operativo. Los primeros se dividen en módulos llamados máquinas de mensajes finitos (FMM) y máquinas de soporte del sistema (SSM)³. El interfaz entre las FMM se hace por mensajes. El interfaz entre una FMM y una SSM es la utilización de una llamada a procedimiento, mientras que el interfaz entre una SSM y una FMM puede ser un mensaje. Ambos tipos de interfaz, el de mensaje y el de llamada a procedimiento, son tratados por el sistema operativo. Cuando el módulo de origen (en general, una FMM o una SSM) está en el mismo procesador que el módulo de destino, la comunicación la realiza el sistema operativo transfiriendo el contenido del mensaje al módulo de destino y colocando a éste en la lista de planificación de tareas. Cuando los módulos están en diferentes procesadores, el sistema operativo prepara el contenido del mensaje en el formato adecuado para su envío a través del interfaz físico de transmisión y de la red, hasta el procesador de destino. En este último punto, el sistema operativo recompone el mensaje, identifica el módulo al que va dirigido, le envía la información recibida y lo coloca en la correspondiente lista de planificación de tareas.

Por tanto, el interfaz normalizado más importante para programas de tiempo real consiste en un mensaje, compuesto de una cabecera y de los datos a ser transferidos, junto con un punto de entrada en el sistema operativo. La cabecera define la identidad del módulo de destino, en términos puramente simbólicos si no se conoce

la ubicación del destino, o expresando la identidad del destino y su localización cuando ésta se conoce. Esta localización incluye la dirección en la red del procesador de destino, si el módulo receptor está en un procesador distinto del que contiene el módulo origen. La cabecera también contiene información referente al módulo origen.

El tercer interfaz lógico normalizado sólo interesa al sistema operativo, y consiste en la transferencia de mensajes a través de la red. Utiliza el interfaz normalizado de transmisión definido para el equipo, junto con sus protocolos. Adicionalmente define las secuencias y formatos necesarios para controlar las etapas de conmutación de la red, con objeto de llegar hasta el procesador de destino y su sistema operativo.

Circuitos virtuales

Concepto

Desde el punto de vista de los programas de aplicación (telefónicos), los dispositivos físicos se comprenden más fácilmente en función de las actividades telefónicas a las que responden. Por ejemplo, una línea de abonado inicia una llamada, genera dígitos y termina una llamada; recíprocamente la línea puede ser llamada, responder y terminar una llamada. Los programas de aplicación no necesitan conocer los detalles del tipo de corriente de llamada, la longitud del bucle de abonado, las características de alimentación del terminal del abonado, ni la frecuencia o polaridad de la señal de llamada. Estas características de los circuitos pueden variar de una Administración a otra, de central a central, e incluso de línea a línea.

Se simplifica la tarea de escribir los programas generalizados de aplicación, si se dispone de otro conjunto de programas directamente relacionados con las características particulares de una parte concreta del equipo físico y que encubran tales características, de tal manera que dicha parte, más sus programas, se presente como un equipo físico normalizado, que responde a señales telefónicas generalizadas, siendo por ello denominado equipo o circuito virtual. De esta forma, una parte del equipo físico que tenga para su control dicho módulo de programas especializado (denominado operador del dispositivo), podrá en el futuro ser reemplazada por un equipo equivalente que utilice tecnología más avanzada, cambiando al mismo tiempo el operador del dispositivo pero sin tener que variar el resto de los módulos de programas. El operador del dispositivo interactúa con otros módulos de programas utilizando instrucciones y respuestas telefónicas estándar.

Líneas virtuales

Desde el punto de vista de los programas de aplicación telefónica, los sucesos y órdenes que se refieren a una línea virtual de abonado incluyen: detección del des-cuelgue, envío del tono de invitación a marcar, recepción de dígitos, envío de la señal de llamada, respuesta del abonado y liberación por el abonado. Los detalles sobre si se trata de una línea de abonado único o es compartida, si por su longitud requiere intensificación de tensión y conexión híbrida, o bien compensación para la equalización, etc., son tratados por el correspondiente operador del dispositivo, diseñado para ajustarse a las características de dichos circuitos y ocultarlas a los programas de aplicación. Dicho operador realizará también las actividades de mantenimiento de los circuitos bajo su control, como por ejemplo, comprobación del codec y determinación de los coeficientes correctos de equilibrio.

Enlaces virtuales

De forma similar a lo indicado para la línea de abonado, las características físicas de cada tipo de enlace se ocultan a los programas de aplicación por medio del correspondiente operador, que responderá a los eventos y órdenes puramente telefónicos de los programas de aplicación.

Procesadores virtuales

El concepto de equipo virtual se extiende al procesador en sí. Sus características físicas particulares se ocultan a los programas del sistema mediante un lenguaje de alto nivel y un compilador que lo realiza. El interfaz constituido por dicho compilador y las características del sistema operativo, definen un procesador virtual para los programas de aplicación telefónica.

Otros dispositivos

El principio expuesto, de utilizar un operador de dispositivo adecuado que oculte a los programas del sistema los detalles físicos del equipo asociado, se aplica a todos los demás dispositivos. Ejemplos de ello son: emisores y receptores de tonos, dispositivos del interfaz hombre-máquina, memorias de masas, circuitos de conferencia y máquinas parlantes.

Evolución futura

Uno de los puntos fuertes de la arquitectura de la central digital ITT 1240 es que se acomoda a la evolución tecnológica futura. La utilización de un pequeño número de interfaces normalizados bien definidos, junto con el concepto de dispositivo virtual

en la programación, permiten perfeccionar el sistema al par que avanza la tecnología en cualquier aspecto, sin quebrantar con ello el conjunto de la arquitectura. El sistema admite la fácil incorporación de nuevos equipos, como el módulo interfaz para datos⁴ y el módulo de abonado digital, siempre que éstos se atengan a los interfaces normalizados. Gracias a la técnica de

ción según el diseño actual, pero con los 16 puertos contenidos en una sola pastilla VLSI. Dado que los interfaces continuarán siendo los mismos, un elemento de conmutación de este tipo más avanzado podría, en la ampliación de una central, trabajar junto con los elementos actuales, prolongándose así la vida del sistema al lograrse una transición gradual desde la realización actual a la futura, más compacta, sin cambiar por ello la arquitectura. Lo mismo podría decirse del diseño del interfaz terminal.

Placa del circuito interfaz de línea.



control distribuido se puede añadir potencia de proceso, en el momento en que se precise; por ejemplo, en las aplicaciones de datos de alto tráfico.

Circuito interfaz de línea avanzado

Habida cuenta que los circuitos de línea constituyen una parte esencial del coste de una central local, siempre habrá un gran interés en desarrollar versiones más pequeñas y de menor coste. El ideal será tener un solo circuito LSI por línea, que incorpore todas las funciones de todas las clases de línea. Con ello se conseguirá una densidad de líneas por cuadro mucho mayor que la que se puede lograr actualmente y no se perturbará en absoluto la estructura básica del sistema, puesto que el grupo de líneas, junto con su control asociado, cumplirá con el interfaz normalizado de transmisión.

Evolución VLSI

Aparte del circuito interfaz de línea y su control, las únicas dos áreas de la central ITT 1240 para las que se han desarrollado a propósito circuitos LSI son la red digital de conmutación y el interfaz terminal mostrado en la figura 3². En ambos casos, con la escala actual de integración basada en tecnología de cinco micras, los subsistemas se construyen a partir de un cierto número de partes idénticas. Por ejemplo, un elemento digital de conmutación consta de 16 pastillas de puertos de conmutación. Cuando se alcance la tecnología de una micra (integración en muy alta escala o VLSI), se podrá construir un elemento de conmuta-

Evolución de los procesadores

Dado el tipo de proceso distribuido utilizado en las centrales digitales ITT 1240, cualquier necesidad de ampliar la capacidad de control debido a limitaciones en memoria o potencia de proceso (que parecen ser el resultado inevitable de aumentar las facilidades y el tráfico), se puede satisfacer aumentando el número de procesadores, sin tener que cambiar el diseño de éstos. Tal cambio de diseño en los procesadores solamente estaría justificado si implicase suficientes ventajas de coste, tamaño o fiabilidad. Cuando aparezca en el mercado una nueva pastilla de procesador que ofrezca una mejora considerable, ya sea por incluir una porción significativa de memoria, o por reducir el número de pastillas LSI auxiliares necesarias, se podrá pensar en construir una nueva tarjeta de procesador que sustituya a la versión anterior. En la evaluación de la economía que ello implique, habrán de considerarse los eventuales cambios en el compilador o en el sistema operativo para poder seguir utilizando los actuales programas de alto nivel. La arquitectura ITT 1240 garantiza la evolución hacia el uso de un microprocesador por terminal cuando ello llegue a ser económico.

Conclusiones

Aunque la finalidad predominante en el diseño de la arquitectura ITT 1240 fue lograr un sistema de conmutación con una gama de aplicaciones muy amplia, también se persiguieron otros objetivos importantes: economía, amplio margen de tamaños junto con un crecimiento gradual dentro del mismo, ingenierías de aplicación y de diseño optimizadas, y posibilidad de incorporar los avances tecnológicos conforme éstos se produjesen. Todos estos objetivos se han cumplido al usar una arquitectura de control distribuido en la que todos los módulos lógicos y físicos trabajan a través de interfaces normalizados, gracias a lo cual cualquier módulo puede ser reemplazado por otro que opere con los interfaces adecuados.

Referencias

- 1 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160 (en este número).
- 2 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 135–147 (en este número).
- 3 L. Katzschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173–183 (en este número).
- 4 Número especial sobre las redes digitales de servicios integrados: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1. En particular véase el artículo: Aplicación del control distribuido al tratamiento de servicios no telefónicos: G. Toluoso y S. R. Treves, págs. 44–56.

Central digital ITT 1240:

Descripción del equipo físico

La arquitectura física de la central digital ITT 1240 se basa en el control distribuido, con distintos módulos autónomos conectados a una red digital de conmutación que intercomunica los elementos de control a través de caminos de conversación. Se utilizan en ella circuitos LSI estándar y de diseño específico, lográndose así los principales objetivos: economía, crecimiento modular gradual en un amplio margen de tamaños y la capacidad de aprovechar los cambios tecnológicos.

S. Das

ITT Advanced Technology Center, Shelton, Connecticut, Estados Unidos

K. Strunk

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

F. Verstraete

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

Introducción

La arquitectura física de la central digital ITT 1240 se dirige a lograr tres objetivos principales. En primer lugar, permitir el crecimiento gradual y modular de la central desde un tamaño pequeño hasta capacidades muy grandes, de más de 100.000 líneas ó 60.000 enlaces. En segundo lugar, cumplir con una estructura única los requisitos de la conmutación local, tándem e interurbana. Finalmente, sobrevivir a los avances tecnológicos, y aprovechar tales cambios para mejorar sus prestaciones y minimizar los costes, con un impacto mínimo en la programación. Estos objetivos se han logrado, asegurando al mismo tiempo que el coste resulte competitivo con los sistemas existentes de conmutación semielectrónica¹.

Los dos pilares de la arquitectura son el control distribuido, con los terminales agrupados en módulos autónomos, y la capacidad de intercomunicación de los elementos de control mediante caminos de conversación, a través de la red digital de conmutación. La figura 1 muestra esta organización modular de la central ITT 1240.

La red digital de conmutación se construye a partir de un puerto especial de conmutación bidireccional, realizado con tecnología LSI (integración a gran escala) de diseño específico. El elemento digital de conmutación, unidad básica funcional de la

red, está compuesto por dieciséis puertos de conmutación.

El interfaz entre un módulo y la red digital de conmutación es un par de vías MIC de 32 canales; mientras se mantenga este interfaz, cualquier evolución en la tecnología o en la arquitectura que se introduzca en un módulo no afectará al resto del sistema. Esta característica permite a la central ITT 1240 aprovechar los avances tecnológicos.

La capacidad que tienen los elementos de control de comunicarse a través de la red digital de conmutación facilita un crecimiento gradual modular en un amplio margen de tamaños.

Otros artículos de este número describen en detalle las arquitecturas de los componentes físicos y lógicos de la central ITT 1240^{1,2}. Los objetivos establecidos para la dotación física sólo pueden lograrse en forma económica mediante un uso ponderado de la tecnología y especialmente mediante los circuitos LSI de diseño específico. Otro artículo³ expone los criterios seguidos para elección de los componentes y da una visión general de las tecnologías utilizadas en la central ITT 1240. La red digital de conmutación, corazón de la central, está tratada en detalle en otro artículo⁴. En el presente, se describen los principios del equipo físico de la central y algunos de los módulos más importantes.

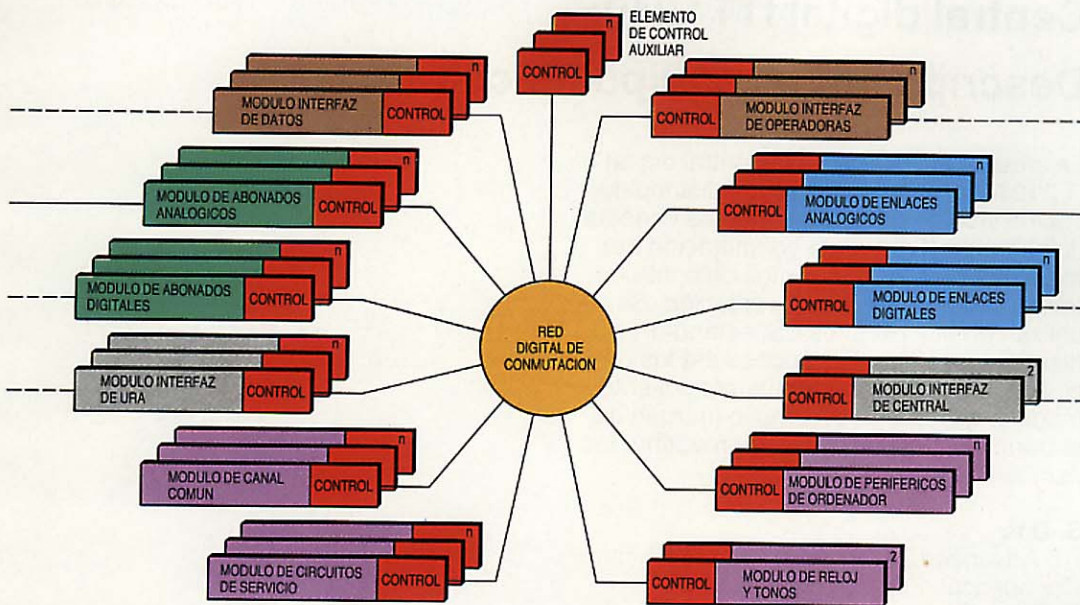


Figura 1
Arquitectura de la central digital ITT 1240, compuesta de diferentes módulos terminales conectados a la red digital de conmutación mediante interfaces normalizados. El control de la red se encuentra distribuido entre los elementos de control de estos módulos y los elementos de control auxiliar.

Organización de la central digital ITT 1240

La figura 1 muestra cómo la red digital de conmutación constituye el núcleo de la central, ya que no sólo se usa para las conexiones de voz y datos entre terminales de la red, sino también para la comunicación de los elementos de control terminal (ECT) entre sí y con otros elementos de control, denominados ECA (elementos de control auxiliar). La red se compone de un solo tipo de elemento digital de conmutación. Cada elemento de conmutación (también llamado "multipuerto"), realizado en una sola placa de circuito impreso, conmuta espacialmente entre puertos y temporalmente entre los canales MIC, permitiendo a cada uno de los 512 canales entrantes conectarse a cualquiera de los 512 canales salientes.

Concepto de módulo terminal

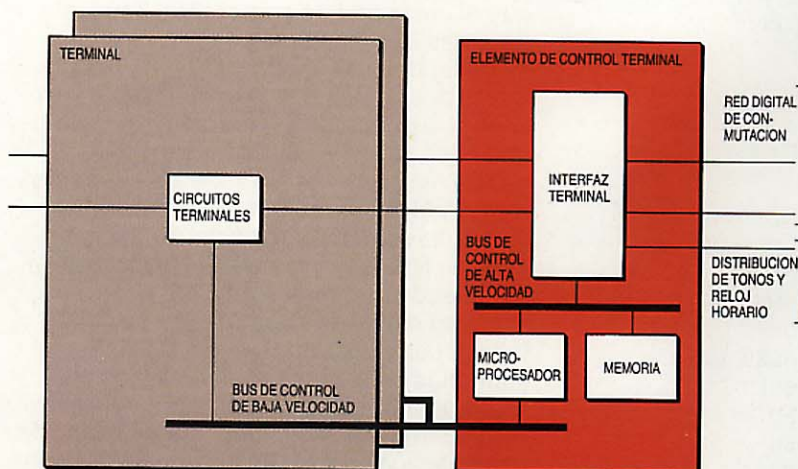
Como se aprecia en la figura 1, la central ITT 1240 está constituida por diversos módulos terminales conectados a través de la red digital de conmutación. La figura 2 ilustra la estructura general de un módulo, consistente en dos partes: los terminales y el elemento de control, ECT. Cada tipo de módulo realiza una tarea diferente: tratamiento de líneas analógicas, enlaces analógicos, líneas digitales, enlaces digitales, etc.

El corazón del ECT es el microprocesador (con su memoria), que realiza las funciones repetitivas de entrada/salida. La otra parte del ECT es el interfaz terminal, que constituye el interfaz de transmisión entre los circuitos terminales y la red digital de conmutación y también entre el microprocesador y la red. Una o dos vías de transmisión MIC de 32 canales transportan información

desde los terminales al interfaz terminal, dando acceso al mismo, sin bloqueo, a un máximo de 60 terminales. Dos vías similares conectan el interfaz terminal con la red de conmutación. Además, el interfaz terminal lleva a cabo la función de intercambio de intervalos de tiempo.

Todas las operaciones del ECT están controladas por el microprocesador, el cual intercambia mensajes con los microprocesadores de otros elementos de control a través del propio interfaz terminal y de la red digital de conmutación, para realizar las funciones de tratamiento de llamadas, mantenimiento y administración, eliminando con ello la necesidad de medios especializados de comunicación. Como se ha mencionado anteriormente, esta característica y la existencia de un interfaz normalizado entre los módulos y la red de conmutación, facilitan la evolución en la arquitectura y la tecnología de los módulos terminales,

Figura 2
Esquema de un módulo terminal, subdividido entre el terminal, que contiene los circuitos terminales, y un elemento de control terminal estándar.



con impacto casi nulo sobre el resto del sistema.

Las funciones no repetitivas del proceso de llamadas y otras tareas diversas se realizan en un segundo tipo de elementos de control, los ECA, que no controlan ningún terminal. Un ECA sólo consta, pues, de un microprocesador con su memoria asociada y un interfaz terminal. Al igual que en los módulos terminales de la central, su interfaz con la red se realiza mediante dos vías MIC. En otro lugar de este número² se dan detalles sobre la distribución de las funciones de la central en los ECT de los diferentes módulos y en los ECA.

Tipos de módulos

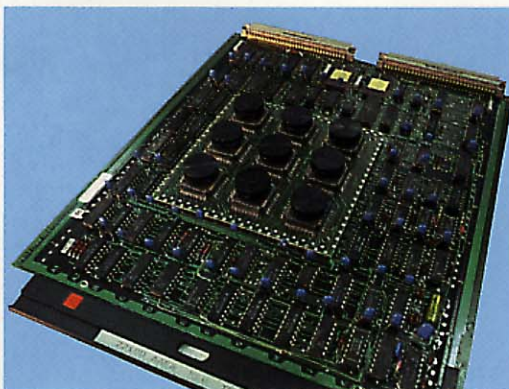
Las funciones telefónicas más importantes se agrupan en siete módulos: módulo de abonados analógicos, módulo de enlaces analógicos, módulo de circuitos de servicio, módulo de enlaces digitales, módulo de reloj y tonos, módulo de canal común (para la señalización CCITT nº 7), y módulo de interfaz de operadoras. Los periféricos de comunicación hombre-máquina y de ordenador son controlados por un módulo de periféricos separado, que incorpora un disco Winchester, unidad de cinta magnética, impresora lenta, unidades de pantalla y panel de alarmas.

Por razones de fiabilidad, el módulo de periféricos de ordenador y el módulo de reloj y tonos están duplicados. Dependiendo de las necesidades concretas y de la carga de tráfico en centrales grandes, se pueden equipar varias parejas de módulos de periféricos. También se aplica un concepto de redundancia, propio de la ingeniería de tráfico, al dimensionado del módulo de canal común y del módulo de circuitos de servicio. La configuración se dispone de modo que, incluso en situación de fallo, se mantenga un grado de servicio aceptable. En los otros módulos, el control distribuido descansa en el uso de un número de líneas de abonado (60) o de enlaces (30) lo suficientemente bajo para que sin duplicación ni redundancia se alcancen los criterios de fiabilidad requeridos. Si la Administración lo solicita, puede aumentarse la duplicación o la redundancia.

Red digital de conmutación

Conmutador de control distribuido

Los objetivos de diseño principales consistieron en desarrollar una sola estructura de red, adecuada para las aplicaciones local y de tránsito en una extensa gama de tamaños hasta más de 100.000 líneas y 60.000 enlaces, con posibilidad de conectar a ella terminales de voz y datos, así como de servir para la intercomunicación de los mismos. Como ya se ha indicado, el último



Placa del interfaz terminal.

requisito elimina la necesidad de caminos de comunicación especializados entre los elementos de control, posibilitando el crecimiento del sistema mediante la simple ampliación de la red digital de conmutación y la adición de los módulos terminales y ECA necesarios para satisfacer la demanda de cada momento.

El problema del diseño de una red de conmutación, ampliable en forma continua para cubrir una amplia gama de tamaños, se ha solucionado con el desarrollo de un elemento digital (multipuerto) que realiza conmutación temporal y espacial, incorporando funciones de búsqueda de caminos y de control.

Las características más importantes de la red digital de conmutación son su capacidad de aceptar órdenes que le lleguen por una entrada cualquiera y de establecer un camino en símplex a través de la red, eligiendo una trayectoria con el retardo mínimo. La estructura numérica de la red determina el camino de interconexión exclusivamente a partir de las direcciones de origen y destino en la red. La segunda mitad de una conexión dúplex se establecería por el elemento de control de destino, hacia atrás y hasta el elemento de control de origen. Las características de la red digital de conmutación ITT 1240 se describen con más amplitud en otro artículo⁴.

Elementos de control

En la central ITT 1240 hay dos tipos de elementos de control: los ECT, asociados con terminales de red, y los ECA, que no controlan terminales. Todos los elementos de control tienen idéntica composición, incluyendo un microprocesador comercial de 16 bits (con su memoria asociada) y un interfaz terminal.

Microprocesador y memoria asociada

El microprocesador está basado en un circuito Intel 8086 con capacidad hasta de

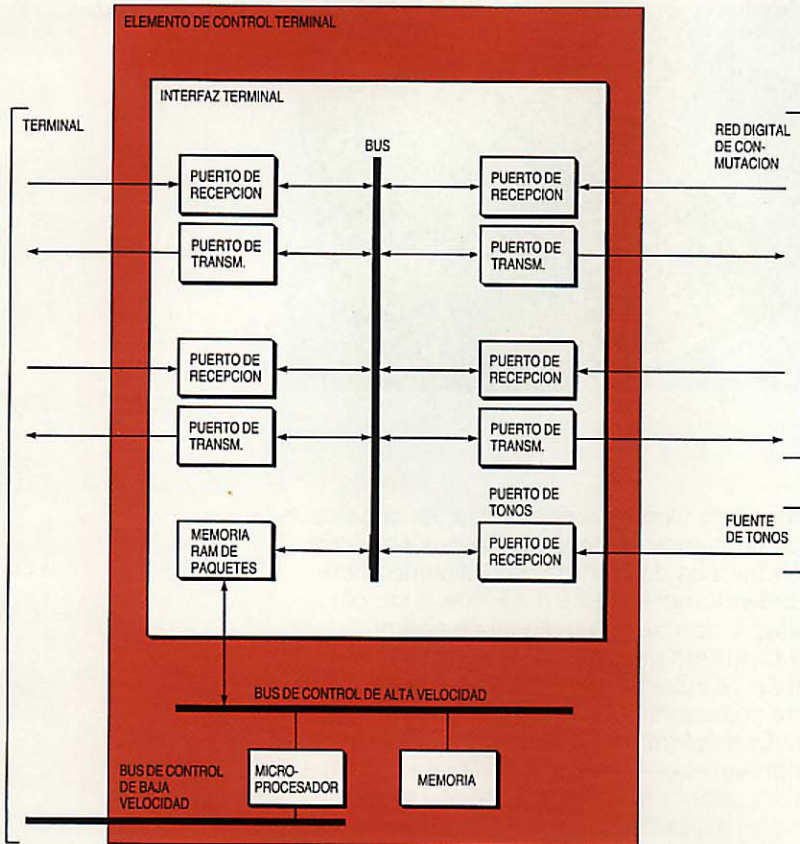


Figura 3
Esquema del interfaz terminal, mostrando sus interfaces normalizadas con el terminal asociado, con la red digital de conmutación y con el microprocesador y su memoria.

un mega-octeto de memoria de estado sólido, en incrementos de 256 k-octetos. Está montado sobre una sola placa, conteniendo un bus de control de baja velocidad con dirección y datos multiplexados y un bus de alta velocidad con dirección y datos en paralelo.

La memoria va montada en una placa separada, en incrementos de 256 k-octetos. Es una memoria comercial RAM (de acceso aleatorio) dinámica de 64 kbit y tiene capacidad de corrección de errores individuales y de detección de errores dobles. La lógica de corrección y detección de errores está localizada en la placa del microprocesador. Tanto el microprocesador como la memoria pueden proceder de varios fabricantes, cumpliéndose así el objetivo de disponer de múltiples suministradores para los componentes.

Los paneles posteriores de la mayoría de los ECT admiten 256 k-octetos de memoria (una placa). Los paneles posteriores de los ECA y algunos de los ECT (por ej., en el módulo de periféricos de ordenador) admiten hasta cuatro placas, llegando por tanto, si se precisa, hasta un mega-octeto de memoria.

La placa del microprocesador posee diversas posibilidades adicionales de detección de faltas, incluyendo un temporizador de vigilancia (watchdog) y lógica de protección de escritura en la memoria. Las partes críticas del programa de prueba "watchdog" del elemento de control y del

programa cargador de la memoria están en memoria de sólo lectura (ROM), en la placa del procesador.

Interfaces de control

Hay dos tipos de interfaces de control entre los microprocesadores de los ECT y ECA y su entorno: un bus de control de baja velocidad y un bus de control de alta velocidad (interfaz terminal).

El bus de baja velocidad es utilizado por el microprocesador para controlar los circuitos terminales de varios módulos, incluyendo los de abonados analógicos, enlaces analógicos, enlaces digitales, y periféricos de ordenador. Consiste en un bus de 13 líneas, en las que se multiplexan tanto las direcciones como los datos.

Mediante el interfaz de alta velocidad el microprocesador controla el interfaz terminal y los periféricos de alta velocidad, por ej., cintas y discos, así como obtiene acceso a su memoria principal. A diferencia del bus de baja velocidad, este interfaz usa líneas distintas para las direcciones y los datos, además de tener líneas separadas para el control. La vía de datos es de una amplitud de 16 bits, en vez de los 8 bits usados en el bus de baja velocidad.

Interfaz terminal

Como se muestra en la figura 3, éste es el interfaz entre los terminales y la red digital de conmutación. Cada interfaz terminal tiene dos puertos para conectar el conjunto de terminales asociados, dos puertos para la conexión a la red, un puerto para comunicación con el microprocesador y su memoria, y un puerto para la introducción de tonos. Los puertos de los terminales, los de conexión con la red, y el de conexión a la fuente de tonos tienen muchos de los atributos de los puertos de la red de conmutación, con las siguientes diferencias:

- Las órdenes para el establecimiento de caminos a través del interfaz terminal vienen del puerto del procesador en lugar de venir de la red de conmutación.
- Mientras que en la red de conmutación un canal entrante sólo puede conectarse con otro saliente, en el interfaz terminal un canal entrante se puede conectar a todos los canales salientes que sea preciso. Esta facilidad permite conectar cualquier fuente de tonos o de voz que llega por un canal entrante a cualquiera o a todas las terminaciones de conversación.

El puerto de conexión del procesador al interfaz terminal está asociado con unas zonas de almacenamiento de mensajes entrantes y salientes, que pueden ser descargadas o cargadas por el microprocesador para aceptar mensajes de llegada, enviar mensajes a otros procesadores, u órdenes a los puertos del interfaz terminal.

El almacenamiento para los mensajes entrantes y salientes se localiza en la memoria RAM de paquetes del interfaz terminal. El microprocesador puede también controlar los puertos de conexión de los terminales, los de conexión a la red de conmutación, y el puerto de tonos mediante un acceso de lectura/escritura a los registros de control del puerto, a través del bus de alta velocidad.

El repertorio de órdenes a los puertos del interfaz terminal incluye las facilidades necesarias para establecer caminos a través de la red y retenerlos sin que pase por ellos ninguna conversación, conectarlos a canales de los circuitos terminales, dividir el camino y mantener la conexión en cada dirección, y reconectar el camino, ya sea con el terminal original o con otro diferente. Además, las órdenes permiten difundir tonos desde un canal de tonos a cualquier canal de conversación.

Cada puerto del interfaz terminal contiene dos circuitos LSI de diseño específico: el puerto de recepción y el puerto de transmisión (Fig. 3). Todos los puertos están interconectados por un bus múltiplex de división en el tiempo, similar al que une los puertos de conmutación en el multipuerto⁴. El interfaz terminal contiene cuatro puertos de transmisión y cinco de recepción en tecnología LSI, además de algunos componentes lógicos comerciales de integración a media escala; todo ello va montado en una sola placa de circuito impreso.

Organización de los módulos ITT 1240

La organización de todos los módulos de la central ITT 1240 sigue el diagrama genérico

mostrado en la figura 2. Las dos vías MIC de 32 canales constituyen el interfaz normalizado entre cualquier módulo y el resto del sistema. Cada terminal es controlado por su ECT mediante el bus lento, con la notable excepción del módulo de circuitos de servicio, en el cual los receptores multifrecuencia y de teclado se controlan a través del interfaz terminal por medio de las vías MIC hacia dichos órganos; esto se hizo para simplificar los circuitos.

En los apartados siguientes se describen los módulos más importantes. No se consideran aquí ni el módulo de canal común ni el módulo interfaz de operadoras, ya que se tratan en otros artículos^{5,6}.

El módulo interfaz de central y el de interfaz con la unidad remota de abonado se incluyen en el apartado que trata del módulo de enlaces digitales, debido a la similitud que existe entre ellos.

Este artículo se concentra en los módulos relacionados con el servicio telefónico (voz). Los módulos para los servicios de datos y los combinados de voz y datos han sido ya descritos en un número anterior de *Comunicaciones Eléctricas*⁷.

Módulo de abonados analógicos

Este módulo se muestra en la figura 4. Contiene 60 circuitos de interfaz de línea; por cada ocho módulos (480 circuitos de línea), puede equiparse un circuito de línea como reserva. En un módulo existen dos circuitos de corriente de llamada, dando cada uno servicio a 30 líneas.

Aparte del interfaz terminal y del microprocesador, hay tres tipos de placas en este módulo, a saber: hasta 10 placas de

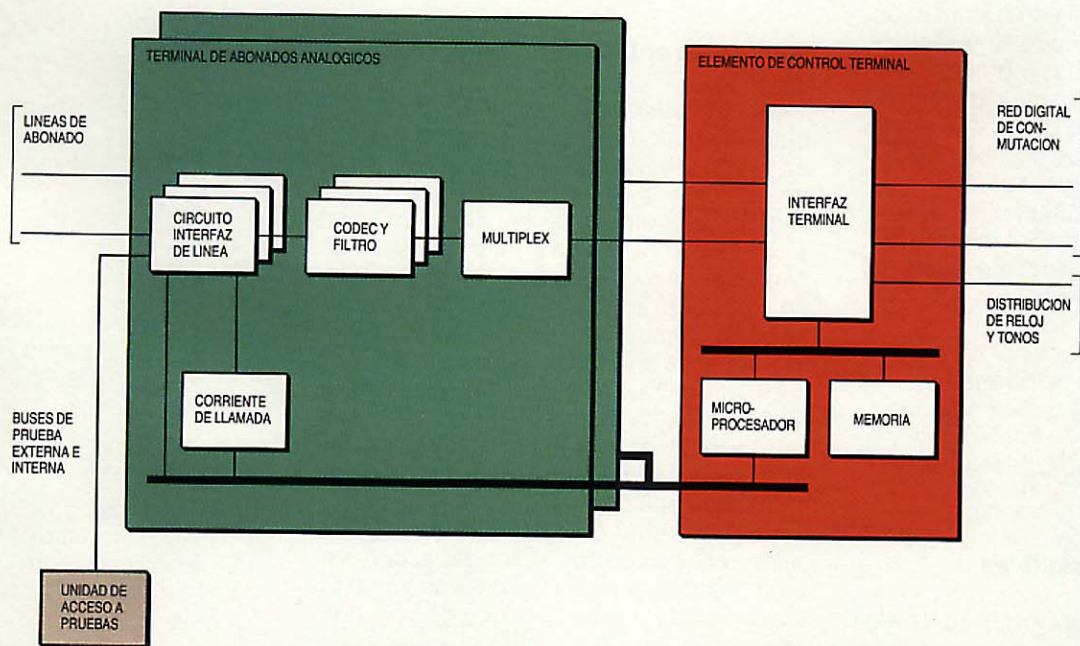


Figura 4
Módulo de abonados analógicos. Sólo se equipa una unidad de acceso a pruebas por cada ocho módulos (480 líneas).

circuitos de línea, con 6 líneas por placa; una placa de circuitos de corriente de llamada, con dos circuitos; y una placa de unidad de acceso a pruebas, utilizada para las funciones de prueba. Esta última placa se equipa a razón de una por cada ocho módulos. El codec y el filtro forman parte de la placa de circuito de línea. Un bastidor de líneas analógicas puede contener ocho módulos de abonados analógicos (480 líneas).

Cada módulo de abonados analógicos también contiene un ECT, comprendiendo como siempre un microprocesador, su memoria asociada y un interfaz terminal.

El circuito de línea facilita acceso metálico individual e independiente a dos vías de prueba (una exterior y otra interior) bajo control de dos relés. Estas dos vías conectan un máximo de ocho módulos, terminando en la unidad de acceso a pruebas; también facilitan estas vías la provisión de línea de reserva, que mantiene el servicio a un abonado cuando su circuito de línea está averiado. Para ello, la vía exterior se conecta a la línea en cuestión, la vía interior al circuito de reserva, y ambas vías a la unidad de acceso a pruebas. La información sobre categoría de la línea se asigna temporalmente al circuito de línea de reserva.

En unión de un dispositivo centralizado, denominado analizador de señales de prueba, la mencionada placa de acceso contiene la instrumentación necesaria para realizar todas las operaciones de comprobación de la planta exterior, los circuitos de línea y otros circuitos telefónicos.

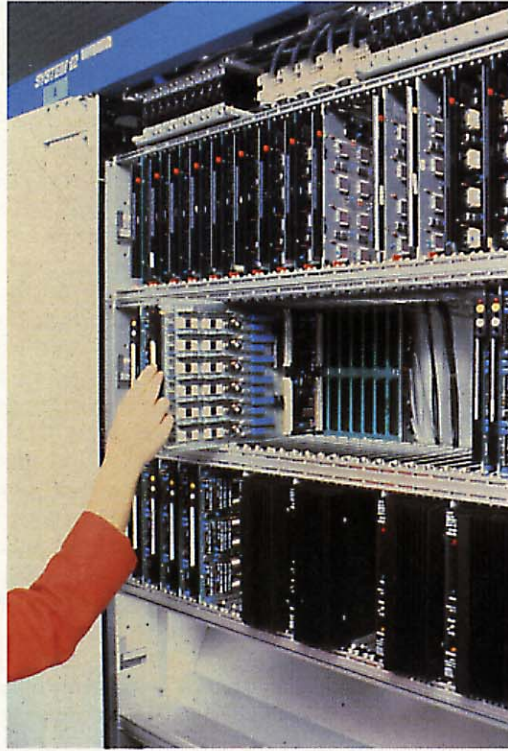
El analizador de las señales de prueba, montado en dos placas, consiste en un procesador microprogramado de alta velocidad. Lleva a cabo funciones de filtro digital y de generación de tonos para las pruebas de la planta externa y de los circuitos telefónicos de la central. La unidad de acceso a pruebas y el analizador se comunican entre sí a través de la red digital de conmutación.

En el diseño se ha buscado simplificar la unidad de acceso a pruebas, compuesta fundamentalmente por circuitos analógicos, y centralizar las funciones de proceso de las señales en los circuitos digitales del analizador de señales de prueba. Esta nueva estrategia consiguió un diseño sumamente eficaz, reduciendo al mínimo la calibración rutinaria y el complejo ajuste en fábrica que requieren los equipos de medida.

Otro artículo de este número⁸ da más detalles sobre el módulo de abonados analógicos, incluyendo la táctica seguida en el diseño del interfaz de línea, los circuitos de corriente de llamada, y las pruebas de líneas.

Módulo de abonados digitales

Este módulo realiza las funciones de interfaz y control para 30 ó 60 líneas de abonado,



Inserción de la placa del circuito interfaz de línea en el módulo de abonados analógicos.

terminadas en aparatos telefónicos digitales. Se diferencia del módulo de abonados analógicos en que el circuito interfaz de línea está diseñado específicamente para la conexión con líneas digitales.

Un aparato de abonado digital típico suministrará como salida canales de voz, datos y señalización, multiplexados en el tiempo. El circuito interfaz de línea digital los separará, pasando la información de señalización al ECT a través del bus de control, mientras que los canales de voz y datos seguirán hacia la red digital de conmutación.

Módulo de enlaces analógicos

También este módulo es similar al ya descrito de abonados analógicos, representado en la figura 4, con la diferencia de que aquí no se necesita circuito de corriente de llamada. Por otra parte, la unidad de acceso a pruebas sólo se usa en los enlaces a dos hilos. Como ya se ha dicho, cada módulo se limita a 30 enlaces. Debido a su complejidad, en la mayoría de los enlaces sólo se montan tres por placa. Es difícil evitar una cierta proliferación de tipos de enlaces, sin embargo se ha hecho todo lo posible para modularizar las funciones y así minimizar la ingeniería de diseño necesaria para desarrollar cualquier tipo diferente. Ejemplos de funciones genéricas que realizan todos ellos son: protección secundaria, conversión analógico/digital y digital/analógico, filtrado analógico de la banda de voz, conversión de 2 a 4 hilos (sólo en enlaces a

dos hilos), conmutación de atenuadores controlada por programa, establecimiento de bucle para prueba (sólo en enlaces a cuatro hilos), y acceso al circuito de pruebas (sólo en enlaces a dos hilos). En otro lugar se analizan otros aspectos de este módulo relativos a su aplicación en redes interurbanas⁹.

Módulo de enlaces digitales

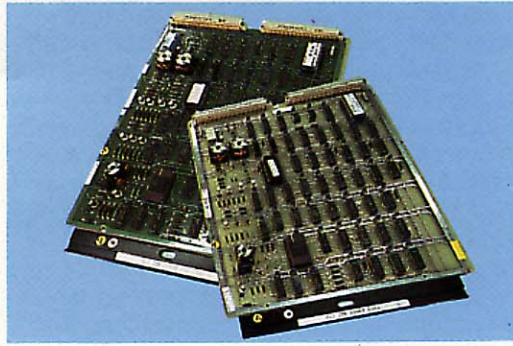
La figura 5 es un diagrama de bloques de este módulo. Aquí también se ha seguido una orientación modular, a fin de reducir todo lo posible la ingeniería de desarrollo necesaria. El circuito del enlace digital consta de un interfaz de enlace y un interfaz digital montados en dos placas separadas. Se han realizado dos tipos de circuito de enlace digital: uno para MIC de 32 canales y otro para MIC de 24 canales.

Las funciones del interfaz de enlace son: conversión de HDB-3 (ó AMI) a binario, regeneración del reloj externo y retemporización, detección y supervisión de diferentes alarmas y establecimiento de bucle hacia la red digital de conmutación y hacia la central remota para el mantenimiento.

El interfaz digital incorpora también circuitos para regenerar señales de reloj, circuitos para conmutar todos los canales a una vía de transmisión hacia el interfaz terminal si la otra falla, así como para conmutar los canales 0 (sincronización) y 16 (señalización) a través de la red digital de conmutación. En otro artículo de este número⁹ se describen facilidades adicionales necesarias para ciertas aplicaciones interurbanas (ejemplo: supresión digital de ecos, detección de tonos dentro de banda).

Módulo interfaz de unidad remota y módulo interfaz de central

El módulo interfaz de unidad remota de abonados tiene un diseño similar al módulo



Placas de interfaz de enlace y de interfaz digital pertenecientes al módulo de enlaces digitales.

de enlaces digitales e incorpora las funciones de interfaz y control para las unidades remotas con capacidad hasta de 480 abonados. Puede utilizarse como interfaz de una sola unidad remota de abonados con la capacidad indicada de 480 abonados, o como interfaz de una configuración en segregación, con un máximo de ocho unidades que totalicen hasta 480 abonados.

El control de las unidades remotas conectadas al módulo interfaz utiliza una señalización simplificada de canal común; los mensajes de control son generados por el procesador, se envían mediante el bus al circuito de enlace digital y se inyectan en el canal 16 de las vías digitales.

En la ubicación remota, el módulo interfaz de central combina las funciones de un módulo de enlace digital y un módulo de canal común para conectar una central supervisada con su central principal¹⁰. Este módulo incorpora también un controlador para conexión temporal de una impresora y una unidad de pantalla.

Módulo de circuitos de servicio

Este módulo incorpora las funciones de señalización de la central digital ITT 1240,

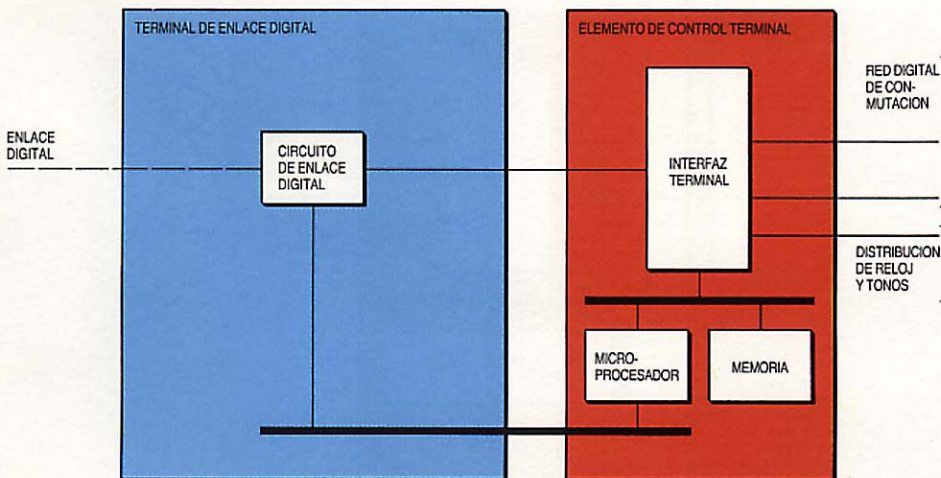


Figura 5
Módulo de enlaces digitales.

tanto para señalización multifrecuencia entre centrales como para la señalización de teclado multifrecuencia entre abonado y central. En cada central se equipará el número adecuado de estos módulos, dependiendo de su tamaño, tráfico y características del interfaz de señalización.

El módulo constituye una unidad autosuficiente, capaz de asumir funciones de emisor/receptor para un máximo de 32 canales, en grupos de 16. La novedad de este módulo es que los mismos circuitos básicos pueden programarse para ser utilizados con cualquiera de los cinco esquemas básicos de señalización: R1, R2, CCITT n° 5, Socotel y multifrecuencia (de dos tonos) de aparato de teclado. A su vez, cada uno de estos sistemas de señalización puede ajustarse a las características y requisitos específicos de cada Administración.

En contraste con los emisores y receptores tradicionales, el módulo de circuitos de servicio realiza en forma puramente digital todas las funciones de filtrado, temporización, establecimiento de umbrales de nivel y generación de tonos, asegurando con ello una mejor estabilidad y precisión frente a las variaciones de temperatura y el envejecimiento de los componentes. Tales cualidades permiten que se prescindan de los ajustes posteriores, ya no sólo innecesarios sino ni siquiera posibles, con lo que se elimina el riesgo de un desajuste accidental durante el transporte o por intervención del personal de mantenimiento. Otra característica notable de este módulo es su compacidad: sólo se requieren siete placas para contener todas las funciones telefónicas y de control de 32 emisores/receptores, de cualquier sistema de señalización. En las centrales pequeñas, o cuando las características de tráfico no exijan más, se pueden equipar tan sólo 16 emisores/receptores.

Durante su operación, los receptores multifrecuencia se conectan de forma individual a los circuitos de línea o enlace de la

central a través del interfaz terminal y de la red digital de conmutación. El tren de señales MIC del canal apropiado se conmuta hacia un receptor disponible, asignándole a éste un intervalo temporal determinado de la vía MIC con el interfaz terminal. El receptor indicado en la figura 6, extrae de la palabra de 16 bitios la muestra comprimida de voz de 8 bitios y la traduce a una palabra logarítmica de 9 bitios. Tales muestras pasan, a través de un filtro digital, a un circuito de decisión, que identifica el dígito por medio de la amplitud de la señal, su duración y la exactitud del código. Los resultados obtenidos se devuelven en una palabra MIC saliente de 16 bitios, a través del interfaz terminal, al microprocesador asociado para su posterior utilización por los programas de señalización.

Cuando el módulo de circuitos de servicio atiende a una señalización del tipo de secuencia obligada, los bancos de coeficientes de los filtros digitales, así como los parámetros para la decodificación de la señal, deben cambiarse muy rápidamente, en cada intervalo de tiempo (por cada receptor). Esto se realiza invirtiendo los bitios de protocolo en la palabra de 16 bitios que pasa del interfaz terminal al receptor, el cual a su vez interpreta la inversión del protocolo y envía la orden adecuada, para la conmutación del banco, a los circuitos de filtro y decisión.

La generación y transmisión de las señales digitales se realizan por el generador de señal digital. Bajo el control de un programa de generación de señales almacenado también en dicho generador, se seleccionan las muestras codificadas digitalmente, se suman en parejas (en el caso de los esquemas de dos frecuencias), se transcodifican al formato comprimido de 8 bitios y se introducen en uno de los 32 canales de la vía MIC que va hacia el interfaz terminal. Cada código de señalización (pareja de frecuencias o frecuencia única) tiene un intervalo de tiempo preasignado del tren de bitios MIC y se envía al interfaz terminal en

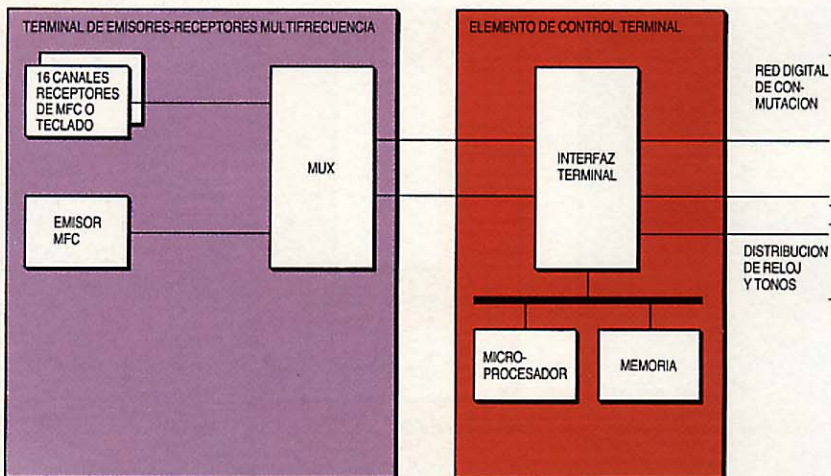
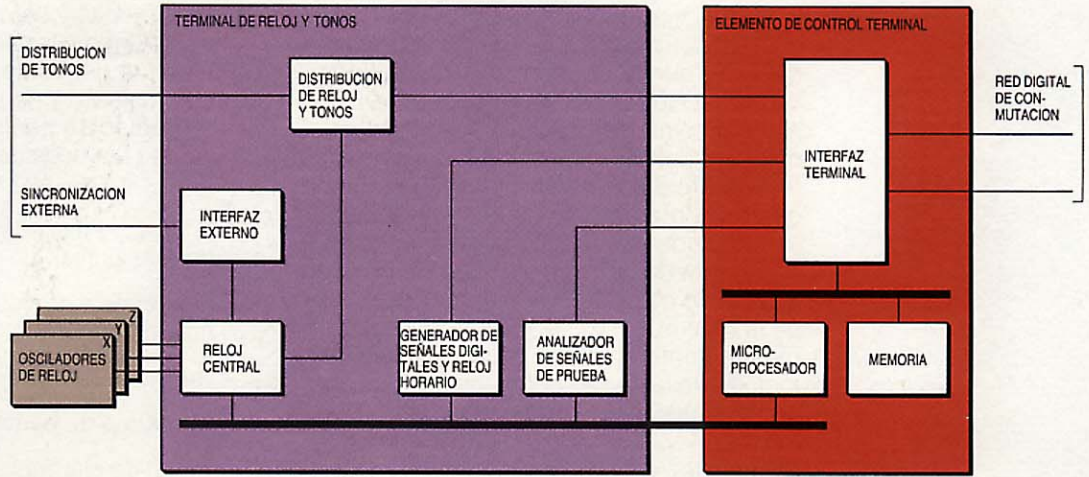


Figura 6
Módulo de circuitos de servicio MFC - multifrecuencia.

Figura 7
Módulo de reloj y tonos. El analizador de señales de prueba no se duplica normalmente.



forma continua. La selección de la señal y su conmutación hacia los enlaces adecuados para realizar la función de envío, se llevan a cabo en el interfaz terminal bajo control del microprocesador y de los programas de señalización.

Módulo de reloj y tonos

La figura 7 muestra un esquema de este módulo. Igual que ocurre con el resto de los módulos, su núcleo lo constituye el ECT, que controla los subsistemas de reloj de la central, la generación de tonos para el progreso de la llamada, el reloj horario y el proceso de las señales para pruebas de líneas y enlaces (analizador de señales de prueba). El módulo se duplica por fiabilidad.

La distribución de las señales de reloj de la central a cada bastidor se hace por un sistema bus redundante, con origen en el módulo de reloj y tonos; dicho sistema pone a disposición de cada módulo las señales de los dos relojes, y se elige uno de ellos mediante un circuito de selección. Los tonos para el progreso de llamada y la función de reloj horario se combinan en un bus redundante separado, que llega a todos los bastidores, donde cada módulo tiene acceso a las líneas de distribución del mencionado bus. Estas líneas son de formato similar a las que interconectan los elementos de conmutación en la red. Cada línea tiene 32 canales, con 28 para tonos y locuciones y dos para la información del reloj horario.

Unidad de reloj de la central

La complejidad de la unidad de reloj (reloj central), mostrada en la figura 7, depende del tipo de central o de la posición de ésta en la jerarquía de la red telefónica. El caso más simple es el de una central local con

interfaces únicamente analógicas hacia su mundo exterior. En el caso más complicado, la central tendrá enlaces digitales con otras centrales y su reloj deberá sincronizarse con el reloj de las centrales remotas. El subsistema de reloj central comprende un VCXO (oscilador de cristal controlado por voltaje), oscilador de referencia, y también dispositivos para examinar las frecuencias de reloj extraídas de los enlaces digitales.

Durante su operación, el microprocesador del ECT establece el voltaje de control para el VCXO, comparando la frecuencia de éste con la de un oscilador de referencia externo (extraída de un enlace externo) o interno, y calculando los nuevos voltajes de control. Un algoritmo programado compara también las referencias internas con la externa, determinado así las características de envejecimiento de las primeras. Análogamente, los algoritmos incorporados en el ECT controlan las frecuencias medias del reloj, a largo y corto plazo, para conseguir un seguimiento óptimo de la referencia externa. Pueden encontrarse más detalles en otro artículo¹¹.

Reloj horario y generador de señales digitales

El reloj horario es un reloj de tiempo real que genera señales de la hora local, utilizadas en la producción de registros de sucesos, tarificación y funciones análogas. La hora se genera en forma de mensaje digital y se distribuye sobre dos canales, junto con los tonos. Los circuitos del reloj horario pueden tomar como base la señal que procede de la alimentación local a 50/60 Hz o la del reloj central. En muchos lugares en que la red local es fiable, la frecuencia media a largo plazo de las líneas de alimentación es excelente y puede servir como referencia; en otros, deberá utilizarse la frecuencia del reloj central. En cualquier caso los circuitos pueden programarse para usar una fuente como reserva de la otra.

El reloj horario está controlado por programas ubicados en el microprocesador del ECT, que posibilitan su inicialización y las correcciones que sean necesarias. Por medio del interfaz normalizado hombre-máquina del ITT 1240 el personal de mantenimiento o de operación podrá ejercer control sobre el sistema de reloj y la hora.

Los tonos se producen en un bloque generador de señales digitales en el módulo. Puesto que toda la señalización dentro de la central es digital, los tonos se generan directamente en forma digital, y no en analógico que luego se convierta a digital para su transmisión. La representación digital de los tonos está almacenada en memoria de sólo lectura (ROM) y se lee cuando sea necesario. Cada locución utilizada se lleva desde un magnetófono en continuo funcionamiento a un codec analógico-digital semejante al del circuito de línea.

El generador de señales digitales multiplexa las señales horarias, las locuciones y los tonos en una vía MIC de 32 canales, con la necesaria información de sincronización. A cada módulo del sistema se distribuyen dos vías del tipo indicado, con origen en sendos módulos de reloj y tonos.

Como se dijo anteriormente, en este módulo se incluye también el analizador de señales de prueba. Las funciones de este circuito se han indicado previamente en forma general y en otro lugar de este número se da información más detallada⁸.

Módulo de periféricos de ordenador

La figura 8 es un diagrama de bloques de este módulo, que incluye controladores y capacidad de proceso para la comunicación hombre-máquina, periféricos de entrada/salida y memoria de masas. Típicamente, la memoria de masas almacena una copia de

los programas y datos en línea; programas fuera de línea y las cargas iniciales de programas; registros de tarificación y datos de mantenimiento y de estadísticas.

El módulo de periféricos de ordenador acomoda los tipos de periféricos siguientes:

- unidad de disco Winchester (memoria de masas fija)
- unidad de cinta magnetica (memoria de masas transportable)
- impresoras de baja velocidad
- unidades de pantalla
- panel de alarmas.

El ECT utiliza el bus lento en su conexión con las unidades de pantalla, paneles de alarmas y módems, y el bus de alta velocidad en su comunicación con la memoria principal, el interfaz terminal y los controladores de canal para disco y cinta. Dependiendo de la cantidad de proceso y de almacenamiento que se precise en una configuración concreta, el ECT se podrá equipar hasta con 1 mega-octeto de memoria principal. En las centrales ITT 1240 se equiparán como mínimo dos módulos de periféricos de ordenador, por razones de fiabilidad; si se precisa, para manejar un tráfico muy alto y asegurar la fiabilidad requerida, podrá aumentarse el número de módulos.

Comunicación hombre-máquina

El interfaz hombre-máquina consta de un máximo de 6 interfaces asíncronos en serie (controladores de los periféricos de comunicación hombre-máquina) por módulo, equipados en incrementos de dos. Este interfaz permite la comunicación con los dispositivos de entrada/salida, tales como unidades de pantalla e impresoras, mediante un interfaz RS232/V.24 o bucle

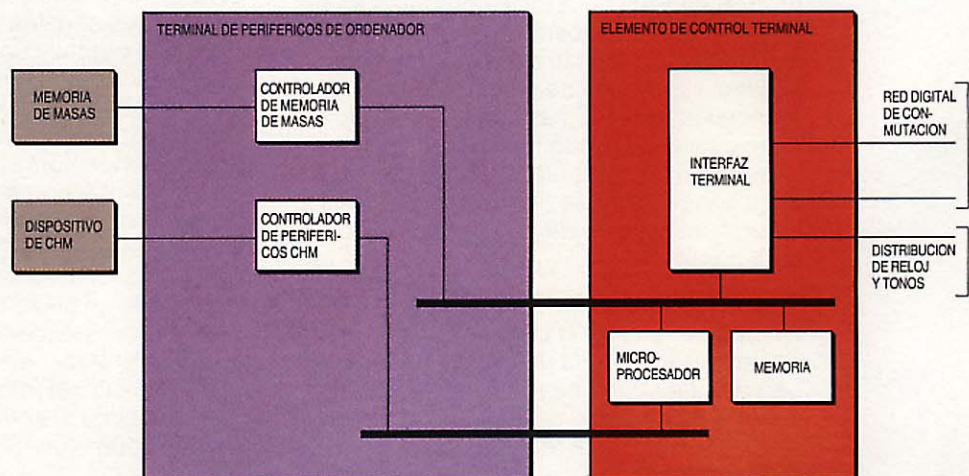


Figura 8
Módulo de periféricos de ordenador.

Unidad de disco del módulo de periféricos de ordenador.



de corriente. Los circuitos de entrada/salida pueden operar a más de 9600 baudios. Una sola placa puede contener dos circuitos interfaz.

Recepción y proceso de alarmas

El módulo de periféricos de ordenador incorpora también la parte centralizada del sistema de alarmas. El ECT utiliza los circuitos de lógica de visualización para recoger todas las alarmas de la planta, de los servicios y otras no específicas de los bastidores. También usa el circuito de excitación de lámparas para el interfaz con un panel de alarmas visuales y audibles. Se pueden detectar e indicar hasta 32 alarmas.

En cada bastidor existe un circuito de alarma de bastidor que recoge las alarmas enviadas por diferentes módulos del sistema. Esta función está controlada por el ECT de uno de los módulos del bastidor; la información de alarma se envía al módulo de periféricos de ordenador mediante mensajes lógicos a través de la red digital de conmutación. Este módulo generará entonces las indicaciones pertinentes en el panel de alarmas. Por razones de fiabilidad, en cada bastidor hay dos placas de alarmas, con entradas comunes y controladas por diferente ECT.

Memoria de masas

El controlador de canal, realizado en una sola placa, es el medio de comunicación entre el ECT y dispositivos de alta velocidad, como los discos y cintas magnéticas: un interfaz de memoria de masas para el disco y una unidad de control para la cinta magnética. Estos circuitos constituyen el controlador de memoria de masas mostrado en la figura 8. Las funciones principales del controlador de canal son:

- proporcionar una memoria intermedia para el almacenamiento de los datos de los periféricos
- agrupar en una sola las interrupciones originadas en varios periféricos
- recoger información sobre las fuentes de interrupción, errores, disponibilidad de memoria intermedia, etc.
- proporcionar acceso directo entre la memoria intermedia y los periféricos.

La unidad de disco usada es la Kennedy 5300, serie Winchester, con capacidad básica de 14 M-octetos sin formatar y 11,5 M-octetos formatados. El disco está constituido por sectores de datos de 256 octetos con campos adicionales de identificación y comprobación cíclica de redundancia de los datos; hay 64 sectores por pista y 700 pistas por lado. Típicamente, el tiempo de acceso es 55 ms y la velocidad de transferencia a la memoria intermedia del controlador de canal es $1 \text{ M-octeto s}^{-1}$.

Los periféricos transportables de almacenamiento masivo (cintas magnéticas) utilizados en las centrales ITT 1240 son las unidades de cinta Kennedy 9000 y 9700. La unidad de control de la cinta magnética se conecta con un formador y admite los dos formatos: el codificado en fase y el NRZI (invertido sin retorno a cero), con una densidad de registro, respectivamente, de 1600 y 800 bits por pulgada. Cada formador puede trabajar hasta con cuatro unidades de cinta de cualquiera de los dos tipos. La transferencia de datos sólo puede establecerse en un momento dado entre una unidad de cinta y el controlador de canal; sin embargo, las otras unidades pueden estar rebobinando mientras tanto.

El modelo 9000 admite tamaños de bobina hasta de 10 pulgadas (254 mm) de diámetro, con capacidad de 20 M-octetos de datos en bloques de 2 k-octetos; el modelo 9700 sólo admite bobinas de 7,5 pulgadas (190 mm) y su capacidad se limita a 5 M-octetos.

Práctica de equipo y encapsulado

Denominamos práctica de equipo al conjunto de principios y normas asociados con la estructura de bastidores, el cableado entre bastidores, los paneles posteriores, los conectores, placas impresas, etc. Otro artículo de éste número¹² explica los detalles de la innovadora práctica de equipo utilizada en las centrales ITT 1240; una característica sobresaliente es que admite la instalación de estas centrales en edificios comerciales normales.

Una central ITT 1240 típica puede construirse sólo con unos 30 tipos de placas, incluyendo en éstas los interfaces con

el entorno exterior (es decir, las placas de líneas y enlaces). Para optimizar las densidades de empaquetamiento, en algunas placas se han utilizado circuitos híbridos de película gruesa para los elementos activos y pasivos. Los dispositivos LSI con gran número de terminales se montan utilizando portadores de circuito, en lugar de utilizar el encapsulado más convencional "en doble línea" ("dual-in-line").

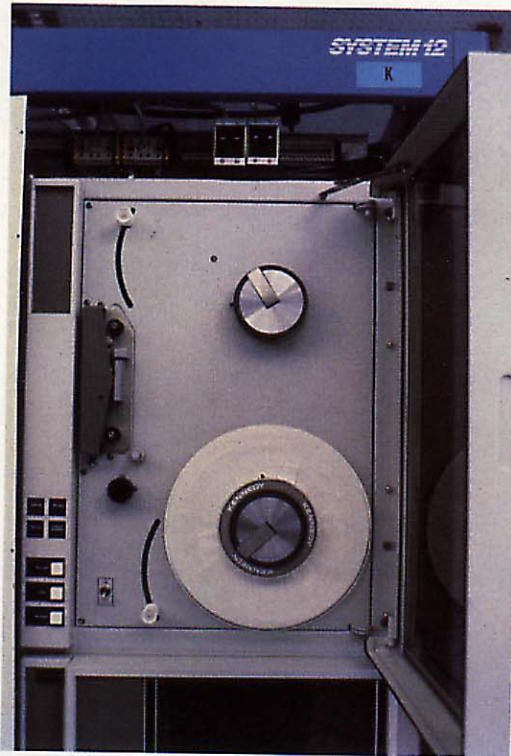
La selección de los tipos de componentes y la práctica de equipo consiguen que la central ITT 1240 sea extremadamente compacta. Una central analógica convencional ocuparía al menos tres veces el espacio de una central ITT 1240 de capacidad y características equivalentes.

Las centrales digitales ITT 1240 pueden constituirse con muy pocos tipos de bastidores, definidos por los paneles posteriores, los requisitos de alimentación y por las configuraciones de las fuentes de alimentación.

Conclusiones

El equipo de la central digital ITT 1240 se ha diseñado para aprovechar el rápido progreso de la tecnología LSI y lograr una arquitectura con amplio margen de aplicaciones, tanto en tamaños como en características. La extensa gama de tamaños es un resultado de la avanzada arquitectura de control distribuido, que se basa en un puerto de conmutación especial, realizado mediante un circuito LSI de diseño exclusivo, y en microprocesadores disponibles comercialmente.

La estructura consiste en módulos normalizados autónomos, cuyas características pueden adaptarse a una Administración concreta mediante los programas adecuados. Ya que estos módulos están conectados al resto del sistema mediante un interfaz normalizado, la central ITT 1240 no sólo sobrevivirá a los avances de la tecnología electrónica, sino que podrá aprovecharse de ellos. El interfaz normalizado, junto con la capacidad de intercomunicación de los elementos de control a través de la red digital de conmutación, permite un crecimiento modular gradual desde centrales muy pequeñas hasta centrales con más de 100.000 líneas ó 60.000 enlaces. La central ITT 1240 es, por tanto, capaz de satisfacer todas las necesidades de la conmutación local, tándem e interurbana y constituye en consecuencia un elemento clave en el concepto de la Red 2000 de ITT.



Unidad de cinta magnética del módulo de periféricos de ordenador.

Referencias

- 1 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126-134 (en este número).
- 2 L. Katzschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173-183 (en este número).
- 3 J. Cornu y M. Meinck: Central digital ITT 1240: Tecnología de componentes avanzada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 161-172 (en este número).
- 4 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148-160 (en este número).
- 5 B. Rossi y F. Haerens: Central digital ITT 1240: Realización de la señalización por canal común CCITT nº 7: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 264-273 (en este número).
- 6 R. Delit, M. A. Henrion, J. Van Walle, H. Strasser y W. Würth: Central digital ITT 1240: Subsistema de operadoras: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 248-263 (en este número).
- 7 G. Tulusso y S. R. Treves: Aplicación del control distribuido al tratamiento de servicios no telefónicos: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 1, págs. 44-56.

- 8 M. Van Brussel y A. Campos: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 218–234 (en este número).
- 9 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 235–247 (en este número).
- 10 E. Bertoli, H. Neufeldt y M. Smouts: Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 184–197 (en este número).
- 11 F. Gillet y C. Mueller: An Implementation Strategy for Network Synchronization of Digital Exchange Networks: *Proceedings of the International Switching Symposium*, Montreal, 21–25 septiembre 1981.
- 12 H. Schiemann, L. Van Laere y F. Leysens. Central digital ITT 1240: Práctica de equipos: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 283–292 (en este número).

Central digital ITT 1240:

Red digital de conmutación

La red digital de conmutación diseñada para la central ITT 1240 es la clave del control totalmente distribuido, al permitir que todas las funciones de señalización y conmutación sean controladas por microprocesadores asociados a los terminales.

J. M. Cotton
K. Giesken
A. Lawrence
D. C. Upp

ITT Advanced Technology Center, Shelton,
Connecticut, Estados Unidos

Introducción

La central digital ITT 1240 usa un tipo nuevo de elemento de conmutación en una red digital de conmutación ampliable, que permite la total distribución del control. Se cubren así en forma económica todas las aplicaciones, desde las pequeñas unidades remotas de abonado y las centrales supervisadas hasta las centrales independientes locales e interurbanas de mayor capacidad. La central ITT 1240 supera muchas de las limitaciones de los sistemas de conmutación digital basados en agrupaciones de conmutadores temporales y espaciales controlados por un procesador central con ayuda de procesadores periféricos; en estos sistemas, las aplicaciones y su capacidad de crecimiento están seriamente limitadas por razones económicas y de distribución práctica del equipo.

Consideraciones de diseño

Para apoyar los avanzados conceptos de control distribuido de la central ITT 1240¹, la red de conmutación tenía que cumplir dos grandes objetivos: cubrir una gama de tamaños mayor que la que abarcan las estructuras tradicionales tiempo-espacio-tiempo y espacio-tiempo-espacio, y ser controlable a través de los caminos de conversación mediante mensajes generados por los procesadores de los elementos de control terminal, eliminándose así la necesidad de control central de la red.

La mayoría de los diseños de red tienen estructuras tradicionales tiempo-espacio-tiempo o tiempo-espacio-espacio-tiempo. Ambas, sin embargo, adolecen de una grave limitación: el diseñador debe decidir desde el comienzo el tamaño máximo de una central para determinar el número de etapas y el tamaño de los conmutadores de cada etapa. A su vez, estas decisiones determinan el límite inferior económico.

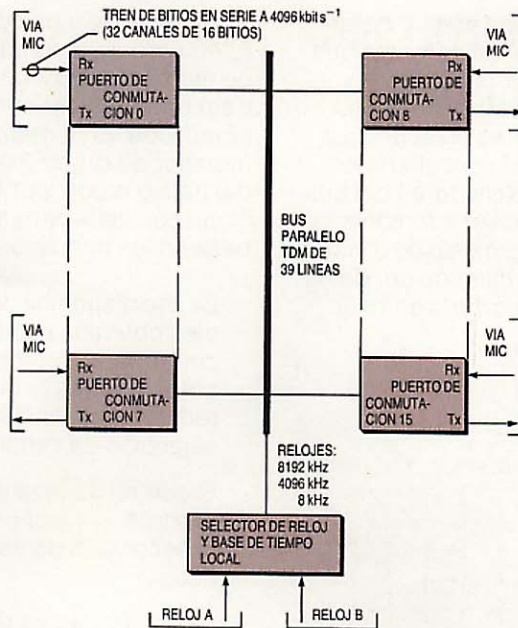
Aunque se han utilizado muchas topologías diferentes de red de conmutación, por una serie de razones las últimas tendencias apuntan hacia estructuras replegadas, considerablemente más eficientes cuando la proporción de llamadas locales (internas) excede de un 30% y cuando se usan enlaces bidireccionales en conexiones de tránsito (tándem). Todas las conexiones (línea a línea, línea a enlace, enlace a línea y enlace a enlace) se conmutan de forma idéntica; esto no solamente simplifica el control, sino que además hace a la red insensible al tipo de tráfico conmutado. Un factor importante para elegir la estructura replegada en el diseño ITT 1240 fue su posibilidad de ampliación continua (primer gran objetivo del diseño); la estructura replegada es, en efecto, la única que admite que el número de etapas de conmutación varíe con el número de terminales conectados.

El segundo objetivo esencial, control de la red a través de los caminos de conversación, se cumple al usar el tren digital de bits que va desde los terminales a la red.

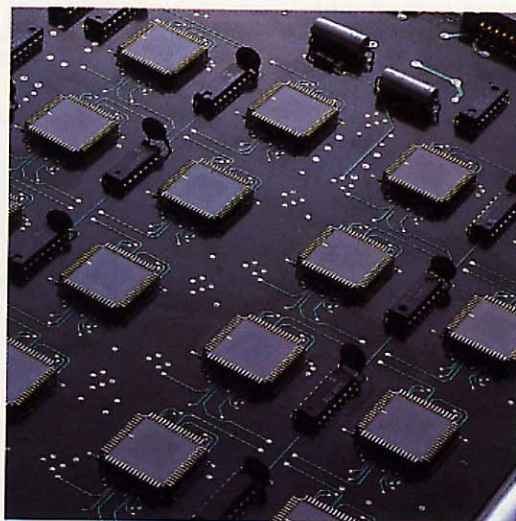
El uso de un número variable de etapas y el control a través de los caminos de conversación sugieren una tercera característica importante: todos los elementos de conmutación deberían ser idénticos, combinando cada uno la conmutación espacial y la temporal. Como ventaja adicional, una red de conmutación espacial y temporal combinada resulta del orden del 30% más eficiente que una estructura equivalente del tipo tiempo-espacio-espacio-tiempo, debido a la mayor disponibilidad de canales. En el primer caso, todos los canales (espaciales y temporales) están disponibles en cada etapa para cada conexión; por el contrario, en las redes del segundo tipo la matriz espacial determina el número de canales que puede utilizar una conexión.

Las anteriores consideraciones llevaron al diseño de una red de conmutación con las siguientes características:

Figura 1
Esquema del elemento digital de conmutación, unidad funcional básica de la red de conmutación ITT 1240. Cada elemento combina la conmutación espacial y la temporal para 16 vías MIC. Rx - recepción, Tx - transmisión, TDM - multiplex por división temporal



- topología replegada, que permite la ampliación gradual de la red, sin reconfiguración, en una gama extremadamente amplia de tamaños
- realización uniforme, utilizando en cada etapa elementos de conmutación idénticos, cada uno de ellos con conmutación espacial y temporal
- control a través de los caminos de conversación, siendo los conmutadores controlados por los procesadores distribuidos
- alta eficiencia, con una baja probabilidad de bloqueo
- pequeño retardo de transmisión en ambos sentidos
- degradación débil en el caso de fallo en un elemento de conmutación, unida a una elevada capacidad de diagnóstico y mantenimiento.



Detalle del elemento digital de conmutación ITT 1240.

Elemento digital de conmutación

Este elemento, unidad funcional básica de la red digital de conmutación, es una placa impresa enchufable que incorpora 16 puertos de conmutación idénticos, en LSI (integración en gran escala), interconectados por un bus múltiplex común de división en el tiempo (Fig. 1). Cada puerto de conmutación admite un tren de bits en serie entrante y otro saliente de 4096 kbit s^{-1} cada uno con 32 canales de 16 bits, constituyendo una vía MIC (modulación por impulsos codificados) bidireccional. El elemento digital de conmutación puede establecer y mantener caminos para transferir información desde cualquier canal del lado de recepción de cualquiera de las 16 vías MIC entrantes a cualquier canal del lado de transmisión de cualquiera de las 16 vías MIC salientes.

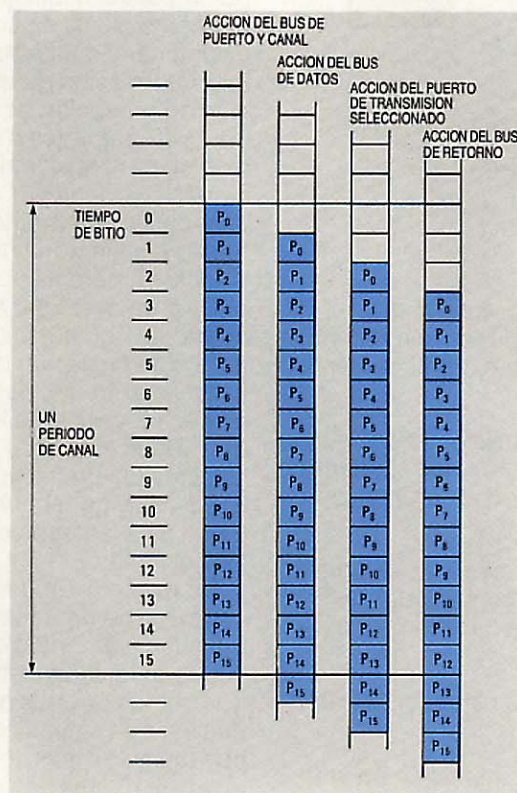
Todos los elementos de conmutación funcionan sincronamente respecto a la velocidad, pero asincrónamente respecto a los bits y tramas. Esto requiere que cada puerto de conmutación adquiera y mantenga la sincronización de bitio y trama en cada vía entrante, pero elimina las restricciones respecto a la longitud de las vías MIC. Cada elemento de conmutación selecciona una señal de reloj, entre dos, de 8192 kHz y genera una referencia local de trama para las operaciones del bus y de las vías salientes.

No existe ningún mecanismo común ni conexión de procesador central para controlar los elementos de conmutación. Por el contrario, dichos elementos están controlados por los puertos de conmutación individuales, que actúan conjuntamente sobre el bus múltiplex interno de división temporal al recibir dígitos de control desde los elementos de control terminal, y realizan las conexiones en forma autónoma, de manera similar a los antiguos conmutadores Strowger (paso a paso). Los puertos usan el estado actual de cada canal y la información de control que llega por dicho canal en la vía MIC para establecer o liberar caminos dentro del elemento digital de conmutación, transmitir información a través de caminos ya establecidos y llevar a cabo funciones especiales como mantenimiento y rastreo de caminos.

El puerto de conmutación, componente clave de la red digital, es un circuito LSI de diseño específico n-MOS, con 11.500 transistores sobre una pastilla cuadrada de 5,9 mm de lado. El puerto está dividido en dos partes, la de recepción y la de transmisión, casi independientes. La parte receptora sincroniza la vía MIC entrante, registra el estado del puerto y los canales, y controla las interacciones con el bus para establecer, retener y liberar los caminos. La parte transmisora recibe una palabra de cualquier parte receptora, realiza una conmutación temporal almacenando dicha palabra en la

memoria de salida asociada con un determinado intervalo de canal saliente, efectúa una búsqueda del "primer canal libre" y entrega la palabra a la vía MIC de salida, controlando las operaciones en el bus. La pastilla LSI contiene toda la circuitería necesaria, incluyendo los excitadores del bus interno. Los 16 puertos están interconectados por un bus múltiplex paralelo de división temporal, subdividido en campos de: datos, puerto, canal, canal de retorno, control y

Figura 2
Temporización del bus paralelo que interconecta los 16 puertos del elemento digital de conmutación.



reloj. Cada puerto utiliza el bus 32 veces por trama; por tanto el ciclo del bus es 125 μs divididos por 32 × 16, aproximadamente 244 ns. Todos los puertos utilizan el bus en forma multiciclo y solapada, según se muestra en la figura 2.

Estructura de la red digital de conmutación

En los sistemas de conmutación espacial por mallas, la utilización eficaz de la red se consigue mediante un mapa mantenido en la memoria de un controlador central, y la ayuda de facilidades de comprobación de caminos y estrategias de recuperación. Aunque la red digital de conmutación ITT 1240 parece similar a la de dichos sistemas, la naturaleza distribuida de su control evita los inconvenientes de un mapa centralizado en memoria. La disposición elegida (Fig. 3) consiste en parejas de conmutado-

res de acceso y un conmutador de grupo. El número de conmutadores de acceso y de etapas del conmutador de grupo (hasta tres) depende del número de terminales equipados. El número de planos del conmutador de grupo (hasta cuatro) depende del tráfico medio por terminal y se dimensiona con cada central. La configuración se basa en los principios siguientes:

- La alta disponibilidad de caminos múltiples obtenida con los elementos de conmutación combinada espacio-temporal, permite la utilización eficaz de la red sin interconexiones ni algoritmos de selección de caminos complejos.
- El control de establecimiento de caminos, progresivo y por el propio canal, elimina la necesidad de verificaciones de caminos.
- La posibilidad de realizar en el elemento de conmutación una conexión de entrada a entrada (reflexión), implica que una llamada penetrará sólo hasta la etapa necesaria para poderse reflejar hacia el terminal deseado.
- Cada terminal tiene una dirección única, compuesta por cuatro campos con las sucesivas direcciones que sirven para alcanzar dicho terminal desde la cuarta etapa. Independientemente de cuál sea el elemento de conmutación seleccionado para la reflexión, la secuencia de selección de entradas para llegar a un terminal dado es la misma, lo que simplifica los mecanismos de búsqueda de caminos. Si se conoce la dirección de red del terminal deseado, puede hacerse una búsqueda aleatoria de caminos hasta cualquier elemento de conmutación en el que pueda hacerse la reflexión hacia el terminal deseado.
- Las interconexiones entre etapas son vías MIC en serie, asíncronas en fase, con lo que su distancia física podrá ser la que se requiera en cada caso.

Todos los terminales acceden a la red de conmutación a través del interfaz terminal de un elemento de control terminal, conectado mediante sendas vías MIC en serie asíncronas a un par de conmutadores de acceso (etapa 1 de la red de conmutación). Cada vía tiene 30 canales de conversación, con lo que el interfaz terminal dispone de 60 canales dúplex hacia el par de conmutadores de acceso. Se puede conseguir concentración o expansión variando el número de líneas o enlaces conectados al interfaz terminal y el número de interfaces terminales conectados a la pareja de conmutadores de acceso. Típicamente, en la central ITT 1240 se equipa un interfaz terminal por cada 60 líneas o 30 enlaces. El conmutador de acceso es un elemento de conmutación con 16 puertos, de los que

cuatro se asignan a la conexión con el conmutador de grupo; los 12 restantes se pueden asignar a conexiones de los terminales. Generalmente se conectan ocho interfaces terminales de abonado o cuatro de enlaces a una pareja de conmutadores de acceso. Los puertos no utilizados de dicha pareja pueden servir para la conexión de elementos de control auxiliar, terminales especiales o dejarse vacantes.

Los módulos terminales se conectan al

conmutador de grupo por medio de un par de conmutadores de acceso (Fig. 3a). El conmutador de grupo comprende hasta cuatro planos, idénticos e independientes, de elementos de conmutación. El número de éstos por plano dependerá del número de conmutadores de acceso que han de interconectarse. En el caso de cuatro parejas, sólo se necesitará un elemento digital de conmutación (una etapa) en cada plano. En su máximo tamaño, con tres etapas, el

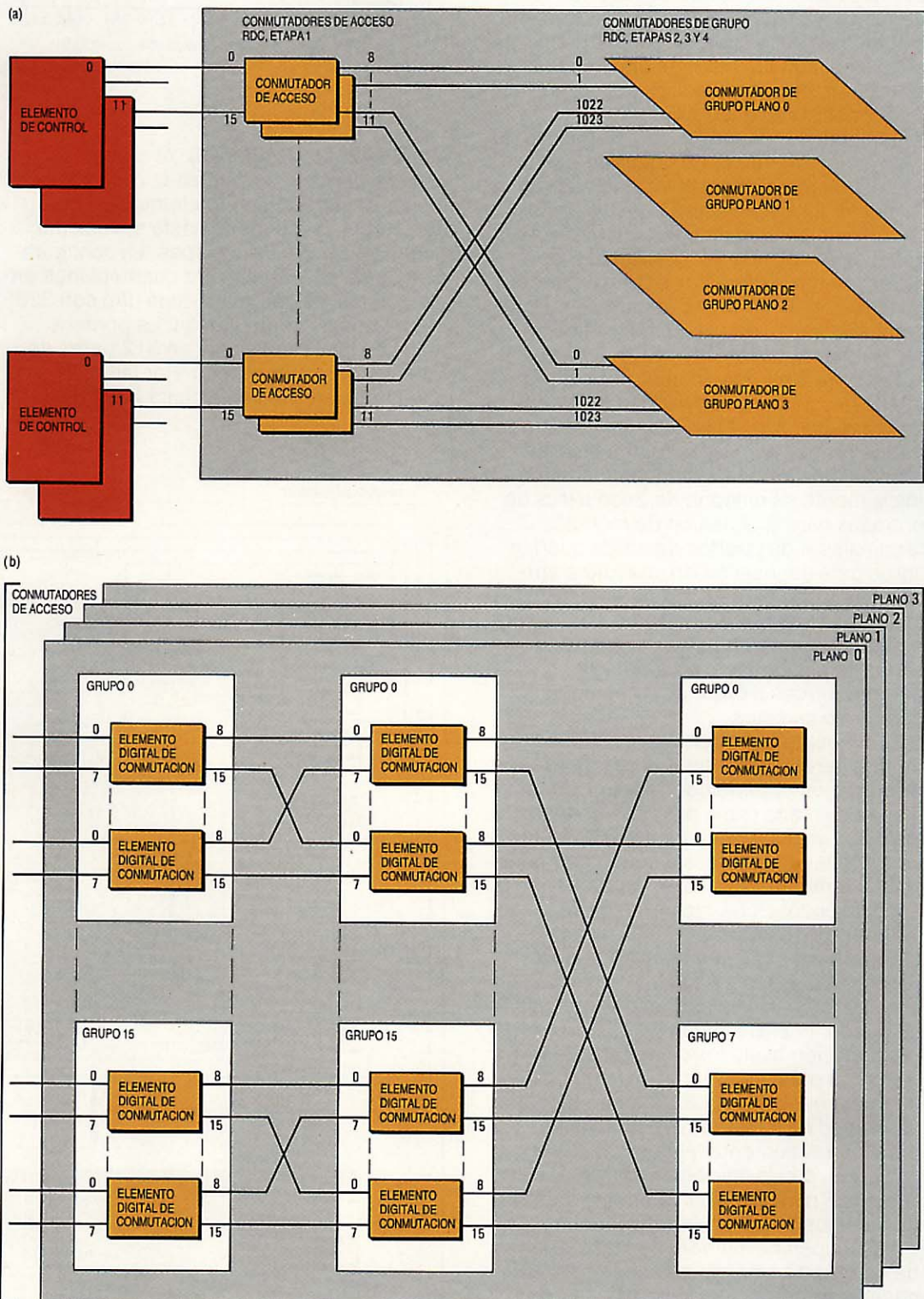


Figura 3
Estructura de la red digital de conmutación
(a) estructura general
(b) conmutador de grupo.
RDC - red digital de conmutación.

conmutador de grupo interconecta 512 pares de conmutadores de acceso (Fig. 3b).

Crecimiento de la red digital de conmutación

Un factor clave de la flexibilidad del ITT 1240 es la forma en que la red digital de conmutación puede crecer gradualmente desde el tamaño mínimo hasta los más grandes.

La arquitectura de la red de conmutación permite atender a cualquier incremento pequeño, ya sea en el número de terminaciones o en el tráfico a cursar, mediante la simple adición de uno o de unos pocos elementos de conmutación, sin tener que reordenar el cableado existente.

La figura 4 muestra las características de crecimiento en redes de dos, tres y cuatro planos, dando el número total de elementos de conmutación en la red en función del número de parejas de conmutadores de acceso. Los planos del conmutador de grupo, siempre idénticos entre sí, pueden añadirse en el momento en que se precise ampliar la capacidad de cursar tráfico de la red de conmutación.

La figura 5 muestra cómo crece la red desde la configuración mínima, una pareja de conmutadores de acceso sin conmutador de grupo (A en la fig. 5), por la adición gradual de elementos de conmutación. Inicialmente se dispone de doce pares de entradas para la conexión de módulos terminales. Los puertos de salida quedan libres para ser usados en una futura ampliación. Cada elemento de conmutación identifica automáticamente como no disponibles los puertos no usados, ignorándolos en las selecciones de puertos salientes que responden a órdenes de establecimiento de caminos.

El siguiente paso consistiría en la adición de otra pareja de conmutadores de acceso más un elemento de conmutación de la etapa 2 en cada plano para interconectar los conmutadores de acceso (B en la fig. 5). Se podrán conectar hasta cuatro parejas de tales conmutadores al elemento de la etapa 2, obteniéndose una capacidad de 48 pares de puertos de entrada.

En el paso siguiente se añade un elemento en la etapa 2 y cuatro elementos en la etapa 3 (C, figura 5). Esta configuración se puede ampliar añadiendo elementos de conmutación hasta formar un grupo completo con ocho elementos en la etapa 2 y ocho elementos en la 3 (D, figura 5). La capacidad de tratamiento de tráfico se mantiene al aumentar el número de terminaciones, con la adición de elementos en la etapa 3 para que haya un mayor número de caminos.

Para superar el número de terminaciones de un grupo completo se añade otro, así como elementos de la etapa 4 que los

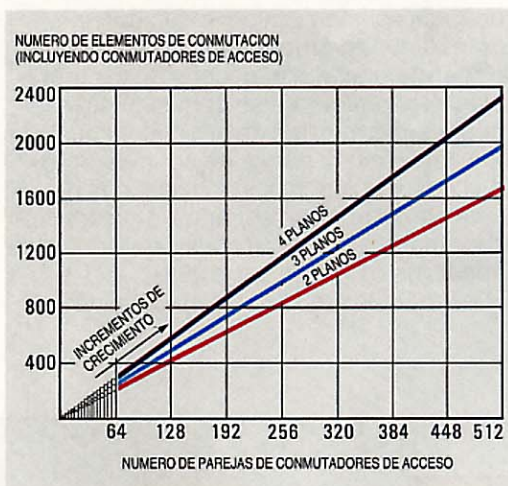


Figura 4
Características del crecimiento de la red digital de conmutación ITT 1240.

interconecten (E, figura 5). Al crecer los grupos, puede mantenerse la capacidad de cursar tráfico añadiendo elementos. De esta forma, la red crece hasta su máxima dimensión con cuatro etapas. La configuración completa constará de cuatro planos en el conmutador de grupo, cada uno con 320 elementos de conmutación. La primera etapa de la red consistirá en 512 pares de conmutadores de acceso. Por tanto, la configuración máxima incluirá 2304 ele-

Figura 5
Fases de crecimiento de la red digital de conmutación ITT 1240.

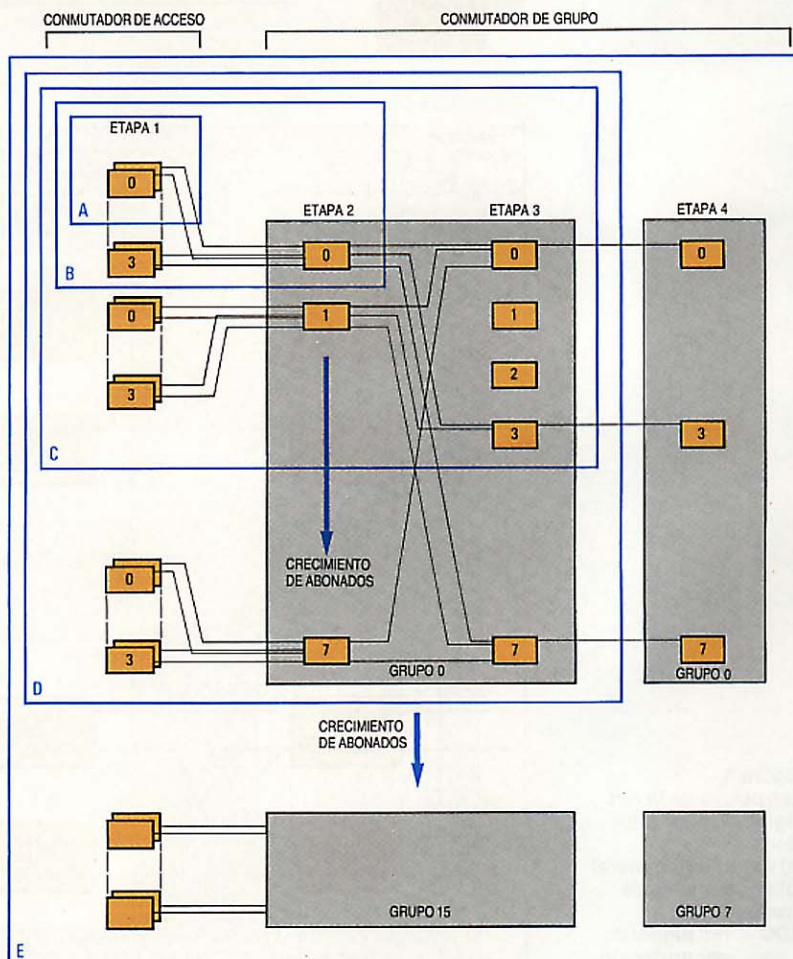
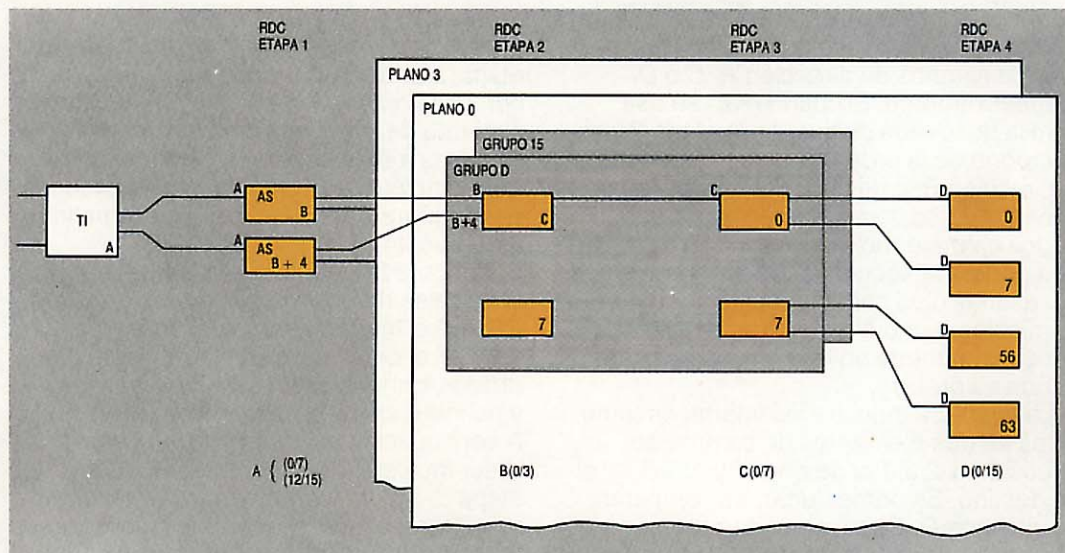


Figura 6
Relación entre los campos de dirección *ABCD* y la topología de la red ITT 1240.
AS - conmutador de acceso
TI - interfaz terminal.



mentos de conmutación idénticos, con 6144 parejas de puertos de entrada para la conexión de elementos de control terminal, lo cual equivale a una central con capacidad bien superior a las 100000 líneas.

Establecimiento de caminos

Para establecer un camino entre dos elementos de control, se generarán en el elemento de control de origen una serie de órdenes *select* (selección), estableciendo cada una de ellas una conexión en un elemento de conmutación. En una comunicación bidireccional, el elemento de control de destino deberá establecer a continuación un camino de retorno independiente. Los caminos de ida y vuelta no tienen porqué utilizar la misma ruta espacio-temporal a través de la red. La dirección de red de cada elemento de control se compone de cuatro campos *ABCD* (Fig. 6), donde:

- *A* es el campo de dirección utilizado por el par de conmutadores de acceso para conectar un interfaz terminal concreto *A*, entre 12 elementos de control posibles.
- *B* es utilizado por el conmutador de la etapa 2 de cada plano para conectarse al par *B* de conmutadores de acceso, seleccionado entre cuatro parejas posibles.
- *C* se utiliza en los conmutadores de la etapa 3 para conectarse al conmutador *C* de la etapa 2, escogido en un grupo de ocho conmutadores posibles en esta etapa.
- *D* es el campo de dirección que los conmutadores de la etapa 4 utilizan para conectarse al grupo *D* de conmutadores de la etapa 3. Cada uno de los 64 conmutadores de la etapa 4 de cada plano

tiene una vía hacia un conmutador de la etapa 3 de cada uno de los 16 grupos.

El establecimiento de una conexión consta de una búsqueda libre (cualquier canal de cualquier vía) hasta el punto de reflexión, y de una búsqueda dirigida (cualquier canal de una vía específica en dirección saliente de la red) desde dicho punto hacia el terminal de destino. En el caso de camino más largo, la búsqueda libre será desde el interfaz terminal a uno de los dos conmutadores de acceso, a un cierto conmutador de la etapa 2 en uno cualquiera de cuatro planos, a uno cualquiera de los ocho conmutadores de la etapa 3 del grupo correspondiente en el plano previamente elegido, y finalmente a uno de los 64 conmutadores de la etapa 4 en dicho plano. El número total de caminos disponibles en esta búsqueda comienza con 60 canales en el interfaz terminal y se incrementa hasta 7680 caminos paralelos (cuatro planos \times 64 conmutadores \times 30 canales) hasta un punto de reflexión.

A continuación, la búsqueda dirigida selecciona uno cualquiera de los 30 canales hacia un determinado conmutador de la etapa 3, uno cualquiera de los 30 canales dirigidos a un conmutador concreto de la etapa 2, uno cualquiera de los 30 canales a uno u otro conmutador de acceso de la pareja en cuestión y uno cualquiera de los 30 canales hacia el interfaz terminal concreto.

Como muestra la figura 7, sólo se necesitan cuatro tipos de órdenes de red en el tratamiento de llamadas.

El primero, denominado *X*, se utiliza durante la búsqueda libre en el conmutador de acceso para seleccionar un plano entre cuatro. El segundo (*Y*) se usa durante dicha búsqueda en las etapas 2 y 3 para alcanzar etapas posteriores de la red. El tercero (*N*) se emplea en la búsqueda dirigida en el conmutador de acceso y las etapas 3 y 4,

y consiste en la orden de selección de *un puerto específico (cualquier canal)* junto con los campos de dirección *A, C ó D*, respectivamente. El cuarto (*NZ*) se usa para la búsqueda dirigida en la etapa 2 y se compone de la orden *select P ó P + 4* más la dirección *B*, para alcanzar uno de los dos conmutadores de acceso.

Dos ejemplos aclaran el sencillo algoritmo que genera la secuencia de órdenes de red necesarias para conectar cualquier par de terminales; también muestran cómo cada conexión penetra en la red tan sólo hasta donde es preciso.

La figura 8a muestra los interfaces terminales de dos elementos de control, de dirección *6,2,3,1* el de origen y *1,3,3,12* el de destino. En primer lugar, se comparan los campos *D*. Como son diferentes, la conexión habrá de hacerse a través de la etapa 4, es decir, se necesitarán tres órdenes en la búsqueda libre, una del tipo *X* para seleccionar un plano y dos del *Y* para llegar a la etapa 4. Además, la no igualdad implica que deberán usarse los cuatro campos de la dirección para hacer la conexión. Se tendrá, pues, una serie de siete órdenes *X, Y, Y, 12,3,3Z, 1* que serán transmitidas en tramas sucesivas en un intervalo temporal de uno de los dos puertos del interfaz terminal. Cuando el conmutador de acceso recibe la orden *X*, selecciona una vía a uno de los planos y un intervalo de esa vía. Durante la trama siguiente, se envía la primera orden *Y* desde el interfaz terminal al conmutador de acceso.

- Como el conmutador de acceso tiene ya establecida una conexión para ese intervalo de tiempo, pasará la orden *Y* a la etapa 2, donde se seleccionará inmediatamente una conexión hacia la etapa 3. Trama a trama se van estableciendo conmutaciones sucesivas hasta que, durante la trama 7, se completa un camino digital desde el interfaz terminal *6* al *1* (es decir, de procesador a

procesador). Nótese que el procesador no espera un reconocimiento positivo en cada etapa; siendo casi despreciable el bloqueo, conviene más reducir el tiempo de establecimiento de la inmensa mayoría de las llamadas a expensas de tener que repetir por completo (no parcialmente) el proceso en un número muy pequeño de llamadas infructuosas.

La figura 8b muestra el caso de dos terminales mucho más próximos en la red: *6,2,3,1* el interfaz terminal de origen y *1,3,3,1* el de destino. El algoritmo comparará los campos *D*. En este caso son iguales y no intervendrá la etapa 4 en la conexión. A continuación se comparan los campos *C*; al ser iguales no se requiere tampoco la etapa 3. Se compararán entonces los campos *B* y resultarán diferentes. La búsqueda libre sólo habrá de llegar hasta la etapa 2, necesitando únicamente los campos *A* y *B*. La serie de órdenes resultante será la *X,3Z,1* y sólo se utilizará uno de los dos conmutadores de acceso de origen, un conmutador de la etapa 2 de uno de los 4 planos y un conmutador de acceso de la pareja de destino.

La conexión a través de un elemento de conmutación se mantendrá mientras haya indicación de actividad. Cuando se reciban dos indicaciones *idle* (libre) consecutivas en un canal, se interpretarán como orden de liberación y el puerto de conmutación cambiará sus memorias de camino y de estado a la situación de libre; mientras tanto la orden atraviesa todos los conmutadores de la conexión, liberando el camino completo.

Operaciones del puerto de conmutación

Las palabras en los intervalos de una vía MIC se componen de dos bits de proto-

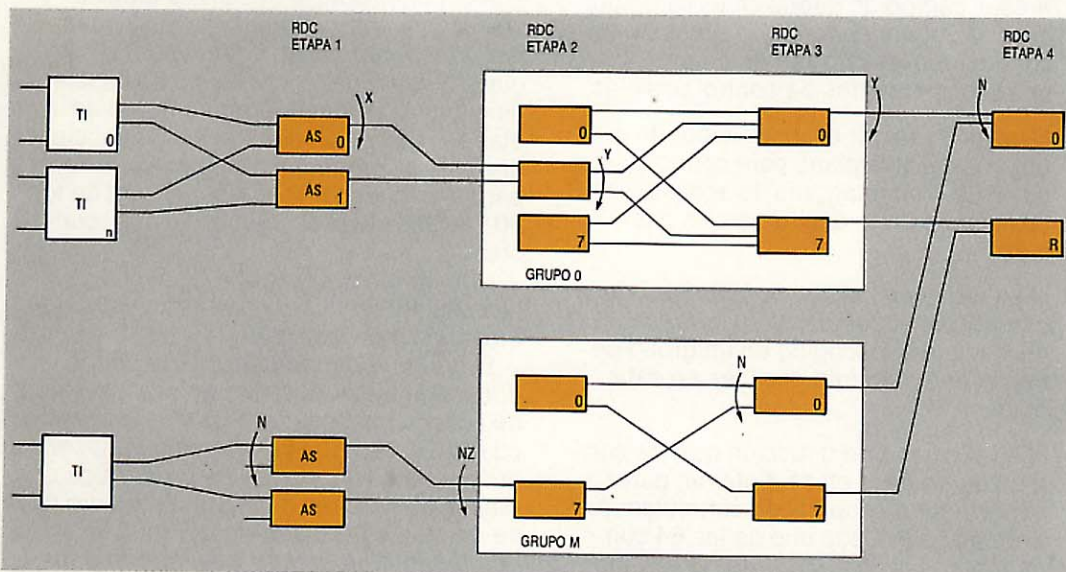


Figura 7
Los cuatro tipos de órdenes de red:
X cualquiera de los cuatro planos, cualquier canal
Y cualquier salida entre ocho, cualquier canal
N puerto *N*, cualquier canal
NZ puerto *N* ó *N + 4*, cualquier canal.

colo con información de control y de otros 14 bits con muestras de voz o datos u otra información de control (Fig. 9). Los dos bits de protocolo definen cuatro formatos básicos: *idle*, *select*, *spata* (voz o datos), *escape/interrogate* (usado en la comunicación entre procesadores); esto se aplica a los canales del 1 al 15 y del 17 al 31. La interpretación de los bits de control en el canal 16 difiere en que el bit *D* y los bits del 4 al 0 se asignan a la información sobre fallos en el camino (NACK, reconocimiento negativo), como se verá después. El canal 0 tiene un conjunto especial de protocolos y órdenes para sincronización y mantenimiento.

Los formatos *spata* y *escape* contienen ambos una palabra como máximo de 14

bits, que ha de transmitirse sobre un camino establecido. El formato *interrogate* es un caso particular del *escape*. El formato *idle* se usa para designar un canal sin utilizar o para liberar uno ocupado. Un código *idle* en dos tramas consecutivas libera el camino para ese canal.

A continuación se describe una transferencia en simplex de puerto a puerto (*P1* a *P2*) sobre un camino existente (Fig. 10). El circuito de sincronización de entrada del puerto *P1* produce una salida de 21 bits por canal; 16 bits de contenido del canal (*K*) más los 5 bits del número del canal (*C1*). Este número del canal indexa las RAM de estado, puerto y canal para determinar el estado de *C1*, el número de puerto *P2*, y el número de canal *C2* en ese puerto

Figura 8
Ejemplos de establecimiento de caminos:
a) Conexión que requiere una serie de siete órdenes, utilizando las cuatro etapas de la red digital de conmutación.

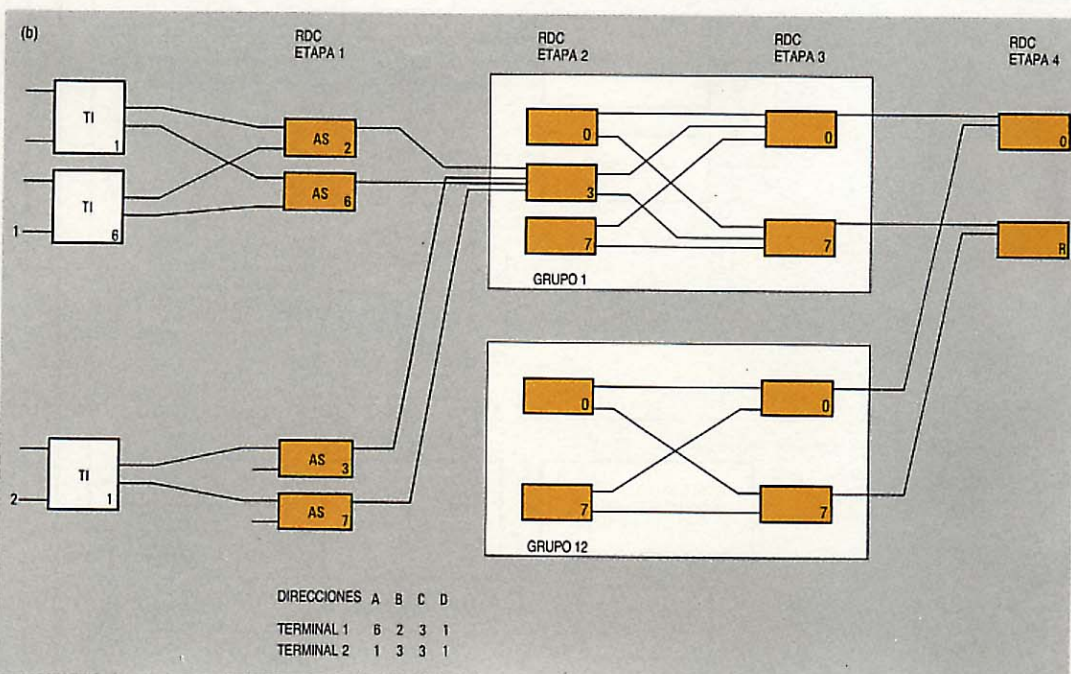
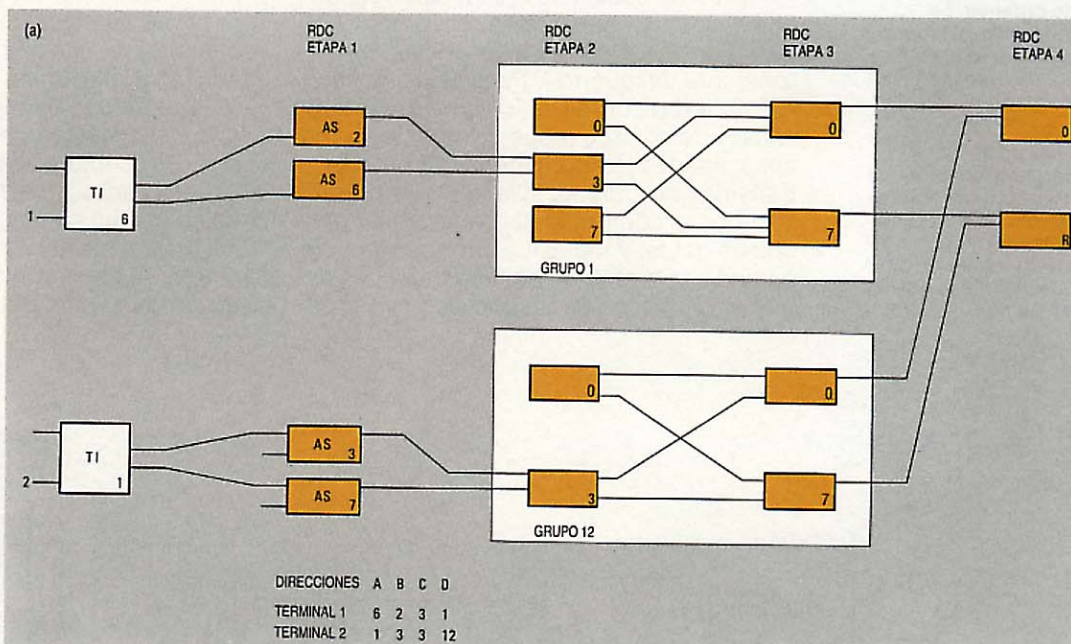
Órdenes

- X puerto del 8 al 11
- Y puerto del 8 al 15
- Y puerto del 8 al 15
- 12 puerto 12, cualquier canal
- 3 puerto 3, cualquier canal
- 3Z puerto 3 ó 7, cualquier canal
- 1 puerto 1, cualquier canal.

b) Conexión que requiere sólo tres órdenes y que penetra hasta la segunda etapa de la red digital de conmutación.

Órdenes

- X puerto del 8 al 11
- 3Z puerto 3 ó 7, cualquier canal
- 1 puerto 1, cualquier canal.



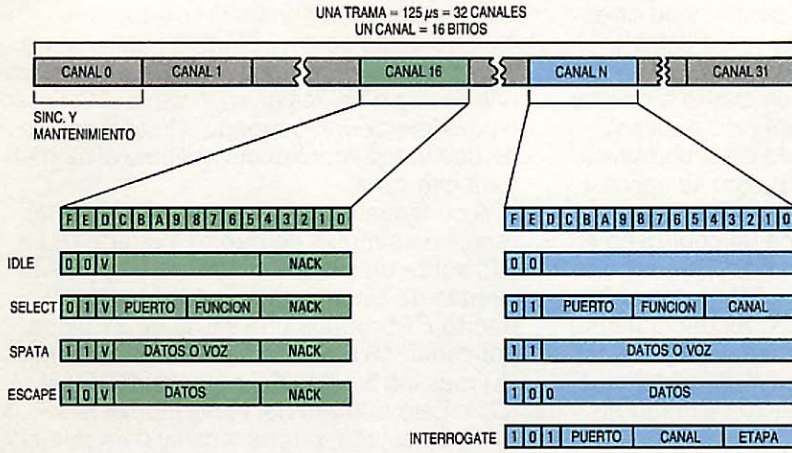


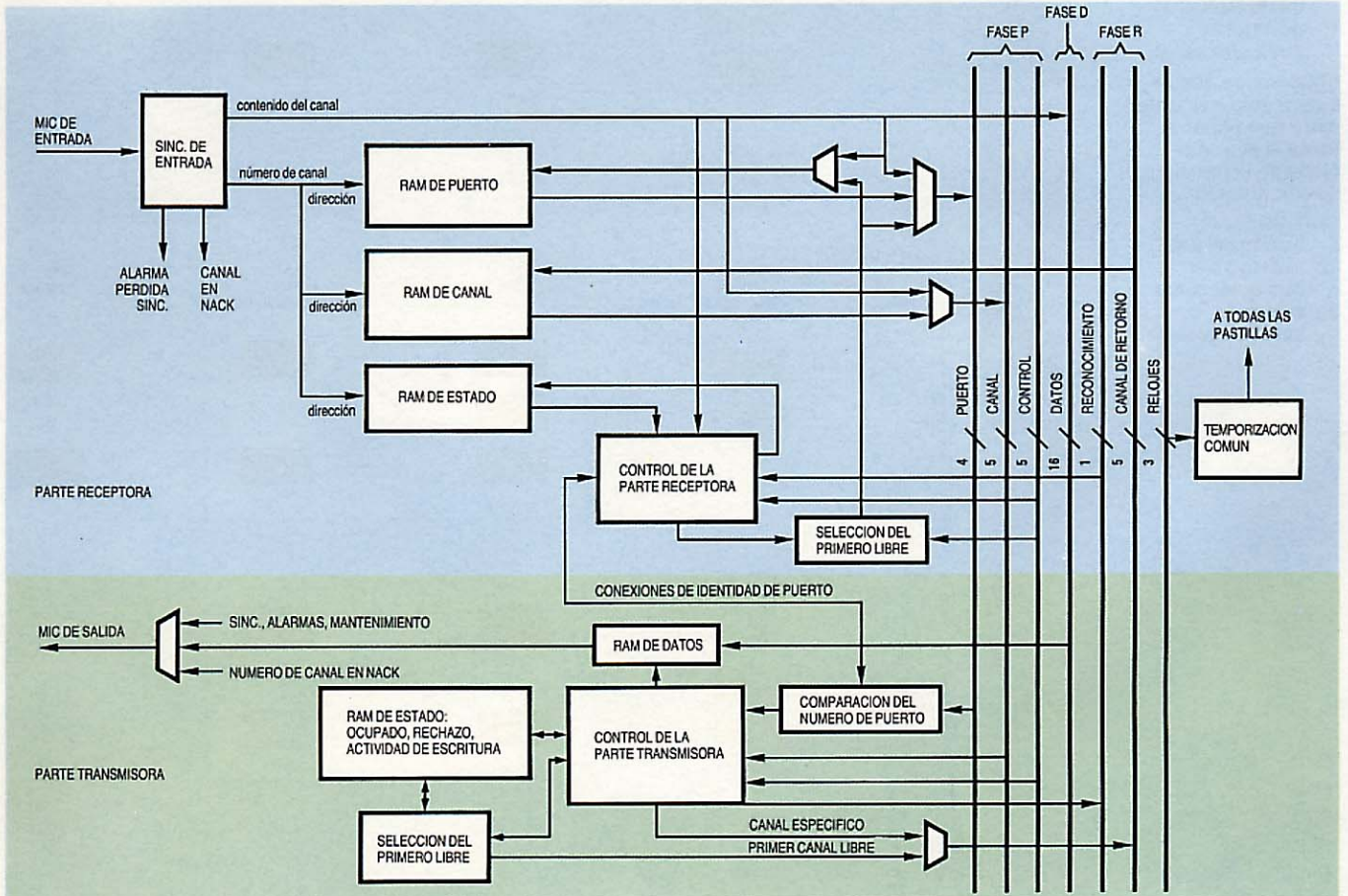
Figura 9
Línea MIC y formatos de órdenes. Se muestran los cuatro básicos: idle, select, spata y escape/Interrogate.

Figura 10
Esquema de bloques del puerto de conmutación. Este circuito LSI n-MOS consta de 11500 transistores en una pastilla cuadrada de 5,9 mm. de lado.

hacia el que se ha de transferir el contenido (K). A continuación se ejecuta un ciclo de bus de cuatro fases consecutivas (P , D , W y R) (Fig. 11). Durante la fase P la parte receptora del puerto $P1$ coloca las señales $P2$, $C2$ y de la orden en los buses de puerto, canal y de control, respectivamente, siendo almacenadas temporalmente en la parte transmisora. Durante la fase D , el puerto $P1$ pone el contenido del canal (K) en el bus de datos, y todos los puertos van comparando el contenido en fase P del bus de puerto ($P2$) con sus respectivos números

de puerto. Cuando hay una concordancia en números de puerto, y si el canal designado está marcado como "ocupado" y no "en-rechazo" en el puerto $P2$, entonces el contenido K (que se almacenó en la fase D) del canal se escribe en la posición $C2$ de la RAM de datos durante la fase W y se genera una señal ACK (de reconocimiento). Esta señal se inyecta en la línea ACK del bus de control durante la fase R y es aceptada por el puerto $P1$, completando así el ciclo del bus.

El formato *select*, que lleva asociados subcampos de función y de números de puerto y de canal, hará que se establezca un camino a través del elemento de conmutación si llega en un canal libre. Si se recibe *select* en un canal ocupado, se interpretará como una orden de establecimiento de camino en un elemento de conmutación posterior, y por tanto se dejará pasar como si fuese *spata* (caso antes descrito). Si el canal está libre, el campo de función especificará el tipo de selección a realizar en ese elemento; así pues, *puerto n, canal m* establece un camino desde el puerto receptor hasta el puerto y canal especificados; *puerto n, cualquier canal* establece un camino hacia un puerto específico y un canal tal que reduzca al mínimo el retardo real introducido por el elemento de conmutación (esta operación de selec-



ción de canal a veces se llama *selección del primero libre*, ya que el canal libre elegido es el que minimiza el retardo en el puerto indicado).

Existen tres funciones *select* que no especifican un puerto concreto: *cualquiera*, *cualquier alto* y *cualquier bajo* hacen que se seleccione un puerto dentro de un conjunto, y que se escoja un primer canal libre en ese puerto. Cada puerto tiene un registro de 16 bits de puertos libres (Fig. 10) que, por medio de operaciones del bus, contiene información sobre si cada uno de los puertos tiene al menos un canal libre en su vía MIC saliente. Mediante esta información puede elegirse un puerto libre. *Cualquier puerto* hará seleccionar en rotación un puerto, escogido del 8 al 15. *Cualquier bajo* y *cualquier alto* seleccionarán del 8 al 11 ó del 12 al 15, respectivamente, también en rotación. La función *P* o *P + 4* selecciona el puerto *P* o el *P + 4* (módulo 8) del conjunto de puertos 0 al 7.

Cuando llega un formato *select* por un canal en estado libre, comienza una operación de selección. En primer lugar, o bien la orden especifica un puerto, o éste se elige mediante el mecanismo de búsqueda de puerto libre. Después, durante la fase *P* (ver figuras 10 y 11) el número del puerto se coloca en el bus de puerto. Si se requiere un canal concreto, se coloca al mismo tiempo su identidad en el bus de canal. En el bus de control se colocan las señales que especifican una operación de selección con canal específico o con modo de primero libre. Durante la fase *D*, la parte transmisora del puerto especificado reconoce su número de puerto y acepta la orden. Durante la fase *R* se devuelve por el bus de canal de retorno el número del canal asignado, ya sea uno especificado o el primero libre, y, si la operación tuvo éxito, se devuelve una señal de reconocimiento. La parte receptora del puerto que originó la orden "select" acepta el reconocimiento, escribe la información del camino en las RAM de puerto y canal, y cambia el contenido de la RAM de estado al de "ocupado".

Si ocurre un fallo por cualquier razón, durante el establecimiento del camino o posteriormente, la parte receptora no recibirá señal ACK y el estado del canal pasará a NACK. En la figura 12 se muestra de qué modo se propaga hacia atrás la información del fallo, hasta el terminal que originó el camino. Inicialmente se establece un camino (1) a través del elemento de conmutación A desde el canal entrante *p* del puerto M al canal *q* del puerto N (2). Si ocurre un fallo en el elemento de conmutación siguiente, el canal *q* pasará al estado NACK en su parte receptora (3). La parte transmisora de este puerto (4) envía NACK, canal *q* hacia atrás a puerto N, por el canal 16. Al recibirlo, el puerto N (5) activa la RAM de rechazo en el canal *q*, lo que causa el envío del formato *idle* por el canal *q* y la no devolución de

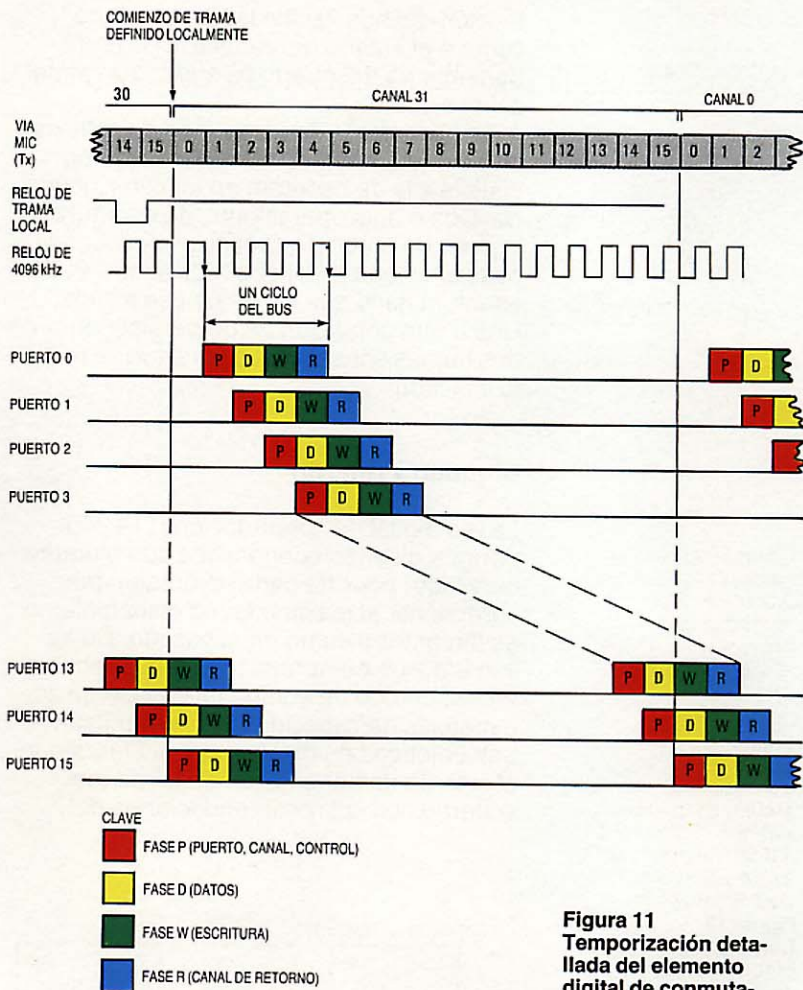
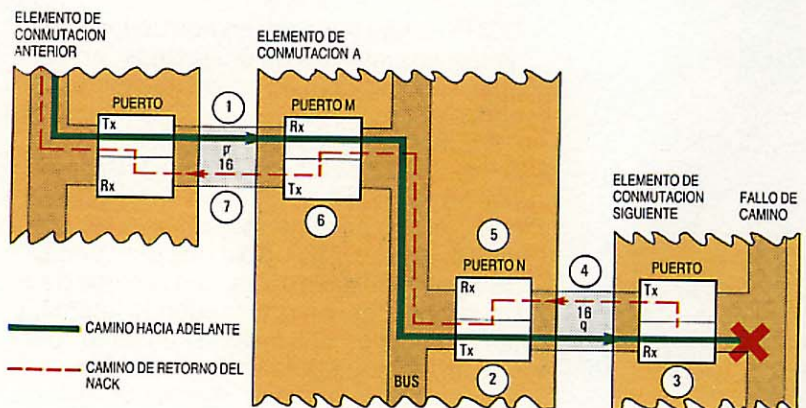


Figura 11 Temporización detallada del elemento digital de conmutación.

reconocimiento al puerto *M* en los sucesivos intentos de transferencias hacia el puerto *N*, canal *q*. El formato *idle* libera el camino hacia adelante desde el puerto *N*, canal *q*. Cuando el puerto *M* intenta escribir en el canal marcado "en rechazo" (6), la ausencia de reconocimiento cambia el estado del canal *p* a NACK (7) para repetir el ciclo en la etapa anterior. Cuando el canal *p* pase al estado NACK, ya no se intentarán más transferencias a través del bus. Esto hace que el mecanismo de pro-

Figura 12 Propagación hacia atrás de la información del estado NACK (reconocimiento negativo), a través de la red, hasta el terminal que originó el camino.



tección del bus "actividad de escritura", cambie el estado del canal q en la parte transmisora del puerto N , a *idle*, liberando así el camino.

En cada trama, la protección de actividad de escritura detecta cualquier situación distinta a la de escritura en un canal ocupado. Dos o más operaciones de escritura indican un cruce de camino y provocan el paso al estado "rechazo". La ausencia de escritura hace que el canal pase a "idle". Una u otra condición ha de persistir durante dos tramas consecutivas para que se realice lo indicado.

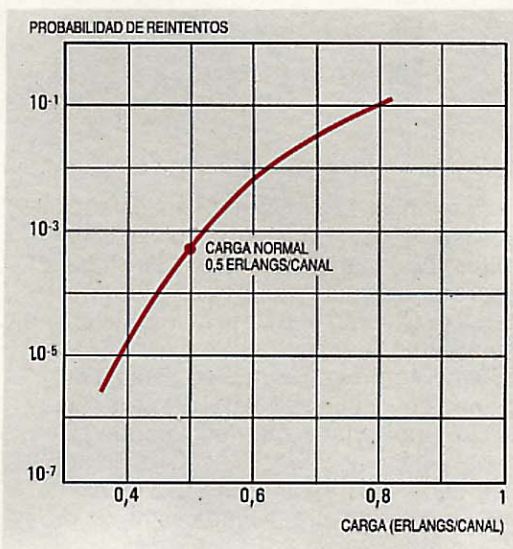
Bloqueo y retardo

La red digital de conmutación ITT 1240 permite diseños económicos con bloqueo muy bajo; por otra parte, la presión por aprovechar al máximo la red disponible no es tan grande como en el pasado. Se ha llegado a un compromiso que favorece un empaquetado de equipo más eficiente a expensas de capacidad de red sin usar. Los objetivos de diseño para el bloqueo y el retardo de transmisión en la red (de acuerdo con las recomendaciones del

un número relativamente alto de caminos en la red, para comunicación entre procesadores, las características de bloqueo cumplen fácilmente los requisitos. La figura 13 muestra la probabilidad de que un camino simplex requiera más de un intento.

La técnica de seleccionar canales que minimicen el retardo en cada etapa de conmutación hace que el retardo de ida y vuelta tenga la distribución de probabilidad en función del tráfico indicada en la figura 14. En una red completa con tres etapas de grupo (capaz de conmutar más de 100000 líneas ó 60000 enlaces)⁴, con una carga por canal de 0,5 erlangs y con todos los caminos atravesando todas las etapas, el 99% de las conexiones sufren un retardo de ida y vuelta inferior a 500 μ s; la media es de unos 370 μ s. Con un 20% de sobrecarga, este valor sube sólo a 560 μ s. En circunstancias normales, con 0,5 erlangs y con tamaños de red menores de 25000 líneas (menos de la mitad de las llamadas atraviesan la tercera etapa), el retardo medio resulta inferior a 250 μ s. A efectos de comparación, un solo conmutador con una memoria intermedia (buffer) en las redes tradicionales de tiempo-espacio-tiempo introduce un retardo total de unos 280 μ s, mientras que un conmutador más usual con doble memoria intermedia, del mismo tipo, presenta un retardo total medio de 780 μ s.

Figura 13
Características de bloqueo de la red digital de conmutación ITT 1240.



CCITT) están basados en una ocupación de las vías internas de 0,5 erlangs; en la práctica estas ocupaciones son mucho menores.

En los márgenes de carga prácticos se tiene una red casi "sin bloqueo". Se logra una probabilidad de bloqueo despreciable con muy pocos reintentos en el establecimiento de caminos³. Sólo una búsqueda de camino de cada 1500, con la carga de 0,5 erlangs, necesita un segundo intento, y tan sólo una en dos millones un tercer intento. Aunque la solución de control distribuido del ITT 1240 implica por llamada

Diagnóstico y mantenimiento

Las facilidades de diagnóstico y mantenimiento se realizan de forma algo diferente en una red con control distribuido que en los conmutadores digitales convencionales, con un interfaz de control de conmutación centralizado. Los mecanismos de indicación de alarmas y de ejecutar acciones de mantenimiento tales como poner en ocupado un puerto que falla, están incorporados en los circuitos del puerto y se accede a ellos a través de los interfaces terminales. Para realizar estas facilidades, cada puerto está siempre asociado con otro del mismo elemento de conmutación (el puerto N con el $N + 8$). El camino virtual trazado en la red a través de los puertos asociados en cada etapa se denomina "túnel" (Fig. 15). Como cada interfaz terminal tiene dos enlaces MIC con la red, en él terminarán dos túneles. La figura 15 muestra que ambos túneles terminan por el otro extremo en un solo interfaz terminal y cómo las direcciones de red de los extremos de un túnel difieren sólo en cuanto a la entrada de la cuarta etapa. Las alarmas que indican fallo en un puerto se transmiten por el túnel en el canal 0, igual que las órdenes de mantenimiento desde los interfaces terminales hacia la red. Los fallos detectados por un puerto son la pérdida de sincronismo y las violaciones de actividad de escritura en la

memoria de conversación (por ej., escritura en una posición de memoria ocupada). Al detectarse uno de estos fallos, el puerto envía un mensaje de alarma por el canal 0 del túnel, en ambas direcciones. Este mensaje contiene un campo que indica en qué puerto del túnel ocurrió el fallo. Las facilidades de mantenimiento reciben y correlacionan los mensajes de fallos para mantener la integridad de la red.

El equipo terminal a cada extremo de un túnel es también responsable de los procedimientos de diagnóstico rutinario que comprueban el equipo comprendido en dicho túnel, estableciendo periódicamente caminos de prueba desde un extremo al otro. También aquí los fallos se recogen y correlacionan. Las funciones de diagnóstico de la red están, por tanto, distribuidas entre sus terminales.

En redes parcialmente equipadas, se da continuidad a los túneles mediante puentes. Sin embargo, se marca "ocupados por mantenimiento" a todos los puertos así conectados para que no se utilicen en tráfico normal. Cuando se amplía la central, estos puentes se sustituyen por conexiones de red permanentes y se marca como disponibles para llamadas normales a los puertos afectados.

Como ayuda al diagnóstico y al mantenimiento de la red, se ha incorporado al diseño del puerto un conjunto de órdenes específicas de mantenimiento. Estas permiten ocupar un puerto para que no acepte más caminos, e interrogar las vías espaciales y los canales temporales usados en un camino concreto. De esta forma, cuando un puerto o elemento de conmutación ha fallado o su funcionamiento es marginal (por ej., pierde el sincronismo con demasiada frecuencia), es posible aislarlo, poniendo el puerto o los puertos con los que está interconectado en el estado de "ocupado por mantenimiento". Se impide así su

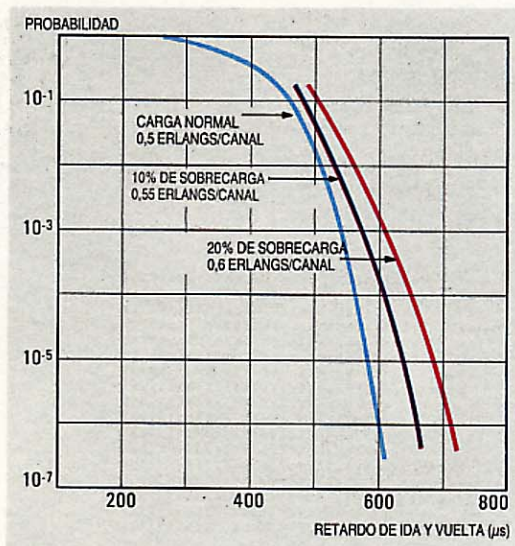


Figura 14 Retardo de transmisión en la red digital de conmutación ITT 1240.

uso en caminos normales hasta que se haya reparado. Dada la naturaleza distribuida de la red digital de conmutación, esto afectará muy poco a la calidad global y no impedirá las actividades de diagnóstico y mantenimiento cuando sea un comportamiento marginal y no un fallo la causa del aislamiento.

Resultados de las pruebas

Varios circuitos LSI se han diseñado específicamente para el ITT 1240⁵; uno de ellos es el puerto de conmutación. De él se hicieron varias ediciones de prototipo, con varios miles de piezas, y ha sido producido por tres fabricantes, entre ellos ITT Semiconductors. Los puertos se han instalado y probado en una maqueta de ITT 1240, donde se han verificado los formatos y mecanismos de los mensajes y las características de tráfico.

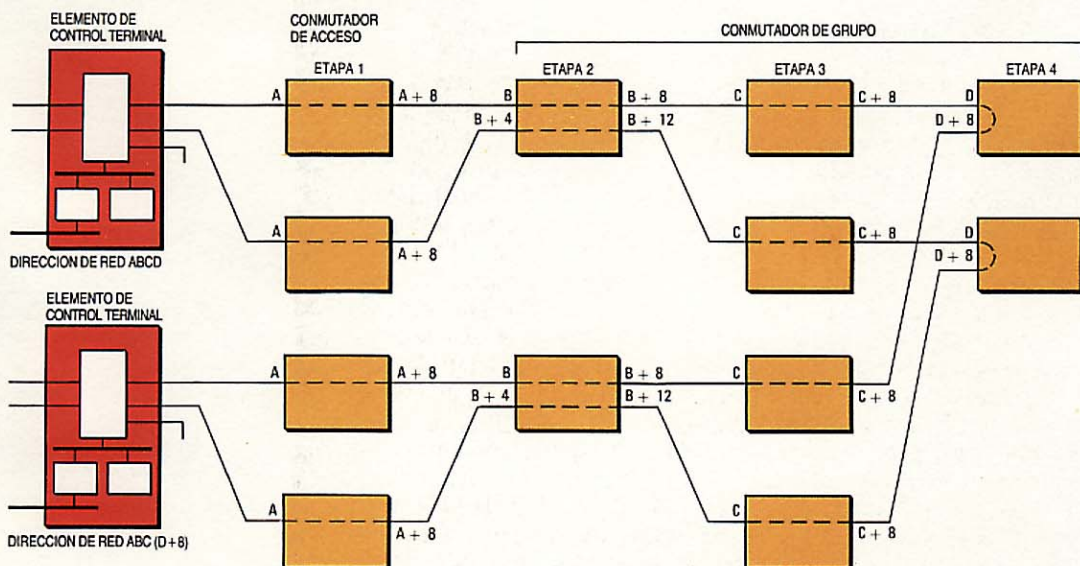


Figura 15 Túnel de la red, camino virtual obtenido mediante la asociación del puerto de conmutación N con el N+8, a través de la red.

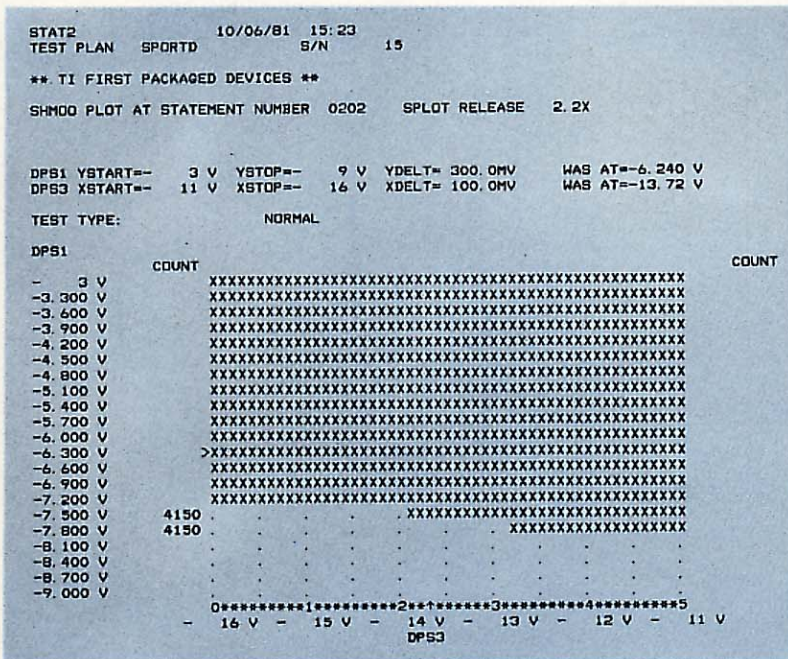


Figura 16 Resultados típicos de pruebas sobre una pastilla LSI del puerto de conmutación.

Como parte del proceso de diseño, se hicieron pruebas de caracterización para asegurar el funcionamiento correcto de la pastilla LSI del puerto de conmutación. Estas pruebas implicaron la ejercitación de los dispositivos bajo distintas combinaciones de voltaje y temporización y el posterior examen de su comportamiento, terminal por terminal, para descubrir cualquier posible problema; se realizaron en un equipo Sentry VII. La figura 16 muestra un diagrama Shmoo, salida típica de una prueba. El diagrama muestra el voltaje de alimentación V_{CC} (DPS1) en función del voltaje de polarización del sustrato V_{BB} (DPS3), en un puerto de conmutación fabricado por ITT Semiconductors. Los voltajes están desplazados en -11 V; el diagrama muestra, por tanto, que el dispositivo pasa esta prueba para

todas las combinaciones de V_{CC} desde 8 a 3,2 V (5 V nominales) y de V_{BB} desde 0 a -5 V (-3 V nominales). Ello da un margen confortable de operación entre los límites especificados, de $V_{CC} = 4,75$ a $5,25$ V y $V_{BB} = -2,7$ a $-3,3$ V.

Conclusiones

La red digital de conmutación usada en la central ITT 1240 ha sido diseñada específicamente para el control distribuido y para conseguir un amplio margen de tamaños de centrales. Se ha utilizado la integración a gran escala para crear un puerto de conmutación capaz de establecer, mantener, y liberar caminos en respuesta a órdenes transmitidas en los propios canales, y con reacción automática a las operaciones defectuosas. Las características del diseño estructural y detallado de la red logran la ampliación simple, gradual y económica en todo el amplio margen de tamaños. En su operación el conmutador demuestra características excelentes de bloqueo, retardo y mantenimiento.

Referencias

- 1 Digital Exchange for a Wide Range of Applications: *Electrical Communication*, 1980, suplemento al volumen 55, nº 2, págs. 10-15.
- 2 P. C. Richards: The Making of a Survivable Switching System: 3rd World Telecommunication Forum and Technical Symposium, Ginebra, 24-26 septiembre, 1979.
- 3 J. R. de los Mozos y A. Buchheister: Central digital ITT 1240: Capacidad de tráfico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 207-217 (en este número).
- 4 J. M. Cotton: Equipo para un amplio margen de tamaños de centrales digitales: *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº 3, págs. 234-243.
- 5 J. Cornu y M. Meinck: Central digital ITT 1240: Tecnología de componentes avanzada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 161-172 (en este número).

Central digital ITT 1240: Tecnología de componentes avanzada

El uso de tecnología avanzada de LSI fue condición previa al diseño de la central digital ITT 1240, para poder lograr los objetivos de tamaño, coste, disipación y fiabilidad. Siempre que fue posible se utilizaron circuitos LSI comerciales, pero en los demás casos se diseñaron circuitos lineales y digitales de encargo, después de escoger cuidadosamente la tecnología más apropiada.

J. Cornu

Bell Telephone Manufacturing Company,
Amberes, Bélgica

M. Meinck

ITT Advanced Technology Center, Shelton,
Connecticut, Estados Unidos

Introducción

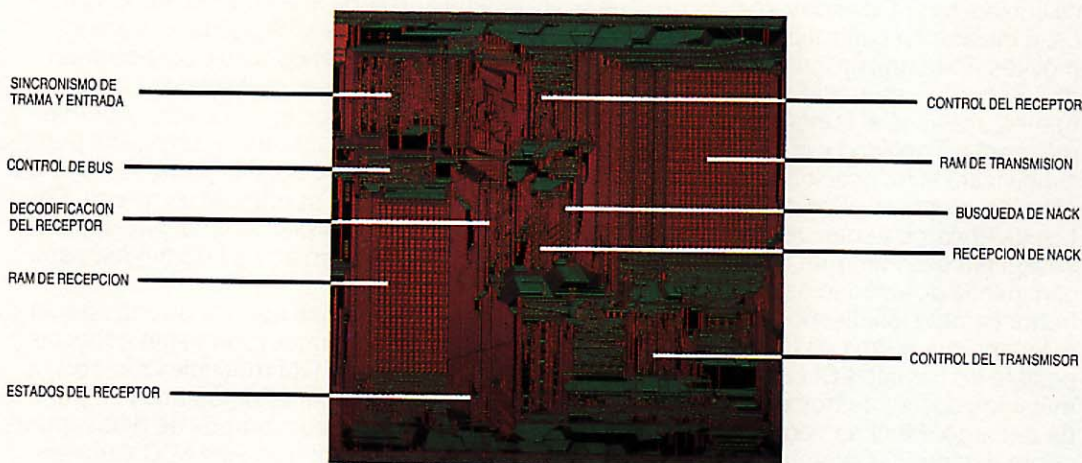
En los veinte últimos años ha sido notable la evolución en telecomunicación, tanto en requisitos de sistemas como en tecnología. Cuando se desarrolló (alrededor de 1965) el primer sistema SPC (control por programa almacenado), el interés se centraba sobre la telefonía, y los terminales a conectar eran los aparatos de abonado existentes y enlaces analógicos. Aunque ya entonces aparecieron los primeros circuitos integrados DTL (lógica diodo-transistor), su impacto en los sistemas de conmutación fue limitado. La conmutación digital, como la conocemos hoy, era impensable en cuanto a volumen de circuitos, coste, disipación y fiabilidad.

Los fabricantes y las Administraciones mantuvieron la conmutación analógica y en particular los conmutadores electromecánicos, puesto que los de semiconductores no podían competir ni en economía ni en prestaciones. Además, el coste de las

funciones típicamente analógicas, como alimentación, señalización, envío de corriente y tono de llamada y pruebas, indujo a usar redes de concentración y expansión electromecánicas. Los procesadores basados en las primeras familias de circuitos integrados y en memorias de núcleos eran tan caros que los sistemas SPC tuvieron que usar control centralizado para ser competitivos con los electromecánicos.

Los diseñadores de la central digital ITT 1240 se enfrentaron a una situación muy diferente. La evolución espectacular de los circuitos integrados en complejidad de funciones, bajo coste y prestaciones tenía cuatro consecuencias básicas:

- podían construirse redes de conmutación digital pequeñas y económicas
- se disponía de microprocesadores y memorias de bajo coste
- se podían realizar de forma integrada funciones telefónicas analógicas típicas



Pastilla LSI de encargo para el puerto de conmutación, de la red digital ITT 1240.

- podían ofrecerse facilidades sofisticadas, en especial de datos, más económicamente que en sistemas analógicos.

Asimismo se observan cambios notables en las necesidades. No sólo el continuo aumento de enlaces digitales, sino la previsible introducción de terminales multifunción que se comuniquen en voz y datos con la central, de modo digital.

De aquí que al principio del desarrollo del ITT 1240, los diseñadores se encontraron ante dos decisiones fundamentales: la elección de configuración de control y la del interfaz telefónico analógico. Se decidió aprovechar al máximo la evolución tecnológica para diseñar un sistema compatible con las innovaciones venideras, lo que ha venido a llamarse "diseño desde el futuro".

Para sacar el máximo partido de los avances en microprocesadores y simplificar las ampliaciones de centrales, se adoptó una arquitectura espacial de control distribuido. Al mismo tiempo era esencial emplear tecnologías avanzadas si se querían ofrecer de forma económica las existentes funciones telefónicas analógicas. Como éstas se habían desarrollado para centrales electromecánicas, los interfaces tuvieron que operar no sólo con corrientes y tensiones altas sino también con multitud de diferentes circuitos y sistemas de señalización y transmisión.

La arquitectura de la central ITT 1240 se discute en este número y en otros^{1,2,3}. Este artículo se centra en la tecnología que hace hoy competitivo al sistema, y en la evolución tecnológica que le hará aún más adecuado para el mañana.

Realización actual de las funciones

La realización de los circuitos del ITT 1240 se basa hoy en dos principales tecnologías: LSI (integración en gran escala) y técnicas avanzadas de encapsulado de LSI.

Los dos tipos de circuitos LSI, comerciales y de encargo, se emplean en ordenadores modernos, terminales alfanuméricos, calculadoras sofisticadas, relojes de muñeca, e incluso en control de modernos automóviles. Para una aplicación dada, el uso de LSI hará disminuir el número de componentes, reducirá el tamaño y la disipación, mejorará la fiabilidad y la mantenibilidad, simplificará la fabricación y, por todo lo anterior, mejorará el coste. Los circuitos LSI de encargo tienen ventajas adicionales: se ajustan exactamente a la aplicación y eliminan la posibilidad de que el suministrador cambie los diseños.

La primera norma es utilizar cuando sea posible un circuito LSI comercial, para evitar los costes de desarrollo de circuitos de encargo. Muchas veces ningún componente estándar se adapta exactamente a la

aplicación y por tanto hay que emplear varios circuitos MSI (media escala de integración) para conseguir la función requerida. En tales casos un LSI de encargo mejorará la fiabilidad del sistema, reducirá la disipación, rebajará el número total de componentes y reducirá drásticamente el coste de fabricación.

Es interesante advertir que el coste de fabricación de la pastilla del puerto de conmutación ITT 1240, como LSI de encargo, es aproximadamente un décimo del coste que resultaría de usar componentes comerciales de grande, media y pequeña escala de integración. Debido a esta enorme diferencia, un modesto volumen de producción justifica ya el desarrollo de este LSI. Además, el espacio que ocupa en la placa impresa un componente comercial es unos dos órdenes de magnitud mayor para la misma función. Considerando su fiabilidad, facilidad de mantenimiento, disipación y montaje, es obvio que se necesitan LSI de encargo para lograr los objetivos de tamaño, fiabilidad y coste del ITT 1240.

LSI digitales de encargo

La columna vertebral del ITT 1240 es la red digital de conmutación, que permite el envío simultáneo de señales de voz codificadas, datos y mensajes de control entre procesadores. Por sus circuitos, la red de conmutación actúa en un ambiente digital, conmutando señales de voz MIC (modulación por impulsos codificados) y mensajes con paquetes de datos. Se han desarrollado unos cuantos circuitos LSI de encargo para dicha red, su interfaz con el microprocesador, y el circuito interfaz de línea. Sólo las tecnologías de encapsulado avanzadas y los circuitos LSI de encargo han permitido lograr la densidad de circuitos, fiabilidad y coste requeridos.

Dieciséis LSI de encargo idénticos, llamados puertos de conmutación, montados en una placa de circuito impreso, constituyen el bloque constructivo fundamental de la red. Cada uno de ellos recibe una vía binaria que llega al elemento de conmutación así formado, y da salida a otra vía binaria en sentido opuesto, conteniendo cada vía 32 canales digitales de conversación multiplexados en el tiempo. Además, cualquier canal entrante en un puerto puede ser conectado a cualquier canal saliente del mismo o de otro puerto del elemento. En consecuencia, el elemento digital de conmutación actúa en ambos dominios: espacial y temporal.

La figura 1 indica que los puertos de un elemento de conmutación están conectados por un bus TDM (multiplexado por división en el tiempo) de 39 hilos en paralelo, dividido en subcampos de datos, puerto, canal y control. Las vías MIC serie en-

trantes y salientes a cada puerto llevan 32 canales de 16 bits. En otro artículo se dan más detalles al respecto⁴.

Estos puertos, como parte de un elemento digital de conmutación, son capaces de establecer y desconectar caminos, y de hacer frente a distintas situaciones de fallo, conectándose por vías MIC internas a los microprocesadores de los elementos de control.

Un grupo de terminales (60 circuitos de línea o 30 enlaces) está conectado a la red de conmutación por medio de un interfaz terminal, que es parte del elemento de control terminal (Fig. 2) y también forma parte, en configuración similar, del elemento de control auxiliar. Así, los microprocesadores de dichos elementos pueden acceder a la red digital de conmutación para iniciar órdenes de selección de camino, establecer o liberar conexiones de voz, o intercambiarse mensajes.

El interfaz terminal contiene dos circuitos exclusivos LSI de encargo: el puerto de recepción y el puerto de transmisión. Como indica la figura 2, hay dos puertos de re-

cepción y dos de transmisión conectados a los circuitos terminales, otros dos de cada clase conectados a la red digital de conmutación, y uno de recepción conectado al generador de tonos. Dentro del interfaz terminal, todos los puertos están interconectados por un bus TDM con las mismas características que el del elemento digital. El microprocesador asociado con el interfaz terminal accede también a dicho bus a través de sus circuitos de control. De este modo el elemento de control terminal actúa como interfaz entre el terminal y la red de conmutación y ejerce el control por microprocesador de su respectivo módulo.

Los dos restantes circuitos digitales LSI de encargo, son el de interfaz de control del terminal y el de función común de línea. Estos circuitos relacionan los circuitos terminales con el bus de baja velocidad del microprocesador; el interfaz de control del terminal se utiliza en todos los módulos terminales (por ejemplo, el de enlaces analógicos y el de circuitos de servicio) excepto en el módulo de abonados analógicos, que incorpora en su lugar el LSI de

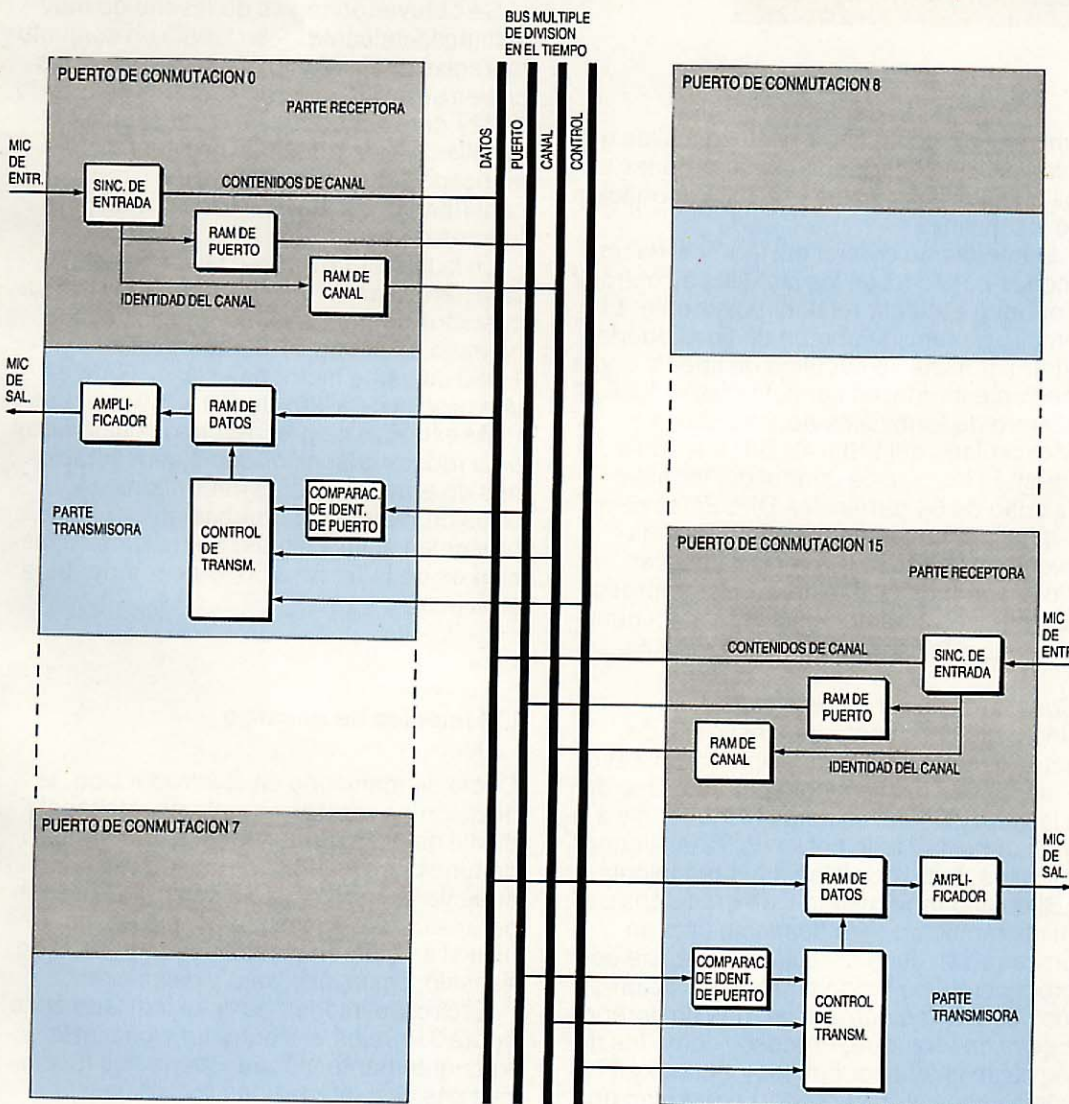


Figura 1
Elemento digital de conmutación con 16 puertos, que proporciona conmutación temporal y espacial.

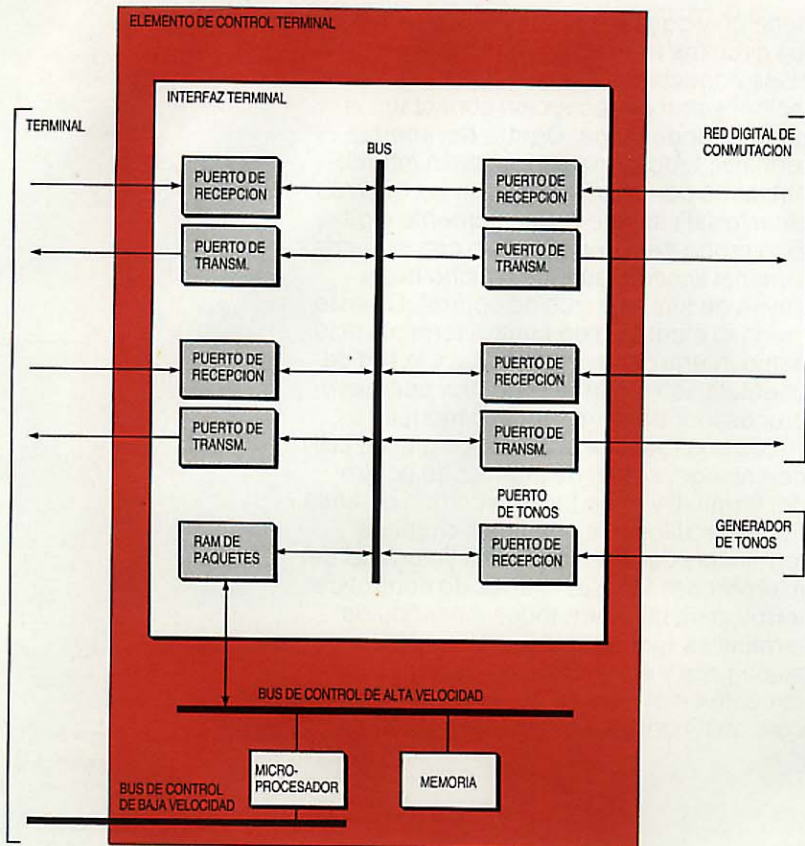


Figura 2
Diagrama de bloques del interfaz terminal. Los cuatro puertos de transmisión y los cinco puertos de recepción están realizados en circuitos LSI de encargo.

función común de línea. Merced a ellos el microprocesador puede enviar órdenes a los circuitos terminales y recibir información de los mismos.

El interfaz de control del terminal da un interfaz paralelo con los circuitos a controlar y permite accionar relés directamente. El circuito de función común de línea puede controlar hasta 16 circuitos de línea a la vez mediante interfaces serie, lo cual reduce el número de terminales necesarios en el encapsulado del LSI a 40 DIP (en doble línea). El interfaz de control del terminal usa uno de 64 terminales DIP. Estas pastillas hacen menos denso el empaquetamiento de los módulos terminales, con todavía menos placas de circuito impreso; además el consumo desciende y, en general, mejora la fiabilidad de cada módulo.

Consideraciones tecnológicas

Una parte importante del desarrollo de estos circuitos fue la elección del proceso a seguir con los semiconductores. Debido a la velocidad de los datos (4 Mbit s^{-1}) y a la gran densidad funcional exigida en algunos circuitos, hubo que elegir una tecnología LSI de alto rendimiento y de gran densidad. Al mismo tiempo era deseable usar un proceso con considerable experiencia de producción, de modo que la fabricación de los circuitos no corriera riesgos de aprendizaje ni de arranque. Procesos como los de lógica acoplada por emisor y Schottky TTL (lógica transistor-transistor) presentan una

densidad funcional pobre, pero a consumos relativamente altos admiten velocidades impresionantes. Dado que estas velocidades exceden en mucho a la que requieren las funciones de los puertos de conmutación, transmisión y recepción, no hay por qué aceptar la penalización en tamaño y consumo que estos procesos conllevan. Aunque la p-MOS sea una tecnología experimentada, sólo permite densidades de encapsulado moderadas, y se hace inaceptable por no alcanzar las velocidades exigidas. Procesos como el V-MOS, el de silicio sobre zafiro, el de óxido aislado CMOS, y la lógica de inyección integrada, parecen satisfacer muchas de las exigencias técnicas, pero aún no están muy experimentados y suponían demasiados riesgos en las primeras etapas del desarrollo del ITT1240. La tecnología CMOS de difusión podía cumplir los requisitos de disipación y velocidad, pero la baja densidad de empaquetamiento hubiera producido unos circuitos grandes y costosos. Finalmente se eligió el proceso n-MOS de cinco micras de tamaño, con puerta de silicio y carga por empobrecimiento, proceso usado durante muchos años en la producción de memorias dinámicas y microprocesadores.

Se obtuvieron reglas de diseño de muy distintos fabricantes y se tabuló un conjunto de reglas que abarcaban a todos ellos, las cuales se utilizaron en los centros de diseño de ITT para generar los trazados de las pastillas. Hasta la fecha cinco casas han fabricado satisfactoriamente los circuitos, confirmando así la viabilidad de múltiples fuentes de suministro.

En la tabla 1 se indican las principales características de los cinco circuitos LSI ya descritos. El puerto de conmutación, por ejemplo, contiene 11.500 transistores y 1.152 bits de memoria estática RAM en una pastilla de silicio de $5,9 \times 5,9 \text{ mm}$. Las RAM estáticas se prefirieron a las dinámicas para reducir la sensibilidad a configuraciones de prueba, errores intermitentes y otros problemas de pruebas que a veces presentan estas últimas. Su máxima disipación es de 600 mW a 50°C de temperatura ambiente.

LSI lineales de encargo

Como se mencionó en la introducción, la decisión de realizar un sistema totalmente digital obligó a proporcionar cierto número de funciones telefónicas analógicas por línea de abonado. Esto significa que deben ser realizadas en tecnología microelectrónica si se quieren cumplir los requisitos de espacio, coste, fiabilidad y disipación.

El circuito interfaz de línea indicado en la figura 3, que es el bloque funcional más frecuentemente utilizado, tiene dos funciones básicas: interfaz de alto voltaje y pro-

Tabla 1 — Circuitos digitales LSI de encargo del sistema ITT 1240 en tecnología n-MOS de carga por transistores de empobrecimiento

LSI	Puerto de conmutación	Interfaz terminal		Interfaz de control del terminal	Función común de línea
		Puerto de recepción	Puerto de transmisión		
Tamaño de pastilla	5,9 × 5,9 mm	5,9 × 5,9 mm	5,66 × 5,8 mm	3,88 × 3,99 mm	4,47 × 4,6 mm
Número de terminales	64	64	64	48 ó 64	40
Número de transistores	11.500	8.000	9.000	1.500	9.000
Bitios de RAM	1.152	554	672	—	1.000
Máxima disipación de potencia (50 °C)	600 mW	600 mW	600 mW	70 mW	250 mW (1 por 6 líneas)

ceso de señales. En términos de tensión, las señales a suministrar son:

Prueba: hasta 400 V
 Corriente de llamada: hasta 120 Vef
 Batería: hasta 68 V.

Las dos primeras funciones rebasan las posibilidades de la tecnología actual de circuitos integrados, por lo que conservan cierta centralización (por 30 líneas) y se conectan a las líneas mediante relés electromecánicos. Para que éstos sean sencillos, hay que controlar el voltaje de salida de las alimentaciones de modo que los contactos de los relés no conmuten potencia. Por el contrario, puede darse alimentación de batería a 48 V o a 60 V (máximo, 68 V) empleando tecnología bipolar de alta tensión, ya disponible.

La protección primaria contra sobretensiones se consigue por tubos de gas. La corriente se limita por resistencias de alimentación, y unos diodos mantienen los

tados a líneas cortas, la tensión de alimentación puede conmutarse a un nivel más bajo, programable por circuitos.

La tecnología bipolar es la más adecuada para la realización de estas funciones debido a su menor resistencia, y por tanto mayor capacidad de conducción, que la tecnología MOS. Como la tensión de trabajo máxima es de 68 V, se necesita un proceso con al menos 80 V de ruptura.

Realizar todas las funciones en tecnología bipolar aumentaría, sin embargo, la superficie de la pastilla y la disipación. Por lo tanto se decidió dividir el circuito en una parte de alto voltaje (circuito interfaz de alto voltaje, o HIC) y una parte de baja tensión (supervisión y alimentación de línea, o LFS).

Circuito interfaz de alto voltaje

El HIC (fotografía de página 166) suministra corriente de alimentación a la línea de abonado bajo control del LFS. Las señales de frecuencia vocal procedentes del TIC (circuito interfaz de transmisión) y las de tarificación remota de 12/16 kHz, se amplifican y envían a la línea. Además, el HIC asegura inversión de polaridad sin ruido y supresión de señales longitudinales en los estados de cuelgue y descuelgue. La disipación, aspecto importante en este circuito, se reduce de tres maneras:

- los amplificadores operacionales se polarizan según el modo de operación
- para líneas cortas, la alimentación se conmuta a un convertidor de continua auxiliar que da una tensión más baja
- se corta la alimentación a gran parte de los circuitos en el estado de cuelgue.

Esencialmente el HIC consta de dos amplificadores operacionales de línea, cuyo modo de trabajo está controlado por el resto de los circuitos, a saber:

- Amplificador de alimentación de línea. Los amplificadores operacionales requieren alimentación de 68 V y suficientes anchura de banda y rapidez de respuesta de la tensión de salida para el paso de la señal de cómputo de 16 kHz. La capacidad de amplificar en baja impe-

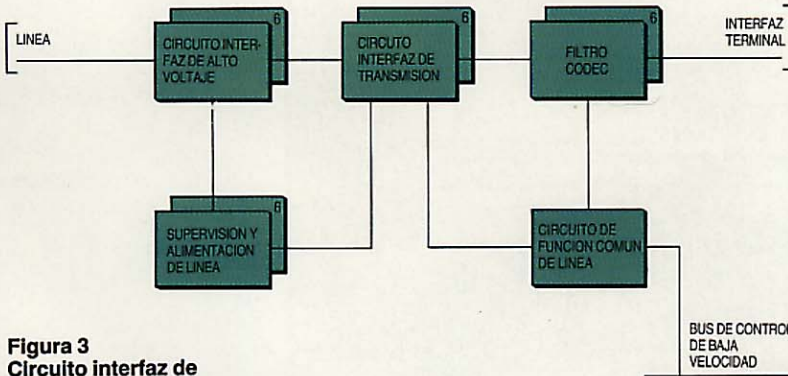


Figura 3
 Circuito interfaz de línea del módulo de abonados analógicos, indicando su partición en circuitos LSI.

hilos de señal dentro de los límites de la alimentación, como protección secundaria.

Como el ITT 1240 está diseñado para cumplir los requisitos de Administraciones de todo el mundo, sus características de alimentación de línea son flexibles y cubren alimentación por tensión, por corriente y modalidades seleccionables. Además, para reducir el consumo en los circuitos conec-

dancia debe tener en cuenta no sólo las señales de alimentación y tarificación, sino también las fuentes y sumideros de corrientes inducidas longitudinales, aplicadas externamente. El amplificador genera alimentación de las características requeridas con una entrada de bajo nivel, dada desde el LFS. Además, conmuta la corriente desde la batería a la fuente de alimentación auxiliar, dependiendo de su nivel de tensión.

- Circuito de referencia conmutada, que define la polarización en CC a la entrada de los amplificadores operacionales, la cual se cambia al aplicar el cómputo.
- Amplificador de inversión de batería, que invierte polaridad sin ruido.
- Circuito de corte de alimentación, que en situación de cuelgue quita la tensión negativa a todos los módulos que gozan de esta facilidad.

Consideraciones tecnológicas

Considerando la capacidad de conducción exigida, la tecnología bipolar resulta muy adecuada. Sin embargo, el proceso y las reglas de diseño se vieron afectados por la necesidad de una alimentación de 68 V.

En primer lugar, para obtener el voltaje de ruptura requerido, el nivel de dopado de la capa epitaxial tuvo que variarse desde 10^{17} cm^{-3} (para TTL) a 10^{15} cm^{-3} . Al mismo tiempo, por ensancharse las capas de carga espacial hubo que aumentar las distancias en la superficie de la pastilla y el grosor de la capa epitaxial se incrementó de 7 a 20 μm . Una segunda consideración fue la creciente importancia de los efectos parásitos, puesto que la disipación de pérdidas asociada es mucho mayor que en circuitos de bajo voltaje.

Se encontraron dos efectos parásitos: un transistor parásito base-a-sustrato en transistores *nnp*, y una pérdida emisor-a-sustrato en transistores *pnp*. Como ambos efectos podrían causar corrientes de pérdida que a altas tensiones elevarían peligrosamente la disipación total de la pastilla, se decidió añadir difusiones n^+ , que desde la superficie llegan a la capa enterrada.

Otro problema fue la acción del rectificador controlado de silicio parásito entre resistencias y transistores *nnp*, que sólo puede evitarse aumentando las separaciones de los elementos en la superficie.

Finalmente, los altos voltajes en metalizaciones podían intensificar canales de conducción en los transistores MOS parásitos; para evitarlo se introdujeron difusiones adecuadas de apantallamiento. Aparte de estos efectos parásitos, en general el mayor problema fue la disipación asociada con la alta tensión de alimentación. Esto se evitó usando circuitos de alta resistencia con control de corriente y cargas activas.

La experiencia ganada en el diseño y prueba de estos circuitos integrados ha

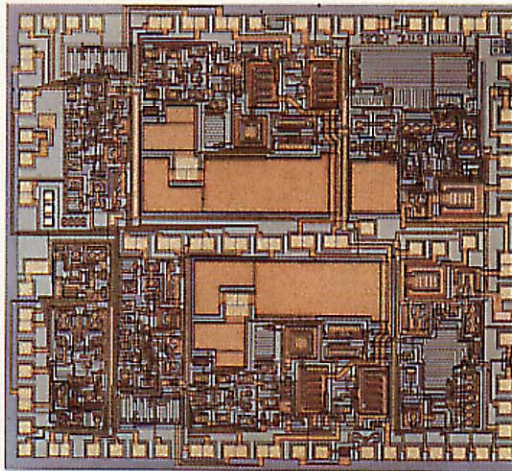
proporcionado confianza en su factibilidad y fiabilidad.

Supervisión y alimentación de línea

Un circuito integrado LFS en cada línea de abonado, detecta el cuelgue/descuelgue, los impulsos de disco y las sobrecorrientes. Además, proporciona al HIC una señal de control de la alimentación de línea, supervisa la corriente de llamada, y da puntos de exploración/distribución al sistema. Todo ello lo realizan circuitos de amplificador, comparador, excitador de relé y lógica de decodificación.

Unos conmutadores en el circuito de control de alimentación de línea seleccionan, bajo control de programa, la combinación tensión/corriente de línea requerida entre cuatro posibles, minimizando además la disipación. La salida del referido circuito se conecta al HIC, donde se entrega la potencia de alimentación a la línea. El LFS también genera órdenes para controlar la polaridad de salida del HIC, la polarización y el corte de alimentación.

El LFS y el TIC se intercambian otras señales para control digital y exploración, en forma de trenes de impulsos en serie para reducir el número de terminales en ambos circuitos. Las señales del TIC al LFS controlan la alimentación del bucle, la alimentación y polarización del HIC y el funcionamiento del amplificador del hilo *c* y del excitador del relé, mientras que los impulsos del LFS al TIC indican el estado de las funciones importantes de línea.



Pastilla del circuito interfaz de alto voltaje.

El LFS está realizado en tecnología clásica de 20 V del tipo bipolar lineal.

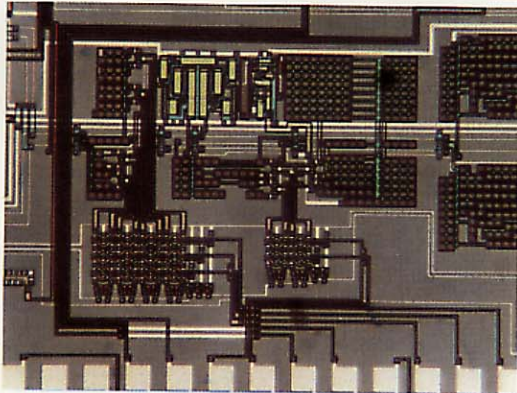
Circuito interfaz de transmisión

Los circuitos de proceso de señales plantean un problema totalmente diferente. El TIC (véase la fotografía) asume la ejecución

de las principales funciones del circuito de línea a este respecto, a saber:

- Conversión de 4 a 2 hilos. Este circuito aplica el concepto de puente equilibrado, constituyendo la línea una rama y el circuito de línea otra. Las otras dos ramas están dentro del TIC y son, en cierto modo, imágenes de la línea (llamada red de equilibrio) y del circuito de línea. Dado que las características eléctricas de las líneas de abonado pueden variar

Detalle de la pastilla del circuito interfaz de transmisión.



en amplios márgenes, adaptarse a ellas requiere en la práctica una o más redes de equilibrio de compromiso por país. Por ello se necesita que tales redes sean seleccionables por programa.

- Impedancia de la central. Aunque existan menos diferencias con la impedancia de central deseada, aún han de implantarse diversas impedancias.
- Ajustes de ganancia en transmisión y recepción. Para conectarse a diversos aparatos de abonado y atender a la conmutación de atenuadores exigida en distintos países, han de incluirse ajustes de ganancia programables. Además, para mantener la ganancia dentro de los estrictos límites especificados pese a las tolerancias de los componentes, han de preverse ajustes de ganancia finos, programables independientemente.
- Inyección de impulsos de cómputo de 12 ó 16 kHz, generados en el circuito de función común de línea, que el TIC conmuta con baja distorsión y la adecuada supresión de chasquido.

Realización

Hasta hace muy poco, circuitos como los descritos tenían que realizarse usando amplificadores operacionales bipolares, condensadores y resistencias de ajuste, normalmente sobre circuitos híbridos de película gruesa o delgada. El hacerlos programables por lógica era muy difícil, por

faltar en los híbridos lógica de decodificación y conmutadores.

Los circuitos de capacidades conmutadas han creado nuevas vías para implantar estas funciones. Básicamente utilizan los mismos circuitos de filtro que un filtro RC activo, excepto en que las resistencias se sustituyen por capacidades conmutadas. Su ventaja es que todas las constantes de tiempo vienen definidas por relaciones entre capacidades de la pastilla, que en tecnología MOS pueden realizarse con mucha precisión, eliminando la necesidad de ajustes y haciendo posible una implantación totalmente monolítica. Lo que queda es, pues, diseñar un amplificador operacional MOS de calidad suficientemente alta. En los dos últimos años, se ha avanzado mucho en este campo y los nuevos operacionales MOS son más pequeños y consumen menos que sus correspondientes bipolares. La elección de esta tecnología resuelve automáticamente la fijación de ganancia, redes de equilibrio, etc., por control del programa. La lógica de decodificación se realiza fácilmente y se usan conmutadores MOS para seleccionar redes de equilibrio o añadir condensadores de ajuste de ganancia.

Había después que elegir una tecnología MOS, que ante todo dependía de la factibilidad de realizar condensadores. La tecnología n-MOS de memoria de polisilicio con doble capa hace tiempo que utiliza capacidades como elementos de almacenamiento y se adaptó fácilmente a estas funciones. Más recientemente se han desarrollado procesos CMOS de polisilicio con doble capa, que parecen muy prometedores.

Circuitos comerciales LSI

En todos los casos posibles las funciones del ITT 1240 se realizan en componentes LSI comerciales, cuyas ventajas son: costes relativamente bajos no recurrentes, disponibilidad de prototipos, mayor volumen total de producción que permite un precio ventajoso, y amplia experiencia en la aplicación del producto. Sus limitaciones han sido ya expuestas.

El microprocesador 8086 de 16 bits y las pastillas de soporte de la periferia a él asociadas, se utilizan en todo el ITT 1240 para los elementos de control terminal y los elementos de control auxiliar.

La RAM dinámica de 64 kbit, principal componente de memoria empleado en el ITT 1240, es un elemento comercial normalizado que se fabricará en muchos países. Para evitar cualquier problema de errores de programación en estas RAM, se usa un circuito de detección y corrección de errores, de modo que se detecte un error doble y se corrija un error simple dentro de una palabra sin interrumpir el funcionamiento

correcto de la memoria. Todo error detectado se registra para posterior análisis por el sistema de mantenimiento.

También se utilizan LSI comerciales para las funciones de codec y filtro en el terminal de abonado analógico.

Encapsulado

La selección de técnicas de encapsulado para el ITT 1240 obedeció fundamentalmente a la densidad de interconexión y fiabilidad requeridas. El encapsulado de componentes normalmente adoptado es del tipo cerámico hermético en doble línea (DIP), que actualmente existe en configuraciones de 14 a 64 terminales; se utiliza en general para componentes hasta de 48 terminales, y también para el interfaz de control del terminal, encapsulado en 64 terminales DIP.

Aunque el puerto de conmutación y los puertos de transmisión y recepción tienen todos también 64 terminales, no se les pudo aplicar este tipo de encapsulado ya que la longitud del DIP de 64 terminales (más de 86 mm) ocupa demasiado espacio en una placa cuya superficie es menor de 55.800 mm². Por otro lado, los buses asociados con las pastillas de puertos de conmutación (elemento de conmutación) y con las de puertos de transmisión/recepción (interfaz terminal) tienen un ciclo de 244 ns solamente, por lo que hay que mantener muy baja su capacidad parásita, reduciendo para ello la longitud total del bus y haciendo un trazado cuidadoso de la placa. Debido a todos estos problemas, se eligió para estos dispositivos un portador cerámico herméticamente sellado, con 64 terminales separados a 1,016 mm (0,04 pulgadas).

El ensamble de estos portadores en las placas de circuito impreso difiere de la práctica normal de soldadura por ola de los DIP, según se describe en otro artículo⁵.

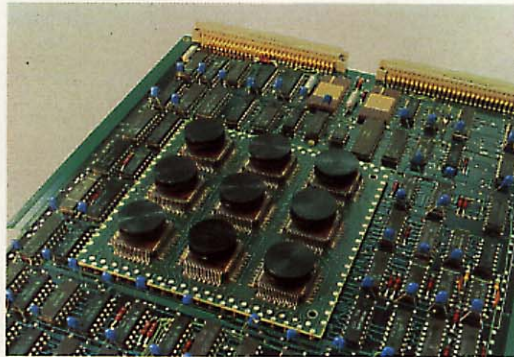
La fotografía muestra el ensamble de la placa hija del interfaz terminal con nueve portadores de circuito. Se utilizó una placa hija para reducir el número de capas de circuito impreso en la placa madre del interfaz terminal, en una zona de muy alta densidad de interconexión.

Como ya se ha dicho, el circuito interfaz de control del terminal se ha encapsulado en DIP de 64 terminales, ya que la frecuencia de señal es relativamente baja y no se necesita tan alta densidad de componentes en las placas.

Procedimiento de diseño y fiabilidad

El proceso del desarrollo de circuitos digitales LSI de encargo se muestra en la figura 4. La especificación de la pastilla es el punto de partida; en el caso del ITT 1240 la redactó el ingeniero de diseño de LSI,

para evitar falsas interpretaciones, y luego la desarrolló la Ingeniería de Sistemas en cooperación con ingenieros especializados en programación, diseño de LSI y diseño de placas de circuito impreso. Unidos estos grupos, intentaron distintas particiones de circuitos y del sistema hasta decidir cuál era la pastilla óptima para esa aplicación particular. El ingeniero de diseño de LSI redactó entonces una minuciosa especificación, posteriormente revisada en detalle



Portadores de circuito en la placa hija del interfaz terminal.

y aprobada por programación, sistemas, diseño de circuitos impresos, mantenimiento, fiabilidad, fabricación, pruebas, etc., tras de lo cual se consideró satisfactoria para la realización del LSI.

Las características definidas en la citada especificación (Fig. 4) sirvieron luego para determinar el proceso de fabricación de semiconductores apropiado. Entre varios estudiados, se seleccionó uno experimentado, multifuente, que satisfacía los requisitos técnicos. Se compararon después las reglas de diseño de probables suministradores, desarrollando un compendio de reglas tal que cualquiera de ellos pudiera utilizar en la fabricación las máscaras producidas por este ejercicio de diseño. Para la propia pastilla, en fin, se siguieron reglas detalladas de diseño eléctrico y de trazado.

La información de especificación de la pastilla LSI se utiliza para hacer un diseño lógico, que luego se simula en el simulador lógico Supamos desarrollado por ITT, como se indica en la figura 4, parte superior. En caso de detectarse errores de lógica, se modifica el diseño lógico para eliminarlos.

En esa fase se examinó cómo se probaba en fábrica este LSI de encargo y se estimó el tiempo de prueba de recepción. Como puede verse a la derecha de la figura 4, la base de datos de la simulación lógica se potenció y cambió de formato para poder utilizarse como programa de prueba en el sistema *Sentry 7*. El programa Supamos también analiza la cobertura de faltas (hasta qué grado se detectan todos los defectos posibles) que da el programa de prueba. Si tal cobertura es inaceptable, este pro-

grama deberá potenciarse aún más para reducir las posibilidades de montar componentes defectuosos en las placas del ITT 1240.

Como se indica en la figura 4, una vez completado el diseño lógico, la pastilla se divide funcionalmente en células rectangulares, según un plan topológico que también incluye la distribución por buses de las señales críticas de reloj y alimentación, así como las pistas para circulación de señales por toda la pastilla.

Partiendo de la definición de célula funcional, se calculan las puertas individuales y los tamaños de los transistores, y se trazan las células para incorporar las funciones adecuadas, tras de lo cual dichas células se digitalizan y editan en un sistema gráfico interactivo (IGS). A continuación se hace un modelo de las mismas en el programa Spice-II, que informa sobre el retardo de propagación de las señales y los tiempos de subida/bajada de transitorios, con las correspondientes resistencia y capacidad parásitas. Además se analiza la geometría de las células en un programa de ITT sobre verificación de reglas de trazado (LRV), que determina si la anchura, separación y alineación entre capas se ajustan a las reglas de diseño. Si se detectan problemas o errores, el diseño de la célula se modifica y se repite el proceso de verificación.

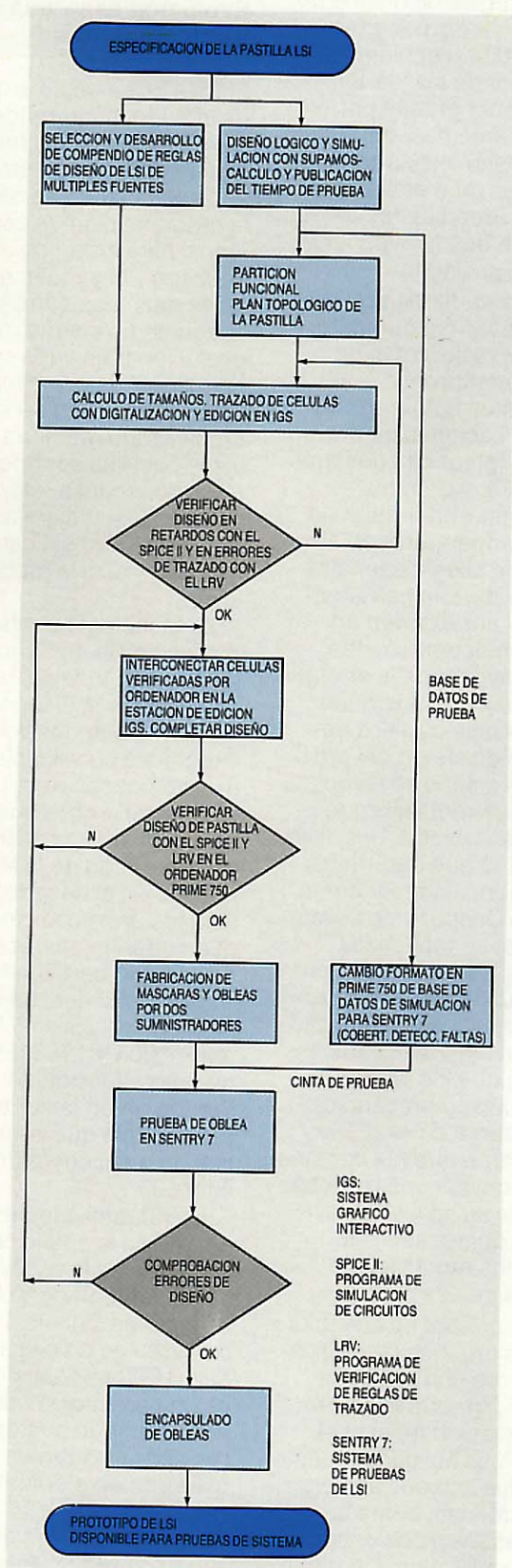
Las células verificadas por el ordenador se sitúan entonces en sus respectivas posiciones con la estación editora IGS, conforme al plan topológico, y se completan las interconexiones de señales y de buses para terminar el diseño total de la pastilla. Se utilizan de nuevo el Spice-II y los programas LRV para determinar si algún error se ha introducido en el desarrollo. Los eventuales problemas se corrigen en la estación IGS y el proceso se repite.

La salida del proceso de diseño es una cinta magnética, la cual se entrega a un suministrador de semiconductores para que la utilice en un generador de modelos. Este generador produce un retículo de cristal usado para hacer máscaras, que a su vez se emplean para fabricar obleas. Estas obleas se prueban en el sistema Sentry 7 mediante la configuración deducida de la simulación. Si se detecta un error de diseño, se deberá modificar y corregir la base de datos gráfica. Gracias a este proceso, la primera vez que se fabricó el puerto de conmutación pudo ya emplearse en maquetas ITT 1240 de laboratorio. Posteriores versiones, con ligeras modificaciones de diseño, han tenido idéntico éxito.

Para el diseño de circuitos lineales, el procedimiento varía ligeramente. El circuito suele diseñarse a base de células lineales (bloques analógicos), previamente simuladas por completo mediante programas de simulación analógicos especiales. El diseño de estas células se lleva la mayor parte del trabajo. El trazado final del circuito entero

se hace directamente en el IGS y va seguido por una verificación de las reglas de trazado.

Cuando se ha demostrado que los circuitos son funcionalmente correctos en el ITT 1240, se encarga a los fabricantes de semiconductores que inicien la producción.



Sólo queda por determinar si cada tipo de circuito integrado, de los distintos suministradores, satisface los objetivos de fiabilidad especificados, para lo cual se verifican pruebas y análisis.

Adviértase que muchos de los pasos anteriores se dirigen específicamente a asegurar la fiabilidad del producto final: selección de un proceso de semiconductores experimentado con reglas de diseño de distintos fabricantes, adecuada cobertura de faltas en las pruebas de recepción, verificación por ordenador de las violaciones de las reglas de diseño, prueba por ordenador de cada elemento para determinar su sensibilidad a voltaje/relojes/temporizaciones, amplios buses de metal para evitar migraciones, etc. Todo este esfuerzo garantiza con creces que desde el principio se incorporó la fiabilidad al diseño.

La confirmación del éxito de estas medidas es la prueba de calificación, que determina si el producto alcanza las cotas de fiabilidad marcadas. Se comprueba si los componentes de diferentes suministradores cumplen las especificaciones de dimensión, hermeticidad, integridad después del ciclaje de temperatura, y grandes esfuerzos (que suelen comprender pruebas de vida acelerada por temperatura). Si el componente no satisface tales exigencias, la naturaleza del fallo se determina visualmente al microscopio, y por examen en microscopio de barrido electrónico, que permite el análisis por rayos X de la energía dispersada y la corriente inducida por un haz de electrones. El fallo se clasifica entonces como propio del diseño, o del proceso. Los problemas de diseño se estudian, y se realiza en seguida un rediseño que vuelve a someterse a calificación. Si el fallo se debe al proceso, habrá que determinar conjuntamente con el suministrador cómo se corrige el problema. Después de aplicar los remedios oportunos, se repiten las pruebas de calificación. Este procedimiento se continúa hasta que cada circuito supere dichas pruebas y los objetivos de fiabilidad se hayan asegurado. En algunos casos, los resultados aconsejarán que los componentes pasen por una criba o acondicionamiento antes de utilizarse en el ITT 1240. Debe observarse que los componentes complejos pasarán por unas pruebas de maduración antes de su aplicación al ITT 1240, hasta que se demuestre que cada circuito satisface los requisitos de fiabilidad sin necesidad de esa criba.

Aunque el HIC sea especial en cuanto a voltaje y disipación, las pruebas de calificación de circuitos similares con la misma tecnología aseguran alcanzar la fiabilidad requerida. A estos niveles de tensión el encapsulado hermético es obligado, puesto que tales tensiones y los campos aceleran los deterioros de la humedad, como la corrosión y las pérdidas. Aun con encapsulados herméticos, hay que seleccionar con

cuidado la capa de pasivado para evitar efectos de superficie o de interfaz, como trampas de electrones rápidas. Sin embargo, pese a todos estos factores, se han obtenido de las pruebas de vida tasas de fallos menores de 200 FIT*, confirmadas por experiencias en el campo.

Evolución esperada de la tecnología de semiconductores

El ITT 1240, con su arquitectura de control distribuido, comprende circuitos modulares cuyo interfaz con la red digital de conmutación está definido estrictamente. Junto con el uso de máquinas de mensajes finitos en la programación, el concepto de máquina virtual para aislar los programas de los circuitos y el seguimiento estricto de interfaces definidos entre los circuitos LSI, aseguran un diseño robusto que puede evolucionar en línea con los avances tecnológicos. Esto implica poder adaptarse a la miniaturización de los semiconductores, modificando memorias, microprocesadores y sus pastillas soporte, circuitos LSI de encargo, codecs, etc., para lograr mayores densidades, mejor fiabilidad y menor coste de fabricación, sin cambiar la arquitectura de la central ni la programación de alto nivel.

La tecnología punta en circuitos integrados es hoy la de 3 μm , mas gran parte de la producción todavía usa la de 5 μm . Hablando en general, la tecnología punta se aplica primero a grandes volúmenes de circuitos integrados comerciales, como memorias y microprocesadores. Los circuitos integrados de encargo, siguen normalmente reglas de diseño más conservadoras para asegurar disponibilidad de la tecnología y reducir riesgos en el desarrollo. Los pronósticos para los próximos cinco años coinciden en que deberían aparecer circuitos integrados del tamaño de 1 μm hacia 1985. En cuanto a las densidades, se esperan pastillas de memoria de 256 kbit hacia 1983, y de 1 Mbit entre 1985 y 1988. Esto irá acompañado de una reducción del producto consumo-retardo en un factor aproximado de diez. Es probable que el precio por función continuará disminuyendo, como se indica en la figura 5.

La industria electrónica tiene un enorme interés en la aparición de la tecnología VLSI (muy alta escala de integración). Un circuito integrado VLSI abarca una función de sistema significativa (conjunto o subconjunto de un sistema) empleando más de 10.000 puertas por pastilla. El ITT 1240 es una aplicación óptima de la tecnología VLSI. Cuando aparezcan microprocesadores más inteligentes y potentes, podrán utilizarse en elementos de control terminal

* Un FIT es un fallo en 10⁹ horas

y elementos de control auxiliar, reduciéndose el número de pastillas soporte y mejorando el rendimiento. El interfaz terminal y el elemento digital de conmutación son dos campos de aplicación de circuitos VLSI de encargo; un solo VLSI, conteniendo 76.000 transistores en encapsulado de 64 terminales, podría reemplazar a los cuatro puertos de transmisión y cinco de recepción ahora utilizados. Los 16 puertos que componen la placa del elemento de conmutación, podrían rediseñarse para aumentar la densidad de cada circuito integrado, de forma que se necesitaran menos puertos de conmutación. Es muy posible que dos, cuatro o incluso ocho puertos puedan combinarse en una pastilla y así se reduzcan considerablemente el tamaño y la disipación, mejorando además la fiabilidad del elemento de conmutación. Si existiera un proceso VLSI muy potente, se concibe que las funciones de los 16 puertos pudieran integrarse en una pastilla: ello exigiría un circuito integrado con 183.000 transistores, si bien el uso de diagnósticos múltiples podría reducir el número de terminales a 64. Las implantaciones en VLSI del interfaz terminal y del elemento digital de conmutación reducirían significativamente los costes, la disipación y el tamaño, y al mismo tiempo se elevaría mucho la fiabilidad.

Los circuitos lineales se beneficiarán de la evolución tecnológica en dos aspectos:

- la combinación de tecnologías (por ejemplo, bipolar - CMOS) facilitará la realización de circuitos analógico-digitales
- los avances en proceso digital de señales ayudarán a realizar funciones tales como ajuste de ganancias y filtros.

Las tecnologías mixtas no han existido prácticamente hasta ahora, en gran parte porque los procesos normalizados en tecnología bipolar eran muy inferiores, en cuanto a calidad de la superficie (estados, defectos de oxidación, etc.), a los de tecnología MOS y, por tanto, inadecuados para hacer buenos transistores. Por otro lado, la tecnología MOS carecía de capas epitaxiales y tenía un control de difusión insuficiente para la producción de buenos transistores bipolares.

Estas diferencias se están anulando, primero por continuas mejoras en el proceso bipolar (p.ej., para el desarrollo de lógica de inyección integrada), y después por el aumento en la complejidad de los procesos MOS, que los sitúa al nivel de los bipolares. Parece posible en un futuro cercano combinar la capacidad de amplificación de la tecnología bipolar con la capacidad lógica de la tecnología MOS. Una alternativa obvia es el uso de un proceso lógico de inyección integrada-lineal. Aunque esta combinación se ha pregonado desde hace mucho, su aceptación y uso general se retrasan. También se polemiza sobre las prestaciones

relativas de los circuitos MOS y los de inyección integrada.

El proceso digital de señales analógicas ha suscitado por largo tiempo interés teórico. El problema ha sido que la realización de los circuitos en TTL o incluso en MOS-LSI era voluminosa, costosa y disipaba

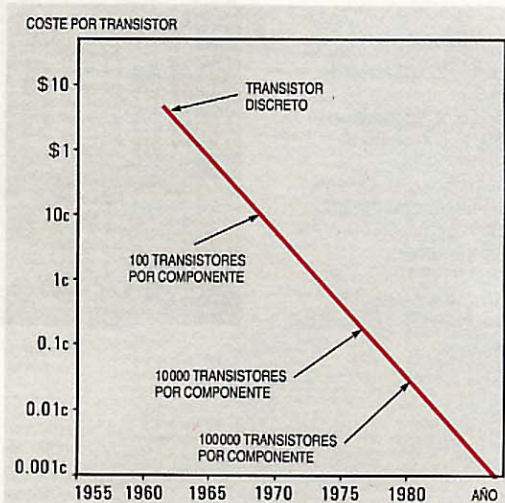


Figura 5
Coste por transistor en función del tiempo, indicando cómo las técnicas de circuitos integrados han hecho más rentable al ITT 1240, y cómo esta tendencia continuará al crecer la integración.

bastante potencia. Se espera, sin embargo, que la tecnología VLSI de $2 \mu\text{m}$ superará estos inconvenientes y hará que el proceso digital de señales sea una alternativa económica al proceso analógico en el circuito de línea.

Un aspecto poco elegante en el actual circuito de línea (líneas y enlaces analógicos) es la existencia de relés electromecánicos. Hay ciertas esperanzas de que los avances en la tecnología de circuitos integrados de alto voltaje, lograrán su sustitución. La fotografía de la página siguiente muestra un circuito integrado de alto voltaje experimental, que ha sido activado con una fuente de 400 V.

Todos los avances tecnológicos señalados influirán considerablemente en el coste de las centrales digitales ITT 1240, ya que se predice una acentuada disminución de coste de los componentes LSI, mientras que los componentes más tradicionales serán cada vez más caros.

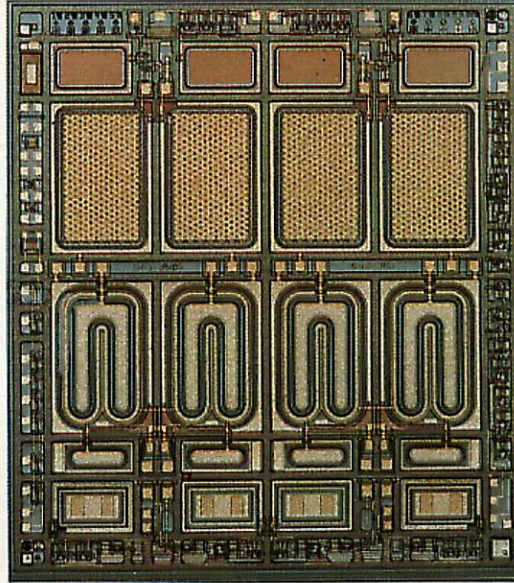
Conclusiones

La central digital ITT 1240 utiliza una arquitectura orientada al futuro, basada en el control distribuido y en una red digital de conmutación. Esta solución ha sido posible por el uso de tecnología avanzada de componentes para conmutación, control y funciones telefónicas lineales. Como resultado de su estructura modular y del uso general de interfaces normalizados, el ITT 1240 puede evolucionar a la par que progresa la tecnología electrónica, utilizando nuevos componentes y tecnologías tan pronto

como sean viables y rentables. Es ya evidente que la aparición de la tecnología VLSI beneficiará al ITT 1240 en cuanto a su volumen, coste, disipación y fiabilidad.

Referencias

- 1 R. Bonami, J. M. Cottón y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126–134 (en este número).
- 2 ITT System 12 – Designed from the Future: *Electrical Communication*, 1980, suplemento al volumen 55, nº 2, págs. 3–9.
- 3 Digital Exchange for a Wide Range of Applications: *Electrical Communication*, 1980, suplemento al volumen 55, nº 2, págs. 10–15.
- 4 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160 (en este número).
- 5 P. Pahud y A. Perga: Central digital ITT 1240: Fabricación e instalación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 293–301 (en este número).



Circuito Integrado experimental de alto voltaje, activado con una alimentación de 400 V.

Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación

El diseño de la programación de la central ITT 1240 utiliza tres técnicas avanzadas de estructuración: modularidad soportada por el uso de máquinas de mensajes finitos, concepto de máquina virtual e interfaces genéricos. Como resultado, la programación ITT 1240 es sobre todo inmune al futuro y admitirá los últimos desarrollos en equipo y en programas a medida que aparezcan, sin retraso y sin cambios notables en la programación en servicio.

L. Katzschner

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,
República Federal de Alemania

F. Van den Brande

International Telecommunications Center,
Bruselas, Bélgica

Introducción

Uno de los principales objetivos de diseño de los modernos sistemas de conmutación con control por programa almacenado es hacer la programación inmune al futuro. Los rápidos avances en la tecnología de equipos de ordenadores, junto con la disminución de precios de los circuitos integrados en gran escala, harán necesaria durante la vida de una central la sustitución de componentes tales como pastillas de memoria y microprocesadores por unidades más potentes y baratas, a medida que aparezcan en el mercado. Del mismo modo, habrá que sustituir unidades de equipo telefónico por otras más avanzadas.

Por consiguiente, la programación debe ser tan independiente como sea posible tanto de la arquitectura como del equipo del sistema de conmutación, de modo que se puedan admitir adiciones y cambios en el equipo con variaciones de la programación leves o nulas. Su estructura debe permitir, además, la introducción gradual de nuevos servicios con mínimo trabajo de diseño. En

la central digital ITT 1240 se alcanza este objetivo aplicando tres conceptos estructurales de la programación, expuestos ahora brevemente y descritos después con mayor detalle:

- La programación se estructura en módulos pequeños y casi independientes, con un sencillo procedimiento estándar de intercomunicación. La modularidad se refuerza por el uso de FMM (máquinas de mensajes finitos), módulos de programación fundamentales para la realización de las diversas funciones de la central.
- Las funciones se agrupan con el fin de aprovechar las ventajas de la máquina virtual¹, de tal modo que los puntos en que la programación interacciona directamente con el equipo se aíslen de los programas que controlan la operación de la central; como resultado, cualquier cambio en el equipo solamente podrá afectar a una parte reducida de programación (el operador de dispositivo).
- Los interfaces son genéricos más que específicos. Esto hace posible, por ejemplo, no sólo trabajar con sistemas de señalización diferentes sino prever hoy las aplicaciones que vayan a presentarse en el futuro, incorporando a la programación todos los "enganches" que puedan requerirse para introducir tales aplicaciones. Así se reduce al mínimo la necesidad de modificar los módulos existentes cuando se instala una nueva facilidad.

Para mejorar la modularidad y fiabilidad de la programación ITT 1240 se han utilizado, además, otras modernas técnicas, tales como programación estructurada, un len-



Comunicación hombre-máquina en la central ITT 1240. En primer término, las unidades de cinta magnética.

guaje de alto nivel, y minuciosos procedimientos de revisión y prueba en diferentes etapas del desarrollo.

La aplicación fiel de técnicas de programación tan complejas requiere un nivel de potencia de proceso que, normalmente, no proporcionan los procesadores de centrales telefónicas. Afortunadamente, la estructura ITT 1240, totalmente distribuida, provee amplia capacidad de control, que crece con el tamaño de la central. Esta capacidad se ha conseguido distribuyendo todas las funciones de control entre un grupo de elementos de control equivalentes, que se comunican a través de la red digital de conmutación². Puesto que esta red de conmutación se gobierna desde sus terminales, no se necesita control centralizado de caminos. Otras funciones que lógicamente estarían centralizadas, se asignan a varios elementos de control, como después se describe en este artículo.

Cada elemento de control consta de idénticas placas impresas de microprocesador, memoria e interfaz terminal. Los elementos de control terminal se asocian con equipos de acceso telefónico para control de líneas, enlaces y otros circuitos. Los elementos de control auxiliar no tienen circuitos terminales asociados, pero se equipan frecuentemente con placas de memoria adicionales. Sin embargo, todos los elementos de control tienen un acceso igual a la red de conmutación, a través de la cual todos pueden comunicarse entre sí.

La concepción del ITT 1240 ha facilitado en gran medida la labor de los programadores, tanto en el diseño básico como en la ingeniería de diseño. Los ahorros resultantes en tiempo y esfuerzo han influido favorablemente en los costes de desarrollo; ello beneficiará a las Administraciones cuando haya que introducir facilidades avanzadas.

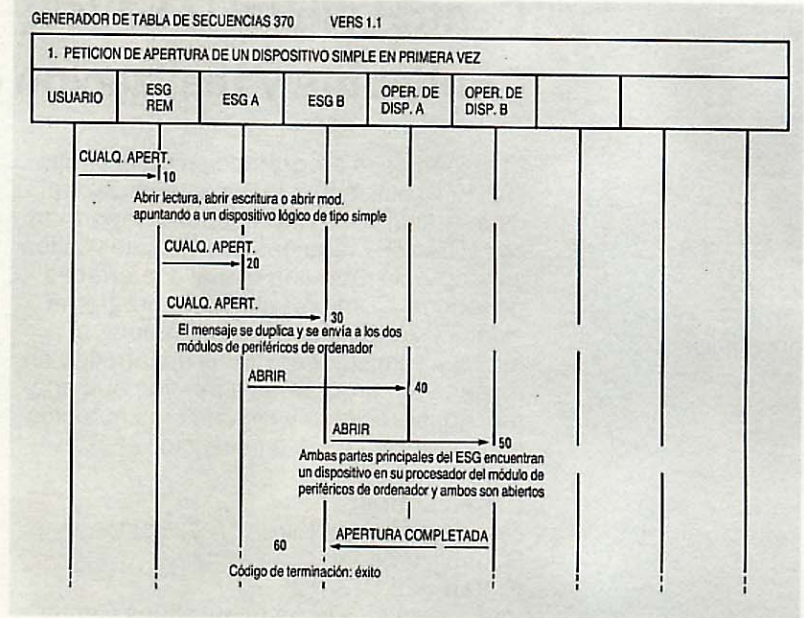
Estructura de la programación

Como cualquier paquete de programación de gran tamaño, el del ITT 1240 contiene dos tipos de programas: programas de aplicación, que controlan la operación de la central, y el sistema operativo, que proporciona soporte administrativo a los programas de aplicación. La modularidad fue un objetivo primordial en el diseño de ambos.

Diseño modular

El diseño de la programación ITT 1240 partió de un amplio conjunto de especificaciones, basado en un estudio de los requisitos de centrales telefónicas a escala mundial. Se aplicó un esfuerzo especial a la clasificación y catalogación de los principales sistemas de señalización existentes.

De estas especificaciones se obtuvieron las funciones de las centrales, que se organizaron jerárquicamente. Las funciones se



desglosaron en subfunciones, usando la técnica de diseño y análisis estructurado (SADT)³; estas subfunciones se dividieron a su vez en otras más elementales, llegando finalmente a identificarse un conjunto básico de funciones, cada una de las cuales podía ser realizada por un solo módulo de programación.

Para cada módulo se produjo una especificación funcional. Se especificaron los interfaces con otros módulos mediante la identificación de los mensajes a través del interfaz. Se documentó el comportamiento dinámico de los módulos usando los llamados "escenarios", que representan el flujo de información entre los diversos módulos implicados en una transacción, tal como el establecimiento de una llamada o la escritura en un fichero de memoria de masas (Fig. 1). Estos escenarios no sólo fueron excelentes herramientas de diseño y revisiones de diseño, sino también una valiosa fuente de material de instrucción. Se trazaron mediante ordenador y, por consiguiente, son de fácil mantenimiento.

El diseño de cada módulo de programación se basó en su especificación funcional y en su escenario operacional. Debido al método seguido para la definición de módulos, el diseño detallado, la codificación (en CHILL, el lenguaje de alto nivel del CCITT para conmutación telefónica) y la prueba de cada módulo se realizaron con gran independencia de los demás módulos. Los módulos terminados constituyen ahora una biblioteca que se puede utilizar para la producción de programas de la central.

Máquinas de mensajes finitos

Los módulos básicos de programación son las FMM¹, que controlan la realización de todas las funciones de la central. Por su modularidad, las FMM se adaptan bien a

Figura 1 Escenario típico, que representa el flujo de información entre módulos. ESG - entrada/salida general

una arquitectura con control distribuido como la del ITT 1240, donde las funciones de programación están repartidas entre un gran número de elementos de control. Ningún elemento de control tiene acceso directo a la memoria de otro; en lugar de esto, se intercambian mensajes a través de la red digital de conmutación entre más de 200 tipos de FMM localizadas en los distintos elementos de control. Un rasgo esencial sobre la realización de las FMM en el ITT 1240 es que incluso las ubicadas en el mismo elemento de control se comunican sólo por mensajes. Esto da una gran flexibilidad al sistema, como se explica después. Las FMM se relacionan de un modo claramente definido:

- La comunicación entre FMM es solamente por mensajes, cada uno de los cuales consiste en un bloque de datos.
- Una FMM es capaz de recibir un conjunto específico de mensajes de entrada y de generar un conjunto específico de mensajes de salida.
- Cada FMM responde a la recepción de uno o más mensajes de entrada, generando uno o más mensajes de salida; de este modo, su comportamiento funcional está claramente definido por la secuencia de mensajes que trata.

Una llamada pasa por una serie de estados durante el establecimiento y la liberación: descuelgue, espera de dígitos, espera de respuesta y así sucesivamente. La transición de un estado al siguiente se activa por un evento telefónico, tal como un dígito marcado, una señal de respuesta o un cuelgue. El marco funcional formado por las FMM se adapta perfectamente a operaciones que se realicen de ese modo: las FMM pueden programarse para controlar la ejecución de las funciones apropiadas durante los sucesivos estados de una llamada.

Cada FMM comprende una serie de estados. Mientras está en un estado dado, es capaz de recibir un conjunto específico de mensajes de otras FMM; por ejemplo, en el estado de *numeración* el mensaje de entrada sólo puede ser de un conjunto que incluye *cuelgue de abonado llamante*, *abonado marca dígito n* y *tiempo máximo entre dígitos superado*. La FMM procesa el mensaje de entrada (es decir, realiza una función), genera el mensaje o mensajes de salida apropiados, y pasa luego a un nuevo estado en el que espera el siguiente mensaje, perteneciente a un conjunto de mensajes de entrada posibles.

La figura 2 muestra un ejemplo de comunicación entre FMM: una FMM de señalización envía un mensaje de *toma* a una FMM de control de llamada y entra en un estado en el que se dispone a recibir un mensaje de *tomado*. Una vez recibido el mensaje de *toma*, la FMM de control de llamada pasa a

un estado en el que está dispuesta a tratar esta nueva llamada (es decir, a recibir dígitos o el *cuelgue del abonado llamante*. Entonces envía el mensaje de *tomado* a la FMM de señalización. La comunicación continúa así hasta que finaliza la interacción entre las dos FMM.

Se denomina *proceso* a cada uso de una FMM. En muchas FMM se ejecutan varios procesos en concurrencia. Por ejemplo, una FMM que se ocupe del establecimiento de llamadas tiene que servir a muchas líneas de abonado casi simultáneamente. Los procesos en estas FMM, normalmente

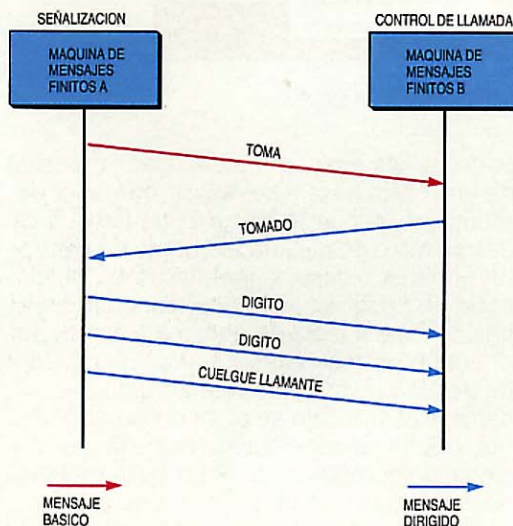
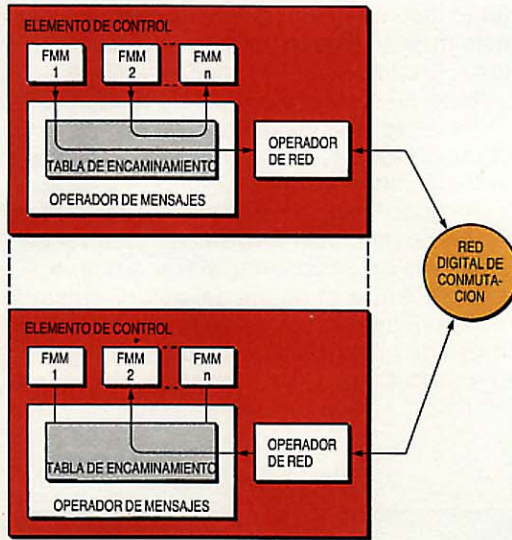


Figura 2
Comunicación entre FMM por mensajes básicos (en rojo) y mensajes dirigidos (en azul).

distribuidas en varios elementos de control, deben comunicarse por medio de mensajes con los procesos implicados en otras actividades de control de llamadas, como es la señalización. Esto se representa en las figuras 2 y 3. El primer mensaje, que inicia un nuevo proceso en la FMM de destino (Fig. 2) es siempre un mensaje *básico*; todos los mensajes subsiguientes son *dirigidos*. La diferencia es significativa: un mensaje básico sigue la trayectoria marcada en la tabla de encaminamiento (Fig. 3), mientras que un mensaje dirigido no utiliza dicha tabla y va directamente a un proceso en la FMM de destino. Esto es posible porque la identidad del proceso en la FMM A está contenida en el mensaje básico *toma*, y la identidad del proceso en la FMM B va incluida en el mensaje dirigido *tomado*. Una vez que se han intercambiado estas identidades, la comunicación entre las FMM puede ser directa, reduciendo así el tiempo de proceso.

El sistema operativo soporta la comunicación entre procesos de FMM, como se ilustra en la figura 3. Cada elemento de control contiene un operador de mensajes y un operador de red (cada uno de los cuales es un módulo de programación,

Figura 3
Comunicación entre elementos de control y dentro de un elemento.



parte del sistema operativo). Cada mensaje de una FMM pasa a través del operador de mensajes, el cual lo dirige a otra FMM, bien del mismo o de distinto elemento de control. En uno u otro caso, la identificación de la FMM de destino se obtiene, para mensajes básicos, de la tabla de encaminamiento del operador de mensajes. Cuando dicha FMM de destino reside en otro elemento de control, el mensaje se pasa al operador de red, que lo encamina a través de la red digital de conmutación. El proceso emisor no tiene necesidad de saber la ubicación del proceso receptor, ya que los destinos de los mensajes se almacenan en las tablas de encaminamiento. De este modo hay una flexibilidad considerable en la producción de paquetes de programación que cumplan los requisitos de centrales específicas. Las

FMM se pueden agrupar más o menos arbitrariamente en paquetes de carga de los distintos elementos de control. Cada FMM contiene una lista de los mensajes que puede generar y recibir, la cual se tiene en cuenta durante el proceso de producción de paquetes con objeto de crear una tabla de encaminamiento por cada elemento de control.

Ventajas de las FMM

El uso de FMM ayuda a los programadores, tanto durante el diseño básico del sistema como en la ingeniería de diseño, ya que evita el preocuparse por la distribución del control. Además, ofrece ventajas importantes a las Administraciones:

- *Mayor seguridad de la programación:* ninguna FMM usa explícitamente los datos de otra, con lo que se eliminan los errores derivados de una mala interpretación de la estructura de datos de otras FMM. Cuando el proceso termina se descartan los mensajes no aceptados en ningún estado de la FMM, impidiéndose de este modo la propagación de errores.
- *Sencillez en las pruebas:* las FMM se pueden probar simulando su secuencia de mensajes de entrada y comprobando su secuencia de mensajes de salida. Puesto que todos los mensajes pasan a través del operador de mensajes, se puede utilizar un sencillo trazador para simulación y comprobación.
- *Ampliación de programas "en línea":* se pueden introducir y activar FMM nuevas o modificadas, sin alterar las FMM existentes ni otros módulos de programación.
- *Flexibilidad en la configuración del sistema:* para la mayoría de las FMM, el procesador donde se ubican no tiene que declararse en ninguna parte del código (las FMM con acceso al equipo, tales como los operadores de dispositivos telefónicos y de ordenador, constituyen una excepción). Cuando se hace una central, se seleccionan las FMM de una biblioteca para formar los paquetes de carga de los distintos tipos de elementos de control. Después, se añaden elementos de control cuando se amplía la central. Esto puede obligar a reconsiderar la ubicación de FMM en los elementos de control que estaban ya instalados. En tal caso, el sistema de programación puede reconfigurarse mediante redistribución de las FMM entre los elementos de control.

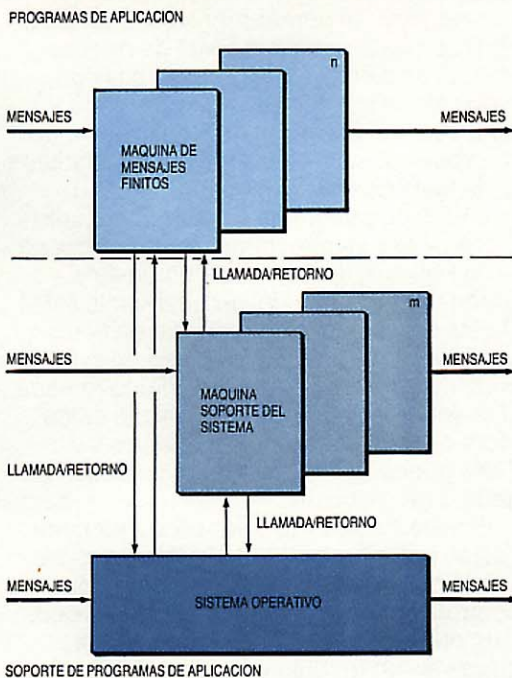
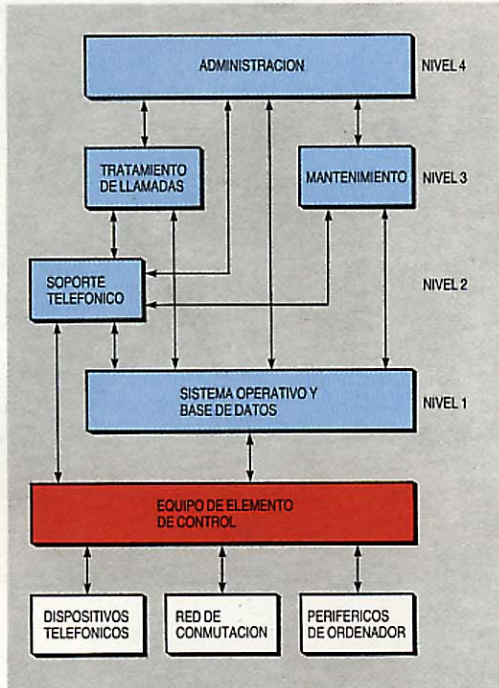


Figura 4
Bloques constructivos de la programación.

Máquinas soporte del sistema

Básicamente, cualquier módulo de aplicación puede realizarse como FMM. Sin embargo, debido al tiempo consumido por

Figura 5
Estructura de la programación ITT 1240 basada en el concepto de máquina virtual.



el manejo de mensajes, inherente a las FMM, los módulos de uso frecuente se realizan como SSM (máquinas soporte del sistema), que se activan por llamadas a procedimientos en vez de mensajes. Una llamada a procedimiento implica la transferencia directa del control de un módulo de programación (por ej., una FMM o el sistema operativo) a una SSM, la cual ejecuta su secuencia particular de operaciones y devuelve el control al módulo que la llamó.

Las SSM contienen tres tipos de procedimientos:

- *Procedimientos de interfaz*, llamados por una FMM y que proporcionan el interfaz entre esa FMM y los procedimientos de la SSM ahora descritos.
- *Procedimientos de reloj*, a los que llama periódicamente, a intervalos fijos, el sistema operativo. Como ejemplo, podemos citar los procedimientos que exploran los estados de líneas y enlaces en los operadores de dispositivos, y que, en caso de cambio de estado, activan una función en una FMM mediante el envío de un mensaje.
- *Procedimientos de interrupción*, similares a los de reloj pero activados por una interrupción, por ejemplo, la producida por un controlador de canal de un periférico de ordenador.

La figura 4 muestra las FMM y SSM y cómo se relacionan por mensajes y llamadas a procedimientos, y el sistema operativo que provee el sostén básico para la ejecución de los procedimientos de las SSM y los procesos de las FMM.

Máquinas virtuales

La máquina virtual es un concepto bien conocido en programación estructurada. Un módulo del equipo (por ejemplo, un microprocesador o un circuito terminal) está rodeado por una o más capas de programación. Juntos el equipo y la programación, constituyen una máquina virtual. De hecho, se puede emplear más de una capa de programación; cuantas más existan, más inteligente aparecerá la máquina virtual al programador.

La jerarquía de funciones de central establecida en los comienzos del diseño de la central ITT 1240, se dispuso conforme a los principios de la máquina virtual (Fig. 5). Esto ha sido muy ventajoso para los programadores, porque los que trabajan en los niveles jerárquicos más altos (las capas exteriores) no necesitan conocer en detalle la realización de funciones de nivel inferior. Así, un programador de aplicación que codifica una FMM no necesita saber cómo está realizado el operador de mensajes, el operador de red o cualquier otra función del sistema operativo.

Un tipo de máquina virtual empleado en el ITT 1240 es el operador de dispositivo, que es un módulo de programación asociado a un dispositivo del equipo, tal como un terminal (Fig. 6). (Los operadores de dispositivos se incluyen en las funciones de soporte telefónico y se describen más extensamente después, en la sección correspondiente). Esta realización del concepto de máquina virtual ofrece ventajas importantes a los sistemas de conmutación para telecomunicación; la influencia de los cambios en el equipo telefónico está local-

Figura 6
Concepto de máquina virtual.



zada y por tanto sólo se ven afectadas pequeñas áreas de programación, los operadores de dispositivos. De modo análogo, los cambios que resulten de introducir un equipo procesador más avanzado requieren solamente la modificación del sistema operativo y no influyen en el diseño de los programas de aplicación. Finalmente, las funciones de tratamiento de llamadas son completamente independientes del equipo;

sólo requieren alteración si varían los requisitos de la Administración.

Se obtiene un tipo diferente de máquina virtual cuando se usa un lenguaje de alto nivel, como el CHILL. El programador ve una máquina que entiende instrucciones en tal lenguaje, pero el microprocesador sólo ejecuta código máquina. En este caso, la máquina virtual consiste en la máquina real más un compilador que se ejecuta fuera de línea. El uso de lenguajes de alto nivel no sólo acelera la codificación y las pruebas, con lo que los programas son más inteligentes y depurados, sino también independiza a estos programas de los microprocesadores en que se ejecutan.

ejemplo, el comienzo del periodo de tarificación: a la recepción del tono de marcar, al final de la selección, al descuelgue del abonado llamado, etc. Por eso la función de control de llamada envía a la de tarificación varios mensajes con toda la información de interés para los posibles puntos de comienzo. Los mensajes que contengan información no necesaria en la aplicación escogida, se aceptan pero no se procesan.

Otro ejemplo es el interfaz entre control de llamada y señalización. Control de llamada envía y recibe todos los mensajes requeridos para trabajar con la mayoría de los tipos de señalización (ver sección sobre funciones de soporte telefónico); los módulos de señalización utilizan sólo los que necesitan y hacen caso omiso del resto.

Figura 7
Ejemplo de interfaz genérico.



Interfaces genéricos

El interfaz por mensajes de las FMM es un requisito previo para una programación "enchufable", a la cual puedan añadirse nuevos módulos sin variar los existentes. Sin embargo, si un nuevo módulo requiere que las FMM envíen nuevos mensajes, parece inevitable un cambio en la programación, a menos que se utilicen interfaces genéricos. La idea consiste en tener un interfaz con mensajes en exceso, de manera que se puedan prever y acomodar la mayoría de las aplicaciones futuras.

Un ejemplo típico es el interfaz entre las FMM de control de llamada y las FMM de tarificación (Fig. 7). Esta última función depende en gran medida de los requisitos de la Administración, quien especifica, por

Funciones de programación

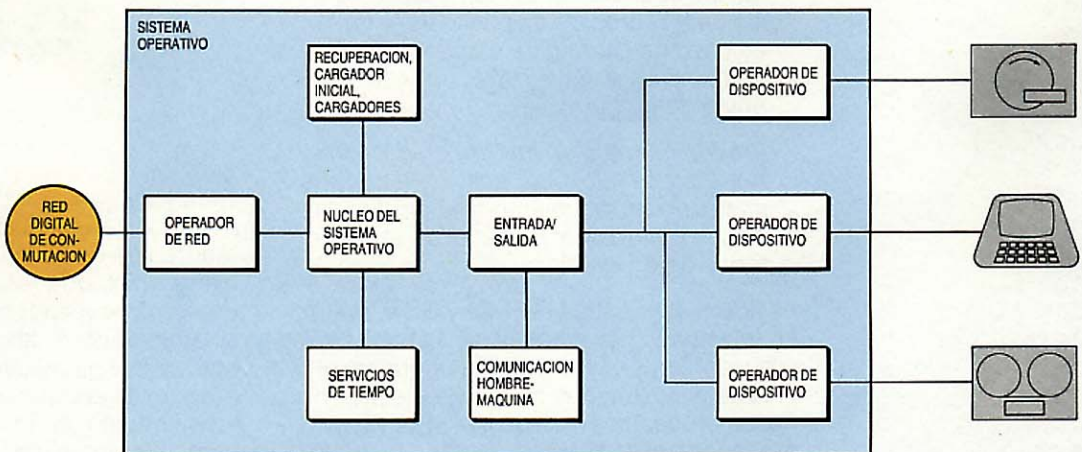
La programación de la central digital ITT 1240 se divide en cinco áreas funcionales: sistema operativo, soporte telefónico, tratamiento de llamadas, mantenimiento, y administración. Estas funciones, distribuidas entre los distintos elementos de control, se describen en los párrafos siguientes:

Sistema operativo

El sistema operativo de la central ITT 1240 presta el apoyo básico para la ejecución de los programas de aplicación, realizando funciones tales como comunicación entre módulos, planificación y temporización de procesos, y acceso a unidades periféricas. Las funciones del sistema operativo se agrupan en módulos y sólo están las requeridas en cada caso. La gama completa de funciones solamente se reúne en el módulo de periféricos de ordenador² y la figura 8 muestra cómo se realizan las funciones en dicho módulo; éstas son:

Núcleo del sistema operativo. Este núcleo administra dinámicamente las áreas de datos de los procesos. Esto se hace de tal modo que cuando un programador escribe

Figura 8
Diagrama de bloques del sistema operativo, tal como está realizado en el elemento de control del módulo de periféricos de ordenador.



el código de una FMM no necesita conocer cuántos procesos puede ejecutar esa FMM (por ej., las de tratamiento de llamadas atienden varias llamadas casi simultáneamente). Otra función importante del núcleo es el manejo de mensajes internos del sistema. Cuando un proceso envía un mensaje a un destino dentro del mismo elemento de control, el operador de mensajes lo acepta y pone en cola según su prioridad. (Si el destino está en otro elemento de control, se transfiere el mensaje al operador de red). Cuando termina un proceso, se llama al operador de mensaje para obtener el mensaje siguiente y se planifica el proceso de destino para su ejecución. El núcleo también da medios para la gestión de sobrecargas. La creación de procesos es condicional y puede denegarse si un cierto número de procesos están ya activos. Este umbral varía dependiendo de la prioridad de creación del proceso (por ej., *llamada saliente*, *llamada entrante* y *llamada con prioridad* tienen diferentes umbrales).

Servicios de tiempo. Muchos procesos necesitan o bien planificación periódica, o bien supervisión de tiempo. Ambas funciones están previstas en los servicios de tiempo, que incluyen también informaciones horarias y de calendario.

Entrada/salida. El sistema de entrada/salida proporciona acceso a los periféricos de ordenador. Realiza la gestión de fichero en cinta magnética y disco, y maneja los dispositivos de acceso físico a estas unidades de memoria de masas, así como a las unidades de pantalla y a los teleimpresores. Gracias a este sistema se simplifica el acceso a las unidades de equipo periférico: un módulo de aplicación pide acceso a un *fichero lógico* sin necesidad de conocer en qué tipo de periférico reside el fichero. El sistema asimismo traduce el fichero lógico a las características del fichero real y a la ubicación del dispositivo. Por ejemplo, un módulo de tarificación se limita a depositar la información correspondiente en un *fichero de tarificación*. Dependiendo de la configuración de la central, se puede dirigir la información a un centro remoto de facturación a través de un enlace de datos, o a una cinta magnética. La ventaja de este tipo de sistema de entrada/salida es que la programación es totalmente independiente de la configuración del equipo periférico. El sistema gestiona también el acceso a ficheros de datos que están duplicados por razones de seguridad, difunde la información de salida a varios dispositivos (por ejemplo, unidad de pantalla e impresora) y determina el dispositivo a utilizar en caso de fallo. Ninguno de estos procedimientos necesita ser programado: todos ellos son activados por datos. Otra función importante de este sistema es la comunicación hombre-máquina, cuyo interfaz normalizado

con el operador se diseñó de acuerdo con las recomendaciones del CCITT.

Recuperación. De acuerdo con los principios de control distribuido del ITT 1240, cada elemento de control dispone de recuperación autónoma (ver sección posterior sobre mantenimiento). Por esta razón, el sistema operativo puede abortar un proceso si durante su ejecución el funcionamiento es defectuoso, puede reinicializar un elemento de control (manteniendo las llamadas



Prueba de la programación ITT 1240.

estables) o, si ocurren faltas graves, puede iniciar la recarga de un procesador.

Base de datos

La distribución del control de la central conduce al reparto de datos entre elementos de control. Así, pues, cada elemento contiene una base de datos con un sistema de gestión para el acceso y mantenimiento de esos datos. Este sistema controla el acceso a datos semipermanentes y su actualización, siendo éstos unos datos a los que se accede por cada llamada y raramente se cambian. Aunque tales datos puedan estar distribuidos entre varios elementos de control, el programador de aplicaciones no necesita saberlo. La base de datos provee también el medio para cambiar varios datos relacionados entre sí (por ejemplo, el número de equipo, el número de guía y la clase de servicio de un abonado, que pueden distribuirse entre más de un elemento de control). El sistema de gestión

emplea un mecanismo para controlar el proceso de actualización, en virtud del cual se deniega el acceso a cualquier miembro de un conjunto hasta que todos ellos hayan sido actualizados.

Una de las características más notables de la base de datos es que encubre no solamente la distribución física de los datos sino también las funciones de seguridad. Una vez que fuera de línea se han definido los requisitos de seguridad, el sistema de gestión los tiene en cuenta siempre que se actualicen datos. Esto se aplica tanto a la actualización de datos que residen solamente en disco, como a la de datos que están repetidos o que, por razones de seguridad, se mantienen a la vez en disco y en memoria principal.

La integridad de la base de datos está protegida por dos medios básicos:

- *Facilidad de retroceso.* Cuando se cambian datos semipermanentes, por ejemplo, por comunicación hombre-máquina, tanto los valores nuevos como los viejos se almacenan en ficheros de seguridad, en disco y en cinta. Si ocurre un fallo durante el proceso de actualización, la facilidad de retroceso restaura los datos en su valor inicial.
- *Facilidad de recuperación.* Periódicamente (por ejemplo, cada semana) se almacena una copia de la base de datos en cinta magnética para tener un registro histórico. Si se pierden los datos (doble avería de discos), se restaura la base de datos actualizando el fichero en cinta más reciente con la información procedente del fichero de seguridad (en cinta) también más reciente.

Soporte telefónico

Las funciones de soporte telefónico se ocupan principalmente del acceso a los dispositivos del equipo y su gestión, así como de la señalización y tarificación.

Consecuencia natural del uso del concepto de máquina virtual en la central ITT 1240 es la introducción de operadores de dispositivos telefónicos, que son funciones de programación dispuestas para cada tipo de equipo terminal (por ejemplo, abonado analógico, enlace digital, enlace analógico, emisor/receptor multifrecuencia). Estos operadores traducen las señales eléctricas obtenidas de la exploración de los circuitos terminales, en señales lógicas (por ejemplo, impulsos) o, en la otra dirección, activan circuitos terminales de acuerdo con las señales lógicas recibidas desde los programas de señalización. La realización como máquina virtual oculta a los programas de señalización detalles del equipo tales como el número de puntos de exploración. Como se mencionó previamente, la ventaja es que el efecto de los cambios en los

circuitos terminales queda restringido a los operadores de dispositivos.

La función de señalización asigna un significado (evento) telefónico a las señales lógicas procedentes de un operador de dispositivo y, en la otra dirección, convierte eventos telefónicos en órdenes de actuación. La programación tiene previstos todos los sistemas de señalización importantes: por cada uno de ellos se da un conjunto separado de FMM de señalización, y las funciones de señalización se dividen en FMM de señalización de línea y de registro. El interfaz entre la señalización y el control de llamada es genérico, lo que quiere decir que todos los conjuntos de FMM de señalización trabajan con el mismo juego de mensajes hacia control de llamada. La función de señalización trata los mensajes de acuerdo con el sistema de señalización empleado (es decir, usa sólo los mensajes apropiados e ignora el resto). Dicha función es también responsable de la conexión de tonos y de la supervisión de tiempos en la fase de señalización.

La tarificación tiene también un interfaz genérico con el control de llamada, tal que pueda modificarse durante la ingeniería de diseño sin afectar a su entorno. Las funciones que proporciona el sistema de tarificación consisten en la generación de impulsos de cómputo para líneas y enlaces, tarificación global, análisis de tarifa, cambio de tarifas y tarificación detallada.

Para asignar a una llamada particular enlaces y emisores/receptores de señalización, se utiliza un gestor de recursos telefónicos. Dependiendo del tráfico pueden existir varios gestores de recursos en uno o varios elementos de control duplicados, proporcionando así suficiente capacidad, aun en las centrales más grandes.

Tratamiento de llamadas

El tratamiento de llamadas consta de dos funciones importantes: control de llamada (establecimiento y liberación) y servicios de llamada (principalmente traducción).

Para simplificar la ingeniería de diseño, el control de llamada está dividido en varias FMM. Tres FMM proporcionan las funciones básicas de control de llamada: preselección, conexión de la llamada y liberación. La FMM de preselección realiza la toma del lado llamante, prepara la tarificación y proporciona las primeras estadísticas de tráfico. Cuando se conoce el destino, el control pasa a la función de conexión de llamada, que asegura que se ha seleccionado y conectado el camino requerido, y controla cómo se relacionan las señalizaciones entrante y saliente. Esta FMM envía a la de tarificación toda la información necesaria para determinar la tarifa y el instante de comienzo de tasación, y coopera con los servicios de llamada para realizar funciones de traducción; también proporciona esta-

dísticas de tráfico adicionales. La liberación de la llamada se realiza por una FMM que coordina la reposición del camino de conversación y de los módulos terminales en ambos extremos, cerciorándose de que han terminado los procesos implicados en la liberación y ha cesado la tarificación.

Además de estas FMM básicas, hay otras que pueden añadirse para facilidades opcionales. Como ejemplo, podemos citar la FMM de servicio de despertador añadida a la de preselección, la FMM de tratamiento de llamada maliciosa añadida a la de liberación, y las FMM de conferencia que se añaden a las tres FMM descritas.

Las funciones de servicios de llamada, que implican principalmente traducciones, son independientes del estado de la llamada que las requiere. Las más importantes son: provisión de clase de servicio para líneas y enlaces, análisis de prefijos y encaminamiento, y traducción de número de guía a número de equipo. Los datos con los que trabajan estas transacciones están almacenados en la base de datos y se actualizan por comunicación hombre-máquina. Las funciones de servicios pueden estar repetidas por razones de rendimiento, en cuyo caso trabajan en modo de reparto de carga.

La figura 9 es un diagrama de bloques de las funciones de soporte telefónico y de tratamiento de llamadas, que indica sus relaciones mutuas y su ubicación en los elementos de control de una central típica de tamaño medio^{2,5}. Los operadores de dispositivos telefónicos residen en los elementos de control terminal, ya que emi-

ten órdenes a los circuitos terminales. Las funciones de señalización principales están asumidas en la lógica de señalización. El control de señalización es el enlace entre la señalización de línea y de registro; sus funciones se limitan a la supervisión de tiempos de señalización y a la provisión del interfaz genérico con el control de llamada.

La tarificación se divide también en varias FMM, repartidas entre cierto número de elementos de control: análisis para determinar la tarifa aplicable, generación de tarifa para llamadas individuales, y generación local de tarifa para enviar impulsos de cómputo por líneas (si los contadores están en casa del abonado) o enlaces, si hay que tarificar para otra central. Se pueden incluir FMM adicionales de tarificación para facilidades especiales, tales como cómputo automático de mensajes y reparto de ingresos, si la Administración las solicita.

Mantenimiento

La programación juega un papel principal en la realización de las funciones de mantenimiento de la central ITT 1240⁴. Hay dos tipos de funciones de mantenimiento: autónomas y centralizadas.

De acuerdo con la naturaleza distribuida del control de la central, muchas funciones de mantenimiento se realizan independientemente en los distintos elementos de control. Esta categoría incluye esencialmente aquellas funciones de mantenimiento vitales para la operación del propio elemento de control; están soportadas por un

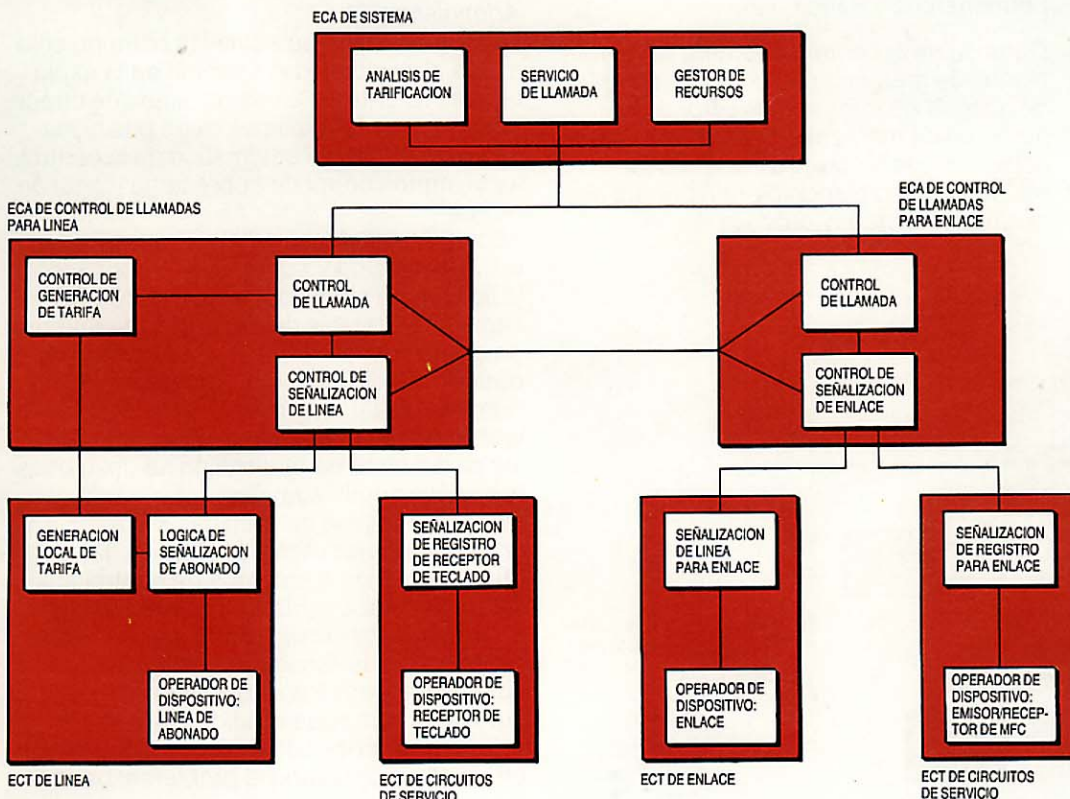
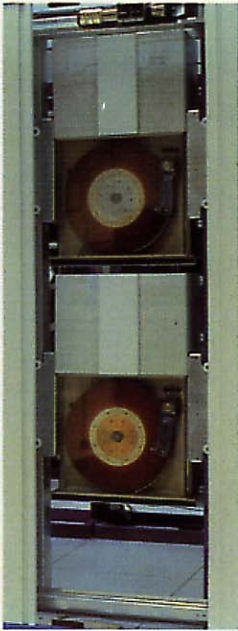


Figura 9 Inter-relación entre tratamiento de llamadas y soporte telefónico.



Unidades de disco para el módulo de periféricos de ordenador.

controlador de errores local en estrecha colaboración con el sistema operativo.

Un elemento de control se recupera por sí mismo de errores relacionados con un proceso (tales como una interrupción activada por una falta en memoria principal, un error detectado por una rutina propia del CHILL, o un acceso incorrecto a memoria principal) y de errores detectados por comprobaciones incorporadas en un programa de aplicación (esto es, codificadas dentro de una FMM). Estos errores conducen a que el proceso sea abortado.

Otra característica de mantenimiento es la conmutación autónoma entre los miembros del par activo-espere de elementos de control auxiliares. Los mensajes que el elemento de control activo no acepta después de varios reintentos, se reencaminan de modo autónomo al elemento en espera, que inicia entonces la conmutación.

El mantenimiento centralizado trata funciones menos críticas, tales como coordinación de las pruebas rutinarias y de diagnóstico, inhabilitación de dispositivos físicos organizados en bloques de seguridad⁴, e inicialización y verificación después de la reparación.

Entre las funciones que tratan bloques de seguridad, se incluyen (Fig. 10):

- *Análisis de informes de error*: esta función recibe informes de error de las pruebas rutinarias o de auditoría o del controlador de error de un elemento de control. Su tarea principal es relacionar el error con un bloque de seguridad y activar la función de *defensa de la central*. Usa también contadores de umbral estadísticos para discriminar entre faltas permanentes y transitorias.
- *Defensa de la central*: coordina las peticiones de mantenimiento de la función de *análisis de informes de error* o del personal de mantenimiento, actualiza el estado de los bloques de seguridad (disponible, no disponible, en prueba de diagnóstico, etc.), y provoca la emisión

de informes por la función de *generación de informes y alarmas*.

- *Generación de informes y alarmas*: esta función no solamente hace aparecer informes de faltas en los terminales hombre-máquina o en indicadores del panel de alarmas principal y de alarmas de bastidor, sino también registra todos los eventos relacionados con mantenimiento en un fichero histórico.
- *Reconfiguración de bloques de seguridad*: genera órdenes, dependientes de los dispositivos, para inhabilitar o inicializar un bloque de seguridad.
- *Coordinación y ejecución de pruebas rutinarias y de auditoría*: tales pruebas se activan, ya sea en respuesta a una petición del personal de mantenimiento, o automáticamente a intervalos especificados.
- *Coordinación y ejecución de pruebas de diagnóstico*: esta función localiza faltas a nivel de elemento reemplazable.

La central digital ITT 1240 incorpora también amplias facilidades para la prueba de líneas y enlaces⁶. Las pruebas se pueden ejecutar a petición, o automáticamente, de forma rutinaria. El subsistema de prueba de líneas da los medios necesarios para realizar medidas eléctricas de la línea, pruebas del aparato de abonado y pruebas del circuito de línea, y para generar llamadas de prueba desde cualquier circuito de línea. Mediante el subsistema de prueba de enlaces se pueden efectuar una serie de pruebas de transmisión y señalización.

Administración

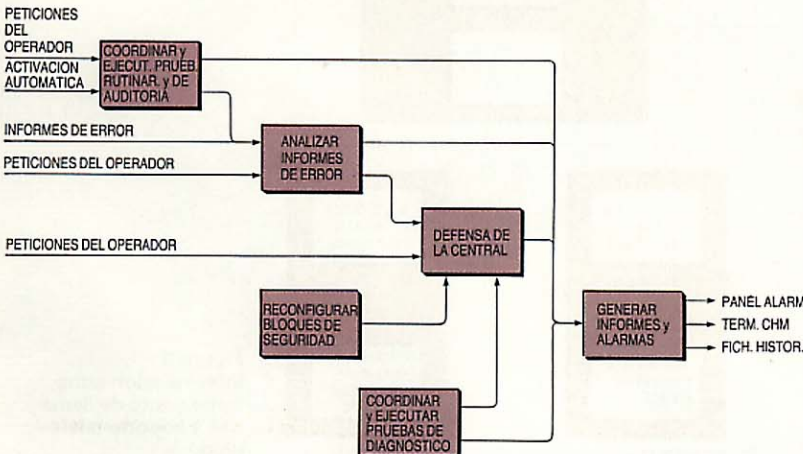
La programación de administración no sólo ayuda al personal de la central en la explotación eficiente de la misma, sino que ofrece también una serie completa de posibilidades para el control automático de la central, incluyendo control de sobrecarga y gestión de red⁴.

Entre las funciones administrativas están la incorporación y supresión de abonados, la adición de servicios de abonado, y los cambios en la tabla de traducción de número de guía a número de equipo. Además, se pueden añadir o suprimir enlaces, definir nuevas rutas y, según esto, modificar las tablas de encaminamiento. Para cambiar los parámetros de tarificación se usan otras funciones administrativas.

Los programas de medidas se basan en las funciones de recogida local de datos que realizan los elementos de control auxiliar dedicados a control de llamadas. Los datos así obtenidos se envían a una FMM centralizada de recogida de datos, la cual suministra todos los necesarios a los distintos programas de medidas de tráfico.

Los programas administrativos utilizan un lenguaje orientado al problema, basado

Figura 10 Funciones de mantenimiento centralizadas.



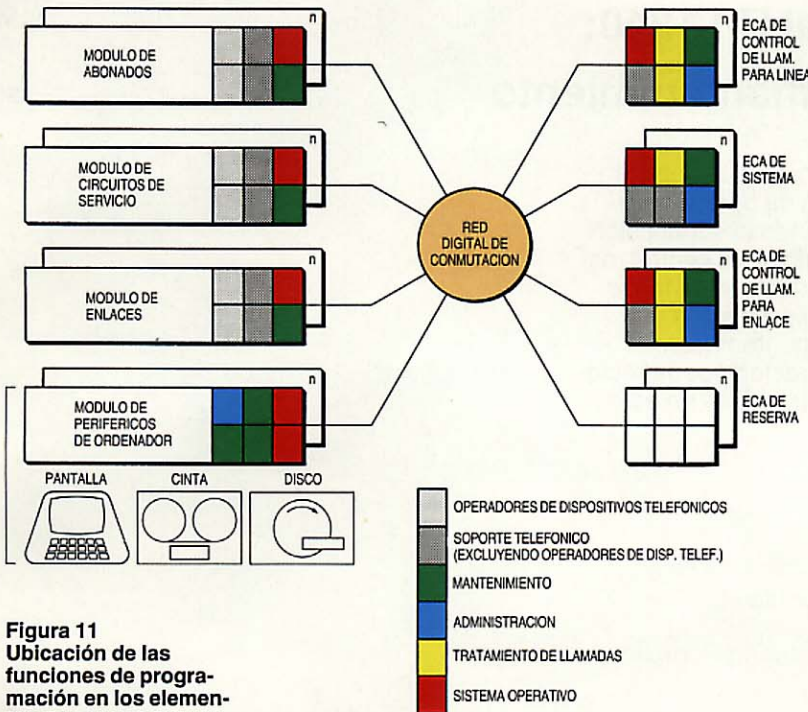


Figura 11
Ubicación de las funciones de programación en los elementos de control. La distribución aquí expuesta se aplica sólo a una determinada configuración de central, pudiendo modificarse en otras configuraciones.

en un conjunto de procedimientos de administración fáciles de utilizar y de entender. Una notable característica de la programación ITT 1240 es que este lenguaje puede ponerse a disposición del cliente, como elemento de un sistema que le permitirá escribir y ejecutar sus propios programas administrativos sin peligro para el correcto funcionamiento de la central.

Ubicación de las funciones de programación

La figura 11 muestra los diversos tipos de elementos de control así como las funciones de programación que en ellos residen. No sólo están distribuidas las funciones de tratamiento de llamadas, sino también las partes principales de los programas de mantenimiento y administración. Nótese

que el ejemplo de la figura es aplicable a una configuración particular de central; la flexibilidad del concepto de FMM hace posible ubicar los programas de modo diferente en otras configuraciones. Por ejemplo, en las pequeñas centrales todas las funciones de control se pueden concentrar en unos pocos tipos de elementos de control; en las supervisadas, las funciones de los periféricos de ordenador se pueden centralizar en la central ITT 1240 principal.

Conclusiones

La avanzada arquitectura de la central digital ITT 1240 con su control distribuido ofrece una serie de ventajas respecto a facilidad de ampliación, alta fiabilidad y capacidad de control ilimitada. Se puede obtener el máximo partido de esta moderna arquitectura por apoyarse en una programación correctamente estructurada. El amplio uso de los eficientes principios de estructuración de programas — máquinas de mensajes finitos, concepto de máquina virtual e interfaces genéricos — desempeña un papel esencial, junto a la estructura del equipo, en que el ITT 1240 sea "inmune al futuro".

Referencias

- 1 A. Gardiner, L. Katzschner y C. Vander Straeten: Central digital ITT 1230: Diseño de la programación de centrales digitales: *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº 3, págs. 217–222.
- 2 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126–134 (en este número).
- 3 D. F. Townsend: System Analysis: Key to the Future: *Datamation*, 1980, volumen 26, nº 10, págs. 145–146.
- 4 E. Bertoli, H. Neufeldt y M. Smouts: Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 184–197 (en este número).
- 5 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 135–147 (en este número).
- 6 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana. *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 235–247 (en este número).

Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento

La central ITT 1240 incorpora un juego completo de facilidades de operación y mantenimiento, incluyendo la supervisión diaria del funcionamiento de la central, así como la detección y corrección de faltas. Combinando estas facilidades con un centro de operación y mantenimiento ITT 1290, una Administración puede racionalizar aún más sus actividades en este campo.

E. Bertoli

FACE-Finanziaria, Milán, Italia

H. Neufeldt

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart
República Federal de Alemania

M. Smouts

Bell Telephone Manufacturing Company,
Amberes, Bélgica

Introducción

La central digital ITT 1240 ofrece todas las facilidades de operación y mantenimiento que necesita una Administración para asegurar una explotación eficiente. Estas facilidades simplifican la supervisión rutinaria, localizan rápidamente las faltas y restablecen automáticamente la normalidad de la central. Igualmente importante es que permiten cambiar la configuración de la central (o ampliar ésta) con la posibilidad de volver a la configuración anterior.

Cuando se introduce una tecnología totalmente nueva, las funciones de operación y mantenimiento cobran mayor importancia. Por ello estas funciones se consideraron como primordiales durante el desarrollo de la central digital ITT 1240. Aprovechando al máximo las inherentes ventajas de la tecnología digital y del control distribuido, la mayor parte de las facilidades de operación y mantenimiento se han incorporado directamente al equipo.

Funciones generales

Cuando se instala una central ITT 1240 en una red dada, tiene que adaptarse a dicha red en cuanto a tráfico, plan de encaminamiento, numeración, plan de tarificación, etc. Sin embargo, el entorno de red de una central se altera generalmente durante la vida de ésta, pues ocurren fallos de equipo, las configuraciones de centrales pueden variar, e incluso la red puede sufrir cambios. La central ITT 1240 incluye las necesarias

facilidades automáticas e interactivas para ajustarla a la situación en cambio.

Cuando ocurra una falta en la central o en la red, el sistema la analizará, se protegerá a sí mismo, identificará la falta y producirá alarmas audibles y visuales, todo ello automáticamente. Si fuese necesario, el personal de mantenimiento podrá requerir cualquier diagnóstico y observar una línea o equipo determinado durante cierto tiempo (para detectar errores de tarificación, por ejemplo).

Las medidas de tráfico y comportamiento se facilitan mediante la recogida automática de datos en la central, por grupo de líneas, por dispositivo individual de tratamiento de llamada, y por procesador. El personal de mantenimiento ha de especificar simplemente el plan de medidas e indicar el tipo de análisis a realizar (por ej., utilización de códigos de destino).

La gestión de la central se basa en funciones que siempre solicita el personal de mantenimiento, usualmente después de haber efectuado las medidas necesarias. Ejemplos son la adición de enlaces a una ruta o un cambio en las tarifas.

Las facilidades de operación y mantenimiento proporcionan una amplia gama de medidas que ayudan a la gestión de red; los resultados de estas medidas son analizados continuamente y, en caso necesario, se realizan acciones correctivas en forma automática (p. ej., desvío del tráfico).

La comunicación con el sistema se verifica mediante el lenguaje hombre-máquina, fácil de aprender y utilizar, el cual se basa en procedimientos simples y en mensajes fácilmente comprensibles.

Comunicación hombre-máquina en la central ITT 1240

Las centrales avanzadas de control por programa almacenado (SPC) sólo pueden explotar completamente sus posibilidades si disponen de un sistema CHM (de comunicación hombre-máquina) potente, que permita al personal de la central controlar todo el abanico de facilidades.

El sistema CHM ITT 1240 tiene tres ventajas importantes. En primer lugar, utiliza un potente lenguaje que satisface las recomendaciones del CCITT. En segundo lugar, ofrece los modos de operación directo y de continuación (definidos después), así como formatos de entrada y salida compactos o expandidos. Finalmente, se puede restringir el uso de ciertas órdenes o procedimientos a ciertos miembros del personal o a ciertos terminales, mediante contraseñas.

Ayuda al usuario

Durante el desarrollo del sistema CHM ITT 1240 se puso especial cuidado en que fuese de fácil manejo, nunca dejando al usuario en duda respecto a la acción que debe realizar. Una ventaja importante de esta estrategia es que, al no ser necesaria una preparación muy especial, el sistema puede manejarlo una gran diversidad de personas, como las dedicadas a planificación y administración de tráfico, los técnicos de mantenimiento y el personal de instalaciones. Aparte de la operación y el mantenimiento, la CHM puede utilizarse para llevar registros del personal y control general de inventarios y de administración.

Otra consideración relacionada con los usuarios se refiere a los procedimientos a seguir. Preguntas relevantes para esta elección son: ¿quién usará el sistema?, ¿qué ayuda necesitarán?, ¿dónde se situarán los usuarios?

La ubicación depende del tipo de personal (de supervisión del sistema, especialista o de gestión) y de si estarán juntos o no. En el caso de técnicos de mantenimiento, un factor importante adicional es si estarán en la misma central o en un centro de operación y mantenimiento remoto. Ambas posibilidades son factibles con el sistema CHM ITT 1240, permitiendo a la Administración decidirlo de acuerdo con su política de mantenimiento.

Consideraciones de diseño

El formato del diálogo (llamado también sintaxis) puede afectar considerablemente a la eficiencia del operador (al incidir en la velocidad y en la tasa de errores); en casos extremos, un diálogo con mala formatación puede originar confusión y hostilidad. Para asegurar que esto no ocurra en el diálogo con la central ITT 1240, se presenta cada vez una pequeña cantidad de información, sólo se trata una función en cada informa-

ción de salida y siempre se da una respuesta por cada entrada.

Un caso importante es el de un usuario que comete un error en sus mensajes de entrada. El hecho es detectado por el sistema, que siempre devolverá un mensaje de error. El retardo de esta respuesta es variable, dando al operador tiempo suficiente para completar la acción antes de ser informado de su error.

Uso de la comunicación hombre-máquina para comprobar el equipo de la central ITT 1240.



La semántica asegura que se comprenda fácilmente el significado asociado a cada parte de un mensaje o instrucción en el diálogo; el papel que desempeña en la CHM es similar al de la sintaxis. Se evitan las palabras y caracteres difíciles, dada la gran variedad de personas que pueden tener acceso al sistema.

La central y los datos que almacena deben protegerse contra los errores de operación, sin que ello ocasione un trabajo adicional para el operador ni ralentice las tareas en marcha. En ciertas situaciones el operador puede modificar la base de datos o los programas operacionales de la central. Para asegurar en tales casos la protección del tratamiento de llamadas, se han tomado las siguientes medidas que minimizan cualquier riesgo de error del operador:

- consideración de factores psicológicos en el diseño del diálogo para reducir la probabilidad de error
- estructuración del diálogo para detectarse los errores lo antes posible
- provisión de medios para la inmediata corrección de cualquier error en la entrada (p.ej., borrar una línea)

- detección de errores en tiempo real ayudada por inspecciones de ficheros, durante la producción de datos fuera de línea
- incorporación al diálogo en tiempo real de operaciones de comprobación de los programas.

Otro factor a considerar en el diseño es el tiempo que tarda la central en responder a una entrada. Idealmente, este tiempo debería ser lo más corto posible. Sin embargo, en algunas áreas no se exige una respuesta muy rápida para el funcionamiento eficiente de la central; por ello, se elige el tiempo de respuesta adecuado para cada entrada.

Seguridad

El funcionamiento continuo y sin fallos de una central debe protegerse contra errores involuntarios o acciones intencionadas (autorizadas o no) que puedan entrar vía CHM. En general, las acciones no autorizadas pueden clasificarse en tres categorías: acceso no autorizado a los datos; modificación, adición o destrucción no autorizada de datos; interferencias con el trabajo normal de la central.

Para impedir el acceso no autorizado, todo usuario debe usar a la entrada una contraseña de identificación válida, la cual se comprueba y se determinan los datos y programas a los que da acceso a través del terminal de entrada/salida utilizado. De esta forma, los usuarios y los terminales sólo pueden acceder a datos para los que estén específicamente autorizados.

Procedimiento de comunicación hombre-máquina

Estos procedimientos especifican la secuencia de acciones que ha de realizar el operador durante un diálogo con la central. Se pueden utilizar dos modos de entrada, que corresponden a los modos directo y de continuación especificados por el CCITT:

- Diálogo directo (modo directo), en el que el operador introduce en una sola instrucción todos los datos requeridos para activar una función; el sistema no proporciona ninguna ayuda, por lo que este modo se destina principalmente al personal experimentado.
- Diálogo con ayuda del sistema (modo de continuación), en el que el sistema especifica los datos que precisa para la ejecución de una función determinada.

La figura 1 muestra las cuatro partes principales de un procedimiento de diálogo. El operador inicia una petición de diálogo tecleando la contraseña. A continuación se indica la función requerida (bloque de instrucción) y después el operador especifica qué parte del sistema va a ejecutar la función (bloque de parámetros). Finalmente, se teclea una instrucción de proceso para

ordenar al sistema que compruebe la información de entrada, comience o termine la ejecución de la función, etc.

Puede haber dos tipos diferentes de salida: la obtenida en diálogo (salida de diálogo) y la generada por los programas de aplicación (salida de monólogo).

La salida de diálogo se inicia después de una entrada correcta y de haberse activado la función; toma la forma de una respuesta de aceptación generada por el núcleo del diálogo. Puede también servir para solicitar más datos de entrada o para indicar un error grave en la información recibida.

Las salidas de monólogo son generadas por los programas de aplicación, bien a petición del operador, o bien automáticamente después de ciertos cambios de estado o condiciones de falta en la central. El formato es similar en ambos casos, con ligeras diferencias:

- Encabezamiento, generado por el núcleo de salida. Consiste en instrucciones al procesador junto con la identidad de la central, hora, fecha y la referencia a la instrucción, en el caso en que el mensaje sea resultado de una orden del usuario.
- Campo de aviso, que contiene de uno a tres asteriscos para indicar la urgencia del mensaje.
- Campo de referencia, que permite al operador identificar determinados mensajes, (alarmas urgentes, por ejemplo).
- Identificación de la salida, que consta de un cierto número de identificadores, indicando el tipo y la razón de cada mensaje. Cuando la salida obedece a una petición del operador, el bloque de instrucción de la entrada y la identificación son generalmente idénticos.
- Campo de texto, que suministra información adicional, ya sea sobre los parámetros de la entrada, o un texto con alguna explicación.
- La salida termina con dos caracteres en blanco y un número de tres cifras que remite al *Manual de Operación* para mayor información.

Operación

Las funciones de operación controladas por el interfaz CHM se dividen en tres categorías: medidas de tráfico y calidad de funcionamiento, gestión de la central y gestión de red.

Medidas de tráfico y calidad de funcionamiento

La central digital ITT 1240 proporciona un conjunto muy completo de medidas que pueden ser modificadas y ampliadas fácil-

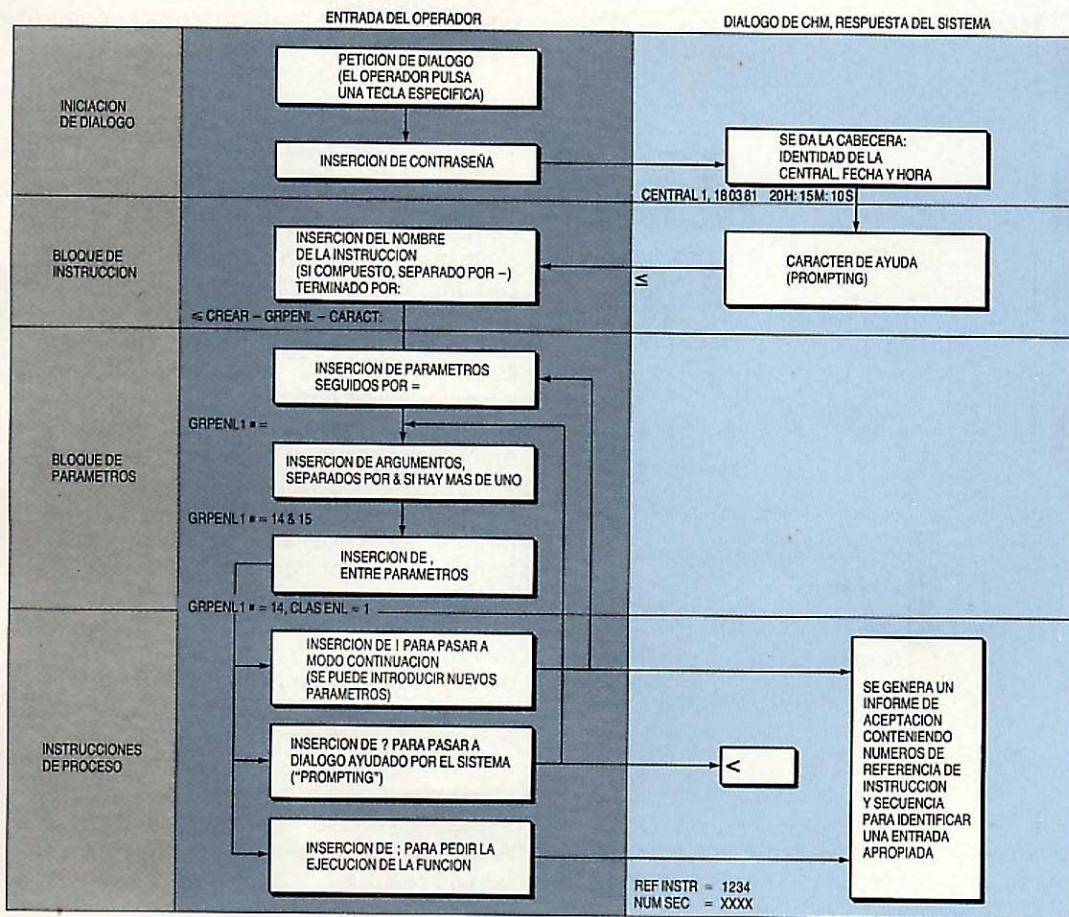


Figura 1
Procedimiento básico de diálogo entre un operador y el sistema de comunicación hombre-máquina.

mente. La función de medida tiene tres fases:

Supervisión: se constituye para la central entera una base de datos, que consiste en datos supervisados automáticamente junto con datos recogidos bajo petición. Parte de dicha base contiene contadores a nivel de central, de grupo de enlaces, de dispositivo individual de tratamiento de llamadas y de procesador.

Registro: la información supervisada se extrae selectivamente de la base de datos y se registra según la planificación de informes establecida o según lo requiera la actividad que se está supervisando. Los períodos básicos de registro pueden ser señalados por el personal de operación, después de lo cual las salidas se producen automáticamente.

Análisis: los datos registrados se analizan, obteniéndose informes básicos sobre la distribución de llamadas, sobrecarga, uso de códigos de destino, etc. Se pueden diseñar tipos adicionales de análisis de acuerdo con las necesidades de la Administración.

La figura 2 muestra la distribución de funciones en los elementos de control de la central ITT 1240. La recogida local de datos reside en todos los ECA (elementos de

control auxiliar) de líneas y enlaces y en los ECT (elementos de control terminal) de los módulos de circuitos de servicio. La recogida central de datos reside en un ECA de sistema.

La recogida local de datos actualiza los contadores correspondientes a los eventos del proceso de llamadas y del sistema operativo (ej., indicadores de toma, respuesta, liberación, carga y sobrecarga). Cada tres minutos se toma una "instantánea" simultáneamente de todas las recogidas de datos locales, que después se inicializan. Los valores así obtenidos se envían a la recogida central de datos, que con ellos actualiza sus propios contadores. Debe observarse que la recogida de datos se efectúa continuamente, exista o no interés en los datos estadísticos, ya que está incorporada en el equipo.

El operador utiliza una instrucción CHM para pedir una determinada medida de tráfico (ej., número de llamadas por grupo de enlaces, distribución de tráfico), especificando los momentos de comienzo y terminación, la periodicidad, el objeto a medir (ej., grupo de enlaces X), etc. Para cada tipo de medida, un programa separado almacena las instrucciones referentes a los contadores (tomas, respuestas) necesarias para realizar la medida deseada. Los valores de los contadores se solicitan a la recogida central de datos. La planificación de estas

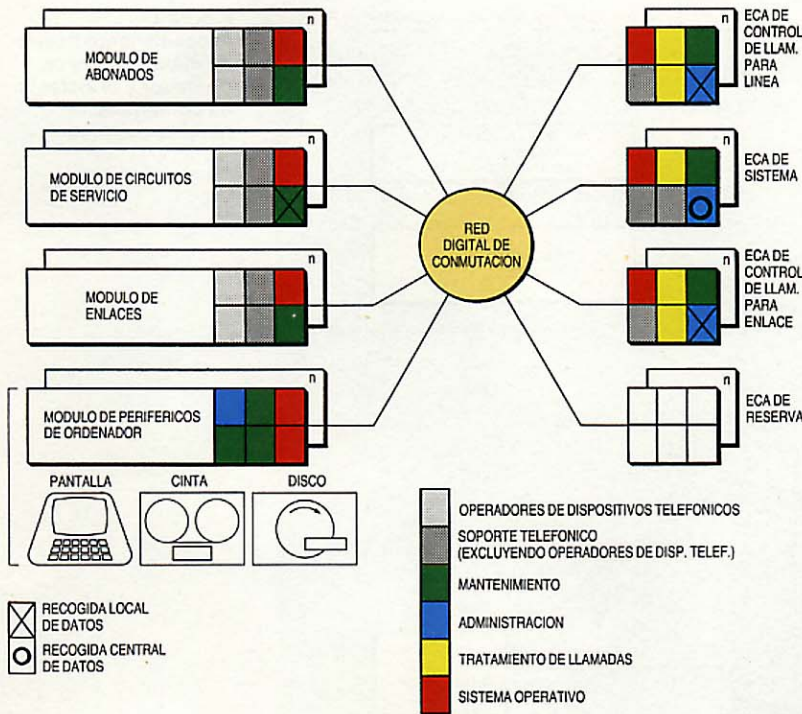


Figura 2
Distribución de las funciones lógicas en los microprocesadores de los elementos de control terminal y los elementos de control auxiliar, indicando la recogida de datos central y local.

peticiones la realiza el programa concreto de medida y el resultado se enviará al terminal de salida a través del módulo de periféricos de ordenador.

Además de las medidas por áreas (medidas globales), también pueden recogerse informaciones sobre una línea individual o un bloque de seguridad (ej., 60 líneas ó 30 enlaces). El número de líneas o bloques de seguridad que puede abarcar una función de recogida local de datos depende del tipo de equipo físico a supervisar.

Gestión de central

La segunda categoría importante de funciones de operación es la gestión de la central, que comprende cinco áreas básicas: administración de abonados, encaminamiento, administración de circuitos de servicio, tarificación y control de la central. La tabla 1 muestra algunas de las facilidades más importantes prestadas por el sistema CHM en dichas áreas.

Tres funciones de tipo general ayudan al personal en sus tareas de gestión de la central. En primer lugar, después de efectuar un cambio siempre se puede retornar a la situación anterior si los nuevos datos contuvieran algún error. En segundo lugar, se puede preparar fuera de línea una cinta magnética con todas las funciones necesarias para una ampliación importante; así se evita tener que teclear toda esta información. Finalmente, cuando el operador solicita un cambio (por ej., una función del tipo añadir...) se llaman de forma automática las funciones de mantenimiento precisas para asegurar que no se va a perturbar

ningún equipo en servicio y que el nuevo equipo es totalmente operativo.

Gestión de red

La tercera categoría en las funciones de operación es la gestión de red. Las centrales telefónicas se diseñan para cursar una carga de tráfico determinada, usualmente definida como el tráfico en la hora cargada. Sin embargo e inevitablemente, de vez en cuando la central recibirá una carga de tráfico mayor de la que puede tratar; esto puede ocurrir durante días festivos o en situaciones de emergencia civil, como consecuencia de fallo en el equipo, o simplemente porque el tráfico real exceda el valor previsto. En tales circunstancias, los equipos no podrían hacer frente a dicho tráfico, con lo que la capacidad de cursar tráfico caería por debajo de lo normal, a veces considerablemente. Con objeto de evitar esta degradación durante períodos de sobrecarga de tráfico, se han desarrollado técnicas avanzadas de gestión de red para la central ITT 1240. Igual que en otras actividades de este género, pueden iniciarse diversos tipos de control de sobrecarga bajo demanda o automáticamente.

Las facilidades de gestión de red de una Administración incluirán: respuesta en tiempo real a situaciones imprevistas, acciones planificadas para abordar condiciones previsibles o que ocurren regularmente, métodos para restaurar el servicio después de sobrecargas, y planificación para minimizar los problemas futuros de la red.

La gestión de red (incorporada en la programación) se basa en indicadores y controles, tanto de la propia central como del flujo de tráfico a centrales adyacentes. En la central se dispone de indicadores sobre ocupación de los dispositivos usados en el tratamiento de llamadas, ocupación de las zonas de memoria utilizadas para las llamadas, y ocupación de los procesadores. Se incluyen controles para: retraso de tareas no condicionadas por el tiempo, acortamiento de temporizaciones, iniciación de señal de sobrecarga (hacia la gestión de red dentro de la central, en otras centrales, o en un centro de operación y mantenimiento), gestión de las prioridades según la fuente de llamadas (aceptando las llamadas que tengan más probabilidad de éxito), rechazo de llamadas destinadas a zonas del país difíciles de alcanzar, y puesta en situación de ocupado de los enlaces de un grupo entrante (principalmente de centrales adyacentes que no tengan capacidad de limitación de las llamadas).

Los indicadores suministran información sobre el flujo de tráfico a centrales adyacentes e informan a las centrales locales de las condiciones de tráfico en todo el país. El estado de código de destino indica si el sector se está alcanzando con facilidad, con dificultad o no está especificado. El estado de grupos de enlaces indica la ocu-

pación de los enlaces de salida de la central y el estado de otros enlaces y centrales del país. Finalmente, un indicador de sobrecarga de central adyacente proporciona información sobre el estado de congestión de una central adyacente determinada. Este indicador puede actuar al recibir mensajes de sobrecarga desde la central adyacente, o bien ser actualizado por la central propia, cuando la adyacente no sea capaz de auto-detección y la propia por el contrario detecte demasiadas señales de congestión o retrasos excesivos en la *invitación al envío de dígitos*, recibida de la adyacente.

También hay controles de gestión de red para realizar cambios de encaminamiento y desvío a rutas alternativas sin interrumpir el tráfico. La función de alivio de la central adyacente limita el número de intentos de llamadas que se le ofrecen, hasta el nivel que pueda cursarse eficientemente. Finalmente, el control de protección de enlaces responde de forma inmediata a una sobrecarga en un grupo de enlaces saliente, protegiendo el tráfico directo, reduciendo la toma de rutas alternativas, y limitando selectivamente el tráfico a zonas difíciles de alcanzar así como el recién entrado en la red interurbana. Los enlaces bidireccionales se consideran como enlaces de salida en este contexto sobre gestión de red.

Tabla 1 — Facilidades típicas de gestión de central

<p>Administración de abonados</p> <p>Asignar, cambiar y suprimir la clase de servicio de un abonado o una clase de línea</p> <p>Bloquear y desbloquear una línea de abonado (petición subsidiaria de la anterior)</p> <p>Poner un abonado en "observación de línea".</p>
<p>Administración de encaminamiento</p> <p>Definir, visualizar o suprimir una ruta y sus características</p> <p>Añadir un grupo particular de terminaciones de enlace (es decir, un grupo de enlaces consecutivos de la misma función) a un grupo de enlaces</p> <p>Suprimir n enlaces de un grupo de enlaces</p> <p>Cambiar las tablas de preencaminamiento</p> <p>Añadir o suprimir un prefijo</p> <p>Cambiar el encaminamiento alternativo</p> <p>Cambiar las tasaciones sujetas a análisis</p> <p>Añadir una nueva señalización</p> <p>Modificar la señalización de un grupo de enlaces.</p>
<p>Administración de los circuitos de servicio</p> <p>Añadir o suprimir emisores/receptores MFC</p> <p>Añadir o suprimir receptores de teclado</p> <p>Añadir o suprimir terminales de canal común</p> <p>Añadir o suprimir circuitos de conferencia</p> <p>Añadir, modificar o suprimir caminos semipermanentes.</p>
<p>Administración de tarificación</p> <p>Cambiar la zona de tarificación</p> <p>Cambiar la escala de tarificación (tipo, hora-día)</p> <p>Cambiar la tarifa</p> <p>Cambiar la contabilidad (reparto de ingresos entre compañías explotadoras).</p>
<p>Administración del control de la central</p> <p>Poner en hora el reloj de tiempo real</p> <p>Cambiar valores de las temporizaciones</p> <p>Cambiar los parámetros del control de sobrecarga.</p>

Estrategia de mantenimiento

Las facilidades de mantenimiento de la central ITT 1240 aseguran que se alcanza y se sostiene una alta calidad de servicio. La filosofía de mantenimiento se basa en un procedimiento de autosupervisión y diagnóstico que con gran rapidez detecta, analiza, identifica y localiza las faltas, genera las alarmas necesarias y proporciona informes detallados sobre aquéllas, con mínimo impacto en el tráfico cursado.

La existencia de microprocesadores y memorias en circuitos integrados económicos ha dado a los diseñadores la oportunidad de concebir y realizar arquitecturas de control distribuido, intrínsecamente menos susceptibles a los efectos de las faltas. La arquitectura de la central ITT 1240 tiene ventajas importantes comparada con sus predecesores analógicos de control centralizado. En primer lugar, la disponibilidad y la eficacia de servicio se han mejorado considerablemente, ya que un fallo se restringe generalmente a uno solo entre un gran número de elementos de control, pequeños y fiables¹. En segundo lugar, el coste de la redundancia en los elementos de control se ha minimizado mediante configuraciones de reserva $n+1$, configuraciones de control duplicado con reparto de carga, o simples actualizaciones de programas sin ningún circuito especial al efecto, según convenga. Ello es posible porque la indisponibilidad temporal de uno de los muchos elementos de control existentes sólo tiene un mínimo impacto en el servicio.

Jerarquía de los elementos de control

Los métodos indicados se comprenden mejor si revisamos la jerarquía de los elementos de control de la central ITT 1240. Recuérdesse también que todos ellos se intercomunican idénticamente a través de la red digital de conmutación. El control general del mantenimiento lo proporciona un par de elementos de control que no participan en ninguna función de control de

llamadas. Aunque ambos desempeñan un papel activo en el tratamiento de algunas funciones, uno de ellos se identifica como activo para realizar el cambio de datos críticos, que después se actualizan en los demás elementos de control. Ciertos programas especiales de interfaccionamiento aseguran que el elemento activo trabaja correctamente y que su estado no es afectado por un problema en el otro elemento de control.

Los ECA de sistema realizan funciones específicas en el tratamiento de llamadas, como selección de enlace o traducción del número de guía. Puede equiparse un cierto número de ECA de sistema, cada uno encargándose de parte de los grupos de enlaces y de varios bloques de números de guía. Como la pérdida de uno de ellos degradaría seriamente la calidad de la central, se ha dotado a cada uno de un elemento redundante "en espera", que se mantiene actualizado y que tomará el control en caso de fallo del elemento activo.

Si falla un elemento de control que incorpore funciones de mantenimiento, se cargará en seguida otro ECA con el programa apropiado, pasando éste a ser el nuevo elemento en espera. Con ello se reduce el tiempo en que no hay duplicación a unos pocos segundos.

El número de ECA de control de llamadas se dimensiona según el tráfico y sin duplicaciones. No obstante, cada ECA de reserva se encuentra cargado con uno de los paquetes de programas de control de llamadas más importantes, de modo que pueda inmediatamente hacerse con el control en caso de fallo.

Los elementos de control de la jerarquía se intercomunican mediante mensajes enviados a través de los caminos de la red. Cada elemento tiene una tabla con la dirección del elemento de control responsable de cada función que pudiera necesitar, y también contiene la dirección del elemento en espera de cada pareja. Cuando el control de mantenimiento reasigna un elemento de control, dichas tablas son actualizadas por el sistema operativo de cada procesador, con lo que las peticiones posteriores de la función deseada se reencaminarán automáticamente al elemento de control recién asignado.

Detección de fallos

Toda comunicación entre procesadores se comprueba antes de su uso por el elemento de control receptor. Por otra parte, el elemento de control transmisor detecta ausencia de respuesta a un mensaje mediante comprobaciones por circuitos en la red o por temporización. Ambos tipos de error se notifican inmediatamente al programa de control de mantenimiento.

Dentro de un mismo elemento de control, unos sencillos programas de detección de errores y recuperación en situaciones de

emergencia provocan dos reacciones básicas de recuperación: aborto del proceso afectado o reinicialización del elemento de control. Esta reacción se basa en la detección de errores en operaciones no válidas con la memoria y en la simple auditoría de estados de espera de proceso inválidos.

No se necesita ningún circuito especializado de acoplamiento entre las memorias de los elementos de control dual, ya que en cualquier instante una pareja de elementos de control está modificando la memoria para sólo una fracción pequeña de todas las llamadas que procesa la central. Tampoco es necesario ningún esfuerzo especial para incorporar detección de fallos en los circuitos del elemento de control; bastan los microprocesadores y memorias estándar comerciales, enriquecidos con códigos de detección y corrección de errores, para alcanzar los objetivos de detección de fallos y de fiabilidad.

Concepto de bloque de seguridad

La división del sistema en unidades funcionales de tratamiento de llamadas no siempre resulta adecuada para el mantenimiento. Otra división, que responde a estas necesidades, ha dado lugar al concepto de bloque de seguridad: grupo de circuitos que realizan un conjunto específico de funciones, elegido de tal manera que si una función del bloque falla, las restantes no puedan ser usadas por la central. Por consiguiente, el grupo completo (el bloque de seguridad) puede ponerse fuera de servicio sin ningún otro efecto sobre el proceso de las llamadas. Un bloque de seguridad puede encontrarse en distintos estados bien definidos, cada uno de los cuales indica de qué manera el bloque está contribuyendo al funcionamiento de la central.

Los bloques de seguridad están organizados según una estructura jerárquica, de forma similar a las unidades funcionales. Si un bloque de seguridad, responsable de otros de un nivel más bajo, es retirado del servicio, automáticamente lo serán los bloques de nivel inferior. Cada bloque de seguridad consta de elementos reemplazables o de partes de ellos (ej., placas de circuito impreso u otras unidades enchufables como los convertidores de continua). Se llama bloque de reparación al menor conjunto de bloques de seguridad que deben ponerse fuera de servicio durante el corto período del reemplazamiento (reparación), para asegurar que el elemento defectuoso se repara correctamente sin poner en peligro otros bloques de seguridad del mismo bloque de reparación.

Funciones básicas de mantenimiento

El mantenimiento de una central digital ITT 1240 consta de seis etapas básicas:

- detección y análisis de faltas (supervisión de la central)

- defensa contra la propagación de las faltas
- localización de la falta a nivel de elemento reemplazable
- generación de alarmas e informes de faltas
- sustitución del elemento defectuoso
- reposición en servicio del elemento reparado (recalificación).

La intervención humana sólo es necesaria para la sustitución de los elementos defectuosos; las demás actividades se realizan automáticamente bajo control de los programas.

Cada función de la central ITT 1240 se supervisa por uno al menos de los cinco métodos siguientes:

Supervisión de alarmas: todas las funciones de repetición periódica y todos los voltajes de los puntos de prueba se supervisan continuamente.

Supervisión en-línea: el intercambio de mensajes entre bloques de seguridad se supervisa por medio de comprobaciones de paridad o comparando las órdenes de escritura con las órdenes de lectura de comprobación. Algunas aplicaciones, como las de localización de averías en enlaces, se basan en la supervisión estadística del tiempo medio de ocupación y del número medio de tomas.

Pruebas rutinarias: se realizan automáticamente o por el personal de mantenimiento, para todas las funciones no supervisadas mediante los dos métodos anteriores. No perturban el tráfico, aun realizándose sobre equipo disponible y en servicio. Generalmente son del tipo "sí o no" y localizan un fallo a nivel de bloque de seguridad.

Comprobaciones en la programación: se utilizan para detectar anomalías, como el intento de escribir en una zona protegida o el uso de parámetros de subrutina no existentes.

Pruebas de auditoría: comprueban que aquellos datos que deben ser idénticos en distintos lugares lo son realmente (ej., estado del equipo y el estado de los programas asociados en memoria, información en diferentes elementos de control).

Al detectarse una anomalía por cualquiera de los métodos anteriores, ésta se localiza a nivel de bloque de seguridad; si se confirma la falta, para evitar su propagación, el bloque de seguridad correspondiente se pone fuera de servicio. En las partes cruciales, dicho bloque se reemplaza automáticamente por otro de repuesto. Las pruebas de diagnóstico para localizar el elemento reemplazable defectuoso sólo comenzarán cuando, en defensa de la central, el bloque de seguridad se haya retirado de servicio.

Si las pruebas confirman y localizan la falta, se generan alarmas para alertar al personal de mantenimiento. Sin embargo, en el caso de que no se confirme la falta, se repone en servicio el bloque de seguridad y el contador de faltas se incrementa, para impedir un círculo vicioso entre la detección de la falta por la función de supervisión y su no detección por las pruebas de diagnóstico.

Hay tres métodos de información de alarmas. Indicadores primarios (timbre, panel maestro), que alertarán al personal. Indicadores secundarios, como los informes en teleimpresor, en pantalla, y las lámparas de alarmas en bastidores y filas, que dan noticia detallada de la falta (urgencia, tipo de elemento reemplazable afectado, y localización de dicho elemento) y guían al personal de mantenimiento. Indicadores terciarios, como indicadores de fusible o diodos luminiscentes en placas impresas, que indican condiciones especiales y/o la placa defectuosa.

Los informes de faltas ayudan al personal de mantenimiento a localizar y reparar el fallo. En el 80% de los casos, bastará con la sustitución del primer elemento indicado en el informe. Un 15% de faltas quedarán reparadas tras sustituir dos elementos de la lista del informe. Sólo en un 5% de las faltas se necesitará personal más cualificado que pueda interpretar información adicional sobre la falta, extraída del sistema mediante las instrucciones oportunas.

El proceso de reparación se inicia mediante una orden vía CHM que pone fuera de servicio el bloque afectado durante el corto tiempo necesario para repararlo. Si es preciso, se deja pasar un período de espera para que termine el tráfico en aquellos bloques de seguridad que pertenezcan al bloque de reparación pero no estén afectados por la falta. Una vez transcurrido este tiempo, se confirma la petición mediante un mensaje impreso; el personal de mantenimiento puede entonces reemplazar el elemento defectuoso y dar la orden de fin-de-reparación. El sistema reaccionará con la recalificación del bloque de seguridad reparado, ejecutando las mismas pruebas de diagnóstico que detectaron la falta. Con ello se asegura que se ha sustituido el elemento correcto y que el bloque de seguridad funciona perfectamente.

Tras una recalificación positiva, tanto el bloque de seguridad como todos los bloques que controla vuelven a inicializarse. El éxito de la reinicialización se confirma mediante un mensaje de teleimpresor, y se suprimen las alarmas; en caso contrario, aparecerá otro mensaje de falta y el sistema de alarmas seguirá activado.

La estrategia de reparación para una central depende de la organización de la Administración, aunque sobre ella influirán las siguientes facilidades de la central ITT 1240:

Tabla 2 — Funciones de mantenimiento

<p>Tareas repetitivas</p> <p>Exploración de todos los indicadores de faltas integrados en el equipo, siempre que sea posible y necesario supervisar ciertos estados de dicho equipo.</p> <p>Control de la placa de alarmas de bastidor (duplicada por fiabilidad) para supervisar ciertas unidades (convertidores, temporizador de vigilancia, reloj de bastidor, etc.) y activar los indicadores de alarma de bastidores y filas.</p> <p>Ejecución de pruebas rutinarias y de diagnóstico.</p> <p>Recolección de todos los estímulos de faltas que detecten los distintos programas de cada procesador, por el programa controlador de errores que se ejecuta en el mismo, informando de dichos fallos al ECT del módulo de periféricos de ordenador.</p> <p>Acciones de recuperación automática en el caso de fallos en los programas.</p>
<p>Tareas centralizadas</p> <p>Acceso al almacenamiento de masas y a los terminales de CHM.</p> <p>Control de las placas impresas de lógica de visualización y de activación de lámparas, para recoger alarmas externas al sistema y activar los indicadores de alarma.</p> <p>Control global de todas las tareas de mantenimiento: análisis de los informes de error, gestión de los bloques de seguridad, generación de informes de faltas, etc.</p>

- La reparación queda reducida a enchufar nuevas placas impresas u otros elementos.
- El número de tipos distintos de elementos reemplazables es muy bajo (alrededor de 40).
- La mayor parte del equipo de una central está constituido por unos pocos tipos de elementos reemplazables (sólo ocho tipos cubren el 85% de todos ellos).
- Desde un solo centro de mantenimiento pueden supervisarse varias centrales.

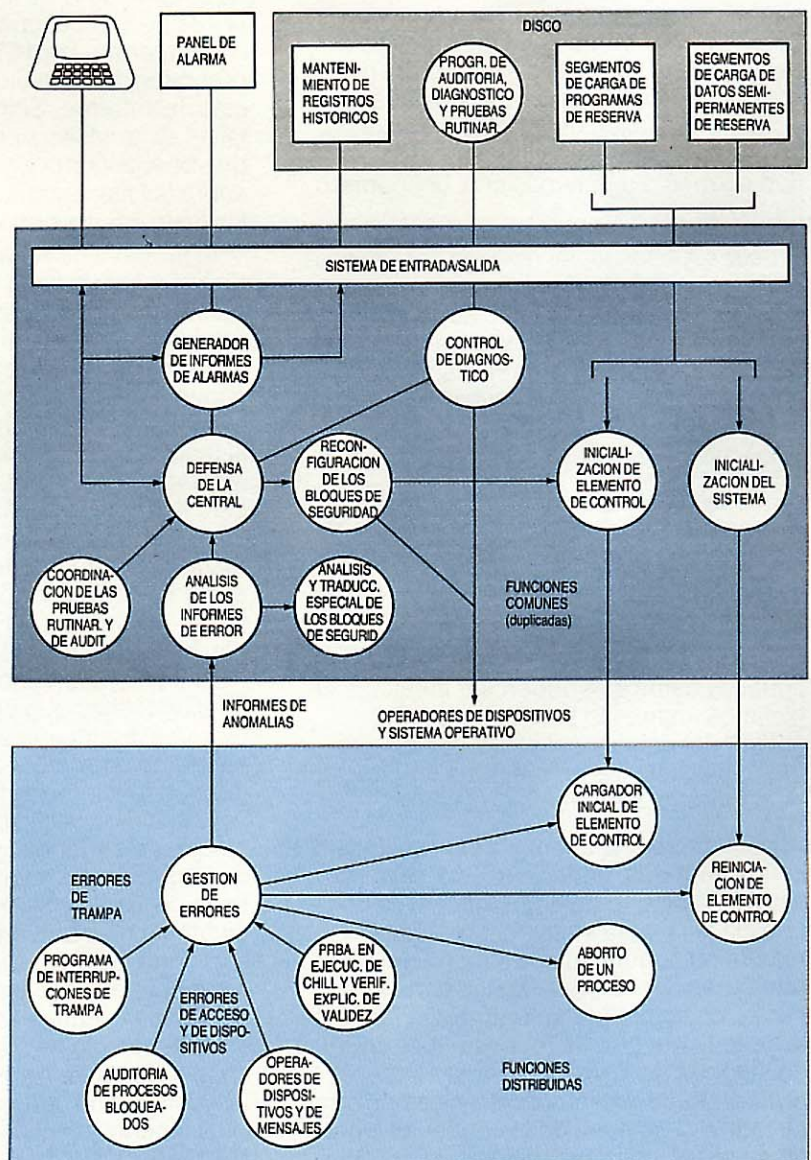
Estas facilidades permiten a la Administración realizar el mantenimiento usando fundamentalmente personal de nivel B. Por otra parte, también ayudan a minimizar la cantidad de repuestos.

Las funciones usadas en la localización y reparación de un bloque de seguridad defectuoso, se aplican también a la ampliación de la central. En primer lugar, el bloque de seguridad que va a ser añadido se pasa de la situación de *no-equipado* a la de *defectuoso*, mediante instrucciones CHM. Después se hace una petición de reparación del nuevo bloque de seguridad, con lo que se pone fuera de servicio el bloque de reparación correspondiente, tras de lo cual se pueden insertar las nuevas placas. Finalmente, al dar la orden de fin-de-reparación, el sistema realizará las pruebas de diagnóstico del nuevo equipo y, si su funcionamiento es correcto, lo inicializará.

Realización en la central

Las funciones de mantenimiento someramente descritas, son de dos tipos básicos, como muestra la tabla 2. Las tareas repetitivas, que necesitan un acceso directo a

Figura 3 Organización de los programas de mantenimiento ITT 1240.



unidades de equipo controladas, se ejecutan en los ECT asociados. Por el contrario, las tareas centralizadas que necesitan un frecuente acceso a todos los datos de mantenimiento o que controlan tareas descentralizadas, residen en procesadores duplicados dedicados a control de mantenimiento. La figura 3 muestra la organización de los programas de mantenimiento en la central ITT 1240. La parte inferior del diagrama muestra los programas asociados con las funciones del equipo distribuido; la parte superior muestra los programas de mantenimiento comunes y su interfaz con los terminales CHM, visualización de alarmas y almacenamiento de masas.

La central ITT 1240 incorpora unidades funcionales y programas especializados para la prueba de líneas y enlaces. En otro lugar de este número^{2,3} se dan detalles de estas funciones. Estos subsistemas son parte integrante de las facilidades de operación y mantenimiento. En particular, pueden operarse desde los terminales hombre-máquina de una central ITT 1240 o desde un centro de operación y mantenimiento ITT 1290.

Operación y mantenimiento centralizados

La tendencia a centralizar las actividades de operación y mantenimiento, general en toda la industria de telefonía, se ha facilitado con la introducción de los sistemas SPC. La evolución hacia este tipo de sistemas, analógicos y digitales, ha originado una serie de facilidades operacionales que permiten a las Administraciones racionalizar la operación y el mantenimiento.

La alta fiabilidad lograda en los sistemas SPC y la necesidad mucho menor de mantenimiento preventivo, hacen que la dotación normal de personal en las centrales resulte ineficaz para las Administraciones, dado el número de horas-hombre improductivas, y al mismo tiempo conduzca a insatisfacción en el trabajo.

Las centrales SPC modernas son capaces de recoger grandes cantidades de datos sobre el estado y comportamiento de centrales y redes y transmitirlos a través del interfaz hombre-máquina, que fácilmente puede actuar como interconexión máquina-máquina. Todo ello permite que el sistema informe en detalle sobre las faltas y el estado de la central y de su entorno de red. Además, da la posibilidad de iniciar investigaciones detalladas sobre procedimientos de mantenimiento y medidas de tráfico y comportamiento, así como de modificar parámetros de la central (datos semipermanentes).

De este modo se reduce al mínimo el contacto físico con el equipo de la central, y es muy sencillo extender las facilidades de comunicación de las centrales com-

prendidas en una zona de la red hasta un centro común de operación y mantenimiento. Las ventajas de esta solución son la utilización más eficaz del tiempo y la experiencia del personal de mantenimiento, mejorando éste en cuanto a formación y satisfacción laboral, y pudiendo especializarse en funciones de operación o de mantenimiento mediante puestos de trabajo diversificados (para mantenimiento y medidas de comportamiento, por ejemplo).

La supervisión permanente de las alarmas y el comportamiento de centrales desatendidas o atendidas parcialmente, permiten enviar al personal de mantenimiento en cuanto se precise una reparación

Centro ITT 1290, que puede centralizar la operación y el mantenimiento de la Administración sobre centrales de diferentes tipos.



urgente, o en un momento posterior si tal intervención no fuera urgente o pudiera diferirse. La supervisión continua también aumenta las posibilidades de análisis y proceso automáticos de los datos.

La centralización, por tanto, enfatiza más el mantenimiento a nivel de red. Otras ventajas son la optimización de repuestos y de equipos de prueba y una mejor coordinación entre distintos departamentos. Por último, asegura que los informes a la dirección sobre el estado de las centrales y la red son exactos, completos y basados en la información más reciente.

Centro de operación y mantenimiento ITT 1290

El centro ITT 1290 ofrece una gama completa de facilidades de operación y mantenimiento para la mayoría de los tipos de centrales. Es particularmente adecuado para centrales ITT 1240. Permite, pues, que una Administración modernice la operación

de un área completa, con independencia de los tipos de centrales instaladas.

Una de las características más importantes del ITT 1290 es que no degrada la fiabilidad ni afecta al proceso de las llamadas de las centrales a las que está conectado.

Las configuraciones de su equipo y sus programas son flexibles, permitiendo la interconexión de diferentes tipos de centrales y simplificando su adaptación a las organizaciones de operación y mantenimiento de distintas Administraciones telefónicas. Dado que el centro será usado con centrales diversas, se le ha diseñado para que pueda trabajar con distintos formatos hombre-máquina y con toda una gama de equipo periférico e interfaces de comunicación con centrales.

Los procedimientos usados en el centro son sencillos y lógicos, los programas están escritos en lenguaje de alto nivel, e incorporan facilidades de reserva para prevenir posibles fallos.

En el ITT 1290 se puede ejecutar una amplia gama de funciones de operación y mantenimiento, automáticamente o bajo demanda, incluyendo la validación y almacenamiento de todos los mensajes que le llegan, presentación selectiva de mensajes solicitados, presentación periódica de todos los mensajes o de una selección de éstos, transmisión directa o planificada a las centrales conectadas, y la posibilidad de incorporar programas de aplicación de usuario para el análisis de los datos.

Estructura del ITT 1290

El centro de operación y mantenimiento ITT 1290 toma como base dos redes de

comunicación: una que conecta las alarmas y otra con enlaces especializados de datos para CHM (Fig. 4).

La conexión de alarmas permite extender hasta el centro remoto las alarmas de la central y su edificio, con independencia del tipo de central; las centrales electromecánicas y las SPC pueden centralizarse mediante esta conexión.

Los enlaces especializados de datos para CHM pueden conectarse a teletipos remotos o a un centro de proceso. El ITT 1290 puede controlar 32 puertos de comunicación con centrales y operar con 16 puertos de terminales (posiciones de trabajo) que usen hasta siete lenguajes hombre-máquina distintos. Puede conectarse a cualquier central que transmita mensajes hombre-máquina en ASCII (American Standard Code for Information Interchange), o en formatos compatibles.

Equipo del subsistema de proceso

El nodo central de este subsistema es el procesador de operación y mantenimiento. No se necesita configuración duplicada gracias a la fiabilidad del procesador y a la existencia de facilidades adecuadas de apoyo entre las centrales y el centro; ello asegura que el servicio telefónico prestado por las centrales no resulte afectado por fallo del procesador.

Además de la memoria y el módulo periférico apropiado, se conecta al procesador un reloj de tiempo real para que el sistema conozca en todo momento la hora y el día.

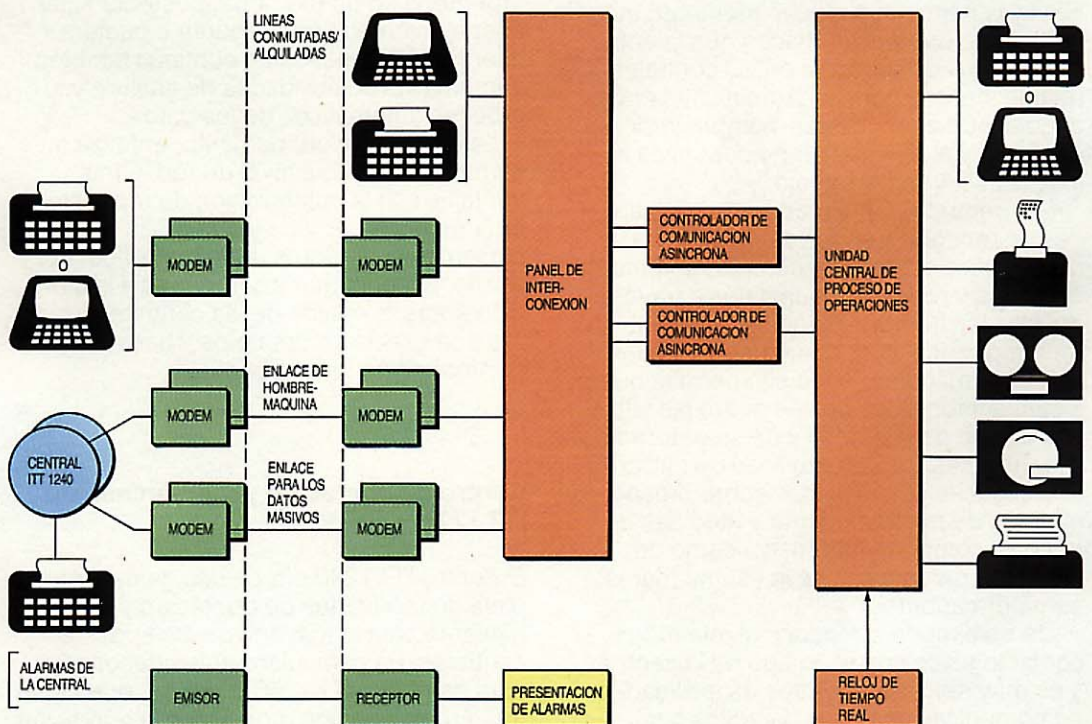


Figura 4
Esquema del centro de operación y mantenimiento ITT 1290.

Los periféricos que pueden conectarse al procesador son:

- terminal de consola (teleimpresor o unidad de pantalla) para las actividades relativas a la generación del sistema y el mantenimiento del centro ITT 1290
- unidades de disco para el almacenamiento de los programas, registro de mensajes, ficheros de datos estadísticos, programas de aplicación, etc.
- unidades de cinta magnética para el almacenamiento de volcados de ficheros de mensajes o de datos, actualización de las cintas de las centrales, etc.
- impresora de líneas (opcional) para la salida impresa de ficheros de datos
- otros periféricos para aplicaciones específicas.

El número de dispositivos conectados dependerá de la capacidad requerida por la aplicación. El procesador de operación y mantenimiento también está conectado a multiplexores controladores de comunicaciones asíncronas; cada puerto de estos multiplexores se conecta a equipo terminal (posiciones de trabajo locales o módems conectados con las centrales, posiciones remotas, centros de proceso remotos o centros de operación y mantenimiento de mayor nivel jerárquico). El número de tales posiciones de trabajo (teleimpresores o unidades de pantalla) depende del número y de la capacidad de las centrales conectadas. Las posiciones indicadas se usan para realizar las funciones del ITT 1290, y pueden instalarse en el propio centro o en un lugar lejano. La facultad de interconexión entre los puertos, permite conectar directamente a las posiciones de trabajo los enlaces de datos procedentes de las centrales, manteniendo así plena comunicación con centrales seleccionadas aun en el caso de que ocurra un fallo en el centro.

Funciones del ITT 1290

Han de considerarse dos tipos de funciones. Las funciones básicas se ocupan de la operación del propio centro de proceso: son independientes de los tipos de centrales conectadas y de los mensajes generados por ellas. Por el contrario, las funciones de aplicación dependen de los tipos específicos de dichas centrales y sólo se ejecutan al recibirse mensajes concretos de las mismas. Aquí sólo se examinan las funciones básicas.

Manejo de los puertos

Esta función es la encargada de asignar los puertos a las centrales y a las posiciones de trabajo, introduciendo los parámetros adecuados; pone a los puertos en o fuera

de servicio, autoriza a los puertos de posiciones para que ejecuten funciones específicas o todas las funciones, y asigna dispositivos de registro para la salida periódica de mensajes.

Control del enlace de datos

Se puede disponer de contraseñas de respuesta o de reconocimiento para los mensajes de entrada y salida, a fin de controlar la interconexión entre las centrales y el centro.

Recepción de mensajes

Los mensajes entrantes se validan mediante contraseñas de entrada, contraseñas secretas, comprobación del carácter de fin de mensaje, comprobación de errores de trama, y por validación de los parámetros de las instrucciones hombre-máquina. Los caracteres enviados por una posición de trabajo son devueltos a dicho terminal para la comprobación visual de la correcta entrada en el sistema. Los mensajes validados se almacenan en el fichero principal de mensajes, en la misma secuencia en que se han recibido. Todo lo correspondiente a parámetros que han de almacenarse por mucho tiempo se almacena en el fichero de retención a largo plazo.

Visualización de los mensajes

Los mensajes de alta prioridad se visualizan en todas las posiciones supervisoras en tiempo real, por delante de cualquier mensaje en cola y con independencia de la actividad de aquéllas. Cualquier mensaje que el sistema detecte como no incluido en la lista apropiada de mensajes hombre-máquina, se tratará con alta prioridad.

Se pueden especificar por posición de trabajo los parámetros que reclamen visualizar mensajes específicos. También pueden presentarse mensajes escogidos, almacenados en el fichero principal o en los de retención a largo plazo, a petición de la posición de trabajo que los necesite.

El sistema presenta visualmente, con los intervalos apropiados, la siguiente información: diariamente, todos los mensajes recibidos; cada hora, mensajes seleccionados; semanalmente, todos los mensajes escogidos para almacenarse a largo plazo; presentación inmediata, cada hora, diaria o semanal, o presentación de emergencia, en caso de desbordamiento de fichero.

Transmisión de mensajes

La transmisión de mensajes se controla por las teclas de salida y los caracteres de fin de mensaje. Se puede utilizar la facultad de difusión para transmitir mensajes a todas las centrales de un tipo especificado. Por el contrario, puede también establecerse conexión directa entre una posición de trabajo y una sola central. La transmisión de una instrucción existente a las centrales, o de un texto a las posiciones, puede pro-

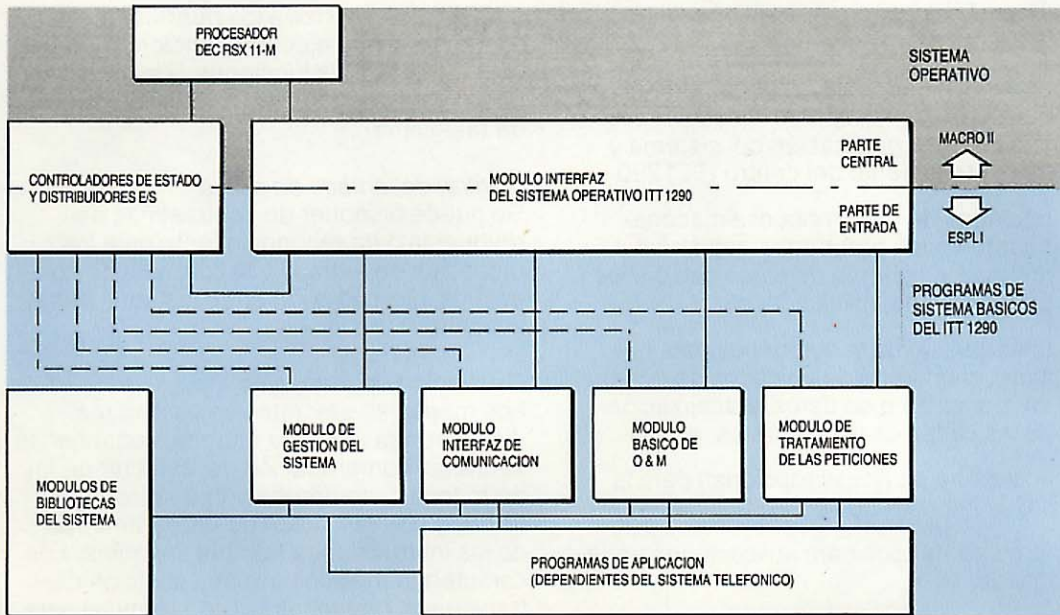


Figura 5
Configuración de la programación del ITT 1290, mostrando los módulos de programas que realizan las distintas funciones del sistema.

gramarse con cierta periodicidad (horaria, diaria, semanal). Para añadir un mensaje a dicho plan, hay que hacer una comprobación previa de autorización.

Manejo de ficheros

El centro de operación y mantenimiento ITT 1290 puede sacar mensajes determinados del fichero principal y almacenarlos en un fichero de trabajo separado. Esto puede ser necesario en programas típicos de aplicación.

Manejo bajo demanda

El centro incorpora facilidades para llamar bajo demanda a los programas de aplicación y gestionar la zona de memoria requerida para que estos programas puedan manejarse correctamente.

Estructura y módulos de la programación

Los programas del ITT 1290 trabajan bajo el control de un sistema operativo en tiempo real. Están organizados en distintos módulos, realizando cada uno de ellos una función específica (Fig. 5). El sistema operativo es el RSX 11-M, sistema en tiempo real alojado en ordenador. La comunicación entre el sistema operativo y un programa individual del ITT 1290, se realiza a través del módulo interfaz del sistema operativo, de modo normalizado.

Un módulo de gestión de sistema controla al ITT 1290 mediante funciones tales como activación de programas, tratamiento de las comprobaciones de la operación e informe de los errores. También dirige las funciones relacionadas con los puertos: autorización, asignación y puesta en o fuera de servicio.

Por último, comprueba continuamente la actividad del sistema e inicia y controla su recarga si ésta llega a necesitarse. Para llevar a cabo sus funciones, el módulo de gestión se divide en submódulos de gestión general, gestión de puertos y recuperación del sistema.

Un módulo interfaz de comunicación maneja toda la entrada/salida de mensajes hacia y desde las centrales, toda la comunicación hombre-máquina hacia y desde los terminales del operador, y la entrada diferida de mensajes de periféricos separados, incluyendo la validación y reconocimiento de los tipos de mensaje. Este módulo también está dividido en tres partes: submódulos de entrada/salida, de hombre-máquina y de máquina-máquina.

El módulo básico de operación y mantenimiento, que comprende los submódulos de presentación de mensajes, transmisión de mensajes y tratamiento de ficheros, lleva a cabo todas las funciones básicas del centro ITT 1290.

Un módulo aplicado de operación y mantenimiento contiene los programas que realizan funciones relativas a las centrales



Centro de operación y mantenimiento ITT 1290.

concretas conectadas al centro ITT 1290. Por tanto, este módulo depende de cada instalación, pudiendo añadirse las facilidades que se necesiten.

El módulo de tratamiento de peticiones permite que el usuario desarrolle y ejecute programas particulares, para analizar la información recibida de las centrales.

Además de los anteriores, hay un módulo de biblioteca con las rutinas de uso general utilizadas para simplificar la programación y normalizar los interfaces del sistema. Existe también un módulo de datos de sistema, que agrupa los ficheros, las zonas de memoria y las tablas de uso común para todos los programas del centro ITT 1290.

Conclusiones

Las facilidades de operación y mantenimiento de la central ITT 1240 explotan la estructura del control de la central, distribuyendo las funciones de detección, medida y recuperación de emergencia, pero conservando en el mínimo su tamaño y complejidad. Se incorpora la suficiente redundancia en los elementos de control para asegurar que se mantiene el grado de servicio global sin necesidad de duplicar

todos los elementos de control. Finalmente, se prestan de modo económico un conjunto de funciones sofisticadas que, en la mayoría de las situaciones, requieren sólo un mínimo conocimiento de los medios CHM por parte del operador.

Si se combinan las centrales ITT 1240 con el centro de operación y mantenimiento ITT 1290, el personal puede usar dichas funciones desde un lugar remoto, lo que permite racionalizar todavía más las actividades de operación y mantenimiento. Por otra parte, el centro ITT 1290 puede servir para centralizar la operación y el mantenimiento de las centrales existentes de tecnologías anteriores, con lo cual una Administración puede modernizar su explotación en áreas completas.

Referencias

- 1 J. Dutt y H. A. Malec: Central digital ITT 1240: Eficacia de sistema: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 198–206 (en este número).
- 2 M. Van Brussel y A. Campos: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 218–234 (en este número).
- 3 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 235–247 (en este número).

Central digital ITT 1240:

Eficacia de sistema

El control totalmente distribuido de la red digital de conmutación y de los módulos operacionales, combinado con la avanzada tecnología de componentes, hacen que la central digital ITT 1240 alcance unos niveles muy altos de eficacia de sistema. Las innovadoras técnicas de mantenimiento aseguran una realización económica, tanto en entorno analógico como digital.

J. Dutt

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,
República Federal de Alemania

H. A. Malec

ITT Advanced Technology Center, Shelton,
Connecticut, Estados Unidos

Introducción

El diseño de la central ITT 1240 se basa en técnicas de conmutación digital, en las que se aplica un concepto de control totalmente distribuido basado en microprocesadores y circuitos avanzados con integración a gran escala. Esta estrategia se ha plasmado en una arquitectura de central enteramente modular. Como resultado, la operación de la central se ve muy poco afectada por los fallos y su disponibilidad vuelve a ser comparable a la que ofrecían los sistemas tradicionales de control progresivo (los sistemas paso a paso y los de selector a motor).

La tolerancia a los fallos de la central digital ITT 1240 ha aumentado también considerablemente mediante el uso de circuitos de corrección de errores y el control de la configuración por programa; esta capacidad de operar eficazmente en presencia de fallos reduce los costes de mantenimiento, ya que la mayoría de las reparaciones pueden diferirse hasta que se necesite realizar una visita de mantenimiento para corregir un fallo más urgente.

Objetivos de la eficacia de sistema

Dado que las Administraciones difieren en sus requisitos sobre fiabilidad, disponibilidad y facilidad de mantenimiento, desde los años 60 ITT ha aplicado a los sistemas de conmutación electrónica sus propias especificaciones sobre eficacia, para asegurar que aquéllos puedan satisfacer las necesidades previsibles en todos los países. Estas especificaciones se han revisado y actualizado al par que los requisitos nacionales e internacionales evolucionaban¹, y han guiado el desarrollo del ITT 1240, desde el primer estudio de factibilidad hasta la estructura final, resistente a fallos.

En la siguiente sección se analizan algunos de los principales aspectos de la arquitectura y diseño de la central ITT 1240, en relación con un conjunto de objetivos; sin embargo, puede aquí resultar útil una breve exposición de los objetivos y sus valores cuantitativos.

Los objetivos de eficacia de sistema se establecieron en forma matricial. Cada configuración ITT 1240 (es decir, centrales independientes locales e interurbanas, centrales supervisadas, unidades remotas de abonados) tiene un conjunto de objetivos relacionados con su posición en los planes de conmutación nacional o internacional. Cada objetivo, a su vez, se subdivide, cuando así convenga, para cubrir los distintos esquemas de mantenimiento que pueden adoptar las Administraciones:

- centrales atendidas permanentemente
- centrales atendidas únicamente durante las horas de trabajo
- centrales desatendidas.

Se pueden asignar tres niveles de alarma a cada fallo: urgente, no-urgente y diferible. Como opción, se pueden dar cuatro categorías si se desea separar, por ejemplo, las alarmas semi-urgentes.

Los esquemas de mantenimiento se distinguen por su MDT (mean down time), definido como el periodo medio durante el cual una unidad no puede ejercer su función; dicho tiempo incluye el tiempo medio de reparación y el retraso medio debido, entre otros factores, al desplazamiento.

En el primer esquema, con la central atendida en forma permanente, el MDT es de 0,55 horas, tanto para alarmas urgentes como para las no-urgentes. El segundo esquema, centrales atendidas durante las horas de trabajo, tiene un MDT de 3,25 horas para alarmas urgentes y 15,5 horas para

alarmas no-urgentes. El tercero, centrales normalmente desatendidas, tiene un MDT de 4,5 horas para alarmas urgentes y 19,5 horas para alarmas no-urgentes.

Además de las categorías de alarmas urgentes y no urgentes, se ha definido una tercera: alarma y reparación diferibles. Esto podría llevarnos a una estructura de alarmas en que, por ejemplo, se tuviera un MDT de 4,5 horas para alarmas urgentes, 19,5 horas para alarmas no urgentes, y atención a las alarmas diferibles en la próxima visita de mantenimiento. El momento de esta visita podría determinarse por la frecuencia de las alarmas no urgentes o por la frecuencia de las alarmas urgentes y no urgentes. Cada variante puede modelarse para hallar la eficacia económica de la aplicación concreta. Se podrían incluir otras variables en el modelo predictivo de la próxima visita de mantenimiento, por ejemplo, el número de terminaciones en la red y la intensidad de tráfico. La aplicación del esquema de reparación diferida puede reducir considerablemente los costes globales de mantenimiento, como se muestra más adelante.

Los objetivos especificados se dan en forma matricial, que resume el comporta-

miento esperado de un sistema para cada parámetro considerado. En las tablas 1, 2 y 3 se dan algunos de los actuales objetivos de eficacia para centrales ITT 1240. La tabla 1 se refiere a la indisponibilidad o ausencia total de servicio en el sistema en un periodo de 20 años; existen matrices similares para la indisponibilidad de líneas y de enlaces, también dependientes del esquema de mantenimiento. En los últimos años, tales requisitos han adquirido mayor relevancia como objetivos de eficacia de sistema.

La tabla 2 muestra los parámetros de eficacia de sistema relativos al tratamiento de llamadas, generalmente independientes del esquema de mantenimiento. La tabla 3 da la matriz MDT para los tres esquemas. Muchos de los parámetros secundarios de eficacia de sistema (tiempos de desplazamiento, logísticos, etc.) están determinados por las estrategias de mantenimiento de cada Administración y afectan directamente a las especificaciones de MDT. Sin embargo, con este planteamiento, tanto los diseñadores de la central ITT 1240 como la Administración que evalúa el diseño, pueden apreciar el resultado de variar los es-

Tabla 1 — Objetivos sobre fallo total del servicio para las centrales digitales ITT 1240

Esquema de mantenimiento	Fallo total de servicio (promedio de horas en 20 años)			
	Unidad remota de abonados	Central supervisada	Central local independiente	Central interurbana independiente
Sistemas o unidades atendidas permanentemente	NA	NA	1	1
Sistemas o unidades atendidas sólo durante las horas de trabajo	NA	2	2	2
Sistemas o unidades normalmente desatendidas	NA	2	2	2

NA - No aplicable

Tabla 2 — Objetivos de eficacia de llamadas para las centrales digitales ITT 1240

Parámetro	Número de fallos			
	Unidad remota de abonados	Central supervisada	Central local independiente	Central interurbana independiente
Eficacia del proceso de llamadas (llamadas incorrectamente tratadas por cada 10.000)	1	1	1	1
Eficacia de las llamadas establecidas (llamadas incorrectamente tratadas por cada 100.000)	2	2	2	2
Tarificación incorrecta (por cada 100.000 llamadas)	NA	5	5	5
Pérdida del registro de tarificación de todo un día ($\times 10^{-6}$)	NA	NA	3	3

NA - No aplicable

Tabla 3 — Objetivos para el MDT en las centrales digitales ITT 1240

Esquema de mantenimiento	Objetivo para el MDT (horas)			
	Unidad remota de abonados	Central supervisada	Central local independiente	Central interurbana independiente
Centrales o unidades atendidas permanentemente				
— alarmas urgentes	NA	NA	0,55	0,55
— alarmas no urgentes	NA	NA	0,55	0,55
Centrales o unidades atendidas durante las horas de trabajo				
— alarmas urgentes	NA	NA	3,25	3,25
— alarmas no urgentes	NA	NA	15,50	15,50
Centrales o unidades normalmente desatendidas				
— alarmas urgentes	6,5	4,5	4,5	4,5
— alarmas no urgentes	21,5	19,5	19,5	19,5

NA — No aplicable

quemas de mantenimiento y otros parámetros relevantes, y llegar así a un compromiso óptimo entre la fiabilidad del servicio y el coste.

Las Administraciones esperan además que cada central satisfaga los requisitos establecidos, ya desde sus comienzos. Para asegurar este temprano cumplimiento, ITT ha formulado y verificado parámetros adicionales de eficacia, como parte de un programa exhaustivo de calificación.

Uno de estos criterios de eficacia sobre el comportamiento de los programas, especifica los tiempos de reinicialización y de recarga de los procesadores, así como la frecuencia de estos hechos. Esto marca objetivos muy exigentes a los diseñadores, quienes deberán evitar rebasar los valores especificados en aquellas situaciones en las que sea imprescindible la reinicialización o recarga de un procesador. Otros objetivos del diseño de la programación requieren acciones de defensa que impidan la propagación de errores de programas a otras partes de la central. ITT también ha definido, en línea con los requisitos de calidad² y las recomendaciones del CCITT¹, acciones defensivas contra fallos debidos a comportamiento marginal de los circuitos, que conduce a errores en los bits o en la sincronización (deslizamiento).

Se han fijado requisitos para la adquisición e inspección de componentes, así como tasas máximas de defectos en la fabricación, con el objetivo de reducir el deterioro de la eficacia de sistema por fallos iniciales en los circuitos. También se usan programas de calificación para verificar el comportamiento de los componentes físicos y lógicos del sistema, antes de su entrega a la Administración.

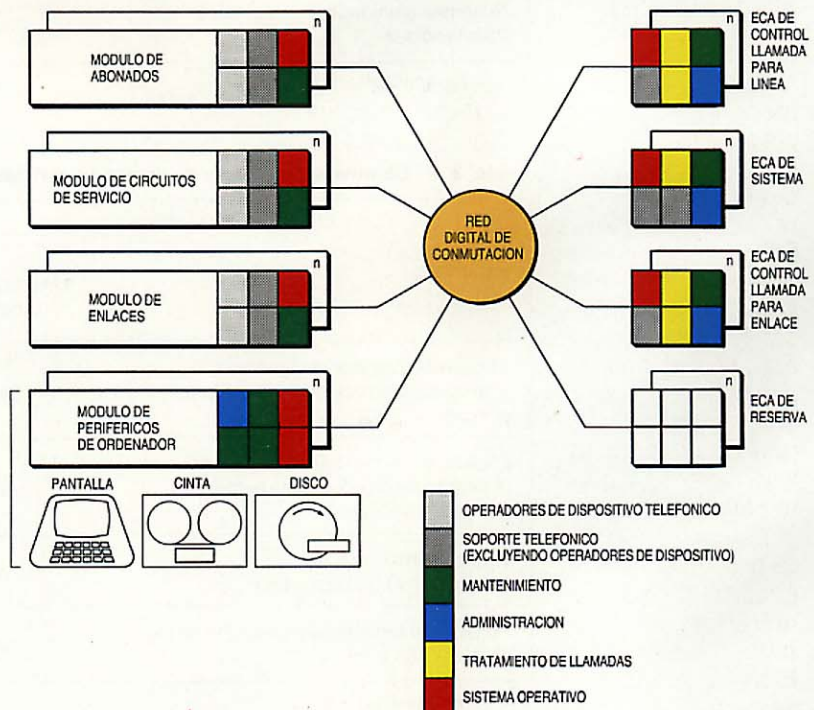
Como complemento a las medidas tomadas por ITT para suministrar productos de alta calidad, la Administración a su vez puede acortar el periodo de aprendizaje de

su personal de operación y mantenimiento, planificando y especificando cuidadosamente las facilidades y parámetros de mantenimiento, de manera que el rendimiento sea óptimo en cada central.

Diseño dirigido a la eficacia

Las características más importantes de la central ITT 1240, que contribuyen a su alta fiabilidad y facilidad de mantenimiento, pueden tal vez describirse mejor observando el papel que juegan en el logro de los objetivos de eficacia recién expuestos.

Figura 1 Programación modular distribuida. No hay ningún procesador central que pueda afectar a la disponibilidad total del sistema.



Disponibilidad de la central

En la primera generación de sistemas de conmutación electrónica (control por programa almacenado), la utilización de ordenadores grandes, en configuraciones de control centralizado, introducía una probabilidad apreciable de fallo total del sistema. Esto representaba uno de los puntos más débiles de tales sistemas, al compararlos con el control distribuido (de tolerancia alta incluso frente a fallos múltiples) de los sistemas electromecánicos que venían a reemplazar.

Por utilizar las centrales ITT 1240 procesadores distribuidos para control de llamadas, sin que exista un control central potente pero vulnerable, el efecto del fallo de un procesador queda limitado a unas pocas líneas o enlaces. Por otra parte, el fallo en un ECA (elemento de control auxiliar) de control de llamadas sólo afecta al servicio durante escasos segundos, ya que se le sustituye, bajo control de la programación, por otro ECA previamente cargado, tomado de un grupo de ECA de reserva idénticos, que se hará cargo del trabajo del que ha fallado. Más adelante volverá a tratarse de esta eficiente facilidad. La figura 1 ilustra la distribución de las funciones lógicas entre los diversos elementos de control del ITT 1240.

Otros ECA realizan funciones distintas a las de proceso de llamadas, como acceso a la base de datos, gestión de recursos y gestión de red. En centrales grandes, tales funciones se distribuyen entre un grupo de ECA, llamados "de sistema". Así, por ejemplo, uno de estos ECA será responsable de escoger enlaces en grupos de enlaces a otras centrales, mientras que otro ECA se encargará de seleccionar enlaces de otros grupos. Como el fallo de un ECA de sistema degradaría notablemente la calidad de servicio de la central, se han duplicado dichos ECA como medida de protección: un ECA de la pareja está en modo activo y el otro en estado de espera, preparado a tomar el control en cuanto ocurra un fallo del primero. Este tipo de duplicación, sin embargo, es superior a los normalmente aplicados, ya que, cuando el ECA en espera asume el papel de activo, otro ECA del grupo de reserva se carga con los programas adecuados y se actualiza para convertirse en el nuevo ECA "en espera" de la pareja. La continuidad de la situación dúplex, conseguida mediante este proceso de utilizar los ECA de reserva, permite diferir la reparación del ECA que falló hasta una visita posterior de mantenimiento, reduciéndose así los costes.

Estas características confieren realmente tal fiabilidad al equipo, que los fallos de los circuitos contribuyen de forma despreciable al MDT del sistema; el tiempo medio entre fallos (que afecten al servicio) de un solo ECA se estima en más de 60.000 horas, valor muy alto si se le compara con el co-

rrespondiente a los grandes ordenadores de los sistemas con control centralizado, que es de unos pocos miles de horas. En uno y otro caso, la duplicación reduce notablemente el periodo de carencia de proceso. Sin embargo, la facilidad descrita de reemplazar un ECA que ha fallado por otro del grupo de reserva anula virtualmente la posibilidad de que una pareja de procesadores quede fuera de servicio, asegurando que la central digital ITT 1240 es prácticamente invulnerable a los fallos de componentes en lo que se refiere a su disponibilidad (comparable en este aspecto a las centrales electromecánicas de selectores distribuidos).

El impacto potencial de los errores relacionados con la programación es más difícil de predecir, como sucede con cualquier otro sistema controlado por programa. Después de una detallada evaluación de los datos de diseño, de pruebas y los obtenidos en las instalaciones, se ha estimado en menos de 45 segundos el tiempo de recarga de un ECA (cifra conservadora) y que sólo ocurrirá una recarga dúplex como máximo por año, con lo que se cumple el objetivo de sufrir menos de una hora sin servicio en veinte años, tanto en las centrales pequeñas (sólo una pareja de ECA de sistema) como en las centrales grandes (hasta cuatro parejas de ECA de sistema). La experiencia indica que los fallos relacionados con la programación se reducen con el tiempo de operación de las centrales³, por lo que la calidad del sistema superará esta predicción inicial.

Eficacia de las llamadas

Los abonados telefónicos son sensibles a las llamadas no completadas o cursadas incorrectamente. Por ello, para protegerles en todo lo posible de liberaciones prematuras o encaminamientos erróneos, se han establecido (tabla 2) unos exigentes objetivos sobre la eficacia de las llamadas en la central digital ITT 1240, que se reflejan en el diseño del sistema.

Eficacia del proceso de llamadas. Los ingenieros que han desarrollado los elementos de control de la central ITT 1240 han estudiado cuidadosamente cada circunstancia que pudiese causar la pérdida de una llamada. Considerando que la tasa de fallos de los elementos de control ECT y ECA involucrados en el establecimiento de llamadas (ver figura 2) es baja comparada con la correspondiente tasa de fallos de la programación, evaluada en forma conservadora, puede desprejiciarse la probabilidad de que falle el equipo que participa en la llamada (cinco elementos de control más la red digital de conmutación, figura 2), mientras se efectúa el establecimiento. Por lo tanto sólo la programación de los elementos de control indicados tiene impacto significativo en la proporción de llamadas perdi-

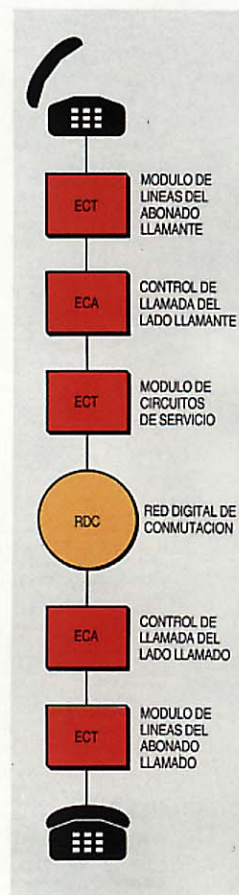


Figura 2
Diagrama de bloques de fiabilidad del proceso de una llamada entre dos líneas, mostrando los módulos de equipo y de programas implicados.

das. El ECT del módulo del abonado o enlace llamante y el ECA de control de llamada de dichos abonado o enlace, tratan la llamada durante todo el periodo de establecimiento, mientras que el ECT y ECA del llamado, así como el ECT del módulo de circuitos de servicio, participan sólo durante una parte de dicho tiempo. Siendo, además, distintos los tiempos de recarga y frecuencias de fallo de estos elementos de control, funcionalmente diferentes, se ha calculado que la eficacia del proceso de llamadas será tal que se pierda como máximo una llamada de cada 20.000. Este valor no depende del esquema de mantenimiento ni del tipo o tamaño de la central (tabla 2).

Eficacia de las llamadas establecidas. Considerando en su totalidad una conexión establecida a través de una central ITT 1240, vemos que durante los 120 segundos (valor medio) de una llamada local están ocupados hasta 14 elementos de conmutación en la red digital de conmutación, cada uno utilizando su correspondiente convertidor CC/CC, así como dos ECT de líneas y dos circuitos de línea. En el caso de una central de 1.000 líneas, la probabilidad de fallo combinada de todos estos circuitos se ha estimado, como promedio, en cinco llamadas perdidas en un millón. Si consideramos también la programación, los datos relativos a la conexión establecida son almacenados en memoria con protección de escritura por el ECT del módulo de abonados, por lo que la llamada sólo sufrirá liberación incorrecta si hay que recargar el ECT durante el indicado periodo. Estimando conservadoramente la frecuencia de recargas, se cumple el objetivo de menos de dos llamadas perdidas por cada 100.000 establecidas.

Fiabilidad de la tarificación

Si examinamos ahora la tarificación de llamadas, una vez correctamente procesada y establecida la llamada, el cómputo se acumula en memoria con protección de escritura en el ECT del módulo del abonado llamante; sólo se perderá esta información si el ECT se recarga durante la llamada. Al terminar ésta, la información se envía, por medio del ECA de línea, al correspondiente par de ECA de sistema, donde se almacena durante corto tiempo hasta ser transferida a las memorias de masas duplicadas, a través de los ECT del par de módulos de periféricos de ordenador.

Considerando el tiempo en que la información de tarificación está presente en el ECT de línea, el ECA de línea, el par de ECA de sistema y el par de ECT de los módulos de periféricos de ordenador, y asignando las adecuadas frecuencias de fallo a los distintos elementos de control, resulta una probabilidad de menos de tres fallos de tarificación por cada 100.000 llamadas, cumpliéndose el objetivo de ITT de tarificación incorrecta en menos de cinco llamadas entre 100.000.

Disponibilidad de líneas y enlaces

Durante el diseño de la central ITT 1240, se prestó una constante atención a la necesidad de dar al abonado un acceso fiable al sistema; es decir, la disponibilidad de líneas y enlaces debe ser alta. Recordando los objetivos ya expuestos, la eficacia de sistema de una nueva central depende no sólo de la fiabilidad de los elementos de control sino también, y en un alto grado, de la fiabilidad de los interfaces de línea. Dado que los módulos indicados de abonados (analógicos y digitales) y de enlaces determinan el coste inicial, el espacio requerido, el número de fallos y el esfuerzo de mantenimiento, este parámetro es actualmente el punto focal de las evaluaciones de compromiso entre eficacia de sistema y coste.

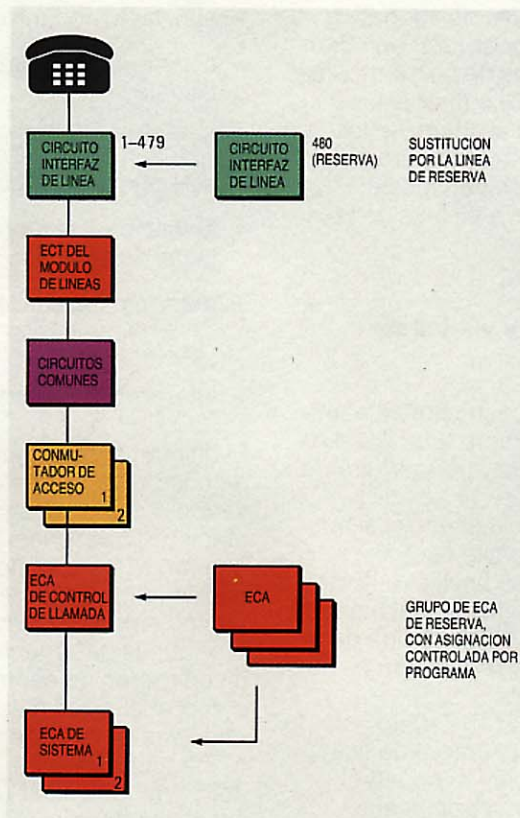
El interfaz de la línea de abonado tiene gran importancia en los sistemas de conmutación modernos, al actuar como interfaz entre la red digital de conmutación y los aparatos de abonado de viejas y nuevas generaciones (de selección por disco o teclado, señalización de bucle o multifrecuencia, micrófonos de carbón o a transistores), con sus exigencias de corriente y voltaje relativamente altos. El diseño debe ser capaz de operar con todos los aparatos indicados y seguir cumpliendo los requisitos de eficacia aplicables a líneas y enlaces.

Para lograrlo, se utilizan las siguientes técnicas en los módulos de abonados y de enlaces:

- En los módulos de abonados, uno de los circuitos actúa como reserva en cada grupo de 480 circuitos de línea (es decir, por cada ocho módulos de 60 líneas); si se detecta un fallo, el de reserva entrará en servicio bajo control de programas.
- El ECT es pequeño, y los fallos de circuitos le afectan poco, gracias a una organización de memoria tolerante a los fallos, dotada de corrección de errores.
- El sistema CHM (comunicación hombre-máquina) informará en detalle de los fallos que deban repararse con urgencia o no, y también de aquéllos, como los de circuitos de línea o de memoria, cuya reparación podría incluso diferirse hasta la próxima visita de mantenimiento.

Considerando con mayor detalle la segunda de estas decisiones de diseño, si no se hubiese incluido la facilidad de corrección de errores en el ECT, que actúa en simplex, cualquier fallo de un circuito integrado de memoria causaría un error de programación, con la interrupción de servicio consiguiente. Para superar tales fallos o para corregir de forma permanente los fallos en un solo bitio que de otro modo requerirían la sustitución manual del circuito, se ha diseñado un código corrector de errores en la unidad de memoria. La adición de seis bitios por cada palabra de 16 bitios, le permite a este código Hamming con bitio de

Figura 3
Diagrama de bloques simplificado de fiabilidad, para determinar la disponibilidad de una línea individual de abonado.



paridad corregir errores en un bitio y detectar errores en dos bitios. El resultado es que la proporción en que afectan al servicio los fallos en la memoria del ECT es un orden de magnitud inferior a la que se tendría sin la corrección de errores. La mejora que esto implica sobre los costes de mantenimiento se analiza después.

Además del módulo terminal de líneas o de enlaces, el ECA de control de llamadas asociado ha de estar también disponible en

el momento en que se requiera el acceso a la central. Este procesador no sólo está provisto de memoria con corrección de errores sino que, como antes se indicó, está apoyado por un conjunto de ECA de reserva; dimensionando adecuadamente este conjunto puede conseguirse que los ECA contribuyan a la indisponibilidad en un grado despreciable. El número de procesadores de reserva depende también del esquema de mantenimiento (tabla 3) pero, típicamente, se equiparán uno o dos de reserva para una central que tenga de 50 a 70 ECA de control de llamadas.

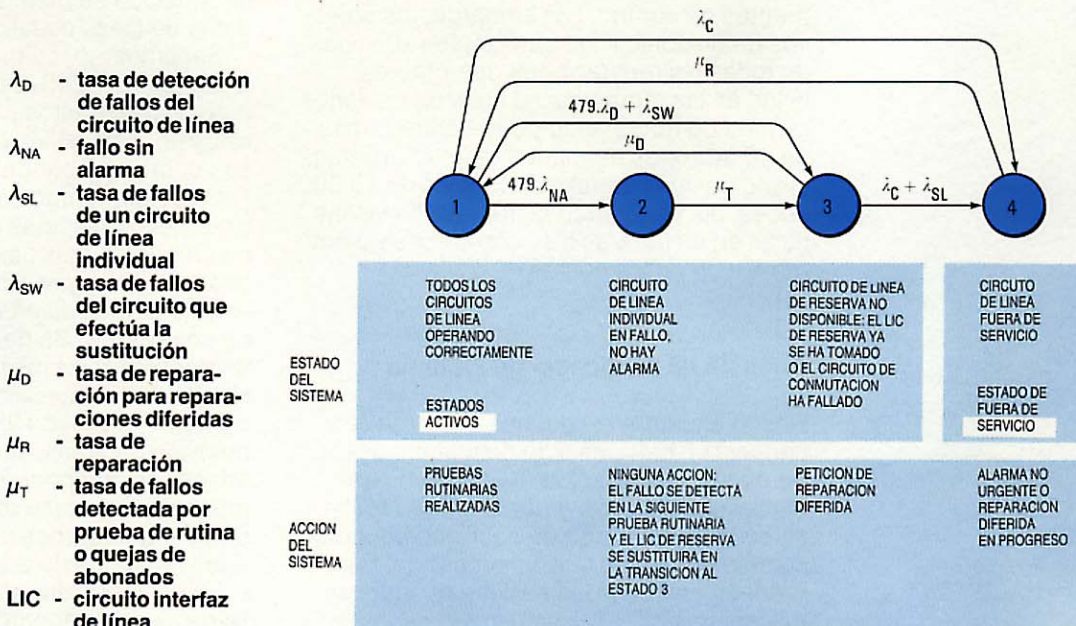
Varios análisis de fiabilidad han permitido comprobar la eficacia de las soluciones de diseño explicadas y el cumplimiento de los objetivos de ITT respecto a disponibilidad de líneas y enlaces. Como ejemplo, la figura 3 muestra el diagrama de bloques simplificado de fiabilidad del circuito de línea y la figura 4 el correspondiente diagrama de transición de estados para dicho circuito. El análisis detallado considerado también fallos notificados mediante queja del abonado, fallos en los escasos circuitos comunes y fallos en circuitos no involucrados en la llamada (por ej., otros circuitos de línea) pero que comparten una misma placa y que, por tanto, al ser ésta reemplazada durante alguna acción de mantenimiento, producen una breve interrupción de servicio en la línea considerada.

Para una central de 10.000 líneas, atendida únicamente durante las horas normales de trabajo, el estudio correspondiente indica que el tiempo total fuera de servicio de una línea sería menos de 30 minutos por año, considerando tanto los fallos de circuitos como los de programas.

Dado el número de funciones del circuito de línea, más los circuitos que se necesitan para la conversión analógico/digital (un

Figura 4
Diagrama simplificado de transiciones para determinación de la disponibilidad del circuito de línea, mostrando la influencia del circuito de línea de reserva y la estrategia de mantenimiento diferido.

λ_D - tasa de detección de fallos del circuito de línea
 λ_{NA} - fallo sin alarma
 λ_{SL} - tasa de fallos de un circuito de línea individual
 λ_{SW} - tasa de fallos del circuito que efectúa la sustitución
 μ_D - tasa de reparación para reparaciones diferidas
 μ_R - tasa de reparación
 μ_T - tasa de fallos detectada por prueba de rutina o quejas de abonados
 LIC - circuito interfaz de línea de reserva



codec por línea), el módulo de abonados analógicos tendría que incorporar una gran cantidad de componentes de no ser por la utilización de circuitos LSI comerciales y de encargo⁴. Los futuros avances en los circuitos integrados de encargo para el circuito de línea, reducirán aún más el número de componentes y su tasa de fallos.

Número total de fallos y visitas de mantenimiento

Con frecuencia las Administraciones especifican un límite en el número total de fallos (por número de abonados y por periodo de tiempo); en consecuencia ITT se ha marcado ese objetivo en la especificación de eficacia de sistema para la central ITT 1240. Sin embargo, su finalidad última es la economía en la operación y el mantenimiento del sistema. La contribución de la mano de obra al coste de reparación es un factor predominante.

El diseño de la central ITT 1240 no sólo se dirige a cumplir con el número de fallos especificados, sino también a reducir el número de acciones de mantenimiento necesarias. En esencia esto último se ha logrado gracias a las soluciones de diseño ya explicadas: un grupo de ECA de reserva, memoria con corrección de errores, circuitos de líneas de reserva, etc. Con ellas se consigue que muchas alarmas, que serían clasificadas como urgentes, puedan ahora considerarse no-urgentes o incluso diferibles.

Examinemos una de las soluciones indicadas: la incorporación de corrección de errores a la memoria, que es un área clave para la reparación diferida. La reducción conseguida en el número de acciones de reparación es especialmente importante, ya que, por ejemplo, una central ITT 1240 de 10.000 líneas contiene unos 200 elementos de control. Sin embargo, los objetivos de disponibilidad se cumplen aun cuando todas las reparaciones de primeros fallos en las memorias se aplacen en varios cientos de horas; esto puede ahorrar más de 40 acciones de mantenimiento urgentes al año en una central desatendida de 10.000 líneas, disminuyendo el número de visitas hasta en un 65% a 75%, con la consiguiente reducción en los costes.

Análisis de la eficacia de sistema

Desde el comienzo del desarrollo de la central ITT 1240, ha sido obligatorio asegurar que pueda alcanzar los objetivos de eficacia de sistema, y por ello debe realizarse una predicción de fiabilidad para todo cambio de diseño que se proponga. Para predecir con éxito la fiabilidad de una central, se necesitan los siguientes pasos⁵:

- señalar los objetivos a cumplir
- construir un diagrama de bloques de fiabilidad
- determinar la filosofía de reparación
- seleccionar el procedimiento de análisis
- seleccionar la fuente de datos de las tasas de fallo
- determinar las tasas de fallos
- realizar los cálculos correspondientes
- interpretar correctamente los resultados.

El diagrama de bloques de fiabilidad sirve de base para los restantes análisis, subrayando cómo ciertas porciones de la central afectan al funcionamiento de otras, y de qué modo los distintos métodos de duplicación influyen sobre la operación de la central entera. El amplio uso en ITT de programas de ordenador^{6,7}, permite a los diseñadores de centrales y de módulos comprobar si los diseños cumplen los objetivos de eficacia específicos de su área respectiva. Además, el análisis por ordenador permite evaluar rápidamente las ventajas de los desarrollos de nuevos componentes y las recientes estrategias de diseño de circuitos y programas.

Como ejemplo, un aspecto importante en el diseño de circuitos es el origen de los datos sobre fallos de componentes. Desde 1968, ITT mantiene un manual de uso interno de datos de tasas de fallos, fuente de datos común para todas sus compañías. Desde el comienzo, la fuente principal de datos para todo tipo de componentes han sido los propios equipos de telecomunicación de ITT, instalados y en servicio, contrastando su consistencia con resultados de pruebas y otros datos de campo y, por ejemplo, con los datos de la edición vigente del US Military MIL-HDBK-217. Toda esta información se mantiene en el banco de datos de tasas de fallos de ITT.

Sin embargo, cuando se inició el desarrollo del ITT 1240, con su explotación de modernos circuitos LSI comerciales y de encargo, esta sólida base de datos históricos sobre componentes ya aceptados tenía evidentemente que suplementarse, en estas tecnologías de rápida expansión, con modelos más flexibles de fiabilidad, capaces de seguir el ritmo de los desarrollos y de guiar a los diseñadores en su búsqueda de soluciones. Se decidió adoptar para microelectrónica los modelos del MIL-HDBK-217C (actualmente con el Addendum nº 1-1, mayo 1980), mientras se continuaba la contrastación con el comportamiento de componentes esenciales en los muchos centenares de sistemas, controlados por microprocesador y de otros tipos, que ITT ha puesto en servicio.

En el diseño de programas, las tasas de fallos de componentes se sustituyen por

medidas basadas en el número de errores y la frecuencia de fallos descubiertos en la fase de prueba del programa en estudio y durante la operación de programas similares en aplicaciones comparables⁸.

Un segundo aspecto es la elección de las técnicas matemáticas más adecuadas. El análisis de diseño de la central ITT 1240 utiliza diagramas de estado⁶, especialmente para los análisis de la disponibilidad y de la eficacia del tratamiento de llamadas, donde proporcionan flexibilidad y visibilidad de los procesos de fallo, recuperación automática y mantenimiento. También estos diagramas constituyen un lenguaje común muy potente para expertos en sistemas, componentes, fiabilidad, diagnóstico y otros campos.

De forma resumida, las transiciones entre los estados operacionales de un sistema de conmutación pueden considerarse como un proceso de Markov. Es posible entonces describir topográficamente la fiabilidad y los modos de degradación como diagramas y grafos de transición. La técnica de describir los estados posibles de los sistemas de conmutación telefónica se ha usado por los ingenieros de diseño de ITT durante muchos años⁷ y constituye la base de los programas de análisis antes mencionados⁶; el análisis se ha ampliado, incluyendo ahora no sólo las tasas de fallos y de reparación sino también la influencia de las rutinas de comprobación controladas por programa y de las facilidades de mantenimiento centralizadas.

Panorámica del mantenimiento

Entre el 40% y el 60% de los fallos de una central convencional, de conmutación analógica, son debidos a la red de conmutación. En contraste con ello, en la central digital ITT 1240 la red de conmutación es responsable sólo de un 5% a 10% de los fallos. La planificación de las técnicas de mantenimiento debe reflejar este cambio. En la central ITT 1240 no deben encontrarse problemas en la red, con sus largos tiempos de diagnóstico y reparación.

Este hecho, junto con el uso de circuitos LSI y el concepto de mantenimiento por bloques de seguridad como base del aislamiento y diagnóstico de los fallos, aseguran que sea muy factible conseguir un tiempo medio de reparación de 30 minutos en la central ITT 1240.

Las funciones de mantenimiento se distribuyen entre los diferentes elementos de control, reflejando así la distribución del control adoptada en el diseño. Estas funciones están parcialmente incorporadas en los programas del operador de dispositivo, aislando así los programas de mantenimiento de los detalles del interfaz físico y permitiendo el perfeccionamiento del equipo por nuevos avances tecnológicos. Los

operadores de dispositivo son programas que contienen los detalles de los interfaces de los circuitos y ocultan dichos detalles a los programas de nivel más alto; además se encargan de la detección de la mayoría de los fallos en circuitos y de los estados de alarma. También dan informe sobre los fallos transitorios, pero no se ejecuta ninguna acción hasta que los programas de control de mantenimiento no detectan una configuración de dichos fallos.

Los informes de faltas, procedentes de todos los subsistemas de circuitos y programación, se notifican a la función de *análisis de informes de faltas*, a través del programa de tratamiento de errores que forma parte del sistema operativo residente en cada elemento de control. El programa de control de mantenimiento recibe dichos informes y los utiliza para determinar los bloques de seguridad afectados e identificar las acciones de defensa pertinentes. También se observan las tasas de fallos reales frente a los niveles de aceptabilidad preestablecidos, con objeto de determinar si se necesita alguna acción correctiva; estos niveles pueden ajustarse a través de la base de datos.

Mantenimiento diferido

La central digital ITT 1240 cubre económicamente toda la gama de aplicaciones, desde las unidades remotas de abonado más pequeñas hasta las grandes centrales locales e interurbanas. En todas estas aplicaciones, bien actuando como independiente o bien como supervisada, la central debe operar rentablemente y ofrecer a los abonados un servicio de alta calidad. Como se prevé que muchas centrales ITT 1240 han de operar desatendidas, la necesidad de acciones de mantenimiento frecuentes y rápidas para responder a las distintas alarmas aumentaría considerablemente el coste de operación de las instalaciones remotas. Esto se ha resuelto logrando que una alta proporción de las actividades de reparación pueda diferirse hasta la siguiente visita de mantenimiento (rutinaria o forzosa). Ello es posible en muchas partes de la central por la estructura flexible del ITT 1240, pudiendo los diseñadores aprovechar medidas de protección frente a fallos, como las siguientes:

- activar un circuito de línea de reserva
- evitar los efectos de fallos transitorios o permanentes en las unidades de memoria, mediante circuitos de corrección de errores
- disponer de un considerable exceso de capacidad en la red de conmutación, para poder retirar bloques de seguridad en fallo sin que ello implique prácticamente degradación del servicio

- conmutar al elemento que está en situación de espera, en una pareja de elementos de control auxiliar
- asignación flexible de ECA tomados de un grupo de reserva de unidades físicamente idénticas, de modo que si falla un ECA pueda esperarse una noche o incluso un fin de semana para su reparación.

Ninguna de estas soluciones intrínsecas al sistema requiere intervención humana en la propia central, eliminándose así muchas actuaciones de mantenimiento, de otra forma inevitables.

La central ITT 1240 incorpora un sistema CHM adaptable a una gran variedad de periféricos (teleimpresores, pantallas, unidades de cinta y disco magnéticos). La comunicación hombre-máquina se usa para mantenimiento local y remoto, empleando generalmente una unidad de pantalla para introducir órdenes y recibir respuestas.

Conclusiones

El diseño de la central digital ITT 1240 se ha dirigido a cumplir una amplia y cambiante gama de requisitos de eficacia de sistema. Mediante la aplicación de un conjunto completo de técnicas de fiabilidad y de mantenimiento durante la fase de concepción del sistema y su realización en la fase de diseño, se ha asegurado el logro persistente de unos niveles altos de eficacia. La arqui-

tectura modular del sistema permite que la central ITT 1240 pueda beneficiarse del progreso continuo en la tecnología de los componentes LSI y de la rápida evolución hacia un entorno de integración digital. El diseño de la central y su fácil adaptabilidad aseguran una comunicación fiable y económica, hoy y en el futuro.

Referencias

- 1 Recomendación Q.504 del CCITT: Centrales digitales de tránsito. Requisitos relativos a la calidad de funcionamiento: Ginebra 1980.
- 2 P. M. McManamon y N. B. Seitz: Digital Communication Performance Parameters for Proposed Federal Standard 1033, volume 1, Standard Parameters: *NTIA Report-78-4*, mayo 1978.
- 3 J. P. Dartois, A. C. Davies, J. Trelut, L. Van Os y M. Verbeeck: Diez años de experiencia de servicio en el sistema Metaconta: *Comunicaciones Eléctricas*, 1977, volumen 52, nº 2, págs. 110–118.
- 4 J. Cornu y M. Meinck: Central digital ITT 1240: Tecnología de componentes avanzada: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 161–172 (en este número).
- 5 H. A. Malec: The Implementation and Effectiveness of Reliability Techniques in Digital Systems: *Proceedings of the National Electronic Conference*, Chicago, 16–18 octubre 1978, págs. 43–45.
- 6 E. M. Bell, C. Kwiatkowski, y C. E. J. Roos: Ayudas por medio de ordenador al cálculo de predicciones de fiabilidad y aprovisionamiento de repuestos: *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº 2, págs. 137–144.
- 7 J. Dutt y L. D. Nichols: Method of Predicting Reliability During the Development of a Switching System: *International Switching Symposium*, Munich, 9–13 septiembre 1974, págs. 131/1–131/6.
- 8 M. Lipow: Report on the Deliberations of the Software Reliability Working Group: *Proceedings of the Workshop on Quantitative Software Models*, Lake Kiamesha, 9–11 octubre 1979, págs. 246–249.

Central digital ITT 1240: Capacidad de tráfico

La arquitectura especial de la red digital de conmutación ITT 1240, con su control distribuido, asegura una probabilidad de pérdida despreciable a niveles de tráfico normales y altos. La capacidad de tratamiento de llamadas es virtualmente ilimitada, y los altos niveles de carga afectan muy poco a los tiempos de respuesta.

J. R. de los Mozos Marqués

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, Madrid, España

A. Buchheister

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

Las características de tráfico de las centrales digitales ITT 1240 son significativamente mejores que las de los sistemas de conmutación convencionales, como resultado de la especial arquitectura de su red de conmutación y de su control distribuido. La red cursa eficazmente tanto el tráfico de conversación como los mensajes de control, con una probabilidad de pérdida despreciable a niveles de tráfico normales y altos. Este buen funcionamiento es el resultado de una red de conmutación bien concebida, de la gran accesibilidad de los elementos de conmutación, y del procedimiento de selección de caminos.

No hay límite en el número de microprocesadores usados en el control distribuido, por tanto la capacidad de tratamiento de llamadas no es ya una limitación, como lo era en los sistemas centralizados SPC convencionales. La reserva de capacidad de las centrales es suficiente para aceptar altos niveles de tráfico sin degradación apreciable del servicio.

Aunque los modelos de tráfico utilizados para estudiar el ITT 1240 incluían algunos de los desarrollados para sistemas SPC de control centralizado, se requirió un esfuerzo innovador importante. Para el estudio de los sistemas con un gran número de microprocesadores se han desarrollado nuevos algoritmos analíticos y de simulación.

Otra característica del ITT 1240 es la interacción entre el control y la red de conmutación, dado que los procesadores se comunican a través de ésta. Sin embargo se pudo establecer la clásica separación entre red y control, introduciendo los efectos de la red en el modelo de control y viceversa.

Red digital de conmutación

Estructura

La red digital ITT 1240 está basada en una nueva topología con un máximo de cuatro etapas: las llamadas pueden reflejarse en cualquiera de estas etapas. Los módulos terminales, incluyendo los de líneas, de enlaces y de circuitos de servicio, junto con sus elementos de control, se conectan a la red mediante interfaces terminales estándar (ver Fig. 1)¹. Los elementos de control auxiliar se conectan de la misma manera, y existe accesibilidad completa entre todos los módulos terminales. Tanto el tráfico de conversación como el tráfico entre procesadores (mensajes) se cursan a través de la red digital de conmutación.

Los módulos terminales se conectan a parejas de conmutadores de acceso, que constituyen la primera etapa de la red de conmutación. A su vez, estos conmutadores están conectados al conmutador de grupo, que contiene las tres etapas restantes. Cada par de conmutadores de acceso se conecta mediante dos vías MIC a un elemento de la primera etapa de cada plano del conmutador de grupo (etapa 2 de la red digital de conmutación).

El bloque básico de construcción de la red es el multipuerto de 16 puertos (elemento de conmutación). Cada puerto tiene una parte receptora y una parte transmisora, facilitando comunicación bidireccional con 32 canales. Este elemento o multipuerto tiene capacidad de conmutar tanto en el espacio como en el tiempo, de modo que la información digital que llega por cualquier canal entrante de la parte receptora de uno cualquiera de sus puertos, sea conmutada a cualquier canal saliente de la parte transmisora del mismo u otro puerto.

El número de etapas de la red depende del número de módulos terminales. La capacidad en número de terminaciones y en tráfico puede incrementarse añadiendo etapas y planos de conmutación, hasta alcanzar el equipado máximo con cuatro etapas y cuatro planos de conmutación de grupo. La primera etapa de la red comprende entonces 512 pares de conmutadores de acceso, que proporcionan 6.144 puertos de entrada para conexión de módulos terminales. Dependiendo de la aplicación (centrales interurbanas, locales o combinadas), se obtiene un tamaño de central por encima de las 100.000 líneas ó 60.000 enlaces. Esta estructura se usa en toda la gama de aplicación, desde centrales supervisadas a centrales independientes.

Estrategia de búsqueda de camino

Para buscar un camino entre el módulo de origen y el de destino, el elemento de control de origen compara las direcciones físicas de ambos elementos de control, definiendo así la etapa de reflexión. A continuación determina y transmite una serie de órdenes, cada una de las cuales contiene información para una etapa de conmutación específica¹. Las órdenes hasta la etapa de reflexión son del tipo *cualquier puerto, cualquier canal hacia la etapa siguiente*. Cada elemento de conmutación que recibe una orden realiza la correspondiente búsqueda de camino y establece la conexión, permitiendo así que las sucesivas órdenes alcancen las etapas siguientes. Para establecer el camino desde la etapa de reflexión hasta el elemento de control de destino, se requieren órdenes del tipo *puerto específico, cualquier canal*. Entre cada plano del conmutador de grupo y el par de con-

mutadores de acceso de destino hay dos puertos utilizables, por lo que en este caso las órdenes son del tipo *dos puertos específicos, cualquier canal*. Mediante esta táctica, se busca y establece etapa a etapa un camino simplex entre los elementos de control de origen y de destino.

La selección de canal en cada etapa está gobernada por la orden recibida en conjunción con los mecanismos de búsqueda de camino incorporados al propio elemento de conmutación. El elemento de control de origen primero selecciona al azar un canal libre entre los dos puertos que le conectan a un par de conmutadores de acceso. Los canales en las siguientes etapas se seleccionan por los elementos de conmutación alcanzados. En el camino hasta la etapa de reflexión, los conmutadores de acceso y los elementos de conmutación de grupo seleccionan un puerto libre dentro de los límites fijados por la orden, y posteriormente un canal libre en ese puerto. La selección del puerto de salida se hace mediante un proceso cíclico en el que el punto de comienzo de la búsqueda avanza con cada orden que llega por la misma entrada. Se comprueban todos los puertos que sean seleccionables según la orden recibida. La búsqueda de canal se basa en el criterio del "primer canal libre" para minimizar el retardo de transmisión.

En el camino de vuelta desde la etapa de reflexión al elemento de control de destino, los puertos van especificados en las órdenes para las etapas 4, 3 y 2 (conmutador de grupo). Los elementos de conmutación, por tanto, solamente seleccionan el canal libre más próximo. Ya elegido un plano, se pueden utilizar dos puertos entre las etapas 2 y 1 de la red. El puerto en el que empieza

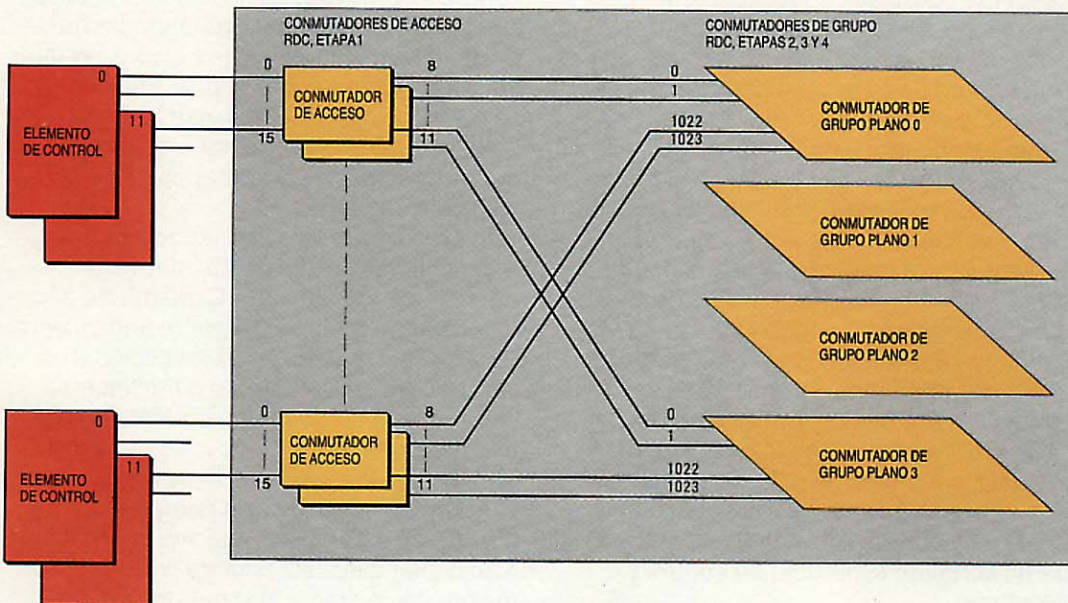


Figura 1 Red digital de conmutación ITT 1240. RDC - red digital de conmutación.

la búsqueda de un canal libre está definido por la orden dirigida a la etapa 2; esta orden se varía para alternar los puntos de comienzo entre los dos puertos involucrados.

Si la búsqueda de camino falla en cualquier etapa, se envía hacia atrás una señal de reconocimiento negativo (NACK) y se inicia una nueva búsqueda (reintento) con la misma serie de órdenes, excepto la dirigida al elemento de conmutación de la etapa 2 de destino. El canal seleccionado entre el elemento de control de origen y el conmutador de acceso se mantiene durante cuatro intentos, de tal forma que los caminos se dirijan a diferentes planos del conmutador de grupo, como consecuencia de la progresión cíclica de la selección de puerto en dicho conmutador de acceso.

Si aún no se encontrara camino, se haría una segunda serie de intentos usando la vía MIC conectada al otro conmutador de acceso, con lo que se accedería a puertos y canales todavía no probados entre ese conmutador y los planos de conmutación de grupo. Mediante esta estrategia, el tráfico se distribuye igualmente entre los puertos, y los reintentos se encaminan de modo que puedan alcanzarse todos los canales posibles.

Comportamiento de la red digital de conmutación

Modelo de tráfico

La figura 2 representa el grafo de todas las posibles vías MIC de 30 canales entre dos elementos de control en una red totalmente equipada; las etapas se indican en la parte superior de la figura. También se da la carga por canal de cada conjunto de vías MIC.

Se supone que siempre hay un canal libre en las dos vías MIC que conectan los elementos de control y los conmutadores de acceso. Esta suposición es exacta en el caso de ECA (elementos de control auxiliares). En el caso de elementos de control terminales (ECT) sólo es una aproximación, aunque la probabilidad de ocupación total de cualquiera de las dos vías es despreciable. Las mismas consideraciones se aplican a los dos extremos del grafo.

Considerando la sección entre los conmutadores de acceso y el de grupo (etapas 1 y 2), todas las fuentes y sumideros de tráfico conectados a un par de conmutadores de acceso pueden usar las $2P$ vías MIC, siendo P el número de planos en el conmutador de grupo. Consecuentemente, tenía que utilizarse una distribución de tipo Engset o Erlang aplicada a la probabilidad de ocupación de canales. En lo que sigue, se supone la distribución de Erlang, aun

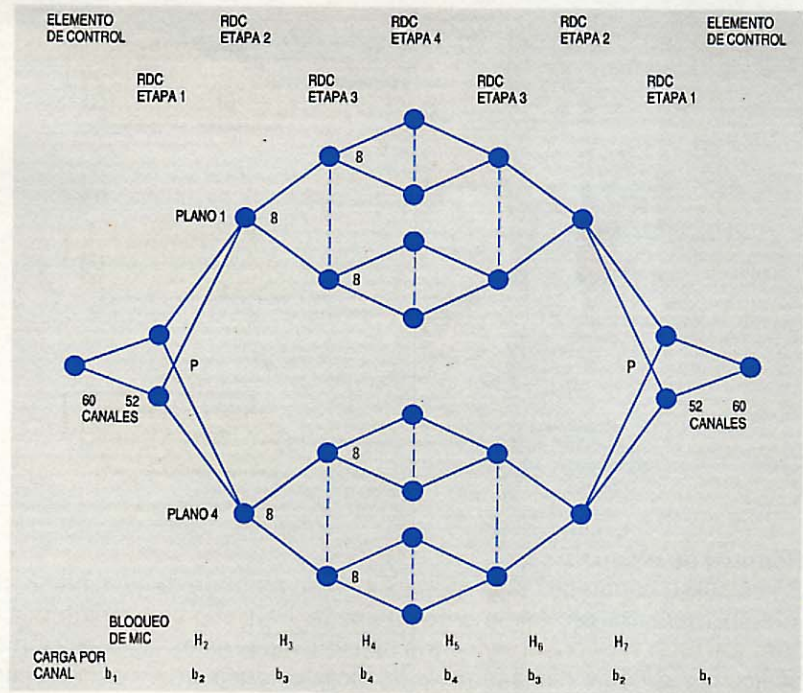


Figura 2
Grafo de todos los caminos posibles (vías MIC) de la red digital de conmutación totalmente equipada.

cuando ésta representa un enfoque pesimista. La estrategia de búsqueda de caminos se ha modelado conforme a un esquema de desbordamiento mutuo, entre las $2P$ vías MIC, para calcular la probabilidad de ocupación de conjuntos determinados de tales vías. Inicialmente se siguieron métodos aproximados, basados en los modelos de Rabe² y Lotze³ que consideran grupos equivalentes cursando el mismo tráfico. Dada la baja probabilidad de bloqueo, el tráfico cursado se puede aproximar al tráfico ofrecido.

La probabilidad de ocupación total de una vía determinada, sea cual fuere el estado de las otras vías, se obtiene de la fórmula de pérdida de Erlang: $E_{30}(30b_2)$. La dependencia entre la ocupación total de diferentes vías MIC se tiene en cuenta al calcular la probabilidad de ocupación total de un conjunto particular de l vías: $H_2(l) = H_7(l) = E_{30l}(30lb_2)$, donde E representa la pérdida de Erlang.

Aunque en condiciones de tráfico normal y alto la probabilidad de desbordamiento sea muy baja y por ello modelos sencillos, sin desbordamiento, puedan dar la suficiente precisión, se han usado modelos con desbordamiento, que son más generales y dan resultados conservadores.

Las probabilidades de ocupación total de una vía determinada dentro del conmutador de grupo son:

$$H_3 = H_6 = E_{30}(30b_3); H_4 = H_5 = E_{30}(30b_4).$$

En la unidad de grupo, las vías MIC pueden suponerse independientes, dado el gran número de vías accesibles para establecer un camino.

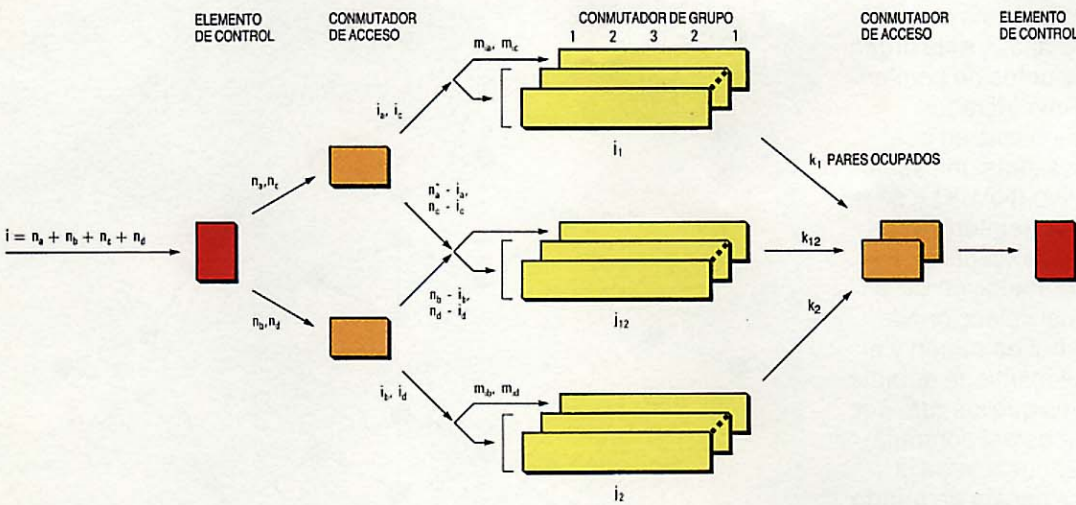


Figura 3
Distribución de los intentos sobre la red.

Fórmula de bloqueo

Se calcula a continuación la probabilidad de bloqueo de un camino simplex después de i intentos para una red totalmente equipada. Para ello se consideró la distribución de los intentos en la red, observando los mecanismos reales de selección de caminos. El método básico para desarrollar la fórmula de bloqueo consiste en definir el número de intentos dirigidos a cada plano del conmutador de grupo, cuya probabilidad se calcula de forma relativamente sencilla. En la figura 3 se muestra cómo se distribuyen en la red los i intentos.

Los i intentos mencionados se agrupan en n_a, n_b, n_c, n_d intentos, que se envían alternativamente hacia los dos conmutadores de acceso. Dependiendo de la ocupación de las vías MIC entre el conmutador de acceso de origen y los conjuntos de planos del conmutador de grupo j_1, j_2 ó j_{12} , éstos pueden alcanzarse a través de uno o ambos conmutadores de acceso. De acuerdo con la distribución de los intentos sobre los planos, se puede calcular el número de intentos i_a e i_c , dirigidos al conjunto de j_1 planos, así como los intentos i_b e i_d que van a los j_2 planos, dirigiéndose los restantes intentos ($n_a - i_a, n_b - i_b$, etc.) a los j_{12} planos. La parte de intentos descrita por m_{1a}, m_{1b} , etc., se dirige a un solo plano.

La probabilidad de bloqueo $P(i)$ después de i intentos es:

$$P(i) = \sum_{j_v \in J} Q(j_v) \sum_{i_v \in I} I(i_v) \sum_{k_v \in K} R(k_v) F(i_a, 0, i_c, 0, j_1, k_1) F(0, i_b, 0, i_d, j_2, k_2) F(n_a - i_a, n_b - i_b, n_c - i_c, n_d - i_d, j_{12}, k_{12})$$

donde: $j_v = (j_1, j_2, j_{12})$; $i_v = (i_1, i_2, i_{12})$; and $k_v = (k_1, k_2, k_{12})$.

Los conjuntos J, I, K se definen después. Las probabilidades de estado se definen mediante $Q(j_v), I(i_v)$ y $R(k_v)$, y los tres términos F son las correspondientes probabilidades condicionales de bloqueo.

Primer término

$Q(j_v)$ es la probabilidad de estado de acceder a j_1, j_2 ó j_{12} planos del conmutador de grupo:

$$Q(j_v) = \binom{P}{j_1} \binom{P-j_1}{j_2} \binom{P-j_1-j_2}{j_{12}} \left[\binom{2P}{j_1+j_2+2j_{12}} \right]^{-1} q(2P-j_1-j_2-2j_{12})$$

donde P es el número de planos equipados; $q(j)$, la probabilidad de tener ocupadas j vías entre las etapas 1 y 2, viene dada por

$$q(j) = \binom{2P}{j} \sum_{l=j}^{2P} \binom{2P-j}{l-j} (-1)^{l-j} \cdot H_2(l).$$

El conjunto J se define por la relación $0 \leq j_1 + j_2 + j_{12} \leq P$.

Segundo término

$I(i_v)$ es la probabilidad de distribuir los n_a, n_b, n_c, n_d intentos como i_a, i_b, i_c, i_d intentos sobre j_1, j_2 planos y los restantes intentos $n_a - i_a, n_b - i_b, n_c - i_c, n_d - i_d$ sobre los j_{12} planos:

$$I(i_v) = I(i_a) I(i_b) I(i_c) I(i_d).$$

Las fórmulas correspondientes para I reflejan una sistemática distribución de los intentos sobre los planos, resultado del avance cíclico de la selección de puerto en los conmutadores de acceso.

$$l(i_a) = \left(i_a - \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^- j_1 \right) \left(n_a - i_a - \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^- j_{12} \right) \left[\left(n_a - \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^- (j_1 + j_{12}) \right) \right]^{-1}$$

El límite inferior para i_a es: $\max \left\{ \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^- j_1, n_a - \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^+ j_{12} \right\}$

El límite superior para i_a es: $\min \left\{ \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^+ j_1, n_a - \left[\frac{n_a}{j_1 + j_{12}} \right]^- j_{12} \right\}$

donde $[]^+$ y $[]^-$ indican los enteros más próximos por exceso y defecto de las expresiones contenidas en los corchetes, respectivamente.

El término $l(i_c)$ es el mismo $l(i_a)$, pero cambiando n_a por n_c e i_a por i_c . (Hay que hacer una diferenciación entre los intentos i_a e i_c , dado que la distribución sistemática se mantiene solamente para las series de intentos n_a, n_b, n_c o n_d). Los términos $l(i_b)$ e $l(i_d)$ se obtienen a partir de $l(i_a)$ e $l(i_c)$ cambiando j_1 por j_2 y ajustando los índices de n_a e i_a convenientemente.

Tercer término

$R(k_v)$ es la probabilidad de tener k_1, k_2, k_{12} pares de vías ocupadas en la sección entre las etapas 2 y 1 de destino, desde los j_1, j_2, j_{12} planos:

$$R(k_v) = \frac{\binom{j_1}{k_1} \binom{j_2}{k_2} \binom{j_{12}}{k_{12}}}{\binom{j_1 + j_2 + j_{12}}{k_1 + k_2 + k_{12}}} \cdot r(j_1 + j_2 + j_{12}, k_1 + k_2 + k_{12})$$

donde $r(j, k)$ es la probabilidad de tener k pares de vías ocupadas en un conjunto de j planos

$$r(j, k) = \binom{j}{k} \sum_{l=k}^j \binom{j-k}{l-k} (-1)^{l-k} H_7(2l).$$

El conjunto K se define por las relaciones $0 \leq k_1 \leq j_1, 0 \leq k_2 \leq j_2, 0 \leq k_{12} \leq j_{12}$.

Términos F

$F(m_a, m_b, m_c, m_d, j, k)$ es la probabilidad de bloqueo condicional de m_a, m_b, m_c y m_d intentos sobre j planos con k pares de vías ocupadas. F se calcula mediante una fórmula recurrente, comenzando por el estado $j = 1$. Para el estado $j = 1$, la probabilidad de bloqueo es la unidad si $k = 1$ o bien $G(m_a + m_b + m_c + m_d)$ si $k = 0$. $G(m)$ es la probabilidad de bloqueo si se hacen m intentos sobre un plano del conmutador de grupo:

$$G(m) = \sum_{l=0}^8 \binom{8}{l} H_3^{8-l} (1-H_3)^l T(m, l), \text{ con}$$

$$T(m, l) \begin{cases} = 1 & \text{si } l = 0 \\ = \sum_{m_1=0}^m \binom{m}{m_1} \left(\frac{1}{l}\right)^{m_1} \left(\frac{l-1}{l}\right)^{m-m_1} T(m_1, 1) T(m-m_1, l-1) & \text{si } l > 1 \\ = H_6 + (1-H_6) \left[H_4^8 + \sum_{j=1}^8 \binom{8}{j} H_4^{8-j} (1-H_4)^j \cdot \sum_{k=1}^j \binom{j}{k} H_5^k (1-H_5)^{j-k} \left(\frac{k}{j}\right)^m \right] & \text{si } l = 1. \end{cases}$$

La fórmula recurrente para el caso general: $F(m_a, m_b, m_c, m_d, j, k) =$

$$\sum_{k_1=0}^1 \frac{\binom{j-1}{k-k_1}}{\binom{j}{k}} \sum_{m_{1a} \in M_a} u(m_{1a}) \sum_{m_{1b} \in M_b} v(m_{1b}) \sum_{m_{1c} \in M_c} w(m_{1c}) \sum_{m_{1d} \in M_d} x(m_{1d}) \cdot F(m_{1a}, m_{1b}, m_{1c}, m_{1d}, 1, k) \cdot F(m_a - m_{1a}, m_b - m_{1b}, m_c - m_{1c}, m_d - m_{1d}, j-1, k-k_1)$$

donde u es la probabilidad de dirigir m_{1a} intentos a un plano.

$$u = \binom{j-1}{m_a - m_{1a} - \left[\frac{m_a}{j}\right]^{-(j-1)}} \left[\binom{j}{m_a - \left[\frac{m_a}{j}\right]^{-j}} \right]^{-1}$$

El límite inferior del sumatorio de m_{1a} es: $\max \left\{ \left[\frac{m_a}{j}\right]^{-}, m_a - \left[\frac{m_a}{j}\right]^+ (j-1) \right\}$,

mientras que el límite superior es: $\min \left\{ \left[\frac{m_a}{j}\right]^+, m_a - \left[\frac{m_a}{j}\right]^{-(j-1)} \right\}$.

Los otros términos v, w, x se calculan cambiando adecuadamente los índices.

Fórmula para el primer intento

Usando la fórmula anterior de $P(i)$, el bloqueo para el primer intento ($i = 1$) es:

$$P(1) = H_2(P) + (1 - H_2(P)) \left\{ H_3^8 + (1 - H_3)^8 (H_4^8 + (1 - H_4)^8 (H_5 + (1 - H_5) (H_6 + (1 - H_6) H_7(2)))) \right\}$$

Dado que los términos H_3^8, H_4^8 son despreciables comparados con los otros términos y que todas las probabilidades son pequeñas comparadas con 1, una buena aproximación es: $P(1) = H_2(P) + H_5 + H_6 + H_7(2)$.

Esto se puede explicar por la figura 4, que es el grafo para un intento (sólo se representan las vías MIC). El bloqueo al primer intento ocurre, bien si están bloqueadas todas las vías entre las etapas 1 y 2 o bien si está totalmente ocupada una vía entre las etapas 4 y 3, o entre las etapas 3 y 2, o lo está el par de vías a los conmutadores de acceso.

Ejemplo

En la figura 5 se representan las probabilidades de bloqueo calculadas para centrales locales y de tránsito del tamaño máximo. Se han considerado varios niveles de tráfico por línea y enlace. En general se ha despreciado el tráfico entre procesadores, ya que los tiempos medios de duración de estas conexiones son unas 10.000 veces inferiores a los de conversación. Es más, cerca de la mitad del tráfico entre procesadores se cursa sobre caminos semipermanentes, los cuales se han tenido en cuenta mediante la correspondiente reducción del número de canales accesibles en cada vía MIC.

La figura 5 muestra que la red de conmutación es una red virtualmente sin bloqueo, incluso con altos niveles de tráfico. Las bajas probabilidades de pérdida ayudadas por el gran tamaño de los elementos de conmutación hacen al sistema prácticamente insensible a los desequilibrios de tráfico. La figura también muestra cómo las probabilidades de pérdida disminuyen rápidamente con el número de intentos. Esto hace que el número medio de intentos sea prácticamente la unidad, en gran parte por la baja probabilidad de pérdida al primer intento $P(1)$.

Probabilidad de pérdida de una llamada
Para completar una llamada hay que establecer un conjunto de caminos simplex, que comprenden los de conversación y

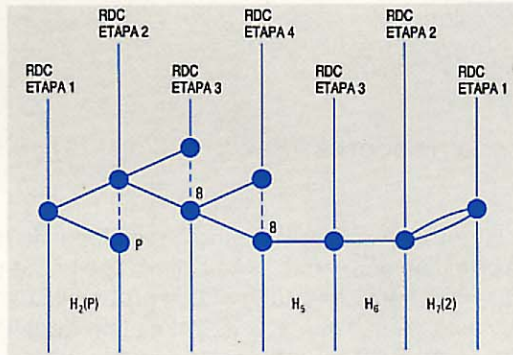


Figura 4 Grafo para un solo intento.

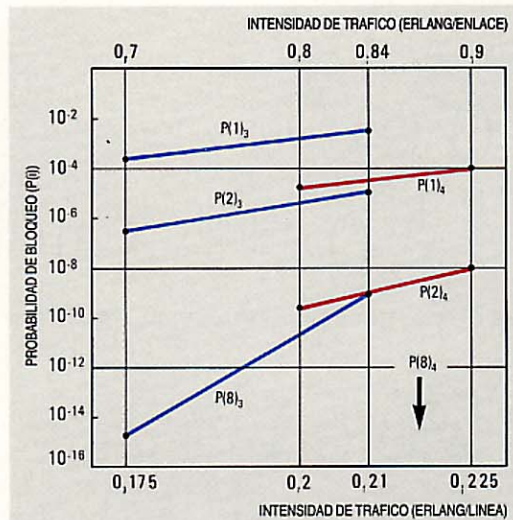
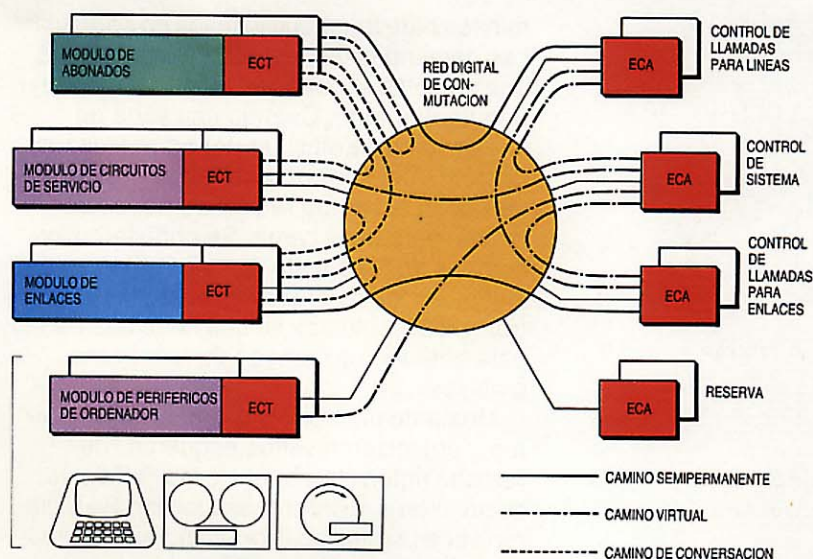


Figura 5 Valores del bloqueo $P(i)_p$ después de $i = 1, 2, 8$ intentos, para $p = 3$ y 4 planos.

todos los de comunicación entre procesadores. El número de mensajes entre procesadores depende del tipo de llamada y señalización (interna, saliente, entrante, etc.). Cerca de la mitad de los mensajes se cursan entre ECT y ECA conectados por caminos semipermanentes, y por lo tanto sin bloqueo. Como pueden necesitarse alrededor de 50 caminos simplex para establecer una conexión completa de conversación, la probabilidad de pérdida final será otras tantas veces mayor que la probabilidad de bloqueo de un camino. Para el bloqueo final sólo tiene alguna relevancia la suma de las probabilidades de bloqueo de los caminos simplex sobre los que se ejercen varios intentos. Por tanto, incluso para una llamada completa, la red digital de conmutación carece virtualmente de bloqueo.



Control distribuido

Como se describe en otro artículo¹, el control del ITT 1240 está distribuido entre los ECT, ECA y los elementos digitales de conmutación (Fig. 6). En la figura 7 se muestra la organización de los elementos de control para el procesamiento. Los conceptos de capacidad para los sistemas de control centralizado⁴ también se aplican en gran medida a los sistemas de control distribuido. Sin embargo, es importante aclarar algunas características de la capacidad de procesamiento de llamadas de estos últimos. Tanto en los sistemas centralizados como en los distribuidos se dan cifras de capacidad para cada configuración; éstas especifican el número de BHCA (intentos de llamadas en la hora cargada) que el sistema puede cursar, cumpliendo unas condiciones determinadas de grado de servicio y con una cierta proporción de mezcla de llamadas.

En los sistemas de control centralizado, donde un grupo de procesadores es responsable de varias funciones de control de llamadas, normalmente el número de procesadores en dicho grupo está limitado por problemas asociados con la actualización de las memorias y el estado del sistema, puesto que el número de mensajes entre procesadores por cada procesador aumenta con el número de éstos.

En los sistemas de control distribuido, este problema se ha resuelto mediante la provisión de más inteligencia en otras partes del sistema, y dividiendo adecuadamente las funciones del control de llamadas y de gestión de los datos. Se puede diseñar un sistema con estas características de manera que, dentro de la gama de aplicación, el número de mensajes entre procesadores

por cada procesador no aumente con el número de éstos. Por lo tanto, cuando se requiera capacidad de proceso adicional para una función particular, será posible conseguirla añadiendo procesadores.

En las centrales ITT 1240 el referido número de mensajes por procesador solamente aumenta cuando se pasa de la versión pequeña a la versión mediana-grande, ya que en la pequeña varias funciones se realizan por el mismo procesador. En la versión mediana-grande el número de mensajes por procesador es independiente del tamaño de la central, por lo que la capacidad de proceso se puede aumentar, siempre que sea necesario, sin más que añadir microprocesadores.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, este artículo no considera la capacidad de tratamiento de llamadas de ninguna configuración en particular, sino solamente los parámetros relativos a tiempo de respuesta.

Modelos para el control

La programación del ITT 1240 está formada por módulos, llamados FMM (máquinas de mensajes finitos), que están distribuidos entre los elementos de control (nodos). Para investigar los aspectos funcionales y de capacidad del control, se desarrollaron varios modelos con objetivos específicos. Así, pues, el *modelo de simulación para un nodo simple* sirvió para investigar diferentes modos de organizar la programación dentro de cada procesador, tales como la asignación de prioridades y la comparación entre filosofías de interrupción y de interrogación secuencial en el tratamiento de mensajes. El modelo considera *secuencias de procesos* estocásticamente dependientes, ejecutadas por un procesador concreto. Cada proceso es la ejecución de una FMM deter-

Figura 6
Configuración del control en el ITT 1240.

minada para tratar una llamada en particular. Las demandas de procesamiento de cada una de estas secuencias se generan independientemente. Cuando una serie de tareas se ha de ejecutar por un procesador diferente del considerado, en este último se simula el tiempo requerido por estas tareas, pero no la carga. Se obtuvieron los tiempos de respuesta con diferentes soluciones en los diversos elementos de control, y los resultados se convolucionaron para obtener los tiempos de respuesta globales.

Mediante un *modelo analítico* se evaluaron y optimizaron varios esquemas de llamada (interrelación entre las FMM y su asignación a microprocesadores). Se hicieron varias comprobaciones mediante simulación para determinar el margen de validez de dicho modelo analítico.

El sistema real se puede considerar como una red de colas, en la que cada nodo es una cola de un solo servidor con realimentación y prioridades. Dado que no había ningún modelo analítico disponible que diera distribuciones de espera con estas características, se intentaron, sin éxito, diferentes aproximaciones^{5, 6, 7}. Un modelo analítico basado en elementos de control independientes, cada uno de ellos sustituido por una cola M/M/1 con prioridades que no provocan interrupciones⁸, dio con suficiente exactitud los tiempos medios de respuesta en la mayoría de los casos. El efecto de las interrupciones de reloj se introdujo mediante una aproximación sencilla que alarga la duración de cada tarea y los correspondientes tráficos en un factor $(1 - c)^{-1}$, donde c es la carga media del procesador debida a las tareas del reloj. La fórmula para el tiempo medio de cola, Q , de una secuencia de tareas, S , ejecutadas en un nodo es:

$$Q = \sum_{\forall i \in S} \left\{ \frac{\sum_j \left(\frac{a_j}{1-c} \right)}{\left[1 - \sum_{j=0}^{p_i-1} \left(\frac{a_j}{1-c} \right) \right] \left[1 - \sum_{j=0}^{p_i} \left(\frac{a_j}{1-c} \right) \right]} \left(\frac{h}{1-c} \right) + \left(\frac{h_i}{1-c} \right) - h_i \right\}$$

donde

- p_i - prioridad tareas i
- a_j - tráfico de las tareas con prioridad j
- h_i - tiempo de proceso de la tarea i
- h - tiempo medio de proceso de todas las tareas excepto el reloj
- c - tráfico de las tareas de reloj.

Las tareas con el subíndice i son las que forman la secuencia S para la cual se está calculando el tiempo de cola.

En un tercer paso, se desarrolló un *modelo de simulación multinodo*, con varios procesadores, esencialmente para obtener

estimaciones fiables de los parámetros de retardo/grado de servicio y, en particular de los tiempos medios de retardo previamente evaluados mediante el modelo analítico. La estructura de control de una central está definida por el número de elementos de control (nodos) de cada tipo y por los esquemas de llamada, que son los datos de entrada al programa de simulación. Cada elemento de control se reproduce en cuanto a las tareas de proceso de mensajes, interrupciones de reloj y prioridades.

El programa de simulación, que utiliza conceptos de flexibilidad ya descritos en otro artículo⁹, se puede adaptar a cualquier tipo de modelo. El modo en que más se utiliza el modelo se asemeja al descrito en otro documento¹⁰. Se definen fases de llamada asociadas con otras tantas funciones telefónicas, tales como envío del tono de marcar, marcación y análisis del n -ésimo dígito, análisis de prefijo, selección y establecimiento de camino para llamadas salientes, recepción del último dígito, selección y establecimiento de camino para llamadas locales, liberación de llamadas, etc. En cada una de estas fases se definen varias *secuencias de procesos* de acuerdo con el esquema de la llamada.

En el modelo de simulación multinodo, el instante de aparición de eventos externos se determina mediante secuencias aleatorias. Por ejemplo, para una llamada saliente con señalización R2, los eventos externos son: la aparición de la llamada, la marcación de dígitos (uno por dígito), el comienzo y el final de señales de ida y de retorno durante la señalización, y el cuelgue del abonado.

Este tipo de modelo reproduce la correlación entre secuencias con suficiente detalle para la evaluación del grado de servicio, sin guardar registro de las llamadas desde que el abonado llamante descuelga hasta la liberación final (lo cual aumentaría significativamente las necesidades de memoria y tiempo de ejecución en el ordenador). Para el estudio del control de sobrecarga, se realizó con mayor detalle la correlación entre las distintas fases de las llamadas.

El comportamiento funcional del sistema se reproduce en el modelo de un modo sencillo. El proceso de eventos externos iniciados por un generador produce una serie de secuencias de proceso que los procesadores ejecutan según las mismas reglas que en el sistema real. La figura 7 representa la forma en que se realiza el proceso y la transmisión de los mensajes, tomando como ejemplo la interacción entre dos FMM. Existen tres casos posibles en la transmisión de los mensajes:

- Transmisión de un *mensaje interno* dentro del mismo procesador, propor-

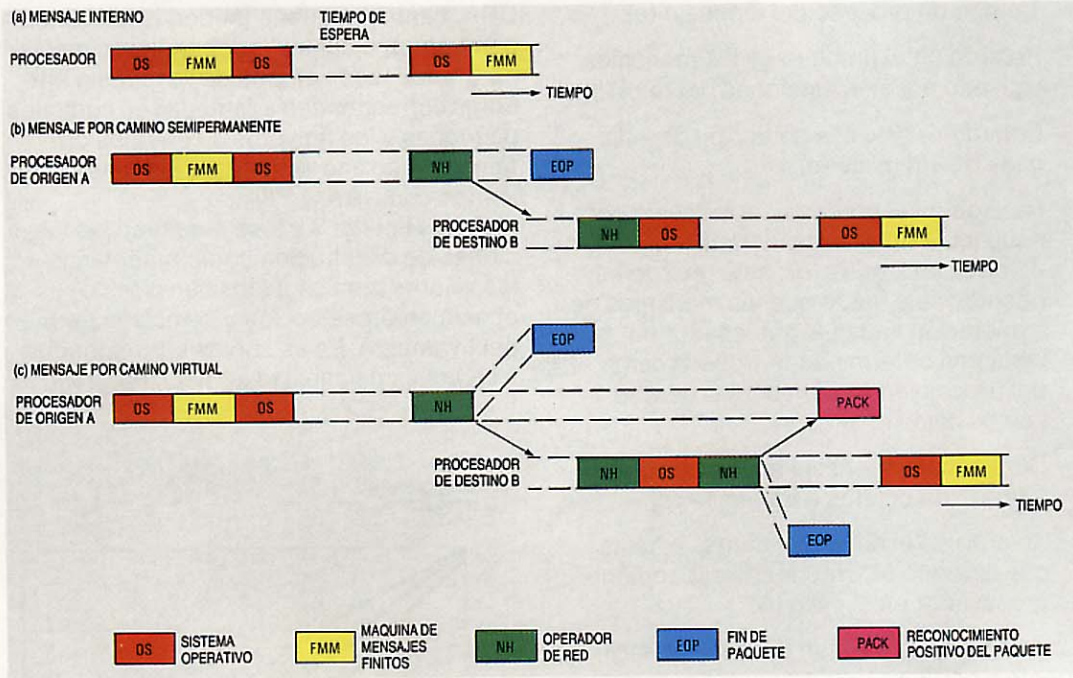


Figura 7
Transmisión y procesamiento de mensajes (a) mensaje interno, (b) mensaje por camino semipermanente, y (c) mensaje por camino virtual.

cionando la entrada a otra FMM. En este caso la nueva FMM se ejecuta en el procesador en la forma usual, con la participación del sistema operativo (Fig. 7a).

- Envío de un mensaje al procesador B a través de un camino semipermanente que actúa como canal de datos bajo el control del operador de red. El procesador A interviene de nuevo para enviar el mensaje de fin de paquete. Con ayuda del operador de red y del sistema operativo, se recibe el mensaje en el procesador B y se pone en cola para su proceso (Fig. 7b).
- Envío de mensaje al procesador B a través de un camino virtual (camino que se establece solamente para la transmisión de un mensaje). En este caso, además de las operaciones descritas para la transmisión por el canal de datos, se devuelve una señal de reconocimiento positivo (PACK) del procesador B al procesador A (Fig. 7c).

Los lugares donde se pueden producir esperas se representan mediante líneas de puntos en el eje de tiempo.

Tanto los modelos analíticos como de simulación suponen una red de conexión sin bloqueo, suposición razonable para el ITT1240 aun con altos niveles de carga. La hipótesis de independencia entre secuencias de procesos del modelo de simulación "multinodo" es también aceptable para niveles de carga normales y altos.

Con el fin de estudiar el mecanismo del control de sobrecarga, se generalizó el

modelo "multinodo" para correlacionar todas las secuencias de procesos. Por simplicidad, el tiempo requerido por la red digital de conmutación para establecer un camino virtual, un camino de conversación o un canal de datos se supuso constante e igual al tiempo medio que se necesitaría en la configuración simulada.

Modelo de la conexión a unidades remotas de abonados

Las unidades remotas de abonados (URA) dan servicio para capacidades de abonado muy pequeñas; hasta ocho URA pueden conectarse a la central principal a través de uno o dos enlaces digitales, en una configuración con segregación en serie y explotación secuencial. La señalización entre las URA y la central principal introduce unos retardos adicionales que se deben evaluar y convolucionar con los que introducen las otras funciones ejecutadas por la central principal. Las llamadas desde esta central a una URA, y viceversa, están modeladas mediante dos módulos separados que se suponen estocásticamente independientes: la transmisión de mensajes entre el RIM (módulo de interfaz de URA) y la propia URA, con procesamiento de los mismos en la URA o el RIM; todas las demás funciones realizadas por la central principal fuera del RIM. El retardo introducido por el primer módulo depende del número de mensajes a ser transmitidos. El retardo asociado al segundo se evalúa por los métodos ya descritos.

Para la evaluación de los retardos de transmisión entre RIM y URA se deben considerar los siguientes componentes:

- Tiempo de proceso del mensaje (a).
- Retardo en el proceso de los mensajes causado por interrupciones del reloj (b).
- Retardo debido a la detección de la llegada del mensaje (c).
- Retardo en el proceso del mensaje por ocupación del procesador en el proceso de otros mensajes (d); este retardo es despreciable, dado que los mensajes de exploración llegan al procesador en instantes determinados y que la carga del procesador por mensajes de otro tipo es baja.
- Duración del mensaje expresada en número de octetos a transmitir (e).
- Retardo en el envío del mensaje hasta que le toque el turno al correspondiente procesador en el ciclo (f).

Los retardos de a a d se determinan fácilmente a partir de los tiempos de proceso, mientras que el retardo e es fijo y depende del texto del mensaje. Para un mensaje del RIM a la URA, el retardo f depende del tiempo consumido en la exploración de cada URA. Por el contrario, si el mensaje va de URA a RIM, dependerá del tiempo invertido en explorar todas las URA, o sea de la duración del ciclo de exploración.

La referida duración del ciclo tiene tres componentes: uno constante, fijo para un número dado de URA, y dos variables que son proporcionales al número de mensajes RIM-URA y URA-RIM durante el ciclo de exploración. Dada la función g(x) de densidad de probabilidad de duración del ciclo, la función f(t) de densidad del retardo f de un mensaje de URA a RIM, se obtiene por la fórmula:

$$f(t) = \int_t^{\infty} g(x) dx \left(\int_0^{\infty} dy \int_y^{\infty} g(x) dx \right)^{-1}$$

Para los mensajes de RIM a URA, g(x) se debe sustituir en la fórmula anterior por la función de densidad del tiempo dedicado a cada URA por la exploración.

Características del control distribuido

Se ha realizado un extenso análisis de las características del control para diferentes configuraciones, cargas de los procesadores, y combinaciones de tráfico. Los resultados son muy uniformes para las distintas configuraciones, siendo los tiempos de respuesta mayores cuando existen más procesadores, a causa del mayor número de mensajes entre procesadores que se requerirán normalmente. Sin embargo, dichos tiempos no varían significativamente dentro de una versión determinada, ya sea

URA, central pequeña (supervisada o independiente), o central independiente mediana-grande. Los tiempos de respuesta menores corresponden a llamadas en centrales pequeñas y los mayores a centrales de tamaño mediano-grande y a algunas conexiones con URA.

En las figuras 8 y 9 se muestran las funciones de distribución complementarias y los valores medios de los tiempos de respuesta en preselección y selección, respectivamente. Estas curvas corresponden a centrales de capacidad mediana-grande,

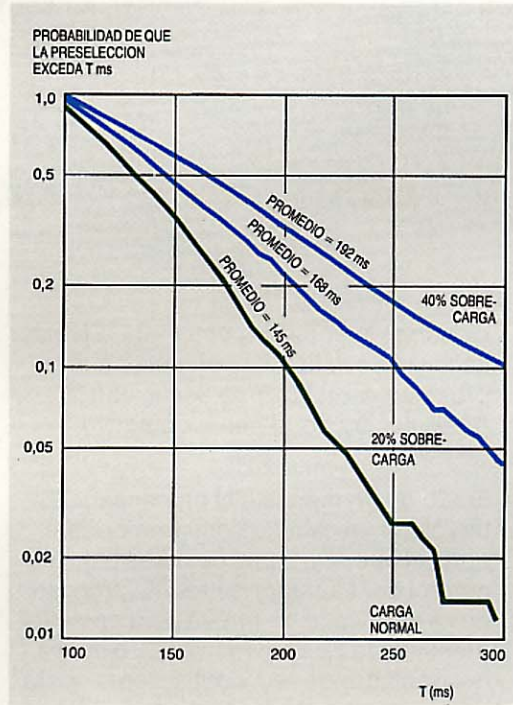


Figura 8
Función complementaria de distribución del tiempo de respuesta en preselección.

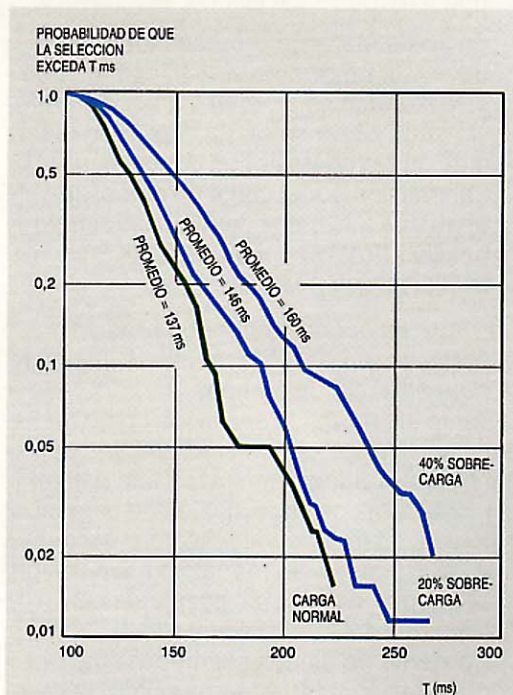


Figura 9
Función complementaria de distribución del tiempo de respuesta en selección.

en condiciones normales de carga, y para cargas un 20% y un 40% superiores a lo normal. En ellas se indica claramente el pequeño impacto que tiene el aumento del número de BHCA en los tiempos de respuesta. En la práctica, un incremento del 40% en el número de BHCA produce aumentos respectivos del 32% y 17% en los tiempos medios de respuesta de preselección y selección. Las acciones del control de sobrecarga aseguran que las cifras de capacidad de cada central se mantienen para cualquier nivel de carga ofrecida, con una degradación despreciable del grado de servicio.

En el caso de centrales pequeñas, el tiempo de respuesta en preselección para llamadas originadas en una URA se incrementa en 50 ms. El tiempo medio de selección para tales llamadas se representa en la figura 9. Las llamadas desde la central principal a la URA tienen un retardo adicional de 20 ms en el tiempo de selección.

Conclusiones

El tratamiento del tráfico en las centrales digitales ITT 1240 es notablemente mejor que en los sistemas de conmutación SPC convencionales. En efecto:

- La red digital de conmutación carece virtualmente de bloqueo a cualquier nivel de carga, pudiendo también ampliarse en un amplio margen sin necesidad de reconfiguración.
- La capacidad de procesamiento del control puede incrementarse tanto como se requiera (para ampliaciones) por simple adición de microprocesadores y sin ningún límite superior.
- La administración de tráfico está enormemente simplificada, dado que la central acepta desequilibrios de tráfico sin degradación significativa de sus características.

- Como resultado de su arquitectura única, la naturaleza de su control distribuido, y la redundancia de los procesadores, la central ITT 1240 es excepcionalmente resistente a los efectos de los fallos, demostrando un buen comportamiento aun en el caso de fallo de uno o más microprocesadores.

Se ha dedicado un esfuerzo considerable al estudio de las características de tráfico del ITT 1240, incluyendo innovaciones significativas. Se han desarrollado nuevas herramientas, tanto analíticas como de simulación, que son idóneas para el estudio de sistemas con control distribuido.

Referencias

- 1 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126–134 (en este número).
- 2 F. W. Rabe: Reciprocal Overflow Traffic; *Proceedings of the 2nd International Teletraffic Congress*.
- 3 A. Lotze y W. Wagner: Table of the Modified Palm-Jacobaeus Loss Formula; Technical University, Stuttgart.
- 4 J. E. Villar: Traffic Calculations in SPC Systems; *Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress*, 1976, Melbourne, Australia. También en *Comunicaciones Eléctricas*, 1977, volumen 52, nº 3, págs. 205–212.
- 5 L. Takacs: A Single Server Queue with Feedback; *Bell System Technical Journal*, marzo 1963, volumen 42.
- 6 B. Fontana y C. Díaz Berzosa: New Exact Expressions and some Approximations for Delay Distributions in an M/M/1 Queue with Feedback; Internal Report, Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid.
- 7 M. Villén y G. Morales: Traffic Analysis of a Class of Distributed SPC Systems; *Proceedings of the 9th International Teletraffic Congress*, Torremolinos, España, 1979.
- 8 N. K. Jaiswal: Priority Queues; Academic Press, 1968.
- 9 O. González Soto, J. A. García Higuera, C. Díaz Berzosa y L. Martínez Miguez: Modelación y simulación flexible para el análisis de procesadores de control; *Comunicaciones Eléctricas*, 1980, volumen 55, nº 1, págs. 26–36.
- 10 G. Dietrich y R. Salade: Subcall-Type Control Simulation of SPC SWitching Systems; *Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress*, Melbourne, 1976.

Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local

Un mismo conjunto estándar de módulos terminales ITT 1240 puede cubrir toda la gama de aplicación de centrales locales, desde las grandes centrales independientes con capacidad de más de 100000 líneas, hasta las unidades remotas de abonado, utilizables con sólo seis abonados.

M. Van Brussel

Bell Telephone Manufacturing Company,
Amberes, Bélgica

A. Campos Flores

Centro de Investigación ITT de Standard
Eléctrica, Madrid, España

Introducción

La red telefónica local impone requisitos muy exigentes a las centrales. Idealmente, un sistema de conmutación para la red local debería poder dar servicio a un pequeño número de abonados rurales y ser capaz de ampliarse para atender a 100000, o más, abonados en una extensa zona urbana. Al mismo tiempo es importante que el coste de dar servicio en el extremo inferior de la gama no se vea afectado adversamente por el requisito de poder alcanzar un gran número de abonados, y viceversa. Todas las centrales, cualquiera que sea su tamaño, han de ofrecer una gama completa de servicios y facilidades modernas a los abonados y a las Administraciones.

Otra característica importante desde el punto de vista de la Administración, es que sea posible ampliar las centrales gradualmente y en incrementos pequeños, ciñéndose a la demanda de abonados, para que el rendimiento de la inversión sea máximo.

En otros artículos de este número de *Comunicaciones Eléctricas* se ha explicado cómo la arquitectura modular de la central digital ITT 1240 la hace excepcionalmente

adecuada para satisfacer los exigentes requisitos de la aplicación a la red local^{1,2,3,4,5,6}. En el extremo inferior, la unidad remota de abonados puede dar servicio a tan sólo seis abonados, mientras que en el otro extremo las grandes centrales independientes pueden atender a más de 100000 líneas (Fig. 1).

La estructura modular y el control distribuido del ITT 1240 permiten un crecimiento gradual, desde centrales pequeñas supervisadas hasta grandes centrales locales o combinadas local/tránsito, sin más que ir añadiendo módulos estándar que incorporen la capacidad de proceso necesaria, y ampliando la red digital de conmutación de acuerdo con el número de módulos terminales y el tráfico.

Otra propiedad notable de la central ITT 1240 es el necesitar pocos tipos de módulos terminales para conseguir la gama completa de centrales locales, cubriendo el amplio margen ya señalado. La tabla 1 muestra cómo las unidades remotas de abonados, y las centrales supervisadas e independientes, se construyen conectando los módulos adecuados (de un conjunto normalizado de sólo 15 módulos terminales) a la red digital de conmutación. La figura 2 presenta una red local típica con centrales ITT 1240 e ilustra los módulos usados en cada tipo de central.

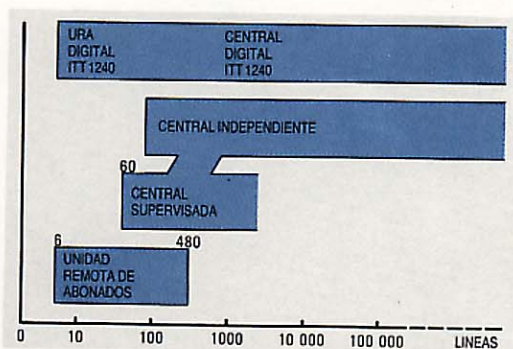


Figura 1
Margen de crecimiento de las URA, centrales supervisadas y centrales independientes ITT 1240.

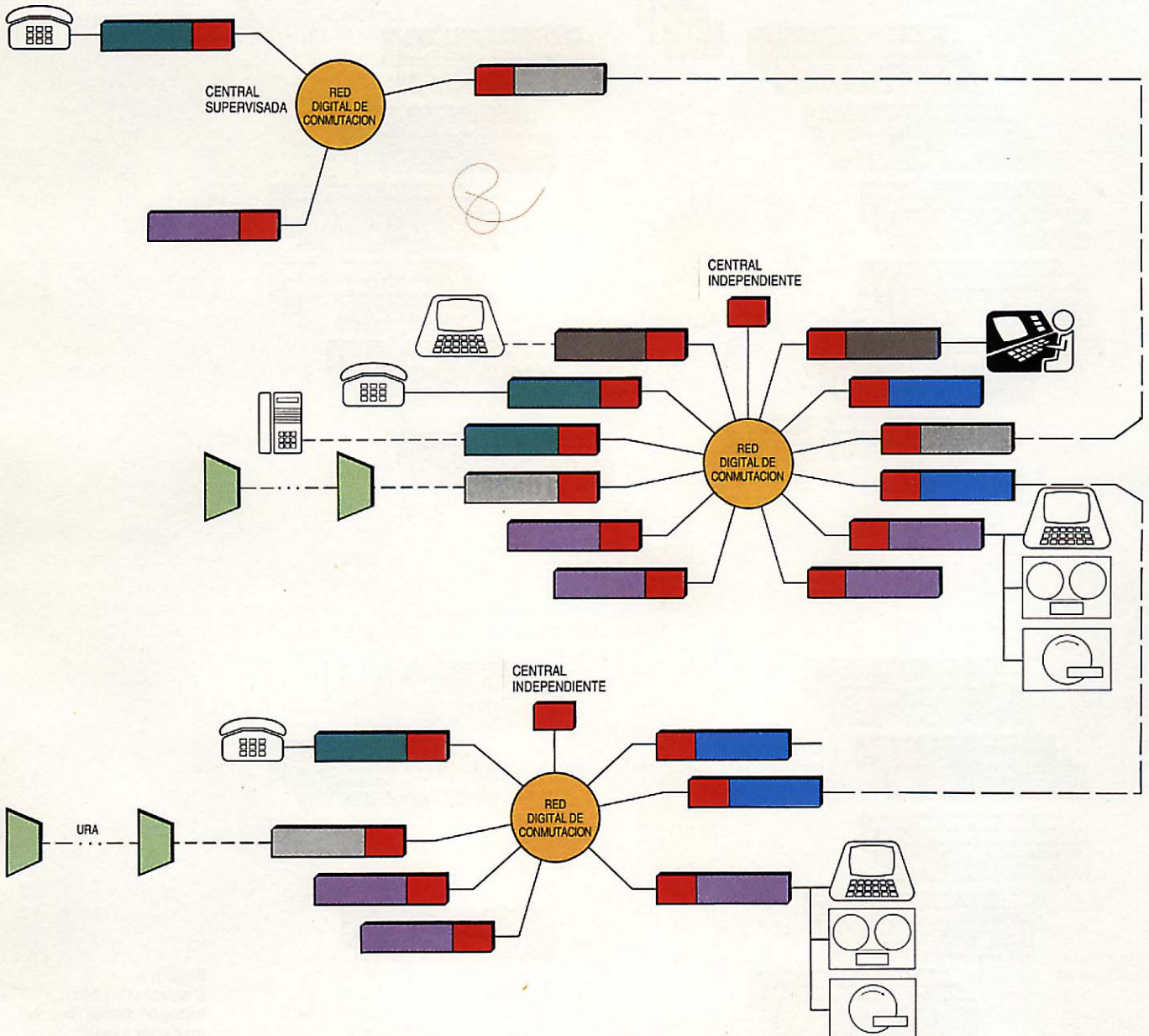
Centrales independientes

Las centrales independientes ITT 1240 están diseñadas para aplicarse en la red, tanto de modo individual como con centrales supervisadas. Ofrecen una gama completa de facilidades de mantenimiento y administración, incluyendo la posibilidad de alejar los terminales de comunicación hombre-máquina o de conectar la central a un centro de operación y mantenimiento. En

Tabla 1 — Módulos básicos de equipo en las centrales locales ITT 1240

Tipo de módulo	URA	Central local				
		Supervisada		Independiente		
		1	2	1	2	3
Módulo de abonados analógicos	●	●	●	●	●	●
Módulo de abonados digitales		●	●	●	●	●
Módulo interfaz de URA			●		●	●
Módulo interfaz de central		●	●			
Módulo de enlaces analógicos			●		●	●
Módulo de enlaces digitales			●		●	●
Módulo de circuitos de servicio			●		●	●
Módulo de canal común						●
Módulo de periféricos de ordenador						●
Módulo de reloj y tonos						●
Elemento de control auxiliar			●		●	●
Módulo de circuitos de servicio/reloj y tonos		●	●	●	●	
Módulo de periféricos de ordenador/enlaces				●	●	
Circuito de enlace digital con segregación	●					
Módulo interfaz de supervisada						●

Figura 2
Red local típica con varias URA, una central supervisada y dos centrales independientes ITT 1240. (Véanse los tipos de módulo en las distintas configuraciones de central).



versiones de gran capacidad son aptas para grandes núcleos urbanos, y como pequeñas centrales autónomas se utilizan en redes rurales, cubriendo también las centrales combinadas local/tándem. Todas estas aplicaciones se consiguen utilizando módulos estándar ITT 1240.

Como se muestra en las figuras 3, 4 y 5, se distinguen tres tamaños de centrales independientes. Los tres permiten el tratamiento separado de las funciones de mantenimiento y administración. En el caso de las aplicaciones locales más grandes, la central de la figura 3 proporciona la totalidad de facilidades a un gran número de abonados de diferentes tipos, e incorpora asistencia de operadoras, memoria de masas y comunicación hombre-máquina.

La figura 4 muestra una configuración más económica, para centrales menores;

en ella se utilizan módulos combinados de circuitos de servicio/reloj y tonos y de periféricos de ordenador/enlaces con el objetivo de reducir lo más posible el equipo común de la central, sin dejar de ofrecer todas las facilidades. En el extremo inferior de tamaños, la central independiente de la figura 5 presenta la configuración mínima, utilizando también módulos combinados para minimizar la necesidad de equipo. Las centrales independientes pequeñas pueden ser explotadas y mantenidas de forma autónoma, ya que gozan de las mismas facilidades que las centrales ITT 1240 grandes y medianas, incluyendo la comunicación hombre-máquina (CHM) desde un terminal local o remoto. Este tipo de central incorpora un reloj simplificado, que puede operar autónomamente o como esclavo en una red digital sincronizada.

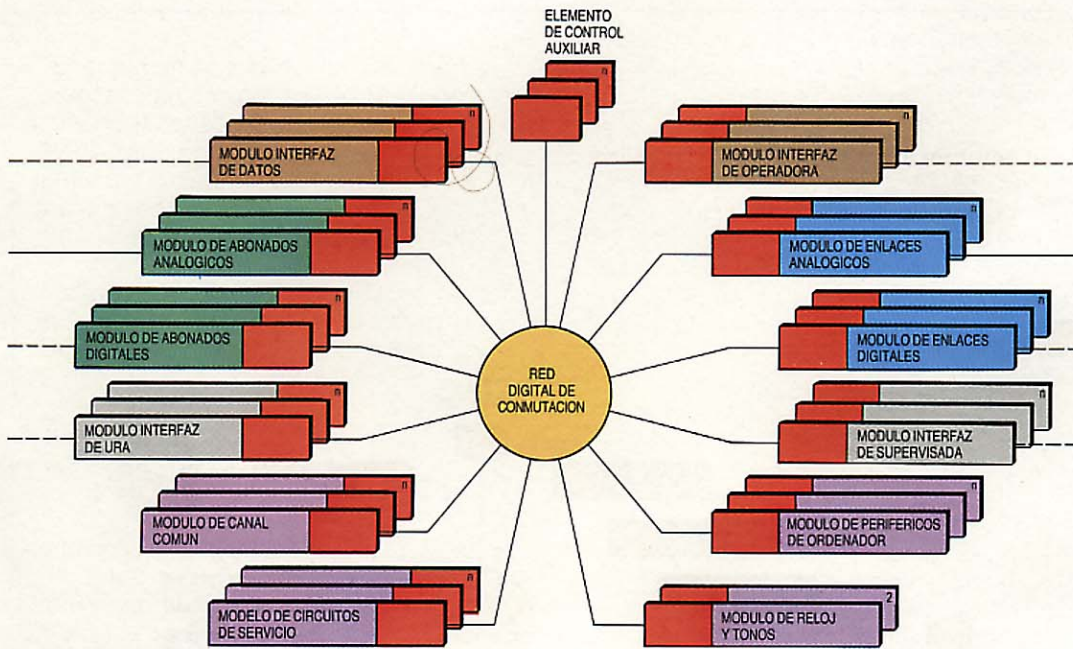


Figura 3
Central ITT 1240
independiente (grandes
centrales locales).

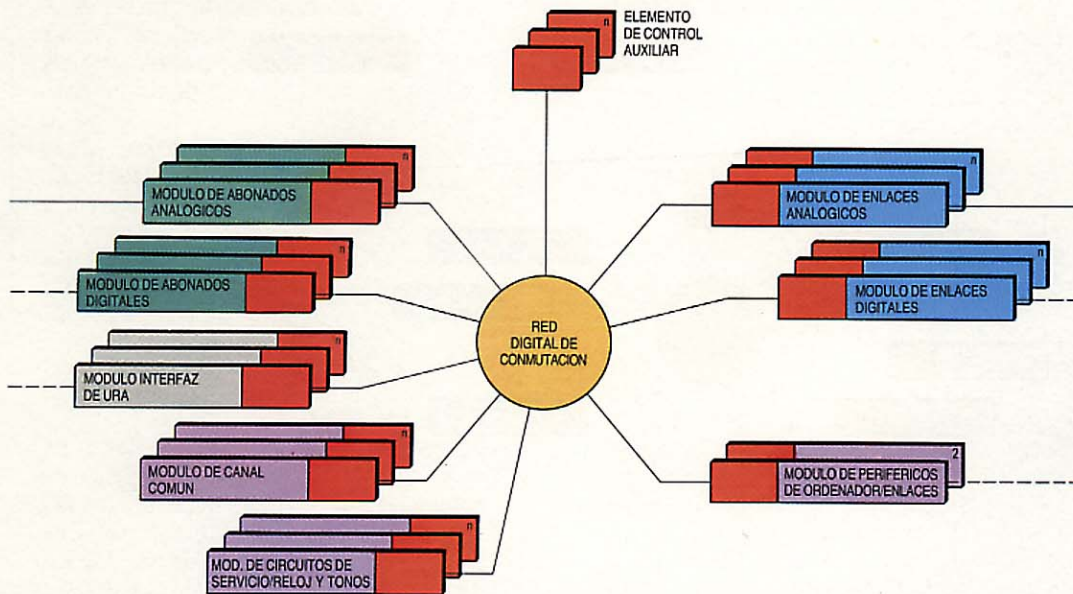
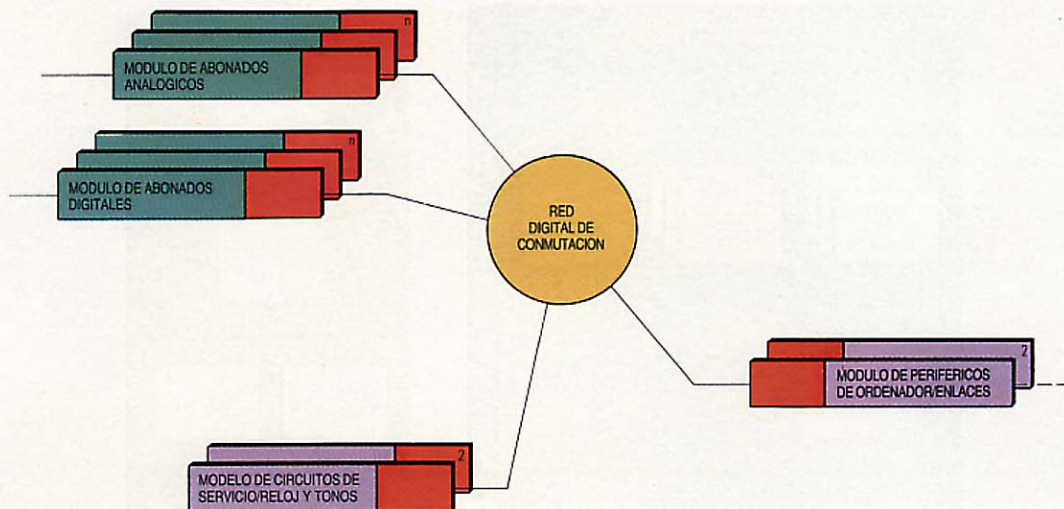


Figura 4
Central ITT 1240
independiente (mediana
capacidad).

Figura 5
Central ITT 1240
independiente (pequeña capacidad).



Todas las centrales independientes pueden instalarse en entornos analógicos o digitales y utilizar sistemas de señalización convencionales o el nuevo sistema de señalización por canal común CCITT nº 7. En el extremo inferior de la gama de aplicación, basta con un solo bastidor para alojar la configuración ilustrada en la figura 5, con lo que el coste de partida será mínimo.

Arquitectura de la central independiente

Las centrales independientes de tamaño medio y grande, incorporan memoria de masas (discos, cintas) suficiente para el amplio espectro de servicios y facilidades que pueden incluirse en la central mediante la adición selectiva de módulos especializados, como son los módulos de canal común CCITT nº 7, de interfaz de operadoras, de interfaz con central supervisada y unidades remotas, y otros que puedan necesitarse ahora o en un futuro cercano (módulo de abonados digitales, módulo interfaz para datos, etc.). Algunos de estos módulos se muestran en la figura 3^{5,6,7,8}.

En otro lugar de este número² se describen en general los distintos módulos de la central. Este artículo dedica su atención al módulo de abonados analógicos, el más utilizado en una central local.

Módulo de abonados analógicos

Este módulo proporciona control e interfaces para 60 líneas analógicas de abonado, agrupación de líneas mínima considerada en el ITT 1240.

Las líneas se conectan al módulo en dos grupos de 30; la conversión analógico/digital de las señales de conversación en cada línea se realiza mediante circuitos codificadores/decodificadores (codec) individuales por canal. A continuación, cada grupo se concentra en una vía MIC de 32 canales. Las dos vías MIC pasarán a la red digital de

conmutación a través de un interfaz terminal.

La figura 6 es un diagrama de bloques del módulo de abonados analógicos, mostrando los tres grupos funcionales básicos: los circuitos de línea de abonados analógicos (circuito interfaz de línea, codec y multiplexor), el elemento de control terminal y el circuito de corriente de llamada.

Circuito de línea de abonado analógico

Este circuito constituye el interfaz entre el bucle de abonado analógico y la red digital de conmutación. Todas las señales del bucle de abonado incompatibles con el formato MIC, bien por su alto nivel o bien por caer fuera de la banda vocal, son retenidas temporalmente por el circuito de línea.

El interfaz de la línea de abonado proporciona acceso metálico individual a dos buses de prueba (pruebas externas y pruebas internas) controlados por sendos relés. Mediante operación de estos relés, las funciones de mantenimiento acceden a la línea de abonado para realizar pruebas.

El acceso al circuito de corriente de llamada se obtiene mediante un relé dedicado a esta función en el interfaz de línea, controlado por programa.

La lógica del circuito interfaz de línea se divide en cuatro bloques funcionales, como muestra la figura 7: el interfaz de alto voltaje, la supervisión y alimentación de línea, el circuito interfaz de transmisión y el circuito de función común. Estos bloques están realizados en circuitos LSI de diseño específico y montados en una sola placa de circuito impreso, junto con el codec y el filtro.

Interfaz de alto voltaje: acopla el bucle de abonado al circuito de línea. Dado que es el interfaz con el exterior de la central digital ITT 1240, debe ser capaz de soportar el entorno hostil de la planta externa. Funcionalmente este interfaz maneja las señales

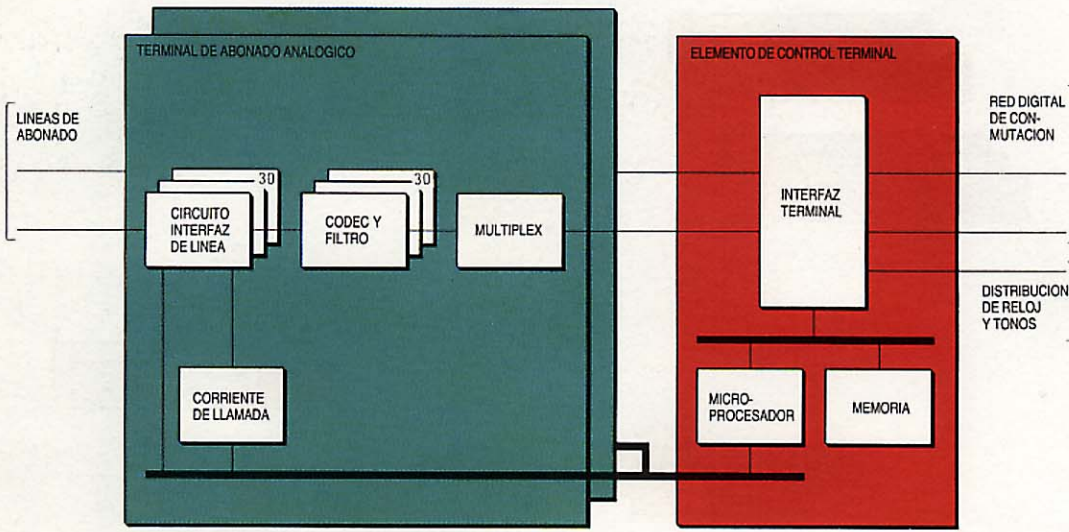


Figura 6
Módulo de abonados analógicos.

de voltaje relativamente alto, como la alimentación de la línea y la corriente de llamada, necesarias para la operación correcta del bucle de abonado. Las funciones que realiza este bloque incluyen: interfaz directo con el bucle de abonado, acceso a la corriente de llamada, inversión de polaridad, acceso metálico para pruebas, alimentación a la línea de la corriente para la conversación, desacoplo de la corriente continua para las señales de la banda vocal, y control de la impedancia de terminación. El interfaz de alto voltaje también impide que la corriente de alimentación se interrumpa por más de 5 ms durante la inversión de polaridad, y facilita un método de conservar la alimentación cuando ésta se desconecta, bajo el control del LFS (supervisión y alimentación de línea).

Supervisión y alimentación de línea: realiza la supervisión de la línea, detección de los impulsos de disco, detección de sobrentensidad, control de las características de la corriente de alimentación y control de la potencia de alimentación. Los rasgos sobresalientes del circuito interfaz de línea

ITT 1240 son su baja potencia de alimentación de línea y la posibilidad de programar las características de la corriente de alimentación. Se logra un bajo consumo de energía reduciendo el valor de la resistencia de alimentación y regulando del modo prescrito la corriente continua de línea en función de la resistencia del bucle. La corriente de bucle puede regularse a un valor máximo preestablecido, suministrándose también la corriente mínima necesaria en el bucle más largo. Ambas características se consiguen utilizando técnicas de realimentación para el control de la salida de una fuente de tensión. El circuito de alimentación puede emular casi cualquier característica de alimentación que ofrezca la técnica convencional de usar dos resistencias en serie con la batería de la central; la corriente de bucle puede limitarse, en modo de alimentación por corriente constante, a un valor comprendido entre 25 y 45 mA, en pasos de 5 mA. Con esta activa síntesis de resistencia en corriente continua se consigue un ahorro considerable en las necesidades de potencia, si se compara con el método pasivo convencional. Ade-

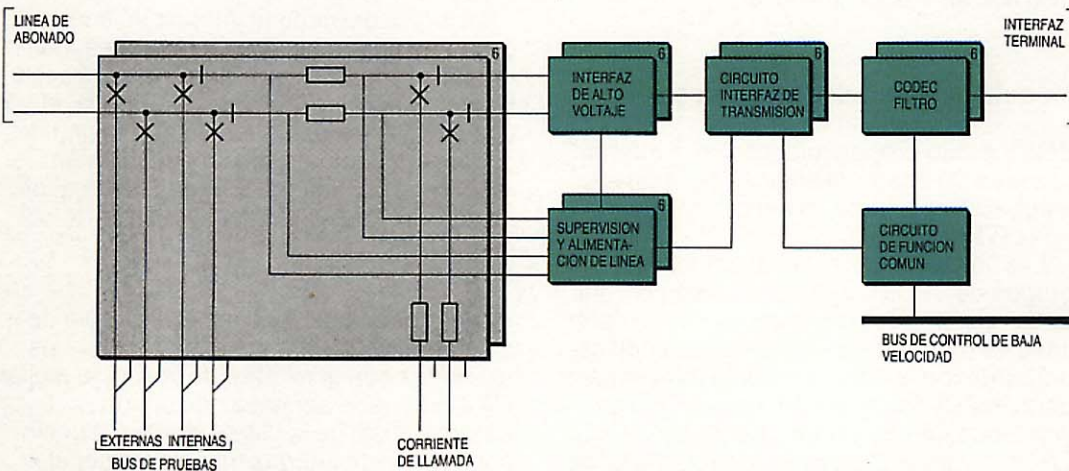


Figura 7
Bloques del circuito interfaz de línea y codec/filtro.

más de la síntesis descrita, el circuito de supervisión y alimentación de línea también ofrece síntesis de impedancia en alterna. Se puede sintetizar cualquier combinación de resistencia de alimentación y de impedancia en alterna, incluyendo impedancias complejas, cubriéndose así los requisitos de cualquier Administración; se incorporan las impedancias más comunes, mientras que las más complejas pueden equiparse seleccionando los componentes físicos adecuados.

Circuito interfaz de transmisión: está localizado entre el interfaz de alto voltaje y el circuito codec/filtro (Fig. 7). En combinación con otros bloques, realiza las funciones siguientes:

- recepción y transmisión de señales analógicas, con almacenamiento
- conversión de dos a cuatro hilos
- ajuste fino de ganancia, controlado por programa
- inyección del tono de 12/16 kHz (camino de recepción), controlado por programa
- rechazo del tono de 12/16 kHz (camino de transmisión)
- lógica de decodificación para el interfaz de control.

Además este circuito incorpora atenuadores y redes de equilibrio de línea seleccionables por programa, pudiendo además incluir redes de equilibrio externas. El ajuste fino de ganancia resuelve los problemas de la estabilidad de ganancia a largo plazo y de la tolerancia finita acumulativa asociada con el proceso de fabricación de cada uno de los módulos funcionales del camino de transmisión.

Circuito de función común: es el interfaz entre el microprocesador del elemento de control terminal y hasta seis circuitos de línea. Recibe datos del microprocesador y los traduce a funciones de distribución, para controlar la operación de los circuitos. En dirección inversa, la información de los circuitos (puntos de exploración) se transfiere al microprocesador a través del circuito de función común. Este circuito dispone de todos los medios necesarios para detección y diagnóstico de faltas, asegurando así un control fiable del circuito de línea desde el elemento de control terminal.

Codec – filtro: realiza la conversión analógico/digital de las señales de voz, incorporando también la función de filtro paso banda previa a la conversión a MIC. Satisface los requisitos del CCITT y realiza el filtrado del zumbido de 50/60 Hz.

Circuito de corriente de llamada

En una placa de circuito impreso se montan dos circuitos de corriente de llamada y un

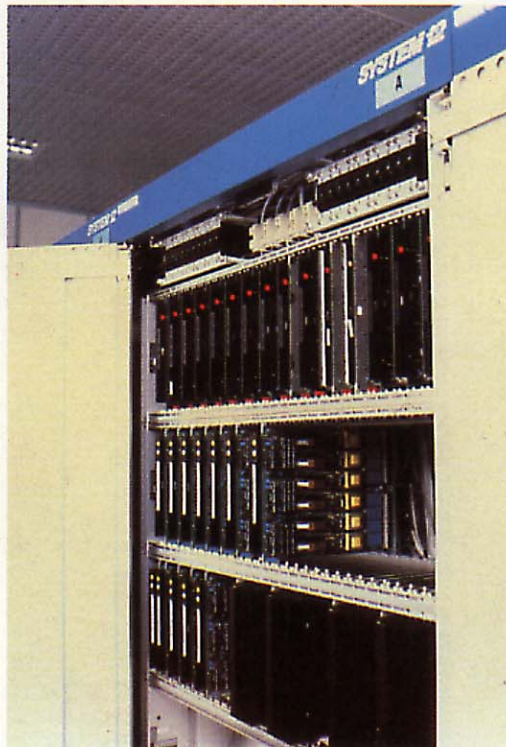
circuito común, que genera señales de bajo voltaje para los primeros. Cada circuito de corriente de llamada da servicio a un grupo de 30 líneas a través de un bus común de corriente de llamada. El circuito puede considerarse como un amplificador de alto voltaje que amplifica las señales de bajo nivel procedentes del circuito común y suministra a la salida la potencia y voltaje necesarios para activar la línea de abonado. Asociándose a los circuitos de línea respectivos, se puede llamar hasta a cuatro de las 30 líneas simultáneamente, ya que el circuito no actúa durante las pausas de la llamada.

El circuito común suministra señales polarizadas en continua, que se usan como entrada de referencia al generador programable de onda cuadrada del circuito de corriente de llamada y además para controlar los interruptores que conmutan la salida. El generador programable de señal es capaz de seleccionar la temporización y cadencia de llamada que se requiere.

El circuito de función común es también el interfaz físico de comunicación entre el elemento de control terminal y el circuito de corriente de llamada.

La alta eficiencia del circuito de corriente de llamada permite prescindir de los voluminosos transformadores de audio normalmente asociados al diseño de estos generadores. Sus rasgos esenciales son:

- Cadencia de llamada definida por programa.
- Elección por programa entre cuatro frecuencias de corriente de llamada.



Bastidor de equipo en una central local ITT1240.

- Polarización en continua también controlada por programa.
- Control por programa de la generación y envío de voltajes para el control de moneda en telefonos de previo pago.
- Preprogramación por circuitos de la amplitud, frecuencia y polarización en continua de la corriente de llamada; gracias a ello el circuito puede adaptarse a los requisitos específicos de las Administraciones.

mente apropiadas para las aplicaciones pequeñas, entre 60 y 4000 líneas. Las figuras 8 y 9 muestran dos versiones típicas de central supervisada, construidas, como todas las centrales digitales ITT 1240, con módulos estándar (tabla 1).

Las vías MIC que conectan la central supervisada con la principal utilizan, en el canal 16, señalización por canal común, tanto para señalización telefónica como para el denominado canal de datos supervisor, el cual cursa comunicaciones relativas a las funciones que ejerce la central principal sobre la supervisada.

En la central principal se ubican aquellas funciones de mantenimiento que requieren almacenamiento masivo (programas de diagnóstico no residentes, carga de las memorias, etc.). Sin embargo, las centrales supervisadas pueden disponer de un terminal básico de CHM (pantalla, impresora) para mantenimiento local.

Las centrales supervisadas se administran desde la central principal; ellas se limitan a apoyar localmente funciones como

Centrales supervisadas

Las centrales supervisadas realizan en forma autónoma el tratamiento de las llamadas, pero dependen de una central ITT 1240 principal para el mantenimiento y administración por no incorporar memoria de masas. Cada central principal independiente puede atender varias centrales supervisadas. Estas últimas son particular-

Figura 8
Central ITT 1240 supervisada (capacidad pequeña, desde 60 líneas).

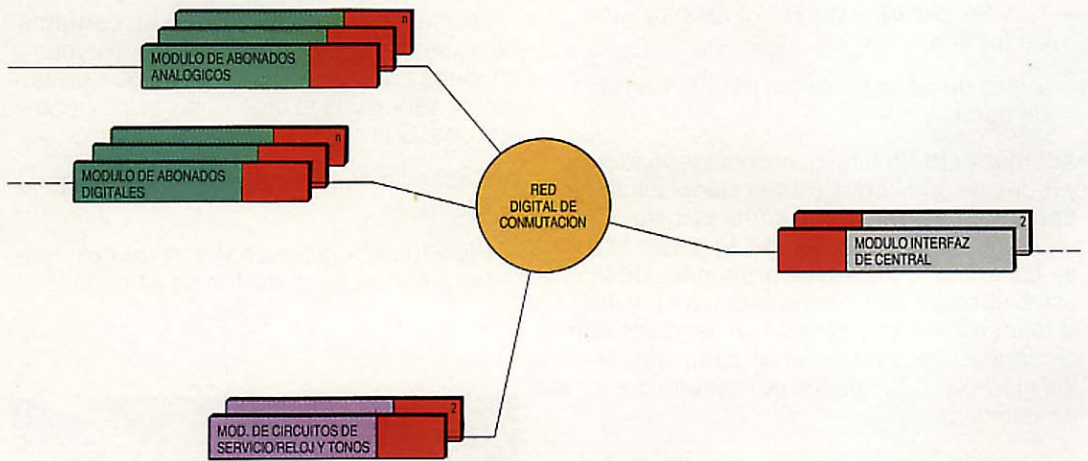


Figura 9
Central ITT 1240 supervisada (configuración hasta 4000 líneas).

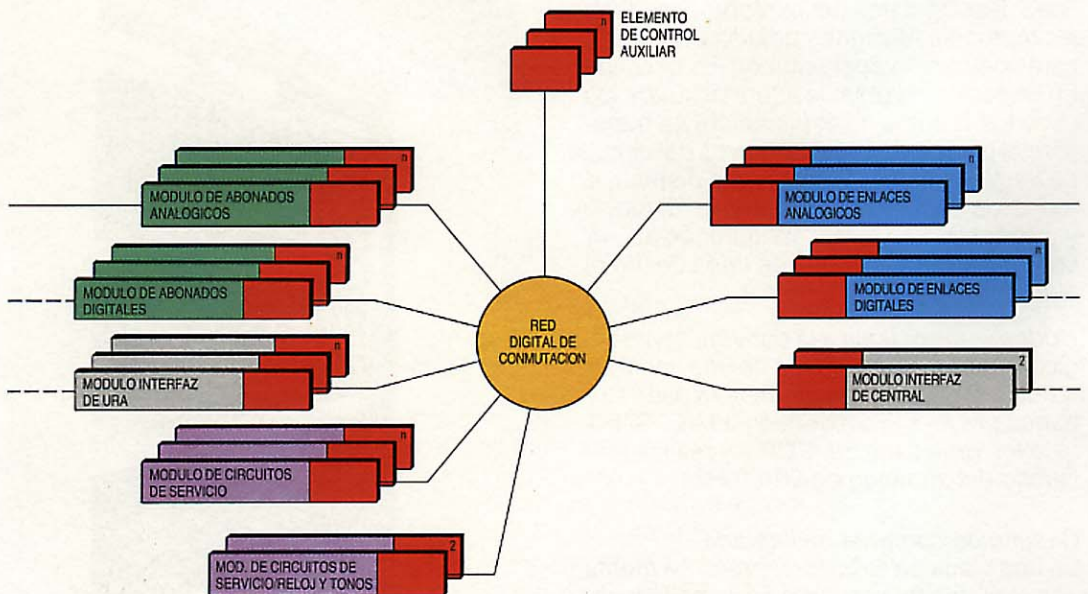
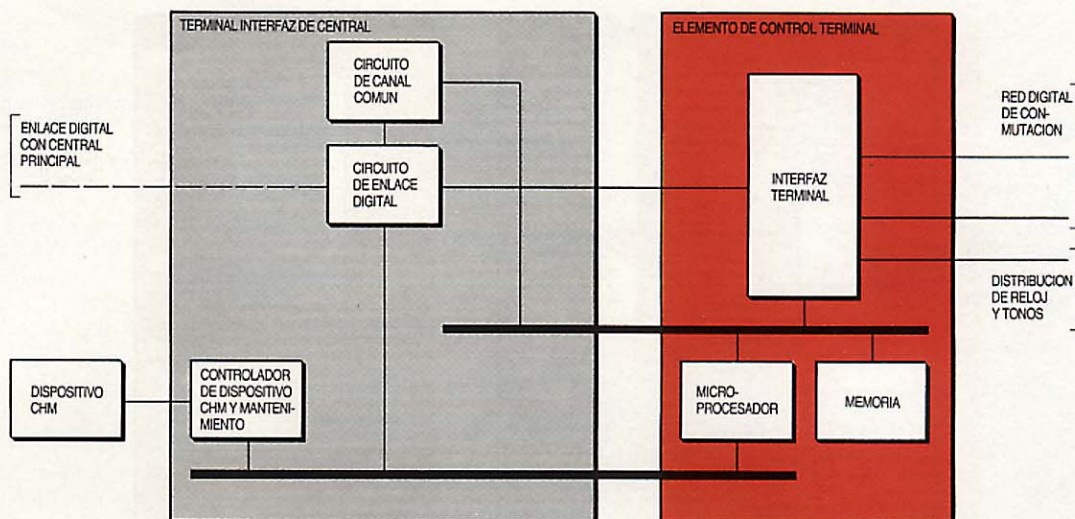


Figura 10
Módulo interfaz de central, usado en las centrales supervisadas para su conexión con la central principal (al módulo interfaz de supervisada).



la recogida de datos para estadísticas o la observación de servicio. Pueden ampliarse en tamaño y en capacidad de encaminamiento, desde una sola ruta hacia la central principal hasta incluir rutas a otras centrales terminales, siendo la principal una alternativa para todas las demás. Puede también convertirse una central supervisada en independiente mediante la simple adición de un módulo duplicado de periféricos de ordenador con memoria de masas.

El reloj simplificado, basado en un oscilador local a cristal, puede operar de modo autónomo o como esclavo de una referencia externa obtenida del reloj maestro de la central principal a través de un enlace digital.

Arquitectura de la central supervisada

El tipo más pequeño de central supervisada (Fig. 8) se compone de módulos de abonados analógicos y abonados digitales, un módulo duplicado de interfaz de central y un módulo duplicado de circuitos de servicio/reloj y tonos, todos ellos interconectados por la red digital de conmutación ITT 1240. Como en las centrales independientes pequeñas, se utilizan módulos combinados para reducir el equipo común (tabla 1 y fig. 8). Para ampliar la central hay que añadir nuevos módulos, llegándose a la configuración de la figura 9.

Módulo interfaz de central

Este módulo, representado en la figura 10, conecta la central supervisada con la central principal. Proporciona las siguientes funciones telefónicas y de supervisión: interfaz de enlace digital con la central principal, terminal de señalización por canal común, control auxiliar para servicios de llamada y gestión de recursos, canal de datos supervisor para comunicación por mensajes entre centrales, soporte de la función de carga de la central supervisada, e interfaz del dispositivo CHM. Estas funciones se

apoyan en el elemento de control terminal (ECT) asociado y en circuitos especiales del terminal interfaz de central.

Como opción, en centrales supervisadas pequeñas, se puede equipar en este módulo el equipo terminal de línea MIC, pudiendo así conectarse directamente a una línea MIC con repetidores, sin necesidad de equipo externo intermedio.

Módulo de circuitos de servicio/reloj y tonos

En la figura 11 se muestra un esquema de bloques de este módulo mixto, que puede además actuar como elemento de control auxiliar (ECA) para control de las llamadas. Las funciones que realiza son: recepción de señales MF o de aparatos de abonado de teclado, generación digital de tonos de supervisión y reloj horario. También incorpora la distribución de reloj y tonos para su propio bastidor y otros adicionales.

El reloj simplificado consiste en un oscilador local de cristal, enclavado en fase a una de las dos vías binarias de 2 Mbit s^{-1} del par de módulos de interfaz de central.

Módulo interfaz de central supervisada

Este módulo está ubicado en la central principal y se corresponde con el módulo interfaz de central. Actúa como interfaz de enlace digital hacia la central supervisada, terminal de señalización por canal común y terminal de enlace de datos de supervisión. Además coopera en la operación de carga de los módulos de la central supervisada.

Unidad remota de abonados

La unidad remota de abonados ITT 1240 (URA) es un concentrador que conecta abonados remotos a una central local principal ITT 1240. Ofrece a sus abonados las mismas facilidades y prestaciones de que goza un abonado local conectado directa-

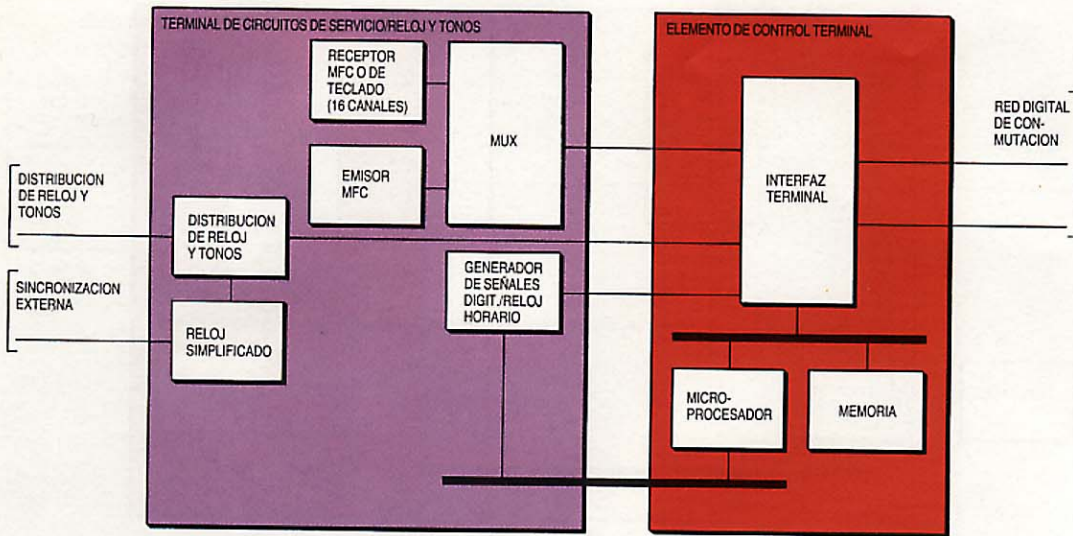


Figura 11
Módulo combinado de circuitos de servicio/reloj y tonos, usado en las centrales supervisadas; este módulo reduce la cantidad de equipo requerido.

mente a una central ITT 1240 independiente. El tratamiento de llamadas, mantenimiento y administración también son idénticos que en otros módulos de la central principal, en la que se integra la URA con dependencia total.

Esta unidad se conecta a la central principal mediante uno o dos enlaces MIC de 2 Mbit s^{-1} con 32 canales, según el estándar CCITT/CEPT. Los abonados remotos tienen accesibilidad total a cualquier canal de las vías MIC. Por otra parte, las llamadas entre abonados de una URA podrán conectarse dentro de dicha URA.

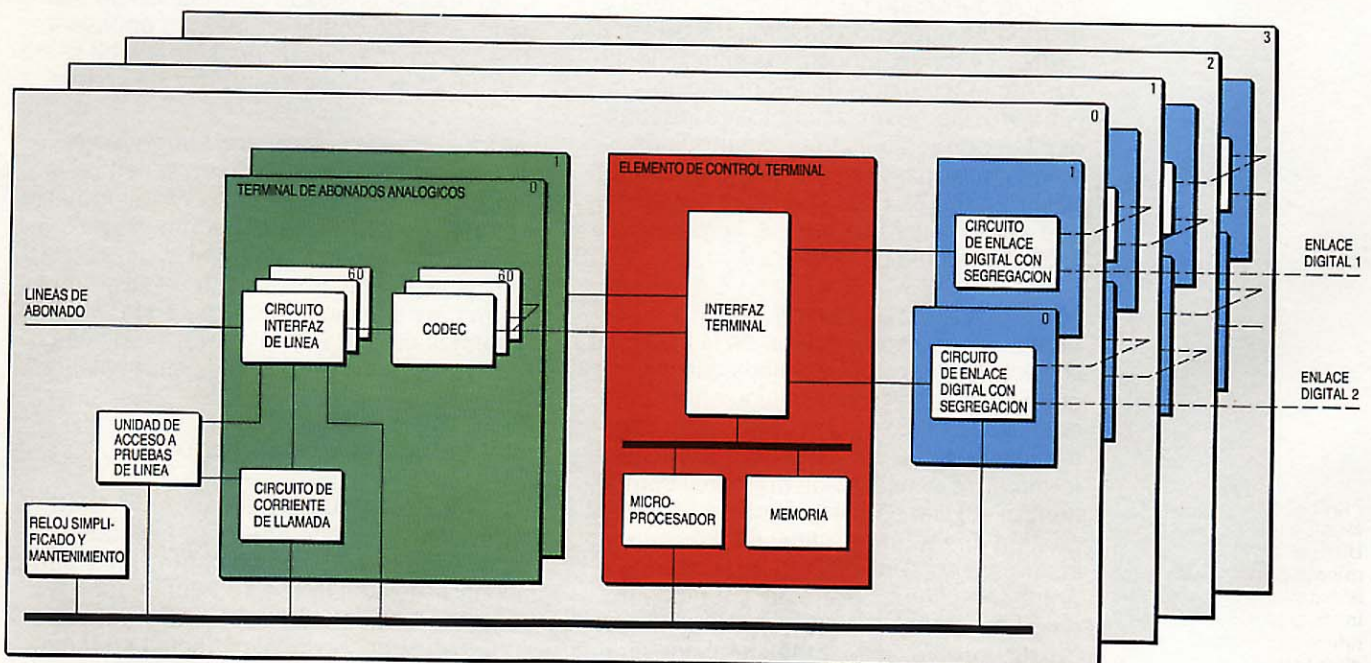
La figura 12 muestra la estructura básica de la URA, que consiste en un módulo de abonados analógicos (terminal y elemento de control) y un circuito combinado de enlace digital con segregación. Cada uno de estos "módulos" puede conectar a 120

abonados, y en la misma ubicación pueden reunirse hasta cuatro módulos, con un total de 480 abonados. Otra solución es distribuir hasta 8 "módulos" de URA en diferentes lugares, compartiendo una o dos vías MIC en una configuración segregada (Fig. 13). En este caso algunos módulos estarán sólo parcialmente equipados.

El número máximo de abonados que se puede atender depende del tráfico y del grado de servicio exigido: en cada vía MIC hay 30 canales completamente disponibles para cualquier abonado de cualquiera de los módulos. Típicamente, en zonas rurales se pueden concentrar 480 abonados de bajo tráfico (por ej., 0,08 erlangs/línea).

En el caso de un fallo en la línea de transmisión todos los módulos URA permanecen en servicio utilizando la vía MIC intacta.

Figura 12
Unidad remota de abonados.



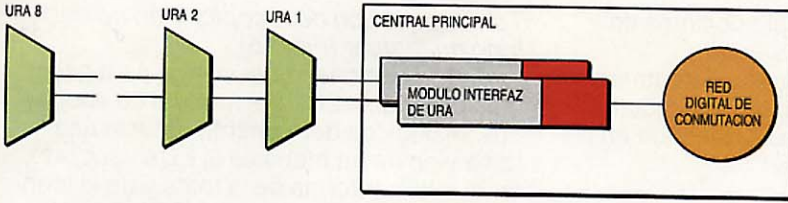


Figura 13
Configuración dúplex de segregación para conectar hasta ocho URA (con un máximo de 480 líneas de abonado) a una central digital ITT 1240 que actúa como principal.

Cada vía MIC es controlada por la central ITT 1240 principal mediante un módulo especial de interfaz de unidad remota, como se ilustra en la figura 13. Este módulo es idéntico en equipo al módulo de enlace digital, pero tiene un paquete de programas especializado (Fig. 14).

Arquitectura de la URA

En el diseño de la URA se ha aprovechado la estructura modular del equipo físico y de los programas ITT 1240. La mayor parte de los bloques constructivos usados en la URA se emplean también en las centrales locales ITT 1240.

Descripción del equipo físico

Como se aprecia en la figura 12, un módulo URA de 120 abonados consta de un módulo de abonados analógicos (terminal de abonados analógicos y elemento de control terminal asociado) y un circuito de enlace digital con segregación.

Este último circuito se basa en el circuito estándar de enlace digital con algunos circuitos adicionales para realizar la función de segregación. Se incluye, además, una placa especial de interfaz de transmisión que contiene repetidores de línea MIC, circuitos de reconfiguración de la vía MIC (dando paso o poniendo en bucle), circuitos para alimentación remota de repetidores desde la central principal y circuitos de acceso de mantenimiento y de supervisión.

Opcionalmente, cuando la URA esté ubicada a una distancia considerable de la central principal, se puede equipar en ella una fuente de alimentación de repetidores remotos para aumentar el número de tales dispositivos en la línea.

En la URA se utiliza un reloj simplificado basado en un oscilador local a cristal. Este reloj interno puede enclavarse en fase a cualquiera de las vías MIC de 2 Mbit s⁻¹ que llegan de la central principal.

Configuración de los programas

Los programas de la URA son similares a los de los módulos terminales ITT 1240, añadiendo una comunicación de datos para intercambio de mensajes entre procesadores, que se realiza en una versión simplificada de la señalización por canal común, sobre el canal 16 de la vía MIC entre los elementos de control de la URA y del módulo interfaz de URA (central principal).

Gracias a esta capacidad de transmisión de mensajes, las FMM (máquinas de mensajes finitos) del tratamiento de llamadas pueden reubicarse entre la URA y el módulo interfaz. Los operadores de dispositivo telefónico correspondientes al interfaz de línea y al circuito de corriente de llamada se ubican en la URA, mientras que la lógica de señalización reside en el módulo interfaz de URA. Los interfaces entre la URA y su central principal son transparentes, presentando a ésta las mismas características eléctricas y lógicas que un módulo de abonados de la propia central.

Las URA tienen sus propias funciones locales de base de datos y mantenimiento. Estas últimas se han ampliado para incluir nuevos bloques de seguridad (reloj, interfaz de transmisión, y reconfiguración de la segregación).

Para facilitar el mantenimiento local, un terminal portátil, enchufable en la URA, permite al personal de mantenimiento pedir la realización de pruebas de un elemento recién sustituido o de una línea de abonado

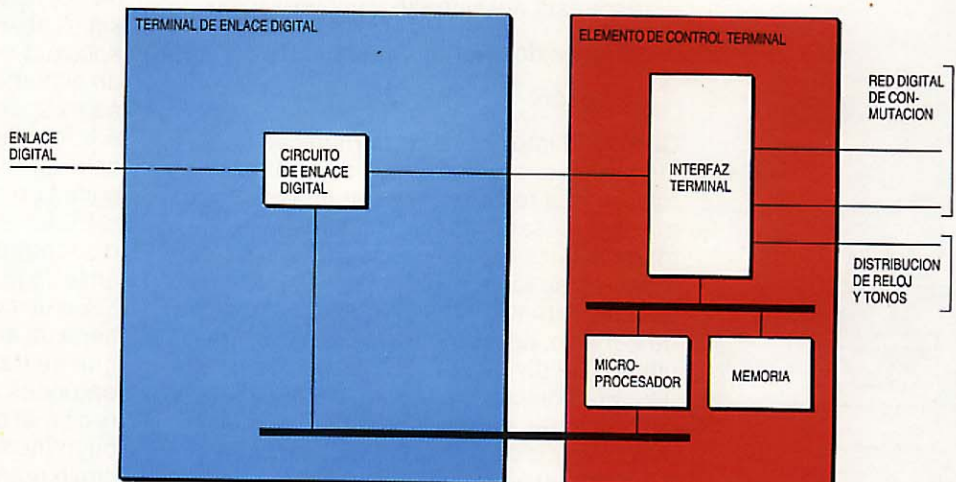


Figura 14
Módulo interfaz de URA; el equipo es el mismo del módulo de enlaces digitales, pero la programación del microprocesador es diferente.

reparada y obtener el resultado antes de abandonar la URA.

Las pruebas de línea pueden efectuarse utilizando equipo de medida localizado en la central principal, según se describe en otro lugar de este artículo.

Módulo interfaz de URA

Como muestra la figura 14, este módulo tiene la misma configuración de equipo que un módulo de enlace digital. Su diseño físico y lógico le permite actuar como maestro en un sistema multipunto de comunicación de datos entre procesadores, utilizando el canal 16 en una señalización por canal común simplificada. Aporta funciones de tratamiento de llamadas y de encaminamiento de mensajes para las URA que operan sobre la vía MIC que tiene conectada.

Establecimiento de llamadas locales

Una de las principales ventajas del control distribuido y de la modularidad de la central ITT1240 es que un fallo en cualquiera de sus elementos tiene un impacto nulo o muy escaso en el conjunto, ya que los programas y datos que requieren las funciones del sistema se encuentran reproducidos en distintos módulos. Para realizar sus funciones, los módulos comunican entre sí a través de la red digital de conmutación. En la descripción siguiente del establecimiento de una llamada local se supone que el abonado tiene un aparato analógico con teclado.

Las principales fases del establecimiento de la llamada son:

- toma, conexión de receptor y envío del tono de marcar
- recepción y análisis de los dígitos
- toma del abonado llamado y envío de la corriente de llamada
- liberación del receptor de teclado
- respuesta del llamado y conversación
- desconexión por el llamante
- liberación.

Cada fase implica varias comunicaciones sucesivas entre elementos de control a través de la red digital de conmutación. Los microprocesadores que establecen la llamada están situados en los ECT de los módulos de los abonados analógicos llamante y llamado y del módulo de circuitos de servicio, así como en los ECA. Estos últimos se dividen en dos grandes categorías: ECA de control de llamada, que dirigen las funciones correspondientes, y ECA de sistema, que asignan recursos de la central y realizan el análisis de los dígitos.

Toma, conexión de receptor y envío del tono de marcar (Fig. 15)

Cuando un abonado descuelga para hacer una llamada, el ECT del módulo de abonados analógicos del llamante detecta una toma y envía un mensaje al ECA asociado, en el que le informa de la toma y de la identidad de la línea llamante; el ECA devuelve un mensaje al ECT confirmando que está dispuesto a tratar la llamada.

A continuación, el ECA obtiene de su propia base de datos la clase de servicio del abonado llamante, determinando que se necesita un receptor de teclado; por tanto, envía una petición al ECA de sistema para que seleccione y prepare la conexión de un receptor libre.

El ECA de sistema selecciona un receptor de teclado libre y envía su identidad al ECT del módulo de circuitos de servicio con la instrucción de conectar el receptor a la línea del abonado llamante. El ECT del módulo de circuitos de servicio pone al receptor en estado inicial y se prepara para el envío del tono de marcar, a continuación de lo cual establece un camino hacia el ECT llamante y le informa de que hay un receptor de teclado conectado y está preparado el envío de tono.

El ECT llamante establece ahora un camino hacia el ECT del módulo de circuitos de servicio para que los pares de tonos generados en el teclado del abonado lleguen al receptor conectado, completándose así el camino dúplex entre ambos ECT. A continuación, el ECT llamante conecta el bucle de abonado al camino que conduce al receptor de teclado. En este momento se envía el tono de marcar al abonado llamante y el sistema está preparado para recibir dígitos.

El ECT del módulo de circuitos de servicio también informa al ECA llamante de que se ha completado la conexión del receptor.

Recepción y análisis de los dígitos (Fig. 16)

Cuando se recibe el primer dígito, el ECT del módulo de circuitos de servicio detiene el envío del tono de marcar y transfiere dicho dígito al ECA llamante para su análisis. A su vez, el ECA llamante envía una solicitud de análisis de este dígito al ECA de sistema, el cual responde con un mensaje especificando el número de dígitos adicionales que han de recibirse antes de solicitar un nuevo análisis. El ECT de circuitos de servicio continúa enviando dígitos al ECA llamante, el cual los acumula hasta disponer de suficientes para pedir un nuevo análisis al ECA de sistema.

En un cierto momento, el ECA de sistema tiene ya suficientes dígitos para determinar que se trata de una llamada local. Ordenará entonces al ECA llamante que espere hasta recibir el número de guía completo, en cuyo momento el ECA de sistema lo traducirá a número de equipo y lo comunicará al

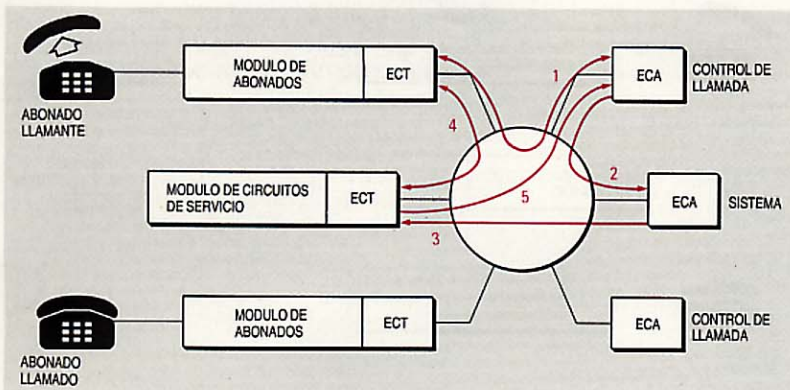


Figura 15
Establecimiento de llamada: toma, conexión de receptor y envío del tono de marcar.

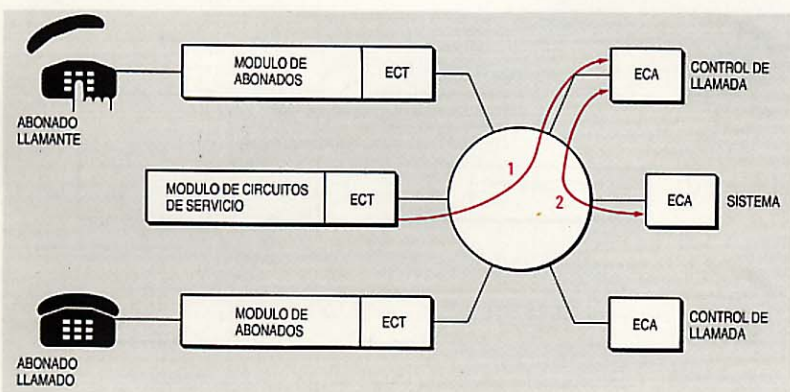


Figura 16
Establecimiento de llamada: recepción y análisis de dígitos.

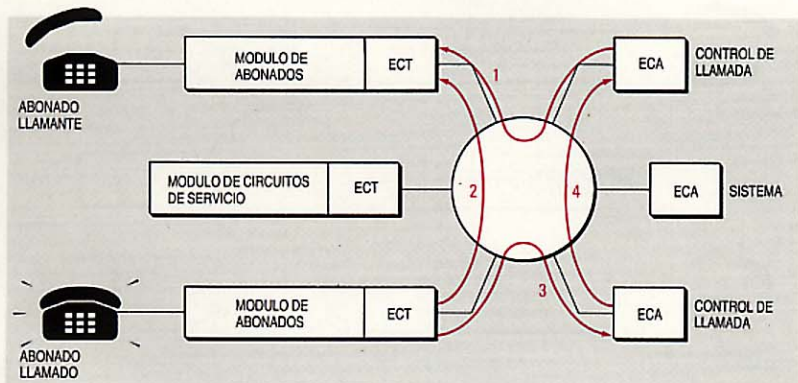


Figura 17
Establecimiento de llamada: toma y envío de corriente de llamada al abonado llamado.

ECA llamante, junto con la clase de servicio del abonado llamado.

Toma del abonado llamado y envío de la corriente de llamada (Fig. 17)

El ECA llamante envía el número de equipo del abonado llamado al ECT llamante para que éste inicie el establecimiento del camino de conversación, lo conecte a la línea llama-

nte y se pase una instrucción de envío de corriente de llamada al ECT llamado.

A continuación el ECT llamante establece el camino de conversación de ida hacia el abonado llamado, y transfiere la identidad de éste al ECT llamado, realizando además la conexión del camino de conversación hacia la línea llamante. El ECT del módulo del abonado llamado comprueba la categoría de éste, pone en estado de ocupado su línea y establece el camino de retorno. Seguidamente aplica corriente de llamada al abonado llamado y envía el tono de llamada al abonado llamante por el camino de conversación de retorno.

Se envía un mensaje al ECA llamado, informándole de la llamada y de la identidad del ECA llamante. A continuación el ECA llamado envía un mensaje al ECA llamante para informarle de que se ha tomado la línea del abonado llamado y ha comenzado el envío de corriente de llamada. Queda entonces establecida una vía de comunicación entre ambos ECA.

Liberación del receptor de teclado (Fig. 18)

Al recibir el último dígito, el ECA llamante ordena al ECT del módulo de circuitos de servicio que libere al receptor de teclado. El camino entre el ECT del módulo de circuitos de servicio y el ECT llamante se libera en ambos sentidos.

El ECT del módulo de circuitos de servicio informa al ECA de sistema de haberse liberado el receptor de teclado, con lo que dicho ECA pone al receptor en situación de libre para que pueda utilizarse en otras llamadas. El ECT del módulo de circuitos de servicio informa entonces al ECA llamante de que se ha completado la liberación del receptor.

Respuesta del llamado y conversación (Fig. 19)

Cuando el abonado llamado descuelga, su acción se detecta por el ECT asociado, que inmediatamente corta el envío de corriente y tono de llamada e informa al ECT llamante, por el camino de conversación, de la detección de la respuesta.

El ECT llamado envía la señal de respuesta a su ECA correspondiente, quien a su vez la retransmite al ECA llamante.

Desconexión por el llamante (Fig. 20)

Cuando el abonado llamante cuelga al final de la conversación, el ECT llamante detecta el cuelgue y envía un mensaje al ECA llamante para informarle de ello. Dicho ECA contesta reconociendo el mensaje.

A continuación el ECT llamante envía las identidades de la línea y del ECA llamante al ECT llamado, quien las retransmite al ECA de la parte llamada. Se establece entonces una conexión entre los dos ECA en preparación de la liberación.

Liberación (Fig. 21)

El ECA llamante informa al ECA llamado de que la línea del llamado debe ponerse en situación de libre. El ECA llamado ordena al ECT del abonado llamado que ponga la línea de éste en situación de falta (para evitar una falsa toma).

El ECA llamante ordena al ECT llamante que desconecte el camino y libere la línea del abonado llamante. A su vez el ECT llamante ordena al ECT llamado que libere el camino en la dirección de retorno, y seguidamente libera la dirección de ida. El ECT llamado realiza lo que se le ha ordenado. Finalmente, cuando este ECT detecta el cuelgue del abonado llamado, pone esa línea en situación de libre. Esto completa el proceso de la llamada local.

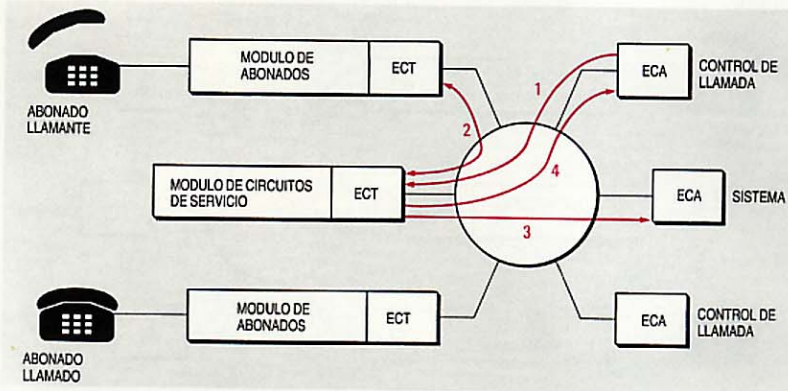


Figura 18
Establecimiento de llamada: liberación del receptor de teclado.

Subsistema de prueba de líneas

Este subsistema de la central ITT 1240 da medios para pruebas de la línea de abonado y del circuito de línea de la central, tanto automáticas como a petición del operador. Está integrado en las centrales locales y en las URA y puede operar en forma autónoma o como parte de un equipo centralizado de prueba de líneas. En este último caso, el subsistema puede actuar como equipo controlador de las pruebas de línea y como unidad remota. Las distintas funciones se logran variando la combinación de paquetes de programas.

Cuando estas nuevas facilidades se introducen en redes ya equipadas con sistemas centralizados de prueba de líneas, sólo se requiere un mínimo trabajo de ingeniería de diseño (generalmente añadir programas) para que el subsistema se relacione con los medios ya existentes.

El subsistema puede emplear las conexiones normales de conmutación telefónica para la comunicación entre la unidad central y las remotas.

La prueba de líneas puede integrarse con otras funciones en un centro de operación y mantenimiento, cuando aumente la sofisticación de la red; en este caso se usará señalización de datos de alta velocidad o la CCITT n° 7 por canal común.

Operación del subsistema

En la figura 22 se muestra una aplicación típica de la prueba de líneas. Las dos funciones básicas son:

- prueba central de líneas, que da medios para probar las líneas conectadas a su propia central y para controlar las actividades de prueba de líneas en la zona
- prueba de líneas remota, que contiene medios para probar las líneas de la central asociada bajo control de la prueba central de líneas.

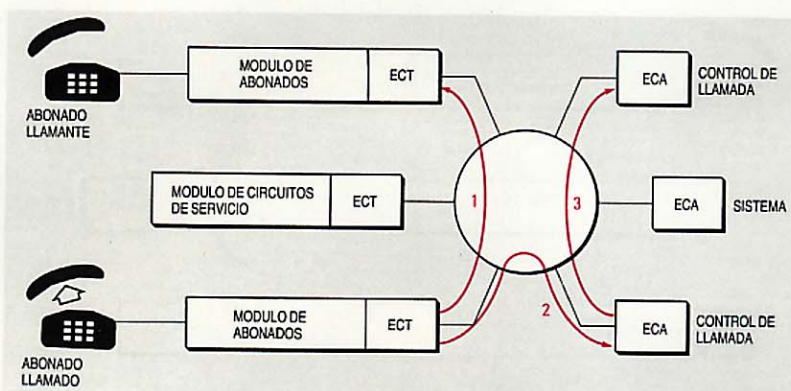


Figura 19
Establecimiento de llamada: respuesta del abonado llamado y conversación.

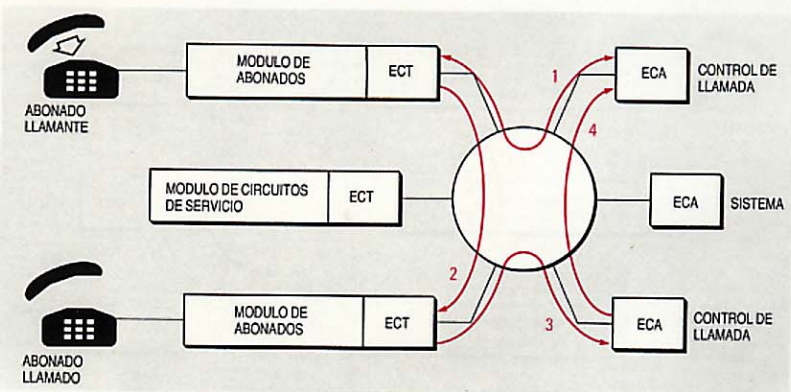


Figura 20
Establecimiento de llamada: desconexión por el abonado llamado.

Todos los resultados se envían a la unidad central de prueba de líneas para su almacenamiento y presentación.

La unión entre las unidades central y remota es una conexión telefónica conmutada. No hay diferencia de equipo entre uno y otro tipo de unidades; las distintas facilidades se consiguen mediante la programación. La prueba central de líneas

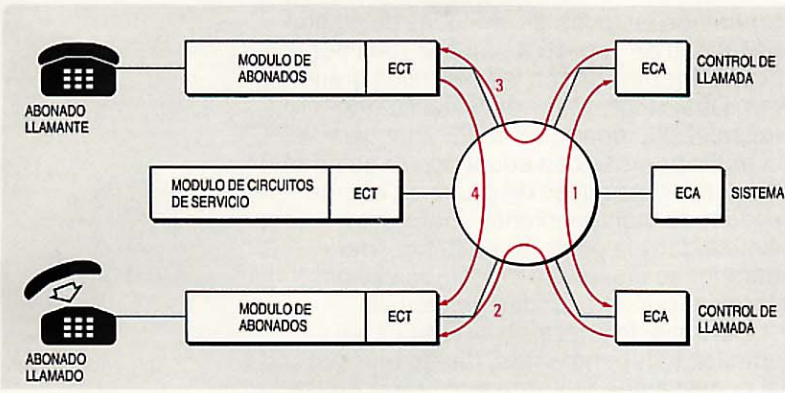


Figura 21
Establecimiento de llamada: liberación.

requiere un interfaz con las facilidades de proceso de la central principal para acceder a la comunicación hombre-máquina y al almacenamiento de masas. Este acceso se usa para obtener los resultados de las pruebas e introducir las rutinas de prueba.

Las unidades central y remota requieren también acceso a las facilidades de proceso de su central principal para determinar la categoría y el estado de la línea y para operar la conexión del acceso a pruebas en el interfaz de abonado.

Componentes de la prueba de línea

En la figura 23 se muestran los elementos clave involucrados en la prueba de líneas de abonado: línea en pruebas (que puede ser cualquiera), unidad de acceso a pruebas, ECT, analizador de señales de prueba y un módulo de periféricos de ordenador.

Un ECT controla 60 líneas, reuniéndose en un bastidor ocho ECT (480 líneas). En cada bastidor se incorpora una unidad de acceso a pruebas que está controlada por uno de los ECT del mismo bastidor, con lo que tanto la red digital de conmutación como los relés de prueba pueden acceder a aquella unidad para realizar pruebas.

La unidad de acceso a pruebas trabaja en dos sentidos; aplica voltajes tanto al bucle de abonado como al circuito interfaz de línea, o bien digitaliza los voltajes encontrados en dichos bucle o circuito de línea. Los voltajes los aplica bajo las órdenes del microprocesador del ECT, o los recibe como muestras digitalizadas desde el interfaz terminal asociado. Cuando la unidad digitalice voltajes procedentes del bucle de abonado o del circuito de línea, enviará las muestras resultantes hacia su interfaz terminal.

Para transferir las muestras en ambos sentidos, entre la unidad de acceso a pruebas y el interfaz terminal, se utiliza el canal 16. El interfaz terminal, bajo control del microprocesador asociado, conmuta dicho canal a un camino de conversación disponible a través de la red, hacia y desde el analizador de señales de prueba, con lo que se consigue un canal de 64 kbit s⁻¹ entre dicho analizador y la unidad de acceso a pruebas.

El analizador evalúa las muestras que le llegan, en voltaje y frecuencia, y determina la resistencia de la línea, los tonos de teclado y otros parámetros. A continuación pasa estos resultados al procesador de mantenimiento y puede además enviar tonos o

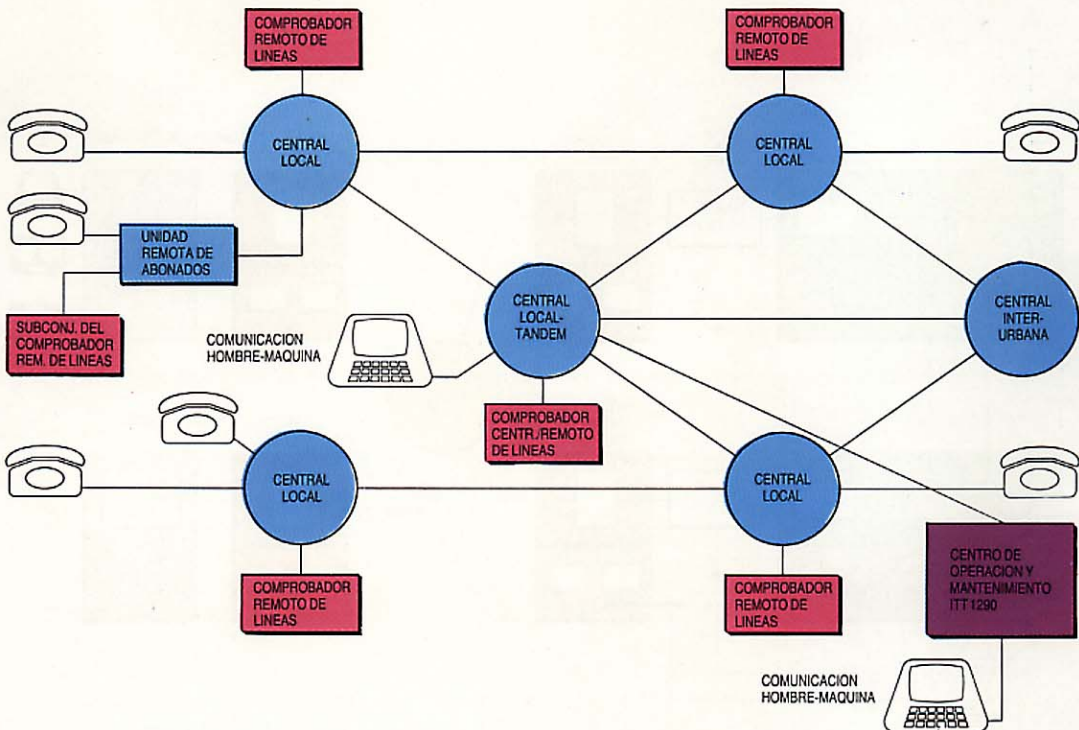


Figura 22
Prueba de líneas en las centrales ITT 1240.

voltajes digitalizados, bien a la unidad de acceso a pruebas o bien al terminal del circuito en prueba.

El microprocesador del módulo de periféricos de ordenador controla todos los procesos de prueba, usualmente dentro de las pruebas rutinarias o a partir de peticiones automáticas de diagnóstico. Sin embargo, también puede hacerlo en respuesta a peticiones por comunicación hombre-máquina. Este microprocesador recibe todos los resultados que le envía el analizador de señales y determina si la línea ha pasado o ha fallado las pruebas.

Posibilidades de la prueba de líneas

Como puede verse en la figura 23, el analizador de señales de prueba envía voltajes hacia el bucle de abonado, para realizar las pruebas de corriente o del timbre, a través de los caminos 4 (red digital de conmutación) y 1. También puede aplicar voltajes al circuito de línea a través de los caminos 4 y 2 para medir la pérdida o contar los impulsos de disco. En este caso, la reacción del circuito de línea frente a la prueba se envía al analizador de señales por el camino 3.

La unidad de acceso a pruebas digitaliza los niveles presentes en el bucle de abonado (por el camino 1) y envía las muestras al analizador de señales de prueba (camino 4) para comprobar las características de la línea externa. Los caminos 2, 3 y 4 pueden usarse también para comprobar el circuito interfaz de línea respecto a la pérdida, corriente de llamada, etc.

Pruebas remotas de líneas

Hay modernos medios de prueba remota de líneas a disposición de todas las líneas conectadas a centrales ITT 1240, cualquiera que sea su tamaño. Esto se consigue in-

corporando en todas las unidades de equipo una unidad de acceso a pruebas (una por URA, o por bastidor en las centrales grandes). Dos canales MIC de 64 kbit s⁻¹ conectan el sitio donde se ubica la unidad de acceso a pruebas con aquél donde están el analizador de señales de prueba y el procesador de mantenimiento. Entre este último lugar y la posición de trabajo del operador se dispondrá de comunicación por teleimpresor o unidad de pantalla.

La prueba de líneas no se limita a las centrales independientes; desde una central principal pueden probarse líneas de las URA o de las centrales supervisadas, sin necesidad de camino metálico entre estas unidades remotas y la principal.

Autocomprobación

El equipo de prueba de líneas contiene una facilidad de autocomprobación que actúa automáticamente cada vez que se utiliza dicho equipo, asegurando así que no se originan falsas alarmas.

En el caso de que un número predeterminado de líneas consecutivas resulten defectuosas durante las pruebas (este número lo especifica la Administración), el equipo de pruebas inicia automáticamente una comprobación de su propia operación. Si detecta alguna falta, alertará a mantenimiento; en caso contrario continuará trabajando normalmente.

Mantenimiento de la central

El equipo de prueba de líneas está integrado en la estrategia de mantenimiento de la central. Normalmente opera en forma automática como comprobador rutinario y de diagnóstico, pero puede usarse bajo demanda si el personal de mantenimiento así lo solicita.

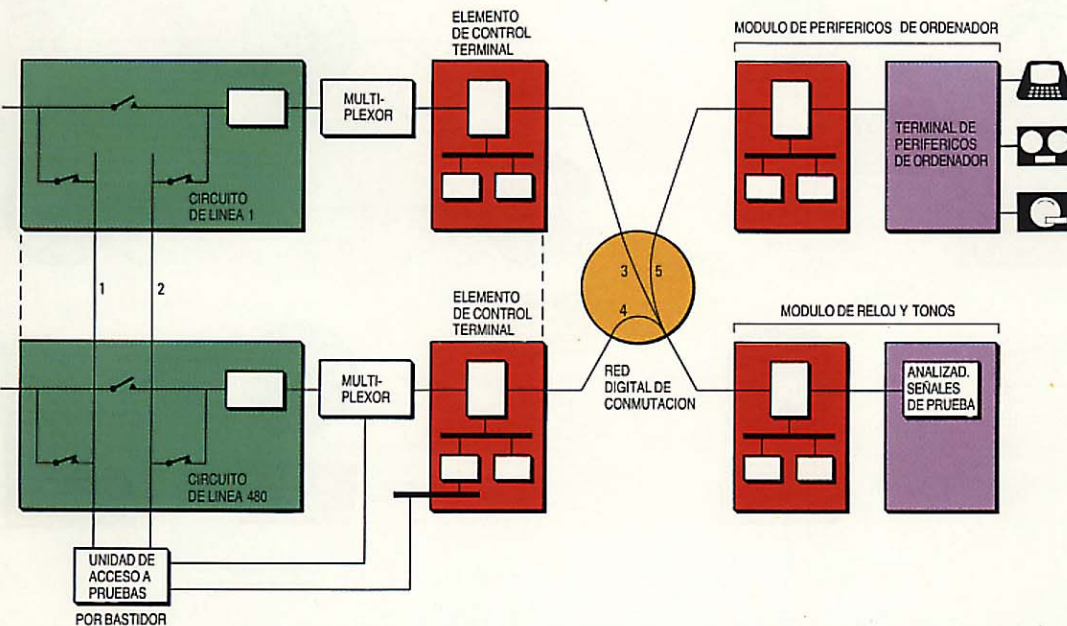


Figura 23
Configuración de la prueba de líneas de abonado.

Facilidades de prueba

El objetivo de las pruebas de línea es identificar y localizar los fallos en las líneas para mejorar su mantenimiento. Se ha incorporado una extensa lista de pruebas para comprobar la planta externa de líneas, los aparatos de abonado y los contadores ubicados en el domicilio de los mismos, los circuitos de línea en la central, los generadores de corriente de llamada y de impulsos de tarificación (de 12 y 16 kHz), y el comportamiento global de la central.

Sustitución por línea de reserva

La unidad de acceso a pruebas (Fig. 23) es también capaz de conectar entre sí los dos buses de prueba, bajo el control de su ECT. Utilizando esta capacidad, cuando falla un circuito de línea concreto, su ECT acciona el relé que conecta esa línea al bus de prueba 1. Análogamente, el ECT asociado con la línea de reserva en el mismo bastidor acciona su relé para conectar el bus 2. Con ello queda conectada la línea exterior al circuito de línea de reserva, permaneciendo así hasta que se haya reparado el circuito de línea en fallo.

La información sobre categoría de la

línea afectada se transfiere al ECT del circuito de reserva, y se señaliza temporalmente la función de traducción de número de guía para advertir de tal cambio. La sustitución por línea de reserva permite diferir una visita de mantenimiento sin empeorar la calidad de servicio de la central.

Aplicación de red

En la comunicación entre ubicaciones local y remota, el subsistema de prueba de líneas ITT 1240 utiliza protocolos de señalización que ya se emplean en los actuales subsistemas automáticos de prueba de líneas. También se ha previsto una fácil adaptación a otros protocolos. Con ello, este subsistema se ajusta cómodamente a cualquier red de prueba de líneas existente, ya sea como equipo controlador o como equipo remoto, pudiendo también integrarse en un sistema remoto de operación y mantenimiento.

Distribución en planta

La figura 24 muestra la distribución en planta de una central digital local ITT 1240

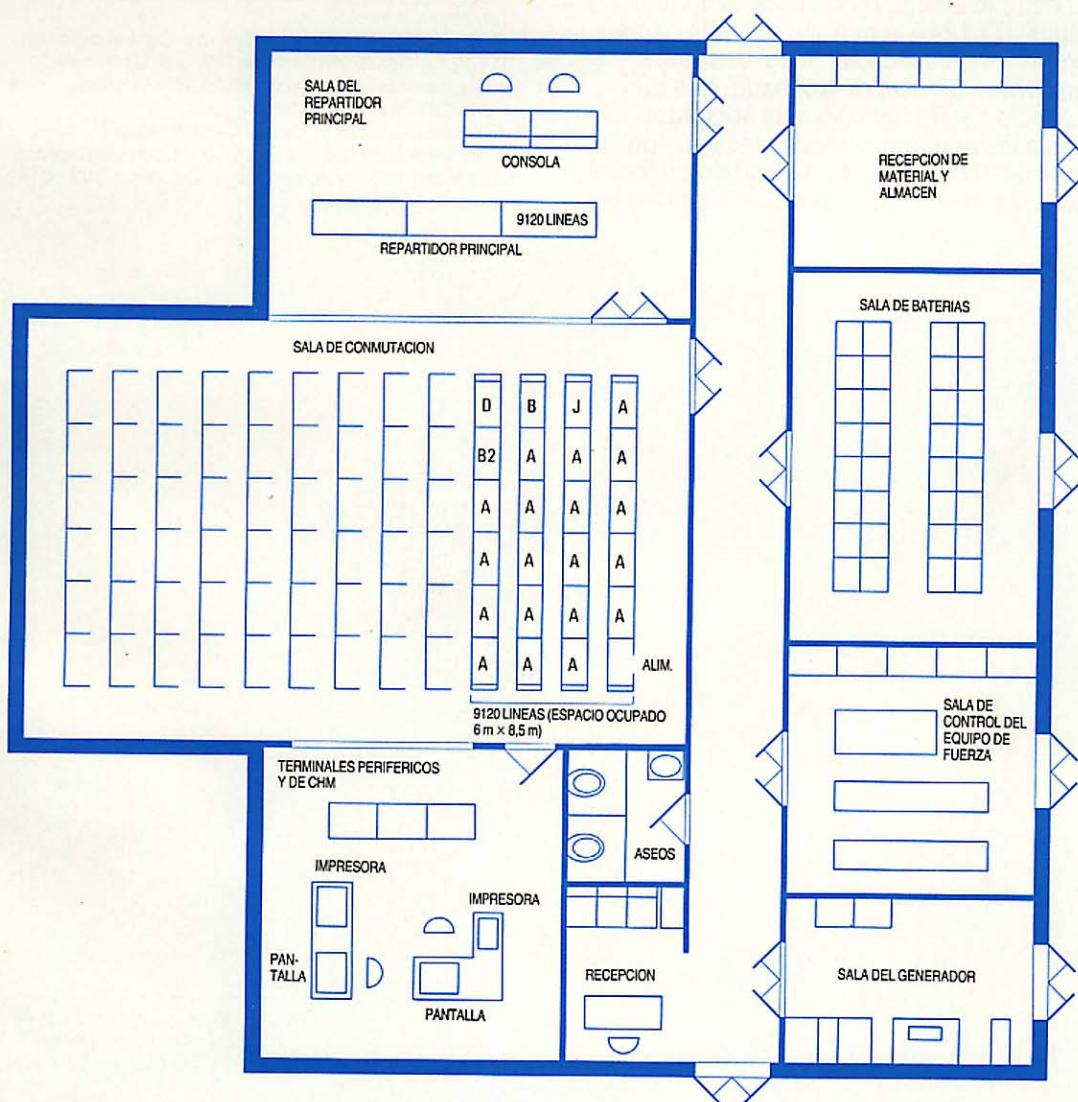
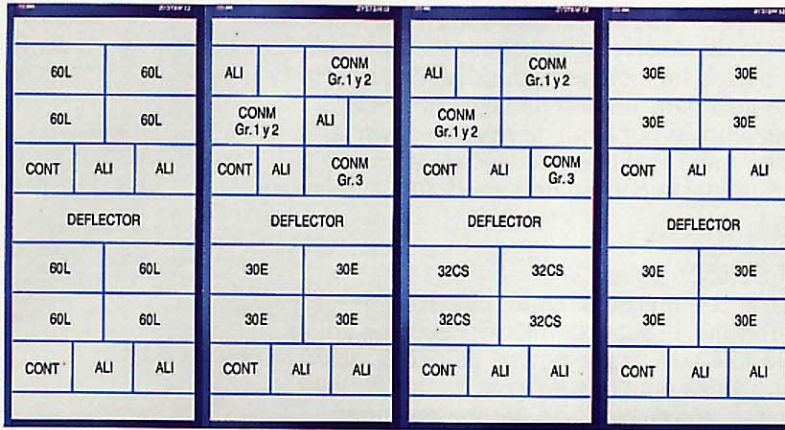


Figura 24
Distribución en planta típica de una central local ITT 1240 equipada con 9120 líneas; se ha previsto espacio para ampliación hasta 30000 líneas.



60L MÓDULO DE ABONADOS ANALÓGICOS CON 60 LÍNEAS
 30E MÓDULO DE ENLACES ANALÓGICOS CON 30 ENLACES
 32CS MÓDULO DE CIRCUITOS DE SERVICIO CON 32 CIRCUITOS
 CONT ELEMENTO AUXILIAR DE CONTROL
 CONM Gr. ALI ETAPAS DEL CONMUTADOR DE GRUPO ALIMENTACION

Figura 25
 Distribución de bastidores típica para la central ITT 1240 mostrada en la figura 24.

típica. La figura 25 ilustra los tipos de bastidores usados en esta aplicación. Como se indica, la central está diseñada para 9120 líneas, pero hay espacio reservado para su ampliación hasta 30000 líneas.

Conclusiones

El estricto diseño modular de la central digital ITT 1240 le permite cubrir la gama completa de aplicación local desde las unidades remotas de abonado, que dan servicio desde tan sólo seis abonados, hasta las grandes centrales locales con más de 100000 líneas, utilizando en todas ellas los mismos bloques constructivos de

equipo y programas. Una ventaja importante de esta estrategia es la ampliación en forma económica de las centrales pequeñas hasta los mayores tamaños, siempre con los mismos módulos de equipo y programas. El resultado final es que la central ITT 1240 satisface todos los requisitos posibles de planificación de red.

Referencias

- 1 A. Langenbach-Belz, A. Melis y H. Verhille: Central digital ITT 1240: Introducción: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 114-125 (en este número).
- 2 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126-134 (en este número).
- 3 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 135-147 (en este número).
- 4 L. Katschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173-183 (en este número).
- 5 B. Rossi y F. Haerens: Central digital ITT 1240: Realización de la señalización por canal común CCITT nº 7: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 264-273 (en este número).
- 6 P. Haerle y M. della Bruna: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 235-247 (en este número).
- 7 E. Bertoli, H. Neufeldt y M. Smouts: Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 184-197 (en este número).
- 8 F. Alvarez Casas y F. Casali: Central digital ITT 1240: Planificación de redes y aplicación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 302-314 (en este número).

Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana

La central digital ITT 1240, puede configurarse de un modo sencillo para su uso en la red interurbana mediante una elección adecuada de módulos pertenecientes a la gama estándar. La arquitectura es la misma que para cualquier otra aplicación.

P. Haerle

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,
República Federal de Alemania

M. della Bruna

Face Sud Selettronica, Salerno, Italia

Introducción

Los requisitos para centrales interurbanas difieren de los de las centrales locales a causa de las diferentes funciones que deben realizar las primeras. Por ejemplo, ninguno de los circuitos requeridos en las centrales locales para conectar líneas de abonados, cabinas públicas y centrales privadas automáticas, es necesario en una central interurbana. Igualmente, tampoco se necesitan los programas utilizados en centrales locales para proporcionar toda la gama de facilidades de abonado y para el tratamiento de señalización de abonado.

Por otra parte, las centrales internacionales deben trabajar con sistemas de señalización especificados a nivel internacional, y a menudo deben proporcionar acceso a posiciones de operadora e incluir circuitos supresores de eco para conexiones internacionales muy distantes. Los enlaces conectados a centrales interurbanas soportan en general un tráfico elevado y deben

de tener una probabilidad de bloqueo muy baja, a fin de cumplir los requisitos generales de funcionamiento impuestos por las Administraciones.

La central digital ITT 1240 ha sido desarrollada para cumplir los requisitos impuestos por cualquier Administración telefónica. Su estructura modular permite su fácil adaptación a cualquier tipo de central, incluyendo centrales locales, interurbanas y combinadas local/tránsito; las centrales interurbanas se construyen a partir de una combinación de módulos estándar de equipo y programas, a los que se agregan ciertos módulos especiales descritos en este artículo.

Configuración de una central interurbana ITT 1240

La central interurbana utiliza la arquitectura estándar ITT 1240¹, en la que los distintos módulos de interfaz y de recursos² se interconectan mediante vías MIC (modulación por impulsos codificados) serie, a

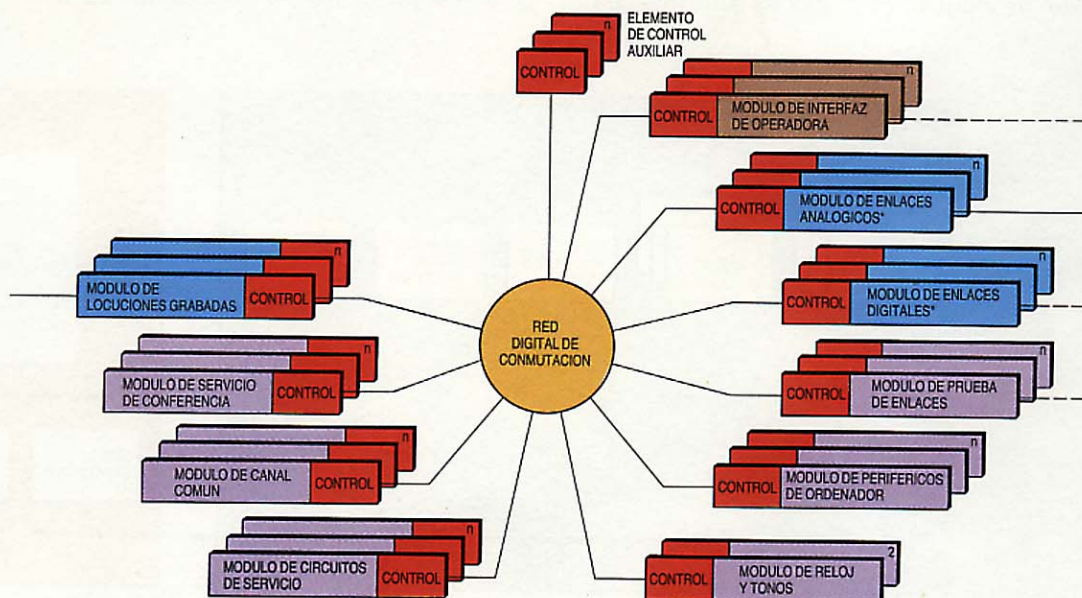


Figura 1
Diagrama de bloques
de una central interurbana ITT 1240.
* Enlaces nacionales o internacionales.

través de la red digital de conmutación (Fig. 1)³.

Dependiendo de las funciones a realizar en una central dada, se equipan todos o solamente algunos de los siguientes módulos de equipo:

Módulos de enlaces digitales: cada uno suministra interfaz y control para un enlace digital con 32 ó 24 canales², que puede trabajar con señalización por canal asociado o por canal común. Opcionalmente puede incorporarse un supresor digital de eco para uso en centrales de tránsito internacional.

Módulos de enlaces analógicos: cada uno de ellos proporciona interfaz y control para 30 enlaces analógicos, que usan señalización por canal asociado o señalización CCITT n° 7 por canal común². Opcionalmente, pueden incluirse supresores de eco y un terminal para señalización dentro de banda (p.ej., CCITT n° 5).

Módulos de circuitos de servicio: proporcionan recursos y control para emisores y receptores multifrecuencia; sus circuitos son idénticos a los módulos requeridos para señalización de teléfonos de teclado en centrales locales.

Módulos de canal común: aptos para sistemas de señalización CCITT n° 7 o CCITT n° 6⁴.

Módulo de servicio de conferencia: proporciona canales de conferencia para un cierto número simultáneo de llamadas de conferencia, con un número variable de participantes.

Módulo de locuciones grabadas: proporciona locuciones generadas digitalmente o conecta líneas a grabadores analógicos de avisos, ya existentes. Este módulo se utiliza conjuntamente con los módulos estándar, tales como el de reloj y tonos y los de enlaces analógicos o digitales, para la distribución de locuciones grabadas a los enlaces.

Módulo interfaz de operadora: sirve de interfaz con mesas de operadora⁵.

Módulo de periféricos de ordenador: proporciona control, interfaz y capacidad de proceso para dispositivos CHM de entrada/salida (p.ej., unidades de pantalla), y unidades de memoria de masa (p.ej., disco o cinta magnética). La información típica almacenada en la memoria de masa suele ser: programas y datos de reserva, registros "fuera de línea", datos estadísticos, datos de mantenimiento e información de tarificación.

Módulo de reloj y tonos (duplicado): contiene el reloj central y el generador de tonos. El reloj central puede controlarse, bien desde un reloj exterior, o bien desde un sistema local triplicado de osciladores patrón. Este módulo realiza también cualquier sincronización necesaria de la red (p.ej., para operación plesiócrona o maestro-esclavo). Un generador digital de señales suministra los tonos audibles que se distribuyen a todos los módulos.

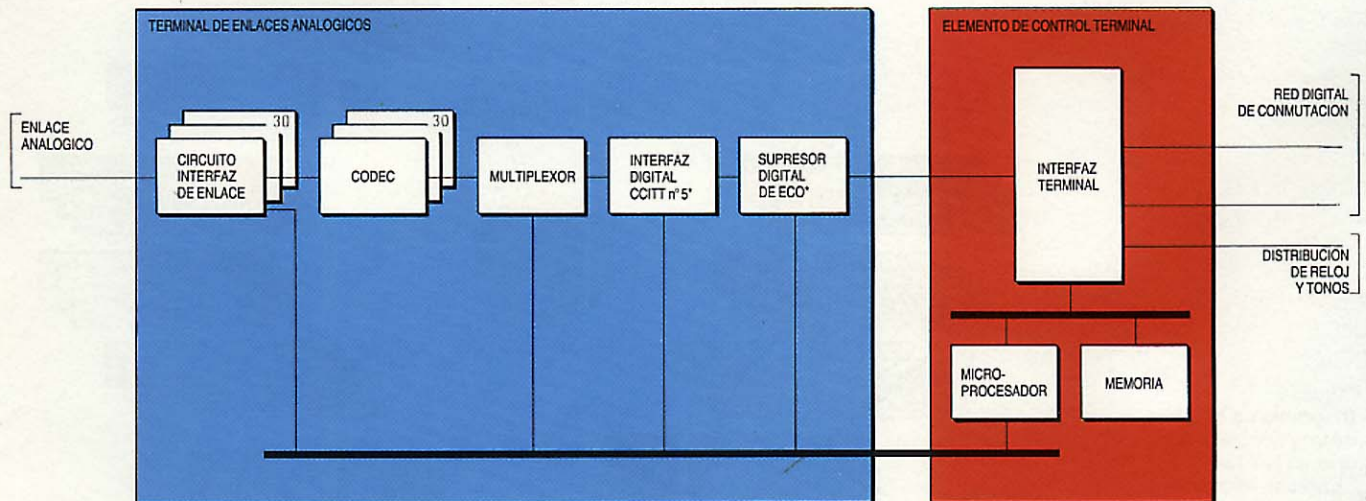
Módulos de prueba de enlaces: conectan equipo de prueba de enlaces a la red digital de conmutación. Estos módulos dan medios para probar enlaces, conjuntamente con los módulos estándar de periféricos de ordenador, circuitos de servicio y enlaces analógicos/digitales.

En centrales internacionales de tránsito se usan el interfaz digital para el sistema de señalización CCITT n° 5 y el supresor digital de eco, ambos parte opcional de los módulos de enlaces analógicos/digitales. Estas unidades utilizan el mismo principio que el módulo digital de conferencia.

Módulos especiales para aplicaciones interurbanas

El tráfico de tránsito cursado por la central puede ser nacional o internacional. La

Figura 2
Módulo de enlaces analógicos para aplicaciones interurbanas, incluyendo supresor digital de eco opcional e interfaz para señalización de línea CCITT n° 5.
* Función opcional para enlaces internacionales.



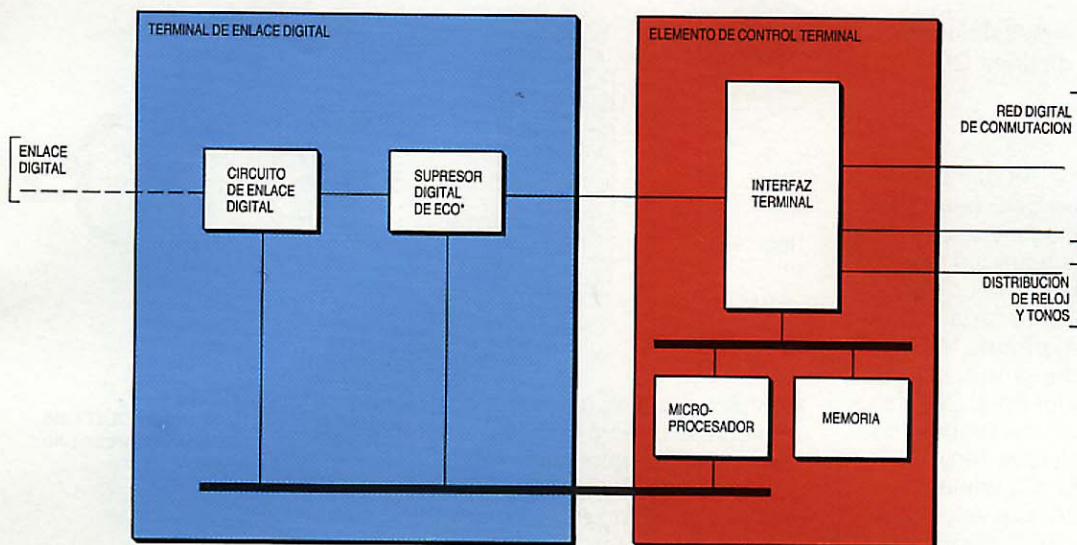


Figura 3
Módulo de enlaces digitales para aplicaciones interurbanas, incluyendo supresor digital de eco.
* Funciones opcionales para enlaces internacionales.

central ITT 1240 satisface fácilmente los requisitos diferenciales de ambas aplicaciones, debido a su modularidad y flexibilidad. La operación como central de tránsito nacional o internacional requiere algunos circuitos y programas no necesarios en centrales locales. Por ejemplo, las versiones opcionales de los módulos de enlaces analógicos y digitales, usadas para servicio interurbano nacional e internacional, que incorporan circuitos y programas para supresión del eco y para interfaz con la señalización dentro de banda del sistema CCITT n° 5. Otros servicios y subsistemas usados en centrales interurbanas pueden ser típicos de dichas aplicaciones (operadoras), o bien comunes con aplicaciones de tipo local (locuciones grabadas).

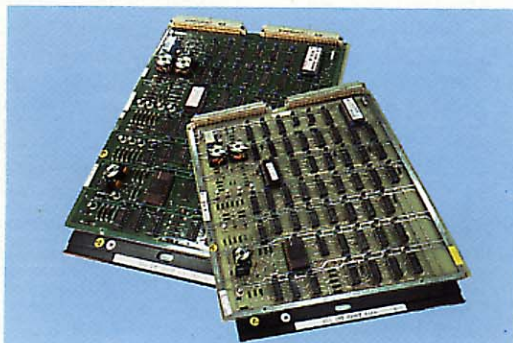
Módulos de enlaces analógicos y digitales

El diseño de estos interfaces de enlace ha previsto todas las condiciones posibles, tales como: interfaces analógicos a 2 ó 4 hilos, una gran variedad de sistemas de señalización, diferentes planes de transmisión, entornos combinados analógico-digitales, llamadas de corta y larga distancia con eco, estrategias de prueba de enlaces, servicios especiales típicos de cada Administración, impacto de fallos en enlaces de costo elevado, etc. En ciertos casos estas opciones pueden realizarse mediante programas adecuados, mientras que en otros se requieren también circuitos especiales.

Los circuitos del terminal de enlaces analógicos (Fig. 2) son muy semejantes a los del terminal de abonados analógicos. Los enlaces a dos hilos disponen de acceso por relés a un bus de pruebas, mientras que los de cuatro hilos pueden hacer pruebas de bucle. Los circuitos individuales de alimentación y protección incluyen dispositivos diseñados de encargo que minimizan el tamaño y el consumo.

El módulo de enlaces digitales existe en las versiones estándar de 32 ó 24 canales. No sólo posee circuitos de interfaz con la vía digital que detectan y sincronizan las señales, sino que además supervisa los estados de alarma, salva fallos en circuitos y transmite en bucle señales, bien internamente o hacia la central distante.

En cualquier tipo de enlace analógico puede ajustarse el nivel de transmisión (atenuador) y conmutar los atenuadores, tal y como lo requiera el plan de transmisión; además se incluyen dispositivos especiales para supervisión continua de las funciones de los circuitos.



Placas de circuito impreso para el módulo de enlaces digitales ITT 1240.

Puedan distinguirse varios casos para la señalización por canal asociado en enlaces analógicos o digitales. En general, el módulo de enlace trata directamente la información de señalización, en caso de utilizarse tonalidad dentro de banda. Para señalización multifrecuencia, hay que considerar dos fases típicas: señalización de línea y señalización de registrador. La señalización de línea se trata por canal en el módulo de enlaces, mientras que la de registrador necesita del módulo de circuitos de servicio. Para la detección de las dos frecuencias de señalización de línea dentro de banda del CCITT n° 5, se incluye en el módulo de

enlaces un circuito DI5 especial (interfaz digital para señalización de línea CCITT nº 5).

Supresor digital de eco

En las aplicaciones donde pueda necesitarse, es posible incluir un SDE (supresor digital de eco) en módulos de enlaces analógicos y digitales. Esta unidad realiza la supresión del eco (semisupresor de eco CCITT), individualmente para cada uno de los 30 canales de voz de la trama MIC; puede conectarse directamente al interfaz terminal y microprocesador en el ECT (elemento de control terminal) del módulo de enlaces. Los interfaces físicos son, por tanto, un interfaz serie de 32 canales (4.096 kbit s⁻¹) y el bus de baja velocidad del microprocesador del ECT.

Las figuras 2 y 3 muestran el SDE en los módulos de enlaces internacionales analógicos y digitales, respectivamente. El control eficaz del eco con elevada calidad, versatilidad, seguridad e inmunidad al ruido está asegurado por las características resumidas en la tabla 1.

El SDE puede operar, bien como unidad dedicada a un enlace específico, o bien dentro de un grupo común. En el primer caso el SDE se inserta en el módulo de enlaces y se asocia un supresor de eco a cada uno de los 30 canales, mediante una orden por programa. En el segundo caso el SDE forma parte de un módulo separado y actúa como un recurso del sistema; se necesita un segundo camino a través de la red para conectar el supresor de eco al canal que lo requiera. La figura 4 muestra la actuación del SDE como semisupresor de eco, de acuerdo con las recomendaciones del CCITT. El consumo y el tamaño del equipo son pequeños en comparación con otras soluciones digitales; el SDE tiene

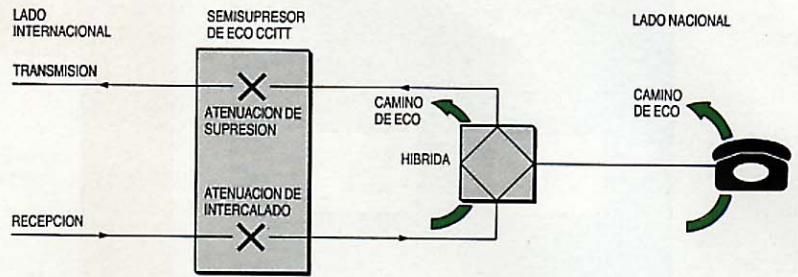


Figura 4
Definición CCITT de un semisupresor de eco.

ventajas particulares sobre soluciones analógicas que no puedan integrarse fácilmente en centrales digitales.

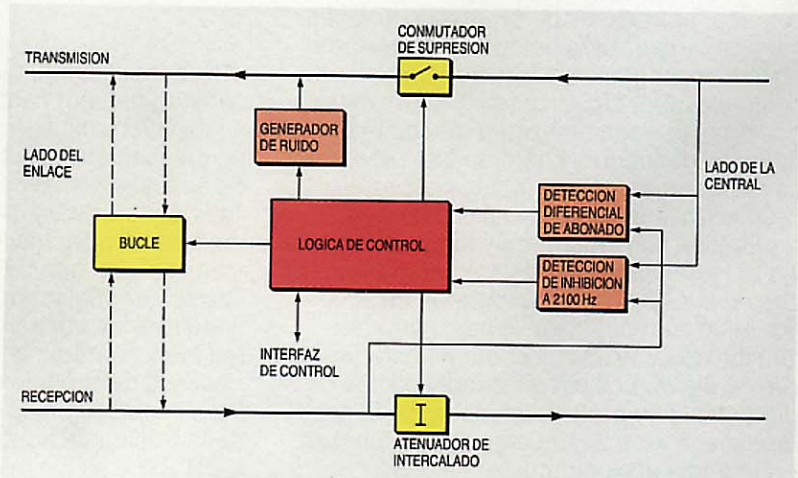
La figura 5 es un diagrama de bloques del SDE utilizado en centrales interurbanas ITT 1240. Se examina primeramente el lado receptor de la señal vocal, a fin de comprobar si está presente un tono de inhibición originado en ambos terminales. Si este tono no existe ni tampoco hay señal de inhibición forzada de la propia central, el SDE se encuentra activo. En tal caso, opera entre tres condiciones estables conocidas como: estado de supresión, estado de conversación simultánea y estado de reposo.

El estado de supresión se caracteriza por la inclusión de una atenuación infinita (conmutador de supresión) en la vía de transmisión desde el lado del abonado local, mientras que en el estado de conversación simultánea se inserta una atenuación de 6 dB. en la vía de recepción a través del atenuador de intercalado. Si se activa el SDE, la lógica de control actúa sobre dos señales obtenidas por comparación de la señal transmitida con un umbral fijo de -31 dB y por una comparación diferencial entre los niveles de voz de la transmisión y la recepción. A causa de la naturaleza digital del circuito, en el estado de supresión se inserta en la emisión ruido pseudo-aleatorio de bajo nivel, con el fin de dar al abonado remoto la impresión de que el abonado local está aún presente.

Figura 5
Supresor digital de eco opcional, para usar en módulos de enlaces analógicos o digitales conectados a enlaces internacionales.

Tabla 1 — Características principales de los supresores digitales de eco

Detección diferencial de voz para el conmutador de supresión y el atenuador de intercalado.
Detección y manipulación del tono de inhibición de 2.100 Hz.
Activación o inhibición forzada bajo control de programa.
Inmunidad al zumbido.
Sensibilidad aumentada a sonidos fricativos para reducir la probabilidad de mala operación (filtro de énfasis).
Tiempo de permanencia ajustado a los valores recomendados por el CCITT.
Acuerdo completo con las recomendaciones del CCITT (G. 164, supresor de eco de acción rápida, tipo C).
Supervisión continua de las funciones de los circuitos durante el funcionamiento normal.
Control del cierre de bucle entre el canal X y el X + 16 para pruebas rutinarias funcionales fuera de servicio.



El control del SDE lo ejerce el microprocesador del módulo donde se equipa, utilizando el programa operador de dispositivo del mismo modo que cualquier otro periférico.

El SDE se prueba continuamente usando sólo los canales 0 y 16, o cualquier canal si así se solicitara. La estrategia de prueba del SDE, se aplica también al interfaz digital de señalización de línea CCITT n° 5 y al mezclador digital de conferencia descrito más adelante. Dado que el SDE no utiliza para conversación los canales 0 y 16, estos pueden servir para iniciar y realizar pruebas "en línea" a nivel de placa impresa. El SDE está formado por cuatro subunidades distintas; las señales de prueba generadas en la primera de ellas se procesan, y luego pasan de una subunidad a otra de forma exacta a como ocurre con los canales de conversación (Fig. 6). Dentro de cada subunidad, los resultados intermedio y final generados mediante proceso de las señales de prueba, se comparan con los resultados esperados, que almacena una memoria al efecto. Cualquier error provoca una alarma de subunidad en fallo, a la que siguen comprobaciones de persistencia y acciones de defensa que pueden iniciar los programas de mantenimiento.

Además, se realizan bajo petición pruebas funcionales desde la central, generalmente de forma rutinaria y con el equipo fuera de servicio, aunque es posible hacerlas "en línea", utilizando canales libres. Tales pruebas pueden hacerse canal por canal, comprobando así todos ellos. Mediante una serie de pruebas funcionales fuera de línea es posible comprobar las funciones de intercalado, supresión e inhibición del SDE. También pueden probarse individualmente los circuitos de alarma de cada módulo, aplicando condiciones de error.

Se ha concebido especialmente para el SDE y los circuitos DI5 la realización de pruebas mientras están en servicio, y ello se debe al alto tráfico cursado por los enlaces y a que cada una de estas unidades atiende a 30 canales. La solución adoptada no sólo detecta las faltas con rapidez, sino que consigue un compromiso mejor entre circuitos y programas. De hecho, no se necesita pasar rutinas de diagnóstico con frecuencia para enlaces individuales. Cada unidad puede probarse por medio de supervisión continuada y prueba funcional especializada por canal, ya sea a intervalos regulares o bajo petición.

Interfaz para señalización de línea CCITT n° 5

En las comunicaciones internacionales con señalización de línea CCITT n° 5, se trata de distinto modo la información correspondiente a señalización de línea y de registrador. Esto concuerda con la estrategia general adoptada en el ITT 1240 para procesar

la señalización. El módulo de circuitos de servicio usado normalmente para emisión y recepción de señales multifrecuencia (adaptado a las frecuencias del sistema n° 5 mediante cambio de la memoria ROM programable y carga de los programas adecuados), trata la fase de registrador como un emisor/receptor centralizado, mientras que la señalización de línea se trata por canal mediante la unidad DI5. La tabla 2 detalla las principales funciones y características de la unidad DI5.

El DI5 tiene los mismos interfaces que el SDE, es decir, uno a $4.096 \text{ kbit s}^{-1}$ hacia el interfaz terminal, y el interfaz de control con el microprocesador del módulo.

Gran parte de los circuitos del DI5 (Fig. 7), son comunes al SDE; ambos son pequeños y de escaso consumo. Estos circuitos comunes reducen costes de diseño e inge-

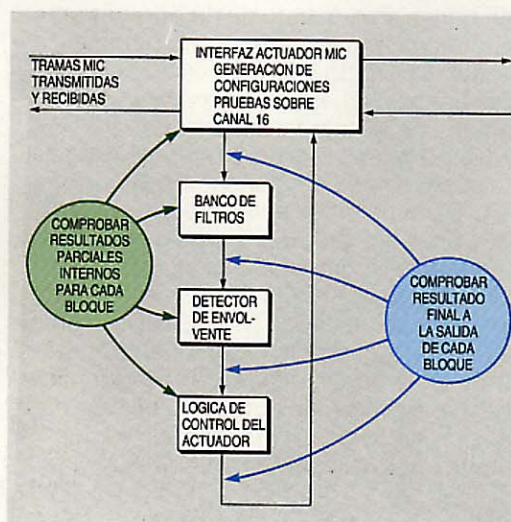


Figura 6
Detección de fallos durante el servicio del supresor digital de eco, interfaz digital para señalización de línea CCITT n° 5 y mezclador digital de conferencia. Cualquier discrepancia entre los valores esperados y los reales genera una alarma.

Tabla 2 — Características esenciales del interfaz digital para señalización de línea CCITT n° 5

Detección de los tonos de 2.400 y 2.600 Hz y de la señal compuesta (lado de recepción), incluyendo la comunicación con el ECT del módulo.

Envío de los mismos tonos (frecuencias simples o señal compuesta) en el lado de transmisión tras recibir la orden correspondiente.

División de la línea en lados de transmisión y recepción, tal y como lo requiere la señalización de línea CCITT n° 5.

Inhibición de la unidad bajo control del programa.

Elevada inmunidad al ruido y a la voz en el circuito detector de tonos y comprobaciones especiales para proteger al circuito contra armónicos de la voz.

Adaptabilidad de la función de división de la línea de recepción de acuerdo con la Recomendación Q. 145 del CCITT.

Pleno cumplimiento de las Recomendaciones Q. 140 a Q. 145 del CCITT.

Supervisión continua de las funciones de circuitos durante el servicio.

Control del cierre del bucle para pruebas rutinarias funcionales fuera de servicio.

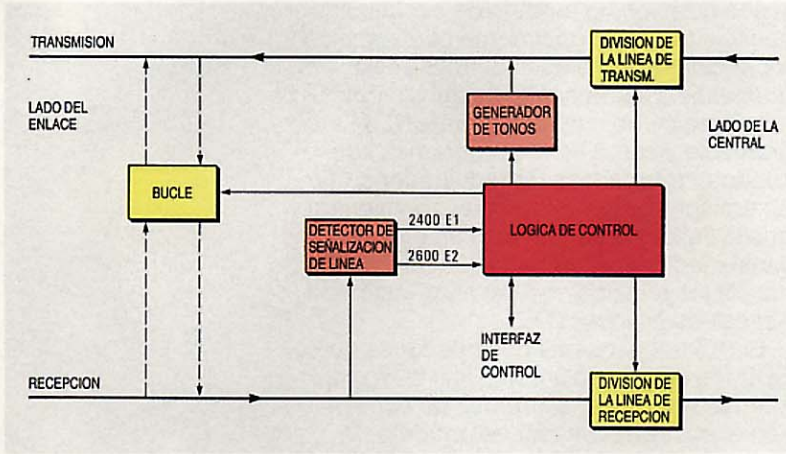


Figura 7
Interfaz digital
opcional para señalización de línea
CCITT n° 5.

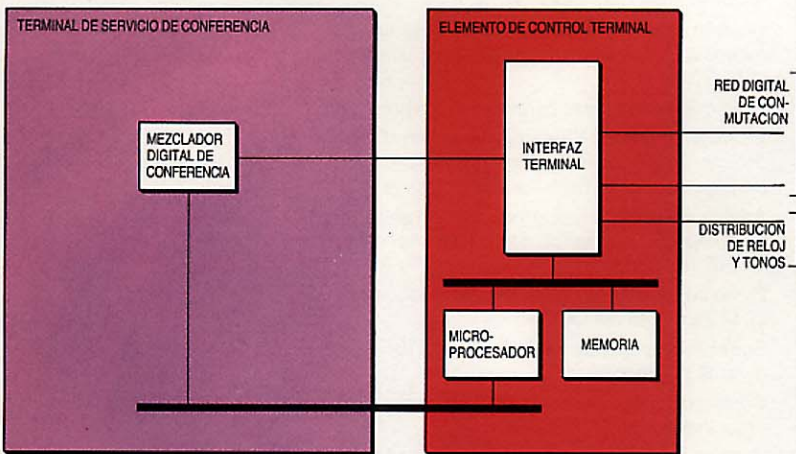
nería, mejoran las características en comparación con soluciones anteriores, permiten una misma estrategia de pruebas y mantenimiento y acortan considerablemente el periodo de desarrollo. Las diferencias esenciales entre ambas unidades residen en la microprogramación.

Como ya se vio anteriormente, la lógica de supervisión continuada "en servicio" (Fig. 6), también es aplicable a la unidad DI5. En la figura 7, E₁ y E₂ indican las dos frecuencias, como señales lógicas a la salida del detector, usadas en la lógica de control. Las unidades DI5 y SDE se controlan ambas por medio de un operador de dispositivo que supervisa la operación y el mantenimiento y se comunica con los demás módulos de programa a través del interfaz normalizado de mensajes.

Servicio de conferencia

Las llamadas de conferencia originadas, bien en un operador o en un abonado, para ambas aplicaciones nacional e internacional, se tratan mediante el módulo de servicio de conferencia (Fig. 8). El carácter general y versátil de las facilidades de conferencia

Figura 8
Módulo de servicio
de conferencia.



está asegurado por el alto rendimiento y flexibilidad del mezclador digital de conferencia (DCM), base del módulo en cuestión, los programas de control del microprocesador del ECT y los programas de tratamiento de llamada; en conjunto todos ellos proporcionan un amplio abanico de facilidades que utilizan los mismos circuitos. Las características principales del DCM se dan en la tabla 3.

El DCM se controla mediante programas, lo que permite su uso en cualquier tipo de conferencia (p. ej., "meet-me", en la que todos los participantes llaman al mismo número a una hora acordada; "add-on", en la que pueden agregarse nuevos participantes durante la conferencia; "preset" que involucra a un grupo de participantes predeterminado), bien bajo control de operadora o del abonado. Adviértase que los programas de control requeridos por este módulo dependen de las facilidades acordadas con cada Administración, mientras que el DCM es una unidad de equipo estándar, que no depende del tipo de conferencia ni del número de participantes.

La figura 9 muestra el DCM usado en el módulo de servicio de conferencia; es similar al SDE (Fig. 5), con la excepción de que se ha eliminado el detector del tono de inhibición y se ha agregado un mezclador. Tras la conversión de comprimido a lineal, este último mezcla las muestras de cada conferencia activa y las reconvierte de lineal a comprimido. El mezclador se ha diseñado cuidadosamente a fin de reducir los efectos de errores o de picos espúreos aleatorios y evitar su propagación.

Los circuitos del DCM están bajo continua supervisión, usando el método descrito ya anteriormente para el SDE; además, se dan medios para cerrar un bucle y establecer conferencias para pruebas "fuera de línea". Para conferencias pequeñas, hasta

Tabla 3 — Principales características del mezclador digital de conferencia

Total estabilidad y ausencia de oscilación para un máximo de 30 participantes, que todos hablan y escuchan
Atenuación muy pequeña (6 dB) en el estado de conversación simultánea
Alta inmunidad al ruido
Gran sensibilidad a sonidos fricativos
Tiempo de permanencia ajustable
Unidad digital común para 30 canales
Posibilidad de cualquier combinación, desde una sola conferencia con 30 participantes hasta 15 de dos participantes (ya excluida la operadora)
Los participantes pueden hablar y escuchar, sólo hablar, o sólo escuchar
Equipo coincidente con las unidades SDE y DI5
Posibilidad de aumentar el número de participantes que sólo escuchan, mediante un módulo de difusión adicional
Calidad y resultados que superan la Recomendación E.208 del CCITT

de cinco participantes, puede usarse una versión simplificada del DCM (incluyendo tonalidad de inserción, que avise a los abonados de que la operadora se intercala). Esta versión utiliza la placa mezcladora y una placa adicional de interfaz; no existe detección de voz debido a que no se necesita en este caso que la voz actúe conmutando atenuaciones.

Locuciones grabadas

En ciertas condiciones de señalización (p.ej., número inalcanzable), para algunos tipos de fallo de la central y en el caso de mensajes de cortesía, es preciso enviar avisos prefijados al abonado. En la central digital ITT 1240 los avisos pueden dividirse en dos clases:

- Avisos que, por su naturaleza, han de enviarse a los abonados en situaciones de emergencia; pueden considerarse como mensajes no bloqueables.
- Avisos no forzosamente exentos de bloqueo y que son, por tanto, mensajes ordinarios de servicio.

Los mensajes imbloqueables se transmiten desde el módulo de reloj y tonos a todos los módulos de enlaces, mediante la distribución especial de reloj y tonos, mientras que los mensajes de servicio se envían al módulo de enlaces de destino, a través de la red.

En el ITT 1240 existen varias alternativas para el módulo de locuciones. Si tiene que

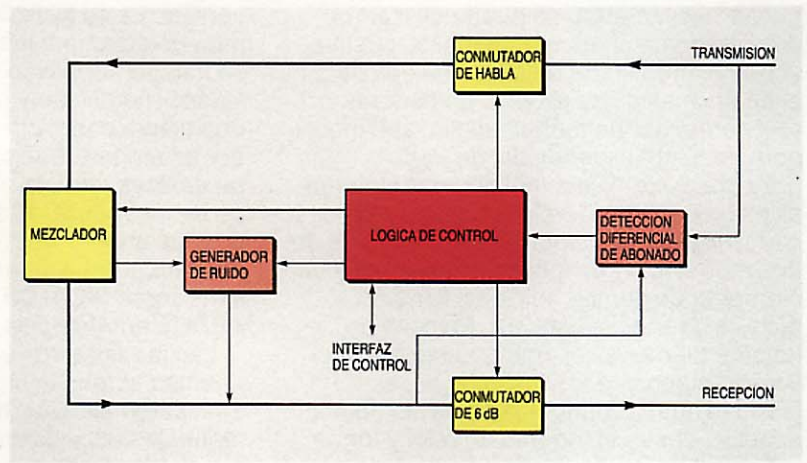
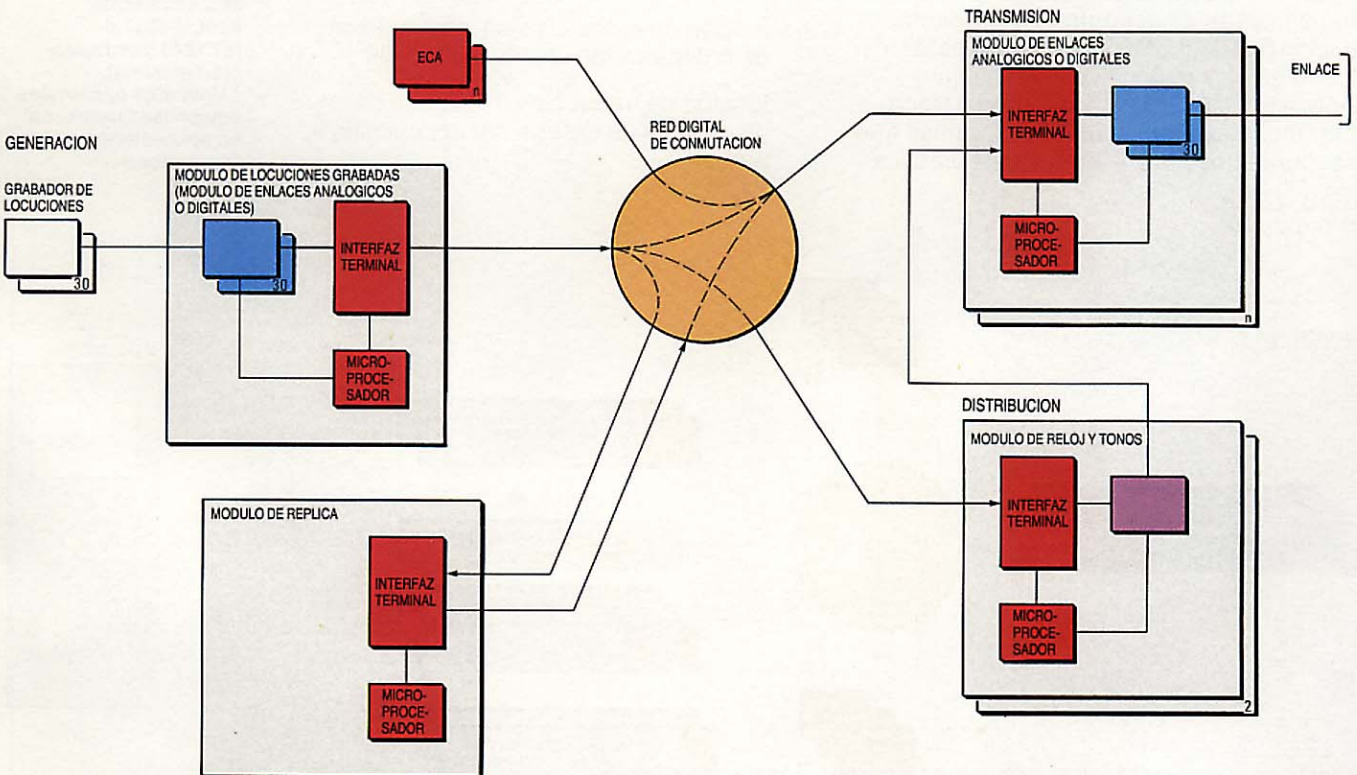


Figura 9
Mezclador digital de conferencia que forma parte del módulo de servicio de conferencia.

interconectarse con grabadoras analógicas ya existentes, el módulo se asemejará a un módulo de enlaces analógicos (ver figura 10). Las grabadoras (hasta 30 por módulo) existentes en la central, pueden así conectarse a un módulo normal de enlaces analógicos que trate su señalización. Debe advertirse que esta solución puede también aceptar mensajes procedentes de grabadoras ubicadas en centrales distantes. En ciertas aplicaciones, puede ajustarse el nivel de la locución basándose en la detección de una frecuencia de supervisión. Puede también sustituirse el módulo de enlaces analógicos por un módulo de enlaces digitales, a fin de recibir avisos digitalizados a través de una vía MIC.

Figura 10
Generación, distribución y transmisión de locuciones grabadas (mensajes) en una central digital ITT 1240.



Alternativamente, se puede utilizar un dispositivo completamente digital, sustituyendo el módulo de enlaces analógicos o el de enlaces digitales y las grabadoras exteriores, por un módulo digital que incorpore un sintetizador digital de voz.

Es posible enviar simultáneamente mensajes de servicio idénticos a muchos abonados mediante la conmutación en serie de dos módulos: el de locuciones normal y un elemento de control adicional llamado módulo de réplica (Fig. 10). En caso de tratarse de mensajes imbloqueables con acceso pleno a todos los enlaces, esta facilidad queda asegurada por la distribución especial desde el módulo de reloj y tonos.

El módulo de locuciones grabadas da información a los programas de la central para que la conexión pueda sincronizarse con el comienzo de un aviso y liberarse tras de un número especificado de repeticiones.

En caso requerido, este módulo puede también usarse en aplicaciones locales.

Prueba de enlaces

En cualquier red telefónica, es necesario probar los enlaces y sus circuitos de interfaz a intervalos regulares para garantizar que se mantiene el grado de servicio. Las pruebas se basan en medidas de la calidad de transmisión de las vías de señalización y de conversación, y en pruebas funcionales que verifican todas las fases de la llamada.

Las pruebas pueden realizarse, bien con un equipo independiente de medida, o por medio de las facilidades de prueba de enlaces del ITT 1240. Ambos permiten utilizar el ATME 2 (equipo automático de medidas de transmisión), de acuerdo con la Recomendación 0.22 del CCITT, y pueden satisfacer los requisitos específicos de cualquier Administración. El ITT 1240 proporciona herramientas de circuitos y programas que aseguran una prueba de enlaces práctica y

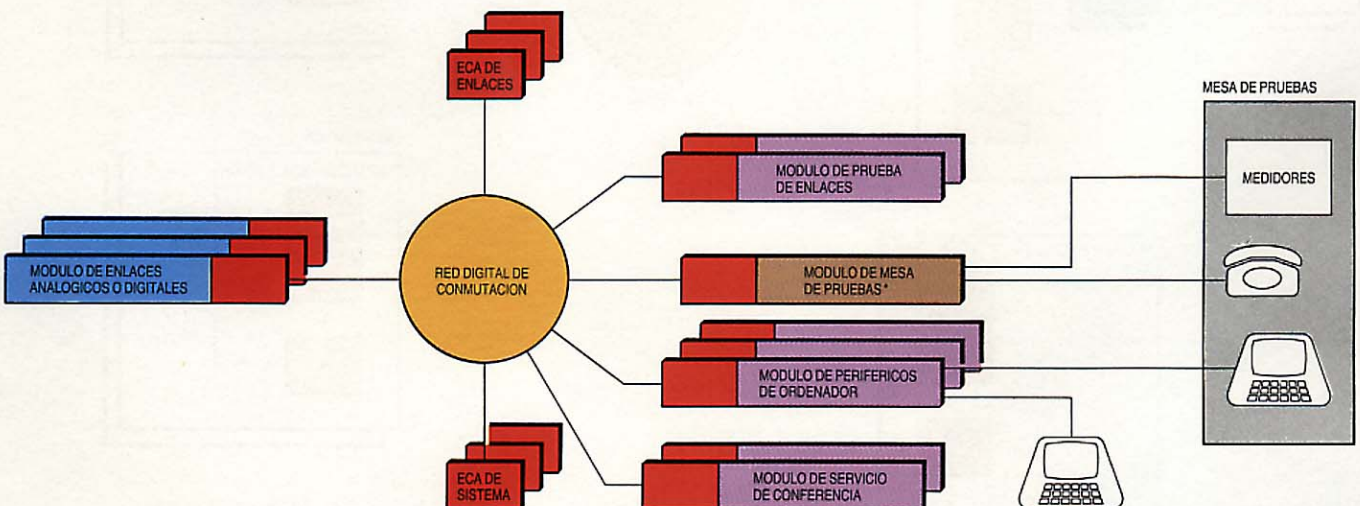
versátil. Estas facilidades pueden servir para detectar una falta, o para indicar que se han sobrepasado los umbrales prefijados (detección y prevención); pueden actuar como director o como contestador en ambas configuraciones de prueba de enlaces, directa o indirecta. Dependiendo de los requisitos de la Administración, pueden arbitrarse diferentes procedimientos para prueba de enlaces nacionales, tales como MCA-DRA en Italia, APREL-APRUE en Alemania, ATME nacional, etc.

Las medidas se realizan por procedimientos automáticos, rutinas paso a paso semiautomáticas, o mediante instrumentos manuales especiales, analógicos o digitales. Las pruebas pueden dirigirse desde los dispositivos hombre-máquina (en tiempo de entrada/salida de la central), en tiempo real por personal de mantenimiento desde una mesa de pruebas especializada, o automáticamente. En el último caso, las medidas pueden programarse de acuerdo con un plan de pruebas establecido y extenderse desde la prueba de un único enlace hasta una serie de medidas a realizar sobre grupos de enlaces predeterminados. Los resultados se almacenan, imprimen o visualizan bajo petición, en la forma deseada. El subsistema da también medios para la medida del nivel, duración y formato de la señal.

Para realizar las funciones requeridas, las facilidades de prueba de enlaces hacen uso de algunas de las funciones fundamentales de la central interurbana, tales como:

- función de tratamiento de llamada, para el establecimiento y liberación de las llamadas de prueba
- función de entrada/salida, para entrada de órdenes y registro de resultados
- función de traducción de la base de datos, a fin de determinar los enlaces a probar.

Figura 11
Módulos utilizados para prueba de enlaces en una central digital ITT 1240 (configuración máxima).
* Unidades opcionales equipadas únicamente en aplicaciones específicas.



Estas facilidades pueden también utilizarse para pruebas de instalación en el caso de ampliación de enlaces, para búsqueda de fallos en la red exterior o para realizar pruebas de comportamiento de una central ITT 1240 (prueba interna). La prueba de enlaces admite control remoto desde un centro de operación y mantenimiento, con lo que podrán probarse los enlaces que terminen en una central desatendida.

Fila de bastidores en central ITT 1240 interurbana. En primer término, las unidades de cinta magnética (parte del módulo de periféricos).



La figura 11 muestra las facilidades utilizadas para la prueba de enlaces; éstas se dividen en: equipo estándar ITT 1240 usado en el tratamiento normal de una llamada, y equipo requerido únicamente para prueba de enlaces. El equipo ITT 1240 es:

- módulo de enlaces analógicos o digitales y ECA de enlaces, para controlar llamadas de prueba sobre enlaces
- ECA de sistema para almacenar programas de mantenimiento no residentes
- módulo de periféricos de ordenador, para control de periféricos y gestión de las pruebas rutinarias automáticas y pruebas de diagnóstico
- red digital de conmutación.

Los elementos específicos de la prueba de enlaces son:

- módulo de prueba de enlaces, con instrumentación de medida que puede conectarse a los enlaces a probar a través de la red digital de conmutación
- módulo de mesa de pruebas, que permite al personal de operación y mantenimiento

la realización de pruebas especiales; la mesa de prueba contiene instrumentos analógicos de medida, un casco para comunicación con otros operadores, y un visualizador para comunicarse con las facilidades de prueba de enlaces.

Los resultados de la prueba pueden enviarse a través de la red digital de conmutación al módulo de periféricos de ordenador para su visualización o almacenamiento. El módulo de prueba de enlaces es siempre necesario, mientras que el módulo de mesa de prueba es opcional. Por su modularidad, el subsistema de prueba de enlaces puede adaptarse a los requisitos de cualquier Administración. La mayoría de los circuitos especiales se concentra en el módulo de prueba de enlaces, que puede manejar hasta un máximo de 30 medidas diferentes simultáneas y es capaz de realizar auto-prueba, poniendo en bucle el camino de transmisión y el de recepción. Sus principales características son:

Generación digital de tonos y códigos multifrecuencia; estas funciones son realizadas por un generador digital que puede suministrar tonos entre 4 Hz y 3.400 Hz, o códigos multifrecuencia con una precisión de ± 4 Hz en la frecuencia y un amplio margen de niveles.

Medición de tonos, efectuada por el circuito de medidas digitales al recibir el tono a medir a través de la red digital. La medición de los niveles de los tonos así como la detección de códigos multifrecuencia, se realiza digitalmente. Los resultados se transmiten al microprocesador a través del bus de datos. Las mediciones estándar incluyen las de ruido ponderado sofométricamente, con y sin filtro TASI de eliminación de banda, de acuerdo con las recomendaciones del CCITT, así como la del nivel de potencia para todos los tonos requeridos.

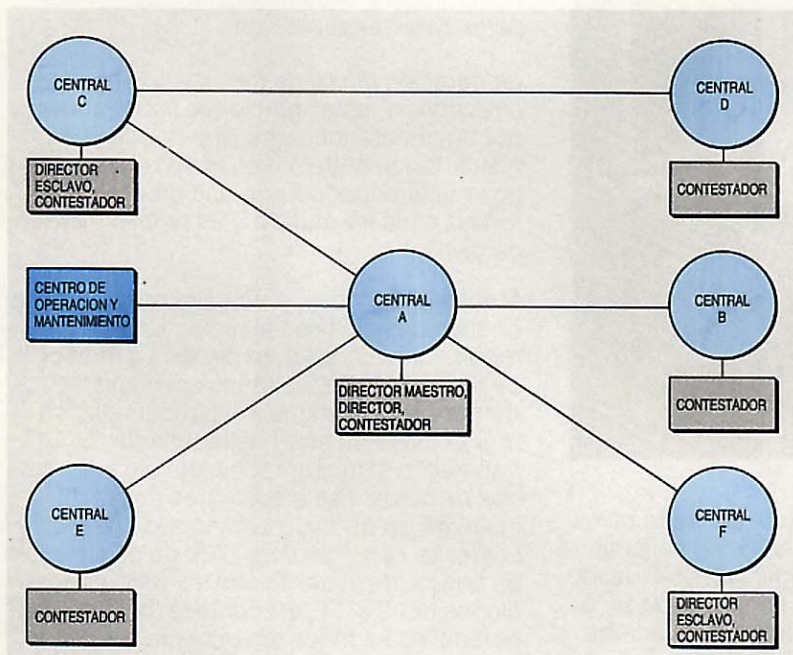
Medición de señales temporizadas. Los circuitos del subsistema de prueba de enlaces realizan todas las funciones de medición de forma digital. La precisión global del sistema sólo está limitada por la resolución de las conversiones analógico-digital y digital-analógico, tal y como las define la Recomendación G. 712 del CCITT.

El módulo de prueba de enlaces puede actuar como director o contestador de acuerdo con las recomendaciones del CCITT, o bien como director esclavo, para permitir pruebas directas e indirectas de enlaces. Como ejemplo, la figura 12 muestra las diferentes configuraciones de prueba de enlaces necesarias para un mantenimiento completo de la red en un área con varias centrales. Esta tarea se controla a distancia desde un centro único de operación y mantenimiento, que puede solicitar las siguientes pruebas de enlaces:

Pruebas directas: los enlaces de salida de la central A se prueban por comunicación directa entre el director ubicado en la central A y los contestadores en las centrales B, C, E o F, al otro extremo del enlace.

Pruebas indirectas: los enlaces de salida de la central C a la D, se prueban mediante la comunicación de un director esclavo en la central C y un contestador en la central D. Estas pruebas, controladas remotamente desde un director maestro en la central A, necesitan del establecimiento de una vía auxiliar entre las centrales A y C, para comunicación entre los directores maestro y esclavo. Este mismo mecanismo se aplica para probar los enlaces de llegada en la central A (p.ej., usando un director esclavo en las centrales C o F).

Figura 12
Red típica de prueba de enlaces.



Ejemplos prácticos

Disposición del equipo

El equipo de una central interurbana sigue la práctica de equipo estándar ITT 1240⁶. Todos los terminales, elementos digitales de conmutación y elementos de control, están equipados en una o varias placas de circuito impreso, que se enchufan en paneles posteriores de los respectivos cuadros. Estos paneles posteriores con circuito impreso proporcionan el conexionado de señales y alimentación entre las diferentes placas.

La modularidad propia del ITT 1240 puede reflejarse en el modo de crecimiento de una central interurbana a compás del tráfico y del número de terminaciones, mediante la adición de elementos de conmutación y

módulos de enlaces. Una central interurbana que no requiera supresión de eco ni señalización CCITT n° 5, sólo necesitará cinco bloques constructivos básicos en la casi totalidad de su equipado, a saber: módulo de enlaces analógicos, módulo de enlaces digitales, módulo de circuitos de servicio, conmutador de grupo (etapas 1 y 2, o etapa 3), y ECA. En algunos bloques, los convertidores CC/CC se alojan en panel posterior separado. La anchura de los paneles puede ser de 1/6, 1/3 ó 1/2 de la anchura del cuadro en que se equipan, dependiendo del número de placas que el módulo requiera. Por ejemplo, el módulo de circuitos de servicio ocupa 1/2 del ancho del cuadro; este mismo espacio se requiere para un módulo de enlaces analógicos. Sin embargo, el módulo de enlaces digitales y el de ECA (con sus convertidores incluidos) ocupan respectivamente 1/3 del cuadro.

Mediante la adecuada combinación de estos paneles posteriores con las placas, pueden formarse nueve cuadros funcionales básicos conteniendo:

- módulos de enlaces analógicos (2 × 30 enlaces)
- módulos de circuitos de servicio (2 × 32 circuitos de servicio)
- módulo de enlaces analógicos más módulo de circuitos de servicio (30 enlaces analógicos + 32 circuitos de servicio)
- módulos de enlaces digitales (2 × 30 enlaces)
- elementos de control auxiliar (dos)
- elemento de control auxiliar más convertidores CC/CC (cuatro)
- módulos de enlaces digitales (2 × 30 enlaces) más elemento de control auxiliar
- elementos digitales de conmutación más convertidor CC/CC
- elementos de conmutación más convertidor CC/CC y un elemento de control auxiliar.

Estos cuadros básicos, pueden a su vez combinarse en diferentes tipos de bastidores, con el fin de satisfacer todos los posibles requisitos en cuanto a número y tipo de enlaces, número de circuitos de servicio, capacidad de control y tamaño de la red de conmutación. La figura 13 presenta algunos tipos de bastidor usados en una central interurbana nacional. Mediante la adición de placas, cuadros y bastidores, puede crecer gradualmente la central de acuerdo con las necesidades de la Administración.

Centrales de tránsito nacional e internacional típicas

La figura 14 muestra el diagrama de enlaces de una central interurbana nacional que

puede conectar hasta 3.800 enlaces en un entorno 95% analógico. En este caso, la señalización es 100% mediante impulsos decádicos, por lo cual no se necesitan módulos de circuitos de servicio ni módulo de canal común. Un grupo especial de enlaces da acceso a la red de prueba de enlaces ya existente.

La figura 15 muestra el diagrama de enlaces de una central de tránsito internacional, con capacidad inicial de 12.600 y capacidad final de unos 23.000 enlaces.

Otras características

Capacidad de manejo del tráfico

La red digital de conmutación está estructurada para permitir una expansión progresiva del número de enlaces dentro de un extenso margen, añadiendo elementos de conmutación sin perturbar a la central ya en servicio. La unidad básica de ampliación es un módulo de enlaces analógicos o de enlaces digitales; cada nuevo módulo aumenta la capacidad del sistema en 30 enlaces. Un módulo de enlaces se conecta a dos conmutadores de acceso de manera que la carga sobre la red sea menor que 0,5 erlang por canal, asegurando así que no haya bloqueo y minimizando por tanto la necesidad de ingeniería de tráfico⁷.

Pueden manejarse niveles de tráfico hasta de 1 erlang por enlace, si se equipa un número suficiente de planos para atender el tráfico de cuatro módulos de enlaces (120 enlaces), máximo que puede conectarse a una pareja de conmutadores de acceso. A su vez, hasta cuatro pares de dichos conmutadores (480 enlaces) se conectan a un elemento de conmutación de la segunda etapa. La etapa siguiente de crecimiento consiste en la adición de elementos de conmutación a la segunda y tercera etapa, hasta un máximo de 8 elementos de segunda y 8 elementos de tercera etapa, que atienden aproximadamente a 3.800 enlaces. Añadiendo una cuarta etapa y ampliando más la segunda y tercera,

la red digital puede llegar a su capacidad final, con 16 grupos de 32 parejas de conmutadores de acceso cada uno, que pueden atender a unos 60.000 enlaces. La capacidad de cursar tráfico del sistema, crece a medida que se extiende la red digital de conmutación, pudiendo así llegar a tratar alrededor de 750.000 BHCA.

Adaptabilidad a diferentes requisitos de Administraciones

Durante el diseño de la central digital ITT 1240, se hizo hincapié en que el sistema fuese capaz de adaptarse tanto a requisitos existentes como futuros.

Un ejemplo patente de la flexibilidad requerida es la necesidad que tiene una central de tránsito de acomodarse a la amplia gama de sistemas de señalización existentes en los diferentes países. En el ITT 1240, esta adaptación requiere únicamente preparar interfaces adecuados de circuitos y programas. Todos los circuitos propios de un sistema de señalización a CC, se disponen en la placa impresa de interfaz de enlace, que tiene además un interfaz estándar con el resto del módulo de enlaces analógicos. La adaptación a un nuevo sistema de señalización sólo exige, pues, el rediseño de una placa del módulo de enlaces analógicos. De modo semejante, los circuitos requeridos para la recepción

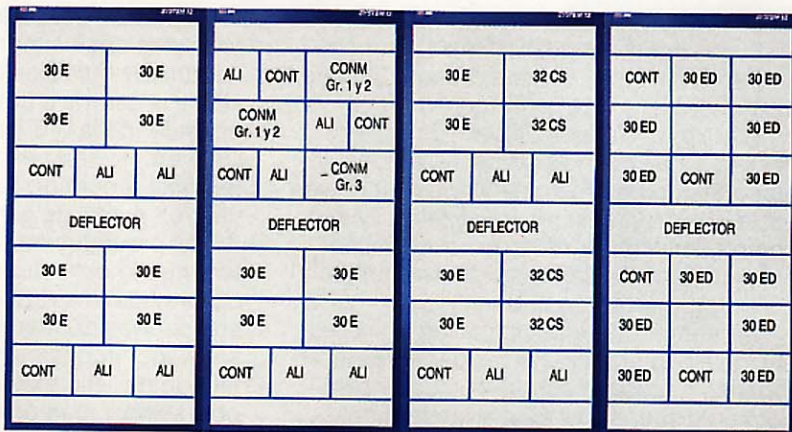
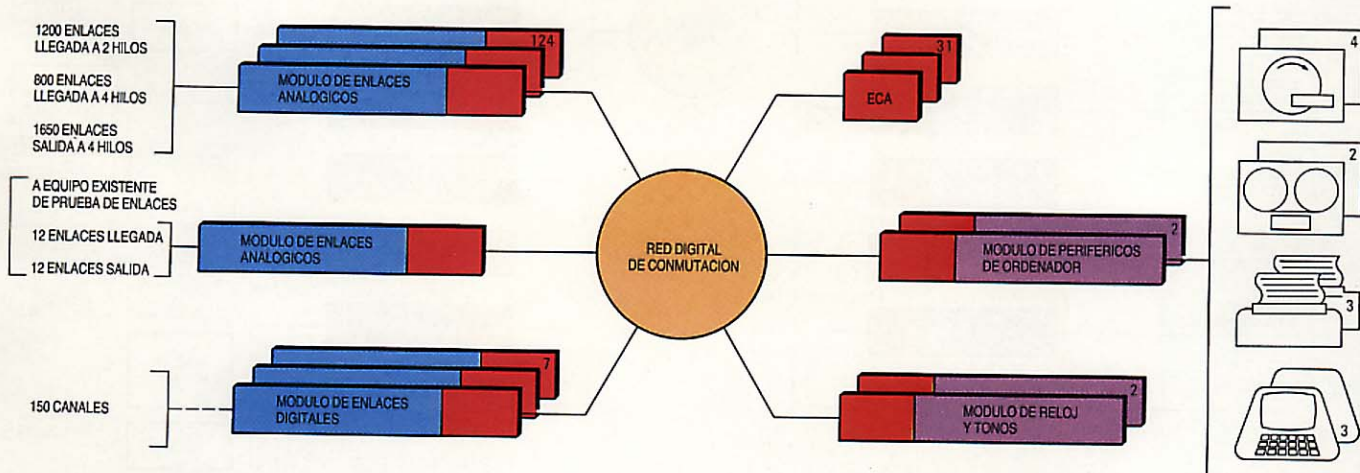


Figura 13
Bastidores equipados ITT 1240, típicos de una central interurbana.

- 30 E** - Módulo de enlaces analógicos (30 enl.)
- 30 ED** - Módulo de enlaces digitales (30 enl.)
- 32 CS** - Módulo de circuitos de servicio (32 ctos.)
- CONT** - Elemento auxiliar de control
- CONMGr** - Etapas del conmutador de grupo
- ALI** - Alimentación.

Figura 14
Diagrama de enlaces de una central interurbana ITT 1240, con 3.800 enlaces y un entorno 95% analógico.



de señales multifrecuencia se han diseñado de modo que sean adaptables a otras frecuencias o niveles solamente con un cambio de grabación de la memoria PROM programable, sin afectar con ello al resto del sistema. Los programas utilizan, análogamente, un interfaz estándar de mensajes entre el subsistema de señalización y el de control de llamada, de forma que un cambio en el sistema de señalización sólo afecte a los programas de señalización.

Dependiendo de su ubicación en la red nacional o internacional, las centrales interurbanas necesitan estrategias de encaminamiento diferentes. Con el fin de simplificar el seguimiento de distintos requisitos, se ha incorporado al sistema una flexibilidad total para que se acomode a todas las modalidades conocidas. Para esto únicamente se necesita modificar el módulo de programas de encaminamiento y ello no afecta al resto de la programación.

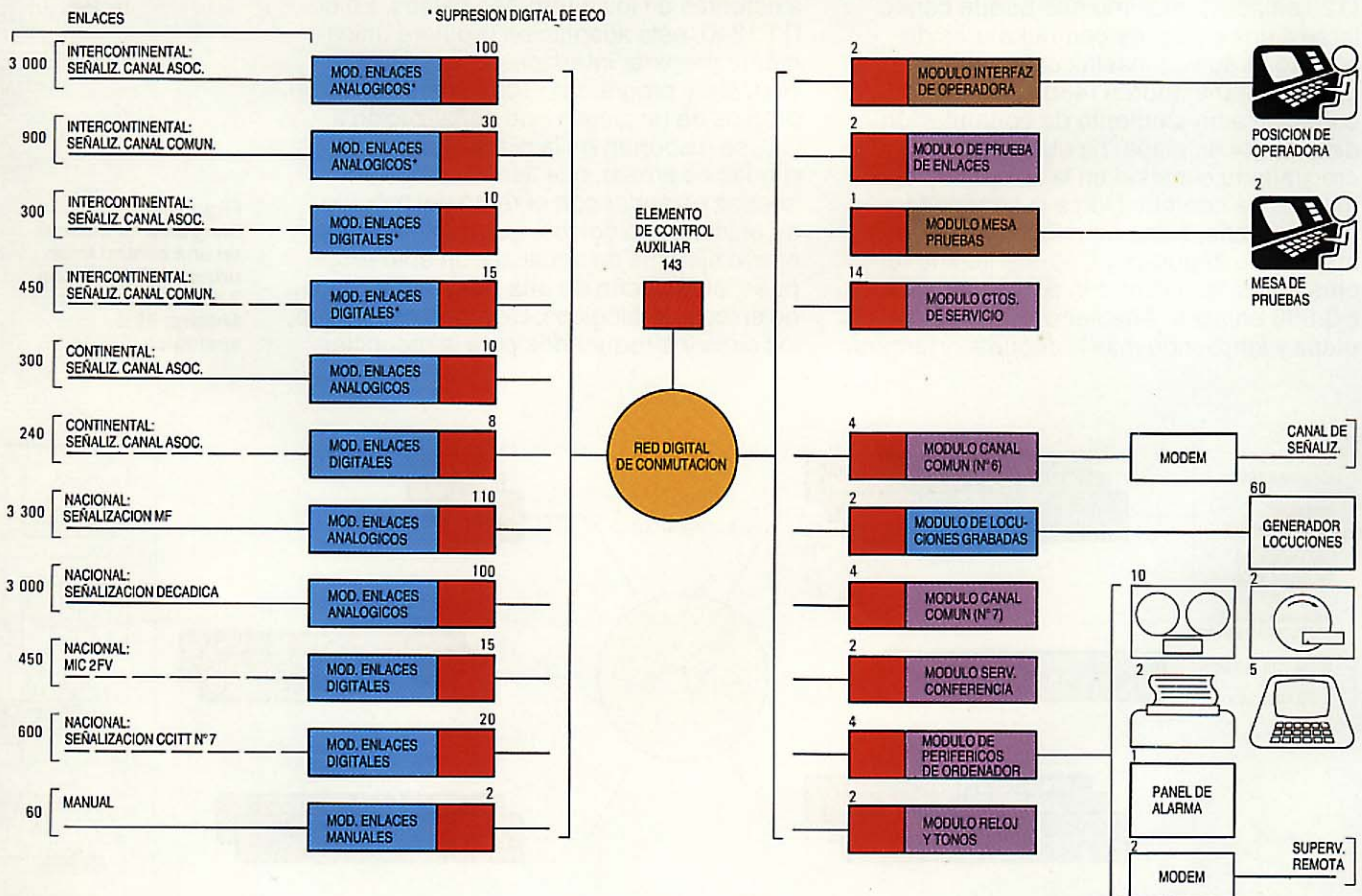
Hay dos características de las centrales interurbanas ITT 1240 que son particularmente útiles para su adaptación a requisitos aún desconocidos. En primer lugar, la estructura lógica, con sus interfaces entre módulos de programa mediante mensajes bien definidos, permite agregar nuevos módulos o modificar los ya existentes sin incidir sobre otras partes de la programación. En segundo lugar, la potencia de proceso puede aumentarse, en caso necesario, añadiendo nuevos ECA al sistema de control distribuido de la central.

Es posible adaptarse a terminales no previstos originalmente, mediante el diseño de nuevos módulos de equipo y su conexión a la central a través del interfaz serie estándar de la red digital de conmutación. Un ejemplo sería el diseño de un nuevo terminal requerido por la evolución hacia una red digital de servicios integrados.

Los procedimientos de operación y mantenimiento están fuertemente influenciados por las Administraciones, quienes optimizan sus centros de mantenimiento a fin de satisfacer necesidades particulares, pudiendo por ello exigir que los centros de operación y mantenimiento estén ubicados en determinadas centrales interurbanas, o centralizar las funciones de operación y mantenimiento para varias centrales. Alguna Administración podría también solicitar la adaptación a un equipo ya existente, especificando a veces en detalle los procedimientos. El ITT 1240 tiene suficiente flexibilidad para esta diversificación de requisitos.

Cuando aparezcan nuevas tecnologías, éstas podrán introducirse en ciertas partes de la central sin necesidad de programas completamente nuevos, ya que todos los programas relacionados con los circuitos están concentrados en los operadores de dispositivos. Por tanto, cuando el equipo físico evolucione, sólo habrá que cambiar dichos programas. Tanto circuitos como programas se han estructurado con el fin de ser enteramente adaptables a las distin-

Figura 15
Diagrama de enlaces de una central de tránsito internacional con 12.600 enlaces de capacidad inicial y 23.000 de capacidad final.



tas exigencias de las Administraciones y al entorno cambiante del sistema.

Conclusiones

A causa de su estructura modular de circuitos y programas, la central digital ITT 1240 posee flexibilidad para funcionar como central de tránsito nacional e internacional. Los diferentes requisitos pueden satisfacerse por medio de un reducido número de tipos de bastidor estándar que alojan combinaciones de módulos específicos de centrales interurbanas.

La adaptación a las exigencias del área interurbana puede conseguirse combinando el número adecuado de módulos de circuitos y programas de los tipos requeridos, mientras que se podrán atender nuevas aplicaciones mediante la modificación de los módulos existentes o diseñando nuevos módulos. El interfaz necesario para estos últimos ya está incorporado en el sistema.

Referencias

- 1 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126–134 (en este número).
- 2 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 135–147 (en este número).
- 3 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence, y. D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160 (en este número).
- 4 B. Rossi y F. Haerens: Central digital ITT 1240: Realización de la señalización por canal común CCITT nº 7: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 264–273 (en este número).
- 5 R. Delit, M. A. Henrion, J. Van Walle, H. Strasser y W. Würth: Central digital ITT 1240: Subsistema de operadoras: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 248–263 (en este número).
- 6 H. Schiemann, L. Van Laere, y F. Leyssens: Central digital ITT 1240: Práctica de equipos: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 283–292 (en este número).
- 7 J. R. de los Mozos y A. Buchheister: Central digital ITT 1240: Capacidad de tráfico: *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 207–217 (en este número).

Central digital ITT 1240: Subsistema de operadoras

El subsistema de operadoras incorpora al servicio de posiciones manuales todas las posibilidades y ventajas de la tecnología ITT 1240, incluyendo el control distribuido por medio de microprocesadores y los circuitos digitales. Todos los servicios definidos por el CCITT, así como las versiones nacionales de los mismos, pueden tratarse por el sistema.

R. Delit

International Telecommunications Center,
Bruselas, Bélgica

M. A. Henrion

Laboratoire Central de
Télécommunications, Vélizy, Francia

J. Van Walle

Bell Telephone Manufacturing Company,
Amberes, Bélgica

H. Strasser

W. Würth

ITT Austria, Viena

Introducción

En la actualidad, todavía se cursa con intervención de operadoras un porcentaje considerable del tráfico telefónico. Aunque la proporción del tráfico internacional de selección automática siga aumentando, no ha disminuido por ello la necesidad de operadoras, pero sí se ha alterado el tipo de servicios que prestan a los abonados. Aparte del tradicional encaminamiento manual, las operadoras atienden llamadas que incorporan facilidades especiales (por ej., notificación de tasación, tarificación revertida, llamadas persona a persona) y llamadas con inscripción (un método que aumenta la eficiencia de los circuitos telefónicos colocando por orden las llamadas).

Por las razones indicadas, un sistema de operadoras es el complemento natural de las centrales interurbanas nacionales y de las centrales internacionales, y por ello se ha diseñado uno de tales sistemas para introducir los servicios de operadora en la central digital ITT 1240. Cuando se le equipa con sus propios enlaces y red de conmutación, el sistema es autónomo y puede conectarse a centrales de cualquier tipo.

Las posiciones de operadora incluyen una pantalla visualizadora y un teclado, sustituyéndose los tradicionales tickets de papel por registros que se almacenan en la memoria del procesador o en memoria de masas. Después de haberse registrado una llamada en la forma indicada, la mayoría de las operaciones pueden realizarse automáticamente (ej., ubicación de la llamada en colas con la prioridad adecuada, tarifica-

ción, transferencia de una posición a otra, tratamiento diferido). Con este método de registro se eliminan los errores de tratamiento y tarificación.

Todas las posiciones son idénticas; cualquier posición puede asignarse a una tarea específica mediante órdenes que fijarán sus características funcionales en las tablas lógicas del sistema.

El subsistema de operadoras aprovecha todas las ventajas y opciones de la tecnología ITT 1240, incluyendo el control distribuido basado en microprocesadores y circuitos totalmente digitales.

Finalmente, el subsistema se ha diseñado según los principios ergonómicos más recientes, ofreciendo a las operadoras un ambiente de trabajo agradable y práctico.

Tipos de servicio

El subsistema de operadoras ITT 1240 (Fig. 1) puede tratar todos los servicios que describe la Recomendación E. 141 del CCITT, así como las versiones nacionales de tales servicios en los países que usan operadoras en llamadas nacionales de larga distancia. Las operadoras prestan servicios directos a los abonados (por ej., tráfico manual), a otras operadoras (ej., asistencia de idiomas), a los abonados como complemento de un servicio automático (ej., servicio de interceptación) o al personal de mantenimiento (ej., observación).

Las operadoras todavía establecen un gran número de conexiones entre abona-

dos. Este servicio básico puede subdividirse en: servicio de tráfico cuasi-automático y servicio de tráfico manual. En el primer caso, la operadora interviene solamente durante el establecimiento de la llamada; generalmente se desconecta cuando el llamado responde, o posiblemente incluso antes. El abonado origina una petición de llamada marcando directamente el número deseado precedido de un prefijo especial.

Por el contrario, en el caso de tráfico manual, la operadora se encarga íntegramente del establecimiento y la supervisión. Este servicio es necesario cuando no hay servicio automático al destino deseado, cuando el abonado tiene restricción de servicio automático a algunos destinos (abonados con servicio restringido), cuando se desean facilidades especiales (ej., facturación a un tercero), y cuando se trata de llamadas de tipos especiales (ej., llamadas persona-a-persona).

Otros servicios importantes que ofrecen las operadoras son los de intervención; en ellos se solicita a la operadora su introducción en una llamada que generalmente ha establecido automáticamente su central asociada (ej., para transferencia).

Finalmente, las operadoras también prestan el servicio de observación y llamadas de conferencia.

Modos de operación

Pueden distinguirse dos modos de operación: operación inmediata y operación diferida. En el primer modo, al registrarse una petición en la central internacional de salida, la operadora que la atiende intenta establecer inmediatamente la llamada. Este modo podría subdividirse en operación inmediata indirecta y directa. En el primer caso, una operadora de la central internacional de llegada actúa de intermediaria entre la operadora de la central internacional de salida y el abonado llamado. En el segundo caso, la operadora de la central internacional de salida selecciona directamente al abonado llamado.

La operación diferida puede ocurrir por cuatro razones: intento fallido de utilizar el modo inmediato, situación de sobrecarga en los circuitos de salida, ser política de la Administración en la explotación de rutas pequeñas con alta densidad de tráfico, o resultar de una petición del abonado llamante (llamadas con inscripción). La operadora que registra la llamada libera al llamante, posiblemente tras un solo intento. Posteriormente se hará un nuevo intento por la misma operadora o por otra diferente. Aquí también puede distinguirse entre operación diferida indirecta y directa.

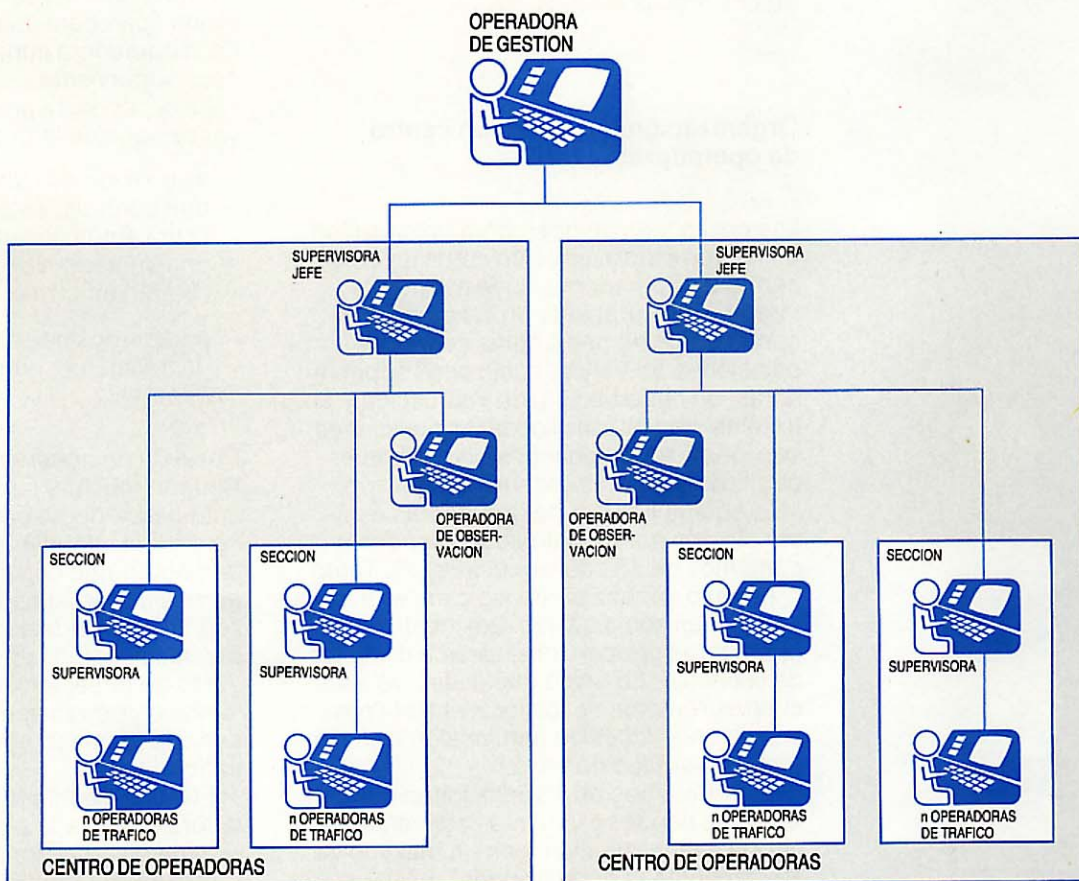


Figura 1 Organización jerárquica del subsistema de operadoras.

Para establecer las llamadas según los modos de operación indicados, se divide el tráfico en categorías, que pueden corresponder a grupos diferentes de posiciones de operadora. Tales grupos pueden, por ejemplo, corresponder a los tráficos saliente, entrante, de inscripción, diferido, de asistencia y de servicios especiales (información de guía, información sobre tarificación, reclamaciones).

Facilidades

Las facilidades básicas disponibles para los abonados son:

- Llamadas con tarificación revertida; llamadas desde cabinas públicas; llamadas con tarjeta de crédito; facturación a un tercero.
- Llamadas de terminal a terminal; llamadas de persona a persona, con o sin aviso de llamada.
- Llamadas solicitadas para una hora fija; llamadas prioritarias; llamadas encadenadas.
- Llamadas con información de duración e importe; llamadas con notificación o tono de aviso al transcurrir ciertos periodos.
- Llamadas protegidas contra la intrusión de operadora o de tonos de información (datos, facsímil).

Un abonado puede solicitar una combinación de las facilidades mencionadas dentro de una misma llamada.

Organización básica de un centro de operadoras

Las posiciones de operadora ubicadas en un mismo emplazamiento constituyen un centro de operadoras, cuya estructura jerárquica se presenta en la figura 1. Un centro típico de operadoras consta de posiciones de tráfico, posiciones supervisoras, de observación, de instrucción y un terminal de gestión. Todas las posiciones son idénticas, asignándose las tareas específicas mediante órdenes de gestión.

El equipo interfaz de operadoras está constituido por módulos que atienden a conjuntos de 15 posiciones (Fig. 2). Tanto el módulo interfaz como los canales a las posiciones son digitales. Los centros de operadoras pueden localizarse a distancia de la central. Lo único que distingue a los centros remotos de los locales es la presencia de enlaces de transmisión digital; el resto del equipo no varía.

Los conjuntos de 15 posiciones pueden ubicarse donde resulte más conveniente para la Administración, con un máximo de 12 conjuntos (180 posiciones).

Posición de tráfico

Estas posiciones disponen de todas las facilidades necesarias para establecer y supervisar llamadas que se conmutan a través de la central. En particular, la operadora puede conectarse de forma independiente al llamante y al llamado, a ambos en conexión tripartita, o en observación sobre una conexión establecida.

En cualquier momento se puede llamar a otra operadora para hacerle una consulta o transferirle una llamada.

Una operadora puede tratar y supervisar simultáneamente hasta ocho llamadas, usando la facilidad de retención de llamada.

Para aumentar la eficiencia de las operadoras, el subsistema realiza automáticamente muchas de sus actividades (facturación, supervisión de llamadas establecidas, registro de llamadas diferidas e inscritas, suministro de información de encaminamiento, comprobación de tarjetas de crédito, recuperación de registros de llamada).

Posición supervisora

Las supervisoras ayudan y supervisan a las operadoras de tráfico que están bajo su control; también pueden cursar tráfico. Las operadoras controladas por una misma supervisora forman una *sección*.

Las supervisoras reciben alarmas relacionadas con las operadoras de la sección, por ej., excesivo tiempo de indisponibilidad o fases de tratamiento demasiado largas. La supervisora puede vigilar a cualquier operadora de la sección, con la posibilidad de que ésta lo sepa o no. Durante la supervisión aparecerá una réplica de la pantalla de la operadora supervisada en la pantalla de la supervisora.

La supervisora puede solicitar del sistema varios tipos de información, tales como:

- asignación de clases a las operadoras que controla; esta información se suministra automáticamente cada vez que una operadora de gestión realiza un cambio en dichas asignaciones
- parámetros generales de observación de tráfico (ej., número de llamadas en espera).

Posición de observación de servicio

Aunque muchos sucesos sean registrados automáticamente por el subsistema de operadora, algunas estadísticas sólo pueden obtenerse con intervención humana, entre ellas las llamadas abandonadas o acortadas debido a la pobre calidad de la transmisión. Esta es la tarea de las operadoras de observación de servicio, quienes también pueden apreciar la calidad del servicio prestado por las operadoras de tráfico.

El contenido de la pantalla de cada operadora observada se reproduce en la posición de observación. Sin embargo, a diferencia de la supervisora, la operadora de

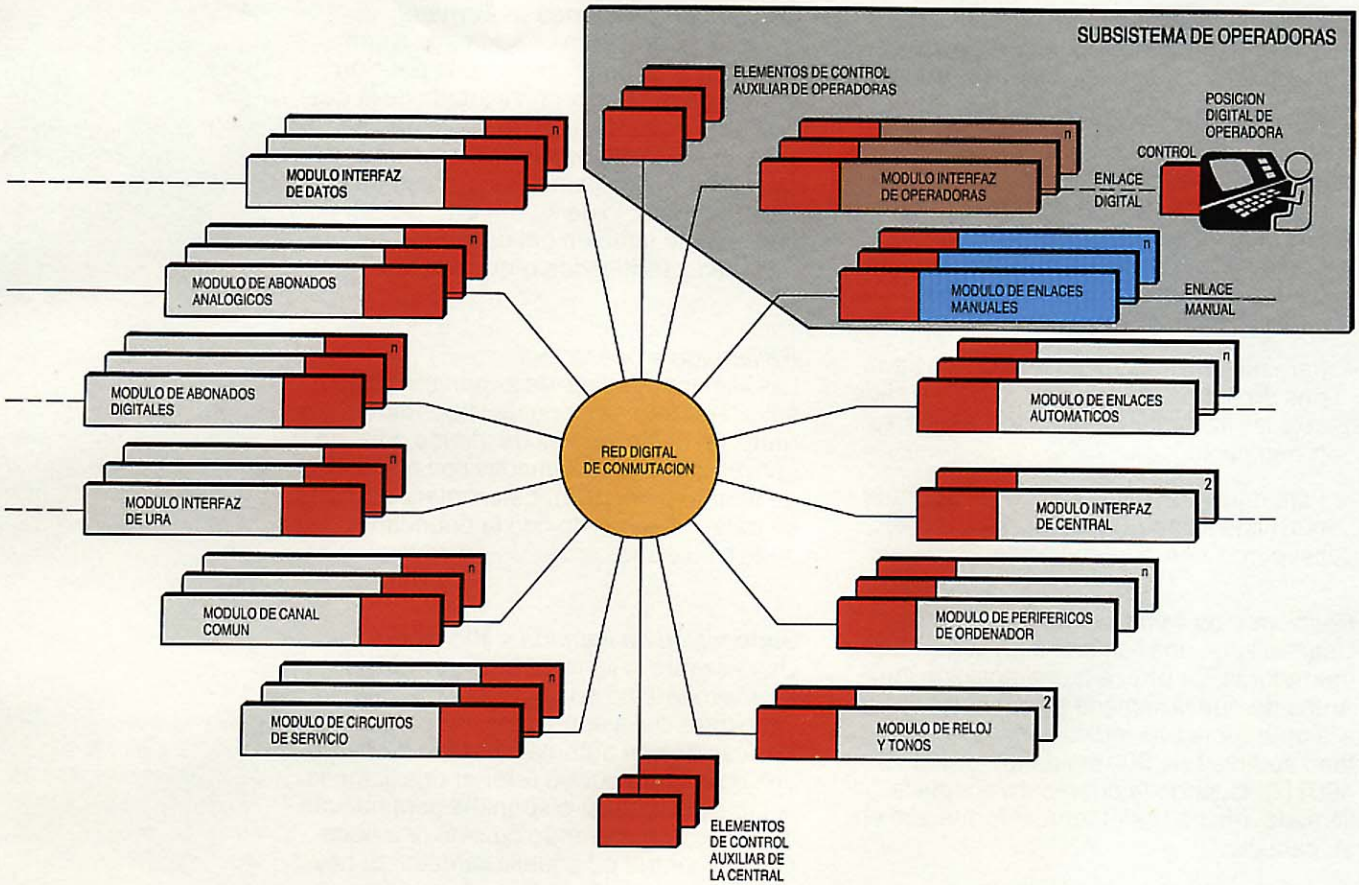


Figura 2
Conexión del subsistema de operadoras a la red digital de conmutación de una central ITT 1240.

observación no puede interferir (ni en voz ni en control) en la llamada observada. Los eventos observados pueden introducirse por medio del terminal de pantalla para almacenarse en cinta magnética y su proceso estadístico posterior.

Posición de instrucción

No se requiere posición especial para la instrucción; puede utilizarse cualquier posición de servicio estándar que sea asignada por la operadora de gestión o por las operadoras de instrucción al comenzar una sesión. A este respecto existen dos asignaciones especiales: instructora y alumna. El programa de control de la posición es el interfaz entre la posición de instrucción y un programa especial de control de llamada que incorpora medios para evaluación de la operadora.

Dichos programas de control de llamadas restringen el acceso a los recursos del sistema según el grado de experiencia de la alumna, registrado en la tabla de nivel de operadoras. El llamante y el llamado pueden ser sustituidos por instructoras o por otras alumnas, cuando sea necesario.

Terminal de gestión

Este terminal se utiliza en tareas que no están relacionadas con llamadas individuales y no requieren acciones de conmutación. Se usa para optimizar el flujo de tráfico y la eficiencia del centro de operadoras,

equilibrando la carga y asignando en forma óptima los recursos disponibles, así como para observar el estado del tráfico.

Concentración nocturna

En períodos de bajo tráfico (ej., durante la noche) puede concentrarse éste en un número reducido de posiciones. Ello puede implicar una reasignación de las clases de tráfico a las posiciones; así, cuando se cierra un centro de operadoras, todo el tráfico cursado por este centro ha de ser asignado a los restantes centros controlados por el subsistema de operadoras. Esta redistribución pueden planificarla las operadoras de gestión.

Procedimientos del tratamiento de llamadas

Una operadora comienza su turno conectando el microteléfono y siguiendo un procedimiento por el que se identifica ante el sistema y pasa a estar disponible para el mecanismo de distribución de llamadas.

La asignación de las llamadas a las operadoras se realiza mediante un sistema de colas que tiene estas características:

- Cada llamada que espera conexión a una operadora, se considera que está en una cola, cualquiera que sea la forma de dicha cola.

- Cada llamada se dirigirá hacia una operadora (o grupo de operadoras) que esté autorizada a tratar esa clase de llamada.
- Las llamadas deben ser atendidas según su prioridad. Todas las llamadas con igual prioridad, sin mirar a otras características como la clase de llamada, forman una cola de prioridad. La regla precedente puede llevar a la partición funcional de una cola de prioridad en colas secundarias, llamadas colas de servicio.
- Para minimizar la extensión de los tiempos de espera de los abonados, en cada cola las llamadas se atienden según su orden de llegada.
- Para equilibrar el trabajo de las operadoras, cada llamada se asignará a la que lleve más tiempo esperando.

Peticiones de llamada nueva

Cuando llega una llamada a un centro de operadoras, se ofrece a una posición libre. Antes de que la llamada se conecte, se da a la operadora una indicación visual y un tono audible (ej., 300 ms de un tono de 400 Hz). Cuando la operadora acepta la llamada, recibe la siguiente información en su pantalla:

- número del abonado llamante
- clase del abonado llamante
- tipo de llamada
- información adicional, disponible en ese momento.

Ya sea la llamada entrante u originada por la operadora, ésta selecciona el lado saliente del circuito de la posición para completar la llamada. La operadora teclea el código de área y el número del abonado solicitado para establecer conexión con él. Cuando la llamada se ha completado, la operadora puede liberar (disociar) la llamada de la posición. Esta disociación puede hacerse antes de que se complete la llamada, antes de que responda el abonado llamado, después de tal respuesta, o al final de la llamada.

El subsistema supervisa el tiempo entre el fin del envío de los dígitos y el momento en que se conoce la condición del abonado llamado. Si durante la supervisión automática de dicho abonado ese tiempo sobrepasa el límite establecido, se informa de ello a la operadora, a fin de que advierta al llamante y éste pueda liberarse y hacer un nuevo intento.

A efectos de distribución, se asigna una clase a cada petición de llamada nueva, antes de su envío al mecanismo de colas. La clase se obtiene de la identidad del circuito de llegada (origen geográfico, línea directa) y de los dígitos recibidos (categoría del llamante, número marcado, identidad de la línea llamante).

Registro de peticiones de llamada

Cuando se presenta una llamada a una operadora, se convierte en una petición registrada (es decir, una llamada de la que el sistema guarda registro hasta que se complete o se anule). Para su distribución, se asigna a cada llamada una clase, que depende no sólo de su origen y del servicio pedido sino también del destino (ruta), prioridad y facilidades requeridas.

Rellamada a operadora

Las llamadas en fase de supervisión pueden solicitar la intervención de la operadora (petición de asistencia de idioma, final de la conversación para llamadas con notificación de tiempo e importe). Estas intervenciones se tratan de acuerdo con la prioridad asignada a su clase.

Supervisión de llamada y liberación

Una vez que la llamada se ha establecido, normalmente no se necesitan más intervenciones de la operadora; la liberación y tarificación son automáticas. Sin embargo, una operadora puede retener una llamada establecida y estar disponible para nuevas llamadas, recuperando cuando sea necesario el control de aquella llamada. Si hay que presentar otra vez una llamada, la operadora sabe por su pantalla cuál de las llamadas retenidas solicita su atención.

Una operadora no puede pedir que pase bajo su control una llamada no retenida. Sin embargo, el sistema la volverá a presentar a cualquier operadora libre si así lo requiere el tipo de servicio (ej., al final de la conversación en las llamadas con indicación de duración e importe).

Tarificación

La tarificación de todas las llamadas en que interviene una operadora es controlada por el subsistema, el cual, de acuerdo con el tipo de servicio, la información recibida de la operadora y el tiempo de conversación, prepara un mensaje de facturación para cada llamada tarificable.

Cuando se necesite conocer la duración e importe, el subsistema los calculará, y presentará a la operadora apropiada. Se conservan los registros de llamadas, con la información de la tasación de las llamadas completadas, para posibilitar su obtención en caso necesario (ej., para responder a quejas de los abonados). El tiempo que dichos registros se mantienen accesibles en memoria depende de los requisitos de cada Administración; al final se transferirán desde la memoria de acceso aleatorio a cinta magnética.

En los casos de mala calidad de transmisión o cortes en la conversación es posible hacer descuentos, que se almacenarán con los datos de tarificación originales.

Facilidades adicionales de las operadoras

Existe un conjunto de funciones ofrecidas por el subsistema de operadoras que mejoran el servicio a los abonados y aumentan la eficiencia de aquéllas.

Información soporte

Consiste en un conjunto de datos de referencia, visualizables en la pantalla, o de cálculos que pueden efectuarse bajo demanda: encaminamiento a un destino dado, coste unitario, tiempo probable de espera, verificación de tarjetas de crédito, identificación de enlaces, exploración de números con restricciones especiales y lista de llamadas en espera.

Facilidades de conmutación

Estas funciones permiten completar llamadas cuando aparecen dificultades, o acelerar los procedimientos.

Oferta: la realización de esta facilidad depende de las posibilidades de la red y de la señalización nacional. Si se requiere, puede impedirse la intrusión en las conexiones de llamadas de datos, o cuando el abonado está marcando, se le está llamando o está escuchando tonos sobre el progreso de su llamada. En estos casos, la operadora recibe un tono de ocupado o una indicación de estas condiciones.

Llamadas encadenadas: la operadora puede registrar la información de tarificación en una conexión establecida, liberar la conexión por un lado, y establecer otra conexión nueva en ese lado sin tener que restablecer la conexión en el otro. Entre otras cosas, esta facilidad permite que las operadoras manejen llamadas de abonado encadenadas y que un abonado nacional pueda ser llamado y retenido en espera de que quede libre un enlace internacional.

Verificación del abonado llamante: si lo permite la central local, se puede incorporar la posibilidad de comprobar el número del abonado que solicitó el servicio inmediato, enviando un tono de comprobación de número mientras que el abonado está en línea; se evita con ello la liberación y nueva llamada al abonado.

Reserva de circuito: es posible dedicar un grupo de enlaces (automáticos o manuales) al uso de una posición o grupo de posiciones. El acceso a este grupo de circuitos quedará prohibido para las operadoras de otros grupos.

Llamadas internas: cualquier operadora puede llamar a cualquier otra operadora (llamada interna) para pedir la transferencia de la llamada que está atendiendo.

Retención de registros de llamadas: las operadoras tienen la facultad de mantener el control de registros referentes a llamadas inscritas previamente. Esta característica se puede utilizar para eliminar registros de llamada de la distribución normal o para permitir nuevos intentos después de uno sin éxito. También puede usarse en las llamadas completadas que requieren notificación de tiempo e importe.

Retención de llamadas: permite que una operadora mantenga control de las llamadas, si bien queda disponible para otras actividades. Es similar a la facultad de retención de registro de llamadas, pero se usa para llamadas que al menos tienen un abonado en línea. Las operadoras usan esta facilidad para mantener bajo supervisión llamadas ya establecidas, o bien para disociarse temporalmente de una llamada durante la fase de establecimiento y así atender alguna otra actividad breve (por ej., responder a una llamada interna).

Llamada originada por operadora: esta facilidad permite a la operadora cursar una llamada no registrada en el sistema. Cuando la operadora inicia dicha llamada, aparece un registro vacío en la pantalla y la operadora puede introducir en el sistema las anotaciones que tenga en papel.

Tabla 1 — Datos de observación de tráfico

Por categoría de llamadas con cola especializada
Número de llamadas que entran en la cola
Número de llamadas que desbordan la cola
Número de llamadas liberadas de la cola antes de ser conectadas a una operadora
Número de llamadas conectadas a una operadora
Número de llamadas en cola
Tiempo medio de permanencia en cola
Por operadora o grupo de operadoras de igual asignación
Número de llamadas completadas
Tiempo medio de tratamiento de llamadas
Tiempo medio de respuesta
Para todo el centro
Mapa de posiciones con personal
Mapa de posiciones ocupadas
Mapa de posiciones temporalmente indisponibles

Facilidades de gestión

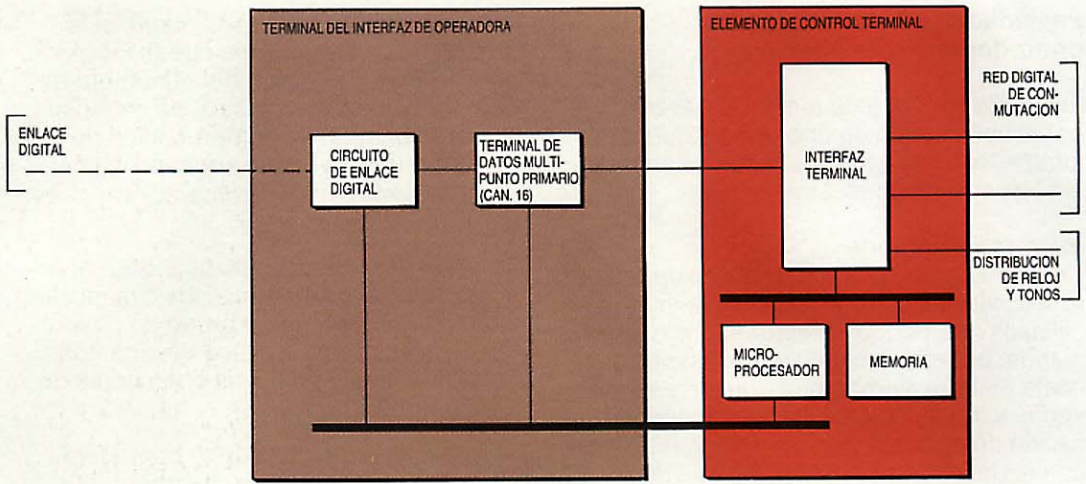
Observación de tráfico

Las operadoras supervisoras y la de gestión pueden solicitar la visualización en sus terminales de una amplia gama de datos, que se detallan en la tabla 1.

Configuración del subsistema

El terminal de gestión permite la asignación de posiciones a clases de servicio, así como la definición de su acceso a ciertas rutas. Sus tareas típicas son:

Figura 3
Esquema del módulo
interfaz de operadoras.
CAN - canal



- asignar un estado básico a cada posición (p. ej., posición de tráfico, supervisora, de observación, de información)
- asignar a cada supervisora posiciones de operadora para formar una sección
- asignar cada posición a una o varias clases de llamada de las atendidas por el centro
- hacer reserva de circuitos (p. ej., a posiciones especializadas).

controlar directamente los enlaces que participan en el establecimiento de la llamada externa.

Posición de operadora

La posición estándar de operadora contiene una pantalla para visualizar la información de las llamadas y un teclado especializado (teclas y lámparas), usado para introducir información y para el proceso de las llamadas. También incluye microteléfono de casco enchufable, adaptador de teleimpresor y conexión para éste, así como un zumbador de alarmas nocturnas. Un microordenador controla la pantalla y proporciona interfaz a los conectores del microteléfono, al teclado, teclas iluminadas y a los enlaces de audio y de datos.

La mesa de operadora y la disposición de la pantalla y del teclado se basan en los últimos estudios ergonómicos para lograr condiciones de trabajo óptimas. El formato de la presentación en pantalla y el rotulado del teclado puede adaptarse a los deseos de la Administración.

Módulo interfaz de operadora

Este módulo, representado en la figura 3, permite la conexión de 15 posiciones a la red digital de conmutación. El módulo se conecta al centro de operadoras mediante un enlace digital multiplexado, de acuerdo con la Recomendación G. 734 del CCITT. En las posiciones se realiza la conversión analógico/digital.

Como en otros módulos ITT 1240, el terminal interfaz de operadora se conecta al interfaz terminal por 30 canales, asignados según el tráfico a las 15 operadoras mencionadas. Durante su intervención, una operadora utiliza dos canales, uno hacia el llamante y otro hacia el llamado.

Cuando no interviene la operadora, el camino de conversación va directamente de un enlace al otro. Por tanto, la desconexión de la operadora de una llamada requiere que se establezca un camino directo entre módulos de enlaces, la conmutación

Figura 4
Intervención y liberación
de una operadora

I. Liberación de la operadora de la llamada A-B

Estado inicial:
conectados $a_0 - a_1$,
 $b_0 - b_1$
caminos establecidos
A-0, B-0

Procedimiento de conmutación:

1. establecer A-B
desconectar $a_0 - a_1$,
conectar $a_0 - a_2$

2. desconectar $b_0 - b_1$,
conectar $b_0 - b_2$

3. liberar A-0, B-0

II. Insertar la operadora en la llamada A-B

Estado inicial:
conectados $a_0 - a_2$,
 $b_0 - b_2$
camino establecido
A-B

Procedimiento de conmutación:

1. establecer A-0, B-0
desconectar $a_0 - a_2$,
conectar $a_0 - a_1$

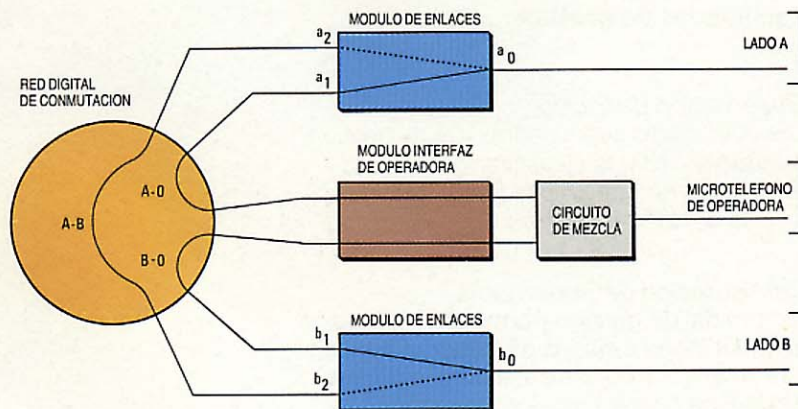
2. desconectar $b_0 - b_2$,
conectar $b_0 - b_1$

3. liberar A-B

Arquitectura de la central y del subsistema

La figura 2 muestra algunos de los módulos más usuales que pueden conectarse a una central digital ITT 1240, incluyendo los dedicados al subsistema de operadoras. El interfaz entre las posiciones de operadora y la central es un enlace digital que cumple la Recomendación G.734 del CCITT. La señalización, basada en mensajes, va por el canal 16.

El equipo básico del subsistema incluye cierto número de ECA (elemento de control auxiliar) especializados, que contienen los programas para las distintas facilidades de las operadoras. Estos ECA colaboran con los ECA de la central interurbana y pueden



de los enlaces a los del nuevo camino y la liberación del camino indirecto a través del módulo interfaz de operadora. La ventaja obtenida es que este módulo queda libre del tráfico de conversación (Fig. 4).

El control se basa en un protocolo de interrogación secuencial maestro-esclavo por el canal 16, entre el módulo interfaz de operadora y las 15 posiciones que atiende.

Módulo de servicio de conferencia

Este módulo proporciona la facilidad de conferencia múltiple a los abonados. Tiene una capacidad de 30 canales, cada uno de los cuales puede asignarse a una conferencia (10 como máximo). El circuito mezclador de conferencia presenta, pues, una configuración variable, que va desde 10 conferencias con tres participantes hasta una conferencia de 30 participantes. Sin embargo, en las aplicaciones consideradas, hasta 10 participantes pueden hablar y escuchar en una conferencia, y sólo se admite un máximo de 20 conferenciantes en total. Estas limitaciones, incorporadas en la programación, están relacionadas con la calidad de transmisión y la manejabilidad

modulada por una onda cuadrada de 20 Hz) sobre circuitos a 4 hilos.

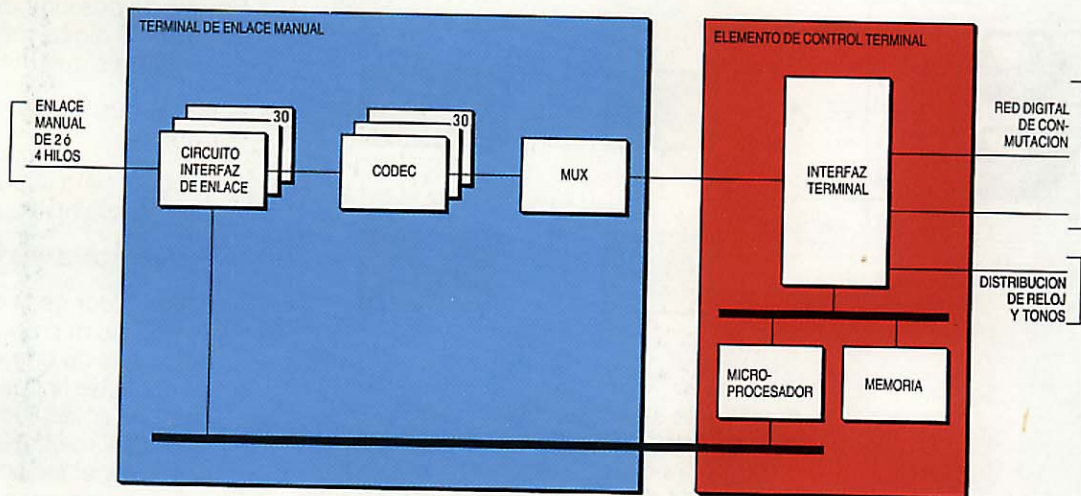
El subsistema de operadoras sólo puede conocer la toma de su propio lado, ya que no se puede transmitir eléctricamente ninguna condición de ocupado. Sin embargo, la recepción de una señal de llamada manual en un enlace libre se considera como una toma de dicho enlace y por tanto impide la selección desde el propio lado. De forma similar, cuando una operadora selecciona un enlace manual, el sistema genera automáticamente una señal de llamada manual hacia el otro lado. La doble toma durante el intervalo de indefinición es resuelta manualmente por las operadoras.

Posiciones digitales de operadoras

Se utiliza un único tipo de posición como interfaz hombre-máquina para los distintos tipos de operadoras (de tráfico, supervisoras, de gestión, instrucción, etc.).

Las posiciones ITT 1240 se han diseñado con especial atención a los factores humanos. El resultado no ha sido un simple terminal de entrada y manipulación de

Figura 5
Módulo de enlaces manuales 2 hilos/4 hilos.



de la conferencia desde una sola posición de operadora.

Aunque el módulo de circuito de conferencia no sea específico del subsistema de operadoras, su programación está adaptada a los procedimientos empleados en el tráfico manual.

Módulos de enlaces manuales

Los enlaces manuales (Fig. 5) son los que siguen las Recomendaciones Q.1 y Q.2 del CCITT. La única señal posible es un impulso de 2s para pedir la intervención de la operadora en el otro extremo. Este impulso puede transmitirse mediante una señal de alterna de gran amplitud (ej., 90V, 25 Hz) sobre circuitos a 2 hilos, o mediante una frecuencia vocal modulada (500 Hz

datos, sino una posición de trabajo integral de operadora. Este diseño, en que se han armonizado los aspectos operativos con los requisitos ergonómicos, asegura un funcionamiento eficaz con un mínimo de esfuerzo de la operadora.

La construcción modular de la posición permite su fácil adaptación a los requisitos operacionales y de organización de cada Administración, así como la incorporación de nuevas tecnologías sin sacrificar la integridad del sistema.

Al ser completamente digitales, las posiciones se conectan a la central mediante vías MIC que transportan datos, señales de control y señales de conversación, reduciéndose consecuentemente el equipo del centro de operadoras a un estricto mínimo.

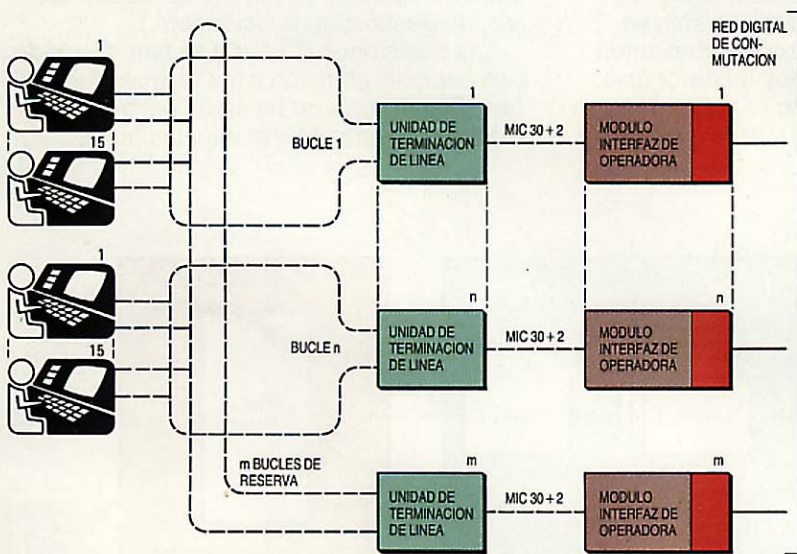
Cualquier requisito sobre disponibilidad se cumple fácilmente al poder asignar cualquier operadora a cualquier tarea, y poderse equipar un número arbitrario de vías redundantes con la central. Cada posición tiene acceso a dos vías (es decir, una regular y otra redundante).

Estructura del equipo físico de un centro de operadoras

Las posiciones digitales de operadora (Fig. 6) se disponen en conjuntos de 15 posiciones conectadas a vías MIC mediante un bucle de distribución.

A cada posición se asignan dos canales de conversación, para conectar los caminos de conversación de dos abonados a los circuitos de audio de la operadora. Con ello se posibilita la conexión de cualquier dis-

Figura 6
Estructura de un centro de posiciones de operadora.



positivo de audio (ej., enlaces, generador de locuciones, circuito de conferencia) a cualquiera de los caminos de conversación, de acuerdo con los requisitos de cada aplicación.

El tráfico de control y de datos entre la posición y el procesador del subsistema se hace por el canal 16 de la vía MIC, compartiendo el tiempo entre las 15 posiciones de un conjunto. Para controlar la transferencia de mensajes entre las posiciones y la central se utiliza un protocolo multipunto basado en el HDLC. La interrogación individual de las posiciones la realiza un controlador de protocolo ubicado en el módulo interfaz de operadoras de la central.

El mecanismo de interrogación y el uso de la misma vía MIC para la voz y los datos aseguran que la comprobación automática de consistencia sobre el equipo que transmite ambas clases de tráfico se realiza durante la operación normal; no se necesita, pues, ninguna rutina específica de prueba de los medios de comunicación.

Cada posición tiene acceso a la central mediante dos vías MIC. El número de vías redundantes se ajusta a los requisitos de la Administración, pudiendo utilizarse esquemas de redundancia desde $n + 1$ a $2n$ ($n =$ número de vías).

Por simplicidad, la extracción de las señales de reloj y trama de la vía binaria MIC no se hace independientemente en cada posición, sino una vez para cada 15 posiciones en la unidad de terminación de línea. Esta unidad no sólo centraliza las tareas de sincronización, evitando un posible conflicto en el acceso a la vía, sino que además acomoda la señal a los niveles y códigos adecuados para su distribución en un bucle de multisegregación.

Para eliminar los efectos de los retardos diferenciales de propagación, al mismo tiempo que se minimiza el cableado, las 15 posiciones de un conjunto se disponen alrededor de un bucle en el que las señales sólo circulan en una dirección; con ello los retrasos de propagación de todas las señales de reloj y datos son nominalmente iguales y sólo habrán de tenerse en cuenta las diferencias en los tiempos de propagación de las señales que van en pares diferentes de un cable.

Equipo de posición de operadora

La posición digital de operadora se compone de las siguientes unidades (Fig. 7):

- Mesa, que contiene todo el equipo electrónico.
- Pantalla, para la presentación de la información a la operadora.
- Teclado, para introducir datos y órdenes.
- Controlador de la mesa, unidad que bajo control de microprocesador realiza las funciones de comunicación de datos y de audio de la posición digital de operadora. Además, incorpora toda la electrónica de alimentación para el monitor de pantalla y el teclado, permitiendo la alimentación en continua a partir de los voltajes normales de la central.
- Microteléfono ligero, que puede enchufarse en los lados izquierdo o derecho del tablero de la mesa.

Mesa de la posición de operadora

El diseño de la mesa (véase la fotografía) permite colocarlas en fila o formando cierto ángulo, o bien adosarlas frente a frente, sin imponer restricciones a operadoras ni al personal de mantenimiento.

El tablero de la mesa, sustentado en un pie, lleva la pantalla monitora y el teclado, ambos separados y libremente desplazables para que la operadora los coloque en la posición que más le convenga.

La altura del tablero se ajusta fácilmente, así como la del asiento, lo cual garantiza que todas las operadoras trabajen cómoda

y eficazmente. Hay que destacar que la operadora dispone de un ajuste rápido de la altura a la posición que haya previamente escogido como más favorable.

A la izquierda, bajo el tablero, se sitúa la electrónica de control y unos cajones para los efectos personales de la operadora, sacando los cuales se tiene acceso al controlador de la mesa para mantenimiento.

Aunque con el teclado y la pantalla se tiene una comunicación hombre-máquina completa, para aplicaciones específicas pueden equiparse además en la mesa otros grupos funcionales (por ej., una unidad con teclas, lámparas y jacks).

Pantalla

Consiste en un dispositivo visualizador basado en un tubo de rayos catódicos, colocado sobre el tablero de la mesa. Se puede inclinar y girar fácilmente para que la usen con comodidad todas las operadoras. El equipo estándar es un tubo de 12 pulgadas que presenta hasta 25 líneas de 80 caracteres. La presentación consiste en caracteres de un verde brillante (fósforo p4) sobre fondo oscuro.

Mientras que las primeras líneas de la pantalla muestran el estado del sistema, las líneas de la zona inferior dan una "imagen" de las ocho teclas programables, cuyo nombre puede por tanto variarse dinámicamente por los programas del sistema dependiendo del modo de operación de la posición. Esta solución simplifica considerablemente el diálogo con el sistema, sin interferir con el registro de la llamada mostrado en el resto de la pantalla.

Teclado

El teclado es autocontenido y puede moverse libremente sobre el tablero, conectándose al control de la mesa mediante cable flexible. Las 130 teclas están agrupadas en conjuntos funcionales; la disposición física de las teclas alfabéticas, el conjunto



Mesa de la posición de operadora con pantalla y teclado libremente desplazables.

numérico y las teclas de función, se basa en los resultados de intensos estudios sobre los procedimientos de manipulación de las operadoras. En la fila superior del teclado hay ocho teclas programables dispuestas de tal manera que tengan una "imagen" directa presentada en la última línea de la pantalla, con la que existe una relación directa topológica. El significado de estas teclas se da por tanto en la pantalla, y no por rotulación de las propias teclas.

Controlador de la mesa

Este controlador y su fuente de alimentación están ubicados en la parte posterior de la mesa. Todas las conexiones entre el con-

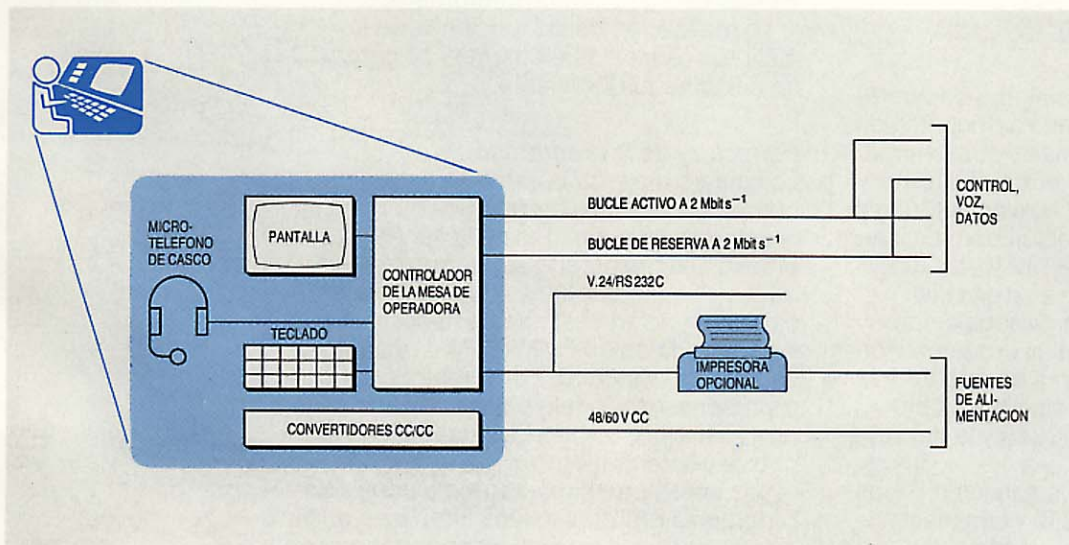


Figura 7 Bloques que componen una posición digital de operadora.

trolador y el teclado, pantalla, distribución de alimentación, y bucle de comunicación, son mediante cables enchufables. Para su mantenimiento, se puede sacar el controlador entero de la mesa sin tener que desconectar los cables.

El controlador realiza todas las funciones de control de una posición digital de operadora, la comunicación con la central y la conversión analógico/digital de los canales de conversación. Además, incluye todos los circuitos de mezcla de voz necesarios entre el microteléfono, los caminos de conversación hacia los dos canales telefónicos y los canales auxiliares de voz de la posición.

La comunicación con el teclado, la pantalla y con una impresora opcional, se hace por canales rápidos asíncronos en serie utilizando un protocolo ASCII (American standard code for information interchange) orientado a caracteres. Las especificaciones del nivel de voltaje y temporización de estos canales siguen las Recomendaciones V.24 ó RS-232C del CCITT, respectivamente.

Además de las funciones de voz y control, el controlador de la posición incluye los convertidores CC/CC necesarios para alimentar el teclado y la pantalla, con lo que éstos pueden operar a partir del suministro de CC usado normalmente para la central.

Impresora opcional

Cualquier posición de operadora puede equiparse con una impresora. Para asegurar que en cada aplicación pueda elegirse la impresora más adecuada, la comunicación con el controlador de la posición utiliza una vía ASCII en serie asíncrona, cuya especificación de interfaz sigue las Recomendaciones V.24 y RS.232C del CCITT.

La impresión puede iniciarla automáticamente el sistema, o bien imprimirse copias del contenido de la pantalla a petición de la operadora.

Paquete de programas

Generalidades

La programación del subsistema de operadoras constituye un paquete autocontenido, ya tenga entidad autónoma tal subsistema o esté integrado en una central ITT 1240. Puesto que, incluso en la versión autónoma, las funciones de conmutación son realizadas por equipo estándar ITT 1240, las funciones de control asociadas se ejecutan mediante paquetes normalizados de programas ITT 1240. Por ello, la programación completa de un subsistema de operadoras consta siempre de dos paquetes: la programación básica del ITT 1240 y la del subsistema de operadoras.

Los principios aplicados son los mismos que para la central ITT 1240¹. Los más importantes son los de la máquina virtual y

la máquina de mensajes finitos que, juntos, garantizan una estructura y modularidad óptimas en la programación.

Igual que en la programación básica ITT 1240, el subsistema de operadoras se gobierna por mensajes: los interfaces entre los distintos módulos están definidos por los mensajes que pasan entre ellos. Esta definición de interfaz por mensajes se mantiene entre los módulos internos y entre el subsistema y el sistema ITT 1240.

Complejo de control en el subsistema de operadoras

Puesto que el subsistema de operadoras se construye a base de equipo específico y de equipo estándar del ITT 1240, se utiliza en él la misma jerarquía de niveles de procesadores que en el complejo de control de la central interurbana.

El nivel superior gira alrededor de un par de ECA que llevan a cabo las funciones centralizadas del subsistema.

El segundo nivel está constituido por los ECA de operadora, que realizan las funciones relacionadas con las llamadas.

El tercer nivel consiste en los ECT de módulo interfaz de operadoras, que controlan las funciones relativas a los terminales y por tanto se equipan para cada grupo de 15 posiciones conectadas al subsistema.

Puesto que las posiciones propiamente dichas son remotas respecto al subsistema, el controlador de la posición ocupa el nivel más bajo de control en dicho subsistema (el nivel remoto). Cada posición tiene su propio controlador.

Funciones lógicas

La programación del subsistema puede dividirse en cuatro grupos funcionales según muestra la tabla 2. La asignación de las funciones individuales a los elementos de control es un compromiso entre centralización, optimización de los interfaces de mensajes entre dichos elementos, y la capacidad de cursar tráfico en el subsistema y entre éste y la central interurbana.

La realización de las funciones en los distintos niveles de elementos de control se describe más adelante.

Estructura de la programación

La figura 8 muestra la estructura de la programación del subsistema y los bloques de programas relacionados de la central interurbana estándar (parte izquierda de la figura). Las cajas representan los principales bloques funcionales, que posteriormente serán divididos en FMM ó SMM (máquinas soporte del sistema). Por lo tanto, cada caja representa un modelo de arquitectura de la programación, como se describirá con más detalle posteriormente.

Las líneas que conectan los bloques de programas representan los interfaces principales entre los modelos. Las zonas azules

Tabla 2 — Funciones lógicas del subsistema de operadoras

<p>Funciones de control</p> <p>Asignación de las llamadas entrantes a colas</p> <p>Asignación de una operadora a una llamada</p> <p>Envío de órdenes de control de llamadas a las funciones de conmutación</p> <p>Petición de conexión o división de caminos, conexión de tonos o locuciones, etc., a las funciones de conmutación</p> <p>Diálogo con la operadora mediante la pantalla, teclas y lámparas y paso de la información a un registro de llamada</p> <p>Temporización de las fases de la llamada y rellamada a la operadora cuando se precise</p> <p>Presentación, a petición de operadora, de la información de duración e importe</p> <p>Funciones soporte del tráfico para todos los tipos posibles de llamadas: con inscripción, diferidas, de códigos 11 y 12, de persona a persona, de conferencia, etc.</p> <p>Funciones soporte de operadoras, como llamadas internas, transferencia de llamadas, llamadas demoradas, obtención de información de la base de datos.</p> <p>Funciones de conmutación</p> <p>Recepción de la información de llamada nueva desde un ECA de enlace entrante y envío de esta información a la función de control.</p> <p>Recepción de la información de llamada nueva desde las funciones de control de la operadora y selección de los enlaces de salida, utilizando el análisis de dígitos y la asignación de recursos del sistema básico.</p> <p>Envío de la información de la llamada saliente al interfaz del enlace de salida (categoría del llamante, dígitos)</p> <p>Control de las conexiones de voz y de los tonos; también durante la transferencia de llamadas</p> <p>Tratamiento de las congestiones.</p> <p>Funciones de gestión</p> <p>Facilidades del lenguaje hombre-máquina para la operadora de gestión</p> <p>Preparación de tipos varios de medidas y estadísticas para la operadora de gestión</p> <p>Tratamiento de cambios de configuración y de asignación de operadoras a grupos jerárquicos y clases de llamada</p> <p>Facilidades de gestión de la base de datos.</p> <p>Funciones de mantenimiento</p> <p>Mantenimiento del equipo del subsistema, incluidas las vías de transmisión a las posiciones de operadora, utilizando pruebas en línea, de diagnóstico y rutinarias</p> <p>Mantenimiento de la posición de operadora</p> <p>Conmutación al equipo redundante de reserva.</p>

indican los procesadores en los que se ejecutan realmente dichos bloques.

Todas las funciones de mantenimiento de las operadoras se ejecutan en el módulo de periféricos de ordenador, que es, por tanto, compartido entre la central y el subsistema. También algunas de las funciones de operación del subsistema son simplemente extensiones del paquete de operación de la central interurbana (comunicación hombre-máquina, medidas y estadísticas, y control de carga) y como tales se ejecutan en el módulo de periféricos.

Otras funciones, como las de gestión de la base de datos y gestión de configuración, se asignan a los ECA de sistema de operadoras. De forma similar a la programación de la central, dichos ECA se cargan con las funciones centralizadas del subsistema:

- Asignación de recursos del subsistema, incluyendo la asignación de recursos de posiciones y de ECA de operadoras, y los módulos de distribución de llamadas.
- Servicio de llamadas de las operadoras, similar al servicio de llamadas en la programación de la central interurbana.
- Tratamiento de datos de operadora, que da acceso a la base de datos del subsis-

tema almacenada en disco. Consta de módulos para recuperación de registros de llamada, observación diferida de llamadas, indexación de datos soporte, y gestión de ficheros y registros.

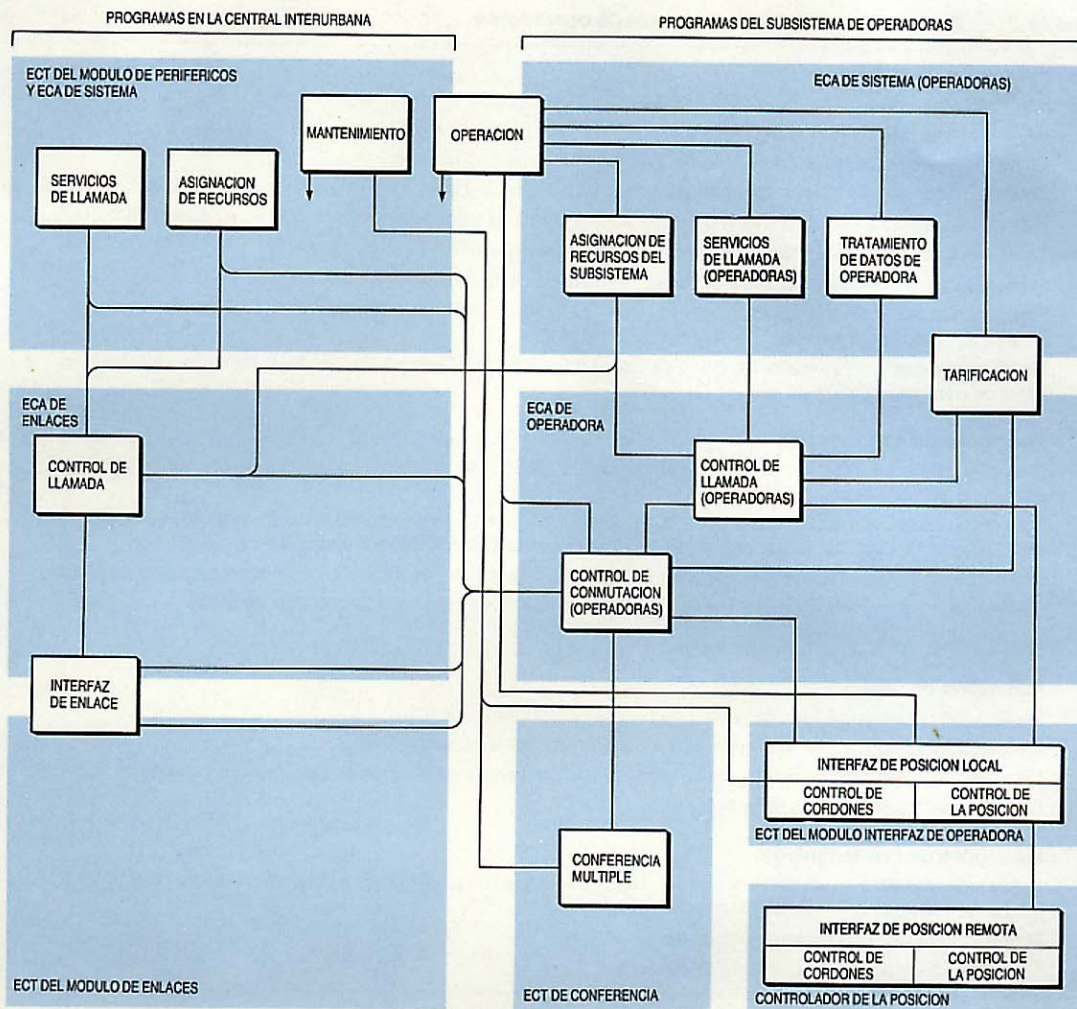
- Tarificación; la parte de cálculo de tarificación en el paquete correspondiente, se ejecuta en estos ECA de sistema.

Los ECA de operadoras incorporan todas las funciones relativas a las llamadas:

- Control de la llamada, que incluye los módulos de servicio de tráfico, tratamiento interno de la llamada, manejo de los registros de llamada y los de soporte de las operadoras.
- Control de conmutación, que aporta las funciones relacionadas con la central y por tanto es el interfaz principal con la central interurbana. Contiene los módulos de preselección, conexión de la llamada, supervisión de llamadas, y control de los caminos de conservación.
- Control de la generación de tarificación y análisis de cómputos.

Finalmente, las funciones orientadas al terminal — el interfaz de la posición — están

Figura 8
Estructura de la programación del subsistema de operadoras y funciones asociadas de la central interurbana.



ubicadas en el ECT del módulo interfaz de operadoras, que contiene el operador de dispositivo para el interfaz de conversación y el interfaz de control de la posición.

El módulo de conferencia múltiple es un módulo auxiliar del subsistema, que también puede ser compartido con la central interurbana básica. El ECT correspondiente incorpora el oportuno operador de dispositivo.

Las funciones remotas del subsistema las realiza la posición de operadora. La microprogramación del controlador de la posición contiene las funciones de control necesarias para ambos interfaces, de conversación y de control, entre el sistema (módulo interfaz de operadora) y la operadora.

Base de datos

Un sistema de operadoras tiene que gestionar, almacenar y recuperar grandes cantidades de distintos tipos de datos, que se encuentran a tal fin almacenados en un par de discos magnéticos, accesibles a través del módulo de periféricos de ordenador. El conjunto de estos datos constituye la base de datos de operadoras.

El registro más importante es el registro de llamada, que contiene un conjunto com-

pleto de datos sobre una llamada recogidos antes, durante y después de la conversación. En particular, contiene información sobre los abonados llamante y llamado, información de duración e importe, procedimiento utilizado y anotación de cualquier intervención ocurrida mientras este registro permanezca en el sistema.

La base de datos incluye datos temporales, registros de llamada archivados, datos semipermanentes y datos de control del subsistema. La tabla 3 da más detalles.

Tareas de los bloques de programas

A continuación se describen las funciones realizadas por los distintos módulos de los bloques mostrados en la figura 8.

Funciones de operación: La primera de estas funciones, gestión de la base de datos, proporciona un acceso controlado a la base de datos (a través del interfaz hombre-máquina) para cambiar los datos semipermanentes y de control del subsistema, solicitar registros de llamada archivados y transferirlos a cinta magnética. La segunda es la gestión de configuración, que proporciona las facilidades utilizadas por las operadoras de gestión y las supervisoras para cambiar la configuración (ej., posiciones

asignadas a un grupo, asignación de grupos de posiciones a funciones y servicios). Las configuraciones y asignaciones estándar se almacenan en la base de datos.

Asignación de recursos del subsistema: Este bloque realiza la asignación de posiciones, que implica mantener las tablas de estado de éstas y tratar por colas las posiciones libres en un grupo. Una segunda tarea es la de distribución de llamadas: las peticiones de llamada se forman en colas dependiendo de sus clases y prioridades, y salen de las colas al quedar disponible una posición apropiada.

Servicios de llamada de las operadoras: Se prestan funciones similares a las de los servicios de llamada de una central interurbana: interpretación de las señales de supervisión (ej., liberación hacia adelante, golpe de gancho), traducciones, validaciones, restricciones (ej., acceso a enlaces), y análisis de dígitos de llamadas internas.

Tratamiento de datos: Este bloque realiza tres funciones. Primero, proporciona los medios para extraer registros de llamada de la base de datos, de acuerdo con distintos parámetros (números de abonado llamante o llamado, número de fichero). Segundo, supervisa las llamadas diferidas, lo cual incluye los mecanismos de colas y de comienzo del tratamiento para dichas llamadas almacenadas en la base de datos. Finalmente, da el soporte para la indexación de los datos, incluyendo los mecanismos

para extraer datos semipermanentes de la base de datos durante el establecimiento de las llamadas (para encaminamiento, tarificación, verificación de tarjetas de crédito, etc.).

Control de llamadas: Las funciones incluidas en este bloque de programas son: servicio de tráfico, control de llamadas internas, tratamiento de los registros de llamada y soporte de operadoras. El servicio de tráfico es la función central del tratamiento de llamadas de operadora y el principal interfaz con el bloque de control de conmutación de operadoras. Incluye: supervisión de la llamada, análisis de todos los eventos procedentes de las posiciones o de la central, determinación de las acciones necesarias y envío de la información correspondiente a la operadora o a las funciones ejecutivas (conmutación, tarificación, distribución de llamadas, acceso de datos), supervisión de las llamadas retenidas por una posición específica, y presentación de las llamadas a las operadoras (ej., cada tres minutos para su observación). El control de llamadas internas, segunda función, trata las llamadas entre operadoras. La función de tratamiento de los registros de llamada almacena y actualiza los registros de las llamadas que van a establecerse o están en progreso, envía a la operadora los registros correspondientes al tipo de llamada, añade información de protocolo al registro y se comunica con la función de tratamiento de datos para almacenamiento

Tabla 3 — Base de datos de las operadoras

Datos temporales

Llamadas diferidas: colas de registros de las llamadas que están inscritas para una hora especificada
 Llamadas demoradas: colas de registros de las llamadas que se han demorado por congestión en las rutas de salida o por espera de servicio
 Llamadas con asignación de número de fichero: registros que pueden obtenerse directamente a partir de un "número de fichero", usado como referencia entre las operadoras en la operación indirecta

Registros de llamada archivados

Accesibles directamente: registros de llamadas completadas o canceladas, mantenidos en disco durante un tiempo definido (ej., 24 horas), para su recuperación por el servicio de reclamaciones
 No accesibles: registros cuyo tiempo de recuperación ha caducado y que van a ser volcados a cinta magnética

Datos semipermanentes

Datos de encaminamiento: rutas primarias y secundarias para las llamadas a un destino dado, dependiendo de la hora o de las condiciones especiales de la red
 Datos de tarificación: toda la información necesaria para los cálculos (ej., tarifas especiales, condiciones aplicables a las tarifas según la hora)
 Datos de validación de tarjetas de crédito
 Lista de excepciones de abonados: lista de todos los abonados con restricciones (ej., para llamadas automáticas interurbanas) o con autorizaciones especiales (ej., llamadas de emergencia, llamadas de administración)

Datos de control del subsistema

Datos de configuración del subsistema: relativos al equipo y a la programación del centro de operadoras
 Datos de control de llamadas: conjuntos de asignaciones estándar de las clases de llamada y servicios a las clases de operadoras y grupos de posiciones
 Fichero personal de las operadoras: lista de las operadoras con sus contraseñas, restricciones de acceso y características especiales (ej., idioma).

o extracción de los registros. Finalmente, la función de soporte presta ayuda a una operadora o supervisora durante el tratamiento de una llamada, como es la obtención de información de la base de datos, la extracción de un registro referente a una llamada distinta de la que se está cursando (para atender reclamaciones), y modificaciones de estos registros (ej., cambio de la hora de inscripción de una llamada). También facilita el acceso para la observación de llamadas activas.

Control de conmutación: Tanto en las llamadas salientes (operadora a abonado B) como en las revertidas (operadora a abonado A), se usan las fases de preselección y conexión; en tales llamadas el ECA de operadora actúa como ECA de enlace entrante. Después de la preselección y conexión de una llamada entrante en el correspondiente ECA de enlace entrante de la central interurbana, el control de la llamada se transfiere a la función de supervisión de llamada del ECA de operadora. Ocurre lo mismo después de la preselección y conexión en las llamadas salientes, realizadas por el ECA de operadora en colaboración con el ECA del enlace saliente de la central interurbana que controla la señalización de salida. Cuando ambos lados están en línea, el control de las dos medias llamadas* se realiza por la supervisión de llamada del ECA de operadora, que a continuación trata todas las fases de la llamada entera. Ejecuta las funciones de control y señalización de enlace en las conexiones establecidas, de acuerdo con las peticiones de la operadora (ej., captura de moneda) o de los abonados (por ej., rellamada a operadora). Finalmente supervisa la liberación de la llamada. La función de control del camino de conversación gobierna directamente el establecimiento de dicho camino, su liberación y las distintas disposiciones entre enlaces, cordones, circuitos de conferencia, etc.

Tarificación: En principio esta función es igual que en la central interurbana, excepto en que además pueden necesitarse reglas, tarifas y sobrecargas específicas y que ha de calcularse la tasación para poder informar sobre la duración y el importe.

Interfaz de la posición local: Este bloque contiene dos módulos lógicos. El interfaz de cordón** actúa como operador de dispositivo para la parte de conversación del módulo de operadora (enlace digital sin

señalización). El interfaz de control de posición consta de un control de entrada/salida (que analiza los mensajes entre la posición y el subsistema, los interpreta y encamina a su destino) y de un controlador de protocolo para los niveles 3 y 4 del interfaz entre posiciones y subsistema. Finalmente, la microprogramación del controlador de protocolo realiza el nivel 2 del protocolo multipunto para una estación primaria.

Interfaz de posiciones remotas: Este interfaz hace las veces de operador de dispositivo para la parte remota del cordón, así como para el protocolo multipunto entre posición y sistema para una estación secundaria, teclado, pantalla e impresora. La microprogramación funcional de la posición también actúa como intérprete de órdenes, formador de pantalla, control de cursor, soporte de teclas programables, tratamiento de copias de los registros de llamadas retenidas y otras funciones.

Mantenimiento

Estrategias de seguridad

Todos los módulos de programas involucrados en funciones de operadoras están repetidos una o más veces. Los ECA se equipan en parejas para las funciones de sistema y de tratamiento de llamadas, con objeto de evitar la pérdida de una llamada registrada por fallo en un solo procesador (protección de los registros de llamadas). La comunicación entre los procesadores de una pareja de ECA permite que el que continúa funcionando asuma las funciones del que ha fallado (activo-reserva).

Los ECT también están repetidos, pero no se utiliza la intercomunicación para su actualización; por tanto tendrán que ser inicializados parcialmente antes de hacerse cargo del trabajo del módulo en fallo. Estos módulos son:

- módulos de enlace manual ($n + 1$)
- módulos de conferencia múltiple ($n + 1$)
- módulos interfaz de operadora ($n + m$).

Cada posición está conectada al subsistema de operadoras mediante dos caminos independientes. El camino de reserva puede compartirse entre varias posiciones y cada posición puede cambiar de uno a otro.

Localización de las faltas

Además de la localización de faltas en la red de conmutación y en los elementos de control, incorporada en la programación básica del ITT 1240, existen programas específicos de diagnóstico para los circuitos del subsistema de operadoras. Los interfaces con las posiciones de operadora se comprueban mediante puesta en bucle a diferentes niveles, siendo el último de ellos la propia posición.

* Cada llamada entre uno de los lados y el subsistema de operadoras se define como una media llamada; el conjunto de las medias llamadas constituye la llamada completa. En las llamadas de conferencia, el número de medias llamadas excede a dos.

** Aunque no existen cordones en las posiciones, se mantiene esta terminología para las conexiones de voz equivalentes, cuando interviene una operadora.

El microprocesador de la posición comprueba localmente el teclado, las lámparas y la pantalla en colaboración con la operadora, a quien se pide pulsar las distintas teclas (p. ej., prueba de lámparas).

El personal de mantenimiento puede usar la posición de gestión para solicitar la ejecución de pruebas de diagnóstico. Si es necesario, una posición normal puede convertirse en terminal de gestión. La posición de operadora está construida a base de módulos enchufables individualmente reemplazables: unidad de pantalla, teclado, circuitos de voz, lógica de control.

Conclusiones

El subsistema de operadoras ITT 1240 ofrece a las Administraciones unas avanzadas facilidades, basadas en control distribuido por microprocesadores. Las operadoras encontrarán unas condiciones óptimas de trabajo conforme a los últimos principios sobre factores humanos.

Su objetivo principal ha sido mejorar el servicio dado a los abonados, así como la eficacia de las operadoras para cursar llamadas manuales. Las mejoras del servicio incluyen una respuesta más rápida, establecimiento de llamadas más breve y un manejo más eficiente de la información sobre duración e importe, extracción de registros de llamada para reclamaciones, etc.

La mejora de eficacia resulta de la automatización del tratamiento de registros de llamada y de la supervisión de llamadas. La

facilidad de obtener información del sistema a través de la pantalla también contribuye a un servicio más rápido.

Se consigue una utilización racional de los recursos humanos mediante una asignación flexible de las clases de llamada a las posiciones y la agrupación de posiciones en varios centros remotos, manteniendo al mismo tiempo un mecanismo común de distribución de llamadas.

Finalmente, el tener pantalla y teclado modulares permite la normalización de componentes y la flexible adición de nuevos servicios. Proporciona medios naturales para la comunicación con sistemas soporte externos controlados por ordenador, tales como bases de datos y centros de operación y mantenimiento. La posibilidad de incorporar nuevos códigos de órdenes, mediante la asignación de grupos adicionales de caracteres alfanuméricos y el uso de las teclas programables, deja abierta la lista de características, pudiendo por tanto el subsistema seguir la evolución de los servicios telefónicos y adaptarse a los requisitos de Administraciones. Esta capacidad de adaptación está facilitada por el uso de un paquete separado de programas, y por procesadores especializados en el tratamiento de las funciones de operadora en la central interurbana.

Referencia

- 1 L. Katzschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 173-183 (en este número).

Central digital ITT 1240:

Realización de la señalización por canal común CCITT n° 7

El nuevo sistema de señalización por canal común n° 7 recientemente definido por el CCITT jugará un papel importante en las comunicaciones futuras, tanto nacional como internacionalmente. Diseñado para transportar la información de señalización relativa a servicios de voz y datos, es un paso fundamental en la evolución hacia la red digital de servicios integrados.

B. Rossi

FACE Finanziaria, Milán, Italia

F. Haerens

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

Introducción

El sistema de señalización por canal común CCITT n° 7 jugará un papel importante tanto en redes de comunicación nacionales como internacionales. La palabra "comunicación" es apropiada, ya que este sistema se ha concebido como vehículo natural para transportar la información de señalización relativa a servicios de voz y otros tipos y, como facilidad secundaria, transferir otras formas de datos tales como información estadística. Por ello ha de significar un paso decisivo hacia la realización de una futura red digital de servicios integrados.

En 1980, los estudios realizados por el CCITT culminaron en una serie de recomendaciones que definen no sólo el sistema de señalización, sino también las funciones de la red y la vía o canal de datos. Desde el comienzo de su desarrollo, se pretendió que el sistema n° 7 pudiera utilizarse como señalización internodal por una gran diversidad de usuarios, algunos todavía no definidos. Para lograr este objetivo, parte de los mensajes actúan como simples portadores (idénticos para todos los usuarios), a los cuales puede añadirse información propia de los mismos. Aunque esta información no juegue prácticamente ningún papel en la transmisión de señalización, deben definirse su formato y su contenido para uso con la señalización.

Objetivos y campos de aplicación

El objetivo global perseguido con el CCITT n° 7 es ofrecer un sistema de señalización por canal común normalizado internacionalmente y de aplicación general, con cinco características primarias. Primeramente,

está optimizado para redes digitales de telecomunicación, con centrales controladas por programa almacenado que utilicen canales digitales de 64 kbit s^{-1} . En segundo lugar, su diseño satisface las exigencias presentes y futuras de transferencia de información para control de llamadas, gestión por control remoto y mantenimiento. Tercero, da un medio fiable para transferir información en la secuencia correcta, y sin pérdida ni duplicación. Cuarto, la señalización CCITT n° 7 es adecuada para operación con canales analógicos y a velocidades inferiores a 64 kbit s^{-1} (p. ej., 4800 bit s^{-1}). Finalmente, es utilizable con eficacia en enlaces terrestres punto a punto y vía satélite.

Características generales

La señalización por canal común CCITT n° 7 utiliza un canal único para transmitir la información de señalización relativa a una multiplicidad de circuitos, usando tramas de mensajes etiquetados. Puede considerarse como una comunicación de datos específicamente diseñada para diversos tipos de transferencia de señalización e información entre procesadores, en redes de telecomunicación.

El principio estructural básico es la división de funciones en dos partes: una parte de transferencia de mensajes y una parte de usuario. La primera es la parte común que sirve como método de transporte fiable de los mensajes de señalización entre funciones de usuario. La parte de usuario se refiere a cualquier entidad funcional que utilice la capacidad de transporte proporcionada por la parte de transferencia de mensajes; comprende las funciones (relacionadas con un tipo particular de usuario) que hayan de especificarse en un contexto de señalización.

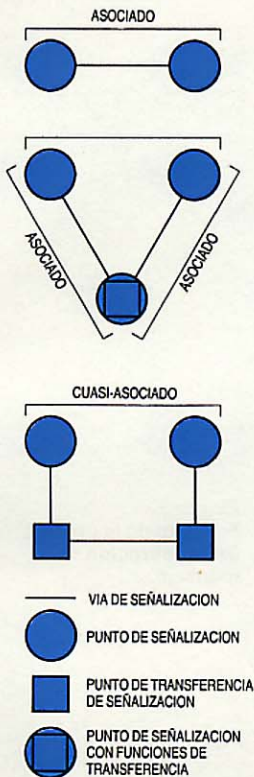


Figura 1
Ejemplo de los modos de señalización asociado y cuasi-asociado.

Red de señalización

Puntos de señalización

El punto de señalización donde se genera un mensaje (localización de la función parte de usuario emisora) es el punto de origen de dicho mensaje, y el punto de señalización al cual se dirige un mensaje (localización de la función parte de usuario receptora) es el punto de destino de ese mensaje.

Se llama punto de transferencia de señalización a un punto de señalización en el cual se recibe un mensaje por una vía y se transfiere a otra vía.

Modos de señalización

El término "modo de señalización" se refiere a la asociación existente entre el trayecto utilizado por un mensaje de señalización y la conexión (llamada particular) a la cual está adscrito dicho mensaje. En el modo asociado, los mensajes relativos a una conexión particular de señalización establecida entre dos puntos de señalización adyacentes, se dirigen a través de un "conjunto de vías" * que interconectan directamente esos puntos. En el modo no asociado, los mensajes relacionados con una conexión de señalización particular¹ se encaminan, por dos o más "conjuntos de vías" en tándem, a través de uno o más puntos de señalización distintos de los puntos de origen y destino. El modo "cuasi-

asociado" es un caso limitado del modo no asociado, en el cual el trayecto seguido por el mensaje a través de la red de señalización está predeterminado y, en un instante dado en el tiempo, fijo. La figura 1 muestra algunos modos de señalización típicos.

Niveles funcionales

La extensión del sistema de señalización requiere que éste incluya una amplia diversidad de funciones, y que puedan añadirse otras nuevas para cubrir aplicaciones futuras. Una característica importante del sistema de señalización es su estructura funcional, que le permite asegurar flexibilidad y modularidad y que se basa en la estructura por niveles para interconexión de sistemas abiertos definida por la International Standards Organization.

Las partes de usuario y de transferencia de mensaje del sistema de señalización se especifican de acuerdo con los conceptos de nivel y según la estructura que se muestra en la figura 2. Las funciones de transferencia de mensaje están separadas en tres niveles funcionales, mientras que las diferentes partes de usuario constituyen elementos paralelos en el cuarto nivel funcional.

Funciones de la vía de datos de señalización (nivel 1)

El nivel 1 define las características físicas, eléctricas y funcionales de la vía de datos de señalización y el medio de acceso a la misma. Normalmente se utilizan rutas digitales de 64 kbit s⁻¹ en un entorno digitalizado; pueden utilizarse también otros tipos

* De acuerdo con la definición del CCITT, un conjunto de vías es un conjunto de vías de señalización que conectan directamente dos puntos de señalización.

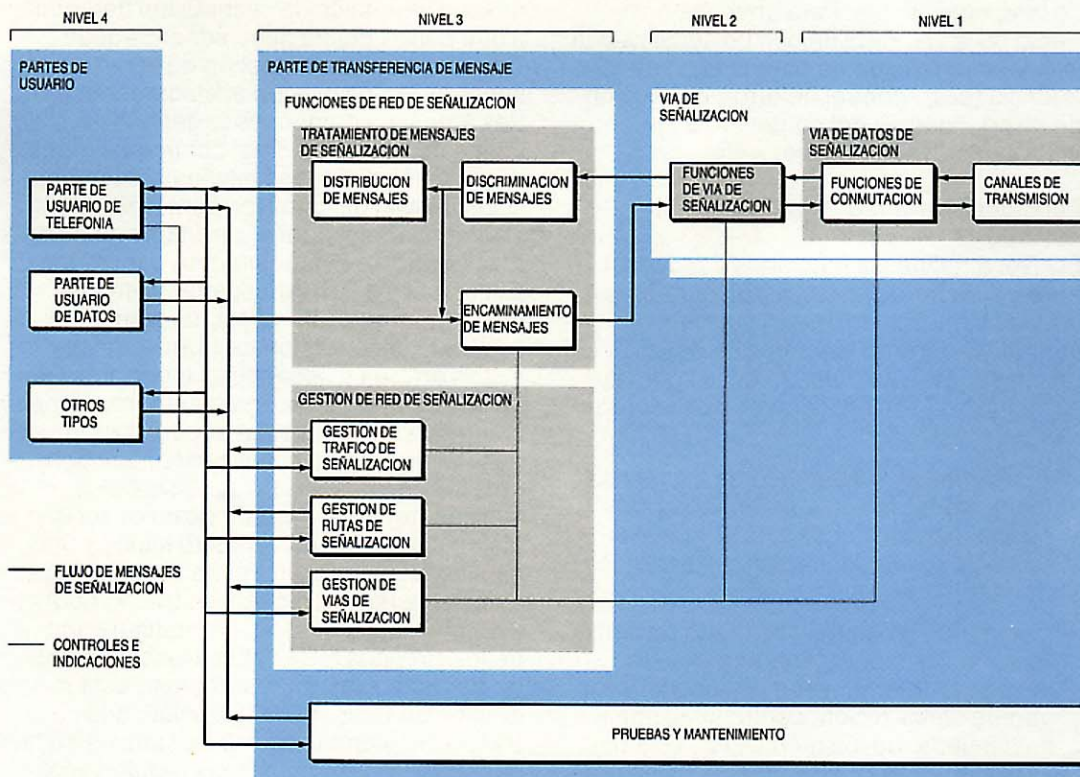


Figura 2
Estructura de las funciones del sistema de señalización CCITT n° 7 mostrando su división en cuatro niveles.

de vías de datos, tales como enlaces analógicos con modems. Los canales de transmisión digitales se obtienen a partir de una vía binaria digital con una estructura de trama del tipo especificado para centrales digitales y equipo multiplex MIC (modulación por impulsos codificados), o bien del tipo especificado para circuitos de datos.

Funciones de la vía de señalización (nivel 2)

El nivel 2 define las funciones y procedimientos para la transferencia de mensajes de señalización por una vía de datos de

En el caso de cambios de estado, controlan también la reconfiguración y otras acciones para preservar o restaurar la normal capacidad de transferencia de mensajes.

La figura 2 muestra igualmente que las funciones de tratamiento de mensajes consisten en encaminamiento, discriminación y distribución de los mismos. El encaminamiento es la selección de una vía de señalización para cada mensaje. En general, se basa en el análisis de la etiqueta telefónica normal (en el caso de servicio telefónico)

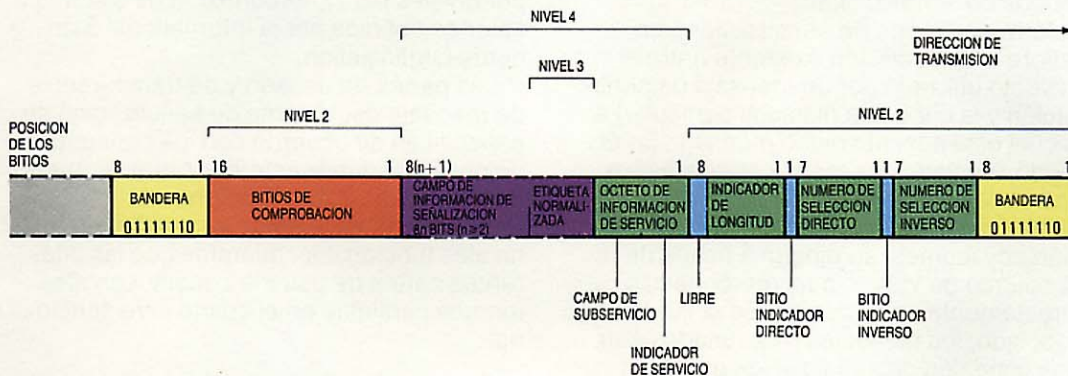


Figura 3
Formato de la unidad de señalización de mensaje.

señalización individual. Las funciones del nivel 2, junto con una vía de datos de señalización del nivel 1 como portador, constituyen un enlace fiable que transfiere mensajes de señalización entre dos puntos.

Un mensaje de señalización entregado por los niveles superiores se transmite por el enlace o vía de señalización en unidades de longitud variable. Para un manejo correcto de la vía, cada unidad de señalización incluye información de control de la transferencia (p.ej., control de error, corrección de error), además del contenido de información de dicho mensaje.

Funciones de la red de señalización (nivel 3)

El nivel 3 define las funciones y procedimientos de transporte que son comunes a las vías individuales de señalización e independientes de la operación de las mismas. Como se muestra en la figura 2, estas funciones se dividen en dos categorías principales:

- Funciones de tratamiento de los mensajes de señalización que, en la transferencia real del mensaje, lo dirigen a la correcta vía de señalización o parte de usuario.
- Funciones de gestión de la red de señalización, las cuales, sobre la base de datos predeterminados y el estado de la red de señalización, controlan el encaminamiento de los mensajes y la configuración de las facilidades de dicha red.

co) del mensaje en combinación con otros datos de enrutamiento que están predeterminados y fijos en un instante dado, en el punto de señalización correspondiente. La discriminación de mensajes analiza si el punto de señalización en el que se ha recibido el mensaje es o no el punto de destino del mismo. Cuando un mensaje llega a su destino, la función de distribución determina a qué parte usuaria debe ser entregado.

Las funciones de gestión de la red de señalización se dividen análogamente en tres áreas. La primera es la gestión de tráfico, cuyas tareas son: controlar el encaminamiento de mensajes para preservar la accesibilidad de todos los puntos de destino afectados o restaurar el enrutamiento normal; controlar, conjuntamente con las modificaciones de encaminamiento de los mensajes, la transferencia resultante del tráfico de señalización de forma que se eviten errores y secuencias incorrectas en el flujo de mensajes; finalmente, realizar el control de dicho flujo. La segunda es la gestión de vías de señalización, que controla los conjuntos de vías conectados localmente; en el caso de cambios en la disponibilidad de un conjunto local de vías, esta función inicia y controla acciones dirigidas a restablecer la disponibilidad normal de dicho conjunto (p.ej., reconfiguración de los circuitos terminales y vías de datos de señalización). En tercer lugar, está la gestión de rutas de señalización, que transfiere información sobre cambios en la disponibilidad de rutas en la red de señalización.

zación. Por ejemplo, un punto de transferencia de señalización puede enviar mensajes indicando la inaccesibilidad a través de sí mismo de un determinado punto de señalización. Esta función se relaciona únicamente con el modo cuasi-asociado de señalización (ver sección sobre modos de señalización).

Funciones de parte de usuario (nivel 4)

El nivel 4 comprende las diferentes partes de usuario; cada una define las funciones y procedimientos del sistema de señalización particulares de un cierto tipo de usuario. Tales funciones pueden diferir de forma significativa entre varias categorías de usuarios, a saber:

- Usuarios para los cuales la mayoría de las funciones de comunicación están definidas dentro del sistema de señalización. Ejemplos son las funciones de control de llamadas telefónicas y de datos, con sus correspondientes partes de usuario de telefonía y de datos.
- Usuarios cuyas funciones de comunicaciones en su mayoría se definen fuera del sistema de señalización. Ejemplo, el uso del sistema de señalización para transmitir información de gestión o mantenimiento.

Cada octeto de información de servicio está dividido en dos partes de 4 bits; los cuatro menos significativos forman el indicador de servicio, y los cuatro bits más significativos el campo de subservicio (Fig. 3). El primero indica el servicio (p.ej., conversación, datos) al cual se refiere la unidad de señalización del mensaje; el último discrimina entre mensajes nacionales e internacionales.

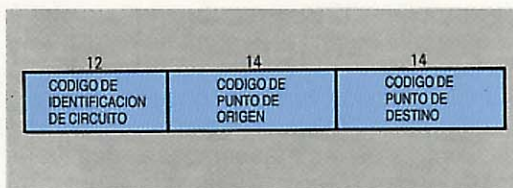


Figura 4
Estructura de la etiqueta telefónica normalizada.

En conjunto, el sistema admite hasta 16 partes de usuario nacionales, cada una de las cuales tiene una única combinación de bits como indicador de servicio. Actualmente, los tipos previstos de partes de usuario nacional son:

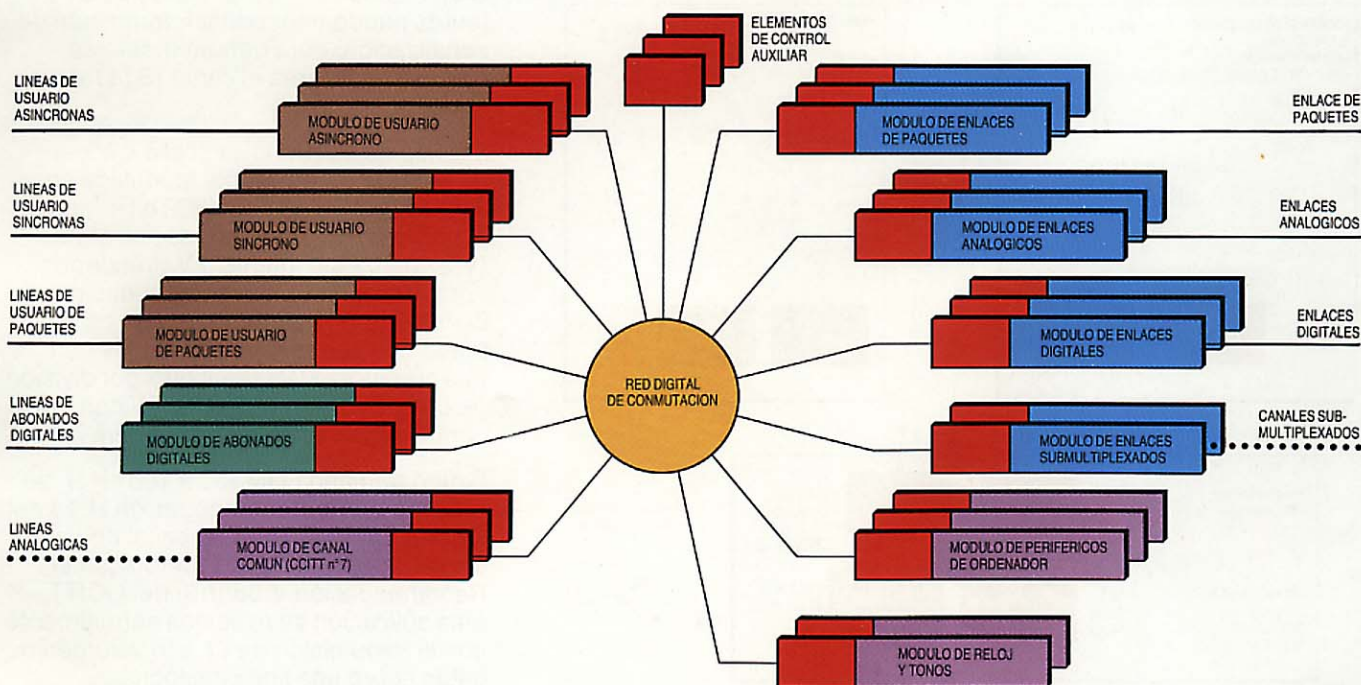
- PUT – Parte de usuario de telefonía
- PUD – Parte de usuario de datos
- PUMO – Parte de usuario de mantenimiento y operación
- PUCR – Parte de usuario de control remoto
- PUTC – Parte de usuario de tarificación centralizada
- PUPU – Parte de usuario de posición de operadora

Unidad básica de señalización de mensaje

Como se muestra en la figura 3, el formato básico de esta unidad mantiene la subdivisión funcional en niveles. El mensaje se subdivide en tres partes, una relativa al nivel 4 y dos al nivel 2.

Después de terminar las comprobaciones de nivel 2 (detección de bandera y control de bits de redundancia), y de la interpretación de la etiqueta de encaminamiento, las funciones de nivel 3 distribuyen, o bien el campo de nivel 4 a la parte de usuario indicada por el indicador de servicio, si la central es destinataria del mensaje (o sea, el código del punto de destino es la identi-

Figura 5
Arquitectura básica de la central digital ITT 1240, mostrando los módulos que se utilizarán en una futura red digital de servicios integrados.



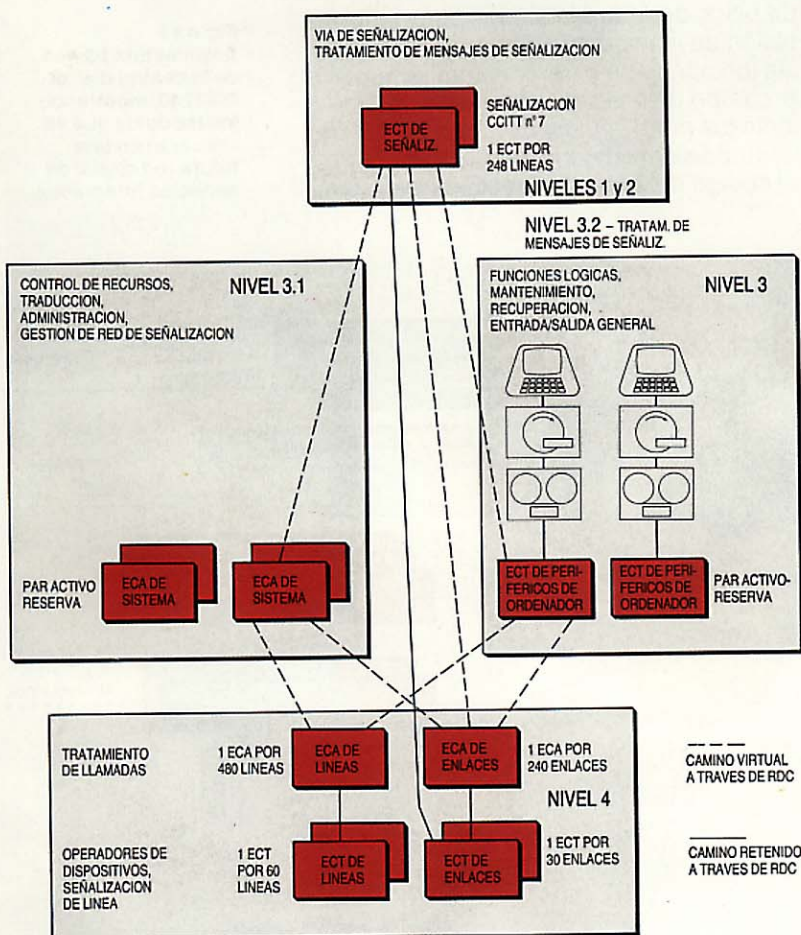
dad propia), o bien el mensaje entero a otra central si la central receptora no es el punto de destino.

Incluso en los casos en que la etiqueta telefónica normalizada es parte del campo de nivel 4 y afecta a las funciones de nivel 4 (que pueden crear y modificar la etiqueta), ésta es también leída por las funciones de nivel 3 para distribuir el mensaje de acuerdo con las consideraciones anteriores. En la figura 4 se muestra la etiqueta telefónica normalizada; los puntos de origen y destino del mensaje vienen indicados por sus respectivos códigos. Se emplea generalmente selección de vía de señalización en unión del reparto de carga: por ejemplo, cuando el tráfico se distribuye por igual entre varias vías de señalización.

Realización

La modularidad del diseño de la central digital ITT 1240, con su arquitectura de control distribuido^{2,3} facilita la realización de la señalización por canal común, dando muchas posibilidades para racionalizar la señalización. La realización de la señalización CCITT n° 7 en el ITT 1240 se ajusta a los requisitos presentes y futuros para la transmisión de mensajes entre procesadores en las redes de telecomunicación.

Figura 6
Control de configuración para el sistema ITT 1240 utilizando señalización por canal común CCITT n° 7.



La arquitectura del sistema ITT 1240 (Fig. 5) ilustra cómo el módulo de canal común encaja con la estructura física de la central; la figura 6 muestra su efecto sobre el control de la configuración.

Una arquitectura de control distribuido, combinada con una estructura modular, simplifica las ampliaciones y modificaciones de programas y circuitos. Los módulos terminales, con su programación asociada, se conectan a la red digital de conmutación a través del interfaz terminal tipo. La introducción de cualquier nueva FMM (máquina de mensajes finitos)⁴ requerida para la nueva configuración afecta únicamente a las FMM existentes, por cuanto éstas habrán de introducir cambios de menor entidad para poder tratar los mensajes a las nuevas FMM.

Descripción de circuitos

Interfaces

La figura 7 representa todos los posibles interfaces que requerirá el sistema de señalización CCITT n° 7 dentro del ITT 1240, con el fin de atender los requisitos de las diversas Administraciones nacionales. Se utilizan subconjuntos de estos interfaces para las aplicaciones concretas, según las exigencias de cada Administración y las características de los sistemas de transmisión conectados a la central. Cada interfaz eléctrico indicado en la figura está descrito en una recomendación del CCITT.

Los interfaces con los sistemas de transmisión son de tres tipos principales:

- Estructura de trama digital, conforme a la Recomendación G.734 del CCITT; en el nivel de transmisión los interfaces se ajustan a la Recomendación G.732 del CCITT. Cualquier canal de los 32 existentes puede transportar información de señalización, pero generalmente se dedica a esta tarea el canal 16 (a1 en la figura 7).
- Interfaz de frecuencia vocal a 4 hilos, transportando una señal modulada en 8 fases a velocidad de 4800 bit s^{-1} , de acuerdo con la Recomendación V.27 (V.27 bis). Este interfaz FV (frecuencia vocal) se ajusta a las recomendaciones de la serie G del CCITT para un canal telefónico general, un interfaz FV con una portadora FDM (múltiplex por división de frecuencia) y un interfaz FV con una central digital (a2 y b2 en la figura 7).
- Grupo primario FDM (60 a 108 kHz), de acuerdo con la Recomendación H.14 del CCITT, transportando un canal de banda ancha a 64 kbit s^{-1} , de acuerdo con la Recomendación V.36 (b3) del CCITT. Esta aplicación se relaciona normalmente con la transmisión de un alto volumen de datos sobre una línea analógica.

Los interfaces entre la red digital y el módulo de canal común ITT 1240 para la señalización n° 7 son principalmente tres:

Portador normal: se utiliza el mismo portador entre el módulo de canal común y la red digital de conmutación que para todos los otros módulos, es decir, dos vías MIC de 4096 kbit s⁻¹, cada una de las cuales transporta una estructura de trama de 32 canales de 16 bitios (*b1* en figura 7). Cada canal puede transportar tres tipos de información. En primer lugar, un flujo continuo de información de señalización n° 7, a través de cualquier enlace digital de 64 kbit s⁻¹; este flujo se extrae de una estructura de trama digital, como se describió anteriormente, y se conmuta mediante la red digital a través de una conexión "spata" (speech and data: voz y datos) semipermanente³. En segundo lugar, los mensajes entre procesadores cursados entre el módulo de canal común y los diferentes ECA (elementos de control auxiliar) utilizan el protocolo interno modo paquete (camino virtuales); estos paquetes transportan principalmente mensajes n° 7 de nivel 4 (y algunos de nivel 3), enviados o recibidos por el módulo. Por último, un canal puede transportar mensajes entre procesadores, cursados entre módulos de canal común (conexiones semipermanentes), cuando la central actúa como un punto de transferencia de señales.

Enlace de frecuencia vocal, conmutado o no, que transporta datos a 4800 bit s⁻¹, de acuerdo con la Recomendación V.27 o V.27 bis.

Canal de banda ancha, conmutado o no, que lleva datos a 64 kbit s⁻¹, conforme a la Recomendación V.36.

Convenios de seguridad

La figura 8 es un diagrama de bloques de los convenios de seguridad para la parte de transferencia de mensajes de señalización n° 7 en la central ITT 1240, para un portador digital de 64 kbit s⁻¹.

Por simplicidad, las dos vías de datos de señalización (*a*, *b*), conectadas a los dos módulos de enlaces digitales (*A*, *B*), funcionan en el modo de carga compartida. Cada módulo de enlace digital se conecta a través de una unión semipermanente (dúplex completo) al oportuno módulo de canal común. La unión se mantiene activa hasta que la vía de datos o el módulo sufren un fallo, y el gestor de recursos de un ECA de sistema decide que debe proceder a una sustitución. Todo el tráfico antes compartido puede ser cursado por una sola vía de señalización; en consecuencia, o bien se repara la vía o terminal en falta, o se pone en servicio una de reserva para reemplazar a la parte defectuosa.

Esta táctica de configuración y reconfiguración se basa en la (re)asignación auto-

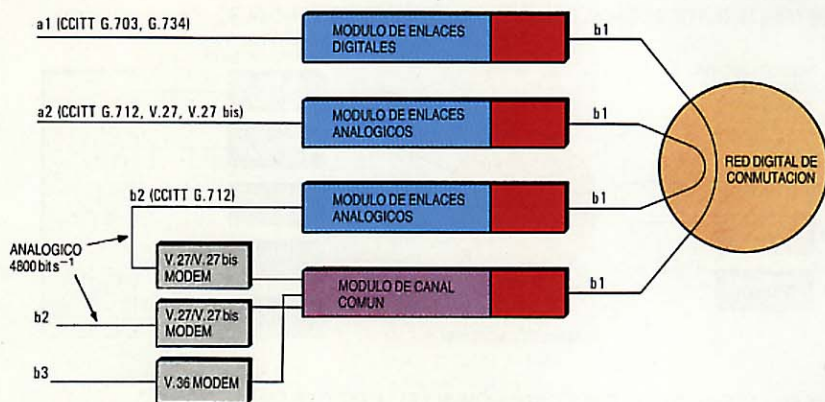
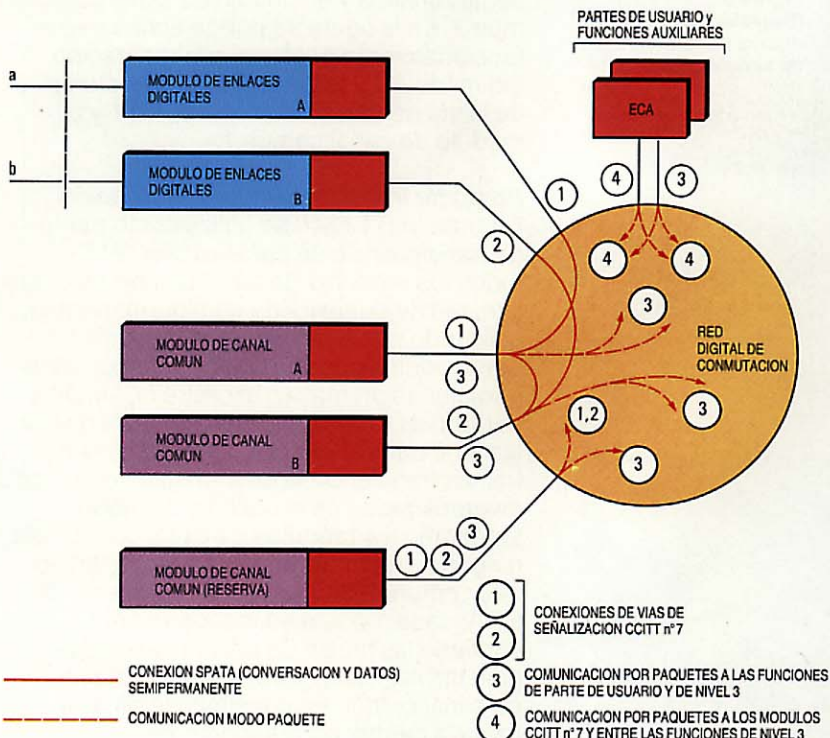


Figura 7
Interfaces en el ITT 1240 para la señalización por canal común CCITT n° 7.

mática de las vías de señalización y los módulos de canal común bajo supervisión del gestor de recursos de vías. Para acelerar la reconfiguración y evitar que el tráfico sea afectado, se reserva exclusivamente para este fin un circuito como posible portador de señalización n° 7, y que por ello no transporta conversación ni datos.

La figura 9 muestra cómo se realiza la estrategia de configuración en el ITT 1240. En este ejemplo se supone que hay tres vías operacionales de señalización y un módulo de señalización por canal común de reserva. La figura 9a muestra el modo de operación normal entre dos centrales con tres módulos de canal común funcionando en carga compartida sobre tres vías de datos de señalización, con un módulo de canal común de reserva y dos vías de datos de señalización igualmente de reserva. La figura 9b indica el funcionamiento después del fallo de la vía de datos de

Figura 8
Convenios de seguridad para la parte de transferencia de mensajes.



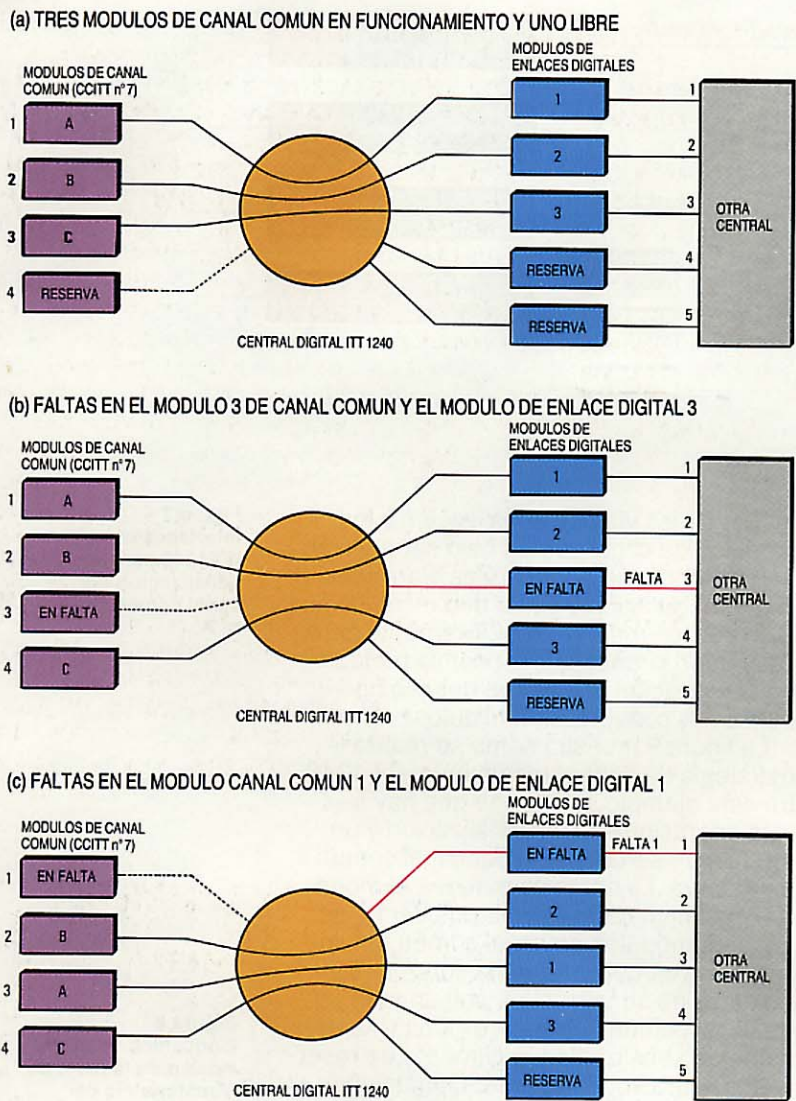


Figura 9
(Re)asignación automática de terminales de señalización.

señalización 3 y el módulo de canal común 3. En la figura 9c puede apreciarse el funcionamiento posterior a la reparación del módulo 3 y la vía 3, y el fallo posterior de la vía de datos de señalización 1 y el módulo de canal común 1.

Punto de transferencia de señalización

Cuando el ITT 1240 se utiliza como punto de transferencia de señalización (PTS), todos los módulos de canal común se unen a través de conexiones semipermanentes, utilizando la red digital de conmutación. Los módulos pueden conectarse por configuraciones en malla o en estrella, según el número de módulos requeridos para realizar las funciones PTS dentro de la misma central. La transferencia de mensajes entre los diversos módulos la realizan de modo autónomo los módulos de canal común, sin ninguna asistencia por parte de las funciones comunes de nivel 3 localizadas en los ECA: cada módulo es independiente y contiene las tablas de encaminamiento para los mensajes que, a través del módulo de canal común en cuestión, se dirigen hacia la central correspondiente.

La figura 10 representa una central con cuatro módulos de canal común conectados en malla total.

Módulo de canal común

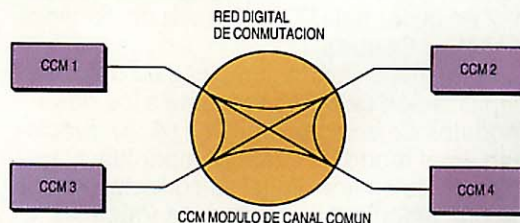
La figura 11 muestra el diseño del módulo de canal común para la central ITT 1240. Este módulo puede equiparse con un máximo de ocho placas de canal para alcanzar una capacidad de 16 canales.

En cuanto a capacidad de tratamiento, el número máximo de canales depende del tráfico de señalización (en erlangs) cursado sobre cada vía de datos de señalización, de la velocidad binaria de las vías de datos (una vía de 64 kbit s⁻¹ es más exigente, en potencia de proceso, que otra de 4800 bit s⁻¹), y del modo de operación de la central (un mensaje requiere más potencia de proceso para un punto de señalización que para un punto de transferencia, debido a la mayor complejidad de las funciones de ECA necesarias).

Un mensaje genérico procedente del mundo exterior (es decir, del interfaz terminal o del modem FV) se procesa mediante el circuito de protocolo (como se describirá después) y, si la comprobación es correcta, se pasa al microprocesador del ECT (elemento de control terminal) a través del circuito común. El ECT verifica el destino del mensaje, analizando la etiqueta telefónica del mismo (Fig. 4). El resultado de esta comprobación puede conducir a tres acciones diferentes:

- Rechazo del mensaje si falta el código del punto de destino o la central correspondiente está fuera de servicio, o si el código del destino no es compatible con

Figura 10
Organización de puntos de transferencia de señalización.



el código del origen (p.ej., corte de comunicaciones entre dos países).

- Envío del mensaje a las partes de usuario de nivel 4 cuando el código del punto de destino se refiere a la central local. En este caso, el ECT, a través del bus de alta velocidad, almacena el mensaje en la memoria tampón del interfaz terminal, mientras aguarda a que el sistema operativo lo envíe a la parte de usuario adecuada.

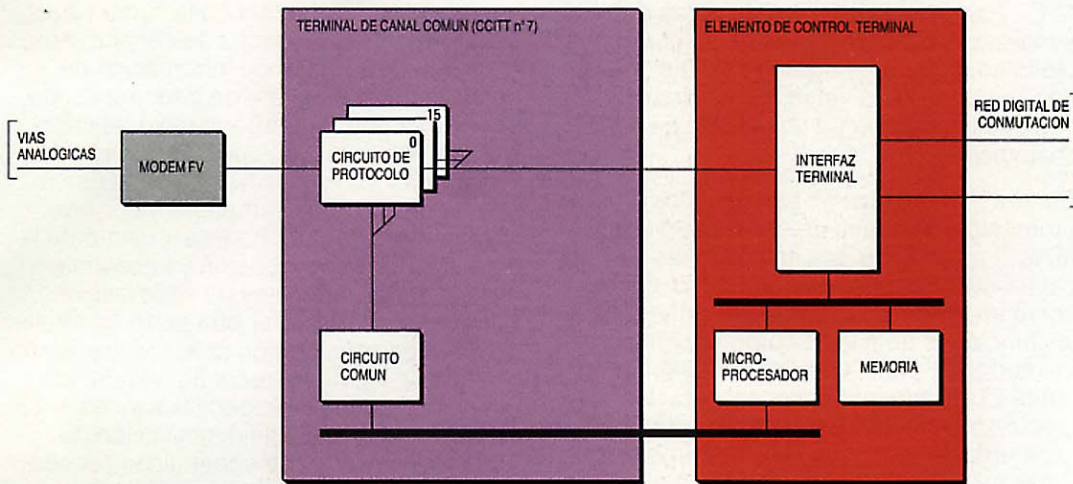


Figura 11 Diagrama de bloques del módulo de canal común utilizado en la central digital ITT 1240.

– Reencaminamiento del mensaje hacia otro módulo cuando el código del punto de destino corresponda a otra central (función de parte de transferencia de señalización). En este caso el mensaje se devuelve al control del canal común, para encaminamiento hacia el módulo apropiado a través de la vía de datos de señalización. El sistema operativo no interviene en el funcionamiento de la parte de transferencia.

interfaz con el sistema de transmisión. En el caso de la vía digital de datos de señalización de 64 kbit s⁻¹, las funciones de nivel 7 son ejecutadas por el módulo de enlace digital (mediante su unidad de transmisión

Los apartados siguientes dan una idea general de la estructura del módulo y de la localización de la función.

Descripción de la programación

Como se mencionó anteriormente (ver figura 6), el impacto debido a la introducción de un nuevo sistema de señalización es aminorado por la arquitectura de control totalmente distribuido del ITT 1240. La programación adicional requerida para controlar los nuevos módulos se obtiene incorporando varias FMM. De las FMM existentes, sólo habrá que modificar las que intercambien mensajes con las nuevas, a fin de que operen con los nuevos interfaces lógicos.

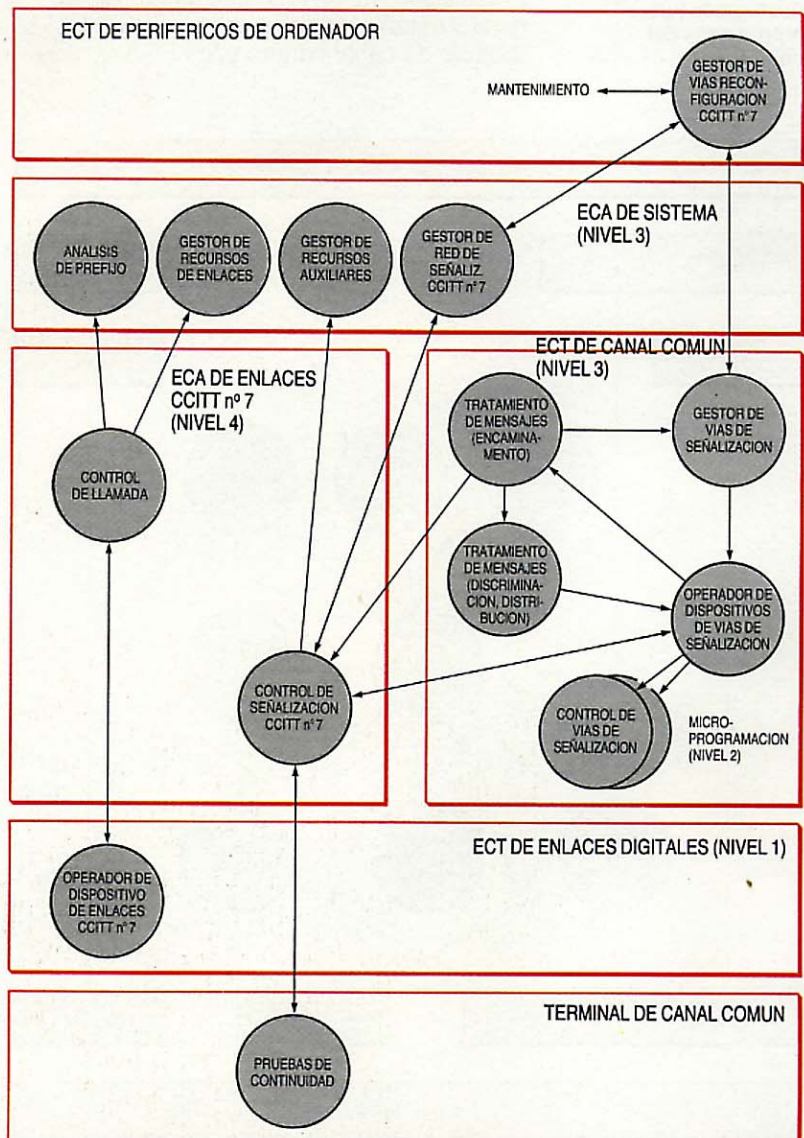
La figura 12 muestra la estructura lógica de un módulo de canal común; sólo se indican las más importantes FMM nuevas que realizan las funciones descritas luego en este artículo. Las funciones de la señalización n° 7 están repartidas entre los elementos de control de la central, de modo que satisfagan los requisitos del sistema.

En la figura 12 se observa igualmente la localización funcional de cada FMM dentro de los diferentes módulos de la central (p.ej., de canal común, de enlace digital, de periféricos de ordenador) y el interfaz funcional con otras FMM situadas en el mismo módulo o en otro módulo físico.

Realización de los niveles funcionales

Realización del nivel 1. Como se ha mencionado anteriormente, hay tres tipos de

Figura 12 Estructura de programación del módulo de canal común.



MIC). Para la vía analógica de datos de señalización, las funciones de nivel 1 son ejecutadas por un modem (V.27 bis o V.36, dependiendo de la velocidad binaria) conectado a dicha vía y a un módulo de enlace analógico.

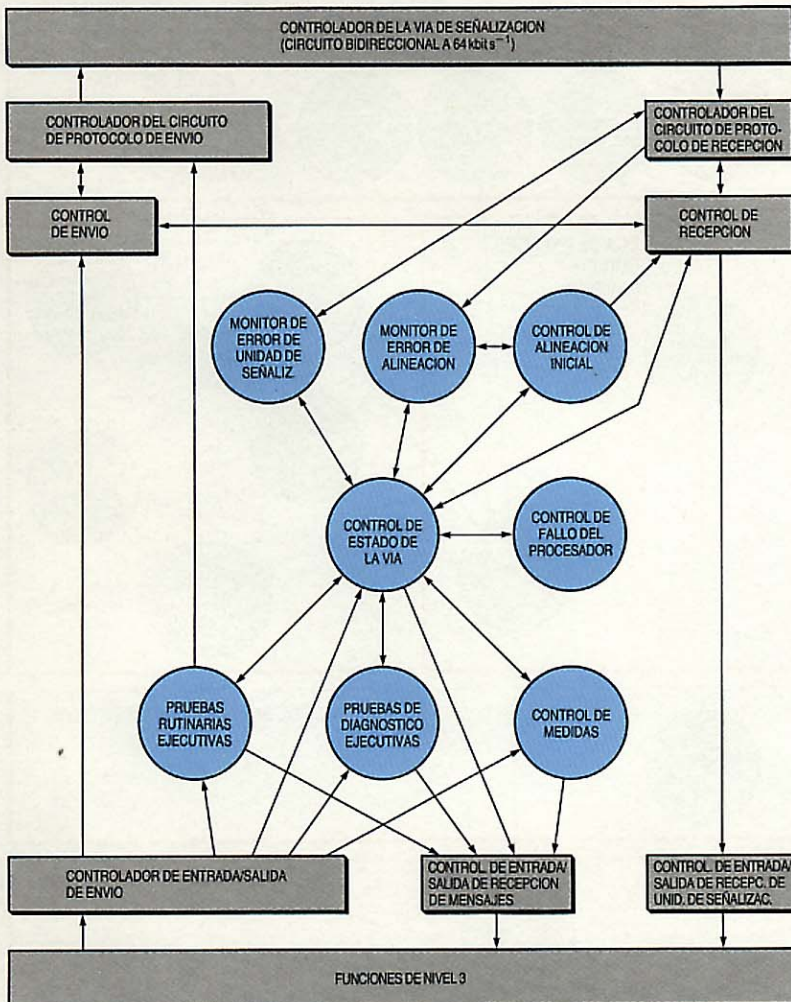
Realización del nivel 2. Los circuitos de protocolo (funciones de señalización de nivel 2) están incluidos en el circuito común del módulo de canal común, como se observa en la figura 12. La figura 13 muestra las funciones de nivel 2 comprendidas en el interfaz de canal común (ver también figura 11). Cada círculo representa una función individual y las flechas representan los interfaces entre las diversas funciones. Estas funciones se conectan también con unas pocas funciones de nivel 2 incluidas en el circuito de protocolo, a través del controlador asociado, y con funciones de nivel 3 realizadas en el ECT vía un protocolo entre procesadores. El circuito de protocolo está controlado y sincronizado por el circuito común. Juntos, ejecutan las funciones de nivel 2 especificadas por el CCITT, que se indican en la tabla 1.

Realización del nivel 3. Las funciones de nivel 3 están repartidas entre el ECT del módulo de canal común y los ECA de sis-

tema, según se observa en la figura 12. El ECT formata las unidades de señalización (reuniendo el campo de información de señalización y el octeto de información de servicio), controla el intercambio de información entre las funciones de nivel 2 y las funciones locales de nivel 3 y otras funciones de nivel 3, más complejas y dependientes de la central. Realiza igualmente la discriminación, distribución y encaminamiento de los mensajes de señalización. El ECA de sistema, por otra parte, controla el tráfico de señalización (p.ej., la desviación de tráfico), las rutas (reconfiguración, etc.) el encaminamiento de señalizaciones (ejemplo, control de flujo, activación de vías) y las pruebas de continuidad (donde los enlaces analógicos lo requieran); es igualmente responsable del mantenimiento y las pruebas.

Realización del nivel 4. Las funciones de nivel 4 (usuarios de los sistemas de señalización) están característicamente ejecutadas en los ECA de proceso de llamada, asociados con los circuitos spata que utiliza el sistema de señalización.

Figura 13
Realización micro-programada del nivel 2.



Estrategia de realización de la parte de usuario de telefonía

La figura 14 presenta un esbozo de los módulos de programa que directamente afectan a la realización de la parte de usuario de telefonía. Algunas de las funciones se han mencionado ya, y están dispuestas tal y como se indica en la figura 12. Los procesadores se reparten así los módulos de programa:

ECA de sistema, la selección de emisores-receptores y prueba de continuidad. Dos importantes FMM residen en el ECA de sistema. La FMM gestora de recursos de auxiliares ejecuta el proceso de selección

Tabla 1 — Funciones de control de vía de señalización (nivel 2)

Detección y generación de bandera (que delimita la unidad de señalización)
Inserción y borrado del cero
Alineación de unidades de señalización (detección de imitaciones de banderas, excesiva longitud de la unidad de señalización)
Detección de errores (comprobando y generando bits de redundancia)
Corrección de errores (por el método básico o por el preventivo de retransmisión cíclica)
Control de alineación (tratamiento de monitor de tasa de errores de alineación)
Control de errores de vía de señalización (tratamiento del monitor de tasa de errores de unidad de señalización)
Control de retransmisiones
Control de alineación inicial
Control del estado de vías (con/sin alimentación, fuera de servicio, en alineación inicial, alineación efectuada, alineación no lograda, interrupción del procesador en servicio).

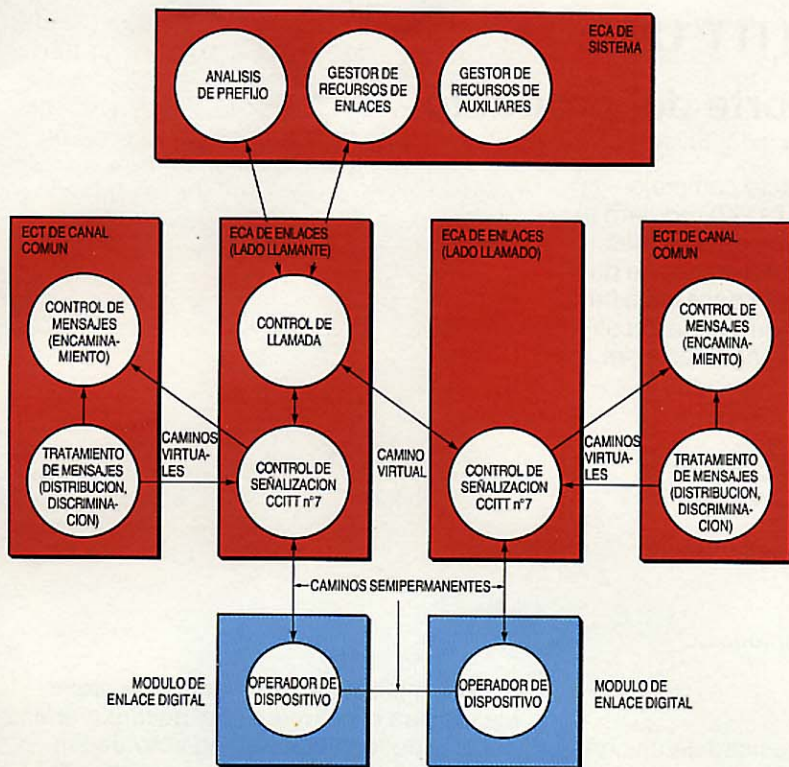


Figura 14
Visión general de la parte de usuario de telefonía.

de emisores-receptores para prueba de continuidad en los circuitos analógicos de salida y puede también utilizarse para la selección de supresores de eco comunes. La FMM de análisis de prefijo realiza diversas funciones, incluyendo detección de doble toma en un enlace bidireccional e información sobre fallos en la prueba de continuidad a control de llamada, quien ejecuta las acciones apropiadas.

ECA de enlaces, el encaminamiento, señalización y control de llamadas. En estos ECA residen la FMM de control de señalización CCITT n° 7 y la FMM de control de llamada.

ECT de emisores y receptores del sistema de señalización CCITT n° 7, las pruebas de continuidad en los circuitos de conversación. Este ECT incorpora la FMM de prueba de continuidad del n° 7, que se usa cada vez que hay que verificar un circuito de salida analógico. Sus funciones son comunicar con la FMM de control de señalización n° 7, desde la cual recibe la orden de comenzar la prueba y a la cual se envía el

informe del resultado; comunicar con el operador de dispositivo del circuito de servicio desde el que se recibe la identidad del emisor-receptor seleccionado; comunicar con la SSM del circuito de servicio a la que se envían las órdenes de distribución y desde la cual se reciben las respuestas; finalmente, supervisar la recepción del tono de pruebas de retorno.

ECT de enlaces del sistema de señalización CCITT n° 7, las funciones relativas a circuitos de dispositivos telefónicos y a la llamada. Estas funciones son esencialmente las de nivel 1 mencionadas anteriormente, tales como información de alarmas, conexión/desconexión, introducción de supresores de eco, y conexión de bucle para pruebas de continuidad en circuitos analógicos de entrada.

Conclusiones

Durante los años inmediatos, el sistema de señalización por canal común CCITT n° 7 evolucionará para ajustarse a las necesidades futuras del campo, cada día más en expansión, de las telecomunicaciones. La arquitectura de control distribuido del sistema ITT 1240 facilitará el cumplimiento de los requisitos de los nuevos servicios, particularmente los relacionados con datos, y su integración en la red telefónica.

Referencias

- 1 Recomendaciones del CCITT sobre el sistema de señalización n° 7: Parte de transferencia de mensajes; Recomendaciones Q. 701 a Q. 707
Parte de usuario de telefonía; Recomendaciones Q. 721 a Q. 725
Parte de usuario de datos (X. 61); Recomendación Q. 741.
- 2 S. Das, K. Strunk y F. Verstraete: Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 135-147 (en este número).
- 3 L. Katzschner y F. Van den Brande: Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, págs. 173-183 (en este número).
- 4 A. Gardiner, L. Katzschner y C. van der Straeten: Central digital ITT 1230: Diseño de la programación de centrales digitales; *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, n° 3, págs. 217-222.
- 5 D. A. Lawson: Central digital ITT 1240: Arquitectura de la programación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, n° 3, págs. 244-249.

Central digital ITT 1240:

Sistemas soporte del producto

El desarrollo de un producto complejo como la central digital ITT 1240 requiere el uso de un potente conjunto de sistemas que lo soporten. Los sistemas soporte que se vienen usando para este desarrollo han contribuido ya significativamente a la calidad y al rendimiento de la ingeniería del producto.

C. G. Denenberg

ITT Programming Technology Center,
Stratford, Connecticut, Estados Unidos

J. H. Newey

Laboratoire Central de Télécommunications,
Vélizy, Francia

Introducción

ITT ha reconocido la necesidad de un conjunto integrado de sistemas que sirvan de soporte a las actividades de ingeniería a lo largo del ciclo de vida de los sistemas de conmutación SPC (control por programa almacenado). El objetivo de tales sistemas soporte es dar soluciones rentables a los problemas específicos creados por productos complejos, como la central digital ITT 1240.

Como sucede con otros grandes sistemas de conmutación SPC, el ITT 1240 constituye una ambiciosa empresa de la ingeniería. Los problemas proceden de las características específicas del ciclo de vida del producto, del número de componentes implicados y de la tecnología empleada, compleja y de rápida evolución.

Ciclo de vida del sistema

La central ITT 1240 se ha preparado para cumplir los requisitos de las Administraciones telefónicas del mundo entero durante una vida activa de varias décadas. La consistencia del sistema debe, pues, mantenerse por un largo tiempo en las adaptaciones hechas para los distintos países. Esto requiere ejercer continuamente un estricto control de configuración sobre todo el equipo, programas y documentación usados en el sistema genérico, en las adaptaciones a diferentes países, y en las centrales instaladas.

Hay que controlar miles de piezas componentes, sus estados de producto, y la información con referencias cruzadas (incluyendo listas de "formado-por" y de "usado-en"). El almacenamiento, extracción, modificación y control de esta información requiere un potente sistema soporte.

Otra implicación de la larga vida previsible, es que el esfuerzo total de ingeniería debería descomponerse en actividades separadas, manejables por asociadas ITT en localidades distintas y en diferentes momentos. Esas actividades independientes de ingeniería incluyen el desarrollo inicial y posteriores desarrollos evolutivos de la central ITT 1240; adaptación a los requisitos de cada país, denominada CDE (ingeniería de diseños para cliente); definición y generación de datos para una central específica, llamada CAE (ingeniería de aplicaciones para cliente); fabricación del equipo y generación de los programas según las especificaciones proporcionadas por la CAE. Aunque cada una de esas actividades representa diferentes funciones y tareas, se necesita un conjunto integrado de herramientas soporte para mantener la consistencia del diseño a través de todas las funciones y asegurar uniformidad en la resolución de los problemas de ingeniería, facilitando así la transferencia de actividades y responsabilidades desde una organización a otra en diferentes momentos de la vida del producto.

Dimensiones del esfuerzo de ingeniería

El esfuerzo necesario para desarrollar y mantener un producto como el ITT 1240 a lo largo de su ciclo de vida es del orden de varios miles de ingenieros-año de trabajo.

El esfuerzo dedicado a programación entre desarrollo inicial, ingeniería de diseño, ingeniería de la aplicación, fabricación, instalación y mantenimiento, representa más de dos tercios del trabajo total. El desarrollo inicial de la programación produjo varios cientos de miles de instrucciones con un esfuerzo de varios cientos de programadores-año. La magnitud de este esfuerzo tiene varias consecuencias que hacen imprescindibles unos potentes sistemas soporte.

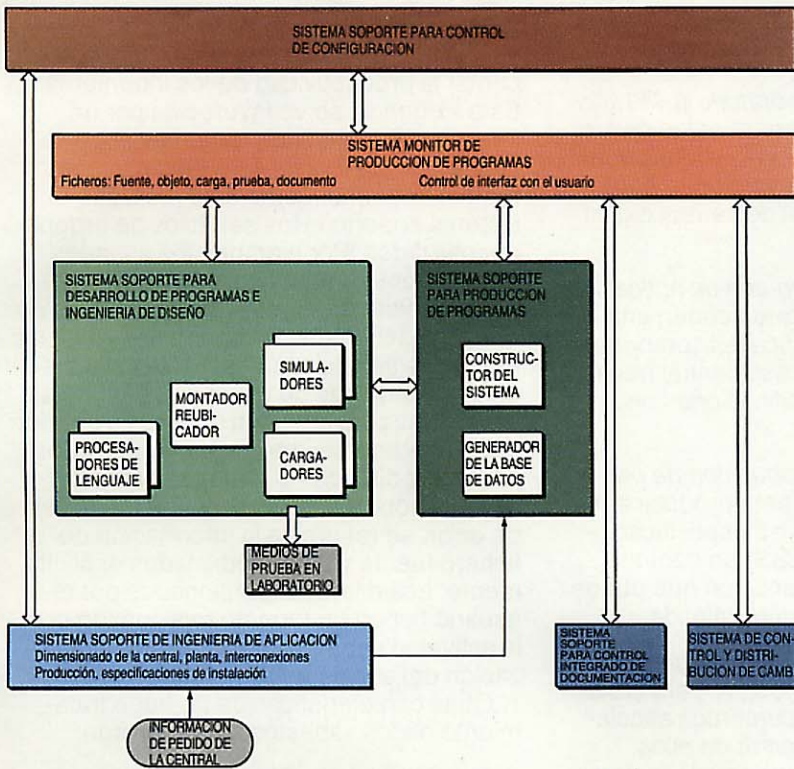


Figura 1
Arquitectura de los
sistemas soporte
del producto.

Como el desarrollo no es de una sola casa de ITT, sino que se distribuye entre varias compañías, cada una con características propias en cuanto a dirección, experiencia tecnológica e intereses comerciales, la coordinación multinacional de esos grupos hacia unos objetivos comunes requiere un conjunto exhaustivo de normas convenidas y métodos comunes de producción y control de la programación.

La segunda consecuencia surge del número casi infinito de estados del sistema posibles en una central SPC moderna, de lo que se deriva un ingente trabajo de prueba. Esto obliga a usar métodos de prueba continuos y progresivos a todos los niveles, desde la unidad de programación (con pocos cientos de instrucciones) hasta la central entera. Una tarea de esta magnitud requiere como soporte un conjunto de potentes herramientas para prueba y depuración, y un sistema de producción de paquetes de programas que pueda generarlos rápidamente y de forma económica a partir de un conjunto dado de entradas.

Además, la central tendrá que asimilar muchos cambios durante su desarrollo y adaptación, que serán resultado de la evolución tecnológica, mejoras de diseño y correcciones de codificación. Todos estos cambios tienen que comunicarse, evaluarse y ejecutarse con rapidez y al mismo tiempo, en todos los centros de diseño. Esto exige claramente la formación de una red entre los ordenadores de los centros de diseño. Dado que proyectos similares han requerido el procesamiento de centenares de documentos de cambio por semana, la comuni-

cación de millones de páginas de documentación, y la transmisión de varios cientos de miles de trabajos durante el desarrollo, el apoyo de tal red debe ser muy eficiente, prestando un servicio que aumente la productividad del programador y reduzca los tiempos de ingeniería.

Objetivos de los sistemas soporte

Las anteriores consideraciones llevan a establecer cuatro objetivos primarios para los sistemas soporte utilizables:

- Proporcionar un registro continuo, completo y controlado de todos los componentes del sistema, junto con su estado de producto, a lo largo de todo el ciclo de vida.
- Facilitar un conjunto controlado de entradas, así como mecanismos uniformes, automatizados y controlados para la preparación de paquetes de programas objeto (a todos los niveles de integración del sistema) y la producción de sistemas de programación completos para centrales específicas.
- Conseguir una gama de herramientas de prueba y depuración para cada fase de producción e integración del paquete, asegurando progreso continuo y controlado hacia unos productos de calidad.
- Apoyar las funciones anteriores en una compañía multinacional con el objetivo de minimizar el tiempo de intervención de la ingeniería.

Características de los sistemas soporte

Los objetivos generales descritos anteriormente conducen a una arquitectura que comprende varios paquetes distintos de sistemas soporte conectados por interfaces estandarizados. Cada paquete puede utilizarse independientemente, siempre que se respeten dichos interfaces. Así es posible dar soporte a diferentes funciones de ingeniería en localidades distintas.

En la figura 1 se muestra la arquitectura general. Resumidamente, las funciones soporte de cada paquete son:

Sistema soporte para desarrollo de programas (SDSS); se emplea para crear y mantener ficheros fuente y construir módulos cargables binarios que, o bien se prueban en un entorno simulado, o se almacenan para su carga posterior en una central ITT 1240 o en el sistema de pruebas en laboratorio.

Sistema monitor de producción de programas (SPMS); da acceso en modo menú a

funciones de sistema tales como la gestión de ficheros y el control de configuración.

Medios de prueba en laboratorio (LTF); consisten en diversas herramientas de circuitos y programas, y carros de prueba, a disposición de los ingenieros que estén probando un modelo real de central digital ITT 1240.

Sistema soporte de ingeniería de aplicación (CAESS); acepta datos que definen una central específica, identifica los componentes físicos y lógicos que esa central necesita, y produce las especificaciones de fabricación de la misma.

Sistema soporte para producción de programas (SMSS); se usa para producir automáticamente (a partir de las especificaciones preparadas por CAESS) un paquete con el sistema de programación que puede cargarse en una central determinada.

Sistema soporte para control integrado de la documentación (IDSS); sirve para crear y mantener todos los documentos asociados con el ITT 1240 y, a partir de ellos, producir documentos combinando textos y gráficos.

Sistema soporte para control de configuración (CMSS); se utiliza para registrar, recuperar y controlar todos los elementos de programación, de equipo y del sistema que constituyen un producto, junto con su estado respectivo de producto. Al CMSS acceden otros sistemas de soporte, siempre que una actividad requiera entradas controladas o genere resultados que deban controlarse.

Sistema de control y distribución de cambios (CHARTS); soporta la comunicación y control de cambios entre los diferentes centros de diseño de ITT. Registra la sucesión de cambios en todos los niveles y proporciona estadísticas generales sobre tales cambios.

Requisitos para los sistemas soporte

Para alcanzar los objetivos señalados anteriormente, se han establecido requisitos muy estrictos para los sistemas soporte. Algunos de ellos son generales, mientras que otros son específicos de algún sistema soporte en particular. Los requisitos generales, que a continuación se examinan, se refieren a los aspectos humanos de la ingeniería, modularidad y transportabilidad, automatización, lenguajes de programación, y servicios de ordenador a usar.

Tratamiento de los aspectos humanos

Tanto la instrucción inicial de los usuarios de un nuevo sistema soporte, como el

número de errores encontrados durante su uso, debe reducirse al mínimo para acrecentar la productividad de los ingenieros. Esta exigencia se ve favorecida por un interfaz entre usuario y sistemas soporte que refleja las funciones a ejecutar y no requiere conocer cómo está realizado el sistema soporte ni los servicios de ordenador utilizados. Por ejemplo, los usuarios normalmente entran datos en modo interactivo desde un terminal de pantalla en el que se exhiben menús orientados hacia las funciones seleccionables. El terminal dispone de entradas de usuario y respuestas de sistema para la sesión entera, y a petición puede obtenerse una copia en papel. Los mensajes dirigidos al usuario desde el sistema soporte, incluyendo los mensajes de error, se refieren a la información del fichero fuente y están redactados explícitamente. Los datos proporcionados por el usuario tienen un formato relacionado con la actividad desarrollada, y no con la realización del subsistema.

Otras características de un buen tratamiento de los aspectos humanos son:

- Puede imprimirse en los informes una indicación de la versión en uso de cada programa.
- Las herramientas que realizan la misma tarea en el ordenador de soporte, en el laboratorio o en la instalación, son funcionalmente idénticas.
- Antes de la ejecución de cualquier herramienta soporte, se verifican los datos tanto en sintaxis como en semántica.
- La gestión de los ficheros está realizada automáticamente por los sistemas soporte. El usuario sólo tiene que controlar los ficheros lógicos de entrada o salida.

Modularidad y transportabilidad

Como los centros de diseño no están en la misma ubicación, los sistemas soporte deben ser fácilmente transportables de un ordenador a otro. La modularidad facilita el transporte de partes de un sistema soporte cuando sea necesario, permitiendo que varios ordenadores compartan la carga, ya sean éstos pequeños procesadores de entrada o grandes máquinas computadoras.

La transportabilidad es particularmente importante para actividades de CDE, que preparan productos en respuesta a nuevos requisitos del cliente. La CDE obtiene nuevos paquetes genéricos desde una biblioteca controlada de programas fuente y desarrolla nuevos programas para esa biblioteca. Dado que la CDE se realiza tanto en los grupos de desarrollo como en las compañías de fabricación, es importante que las herramientas que utiliza sean transportables; esto se ha conseguido usando las mismas herramientas soporte en CDE que en desarrollo.

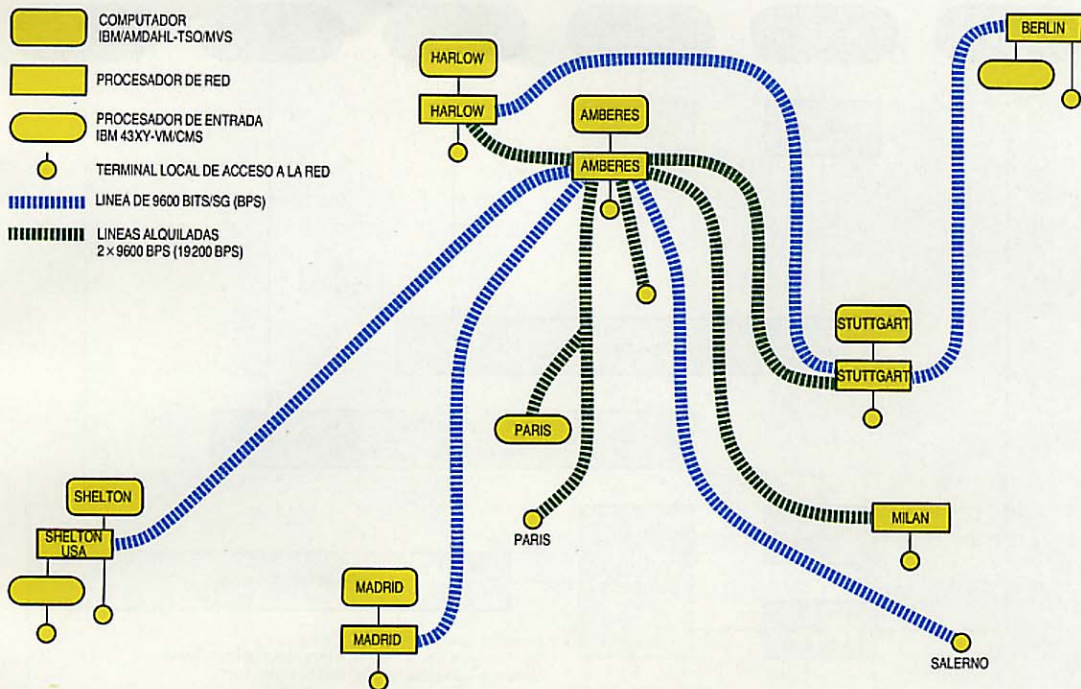


Figura 2
Red de ordenadores para el desarrollo del ITT 1240.

Automatización controlada

Para reducir el riesgo de errores causados por intervención humana y aumentar la productividad de las ingenierías, se han automatizado cadenas de tareas. Este principio se ha utilizado en la producción de programas cargables a partir de un conjunto controlado de datos. También se ha aplicado a la producción de sistemas de programas para centrales específicas, partiendo de una biblioteca controlada de módulos objeto – generados durante el desarrollo o la CDE – y de la base de datos de la central, generada por CAE.

Lenguajes de programación de alto nivel

El CHILL, lenguaje de alto nivel del CCITT diseñado para conmutación telefónica SPC, pretende ser el lenguaje estándar durante muchas generaciones de centrales telefónicas. Los sistemas soporte proporcionan un interfaz uniforme, compatible con CHILL, a todos los componentes del sistema.

Para aumentar al máximo el rendimiento de los programadores, se han definido lenguajes de más alto nivel, orientados al problema, que descansan sobre los sistemas soporte:

- Los lenguajes de definición de datos y de manipulación de datos aseguran que los programas sean independientes de la realización física de la base de datos.
- Los interfaces externos de los módulos terminales del ITT 1240 se definen usando el lenguaje de descripción de interfaces y el de especificación de esquemas de programas.

Las sentencias de estos programas se compilan en sentencias CHILL, que se intercalan dentro de paquetes formados por módulos CHILL.

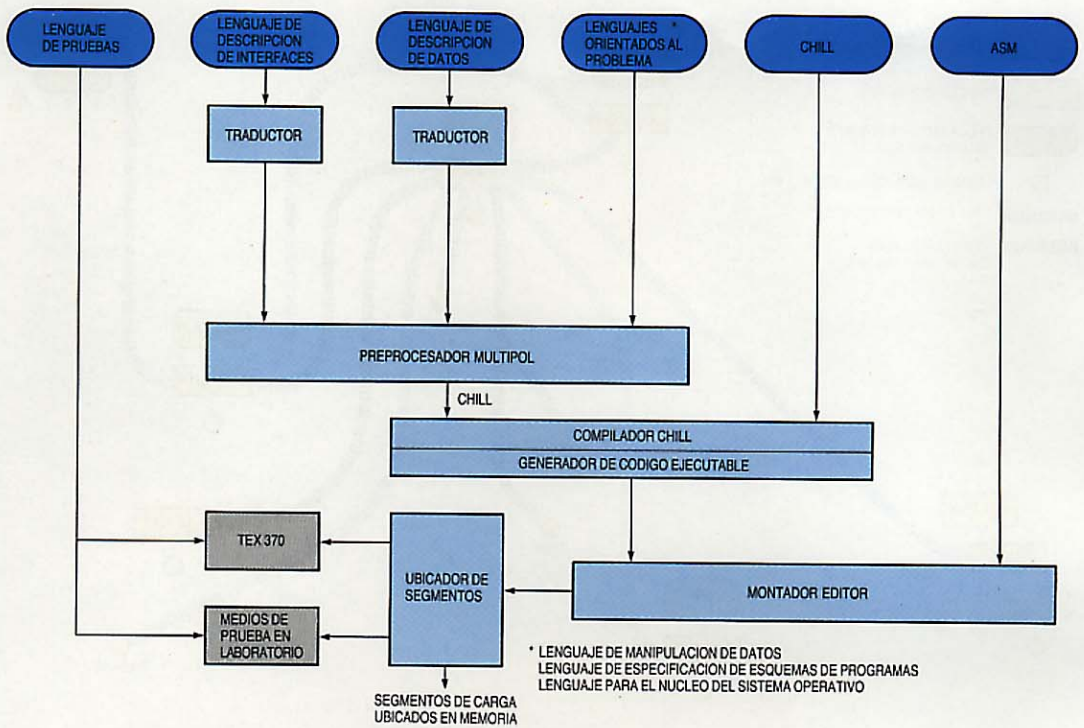
Servicios usados de ordenador

Con excepción de los medios de prueba en laboratorio, que se ejecutan en diversos equipos de otros fabricantes, los sistemas soporte utilizan el IBM 370 o computadores compatibles, con MVS (almacenamiento virtual múltiple), que es el sistema operativo elegido. Las funciones llamadas “de entrada” pueden ejecutarse en ordenadores de las series IBM 43XY con el VM/CMS (máquina virtual/sistema monitor conversacional). A estos ordenadores tienen acceso los centros de diseño a través de una red de comunicaciones. La estructura general de la red de ordenadores para el ITT 1240 se expone en la figura 2.

Sistema soporte para desarrollo

El sistema soporte para desarrollo consiste en dos partes: el SDSS y los medios de prueba en laboratorio. El SDSS se usa para desarrollar y probar módulos de programas individuales, y prepararlos para integración con toda la programación de la central por medio de ordenadores de uso general. Las facilidades de prueba de laboratorio ofrecen acceso en tiempo compartido, a través de un sistema con ordenador diseñado al efecto, a unos cuantos diseñadores, como soporte de las pruebas concurrentes de integración de todo el paquete de progra-

Figura 3
Soporte para el desarrollo del ITT 1240.



mas en el equipo real de la central. Aunque el SDSS se esté utilizando en el ITT 1240, también es aplicable a otros proyectos. Para actuar en desarrollos heterogéneos, se consideraron tres requisitos principales: empleo de lenguajes fuente en codificación, prueba y depuración (CHILL para el ITT 1240); movilidad entre varias máquinas objeto; transportabilidad entre los distintos centros ITT de diseño y producción.

Sistema soporte para desarrollo de programas

El SDSS proporciona herramientas, basadas en IBM 370, que facilitan la creación, mantenimiento, prueba y depuración de programas para una variedad de ordenadores. Un monitor de producción de programas aísla estas herramientas de cualquier sistema operativo propio del IBM 370 y proporciona un interfaz estándar, agradable para el usuario, en forma de menús funcionales en unidades de pantalla. Además, da medios automatizados y controlados para construir paquetes objeto a partir de conjuntos controlados de ficheros fuente.

Los lenguajes utilizados en el SDSS tanto pueden ser orientados al procedimiento, como orientados al problema (POL). En el ITT 1240 se emplean dos de los primeros: el CHILL y el ensamblador ITT 1240. El CHILL de ITT es un subconjunto del lenguaje definido por el correspondiente grupo de estudio del CCITT. Programas escritos en CHILL ITT pueden relacionarse con programas escritos en ensamblador. Los lenguajes POL permiten al usuario escribir un programa en términos adecuados para una aplicación específica. El SDSS

contiene soporte POL para definición de interfaces entre programas, verificación de la estructura de los programas frente a esas definiciones, comunicación por mensajes entre procesos, definición de datos, manipulación de datos y pruebas. Una metasintaxis que asegura la consistencia de cada POL con el CHILL y entre los diferentes POL, es la base del diseño sintáctico de los POL.

Se han desarrollado preprocesadores de lenguaje para analizar los programas POL a nivel de aplicación, producir informes, y traducir dichos programas a programas fuente CHILL. Un generador de analizadores sintácticos genera automáticamente los preprocesadores POL y los introduce en el SDSS.

Las herramientas requeridas para la creación de programas y su posterior mantenimiento incluyen facilidades para generación y edición de ficheros fuente y traducción de programas fuente en programas objeto. Las herramientas específicas incluyen los preprocesadores POL ya mencionados, los ensambladores ITT 1240, el compilador CHILL de ITT (CHILL/370), y un sistema de edición-montaje y ubicación de segmentos en memoria. La figura 3 resume las secuencias de procesamiento que después se analizan.

El CHILL/370 es un compilador por lotes en dos pasos, que acepta programas CHILL compuestos por uno o varios módulos y produce programas objeto en código máquina. El paso 1 es independiente de la máquina objeto; realiza análisis de léxico y sintaxis y produce ficheros intermedios y un listado. El paso 2 es dependiente de

cada máquina; consta de una fase de producción de código intermedio generalizado, seguida por la traducción de éste al código máquina de la máquina objeto.

Ambos CHILL/370 y los ensambladores incorporados, producen unidades de montaje codificadas en el formato binario reubicable de ITT llamado RBF. Dichas unidades constan de una o más áreas cargables (almacenamiento contiguo en la memoria). El editor montador, que es progresivo e independiente de máquina, selecciona unidades de montaje a partir de un conjunto de ficheros RBF, ordena e intercala las áreas cargables de acuerdo con criterios previos o definidos por el usuario, y resuelve las referencias entre las distintas unidades para su montaje. Produce un fichero RBF (un dominio) formado por unidades montadas, con las referencias entre ellas resueltas.

El SM (ubicador de segmentos dependiente de la máquina objeto) acepta uno o varios dominios, los ubica en memoria, y produce un segmento cargable en formato ITT 1240. Todas las referencias no resueltas y las referencias entre dominios se resuelven mediante un vector de transferencia construido por el SM. Esto permite la sustitución a nivel de dominio sin obligar a repetir el montaje y ubicación en memoria de todo el segmento. Los segmentos de carga producidos por el SM pueden ejecutarse en un simulador de máquinas objeto basado en IBM 370, o bien ser cargados en las facilidades de laboratorio o en un procesador del ITT 1240 para pruebas, depuración o ejercitación.

La arquitectura distribuida del ITT 1240 requiere una estrategia progresiva para pruebas y depuración. Las unidades de programa más pequeñas que se pueden probar son las FMM (máquinas de mensajes finitos), formadas por programas que describen procesos. Las FMM se comunican por mensajes y tienen como soporte un sistema operativo y un sistema de control

de base de datos que dan medios para la comunicación de mensajes, procesamiento concurrente, y operaciones en la base de datos. Con varias FMM se construyen segmentos genéricos de carga, que son las cargas de memoria para los procesadores del ITT 1240.

La prueba y depuración de FMM individuales o segmentos de carga se realiza en el sistema IBM, donde se simula un entorno ITT 1240 creado por el TEX (programa ejecutivo para pruebas). Con un mismo interfaz de usuario (el *lenguaje de pruebas*) en TEX/370 se puede usar la comunicación por lotes o la interactiva. Dicho lenguaje es un subconjunto del CHILL con funciones de prueba adicionales, en sintaxis compatible con CHILL; esto permite a los programadores ejercitar, probar y depurar programas escritos en CHILL y POL, a nivel fuente. Las funciones a nivel máquina, incluyendo puntos de corte en código objeto, trazas, copias de la memoria, modificaciones de la memoria y de los registros, permiten al usuario depurar programas en código máquina. Una vez que se han probado las FMM individuales y los segmentos genéricos cargables, pueden comprobarse progresivamente combinaciones de estas unidades en las facilidades de laboratorio.

Medios de prueba en laboratorio (LTF)

Una vez completas la depuración y pruebas de las unidades, pueden probarse con el equipo del ITT 1240 grandes conjuntos de programas y datos. Los medios de prueba en laboratorio permiten el trabajo interactivo y por lotes. Este equipo, exterior al ITT 1240, se usa para prueba y depuración de programas, así como para pruebas de integración, calificación y de regresión*. Consiste en una combinación de equipos y programas dotados de interfaz con el ITT 1240.

* Comprobar que un programa modificado trabaja como acostumbraba.

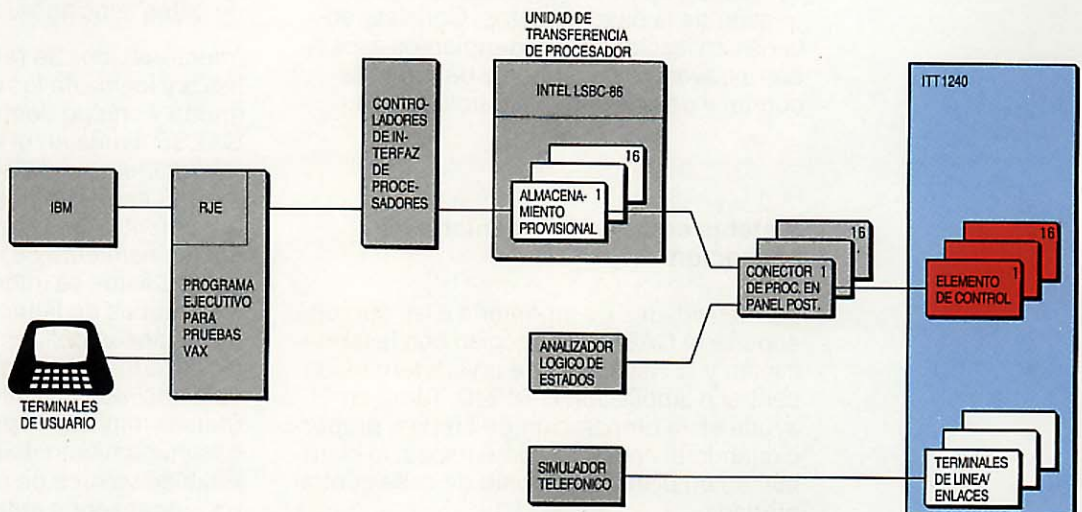


Figura 4
Configuración de
los medios de
prueba en
laboratorio.

Sistema soporte para control de configuración

El CMSS proporciona procedimientos automáticos para el almacenamiento, recuperación y control de la configuración y del estado del producto de todos los elementos que pueden constituir un producto de telecomunicaciones. Facilita la transición gradual de los productos a lo largo de su ciclo vital cuando el desarrollo y fabricación se comparten entre varias compañías, proporcionando acceso oportuno y consistente al control de la configuración y a la información de control.

Los elementos que forman las configuraciones pueden ser entidades físicas (placas de circuito impreso) o lógicas (módulos de programa); también pueden ser entidades funcionales (módulos terminales) o abstractas (reglas de diseño). El CMSS presta apoyo a las siguientes actividades:

- Registro y control de números de identificación para todos los elementos de las configuraciones.
- Definición de los números de cada componente junto a su descripción y su estado de entrega, autorización, producto y calificación.
- Control de la relación entre un elemento, sus componentes y versiones respectivas.
- Control de la relación entre un elemento, su documentación oficial y las ediciones de sus documentos.
- Identificación y control de cambios en los distintos componentes.
- Control de la relación entre el cambio en la documentación y el cambio en el elemento.
- Emisión de informes ordinarios y resumidos sobre control de la configuración.

El soporte para control de la configuración está realizado en PL/1, usando el sistema de gestión de información de IBM para gestión de la base de datos. Consiste en varias aplicaciones independientes asociadas a través de un lenguaje de órdenes común y de una base de datos común.

Sistema soporte de ingeniería de aplicación

Las actividades de ingeniería a las que da soporte el CAESS se asocian con la fabricación y la instalación de una determinada central o ampliación ITT 1240. También ayuda en la preparación de ofertas, proporcionando el contenido de equipos, la distribución en planta, y el coste de cada central ofertada.

Los objetivos primarios del sistema son minimizar los costes de CAE, reducir el plazo de entrega desde el pedido hasta la puesta en servicio, y acortar la instalación y pruebas. Además proporciona un conjunto normalizado de herramientas y prácticas que producirán resultados comunes y repetibles para los usuarios de todo el mundo. El CAESS puede integrarse en el entorno operativo de cualquier casa que realice CAE; sus partes componentes pueden transportarse y ser instaladas por diferentes usuarios. El CAESS ayuda en las siguientes actividades:

Dimensionado de centrales: El CAESS contiene medios para almacenamiento, extracción y archivo de informaciones específicas. Basado en tales informaciones, realiza cálculos de tráfico, define cantidades de equipo funcional, genera listas de equipo (dimensionable o no), prepara diagramas de enlace, y selecciona un paquete genérico de programas para la central.

Diseño de la distribución en planta de la central: El CAESS ayuda a preparar la distribución en planta del equipo (base para la ingeniería de distribución de alimentación, estructuras metálicas, falso suelo y planos de iluminación), que muestra la posición de los armarios necesarios para una determinada central con las separaciones admitidas; también indica la designación e identificación de filas y de armarios. Es también una ayuda valiosa para la distribución interior del armario, la disposición del repartidor y la distribución de programas y datos. La distribución en el armario indica la situación del equipo, incluyendo todas las placas de circuito impreso y equipo opcional y, cuando lo haya, el espacio previsto para ampliaciones. La disposición del repartidor identifica las terminaciones de los circuitos, el número de verticales, el número de bloques terminales en cada vertical, y las áreas reservadas para el normal crecimiento. Los mapas de distribución de programas y datos asignan a cada elemento de control la carga requerida de programas con sus parámetros de datos asociados.

Interconexión: Se refiere a la conexión física y lógica de los componentes de programa y equipo dentro de una central. El CAESS ayuda en el cableado, conexiones misceláneas e interconexiones en programas. El cableado queda definido por unos documentos que contienen los planos y encaminamiento de los cables, la secuencia en que éstos se interconectan, así como las pruebas de fábrica. Las conexiones misceláneas definen todos los hilos no clasificados como cables, puentes, hilos volantes, etc. Las interconexiones de programas implican la preparación del plan de encaminamiento de llamadas y tarificación, listas de valores de parámetros a tratar en un procesador y entre procesadores, y la

lista final de correspondencias entre programas y procesadores, que asocia segmentos de carga concretos a procesadores específicos del ITT 1240.

Documentación: El CAESS proporciona la lista completa de documentos precisos para una central.

Sistema soporte para producción de programas

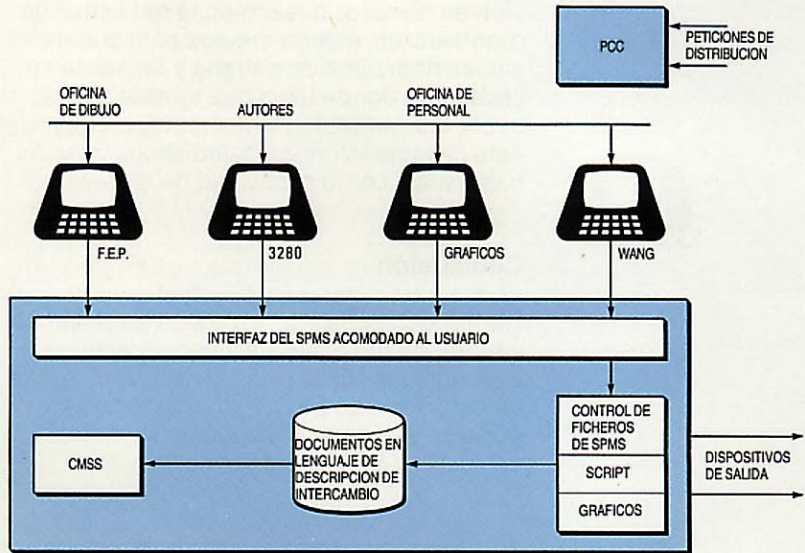
El SMSS consiste en procedimientos manuales y automatizados para la producción de paquetes objeto (de programas y datos) en una forma aceptable para el ITT 1240 (Fig. 5). Este sistema soporte abarca el ciclo completo de producción de programas (fases de desarrollo, ya examinadas dentro del SDSS, y la fase de construcción del sistema). La fase de construcción comprende tres partes importantes:

- Proceso de los datos del cliente, que valida y transforma estos datos en una entrada legible para el generador de la base de datos de la central.
- Generador de la base de datos de la central, que recoge datos del cliente y parámetros de la central, y genera una base de datos a cargar en la central.
- Formación del paquete de la instalación, que reúne el paquete objeto genérico y el contenido de la base de datos para constituir el paquete objeto específico de una central determinada.

Sistema soporte para control integrado de la documentación

Este sistema soporte proporciona medios para la creación, actualización, control de la configuración, extracción, publicación y distribución de toda la documentación. Sólo para el proyecto ITT 1240, se estima que se manejarán unas 250.000 páginas de documentación, incluidos textos y gráficos. Este volumen y la importancia de tener un tiempo de respuesta corto, obliga a disponer de un sistema integrado que utilice la red de ordenadores existentes y el equipo de proceso de documentos disponibles en cada centro de diseño. La estructura general se muestra en la figura 5 y comprende:

- interfaz con el sistema monitor de producción de programas, que proporciona acceso controlado por menús a funciones del sistema tales como control de ficheros y control de configuración.
- versión adaptada de la composición de documentos de IBM llamada "script", que incluye manejo de gráficos, acomodo-



dada a las normas internas de ITT para documentación del cliente

- conjunto de programas utilitarios que intercomunican con los dispositivos de entrada y salida de documentos (p.ej., impresoras de láser, terminales gráficos, terminales de teclado, copiadoras y sistemas de proceso de textos).

Sólo la función de control de configuración está diseñada para ejecutarse en un ordenador central. Todas las demás funciones se pueden distribuir por la red de ordenadores y efectuarse en procesadores terminales de los centros de diseño.

Figura 5
Arquitectura del sistema soporte para control integrado de la documentación.

- PCC** - centro de control de producto
- SPMS** - sistema monitor de producción de programas
- CMSS** - sistema soporte para control de configuración

Sistema de control y distribución de cambios

Este sistema proporciona las facilidades necesarias para registrar y controlar cambios, e informar de los mismos a un sistema, así como para supervisar el progreso de los documentos de control de cambio a lo largo del ciclo de aprobación. Durante el desarrollo de un producto como el ITT 1240, circulan semanalmente entre centros de diseño centenares de documentos de cambio.

Estos documentos incluyen solicitudes de cambio, propuestas de cambio, informes de faltas, notas de cambio y de entrega. Siguen una secuencia bien controlada desde la solicitud de cambio hasta la ejecución final. Es muy importante que en cualquier momento y en cualquier lugar donde radique una ingeniería, se tenga una visión rigurosamente actualizada del estado de producto en tales cambios, que el tiempo empleado en procesar los cambios sea mínimo y que no se produzcan pérdidas de cambios. Para alcanzar estos objetivos fue necesario diseñar un sistema de distribu-

ción de cambios basado en la red actual de ordenadores, que da medios para supervisar los depósitos de entrada y de salida en cada lugar donde haya que ejercer acción sobre los cambios. También proporciona este sistema informes estadísticos y resúmenes, así como capacidad de archivo.

Conclusión

ITT ha hecho una gran inversión en sistemas soporte de todas las actividades puestas en juego durante la vida útil de sus sistemas de conmutación SPC. Estos sistemas soporte se están ya utilizando en la central

digital ITT 1240, o todavía están en fase de desarrollo para este fin. Su empleo ha producido ya notables mejoras en la productividad de la ingeniería y en la calidad de las centrales. Aunque estos sistemas fueron desarrollados inicialmente para los centros de diseño de ITT, sus posibles aplicaciones incluyen el control de configuraciones de centrales, las adaptaciones a centrales locales, y el soporte de las actividades de operación y mantenimiento.

Bibliografía

- 1 ITT 1240 Digital Exchange: *Electrical Communication*; Suplemento al volumen 55 (1980), n° 2.

Central digital ITT 1240: Práctica de equipos

La nueva práctica de equipos concebida para la central digital ITT 1240 tiene una estructura modular pero sólida, que permite acelerar el proceso de instalación; es fiable y ofrece una aireación adecuada ante las altas densidades de equipamiento logradas al utilizar los circuitos LSI más recientes.

H. Schiemann

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart,
República Federal de Alemania

L. Van Laere

Bell Telephone Manufacturing Company,
Amberes, Bélgica

F. Leysens

International Telecommunications Center,
Bruselas, Bélgica

Introducción

Con la evolución hacia arquitecturas de conmutación digital y control distribuido que incorporan una gran variedad de circuitos LSI (integración en gran escala), tanto comerciales como de encargo, se hacen necesarias nuevas prácticas de equipos, ya que las utilizadas para los sistemas analógicos con control centralizado no resultan apropiadas. Por tanto, una parte importante del desarrollo por ITT de la central digital ITT 1240 fue el diseño de una práctica de equipos adecuada a este nuevo sistema de conmutación enteramente digital.

Antes de comenzar el desarrollo se consideraron cuidadosamente los objetivos de la práctica de equipos, para garantizar que se habían tenido en cuenta todos los posibles requisitos. El objetivo principal fue simplificar el proceso de instalación, redu-

ciendo el tiempo necesario y el coste. Esto se consiguió de tres formas:

- diseño modular y flexible, que se acomode a todas las aplicaciones de centrales (centrales locales e interurbanas, concentradores, bastidores para equipos periféricos) y a las diversas disposiciones del equipo en planta
- estructura básica robusta, que permita el envío a la instalación de bastidores completamente equipados, previamente probados en fábrica
- nueva familia de conectores para cables enchufables, que permita una rápida interconexión de los bastidores que constituyen la central.

Debido a que el ITT 1240 utiliza la más reciente tecnología en circuitos LSI, se alcanza una elevada densidad de componentes y ello hace que una buena ventilación sea esencial. Así, la práctica de equipos está diseñada para disipar eficazmente el calor, minimizándose las dificultades que pueda encontrar la circulación de aire de ventilación a través del bastidor; este efecto se aumenta mediante el uso de puertas perforadas y un deflector de aire.

La fiabilidad de la práctica de equipos fue otra consideración importante; ello requirió el desarrollo y la completa calificación de una nueva familia de conectores. Además de ser muy fiables, estos conectores son fáciles de conectar y desconectar, con lo que se simplifica la instalación, ampliación y mantenimiento. Asimismo la práctica de equipos no debía ser afectada por las condiciones ambientales durante el transporte, almacenamiento y uso en cualquier parte del mundo. También en relación con este objetivo de fiabilidad, se redujo al mínimo

Figura 1
Central ITT 1240 con
su nueva práctica de
equipos.





Figura 2
Principales componentes normalizados utilizados para ensamblar bastidores y filas del equipo ITT 1240.

el riesgo de accidente mediante la utilización generalizada de plásticos de combustión retardada.

El diseño de la práctica de equipos del ITT 1240 permite que las puertas de los bastidores puedan abrirse casi 180° para facilitar el acceso a todas las unidades funcionales sin obstruir los pasillos; ello facilita el mantenimiento, la ampliación y la introducción de modificaciones.

La facilidad de fabricación era otro objetivo, para el cual fue esencial el uso de materiales bien conocidos y de procesos experimentados. A ello también coadyuvó la simplicidad del diseño y el uso de un mínimo número de piezas sueltas. Esto último, además, es ventajoso para las Administraciones, ya que reduce el inventario de repuestos.

Finalmente, el equipo se diseñó con apariencia moderna y atractiva, que armonice con el ambiente en el que será instalado. Esto es ahora más importante que antes, ya que la compacidad del equipo y su funcionamiento silencioso hacen factible la instalación de pequeñas centrales en una oficina normal.

La nueva práctica de equipos que se muestra en la figura 1 cumple todos estos objetivos, y es, por lo tanto, muy apropiada para las centrales ITT 1240.

Diseño básico

La práctica de equipos utilizada en la central ITT 1240 se basa en el principio de construcción por bloques mecánicos (Fig. 2), lo que garantiza su fácil adaptación para cubrir todo el espectro de aplicación del ITT 1240. Ello se ha logrado utilizando el mínimo número de elementos de ensamble, todos los cuales son de la máxima sencillez posible. Para la fabricación se utilizan sólo materiales y procesos de probada eficacia.

En línea con los principios básicos de diseño, se utiliza un solo tamaño normalizado de placa de circuito impreso; las placas se conectan en un tipo único de cuadro, que puede acomodar hasta 31 con un espaciado normalizado de 25,4 mm. De igual forma, sólo es necesario un tipo de bastidor autoportante como componente básico de los armarios de la central, de los de distribución de fuerza, del repartidor principal y de los armarios de equipos periféricos. Como siempre se utilizan las mismas puertas, cubiertas y extremos de fila, el aspecto exterior del armario es uniforme.

El panel posterior de alambrado, realizado en circuito impreso, incorpora terminales fijados a presión para interconectar las placas alojadas en el cuadro. Dicho panel posterior puede constar de varias secciones correspondientes a distintas unidades funcionales.



Figura 3
Vista anterior de un bastidor ITT 1240 completamente equipado.

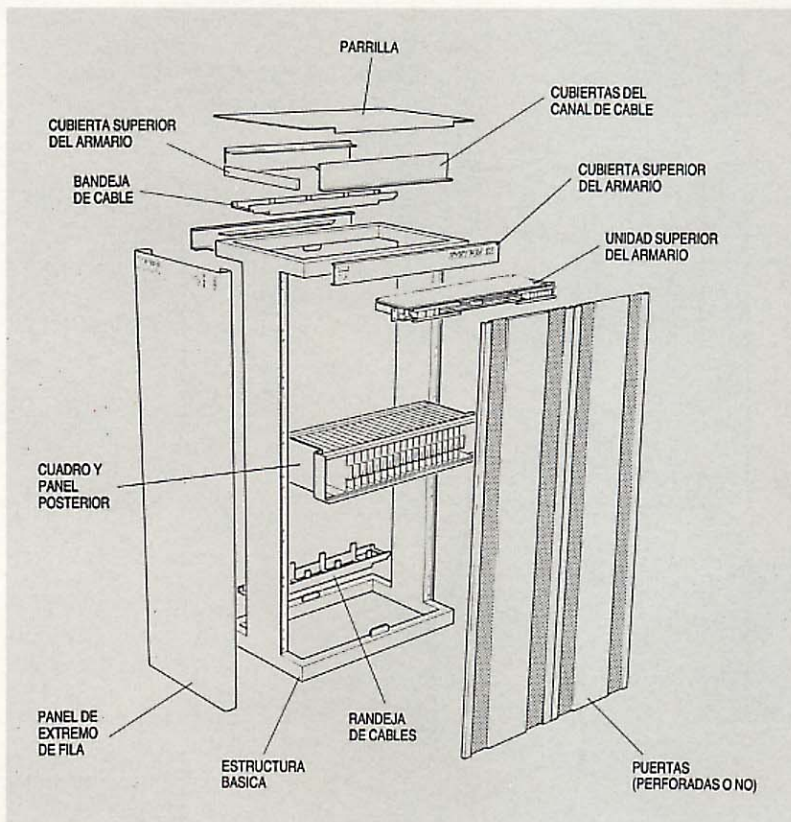
Para los cables de interconexión se usa una familia de conectores en los que cada hilo se termina según el principio de desplazamiento del aislante.

Estructura de bastidor básico

Se utiliza un solo tipo de estructura, de altura 2.100 mm, anchura 900 mm y profundidad 450 mm. Consiste arriba y abajo en dos bastidores idénticos de tubo de acero hueco, de sección rectangular, unidos por dos verticales también de sección rectangular (Fig. 2). La posición central de los verticales permite un tendido de cables horizontal, sin obstáculos, por dentro de las puertas traseras.

El bastidor inferior incorpora tornillos y placas de nivelación, mientras que en el superior pueden fijarse pernos de argolla (desmontables) para facilitar la instalación.

Como se muestra en las figuras 3 y 4, los cuadros, unidad superior y conductos de cable se atornillan directamente a la estructura básica. Las bandejas horizontales de cables se apoyan simplemente en los bastidores superior e inferior de la estructura.



tura rígida. La fila se termina en ambos lados por sendos paneles de extremo de fila, equipándose lámparas indicadoras en el que dé al pasillo central. La rotulación en los paneles de extremo de fila, así como en las cubiertas superiores, corresponde a la distribución del equipo en planta. Siempre

Figura 4
Elementos constructivos de un armario estándar.

Armario

El armario estándar se construye añadiendo a la estructura básica las puertas delanteras y traseras y la cubierta superior (Fig. 4). Las puertas son intercambiables y tienen retención magnética en los centros anterior y posterior de ambos bastidores; también se las puede equipar con cerradura. Como ya se ha mencionado, las puertas normalmente son perforadas para contribuir a la ventilación por convección; las perforaciones se efectúan sobre la parte del perfil rebajada hacia adentro. Cuando el aire para refrigeración entra por un falso suelo (si así lo requiere la Administración), se utilizan puertas no perforadas. Las superficies que sobresalen en los bordes de las puertas se utilizan como tiradores y para cubrir los goznes fijados a los bastidores superior e inferior. El diseño del perfil y la situación de los goznes permite que las puertas se abran casi 180°, ofreciendo libre acceso a los cuadros sin obstruir el pasillo. Las puertas se desmontan sin más que bajar un pestillo y sacarlas de sus goznes.

Al bastidor superior del armario se le fija una cubierta que lleva el etiquetado, el número y una lámpara indicadora. El armario se completa con una cubierta para el canal superior de cables y una parrilla.

Filas

Las filas se forman ensamblando lateralmente, mediante tornillos, los bastidores (Fig. 5), con lo que se consigue una estruc-

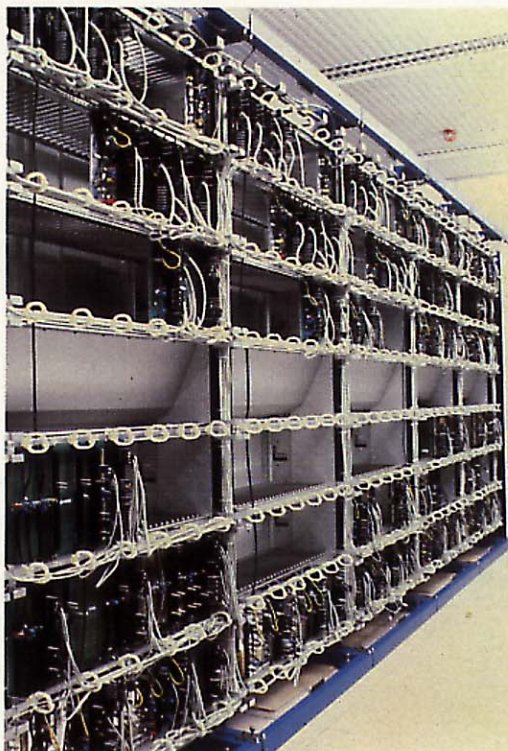


Figura 5
Vista posterior de una fila de bastidores durante la instalación.

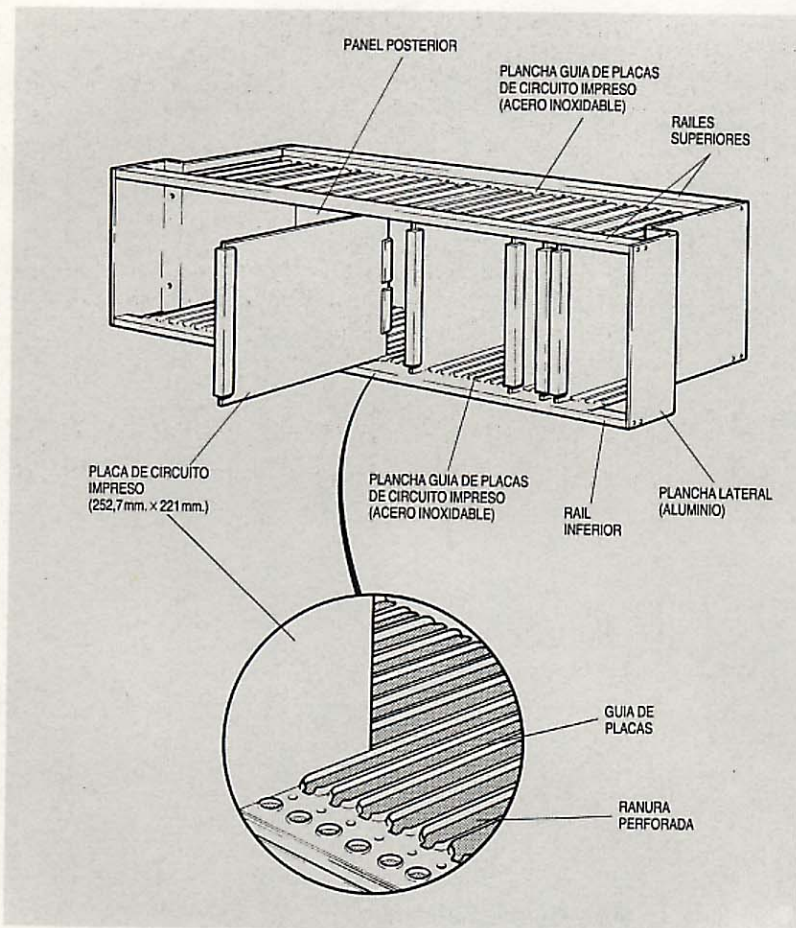


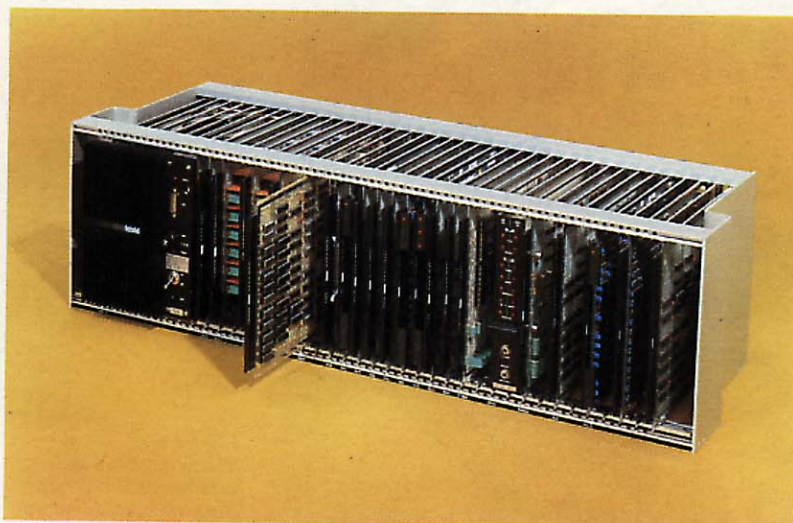
Figura 6
Construcción de un cuadro estándar ITT 1240.

que sea preciso, se pueden quitar bastidores de la fila o añadirse a ella otros nuevos. Los cables de interconexión de filas se pueden tender por conductos o bajo un falso suelo, si la Administración ha elegido esa opción.

Cuadro

Existe un único tipo de cuadro, enteramente metálico para evitar deformaciones o enve-

Figura 7
Cuadro completamente equipado.



jecimientos durante su larga vida de trabajo. Como puede verse en las figuras 6 y 7, consta de dos planchas laterales, cuatro raíles horizontales y dos planchas-guía de placas de circuito impreso. Las planchas laterales de aluminio se ensamblan a los raíles horizontales, también de aluminio, para formar el esqueleto de una caja. Las planchas-guía de acero inoxidable, perforado y estirado, se fijan a las partes superior e inferior de esta "caja" para guiar las placas en su inserción y soportar su peso; su forma obstaculiza al mínimo el flujo de aire de ventilación.

Normalizando las posiciones de las placas en todos los cuadros, se consigue alinear verticalmente dichas placas en el armario, creando pasos libres para circulación del aire y eficaz ventilación de los componentes de las placas.

En los raíles horizontales posteriores se introducen, por unas ranuras al efecto, regletas a las cuales se atornillan los paneles posteriores para así fijarse al cuadro; también pueden utilizarse en los raíles delanteros si hay que fijar unidades enchufables.

Las placas se insertan con una separación de 25,4 mm entre centros, lo que da un total de 31 posiciones por cuadro. Las placas son mantenidas en su sitio por un retenedor en la cara anterior del cuadro. Las posiciones de placas se identifican mediante una etiqueta en el rail inferior frontal.

El cuadro se atornilla a la estructura por las planchas laterales, obteniendo así una segura conexión a tierra.

Unidad superior de armario

Es una unidad autocontenida, que se sitúa en la parte superior del bastidor, por encima de los cuadros, y aloja los componentes de distribución de alimentación, fusibles y alarmas, incorporando además un canal para el paso de cables e hilos. Está construida en plancha de aluminio (Fig. 8).

Sobre un perfil que cumple normas DIN se equipan bloques de terminales, cuyas entradas se interconectan mediante regletas de fijación mientras que las salidas se conectan por terminales roscados a las unidades correspondientes. Todas las entradas y salidas de alimentación, tierras y señalización están identificadas y numeradas. Los conectores de entrada y salida para señalización están situados en la parte trasera de la unidad superior de armario.

Panel posterior

Las unidades enchufables en los cuadros reciben conexión (a través de los terminales del conector), de tres formas:

- de las unidades funcionales situadas en el mismo bastidor, por medio del alambrado impreso y de conexiones mini-arrolladas y cables
- de las unidades de otros bastidores, por cables enchufables
- de las tensiones de alimentación, mediante pistas de baja impedancia en el panel de circuito impreso.

Todas estas interconexiones son de probada fiabilidad e introducen un mínimo acoplamiento electromagnético. La parte macho del conector de placa está constituida por terminales introducidos a presión en los taladros metalizados de los paneles posteriores; son suficientemente largos para aceptar dos conexiones mini-arrolladas y un conector de cable, o bien tres conexiones mini-arrolladas por la cara posterior.

La figura 9 muestra el lado de alambrado de un panel posterior. Los terminales macho se introducen a presión por este lado en el panel impreso y después se coloca sobre ellos, desde el otro lado, la base de conector. Los contactos macho de alimentación se atornillan al panel desde el lado de alambrado, y conectan los convertidores CC/CC con el panel posterior por medio de terminales de alimentación que pueden, además, aceptar la conexión de un cable para llevar alimentación a otros paneles.

Todos los paneles tienen una altura normalizada de 246,38 mm y un espesor nominal de 3,2 mm, incluido el laminado de cobre. La anchura depende de la unidad funcional concreta, siendo como máximo de 797,56 mm, con lo que un cuadro puede alojar a más de una unidad.

En los paneles de dos caras, el diseño se efectúa de forma que la tierra electrónica se aplica a la parte posterior del cuadro, mientras que las tensiones de operación y las líneas de señal están en el mismo lado que las placas. En los casos en que se requieran paneles de cuatro capas, las caras internas llevan las tensiones de alimentación, de señal y las tierras.

Para garantizar alimentaciones con baja inductancia y un apantallamiento eficaz se utilizan conductores impresos de gran superficie para las tensiones de alimentación y potenciales de tierra. Cuando la sección equivalente de estos conductores sea insuficiente, se suplementarán por tiras de cobre de baja impedancia, llamadas barras bus horizontales.

Los paneles se completan en su parte trasera por guías de conector (Fig. 12, apartado de conectores), que se colocan sobre los terminales para posicionar los conectores de cable y garantizar que se deja espacio suficiente en el terminal para dos conexiones de hilo enrollado.

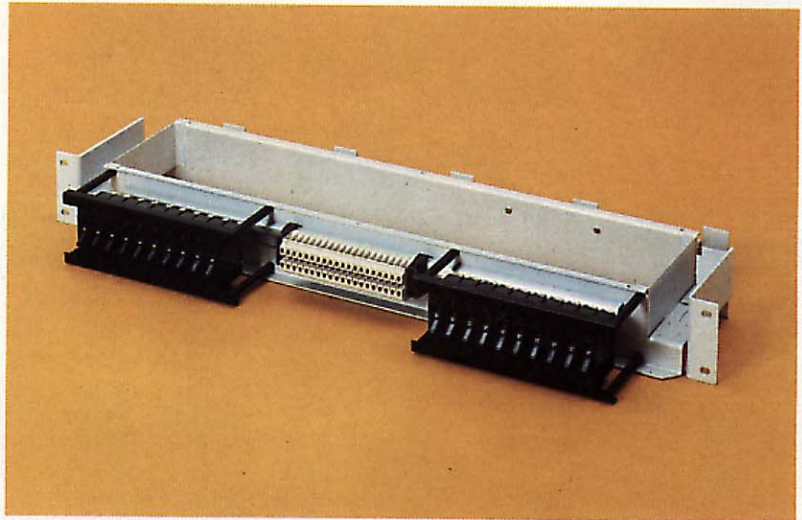


Figura 8
Unidad superior de armario.

Unidades enchufables

Placas de circuito impreso

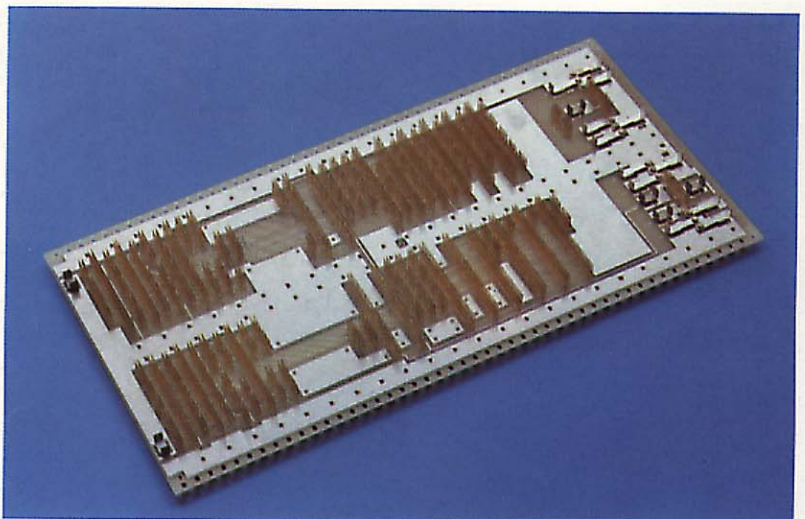
Las placas tienen un tamaño normalizado de 220,98 × 252,73 mm y un espesor, incluido el cobre, de 1,6 mm. Están constituidas por una placa base de resina epóxida no combustible, reforzada con fibra de vidrio según norma DIN 40801. Todas las placas tienen una alta densidad de conductores. Cuando es necesario se utilizan placas multicapa. La figura 10 muestra una placa típica de la central digital ITT 1240.

Todas las placas están dotadas de un enderezador, unido con remaches al borde frontal. Además de mantener derecha la placa, facilita la inserción y extracción y ostenta la etiqueta de identificación y lámparas indicadoras.

Convertidores CC/CC

Existen varios tipos de convertidores CC/CC realizados en un alojamiento compacto y normalizado (Fig. 11) que ocupa un pequeño espacio en los cuadros. Para optimi-

Figura 9
Lado de alambrado del panel posterior de un cuadro.



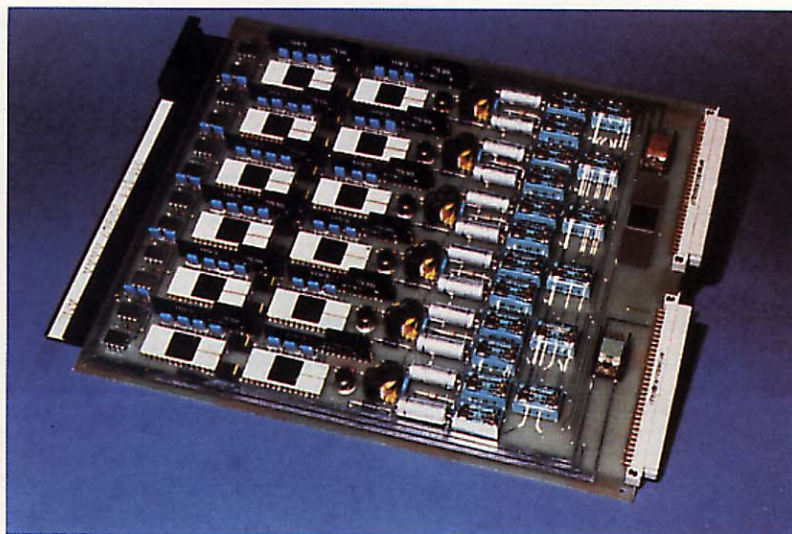


Figura 10
Placa de circuito impreso típica para central digital ITT1240.

zar la disipación de calor las aletas de refrigeración de los componentes de potencia están en la parte delantera. Estos convertidores contienen conectores de placa dotados de contactos de fuerza, a través de los cuales se pasa una corriente elevada a los paneles posteriores.

Conectores

La central ITT1240 incorpora una amplia variedad de componentes modernos, entre los que se incluyen circuitos LSI. Además, el diseño de circuitos impone algunas condiciones eléctricas severas. Estas características obligan a utilizar una familia de conectores de altas prestaciones.

Es importante que todos los conectores sean muy fiables, lo que implica la utilización de contactos de probada tecnología. Asimismo, sólo conectores de baja inductancia podrían cumplir los requisitos eléctricos especificados. Por último, la compacidad del equipo digital exige conectores ade-

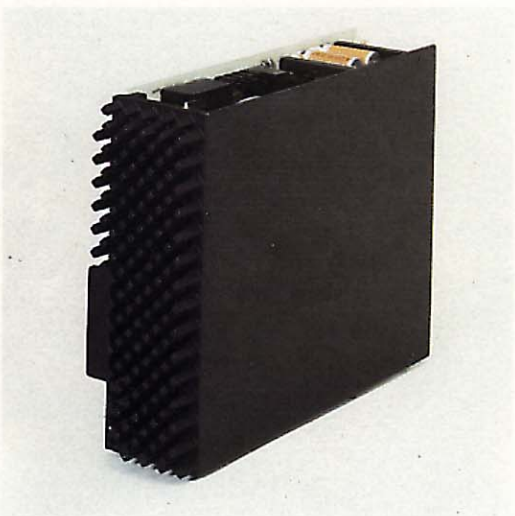


Figura 11
Convertidor CC/CC enchufable.

cuados a densidades elevadas de empaquetamiento.

El diseño del conector incide en gran medida en la instalación, pruebas y mantenimiento, ya que garantiza que las áreas de operación y de alambrado se encuentran claramente separadas. Además, y en línea con el criterio general de la práctica de equipos, deberá haber el menor número posible de piezas sueltas.

Finalmente, tiene igual importancia que los conectores ofrezcan un fácil acceso a pruebas de cableado y alambrado.

Todos estos requisitos los satisface el sistema de conectores utilizado en el ITT1240 (Fig. 12).

Conector de placa de circuito impreso

Este conector consiste en una parte hembra, fijada sobre la placa de circuito impreso, y una parte macho, conectada al panel posterior. Los terminales macho, deformables en la zona de contacto con el taladro metalizado, se introducen a presión en dichos taladros del panel posterior para conseguir contacto eléctrico bien en grupos (peines) aún unidos a la cinta metálica portadora, o bien individualmente. La profundidad de inserción puede variarse con el fin de obtener contactos adelantados (primero cerrar-después abrir). Si fuera necesario podría repararse una de las conexiones a presión sin más que sustituir el terminal. El conector macho se completa con una pieza moldeada insertada a presión sobre los terminales (Fig. 13).

Teniendo en cuenta que la parte hembra del contacto es la más vulnerable, resulta lógico montar dicha parte en la placa de circuito impreso para simplificar el acceso en caso de fallo. El conector hembra (Fig. 14) puede tener una, dos o tres filas hasta de 32 contactos cada una. Estos contactos y los extremos que se sueldan al circuito impreso están situados sobre una retícula de lado 2,54 mm. El centro del conector está desplazado 5,08 mm respecto al centro de la placa.

Todas las superficies de contacto del conector están metalizadas con una capa de oro exenta de poros.

Conector de alimentación

Su misión es conectar los convertidores CC/CC al panel posterior; es similar al conector de placas pero tiene sólo tres filas de 14 contactos en la parte central; en ambos extremos pueden equiparse hasta tres contactos de fuerza (Fig. 15).

Conectores de cable

La nueva práctica de equipos incluye una familia de conectores normalizados para cable redondo, plano y coaxial (Fig. 16). Todos estos conectores de cables se basan en la técnica de desplazamiento del aislante, con lo que la operación de unión del cable al conector puede efectuarse sin necesidad

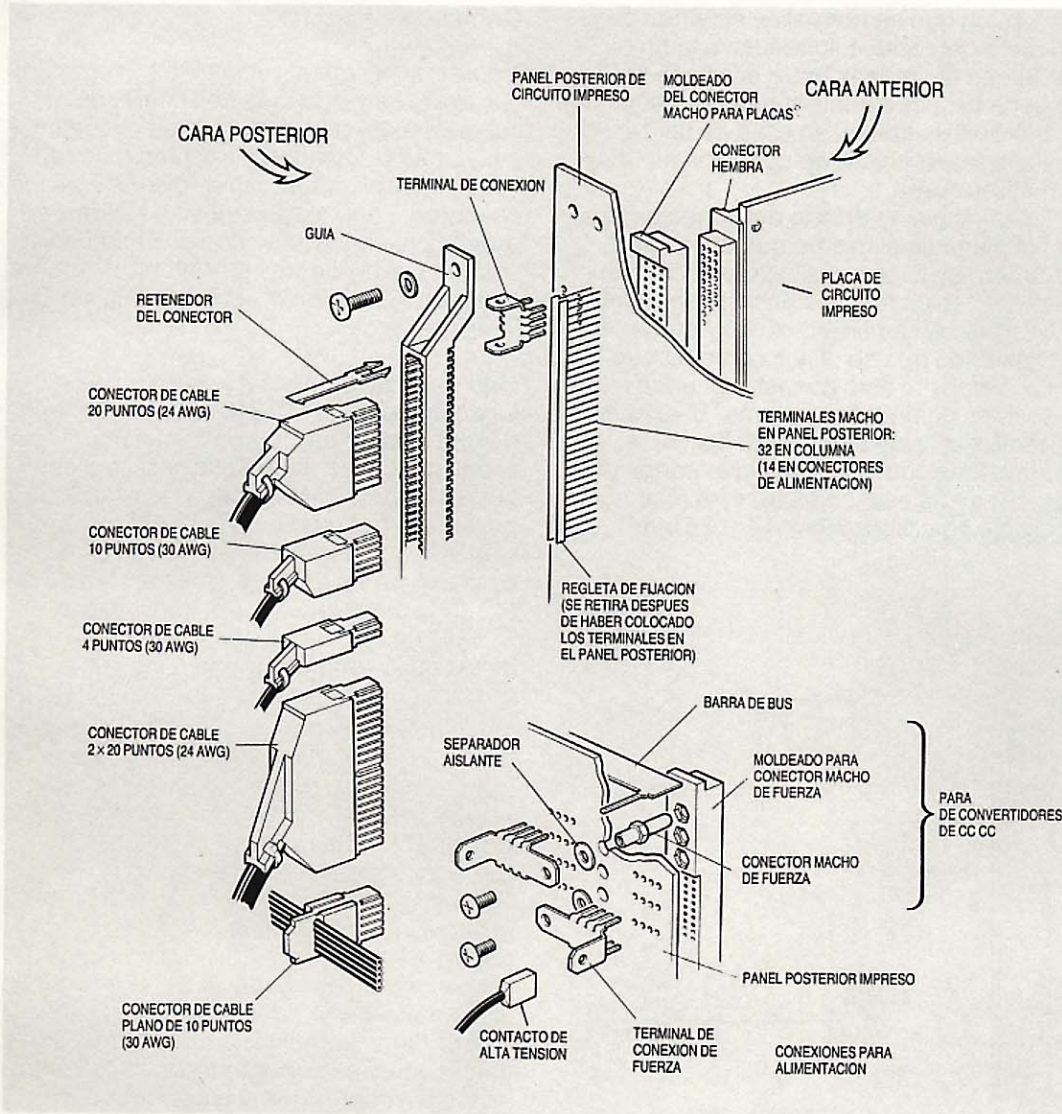


Figura 12
Sistema de conectores usados en el ITT 1240.

de cortar y desnudar los hilos. Los contactos están dispuestos en una cuadrícula de lado 2,54 mm. Todas las superficies de contacto están recubiertas por una capa no porosa de oro. El diseño garantiza que los conectores no puedan ensamblarse de forma incorrecta ni conectarse al revés.

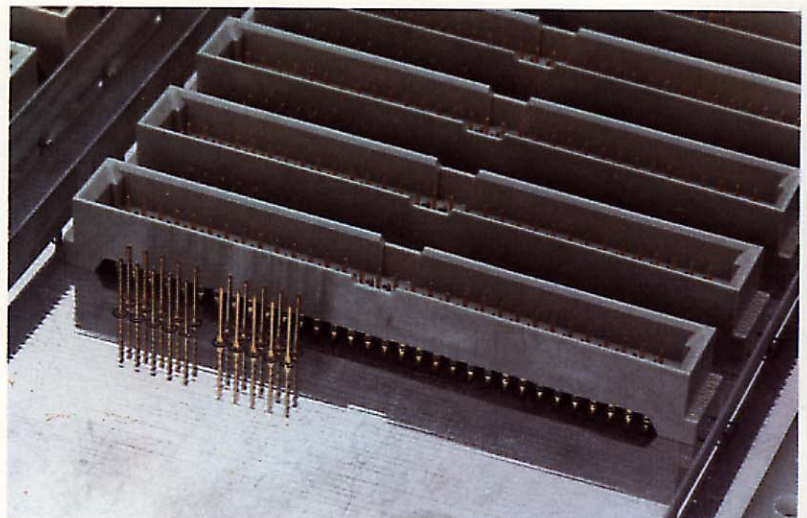
Este concepto de conector impide que los hilos del cable transmitan ningún esfuerzo sobre los contactos, aun tirando del cable. Además, el conector se conduce a su posición mediante la guía de conector, manteniéndose en ella mediante un retenedor que debe ser desplazado hacia arriba para extraer el conector.

La figura 17 muestra, a modo de ejemplo, un conector para cable redondo. Como los otros conectores, incorpora contactos de tipo "tulipán" con terminales de conexión por desplazamiento del aislante, en los que los hilos se introducen a presión mediante un bloque guía.

Los conectores de cable pueden también conectarse sobre terminales idénticos a los utilizados para las placas, pero insertados en el panel posterior entre posiciones de

placas consecutivas; asimismo, estos terminales se protegen con una guía de conector. El diseño del conector está previsto para recibir hilos de 0,25 mm (30 AWG) y de 0,5 mm (24 AWG), dependiendo de la

Figura 13
Conector macho montado en un panel impreso.



aplicación que se normalice en virtud de la longitud del cable. Ello resuelve también el problema de interfaz entre diferentes calibres de hilo, que hubiere representado mayores dificultades en caso de utilizar únicamente técnicas de conexionado maxi o mini-arrollado.

En principio, el diseño del conector para cable plano es el mismo que el de cable redondo, en lo que al alojamiento de contactos y a los contactos mismos se refiere; la cubierta sin embargo es algo diferente, permitiendo que se utilice como bloque guía. Mediante este conector pueden usarse cables de encadenamiento. El extremo cortado del cable plano se dobla hacia dentro de la cubierta para evitar cortocircuitos. El uso de este conector está restringido a cables de calibre 30 AWG (0,25 mm).

Figura 14
Conector hembra para placa de circuito impreso.

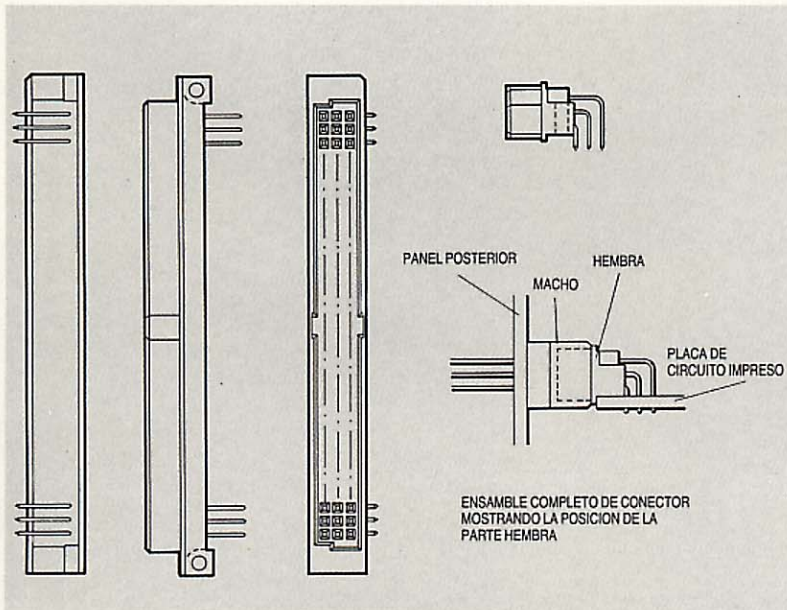
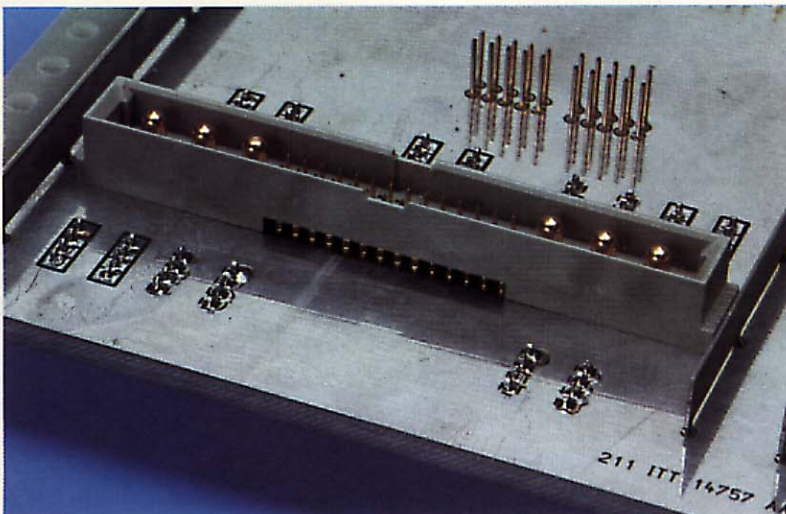


Figura 15
Conector macho para alimentación.



Cableado

Cables del sistema

Se ha desarrollado toda una familia de cables para el cableado del sistema dentro de la central. Comprende cables redondos con pares trenzados, cables planos y cables coaxiales. Todo el cableado del sistema se prueba en fábrica junto con el equipo de la central. Los bastidores se envían totalmente equipados, incluido el cableado interno.

Cables de alimentación y tierras

La central digital ITT 1240 funciona a partir de una tensión en CC suministrada por una planta central de energía, la cual se distribuye a través de interfaces y se lleva a los bastidores por medio de cables. Las tensiones reguladas secundarias que se necesitan para las unidades funcionales de un cuadro son producidas por convertidores CC/CC en esas unidades y alimentan, a través de las interconexiones del panel posterior, a las placas correspondientes.

Conducción de cables

Cables del sistema

El cableado entre bastidores puede llevarse por canales superiores de cable encima de las filas, o por las bandejas de cables que van por el interior de los bastidores. Alternativamente, como ya se ha indicado, pueden conducirse bajo un falso suelo. Dentro de los bastidores, los cables se llevan verticalmente por los laterales, en conductos formados por cartelas, y se llevan a su posición en el panel posterior por medio de soportes horizontales. Además puede tenderse verticalmente un alto número de cables por detrás de los demás, a modo de "cortina", dejando la holgura suficiente para no entorpecer el acceso a los paneles posteriores. En general, el cableado entre bastidores se reduce notablemente al ser digitales las comunicaciones internas de la central. Por ello, la mayor parte del cableado corresponde a conexiones del equipo de la central con el repartidor.

Cables de alimentación

Un armario especializado es el punto central de distribución de alimentación de una central. En él tienen su entrada y salida, ya sea por arriba o por abajo, los cables procedentes de la planta de fuerza, así como los que se dirigen a las filas. Los cables de alimentación se conectan a las unidades superiores de armario, siendo conducidos por las bandejas de cables o por los conductos de la parte superior del bastidor o, cuando existe falso suelo, por el panel de extremo de fila.

Instalación de la central

Una importante característica de la práctica de equipos es que permite que las centrales puedan instalarse en edificios comerciales normales, con una altura mínima del techo de sólo 2,5 m, aunque sea preferible la de 2,7 m, y una capacidad de carga en el suelo de 300 kg m^{-2} . La superficie requerida es sólo un 30% de la necesaria para una central analógica de tipo SPC equivalente.

La disposición normalizada de los cuadros es de tres en la parte superior y tres en la parte inferior, dejándose una posición libre en el centro. En esta posición puede colocarse un deflector de aire para desviar hacia el exterior y a través de las puertas traseras perforadas, el flujo de aire procedente de los tres cuadros inferiores, consiguiéndose la entrada de aire fresco a los tres cuadros superiores. Sin embargo, cuando se utiliza falso suelo las puertas de los bastidores no son perforadas y el flujo de aire refrigerante se dirige hacia la parte superior del bastidor, omitiéndose el deflector.

La instalación de la central se describe con detalle en otro artículo de esta publicación¹. Esencialmente obedece al principio de "colocar y conectar". Esto sólo es posible por hacerse ahora en la fábrica (ensamblando y probando la central entera) la mayor parte del trabajo efectuado antaño en la instalación; ello permite el envío de los bastidores totalmente equipados, incluido su cableado interno (Fig. 3).

Embalaje y transporte

La necesidad de transportar bastidores completamente equipados tuvo una especial incidencia en la práctica de equipos. Se requería que el bastidor fuese extremadamente robusto y de una gran rigidez, que lo hicieran apropiado para un transporte seguro con embalajes sencillos.

Margen de operación del equipo

El sistema ITT 1240 está diseñado para funcionar en el ambiente de un edificio comercial estándar, con un amplio margen de temperatura y humedad relativa. La figura 18 muestra la zona normal de funcionamiento (A) para una operación continua. Fuera de este área existen dos zonas de funcionamiento restringido en las que el equipo aún puede funcionar. Dentro de la zona B se mantiene un funcionamiento normal sin degradación de servicio durante un máximo de 12 horas y un total del 10% de la vida funcional de la central. En cambio, en la zona C, se da cierta degradación de servicio; el funcionamiento en esta zona se restringe, asimismo, al 10% de la vida operativa de la central.

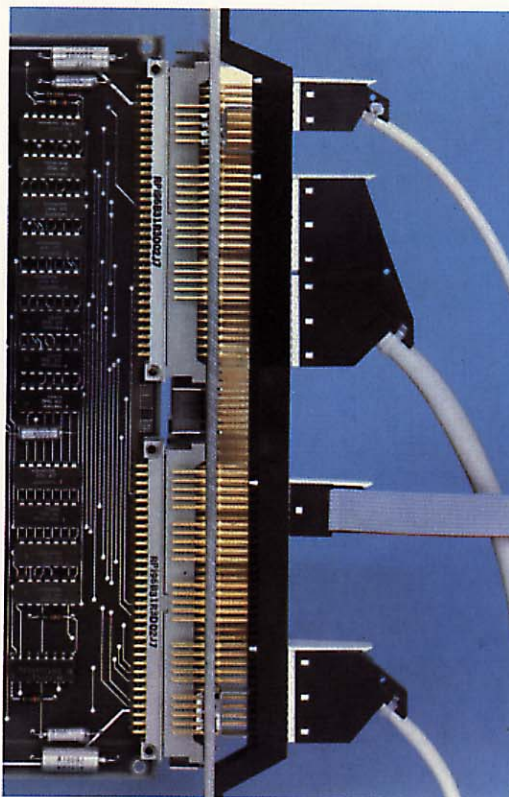


Figura 16
Familia de conectores
para cables redondo
y plano.

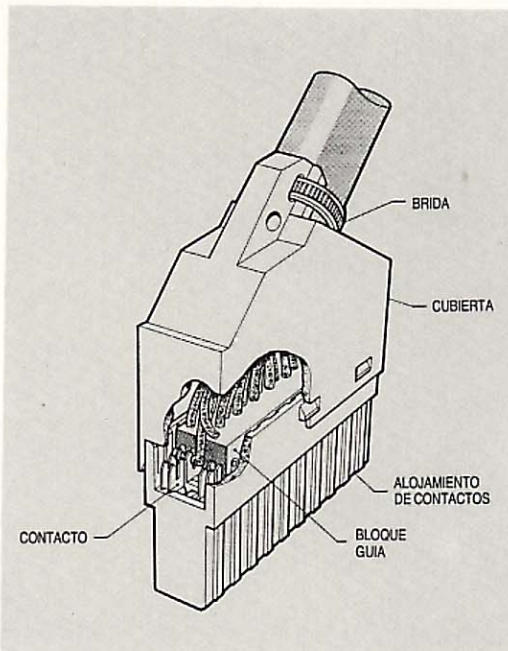
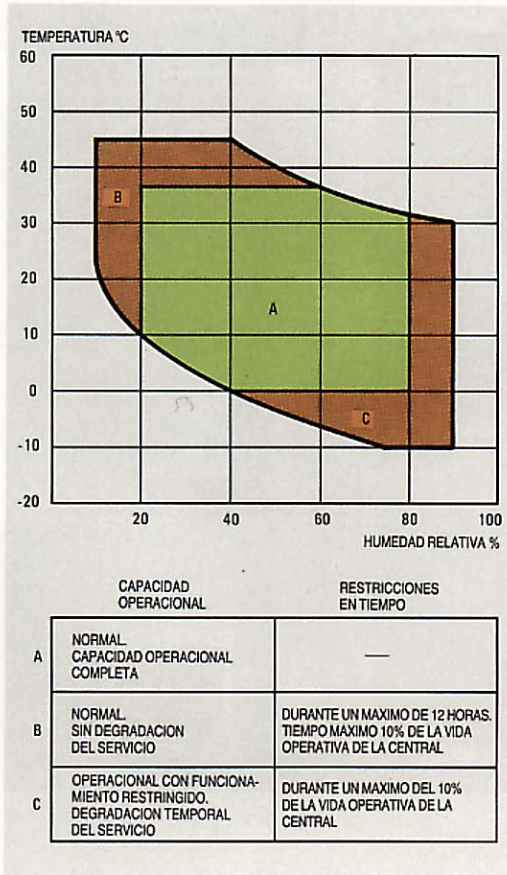


Figura 17
Conector para cable
redondo.

Conclusiones

La nueva práctica de equipo del ITT 1240 ha sido concebida para simplificar y resolver muchos de los problemas comunes a la actual generación de sistemas de conmutación digital, tales como facilidad de fabricación, instalación, evolución del sistema, mantenimiento, modularidad y eficiente disipación de calor.

Figura 18
Margen normal de funcionamiento de la central digital ITT1240.



La práctica de equipos tiene asimismo en cuenta la tendencia al uso de componentes aún más pequeños que los actuales y el consiguiente incremento en la densidad funcional. El número de interconexiones puede incrementarse en cerca de un 50%, y el uso de técnicas multicapa en los paneles posteriores puede aumentar aún más dicho número. De forma similar puede aumentarse la densidad de componentes en las placas de circuito impreso, mediante las mismas técnicas multicapa. De este modo, como el propio ITT 1240, la práctica de equipos ha sido diseñada para aprovechar los avances tecnológicos futuros.

Referencia

- 1 P. Pahud y A. L. Perga: Central digital ITT 1240: Fabricación e instalación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, n° 2/3, pags. 293–301 (en este número).

Central digital ITT 1240: Fabricación e instalación

Tanto la fabricación como la instalación del ITT 1240, se han considerado desde los comienzos del desarrollo. Se han utilizado en todo lo posible técnicas de fabricación automática, a fin de minimizar costes y mejorar la calidad. La instalación es sencilla; en muchos casos se reduce a interconectar, por cables enchufables, bastidores ya probados en la fábrica y a verificar que la central opera correctamente.

P. Pahud
A. L. Perga

International Telecommunications Center,
Bruselas, Bélgica

Introducción

Las técnicas de fabricación de un producto complejo, como es la central digital ITT 1240, juegan un importante papel para garantizar que todo el potencial de los diseños de equipo y programación se consiga adecuadamente en la práctica. También pueden implicar diferencias significativas en el coste final del producto.

En general, se usan técnicas de producción automática en el ITT 1240 para responder a los criterios anteriores, pues permiten obtener continuamente unidades de mejor calidad, con mayor rapidez que las técnicas manuales, asegurando una fabricación rentable. Ejemplo son las técnicas de soldadura por condensación usadas en los portadores de circuito, en las que, incluso en la fase inicial, se han conseguido resultados cuatro veces mejores que por soldadura manual.

Ha sido, pues, importante para el diseño ITT 1240 el utilizar componentes que permitan la fabricación automática. Esto se ha conseguido generalizando el uso de los dispositivos LSI (integración a gran escala),

tanto comerciales como de encargo, y normalizando tipos de componentes, encapsulados y placas de circuito impreso.

La instalación tiene también gran importancia para reducir al mínimo el tiempo comprendido entre la fabricación de la central y su aceptación y corte, en correcto funcionamiento, por la Administración. El principio aplicado en la instalación del ITT 1240 consiste en el ensamble y prueba en fábrica de la central, enviándola por bastidores completos (o incluso como central entera) a la instalación, donde estos bastidores se unen para formar filas y se interconectan mediante cables enchufables. Esto es posible gracias a un compacto diseño y una práctica de equipos robusta¹. Concluida la instalación, y antes de la entrega de la central al cliente, se puede hacer una verificación rápida.

Fabricación de placas de circuito impreso

La parte más importante del equipo de la central ITT 1240 son las placas de circuito impreso, que se fabrican siguiendo los procedimientos denominados "ITT LEAP 2" (planificación y producción avanzada de largo alcance). Esto obliga a la normalización de tipos de componentes, encapsulados, separación de taladros y trazado de los circuitos impresos, a fin de asegurar una transferencia fácil de las documentaciones de fabricación entre casas ITT.

Se emplea inserción automática de componentes en los tipos de placas usadas en gran cantidad (Fig. 1), y mesas de ensamble para aquellos tipos que se utilizan en cantidades relativamente pequeñas (Fig. 2). En estas mesas especiales el operario tiene indicación del componente a seleccionar y dónde debe insertarse sobre la placa; de este modo se mejora la calidad y fiabilidad



Figura 1
Inserción automática
de componentes para
placas de gran
volumen de pro-
ducción.

Figura 2
Ensamble de placas de circuito impreso.

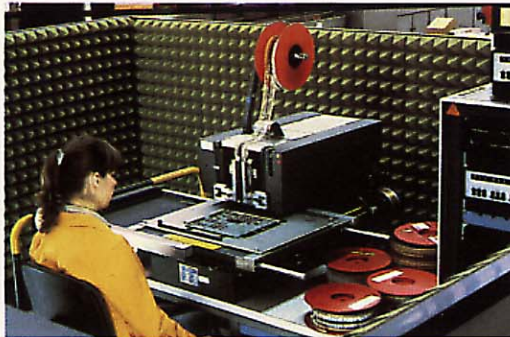
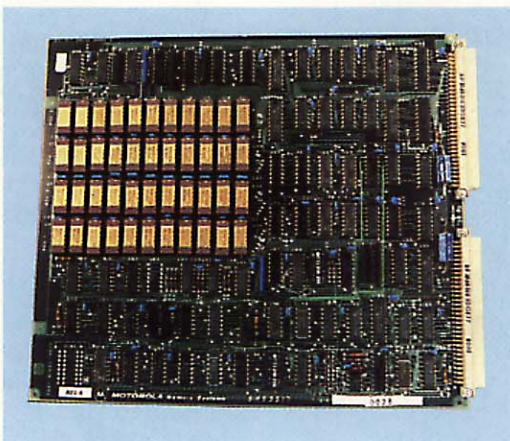
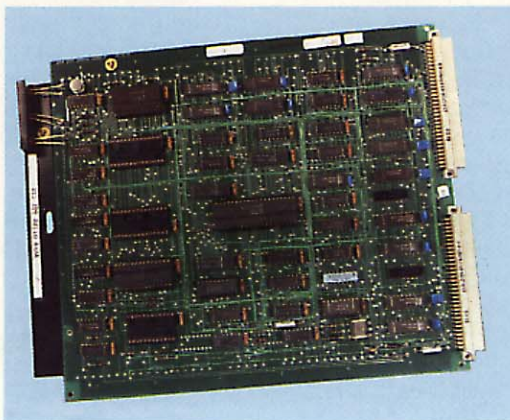
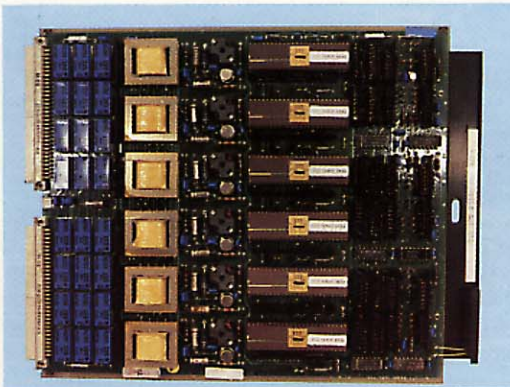


Figura 3
Tres placas de uso muy extendido en el ITT 1240. De arriba abajo: el circuito interfaz de línea, el microprocesador y la memoria.



de las placas equipadas, con relación a los procedimientos normales de ensamble manual. Para aplicaciones tales como la placa del circuito de línea ITT 1240 se emplea una línea especializada de ensamble automático. En todos los casos, después del ensamble de los componentes, las placas se sueldan en una máquina de soldadura por ola y se envían a la sección de prueba eléctrica, una vez efectuada su inspección visual y posibles retoques de soldadura. La figura 3 presenta algunas de las placas más utilizadas en el ITT 1240.

Algunas facetas del diseño requieren nuevas técnicas de fabricación: la primera de ellas es el ensamble de portadores de circuito con terminales de conexión, usados en las placas del interfaz terminal y del elemento digital de conmutación. Otra aplicación que requiere procedimientos nuevos es el ensamble de los paneles posteriores; los terminales, provistos de unos elementos para la soldadura (anillos de estaño), se introducen a presión en el panel posterior y se sueldan mediante la técnica de soldadura por condensación.

Ensamble del portador de circuito

Tres circuitos LSI de encargo usados en el ITT 1240 se han encapsulado en portadores con 64 terminales. Son todos ellos grandes pastillas cuadradas de tecnología *n*-MOS, de aproximadamente 6 mm de lado y con 50 a 63 salidas. Las interconexiones entre estos dispositivos son complejas; los rápidos tiempos de subida de las señales obligan a considerar las características de transmisión para elegir el encapsulado. Se han escogido portadores de 64 terminales porque ocupan muy poca superficie en la placa y tienen los terminales más cortos y de menor impedancia que otros encapsulados herméticos. Sin embargo, presentan problemas especiales de fabricación, al tener que montarse en superficie. Se usan portadores de circuito con terminales a fin de obtener una conexión flexible (el terminal) entre la placa y el portador cerámico, que compense las diferencias en las dilataciones térmicas.

En el caso del elemento digital de conmutación, se montan 16 puertos de conmutación (circuitos LSI de encargo) sobre una placa de circuito impreso con 6 capas normalizada para el ITT 1240 (Fig. 4). En el interfaz terminal, se montan cinco puertos de recepción y cuatro de transmisión sobre una pequeña placa hija de 6 capas, que a su vez se monta sobre una placa normalizada de cuatro capas. En ambos casos, los portadores de circuito con los terminales preformados, se sueldan a la placa mediante soldadura por condensación. El resto de componentes se montan después y se fijan usando soldadura por ola.

Los portadores de circuito diseñados por ITT tienen terminales de mayor sección que los encapsulados comerciales disponibles. Por ser más fuertes que los corrientes, estos terminales están menos sujetos a deformaciones, minimizando así los problemas de fabricación. El marco que protege a los terminales durante la producción debe ser cortado por el fabricante del semiconductor, para poderse realizar las pruebas. Para proteger los terminales de deformaciones se emplean protectores especiales de plástico durante la prueba y maduración de los dispositivos; estos protectores se retiran al preformar los terminales antes de la soldadura.

Como primera etapa en el proceso de preformado, los terminales se recortan a longitud correcta con una tolerancia de 0,05 mm. El dispositivo se coloca entonces en una herramienta que da forma a los terminales de manera que el portador de circuito se pueda montar por encima de la placa impresa, permitiendo a los terminales flexar y absorber la fatiga de diferentes dilataciones térmicas.

Una vez preformados los terminales, el portador de circuito se posiciona sobre la placa de circuito impreso, que previamente se ha impregnado, por procedimiento serigráfico, con pasta de soldar en las áreas donde harán contacto los terminales. Esta operación es efectuada por una máquina de manejo y posicionado, que utiliza los taladros de referencia de la placa como origen para la alineación (Fig. 5). Esta máquina, que trabaja según el principio del pantógrafo, toma un componente ya preformado de una bandeja o depósito, utilizando una sonda de vacío, y lo posiciona en un lugar determinado sobre la placa con una precisión de 0,1 mm — la misma precisión requerida para el esquema de alambreado de la placa y el posicionado de los taladros de referencia. La alineación y posicionado correcto del primer componente se verifica por el microscopio, retocándose finalmente; el resto de componentes se colocan luego en sus posiciones, sin necesidad de ajustes posteriores.

Los componentes se sueldan en su lugar utilizando soldadura por condensación, que tiene las ventajas de una temperatura constante, transmisión rápida del calor y una atmósfera libre de oxígeno. Esta técnica produce, de forma segura, soldaduras uniformes a menor coste que los métodos manuales. Incluso durante la fase inicial de la soldadura por condensación los resultados, en cuanto a calidad, son cuatro veces mejores que los que se puedan obtener por soldadura manual.

La soldadura se produce en el vapor de un compuesto especial de freon, cuyo punto de ebullición es de 215 °C. Al condensarse el material se desprende calor, pero la temperatura se mantiene en el punto de ebullición del fluido; se permite

así una rápida transferencia de calor sin el riesgo de sobrecalentamiento inherente a la soldadura por aire caliente o infrarrojos. A causa del alto precio del fluido, la máquina dispone de una segunda capa de un material con punto de ebullición más bajo, el cual actúa como un "colchón" de vapor que evita la pérdida del vapor del fluido primario

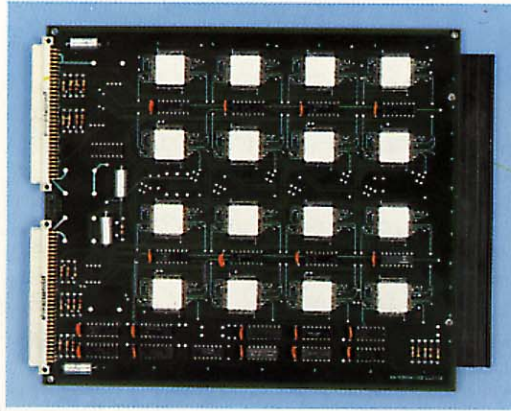


Figura 4
Placa del elemento digital de conmutación.

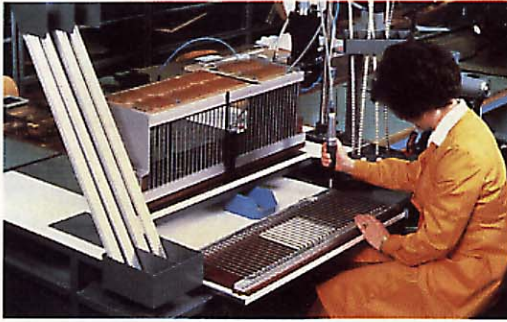


Figura 5
Máquina de manejo y posicionado para montaje de los portadores de circuito con terminales preformados, sobre placa de circuito impreso.



Figura 6
Máquina para soldadura por condensación.

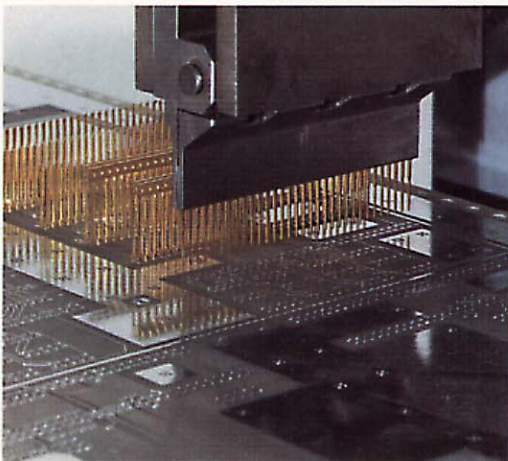
Figura 7
Montaje de un cuadro típico del ITT 1240.



en la atmósfera. En la figura 6 se muestra el tipo de máquina de soldadura por condensación utilizado en las placas del ITT 1240. Una ventaja adicional de esta técnica es que en atmósfera sin oxígeno es muy fácil la limpieza de la placa, utilizando un limpiador por ultrasonido con un fluido de freon normal.

Se ha desarrollado, asimismo, una técnica de soldadura por aire caliente para reparaciones y modificaciones, que permite quitar un componente de la placa y volver a soldarlo. Una tobera especial dirige el aire caliente a los terminales del portador, al tiempo que un succionador de vacío extrae el componente. Se pueden montar componentes nuevos usando la máquina de manejo y posicionado o manualmente por alineación visual. Como en el ensamble normal, antes de colocar el componente

Figura 8
Vista general (arriba) de la inserción de terminales macho en un panel posterior, y (abajo) detalle de la máquina de inserción.



hay que dar pasta de soldar en la placa. Finalmente se usa la máquina de aire caliente para la soldadura del nuevo componente.

Ensamble de paneles posteriores

Como describe el artículo dedicado a práctica de equipos¹, el ITT 1240 utiliza un sistema conector en el que el terminal macho se inserta en el panel posterior. Hay conectores hembra en las placas y, para cables, en la parte trasera del panel posterior. En la figura 7 se presenta el montaje de un cuadro típico, que consta de un panel posterior y de raíles guías para inserción de las placas de circuito impreso.

Aunque la fijación a presión no requiera soldadura adicional, ésta se emplea actualmente, de acuerdo con la conservadora política de introducción del ITT 1240. El cambio a conexiones por presión, sin soldadura, solamente se hará cuando su fiabilidad esté demostrada por extensas pruebas de calificación y de vida.

Los terminales macho se suministran en forma de peine de 32 posiciones, que forman una fila del conector. Se colocan unos anillos preformados de soldadura en una rejilla; a continuación se presiona el peine dentro de dicha rejilla y al extraerse queda puesto un anillo preformado sobre cada terminal. Los peines se insertan después en el panel posterior, el cual posee una ligera muesca de fijación (interferencia) en cada taladro (Fig. 8). Finalmente se rompen, dejando los terminales fijos al panel posterior. Los terminales utilizados para conexión adelantada ("primero-cerrar/después-abrir") se insertan más profundamente.

Se utiliza una máquina de soldadura por condensación similar a la empleada para los portadores de circuito integrado.

Plan de pruebas del ITT 1240

El plan de pruebas de fabricación de las centrales ITT 1240 se ha incluido en el diseño, con el objetivo de tener un plan integrado que cubriera todas las actividades de prueba, desde la inspección de recepción hasta la aceptación por la Administración. Es un plan flexible que permite ajustarse a los cambios en calidad y volumen de producto, así como a la aparición de nuevas técnicas de pruebas. Se han editado normas para todas las operaciones; si el nivel de calidad cae por debajo de un valor especificado, el defecto puede aislarse fácilmente permitiendo a las unidades de fabricación definir y resolver sin demora cualquier problema de un proceso.

Al idear el plan de pruebas se hizo hincapié en conseguir el máximo nivel de calidad al mínimo costo, lo cual requería descubrir los defectos lo más pronto posible. Para lograr esto, se mantuvo un intercambio permanente de información con el grupo de ingeniería, a fin de asegurar que los diseños podían probarse. Resultado de ello



Figura 9
Equipo de prueba para placas ensambladas mediante técnica "en-circuito".

fue la inclusión de puntos de acceso a pruebas en las placas de circuito impreso y de puertas lógicas adicionales para la entrada de señales de prueba.

Básicamente la prueba se divide en ocho etapas, que van desde la inspección de entrada a la prueba en instalación, como se describe a continuación. En todos los casos se ha utilizado un modelo matemático para predecir la probabilidad de localización de un defecto. En cada etapa, se han predicho los niveles de defecto junto con su probabilidad de localización, basada en la experiencia actual y anticipando futuras tendencias. Los tiempos de prueba totales incluyen los reciclajes necesarios.

Inspección de entrada. Se utilizan métodos de inspección convencional para la prueba de componentes discretos o de escasa complejidad, empleando equipos sofisticados, como el probador digital Sentry VII, para los complejos circuitos LSI y memorias RAM de 64 kbit, utilizados en el ITT 1240. Con el fin de reducir al mínimo los problemas debidos a componentes, se solicita a los suministradores efectúen un proceso de maduración (burn-in) en todos los LSI, microprocesadores y memorias.

Prueba de convertidores de alimentación. Se usa un equipo especial para probar los convertidores de continua en todas las condiciones de carga, voltaje y temperatura. Los convertidores se someten a maduración para minimizar posibles fallos posteriores.

Prueba de conexionado. Se utiliza un equipo automático controlado por ordenador para las pruebas de alambrado, que incluyen pruebas a baja tensión de la continuidad y del aislamiento entre tiradas.

Prueba de circuitos híbridos. Todos los circuitos híbridos se comprueban funcionalmente después de su ensamble. Los equipos de prueba varían según la función del circuito. También se hacen pruebas (p.ej., medida y ajuste de resistencias, pruebas eléctricas) antes del encapsulado.

Prueba de placas de circuito impreso. Una vez terminado el ensamble de las placas, éstas se prueban eléctricamente "en-cir-

cuito" (medida de componentes ensamblados en la placa), a fin de verificar que todos los componentes están presentes y correctamente orientados y que no aparecen cortos entre las pistas. En placas complejas se realiza seguidamente una prueba convencional en tiempo real para asegurar un correcto funcionamiento, especialmente donde haya secuencias lógicas complicadas y estructuras de buses. En la figura 9 se muestra una posición de prueba "en circuito" del tipo usado para el ITT 1240. Las placas de memoria se prueban con un equipo especial destinado a este fin. También se utiliza un equipo especial para probar las placas de circuitos de línea y enlaces, que requieren medidas de ruido y de características de transmisión. Para estas medidas se interconectan las partes digitales de dos circuitos de línea, de forma que a la entrada y salida se puedan efectuar medidas analógicas.

Pruebas de unidades funcionales. Las distintas unidades funcionales del ITT 1240 se interconectan a través de los paneles posteriores de los cuadros. Se someten dichas unidades a unas pruebas en un entorno simulado y a la velocidad normal del sistema, cuyo resultado positivo proporciona bastidores completos, totalmente operativos. Como el ITT 1240 usa control distribuido, se presta una atención especial a la prueba de los microprocesadores, con su memoria y equipo de interfaz asociados. Esta prueba exhaustiva del procesador, previa a la prueba de las unidades funcionales, se efectúa a temperatura elevada con un equipo especial (Fig. 10) que dispone de facilidades de diagnóstico.



Figura 10
Conjunto de facilidades para la prueba exhaustiva del procesador.

Prueba de la central en la fábrica. El plan de pruebas del ITT 1240 se basa en la prueba de la central completa en la fábrica, utilizando simuladores de tráfico para asegurar que tanto equipos como programas trabajan correctamente antes de su envío a la instalación. Los posibles errores se pueden aislar y reparar mucho más rápidamente en el entorno controlado de la fábrica que en la instalación. Se seguirá esta táctica para las primeras centrales de una red nueva, y al principio de la vida del producto. Después, cuando la tasa de fallos detectados en fábrica haya descendido lo suficiente, se enviarán bastidores sueltos, probados, a la instalación. Los equipos para ampliaciones se prueban totalmente antes de su envío. Las centrales en contenedores, unidades remotas de abonados y pequeñas centrales supervisadas, se ensamblan completamente y se prueban como unidades funcionales en la fábrica, enviándose como tales a la instalación. Las centrales mayores se ensamblan también por completo y se prueban en la fábrica, enviándose después enteras o por bastidores o módulos. Estas pruebas en fábrica se inician después de haber montado toda la central y de darle alimentación. Primero, se eliminan los fallos en el comportamiento eléctrico utilizando los microprocesadores distribuidos por la central y los programas de prueba específicos; todos los cables, alambrados y las funciones de los circuitos quedan enteramente comprobados (Fig. 11). En segundo lugar, se carga el paquete de programas operacionales y se verifica la

operación del sistema; después de la carga, se ejecutan inmediatamente los programas de diagnóstico contenidos en el paquete para confirmar que se han realizado correctamente todas las pruebas de equipo incluidas en la primera fase. Esto garantiza la calidad del producto y el correcto funcionamiento de equipo y programas de la central, y además que la base de datos se ajusta a las especificaciones. La central ha logrado entonces su calificación y puede ser revisada por la Administración antes de su transporte a la instalación.

Aspectos generales de la instalación

La simplicidad inherente a la central digital ITT 1240 caracteriza también a su instalación y ampliación. Así, pues, los procesos de planificación, envío, inicialización, prueba y aceptación por la Administración, son todos consecutivos y directos. Como se indicó previamente, las centrales pequeñas se pueden enviar totalmente ensambladas para minimizar los tiempos de instalación y acelerar el corte de las mismas. En el caso de centrales grandes o de acceso restringido a los edificios, los envíos se hacen por bastidores individuales, que fácilmente se interconectan en fila en la instalación.

Como la Administración está invitada a observar y evaluar todas las pruebas de fábrica, la mayoría de los procesos de aceptación se pueden completar antes del envío de la central a la instalación.

Embalaje y envío

El ITT 1240 puede ser embalado y enviado de diferentes formas, dependiendo del tipo de edificio en que se instale la central y de los medios de transporte disponibles. Se puede enviar una central probada en fábrica como unidad completa o, alternativamente, por bastidores sencillos o dobles.

Las centrales en contenedores y las unidades remotas de abonados diseñadas para instalaciones al exterior, se pueden enviar sin protección adicional. Las primeras son centrales pequeñas, alojadas en contenedores transportables protegidos contra la intemperie (Fig. 12). Esta opción tiene un interés particular para las Administraciones que no deseen ampliar los edificios existentes ni construir nuevos.

La instalación en un contenedor a prueba de intemperie de una central que se ha prealabrado, equipado totalmente y probado, consiste simplemente en conectar las líneas de abonados y de enlaces, la alimentación (si es necesaria) y el sistema de refrigeración. Ello va seguido por una verificación rápida de características, usando los medios de mantenimiento de la propia central, después de lo cual la Administración procede a la puesta en servicio.



Figura 11
Pruebas en fábrica.

Existen dos versiones de la unidad remota de abonados, una para instalación interior y otra para exterior. La versión exterior, diseñada para funcionar independientemente en casi todos los ambientes, llega totalmente ensamblada y probada, preparada para un corte casi inmediato.

Normas para edificios

El sistema ITT 1240 se ha diseñado para instalarse en edificios comerciales normales. Esto implica que puede utilizarse cualquier edificio que tenga al menos 2,5 m. de altura de techo y pueda soportar 300 kg m^{-2} de carga, que es un valor normal. No hay necesidad de conductos de aire, ya que el aire de ventilación entra a través de las puertas delanteras y traseras perforadas; de esta forma los bastidores del ITT 1240 pueden colocarse directamente sobre el suelo. Se puede instalar un falso suelo para pasar las interconexiones desde el RP (repartidor principal) por debajo de los bastidores, en lugar de por encima, si así lo prefiere la Administración.

Montaje en la instalación

El envío del equipo por bastidores totalmente equipados simplifica los programas de envíos, montajes y pruebas. Los ensamblajes son sencillos, ya que el tamaño y peso de los equipos permite un fácil manejo y posicionado de los mismos dentro del edificio de la central.

Una vez instalado el bastidor se pueden añadir la tapa superior, el extremo de fila, los paneles de protección y otras partes externas del armario, incluyendo las puertas. A continuación se distribuye y conecta la alimentación, desde los cuadros de fuerza hacia todo el equipo.

Armario de alimentación

Un armario de alimentación, que contiene los fusibles y los terminales de conexión,

distribuye la alimentación a los bastidores ITT 1240; como alternativa, para centrales pequeñas se puede utilizar un panel montado en la pared. En este armario se conectan los cables desde la planta de fuerza y los cables de salida de alimentación hacia el ITT 1240, conteniendo, además, las protecciones adecuadas del equipo.

Repartidor principal

El ITT 1240 se puede conectar a cualquier tipo de repartidor principal. Por tanto, puede seguir utilizándose cualquiera de los ya en servicio. Sin embargo, si la Administración desea uno completamente nuevo y moderno, se puede suministrar un RP junto con la central ITT 1240. En centrales pequeñas, los módulos de RP que suministran algunos fabricantes pueden montarse dentro de un armario normal del sistema.

Dependiendo de las facilidades, el trabajo de cableado entre los bastidores y el RP se puede empezar antes o al tiempo que se alinean los bastidores. Los cables se conectan de acuerdo con las listas de cableado y el plan de caminos establecido, con lo que no habrá exceso en la longitud de los cables y además se asegura una correcta distribución de los mismos. Para reducir el tiempo de instalación y facilitar las actividades de operación, ITT utiliza un moderno RP al cual se enchufan los cables desde la central, pudiendo entrar por el mismo lado los cables del equipo de conmutación y los de la planta exterior, para minimizar los puentes.

Plan de instalación

Desde que la central completa y probada está lista para salir de la fábrica, hay una serie de pasos, como son el transporte a la instalación, la preparación del edificio, el montaje, las pruebas de instalación, la aceptación del cliente y el corte, necesarios para que la central pueda entrar en servicio.

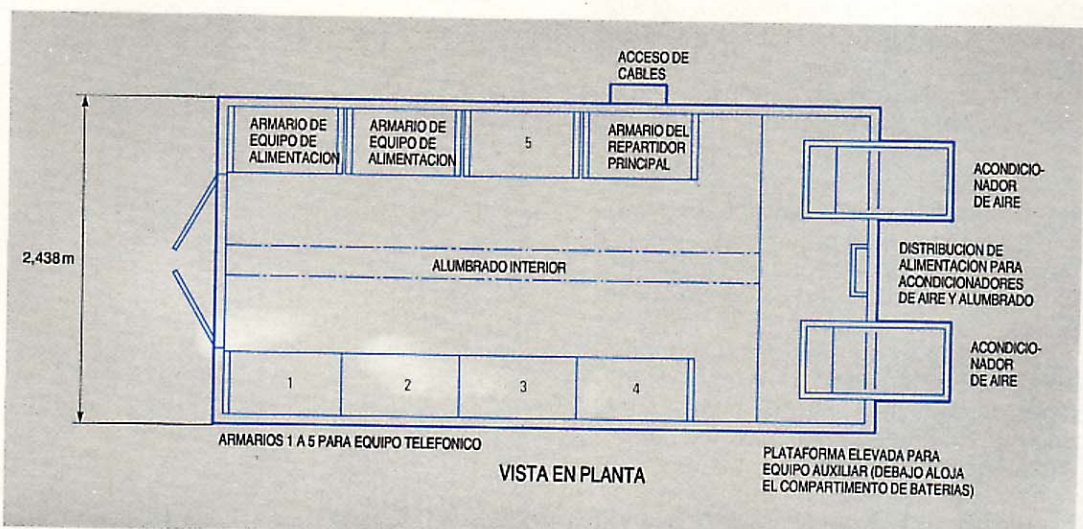


Figura 12
Central en contenedor.

La duración y complejidad de cada uno de estos pasos dependerá, en gran manera, del tamaño de la central. Sin embargo, algunas de las etapas necesitarán menos tiempo si la central se envía enteramente ensamblada y probada, que cuando lo es por bastidores individuales totalmente probados. Estas etapas se marcan con * en la figura 13.

Puesto que el ciclo de instalación depende del equipo (centrales grandes, pequeñas, número de bastidores, etc.) y de los métodos de transporte, no es posible dar tiempos estimados para todas las configuraciones posibles.

Pruebas de instalación

Las pruebas en la instalación consisten en verificar que la central se comporta de forma idéntica a como lo hizo en la fábrica. La figura 14 muestra las etapas básicas, desde la llegada de la central a la instalación hasta que se entrega funcionando a la Administración.

Una vez montada, y después de las verificaciones preliminares de alimentación, la prueba de la central se inicia mediante ejecución de unos programas de prueba y de diagnóstico del paquete de programación, seguidos por los programas de prueba del sistema. En el caso de las centrales enviadas en bastidores será necesario ejecutar previamente unos programas de pruebas específicos, como en la fase primera de la prueba de la central en la fábrica.

Las pruebas de programas en la instalación incluyen la prueba con tráfico real en los enlaces, la verificación de la ingeniería de diseño y la valoración de la eficacia de la central, con antelación a la prueba de aceptación por la Administración. La integración a la red puede requerir pequeños cambios en la central, dependiendo del plan de encaminamiento o de numeración, por ejemplo, para adaptar la central a los últimos requisitos de la Administración.

La instalación tiene como soporte una serie de documentos descriptivos, relativos a la instalación física, las pruebas del sistema a nivel de equipo y de programación y, en general, el soporte a la explotación. Estos manuales aplican normas idénticas a todas las centrales digitales ITT 1240.

Ampliaciones

Sólo cabe distinguir tres casos fundamentales: ampliación de programas, adición de placas de circuito impreso en bastidores existentes, e instalación de nuevos bastidores.

La ampliación de programas supone añadir, o bien un tipo ya existente de máquina de mensajes finitos (FMM), o bien uno nuevo. En el primer caso, los datos almacenados en la central y actualizados son suficientes para garantizar el funcionamiento correcto. Por el contrario, cuando

se añade un nuevo tipo de FMM, hay que probar en-línea todas sus funciones utilizando un tipo específico de tráfico de prueba.

Para la adición física de placas de circuito impreso, no hay más que enchufarlas a paneles posteriores ya ensamblados y probados en fábrica. Primeramente hay que poner fuera de servicio el bloque de seguridad correspondiente, añadirle las placas, y ejecutar los programas de diagnóstico adecuados. Después se actualizan las tablas afectadas, se repone en servicio el bloque de seguridad y se le comprueba.

Para ampliaciones mayores, se conectan y se prueban en fábrica los bastidores nuevos como unidad autónoma, siempre que ello sea factible. Una vez instalados en la central, se retiran del servicio de modo gradual los bloques de seguridad asociados, y se enchufan los cables de interconexión con la central en funcionamiento. Seguidamente se actualiza la programación y se ejecutan pruebas de diagnóstico para verificar las interconexiones con dicha central. Después de completar con éxito las pruebas de diagnóstico, la ampliación ha quedado integrada en la central, según lo planificado. A lo largo de todo este proceso se ha supervisado el comportamiento de la central.

Prueba de aceptación

Todas las pruebas y procedimientos anteriores tienen un objetivo único: la instalación

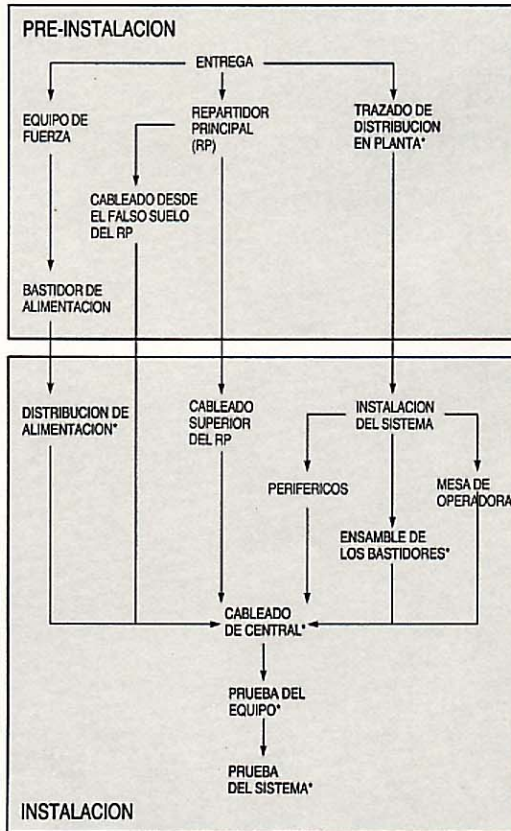
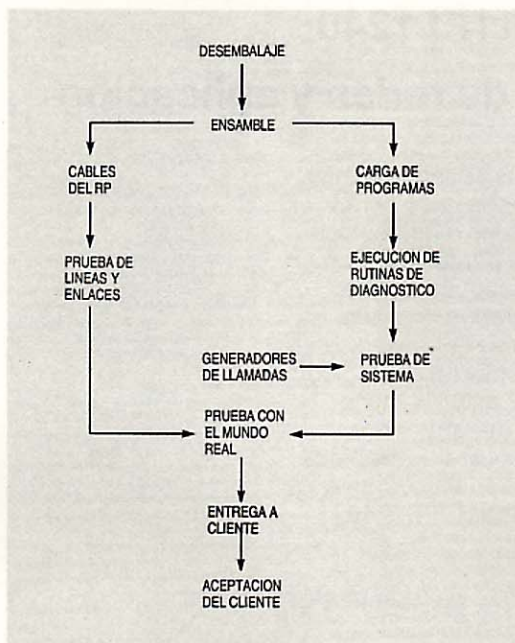


Figura 13
Plan de instalación. Los pasos marcados (*) requieren menos tiempo cuando la central se entrega totalmente ensamblada y probada.

Figura 14
Plan de pruebas en
la instalación.



y entrega de una central digital ITT 1240 que cubra las necesidades y expectativas de la Administración. El propósito de la prueba de aceptación no es otro que el de demostrar que este objetivo se ha conseguido totalmente.

Se invita a la Administración a presenciar las primeras fases de la prueba, tanto durante la etapa de fabricación como en la de instalación, a fin de minimizar las repeticiones de pruebas durante la aceptación. Se guardan registros detallados de las pruebas efectuadas durante la fabricación e instalación, a disposición de la Administración. El procedimiento usual es una prueba de aceptación detallada, con un período de tiempo en prueba, para la primera instalación, y una versión simplificada para las centrales siguientes.

Corte y soporte a la explotación

Generalmente la Administración querrá asumir la responsabilidad de la fase del corte, después de la aceptación. Sin embargo, debido a la importancia que tiene el conseguir una buena integración en la red, ITT ofrece un servicio de ayuda en el corte, que va desde el simple asesoramiento mediante la preparación de un plan de corte, hasta proporcionar personal adiestrado para llevarlo a cabo. El servicio de soporte a la instalación o después del corte, incluye: mantenimiento para pequeños o largos períodos, documentación, instrucción, operación de la central, reparación, piezas de repuesto, informes de funcionamiento y ampliaciones.

Conclusiones

Los procesos de fabricación e instalación de las centrales digitales ITT 1240 se han diseñado con el fin de asegurar que puedan desarrollarse al máximo todas las posibilidades del equipo y de la programación. El objetivo es entregar a una Administración una central que funcione correctamente, tan rápidamente como sea posible.

Para ayudar a conseguir este objetivo, las centrales se prueban completamente antes de su envío a la instalación. Como resultado, las pruebas en la instalación se limitan a verificar que la central continúa trabajando correctamente y que no ha sufrido ningún daño en el transporte. Después de tales pruebas, se entrega la central a la Administración para que proceda a efectuar las pruebas de aceptación.

Referencia

- 1 H. Schiemann, L. Van Laere, y F. Leyssens: Central digital ITT 1240: Práctica de equipos; "Comunicaciones Eléctricas", 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 283-292 (en este número).

Central digital ITT 1240:

Planificación de redes y aplicación

Durante las próximas dos décadas o más, las centrales analógicas actuales serán reemplazadas por centrales digitales con el objetivo de realizar en primer lugar una red digital integrada, y después una red digital de servicios integrados. Por ello, es importante que las nuevas centrales operen económicamente en el entorno analógico actual, y más tarde en el entorno mixto analógico/digital y en el íntegramente digital. Estos y otros aspectos de planificación de redes se han tenido en cuenta a lo largo del diseño de la central ITT 1240.

F. Alvarez Casas

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, España

F. Casali

FACE Finanziaria, Milán, Italia

Introducción

Desde las etapas iniciales del diseño de la central digital ITT 1240 se ha prestado particular atención a las consideraciones sobre planificación de redes, puesto que naturalmente la central no trabajará aislada sino en unión con otras centrales. Por otra parte, en las una o dos décadas siguientes deberá operar en un ambiente concebido para conmutación y transmisión analógica.

Tradicionalmente, el objetivo básico de los diseñadores de centrales ha sido minimizar el coste por línea o por enlace, sin considerar en absoluto lo relacionado con la red. Consecuencia de este enfoque ha sido incurrir en costes extras para diseño de estructuras de red que satisfagan la demanda actual, así como la futura exigencia de nuevos y mejores servicios, aún más importante.

En el diseño de las centrales ITT 1240 y al definir su arquitectura de control distribuido, se consideró tanto la evolución de la demanda de servicios de telecomunicaciones como la red actual en la que tendrán que operar las nuevas centrales. La optimización de estos factores en los aspectos económicos y de calidad de servicio se consideró esencial al establecer las características de la central ITT 1240.

Durante los años 1970-75 comenzaron en ITT los estudios de planificación orientados a definir las redes digitales para la integración de la conmutación y la transmisión^{1, 2, 3, 4, 5}. Una faceta común de estos estudios ha sido identificar las características óptimas para el equipo digital y el modo de introducción de este equipo en las redes existentes.

Aspectos de red en el diseño de la central ITT 1240

Completa gama de aplicaciones

En la planificación de la red, deben considerarse tanto la situación de la red y la demanda actuales como la evolución de la red para satisfacer la demanda futura prevista. Naturalmente, la previsión de la demanda futura conlleva cierto grado de incertidumbre.

Hasta ahora los planificadores se han preocupado de las capacidades inicial y final de las centrales, en parte como resultado del objetivo de minimizar el coste por línea o por enlace. Para satisfacer este objetivo económico se organizó la arquitectura de las centrales de modo que cada una tuviera un margen de aplicación relativamente limitado, en línea con los tamaños usados más comúnmente por las Administraciones telefónicas. Así, una capacidad de 10.000 líneas ha sido tradicionalmente el tamaño máximo de una unidad de conmutación de barras cruzadas, teniendo las centrales rurales típicas entre 100 y 1200 líneas, y las centrales para ciudades pequeñas de 1000 a 5000 líneas; idéntica política se ha seguido con las centrales tándem e interurbanas. Con esta limitación de la arquitectura de la central, la tarea del planificador es seleccionar el tipo de central más adecuado para satisfacer la demanda prevista.

Cuando la central alcanza su capacidad final o la demanda real excede de la demanda prevista (característica común de las previsiones telefónicas durante los últimos 20 años, particularmente para el tráfico interurbano), los planificadores tie-

nen dos opciones posibles: instalar una segunda central o reemplazar la central existente por otra de mayor capacidad. Si se eligiera la primera alternativa, el coste por línea o por enlace dejaría de ser óptimo. (Por ejemplo, satisfacer la demanda de 12.000 líneas con una unidad de 10.000 líneas y otra de 2.000 líneas no es buena solución desde el punto de vista de la arquitectura de conmutación). Además, como consecuencia de compartir el tráfico entre dos grupos de circuitos (uno para la primera unidad y el otro para la segunda), el coste de la red se incrementa innecesariamente entre un 5 y un 30%, dependiendo del tráfico cursado por las dos centrales y de los costes relativos de transmisión y conmutación. Si se elige la segunda opción, el coste de reemplazar una central antes del final de su vida de servicio es un factor importante.

Con base en lo anteriormente expuesto, sin dejar de atender al objetivo económico tradicional de coste óptimo por línea o enlace, para el ITT 1240 se añadió un segundo objetivo: el diseño sería lo suficientemente flexible para permitir ampliaciones en centrales locales e interurbanas, desde muy pocas líneas o enlaces hasta capacidades muy elevadas.

Como el tamaño de una central controlada por ordenador depende últimamente de su capacidad de procesar llamadas, había que escoger entre equipar desde el principio las centrales con una capacidad de proceso suficientemente alta para satisfacer las necesidades futuras, admitiendo errores en la previsión de la demanda, o bien diseñar una arquitectura de central que permitiera ampliar gradualmente la capacidad de proceso al compás del incremento en el número de líneas y enlaces. Se eligió la segunda alternativa, porque la primera se oponía al objetivo de obtener un coste mínimo por línea o enlace en todo el margen de aplicación. La solución adoptada requiere el uso de control distribuido y cumple a la vez los dos grandes objetivos de diseño mencionados anteriormente. Esto permite que las centrales digitales ITT 1240 se puedan ampliar económicamente desde unas pocas (60) líneas hasta alrededor de 100.000, y desde 120 enlaces a más de 60.000.

Además del problema de flexibilidad de planificación, las centrales de pequeño tamaño presentan algunos problemas específicos desde el punto de vista de operación. En un conmutador controlado por procesador, además del tratamiento de llamadas, pueden y deben automatizarse la mayor parte de las funciones de administración y mantenimiento. Dado el coste en equipos que implica la automatización de estas funciones, la gama de pequeñas capacidades de la central ITT 1240 se ha realizado en dos versiones de centrales supervisadas, que juntas cubren de las 60

a las 3.000 líneas. Aun manteniendo completa autonomía en el tratamiento de llamadas, ambas versiones dependen para las funciones de administración y mantenimiento de una central independiente. Para que la expansión sea económica dentro de un amplio margen de tamaños, la central supervisada del tipo pequeño puede evolucionar a la configuración mayor sin más que añadir los módulos estándar apropiados; similarmente esta versión mayor puede ampliarse a central independiente sin desmontar ningún equipo⁶ ni modificar la programación.

Los planificadores son conscientes de los costes relativamente altos que corresponden a la red de abonados. Para reducir el coste de la planta de abonado y extender la aplicación de las centrales ITT 1240 a tamaños más pequeños, se ha desarrollado una URA (unidad remota de abonado) digital, que se controla desde una central llamada principal. En las áreas urbanas, la URA da conexión a un grupo de entre 6 y 480 abonados, concentrados en un conmutador remoto a través de una o dos vías MIC de 32 canales. Desde el punto de vista de planificación de redes, las ventajas son: reducción en el uso de cobre en la planta de cable local por realizarse la concentración más cerca del abonado, mejoras en transmisión, y flexibilidad en el diseño de la red de abonados con reorganización de la planta externa.

En aplicaciones rurales, la URA ITT 1240 se ha diseñado para configuraciones con segregación múltiple, entre un máximo de 8 posibles emplazamientos, cada uno de los cuales puede conectar hasta 120 abonados (sin sobrepasar el total de 480), y que se enlazan a la central principal por una o dos vías MIC de 32 canales.

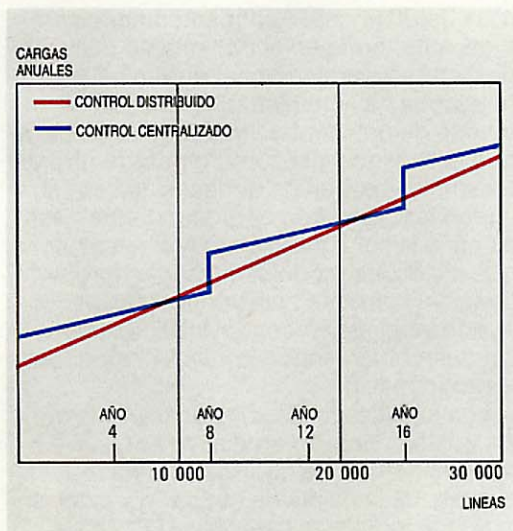
Capacidad de múltiples funciones

Otro aspecto de red relativo a la flexibilidad es la posibilidad de combinar las funciones local y de tránsito en la misma central, bien desde el corte o posteriormente. Por la naturaleza de la conmutación digital a 4 hilos, y el uso de SPC (control por programa almacenado), fue relativamente fácil disponer de esta capacidad combinatoria. El control distribuido es ciertamente más flexible que el centralizado respecto a la explotación múltiple, particularmente cuando tiene que introducirse una nueva función en una central en servicio.

Reducción de las inversiones

La instalación de una nueva central o sistema de transmisión supone un coste de partida para edificio y planta de energía, además del coste inicial del equipo. Estos costes, y el del equipo en particular, influyen considerablemente en la optimización de la estructura de la red; una alta inversión inicial en equipo que sólo podrá explotarse plenamente cuando esa central alcance su

Figura 1
Influencia de la arquitectura de la central en el valor presente de las cargas anuales.



capacidad final, genera desde el principio una alta carga anual (Fig. 1). En la figura, la línea azul corresponde a una central con control centralizado, en la que su alto coste inicial implica unas altas cargas anuales. Los dos escalones corresponden a ampliaciones en la capacidad de proceso para tratar el tráfico generado por el aumento de líneas. La línea roja corresponde a una central con control distribuido, que puede ampliarse continuamente para satisfacer la demanda de líneas. En este caso, el coste por línea o enlace adicional es constante para todo el margen de aplicación, pues no hay capacidad central de proceso que añadir. Aunque la pendiente se supone mayor (esto es, mayor coste por línea adicional) para el control distribuido, las cargas anuales son inferiores, excepto cuando el sistema centralizado está trabajando cerca de la capacidad máxima de sus procesadores.

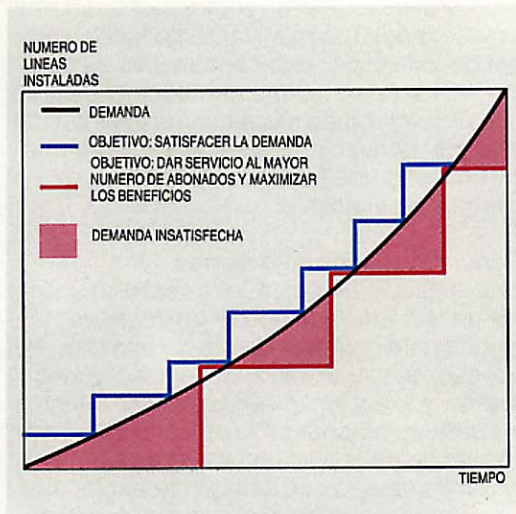
Otra desventaja de las centrales con un alto coste inicial se refiere al modo de sa-

tisfacer la demanda. En los últimos 20 años la mayoría de las Administraciones se han demostrado incapaces de satisfacer la demanda del servicio telefónico como consecuencia de la falta de capital, situación que se espera continúe por un largo período en muchos países.

Los estudios realizados por ITT en redes reales han descubierto que a menudo, en los países con listas de espera dos o tres veces mayores que el número de líneas instaladas anualmente, el corte de nuevas centrales y la ampliación de las existentes no ha obedecido a la demanda sino a otras dos consideraciones: la necesidad de dar servicio telefónico al máximo número de abonados con el limitado capital disponible, y la de obtener un rendimiento máximo de las inversiones lo antes posible. Como resultado, sólo se han instalado o ampliado centrales cuando la demanda insatisfecha en el área cubierta estaba cerca de la capacidad final de la nueva unidad a instalar o era superior a la misma. La línea roja en la figura 2 representa cómo se aplica esta política. En consecuencia, muchos peticionarios tendrían que esperar dos, cuatro o más años antes de ser conectados a la red telefónica. La línea azul en esta figura muestra cómo se satisfaría la demanda realizando las ampliaciones de acuerdo con el programa de instalación óptimo^{7, 8}. En este caso se atiende totalmente la demanda, pero el equipo no utilizado supone una inversión y unas cargas anuales improductivas.

En el diseño de las centrales ITT 1240 se puso gran interés en evitar ambos problemas; por ello los dos objetivos fueron minimizar el coste inicial y la cantidad de equipo no utilizado. De nuevo, el control distribuido se consideró una solución apropiada. La figura 3 muestra cómo se puede satisfacer de modo óptimo la demanda mediante la central digital ITT 1240. Dada la modularidad de ampliación de esta central^{9, 10}, la longitud óptima del período a cubrir ya no depende de la arquitectura de la central, sino de los costes administrativos y de ingeniería asociados a la ampliación.

Figura 2
Comparación de dos posibles políticas de ampliación de centrales para atender a la demanda de abonados mediante un sistema con control centralizado. La línea azul corresponde a una política cuyo primer objetivo es satisfacer el incremento de la demanda. En el segundo caso (línea roja) el objetivo es dar servicio al máximo número de abonados con capital limitado, consiguiendo un beneficio máximo.



Estructura óptima de red

ITT ha realizado sobre redes reales la mayoría de sus estudios de planificación de red, buscando definir el modo óptimo de introducir tecnología digital en las redes analógicas existentes. La metodología general comenzó estimando la evolución de la demanda, siguió con la definición de los procesos técnicos que corresponden a diferentes estrategias de introducción, y finalmente se evaluaron los costes totales de las respectivas evoluciones de la red durante los próximos 20 años, usando el VPCA (valor presente de las cargas anuales). Se trataron especialmente los aspectos relativos a la red, y los modos en que el equipo digital se conecta con las centrales analógicas existentes.

Figura 3
Política de ampliación usando control distribuido. Esta arquitectura de central hace posible satisfacer la demanda, optimizar las inversiones, y obtener el máximo de beneficios al mismo tiempo.

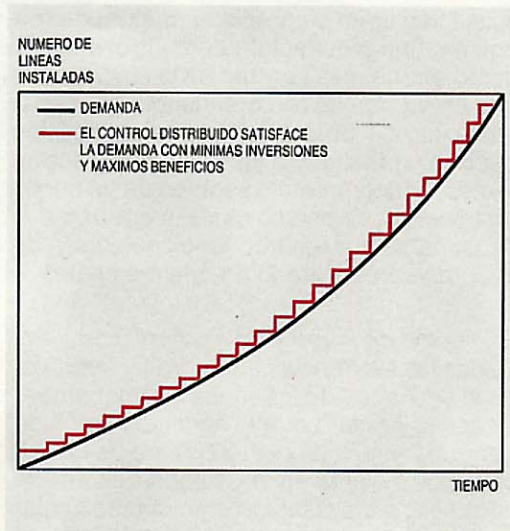


Figura 4
Configuración clásica de red superpuesta.

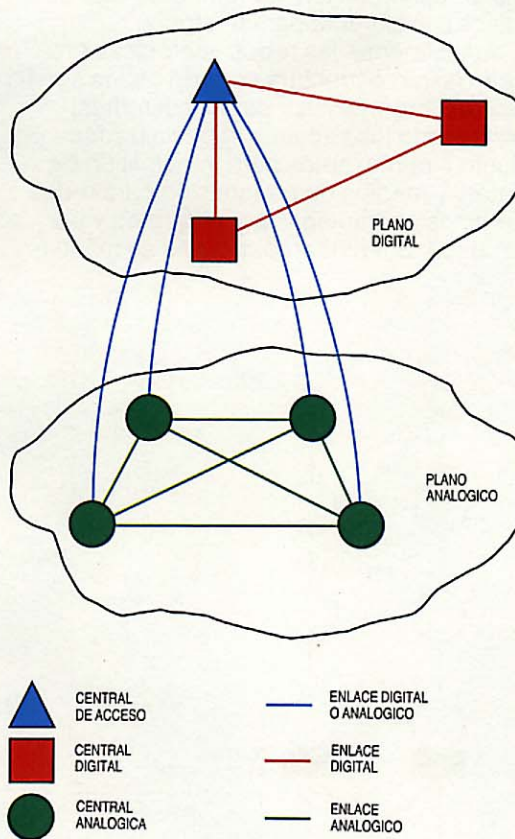
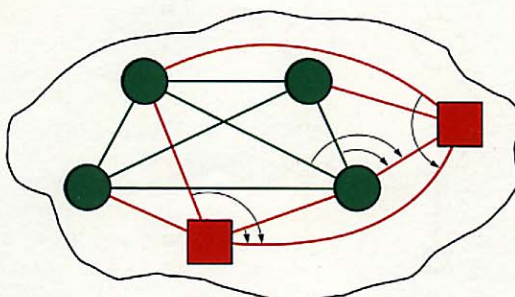


Figura 5
Configuración típica de red integrada. Las rutas de alto uso y el encaminamiento alternativo se establecen de acuerdo con criterios económicos.



Básicamente, se definieron dos esquemas: la red superpuesta y la red integrada. En la red superpuesta, se conecta nuevo equipo digital al equipo analógico existente a través de unas centrales de acceso especificadas (Fig. 4). En la solución de red integrada, las centrales digitales se conectan a las analógicas existentes sin ninguna regla de encaminamiento prefijada; la consideración predominante es simplemente el diseño económico óptimo capaz de alcanzar el grado de servicio deseado (Fig. 5).

Las conclusiones generales de estos estudios pueden resumirse como sigue:

- Con planificación de redes adecuada y un sistema de conmutación digital, no se encontrarán especiales problemas económicos o de tráfico en la introducción de centrales digitales ni durante la evolución hacia redes totalmente digitales.
- No hay ninguna estrategia de evolución de red que sea óptima para todas las redes mixtas analógico/digitales. En algunos casos la red superpuesta será la mejor solución, mientras que en otros lo será la red integrada.
- Las inversiones iniciales son siempre superiores para estructuras de red superpuesta que para las de red integrada.
- La estructura de red óptima depende en cierto grado de la arquitectura de la central. Las redes superpuestas se justifican más fácilmente para centrales digitales con control centralizado, por tener un coste inicial relativamente alto.

Examinando estas conclusiones generales con mayor detalle, resaltan tres factores que favorecen la red superpuesta. El primero es un rápido crecimiento en la demanda, con lo que aumenta el número de centrales digitales. Aunque las redes superpuestas tengan un alto coste inicial en construir la central o centrales de acceso, el rápido incremento en tráfico indica que las inversiones iniciales pronto comenzarán a amortizarse. El segundo es el coste de la conversión analógico/digital: el hecho de necesitarse más convertidores para la solución de red integrada favorece la estrategia de superposición. En los primeros estudios de red, el coste de los convertidores era alto y la solución superpuesta aparecía con más frecuencia que ahora, cuando se han reducido los costes de conversión por el uso de circuitos con tecnología avanzada. Finalmente, los pequeños grupos de tráfico justifican una estructura en tándem; las centrales de acceso también realizan entonces una función de tránsito.

En contraste, los siguientes factores recomiendan una solución de red integrada. Primero, un crecimiento de la demanda relativamente lento, tal como el experimentado en las áreas con redes telefónicas

desarrolladas; esto significa que será menor la introducción de nuevas centrales, lo cual hará difícil de justificar el alto coste inicial de una red superpuesta. A continuación está el relativamente elevado coste de la transmisión: en redes donde resulte económica la transmisión MIC (modulación por impulsos codificados) entre centrales analógicas, todavía será más rentable dicha transmisión entre estas centrales y las nuevas centrales digitales, ya que no se requiere conversión analógico/digital en la central digital. Por último, es adecuada para grandes grupos de tráfico, que justifican conexiones directas.

En un cierto momento de la evolución de la red mixta analógico/digital a la red enteramente digital, las centrales de acceso llegarán a su máxima capacidad de tráfico y a partir de entonces su tráfico disminuirá rápidamente, conforme las centrales digitales vayan predominando en la red. Por ello la reutilización de estas centrales para funciones de tránsito será, en general, una solución económica. Sin embargo, con frecuencia la red óptima no requerirá esta función o necesitará menos capacidad, y habrá que dismantelar total o parcialmente estas centrales de acceso. Naturalmente, esta situación no se presenta en estructuras de red integradas.

La existencia de una red interurbana digital separada, concebida como red superpuesta (Fig. 6), es más un concepto teórico que una posibilidad de realización, ya que una auténtica superposición exigiría cortar simultáneamente la red digital completa, lo que no ocurrirá generalmente en la realidad. La instalación de una nueva central digital interurbana requiere que se conecte desde el principio a las otras centrales analógicas existentes.

La consolidación en una sola central de las funciones primaria/secundaria/terciaria, cuando éstas se realizan en una misma ciudad, supone los ahorros más significativos en conmutación y transmisión cuando se introduce una red interurbana digital. Esto significa que la sustitución de las centrales electromecánicas existentes se justifica más fácilmente para las interurbanas que para las locales.

En las áreas rurales la solución de red óptima depende fuertemente del nivel de desarrollo telefónico y del crecimiento futuro. A veces la mejor solución es reemplazar las centrales existentes en áreas con bajo porcentaje de automatización. Una arquitectura de central apropiada y su correspondiente estructura de costes son los principales factores en la búsqueda de las soluciones más rentables para grupos de abonados pequeños y muy pequeños.

De las anteriores conclusiones generales de los estudios de planificación de ITT, se desprenden dos consecuencias principales, que atañen a la introducción de centrales digitales en las redes analógicas: cada

aplicación tiene su propia estructura de red óptima; una arquitectura de control distribuido ofrece más libertad en la elección de una estructura de red óptima, por su menor coste inicial y porque las centrales digitales pueden conectarse a las analógicas existentes, directamente o a través de un centro de tránsito, por enlace digital o por pares de un cable en baja frecuencia (siempre de acuerdo con el criterio de mínimo coste).

Evolución de la red y de los servicios

Dadas las tendencias anteriores y actuales en la evolución de las redes de telecomunicación, es claro que el servicio telefónico generará más tráfico que el resto de los servicios durante muchos años. Sin embargo, las altas tasas de crecimiento actual de los servicios de información de datos (incluyendo el télex), que se espera continúen, aconsejan examinar tales servicios cuidadosamente al diseñar un nuevo sistema de conmutación, aunque éste sólo se utilice inicialmente para telefonía.

Actualmente, las redes telefónicas proveen la infraestructura soporte de los servicios de información y datos existentes, incluyendo los circuitos especializados punto a punto, aptos para transmisión de datos, y medios de transmisión para redes de datos conmutadas por paquetes y por circuitos. Sin embargo, todavía se mantie-

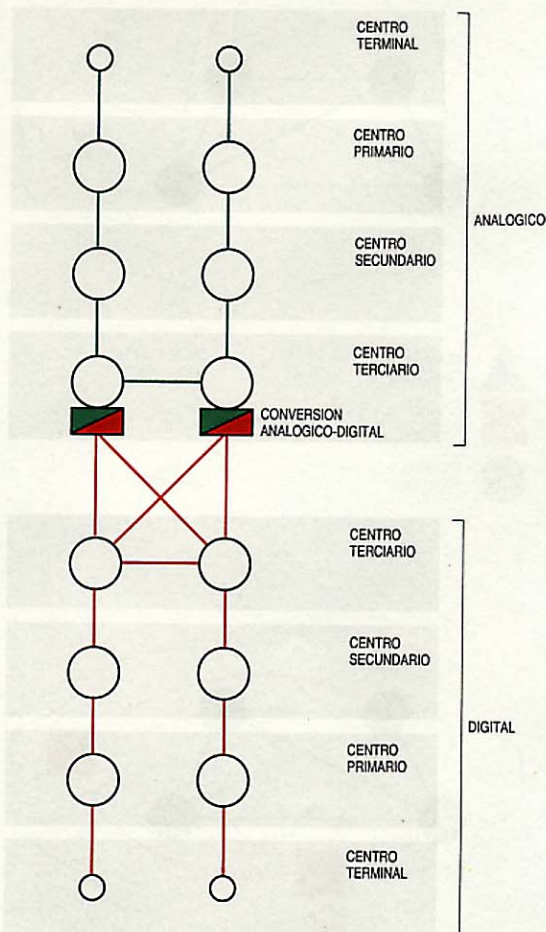


Figura 6
Red interurbana superpuesta.

nen separadas las redes de telefonía y de datos, particularmente en los nodos de conmutación, sobre todo por la naturaleza digital de los servicios de información y datos y el carácter analógico de las redes de conversación.

La evolución que comenzó con la introducción de tecnología digital (inicialmente en transmisión) en las redes telefónicas analógicas existentes, conducirá a la RDI (red digital integrada). Una RDI telefónica constituye el primer paso para la posterior integración de servicios de información y datos sobre la misma red, siendo la meta final la completa integración en una red digital de servicios integrados (RDSI). La integración se realizará de tal modo que la estructura de la red telefónica, que ahora sólo se usa como soporte para los servicios de información y datos, evolucione hasta que todos sus componentes (nodos y medios de transmisión) sean compartidos por todos los tipos de servicios de telecomunicación.

Las centrales tienen un peso decisivo en esta integración. Así, el diseño de la central ITT1240 para servicios telefónicos presta especial atención al inevitable manejo de servicios de información y datos en el futuro. Se consideró que la flexibilidad inherente a la arquitectura de control distribuido (esto es, la posibilidad de añadir nuevos módulos terminales basados en microprocesadores para proveer futuros servicios de información y datos⁹) era la orientación más acertada hacia la meta final de la RDSI.

En el diseño del ITT1240 se tuvieron también en cuenta los más innovadores aspectos de operación de redes telefónicas. Con la introducción de encaminamiento alternativo en los sistemas de barras cruzadas, las rígidas redes paso a paso evolucionaron hacia redes más flexibles y eficientes. La naturaleza SPC de la conmutación digital y el carácter no degradable de la transmisión digital, junto con las posibilidades ofrecidas por la señalización por canal común, afectarán a la estructura de las actuales redes telefónicas y a las reglas que gobiernan la circulación del tráfico. Esto conducirá a estructuras de red más flexibles y eficientes, principalmente con respecto a los centros de tránsito y al encaminamiento, que darán cierto carácter dinámico a las rígidas reglas actuales de encauzamiento del tráfico, con el objetivo de mejorar el grado de servicio y disminuir los costes de la red.

Otro aspecto de planificación de red fue el impacto de la conmutación y transmisión digital a 4 hilos sobre el plan de transmisión. La necesidad de redes de equilibrio en los circuitos de línea y enlace de las centrales locales podía crear serios problemas de inestabilidad cuando se trabaja en un ambiente analógico a 2 hilos. También en este área, el control distribuido ofrece ventajas económicas y técnicas con relación, por

ejemplo, al uso de redes de equilibrio controlables o ajustables automáticamente y de atenuadores conmutables, que pueden incorporarse según las necesidades en aquellas terminaciones (enlaces, líneas, bucles de abonado digitales) que realmente los requieran.

Aplicación de red

La introducción de tecnología digital afecta a dos niveles básicos de decisión. El nivel superior se refiere a las estrategias genéricas de introducción, mientras que el nivel inferior trata de la planificación detallada de áreas específicas en el contexto del plan de introducción genérico.

En línea con estos niveles de decisión, dentro de ITT se han desarrollado dos metodologías para la introducción de tecnología digital, aplicándolas a estudios sobre redes reales dirigidos a definir las características básicas del ITT1240 y su estrategia de introducción (tabla 1). Se ha desarrollado una metodología de planificación de redes genérica para identificar los principales factores implicados, definir las características del equipo, elegir la táctica general de introducción y de evolución, determinar los efectos de la integración de servicios de telecomunicación no telefónicos, y otros fines. En contraste, la metodología específica de planificación está orientada al dimensionado y optimización de redes particulares.

Metodología de planificación de redes genérica

Esta metodología se ha desarrollado para estudios de todos los tipos de redes reales (rurales, de larga distancia, áreas locales urbanas, etc.)⁴.

En cuanto a la introducción de la tecnología digital, esta metodología puede aplicarse cuando el nuevo sistema esté en pruebas de campo. En ese momento se habrá decidido ya el cambio a digital, pero pasará un tiempo razonable antes de que esté bien introducida la nueva tecnología. De este modo, los planificadores tendrán un conocimiento suficiente de las características funcionales y estructura de coste del nuevo sistema, ambas indispensables para la planificación de una estrategia de introducción apropiada.

Comenzando con la red analizada y la demanda prevista durante el período de estudio, la metodología se basa en la consideración de varias soluciones de red posibles, capaces de satisfacer la demanda, evaluando económica y técnicamente todas ellas. Se consideran todos los costes asociados con la red, desde la energía consumida al coste de ampliación o desmontaje del equipo. El período de estudio debe cubrir tiempo suficiente para que las instalaciones actuales no influyan en las deci-

Tabla 1 — Resumen de los principales estudios realizados en ITT sobre la introducción de tecnología digital

<p>Extensa área metropolitana y sus zonas periféricas y rurales. La superficie total era de 700 km²; el crecimiento variaba del 7% inicial hasta el 5%, al final de los 20 años, con un total de 2.200.000 abonados. El área metropolitana tenía centrales muy viejas, mientras que el área suburbana estaba equipada con unidades de barras cruzadas instaladas recientemente.</p> <p>Ciudad de tamaño medio y su región suburbana. El área tenía 100 km² con un número de abonados que crecía de 230.000 a 620.000. Las centrales existentes eran rotatorias y de barras cruzadas.</p> <p>Ciudad de tamaño medio, similar a la anterior, pero apenas sin crecimiento. Programa para reemplazar el viejo equipo rotatorio por otras centrales SPC analógicas o digitales.</p> <p>Ciudad pequeña y región rural. El área tenía 800 km², pero con sólo 27.000 abonados inicialmente y 85.000 después de 20 años.</p> <p>Grandes áreas rurales del litoral. La densidad de población era muy baja, pero agrupada, requiriendo puntos de conmutación muy separados, generalmente con unos pocos centenares de abonados, y algunos con menos de 50.</p> <p>Red interurbana en dos regiones, caracterizadas por ciudades y pueblos, generalmente sin zonas suburbanas. Estudio de cómo mejorar el tráfico interurbano, hasta ahora tratado por una jerarquía de varios niveles con centrales interurbanas separadas.</p> <p>Área urbana de tamaño medio. Comparación entre centrales locales de tipo híbrido y completamente digitales.</p> <p>Ciudad pequeña, en un área en desarrollo, baja penetración telefónica. Elección de centrales supervisadas o independientes.</p> <p>Área rural con bajo crecimiento; problemas relativos a los tamaños de pequeñas centrales independientes y a las URA.</p> <p>Área urbana de tamaño medio. Ampliación digital de la red analógica electromecánica y semielectrónica. Optimización de la red de enlaces (encaminamiento, nivel de integración de la red mixta, dimensionado).</p> <p>Área rural en un país en desarrollo. Optimización de una red nueva completamente digital.</p> <p>Grandes áreas urbanas. Red analógica congelada. Estructura de las centrales digitales ITT 1240 muy adecuada para ampliación en red integrada. Uso completo de URA hasta de 480 líneas. Estructura de red muy diferente para sistemas con control centralizado y con control distribuido.</p> <p>Región (urbana + suburbana). Comparación de soluciones integradas frente a soluciones de red superpuesta. Dimensionado de centrales interurbanas y de planta externa.</p>
--

siones futuras: posiblemente unos 20 años. Dicho período se divide en subperíodos de uno, dos, cuatro o más años, que constituyen los años de referencia. Se considera que en estos años de referencia se realizan todas las actividades requeridas para satisfacer la demanda. Los planificadores seleccionan los años de referencia conjugando la exactitud con el esfuerzo requerido.

La metodología consta de tres etapas básicas, como se muestra en la figura 7.

Como la estrategia aplicable será común a todas las zonas de un país con características similares, el primer paso será repartir en tales zonas la red telefónica. De este modo, si se estudian áreas rurales, las zonas primarias del país se clasificarán en dos, tres o más grupos de áreas primarias con similares características de desarrollo telefónico, grado de automatización, tasa de crecimiento, tamaño y así sucesivamente. Cuando se trata de áreas urbanas, un grupo puede incluir grandes áreas metropolitanas donde se justifican centrales tándem, otro grupo puede comprender ciudades con más de 10 centrales, y un tercer grupo abarcaría áreas multicentrales con menos de 10 centrales. Análogamente, si se estudiara la red de larga distancia, las zonas secundarias (distritos o provincias) se clasificarían apropiadamente. Cuando el tema del estudio de planificación sea la red de abonados, se seleccionarán áreas de servicio con diferentes densidades de

abonados, tamaños y ocupaciones de cables.

Según el tamaño de cada grupo y dependiendo de lo similares que sean las características dentro del mismo, los estudios de planificación de redes se realizarán en una, dos o más zonas o ciudades representativas del grupo. Los planificadores deben asegurarse de que las reglas generales obtenidas del estudio sean aplicables a todas las zonas o ciudades de cada grupo con suficiente exactitud. Los dos casos extremos son: realizar un ejercicio de planificación de red para cada miembro de un grupo, o estudiar sólo un miembro y de él deducir conclusiones para el grupo entero. El juicio de los planificadores es decisivo, pero, en general, no representa dificultades: si se obtienen resultados similares para

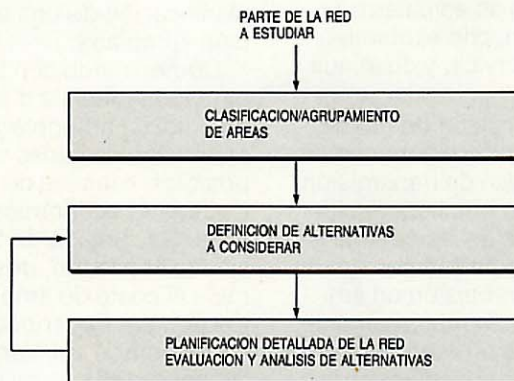


Figura 7
Esquema simplificado de la metodología seguida para definir las estrategias generales.

dos zonas o ciudades en un grupo, la estrategia puede extenderse a todas las ciudades o zonas de ese grupo. Por el contrario, si los resultados difieren significativamente, se requieren más estudios o bien dividir el grupo en subgrupos, ya que la misma estrategia no puede aplicarse al grupo entero.

Como segunda etapa, se definen las estrategias de introducción y evolución que hay que probar. Teóricamente hay muchas estrategias posibles; sin embargo, basados en experiencias anteriores, los planificadores seleccionarán sólo las más prometedoras. Aún más importante es que ellos pueden cambiar la primera estrategia basados en los resultados iniciales, así como concentrar sus esfuerzos en aquellas que ofrezcan mejores perspectivas de éxito. Por ejemplo, en una red de enlaces pueden definirse inicialmente las estrategias de red integrada y superpuesta, junto con una o dos políticas para la sustitución o ampliación de las centrales analógicas existentes.

Finalmente, la tercera etapa trata de los trabajos detallados de planificación de red a realizar en cada estudio particular, dentro de cada año de referencia. En general, esto implica varias subetapas:

- recolección de datos de las redes a estudiar, de acuerdo con la clasificación realizada en la etapa 1
- previsión de la demanda para cada año de referencia
- programa de ampliación y desmontaje de centrales
- plan de realización detallada para cada una de las soluciones propuestas seleccionadas en la etapa 2
- evaluación económica de cada solución propuesta
- análisis de resultados.

La figura 8 es un diagrama simplificado del proceso seguido para cada posible solución. Dependiendo del objetivo del estudio, algunas de las subetapas pueden requerir un esfuerzo especial o, por el contrario, pueden no necesitarse en absoluto. Por ejemplo, la subetapa de cálculo de la matriz de tráfico es de la mayor importancia en estudios de una red de enlaces o de larga distancia, pero no tiene significado en un estudio de red de abonado.

Para el uso generalizado de esta metodología, las subetapas que requieren cálculos repetitivos y complejos se han programado por ordenador; ejemplos son el cálculo de matrices de tráfico, dimensionado de la red, y costes de la red, debiendo todas ellas repetirse para cada año de referencia y cada solución.

El programa de cálculo de matrices de tráfico produce las matrices para cada año de referencia, en el que se dan el tráfico

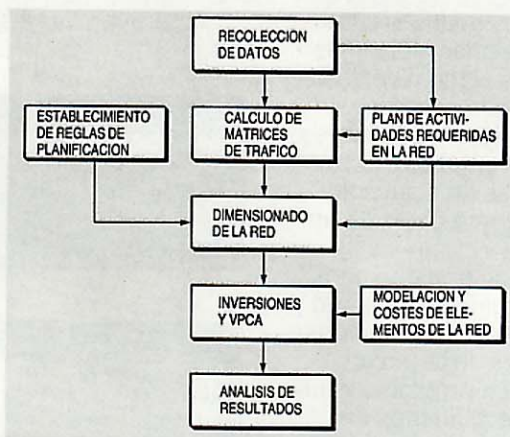


Figura 8
Esquema de las etapas necesarias en el programa para estudiar varias soluciones alternativas de red.

originado y terminado en el área servida por cada central o zona de larga distancia. También es posible la reorganización de las áreas¹¹.

El programa de dimensionado de redes digitales calcula las cantidades de equipo de conmutación, transmisión y planta externa necesarios en cada punto de la red para cada año de referencia. Los datos de entrada son la matriz de tráfico ofrecido suministrada por el programa anterior, una matriz de distancia entre edificios, las características del equipo de conmutación, y las reglas de planificación, incluyendo la estrategia de encaminamiento y sistemas de transmisión.

Las reglas de planificación proceden de estudios analíticos o heurísticos¹². Partiendo de estas reglas, el programa calcula una nueva matriz de encaminamiento que incluye, además de las centrales terminales, centros de tránsito y centrales principales (si hubiera centrales dependientes y URA). En los pasos siguientes se calculan el número de circuitos y los tipos de sistemas de transmisión requeridos en cada ruta. El programa imprime especificaciones para todos los tipos de centrales analógicas y digitales. También imprime las matrices que especifican las cantidades necesarias de equipo de transmisión analógico y digital (tanto de central a central como entre edificios).

El paquete de programas para determinación de costes de la red calcula el VPCA (valor presente de las cargas anuales) y las inversiones asociadas a la evolución de una red de telecomunicación durante el periodo de estudio. También pueden considerarse variaciones de coste durante el periodo. El programa describe la evolución de la red para cada año de referencia, expresada en parámetros económicos externos que no están estrictamente relacionados con las características del equipo; por ejemplo, número de enlaces, número de líneas, y tráfico para una central dada. Una matriz, que forma parte de los datos de entrada, asocia el equipo y los parámetros económicos.

Los costes y otros datos relativos a los módulos del equipo se asignan a distintas categorías, que se espera sigan diversas tendencias de evolución con el tiempo. Estas categorías podrían ser procesadores, equipo de conmutación electromecánica, cables, etc. Las tendencias de costes anticipadas se dan también como datos de entrada.

Otro programa utiliza ficheros que contienen los modelos de evolución de la red y los datos de los componentes del equipo, para determinar los costes de la red en detalle, después de que un programa intermedio ha calculado las necesidades en mano de obra de mantenimiento, espacio en planta, y equipo de energía. En la salida impresa de los costes pueden darse varios niveles de detalle, incluyendo el VPCA total y los gastos año a año requeridos para cada caso.

Entre las reglas de planificación observadas en el programa de dimensionado de la red digital, es de especial importancia la política a seguir con las centrales analógicas existentes. Se ha desarrollado un programa separado para ayudar a los planificadores en la elección de una táctica apropiada.

El programa de optimización de la estrategia de transición para conmutación contempla cuatro soluciones posibles para cada central: reemplazar la central analógica existente; congelar dicha central a su nivel de tráfico actual y atender a la demanda con una nueva central digital; continuar ampliando la central analógica existente y sustituirla cuando alcance su capacidad final; finalmente, satisfacer la demanda con la central analógica y, cuando llegue a su capacidad límite, seguir conectando más abonados en una nueva central digital que se instale al lado.

El análisis final de los resultados es de esencial importancia, ya que lo utilizan los planificadores para decidir sobre las hipótesis usadas en el estudio, introducir cambios en las estrategias analizadas, resolverse a estudiar otra estrategia o considerar que se ha elegido la mejor posible. La maestría de los planificadores es decisiva en la rápida elección de la estrategia de red óptima.

Metodología para planificación de redes específicas

Esta metodología es aplicable principalmente al dimensionado y optimización de un área particular de una red de telecomunicación, tal como una zona primaria, la red de enlaces de un área local, el emplazamiento de centrales en un área metropolitana, etc. Básicamente es la misma que se acostumbra a seguir en el dimensionado y optimización de redes telefónicas analógicas. Sin embargo, la metodología general, y en particular los sistemas de ordenador concebidos como ayuda a la planificación de la red, se han desarrollado especial-



Figura 9 Esquema de los pasos iniciales en un ejercicio de dimensionado/optimización de red.

mente para la tecnología digital y su aplicación en redes mixtas (ej., de 24 ó 32 canales, o la posible coexistencia, en el mismo edificio, de una central analógica y una central digital).

No son incompatibles la metodología genérica de planificación de la red, ya descrita, y la metodología de dimensionado y optimización que ahora examinamos. Sin embargo, han sido desarrolladas para diferentes objetivos de planificación: uno general y otro específico.

Todos los ejercicios de planificación de redes comienzan con la recopilación de los datos de entrada y una previsión de la demanda para el periodo a estudiar. La recolección sistemática de los datos es esencial, ya que esta tarea puede consumir entre el 10 y el 80% del esfuerzo total del estudio. La recogida de datos incluye partes de carácter general (que pueden ser comunes a diferentes ejercicios de planificación), datos de entrada para una red particular, y los datos asociados con una alternativa específica. La falta de algunos datos no es razón para abstenerse de llevar a cabo la planificación de la red. En la metodología se incorpora la posibilidad de probar varias hipótesis, ya que se han programado hasta los cálculos más complejos. Para ayudar a la predicción de la demanda, se han desarrollado varios programas de cálculo, entre ellos el de cálculo de matrices de tráfico, previamente descrito.

Las áreas básicas para las que se han desarrollado sistemas de ayuda por ordenador son:

- Área local: optimización de las estructuras de la red urbana, optimización y dimensionado de redes de enlaces mixtas analógico/digital, optimización de las facilidades de enlaces urbanos, y optimización de redes de abonados.
- Área rural: optimización de las estructuras de la red rural.
- Red de larga distancia: optimización y dimensionado de redes de ese tipo.

El programa para la optimización de las estructuras del área urbana está destinado a determinar el número de centrales, su localización, y sus áreas de servicio, de modo que satisfagan la demanda con el grado de servicio requerido, al mínimo coste¹³.

La figura 10 muestra el campo de aplicación de este programa. La figura 10a se refiere a la situación actual, mientras que las figuras 10b y 10c muestran los resultados de estudios sobre determinación de las estructuras óptimas para centrales con control centralizado y con control distribuido, respectivamente. Estas soluciones se pueden llamar *ideales* puesto que no tienen en cuenta la situación actual. Finalmente, la figura 10d corresponde a una solución que bien puede ser la óptima: se mantienen las actuales fronteras de las áreas de servicio y los edificios de centrales, y se ponen en servicio una sola central principal y dos URA digitales, sustituyendo sólo una central analógica y atendiendo al crecimiento de la demanda por medio de nuevas centrales digitales en los mismos emplazamientos que las centrales analógicas. La solución óptima podía haber sido reducir el número de edificios, como es típico en áreas con pequeñas centrales analógicas y bajo crecimiento de la demanda.

Estas figuras muestran que el modelo del programa puede considerar centrales principales, todos los tipos de centrales dependientes, y diversas estrategias de encaminamiento de tráfico entre centrales independientes y dependientes, según venga impuesto por el equipo. La red de abonado se representa adecuadamente en el modelo, que prevé también diferentes tipos de centrales analógicas y digitales en el mismo edificio. El programa es de aplicación general y, usando los condicionantes adecuados, puede analizar las situaciones reales. Para cada configuración de red evaluada, el programa imprime, entre otras informaciones, el coste total de la red y sus componentes: equipo de conmutación, enlaces, red de abonado, edificios, etc. El programa puede trabajar en base al primer coste o al VPCA.

Los problemas básicos encontrados al diseñar una red de enlaces se representan en la figura 11 y son:

- Determinación del número óptimo de centrales tándem y su emplazamiento.
- Establecimiento de las reglas de encaminamiento que gobiernan el flujo de tráfico entre dos centrales cualesquiera.
- Optimización y dimensionado de los enlaces (esto es, cuántos enlaces se situarán, si procede, en rutas de alto uso y en rutas finales).
- Optimización del trazado de las rutas físicas (cables, MIC, o cualquier otro medio de transmisión).

Como estos problemas no son independientes, no pueden tratarse por separado.

El programa de red de enlaces analógico/digital fue desarrollado para ayudar a resolver los tres primeros problemas. Básicamente, el programa está pensado para el dimensionado y optimización de la red de enlaces. Sin embargo, puede aplicarse a cualquier regla de encaminamiento que defina el modo de dirigir el tráfico entre dos

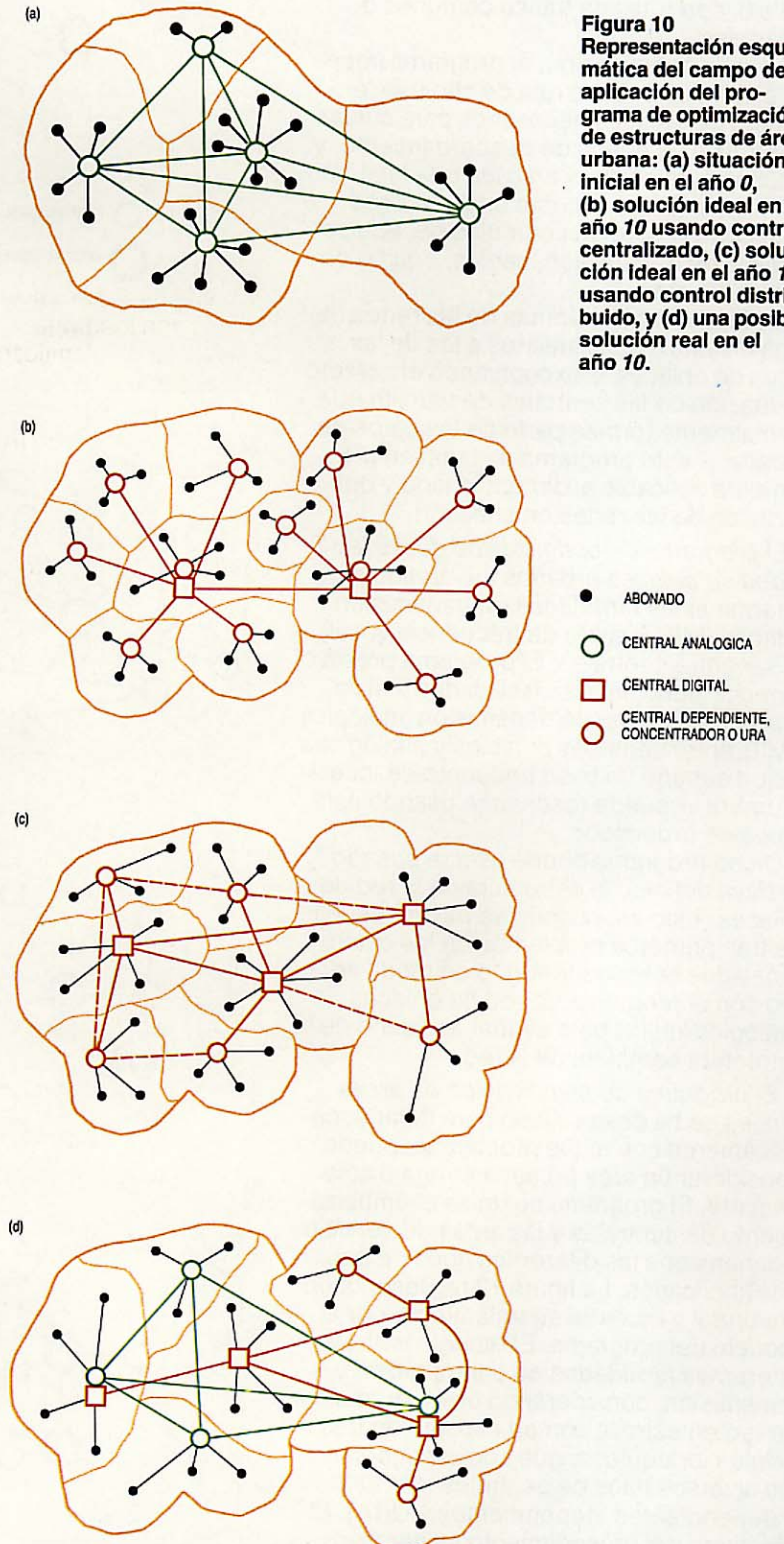


Figura 10
Representación esquemática del campo de aplicación del programa de optimización de estructuras de área urbana: (a) situación inicial en el año 0, (b) solución ideal en el año 10 usando control centralizado, (c) solución ideal en el año 10 usando control distribuido, y (d) una posible solución real en el año 10.

- ABONADO
- CENTRAL ANALOGICA
- CENTRAL DIGITAL
- CENTRAL DEPENDIENTE, CONCENTRADOR O URA

centrales, como por ejemplo: tándem en el centro de origen, tándem en el centro de destino, o a través de dos tándems. El programa ha sido diseñado para ayudar a los planificadores a definir completamente una red de enlaces, siguiendo métodos heurísticos y un procedimiento iterativo.

Este programa puede tratar diferentes niveles jerárquicos de acuerdo con la especificación del usuario, operación bidireccional, y sistemas de 24 ó 32 canales. También pueden considerarse diferentes tipos de centrales en el mismo o en distinto edificio, con rutas de tráfico comunes o separadas.

En cada optimización, el programa imprime el tráfico por cada ruta de alto uso, el número de enlaces necesarios para cursar este tráfico, el tráfico de desbordamiento, y el número de enlaces en cada ruta final. También imprime el coste total de la red junto con el coste de conmutación, equipo terminal de transmisión, cables, equipo de línea MIC, etc.

Dado que los problemas de las redes de larga distancia son similares a los de las redes de enlaces — exceptuando el número y situación de las centrales de tránsito que normalmente forman parte de los datos de entrada — este programa es también plenamente aplicable al dimensionado y optimización de las redes en cuestión.

El programa de optimización de las facilidades de enlaces urbanos fue creado para determinar las facilidades de transmisión óptimas (MIC o cable de frecuencia vocal) a usar entre centrales. El programa presta especial atención a las facilidades instaladas. El uso óptimo de transmisión analógica o MIC entre centrales digitales y analógicas — que supone un caso frecuente de incertidumbre — puede resolverse usando esta ayuda de ordenador.

Dicho programa puede usarse cuando se haya definido la estructura de la red de enlaces (esto es, cuando se hayan resuelto los tres primeros problemas de los cuatro señalados anteriormente), o en modo iterativo con el programa de red de enlaces analógico/digital para ayudar al diseño de la estructura completa de la red.

El programa de planificación de áreas rurales se ha desarrollado para tratar específicamente con estos problemas; puede considerar un área primaria entera o sólo en parte. El programa optimiza el emplazamiento de centrales y las áreas de servicio, y dimensiona los diferentes tipos de equipos implicados. La figura 12 representa un área rural y muestra su tratamiento por el modelo del programa. El modelo trata las diferentes facilidades de conmutación y transmisión, considerando una estructura de red en estrella con un máximo de tres niveles jerárquicos, que corresponden a los diversos tipos de centrales (centrales independientes, dependientes y URA). El algoritmo del procedimiento es iterativo.

Para cada solución de red el programa imprime el coste total, los costes para cada categoría de equipo, y la cantidad de equipo necesaria para satisfacer la demanda y el grado de servicio en las diferentes partes de la red.

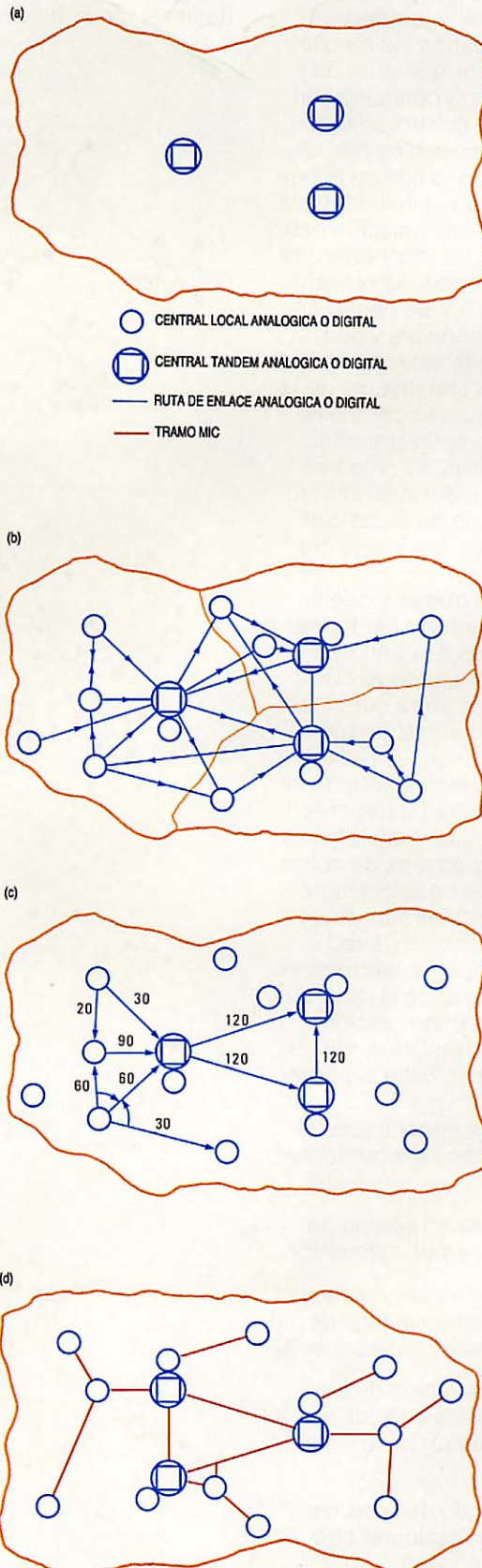
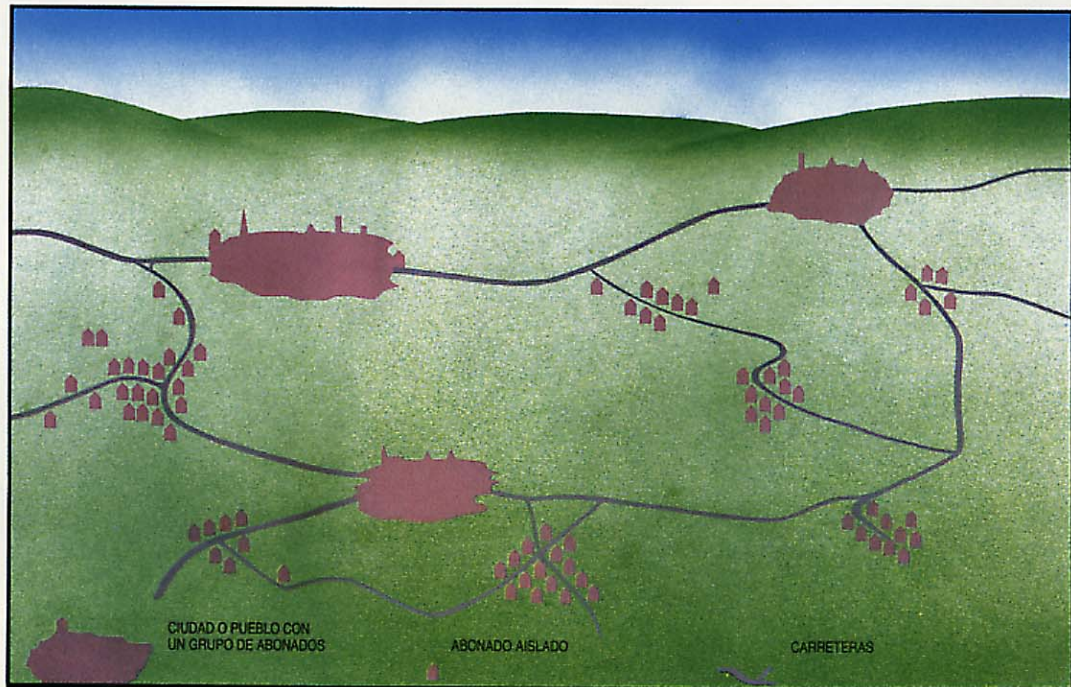


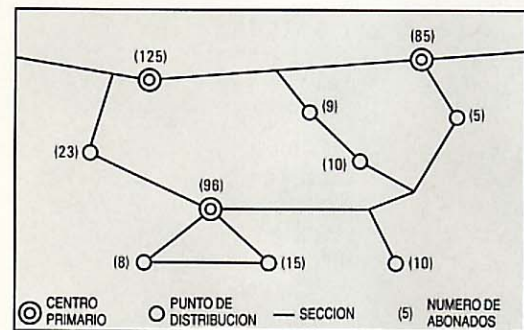
Figura 11 Esquema de los problemas básicos planteados en la optimización de redes de enlaces: (a) número y situación de centrales tándem, (b) reglas de encaminamiento, (c) optimización/dimensionado de enlaces, y (d) establecimiento de la red física MIC.

Figura 12
 Área rural típica y su
 modelo equivalente:
 (a) área rural, y
 (b) representación de
 su red telefónica.



Para ayudar a los planificadores en el diseño de redes óptimas de abonado, se ha desarrollado el *programa de diseño de la red de abonados*. Este programa dinámico puede planificar la instalación de sistemas de transmisión, cables, y estructuras soporte a lo largo de un periodo que fija el planificador. Puede tratar redes de cualquier tipo: analógico, digital, o una combinación de ambas durante la transición de analógico a digital. A opción del planificador, el plan adoptado puede ser uno de estos dos: o bien utilizar sólo sistemas de transmisión en frecuencia vocal, o utilizar también sistemas múltiplex digitales. En uno u otro caso el proceso de optimización está basado en la determinación de la red del mínimo coste, expresada tanto en primeros costes como en VPCA¹⁴. El procedimiento de optimización es iterativo. El programa imprime los requisitos de facilidades para cada parte de la red con características similares, año a año, incluyendo el tamaño y calibre de los cables. El modelo actual considerado por el programa se está potenciando para un tratamiento mejor y más genérico de las relaciones entre los medios de transmisión y las facilidades de conmutación que proporcionan las URA.

Las características específicas de las áreas con bajas densidades de abonados (rurales) hacen que la introducción en esas áreas de la tecnología digital en general, y del ITT 1240 en particular, plantee problemas muy distintos de los encontrados en áreas urbanas. Las grandes variaciones en el grado de automatización telefónica y las condiciones geográficas que normalmente se dan en áreas rurales, junto con la gama de equipos disponibles de conmutación y



transmisión y las condiciones de operación y mantenimiento, requieren un tratamiento diferente al de las áreas locales urbanas desarrolladas.

Un *análisis de sensibilidad* constituye, en general, el paso final común en la metodología. El objetivo de este análisis es determinar cuánto influyen las variaciones de los datos de entrada en la estructura óptima definida. Siempre que pequeñas variaciones afecten significativamente a la estructura óptima, los planificadores deberán tener particular cuidado, puesto que cierto grado de incertidumbre es inherente a todos los datos de entrada que se refieren al futuro; en particular, esto ocurre con la previsión de la demanda.

La metodología aquí descrita no sólo se ha desarrollado para uso interno de ITT, sino también para ofrecerla a cualquier Administración interesada en aplicarla a estudios de planificación relativos a la introducción del ITT 1240 en sus redes de telecomunicación.

Referencias

- 1 G. Robin, J. H. Dejean, G. Tulusso, L. Mack y A. Termote: Introduction of PCM Integrated Switching and Transmission into Existing Networks; *Proceedings of the International Switching Symposium, Kyoto, 25–29 octubre 1976*, documento 142-2.
- 2 J. H. Dejean y G. Robin: Métodos de estudios económicos para la introducción de sistemas MIC de conmutación y transmisión integradas en redes telefónicas; *Comunicaciones Eléctricas*, 1977, volumen 52, nº 1, págs. 26–31.
- 3 L. Mack y G. Robin: Evaluación económica de la evolución de las redes telefónicas convencionales hacia redes MIC con conmutación y transmisión integradas; *Comunicaciones Eléctricas*, 1977, volumen 52, nº 1, págs. 32–41.
- 4 F. Gómez Alamillo, I. Menéndez de Lurca y C. Tirado Montero: Planificación de redes. Análisis de la introducción de conmutación digital en la red española; *Comunicaciones Eléctricas*, 1979, volumen 54, nº 3, págs. 237–244.
- 5 F. Casali y S. R. Treves: Evolutionary Planning of Digital Switching and Transmission in a Typical Medium Size Town; *Proceedings of the International Networks Planning Symposium, París, 29 septiembre–2 octubre, 1980*, págs. 71–78.
- 6 M. Van Brussel y A. Campos Flores: Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 218–234 (en este número).
- 7 UIT-CCITT, *Local Network Planning*, 1979, págs. 21–34.
- 8 *Telecommunication Planning*, Standard Eléctrica, S.A., 1977. Editorial Paraninfo, Madrid, págs. 67–70.
- 9 R. Bonami, J. M. Cotton y J. N. Denenberg: Central digital ITT 1240: Arquitectura; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 126–134 (en este número).
- 10 J. M. Cotton, K. Giesken, A. Lawrence y D. C. Upp: Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación; *Comunicaciones Eléctricas*, 1981, volumen 56, nº 2/3, págs. 148–160 (en este número).
- 11 J. Kruithof: Calcul du Trafic Téléphonique; *Revue General de l'Électricité*, 2 abril 1938, volumen 43, págs. 427–438.
- 12 R. Bernard, J. H. Dejean y G. Robin: Analytical Cost Studies of PCM-IST Networks; *International Zurich Seminar on Digital Communications, Zurich, 9–11 marzo 1976*, documento D2, 6 págs.
- 13 P. A. Caballero, F. J. de los Ríos e I. Puebla: Programa de ordenador para la optimización de la estructura de redes urbanas analógicas/digitales; *Comunicaciones Eléctricas*, 1980, volumen 55, nº 4, págs. 354–363.
- 14 F. J. de los Ríos, P. A. Caballero y J. M. Silva: A New Method for the Optimization of Outside Plant Provisioning Based on Branch and Bound Techniques; *Proceedings of the International Networks Planning Symposium, París, 29 septiembre–2 octubre, 1980*, págs. 47–54.

Contribuyeron en este número

Fernando Alvarez Casas nació en Adrados, Segovia, España, en 1930. Se graduó en la Universidad de Madrid en matemáticas y físicas, y en 1956 ingresó en Standard Eléctrica, trabajando en los primeros desarrollos de semiconductores. Desde 1964 se ha dedicado a la planificación de telecomunicaciones, siendo actualmente jefe de la División del Telplan del CIISE. Esta división es el grupo central de planificación de redes de ITT. El Sr. Alvarez Casas ha participado activamente en los trabajos del CCITT sobre planificación de redes y es miembro del Comité Científico Internacional del Telecommunication Network Planning Symposium.

E. Bertoli nació en Milán en 1947. Estudió ingeniería electrónica en la Universidad de Milán, donde obtuvo un grado Master en 1974. Ese mismo año ingresó en SDI, y en 1977 pasó a Euteco como jefe de grupo en el desarrollo de un sistema con ordenador para una instalación química; al año siguiente ingresó en FACE-Standard como jefe de desarrollo del sistema Autrax. Posteriormente participó en el diseño a nivel sistema del ESCU-TUT y el centro ITT 1290. En 1980 trabajó en el desarrollo del ITT 1240 como jefe de programación soporte, y actualmente es jefe de programación en FACE para el ITT 1240.

Robert Bonami nació en París en 1944. En 1967 se graduó en ingeniería civil (telecomunicaciones) en la Ecole Nationale Supérieure de Télécommunications de París. Ese mismo año ingresó en LCT, trabajando inicialmente como ingeniero de desarrollo y más tarde como jefe de la sección de desarrollo de procesadores de conmutación avanzada. En 1976 fue nombrado jefe del departamento de procesadores de conmutación que desarrolló el ordenador ITT 3202. Desde 1979, ha estado al frente del centro de diseño del ITT 1240 ubicado en LCT.

F. Van den Brande nació en Bélgica en 1941. En 1964 se graduó en ingeniería eléctrica por la Universidad de Lovaina, e ingresó en BTM, Amberes, al año siguiente. Entre 1965 y 1972 fue un ingeniero destacado en el desarrollo de la programación de la central semielectrónica METACONTA* 10C. En 1972 fue nombrado jefe de desarrollo de programación de sistemas de conmutación digital totalmente electrónicos de BTM. Desde enero de 1980 es jefe de diseño de la arquitectura de programación del ITT 1240, trabajando en el International Telecommunications Center de Bruselas.

Mario della Bruna nació en Serino, Italia, en 1946. En 1972 se graduó en ingeniería electrónica en la Universidad Técnica de Nápoles, donde ejerció como cate-drático de dispositivos electrónicos hasta 1978. En 1974 ingresó en el departamento de telecomunicación de Selenia SpA, donde trabajó en el diseño de circuitos y programas de sistemas digitales de comunicación y control. En 1978, el Sr. della Bruna entró en el centro de diseño de FACE Sud, en Salerno, donde es actualmente jefe del departamento de circuitos y responsable del diseño de la central de tránsito ITT 1240.

Marcel Van Brussel nació en 1931 en Amberes, y en 1960 se graduó en la Escuela Técnica Superior de aquella ciudad. El Sr. Van Brussel ingresó en BTM en 1950, como ingeniero de desarrollo en la división de conmutación. En 1968 fue nombrado jefe del departamento de desarrollo y diseño de circuitos para Metaconta 10C, y en 1973 se unió al grupo de desarrollo de conmutación digital, donde actualmente es responsable del diseño del ITT 1240.

Albrecht Buchheister se incorporó a Standard Elektrik Lorenz en 1966 después de obtener el grado de Dipl. Ing. en ingeniería eléctrica por la Universidad de Stuttgart. Trabajó en varios departamentos de desarrollo de planificación de redes, diseño de sistemas de conmutación, herramientas de desarrollo (CAD), y desarrollo de programación para centrales Metaconta. Durante la última ocupación trabajó un año en CGCT en París. Desde 1977, el Sr. Buchheister es el jefe del departamento de tráfico de SEL, que en la actualidad se dedica principalmente a los estudios de tráfico de la red de conmutación para el sistema ITT 1240, así como de los centros Bildschirmtext.

Agustín Campos Flores nació en Torrijos (Toledo), España, en 1944. Obtuvo la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Madrid, en 1966, comenzando a trabajar en el CIISE en 1967. El Sr. Campos inició su actividad en conmutación MIC en 1972 con el proyecto PCM-B, primero como diseñador en LCT y posteriormente en el CIISE como jefe de grupo de circuitos y subjefe de la división de conmutación electrónica, responsable del modelo PCM-B instalado en Madrid en 1977. En 1978 fue temporalmente transferido al proyecto ITT 1240 en el ATC, Shelton, Connecticut. Desde 1980 ha trabajado como diseñador de sistemas en el CIISE para las aplicaciones del ITT 1240 a centrales pequeñas.

F. Casali nació en Milán, Italia, en 1947. Estudió físicas en la Universidad de Milán, graduándose en 1971. Desde 1969 a 1974 trabajó en el laboratorio de conmutación de Telettra en el desarrollo de una central pública local electrónica por división en espacio. Después de dos años como jefe de un laboratorio de desarrollo en SECI, compañía dedicada al campo de componentes electrónicos, el Sr. Casali ingresó en FACE para trabajar en planificación de redes; ha estado implicado en varios estudios de redes telefónicas italianas y extranjeras.

J. Cornu nació en Kemzeke, Bélgica, en 1944. Obtuvo el título en ingeniería mecánica y eléctrica por la Universidad de Lovaina en 1967, y posteriormente consiguió los grados ME y PhD por la Universidad de Carleton, Ottawa, Canadá, en 1968 y 1970, respectivamente. Desde entonces hasta 1973 ha trabajado en la investigación sobre semiconductores de potencia en los laboratorios de investigación Brown Boveri en Baden, Suiza. Se incorporó después a BTM, Amberes, donde ahora es el jefe del departamento de calificación y diseño de LSI.

* Marca registrada del sistema ITT

John M. Cotton obtuvo su grado BSc en física, e ingresó en los GEC Applied Electronics Laboratories Stanmore para trabajar en las primeras aplicaciones de los transistores y ordenadores digitales en el control aéreo. Después trabajó sucesivamente en Computer Development y en International Computers. Comenzó a dedicarse al diseño de ordenadores para telefonía con Plessey Company en 1964. En 1974 pasó a BNR, en Canadá, para trabajar en la familia de conmutación digital DMS. Su responsabilidad en la arquitectura del ITT 1240 se inició en 1976, en el ITT ATC. Recientemente se ha hecho cargo de la arquitectura del sistema avanzado.

S. Das obtuvo el grado BS (1965) y el MS (1968) en electrónica y telecomunicación en la Universidad de Jadavpur, Calcuta, India. Trabajó en el Instituto Indio de Estadística, en un proyecto conjunto con dicha Universidad sobre ordenadores, hasta que en 1969 se trasladó a los Estados Unidos. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Washington, en St. Louis, donde recibió el grado DSc en 1973. El Dr. Das ingresó en el centro de investigación de North Electric en Delaware, Ohio, desarrollando la que es ahora central digital ITT 1210. Desde marzo de 1976 ha trabajado en el centro ATC, en Shelton, donde es director de desarrollo de circuitos y sistema en el centro de diseño del ITT 1240.

R. Delit nació en Uccle, Bélgica, en 1945. Se graduó en 1968 en la Université Libre de Bruselas como ingeniero mecánico y electrotécnico. En 1971 ingresó en BTM (Amberes) en el departamento de diseño de sistemas para conmutación digital, donde permaneció hasta 1980. Trabajó en varios subsistemas de conmutación MIC, incluyendo concentradores de abonado y centralitas de operadoras, así como en las áreas de interfaces digitales y señalización por canal común. En septiembre de 1980, fue nombrado jefe de diseño de sistemas para los subsistemas soporte de la conmutación en el ITC, Bruselas.

Charlotte G. Denenberg nació en Chicago, Illinois, en 1947. Obtuvo el grado de BA en psicología en la Northwestern University, y los grados de MS y PhD en matemáticas en el Illinois Institute of Technology. Posteriormente trabajó en el ITT Research Institute y en los Bell Telephone Laboratories. La Dra. Denenberg pasó al ITT Advanced Technology Center en 1977 donde, como responsable de los servicios soporte de programación, trabajó en el desarrollo de los sistemas soporte del producto ITT 1240. En 1981 la Dra. Denenberg fue nombrada directora adjunta para sistemas telefónicos avanzados del ITT Programming Technology Center.

Jeffrey N. Denenberg recibió el grado BS en ingeniería eléctrica en 1966, en la Northwestern University. Posteriormente recibió los grados MS (1968) y PhD (1971), en la misma rama, en el Illinois Institute of Technology. El Dr. Denenberg trabajó en varios campos, incluyendo equipos de comunicaciones móviles, electrónica de consumo, y sistemas de conmutación de telecomunicaciones, antes de entrar en 1977 en el Advanced Technology Center de ITT. Como jefe de la ingeniería de sistemas ha intervenido en la definición y desarrollo del ITT 1240.

Jörg Dutt nació en 1942 en Stuttgart, Alemania. Estudió telecomunicación en la Universidad de Stuttgart, graduándose en 1968 como Dipl. Ing. Ese mismo año ingresó en SEL, donde trabajó en el desarrollo de sistemas de conmutación de comunicaciones. Después se dedicó a protección contra sobretensiones para equipos de conmutación y en 1976 fue nombrado coordinador de fiabilidad de SEL, siendo responsable de la eficacia de sistema de los sistemas de voz y datos con control distribuido. El Sr. Dutt es miembro del Comité Electrotécnico Alemán en el DIN, y del NTG (VDE). Representa a SEL y a ITT en el CCITT y en el IEC, en las áreas de fiabilidad y protección contra sobretensiones.

K. Glesken nació en 1936, en Glandorf, Ohio. Después de servir como técnico electrónico en la marina de EE. UU., ganó un BSEE en 1962 en la Ohio Northern University, y un MSEE en 1965 en la Ohio State University. En 1962 ingresó en los Bell Telephone Laboratories donde participó en el desarrollo en curso del Crossbar nº 5 y en el diseño del ESS nº 3. En 1973 pasó al ITT Headquarters Technical Group, actuando en varios proyectos en distintos lugares del mundo. Desde 1976 ha estado estrechamente asociado al proyecto ITT 1240 en varias posiciones, siendo copartícipe de la patente básica de la red "Una red ampliable en forma continua" para el ITT 1240.

Frans Haerens nació en 1941 en Zwevegen, Bélgica. Se graduó en ingeniería electrónica y electrotécnica en 1962, y dos años más tarde ingresó en BTM como ingeniero de diseño de ordenadores en el sistema Metaconta 10C. Posteriormente se trasladó al grupo de conmutación MIC, donde participó en el diseño lógico y físico de sistemas telefónicos y de datos, incluyendo el PCM-B, ITT 1240, sistema de datos METACONTA, y conmutación de paquetes. El Sr. Haerens es actualmente responsable, en el centro de diseño ITT 1240 de BTM, de procesadores, periféricos y diseño de LSI. Su principal responsabilidad es la contribución de ITT al desarrollo de la señalización por canal común CCITT nº 7.

Peter Haerle se graduó en telecomunicaciones en la Universidad Técnica de Stuttgart, Alemania, entrando seguidamente en STC, Inglaterra. En 1963 ingresó en Standard Elektrik Lorenz, donde se dedicó al estudio de conmutación MIC para aplicaciones públicas y militares. Más adelante fue nombrado jefe del departamento de desarrollo para análisis y gestión de sistemas. Entre 1973 y 1978 trabajó en el desarrollo del sistema de conmutación local EWSO, estando actualmente dedicado al diseño de sistema para la central digital ITT 1240. El Sr. Haerle es miembro del Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG).

M. A. Henrion nació en Cauroy-les-Hermonville, Francia, en 1940. Obtuvo el título de ingeniero en la Ecole Supérieure d'Electricité en 1962. En 1964 ingresó en LCT, donde trabajó en distintos desarrollos de sistemas de conmutación MIC, públicos y militares, incluyendo las pruebas de campo de la central tándem en Londres y después en Charleroi; posteriormente pasó al ITT Electronic Switching Development, Engineering and Coordination Center. En 1974 fue nombrado jefe del departamento de conmutación MIC en CGCT, responsabilizándose de la arquitectura y diseño de sistema de la central ITT 1220. Desde 1979 ha sido jefe de diseño de sistema e ingeniería del ITT 1240 en LCT.

L. Katzschner nació en Alemania en 1940. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart, donde obtuvo el grado de Dr. Ingeniero en 1970. Ingresó en el Instituto de Conmutación y Técnicas de Datos de la Universidad de Stuttgart, y fue nombrado jefe de un proyecto de diseño de un sistema experimental de conmutación digital. Ingresó en SEL en 1977 y desde entonces ha trabajado en el desarrollo de la programación para la central digital ITT 1240.

L. Van Laere nació en 1935 en Deinze (Bélgica). Obtuvo su graduación en ingeniería electrotécnica por la Escuela Técnica Superior de Gante en 1956 y dos años después ingresó en el departamento de ingeniería de télex de BTM, Amberes. Desde 1973 ha sido jefe del departamento de ingeniería de producto para los nuevos sistemas digitales.

Manfred Langenbach-Belz nació en Francfort, en 1944. En 1968 se graduó en la Universidad de Stuttgart como Dipl. Ing. en comunicaciones eléctricas. Desde 1969 a 1974 trabajó en dicha Universidad, en el Instituto de técnicas de conmutación y datos, principalmente en técnicas MIC, simulación, teoría de la telecomunicación y teoría de colas, aplicadas a ordenadores y redes de comunicación. En 1973 se graduó Dr. Ing. con una tesis sobre teoría de colas. En 1974 el Dr. Langenbach-Belz entró en SEL, donde trabajó por más de dos años en el desarrollo de sistemas SPC, y después pasó a dirigir el Centro de Diseño ITT 1240 en SEL. Es miembro del NTG.

Alan Lawrence nació en Mere, Inglaterra, en 1940. Se graduó en ingeniería eléctrica en 1962. Trabajó durante 14 años con Plessey Telecommunications en Inglaterra, contribuyendo a numerosos estudios sobre sistemas de comunicaciones analógicas y digitales. En 1977 pasó al ITT Advanced Technology Center en Connecticut, EE. UU., como especialista técnico superior responsable del diseño de la red de conmutación del ITT 1240.

F. Leyssens nació en Amberes, Bélgica en 1930. Se graduó en ingeniería electromecánica por el Instituto Hoger de Nayer, Malinas, en 1953 e ingresó en BTM en 1957. En BTM fue jefe de las divisiones técnicas de piezas mecánicas, componentes y normalización de conectores, así como de diseño industrial y desarrollo de práctica de equipos. Ingresó en el ITC en 1977 para coordinar el desarrollo de la práctica de equipos del ITT 1240.

Henry A. Malec obtuvo los grados BS en ingeniería eléctrica y matemáticas en el Illinois Institute of Technology. Desde 1959 a 1964 trabajó en el ITT Communications Switching Division en Chicago, Illinois, como ingeniero de fiabilidad. En 1964 se unió a los GTE Automatic Electric Laboratories, donde participó en estudios sobre diagnóstico y eficacia de sistemas, al mismo tiempo que actuó como consultor de fiabilidad. En 1978, el Sr. Malec ingresó en el ITT-ATC en Shelton, Connecticut, donde es responsable de la actividad de comportamiento de sistema en el grupo de diseño de sistemas. Está registrado como ingeniero profesional en Illinois y es miembro del comité administrativo de la IEEE Reliability Society.

M. Meinck obtuvo los grados BS y MS en ingeniería eléctrica por el Instituto Politécnico de Nueva York. Dedicó los principios de su carrera al desarrollo de circuitos analógicos y al diseño de circuitos de lógica digital; después trabajó en General Instruments y posteriormente en Singer en el desarrollo de circuitos LSI de encargo, para aplicaciones que iban desde telecomunicaciones a máquinas de coser. Durante los últimos cinco años, el Sr. Meinck trabajó en el ATC dirigiendo el diseño de pastillas LSI, circuitos híbridos y placas de circuito impreso para el desarrollo ITT 1240.

Adriaan Mells nació en Amberes en 1925. Su trabajo en BTM se inició en 1947, en el laboratorio de conmutación. En 1968 fue nombrado jefe de los departamentos de télex, sistemas de operadoras y fuerza, después de lo cual se le encargó organizar y dirigir el desarrollo de los nuevos sistemas de conmutación digital. Seguidamente combinó esta función con la de dirigir dentro de ITT el desarrollo del sistema B, que concluyó con centrales piloto en Bélgica, Italia y España. Desde 1977, el Sr. Mells es director de diseño de productos en el ITC (Bruselas), creado para coordinar el diseño del ITT 1240.

J. R. de los Mozos Marqués nació en Salamanca, España, en 1941. Le fue concedido el título de ingeniero superior por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid en 1965. Al año siguiente se incorporó al recientemente creado grupo de tráfico del CIISE, donde inicialmente trabajó en el dimensionado y desarrollo de una nueva versión del sistema PENTACONTA*. En 1970 fue designado responsable de todos los estudios de tráfico para los sistemas de conmutación electromecánica, como adjunto al jefe del grupo de tráfico. Cuatro años más tarde fue promovido a jefe del grupo de tráfico, que es el grupo central para los estudios de tráfico de ITT.

H. Neufeldt nació en Jagel, cerca de Schleswig, Alemania, en 1949. Estudió telecomunicación en Hamburgo, especialmente técnicas digitales. En 1973 ingresó en SEL, en el departamento de formación sobre sistemas de conmutación electrónica. Después de cinco años de experiencia en EWS, Metaconta 11 B, y Metaconta esclavo, fue nombrado responsable del diseño de operación y mantenimiento, incluyendo el de la central digital ITT 1240.

J. H. Newey nació en París en 1934. Estudió en Versalles y Grenoble, graduándose con diplomas en electrónica y ciencias informáticas de la Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique de Grenoble. Ha tenido cargos de programación, análisis de sistemas y dirección en las compañías Bull y Control Data Corporation. Ingresó en 1975 en LCT, donde hoy es jefe del proyecto de sistemas soporte de desarrollo de programas en ITT Europa.

Paul Pahud nació en París, en 1931. En 1952 se graduó en ingeniería eléctrica en París, ingresando luego en CGCT, donde se dedicó a instalaciones de exportación y soporte en el campo del sistema Pentaconta. A continuación trabajó por dos años en los laboratorios de IBM (La Gaude) en desarrollo de sistemas de conmutación electrónica, hasta regresar a ITT en 1968. En 1972 entró en el Grupo Metaconta, donde colaboró en el desarrollo Metaconta interurbano para Roma, siendo allí responsable de la integración y puesta en servicio final. Desde 1978, es jefe de instalaciones del ITT 1240 en el ITC, Bruselas.

* Marca registrada del sistema ITT.

Andrew Perga nació en Butte, Montana (EE.UU.), en 1931. En 1952 se graduó en ingeniería electrónica en el Institute of Technology de California, obteniendo las graduaciones BSEE (1958) y MSEE (1959). Después trabajó como ingeniero, jefe de ingeniería y director general en compañías aeroespaciales americanas. El Sr. Perga ingresó en ITT en 1974, y ha sido director de ingeniería industrial en ITT Europa, director de ingeniería industrial y fabricación en el ITC, y va a ocupar el cargo de director mundial de ingeniería industrial en la Sede Central de ITT, Nueva York.

Bruno Rossi nació en Cuneo, Italia, en 1948, y se graduó en Electrónica en el Politécnico de Turín, en 1973. En dicho año se incorporó a FACE-Standard, siendo asignado para trabajar en STL en el Reino Unido, en el departamento de programación del sistema de datos Metaconta. Volvió a FACE en 1977, donde se responsabilizó de realizar la señalización y las especificaciones de control de llamada para las centrales ITT 1220 y 1240 de Bolonia. El Sr. Rossi es ahora jefe del grupo de definición de sistemas que actualmente define la configuración de la central ITT 1240 - RDSI. Es también representante de FACE en los Grupos de Estudio XI y VII del CCITT y en los grupos de trabajo nacionales correspondientes.

H. Schiemann nació en Apeldoorn en el año 1943. Cursó estudios de diseño electromecánico en la Escuela Técnica Superior de Darmstadt, graduándose en 1971. Al año siguiente ingresó en la división de diseño de SEL en Stuttgart. Desde 1973 ha sido jefe del departamento de diseño de prácticas de equipo para sistemas electrónicos digitales.

M. Smouts nació en Turnhout (Bélgica) en 1944. Estudió en la Universidad de Lovaina, donde se graduó en 1968. Ingresó en BTM como ingeniero de diseño de circuitos del Metaconta 10C; en 1974 fue nombrado jefe de la sección de desarrollo de circuitos de mantenimiento, al trasladarse al grupo de conmutación MIC. El Sr. Smouts actualmente es jefe de desarrollo de producto para el ITT 1240, en dicho grupo.

H. Strasser nació en Viena, Austria, en 1939. Obtuvo el grado de Dipl. Ing. en Telecomunicación en la Technische Universität de Viena e ingresó en ITT Austria en 1969. Desde entonces hasta 1975 participó en el desarrollo del Metaconta 11 E, y fue responsable técnico de iniciar los sistemas de servicio de telecomunicación (TSS) en Austria. Desde 1976 ha dirigido el desarrollo de los microprocesadores en ITT Austria, siendo su principal responsabilidad el sistema con microprocesadores ITT 0802. Durante años ha participado en proyectos de transferencia de tecnología y actualmente está llevando el desarrollo de la posición digital de operadora para el ITT 1240.

Kurt Strunk nació en 1928 en Essen, Alemania Occidental. Estudió ingeniería de comunicaciones en la Universidad Técnica de Aachen, donde obtuvo el grado de Dipl. Ing. en 1957. Desde entonces el Sr. Strunk ha trabajado en SEL, Stuttgart, inicialmente como ingeniero de desarrollo y posteriormente como jefe del grupo técnico dedicado a centrales públicas. En 1972 se hizo cargo del desarrollo de sistemas de conmutación para exportación. Desde 1977 ha sido jefe del desarrollo de circuitos del ITT 1240 en SEL.

D. C. Upp nació en Columbus, Ohio, en 1941. Estudió en la Ohio State University donde obtuvo los grados BEE y MSEE en 1966 y 1967, respectivamente. En 1966 ingresó en el Ohio State Electro-Science Laboratory, trabajando en el desarrollo del satélite TDMA y de sistemas activos de redes de antenas. El Sr. Upp ingresó en North Electric en 1974, participando en el desarrollo DSS (ahora ITT 1210); tres años más tarde pasó al ITT ATC, donde ha sido responsable del desarrollo de LSI digitales para la central ITT 1240.

H. Verhille nació en Amberes, en 1933. Después de completar sus estudios de electrónica en la Escuela Técnica Superior de Amberes, en 1954 ingresó en BTM. Seis años después se hizo cargo de la introducción y posterior desarrollo del sistema de barras cruzadas Pentaconta en BTM. En 1965 se le encomendó la dirección del grupo de desarrollo y planificación de sistemas. En 1978, el Sr. Verhille pasó a ocupar su puesto actual, jefe de producto para el ITT 1240. En tal cometido, es responsable en BTM del desarrollo y realización de la central digital ITT 1240.

F. Verstraete nació en 1948. Estudió en la Escuela Técnica Superior de Gante, donde obtuvo un diploma en ingeniería electrónica en 1971. Posteriormente trabajó en los campos de comunicación por radio, ingeniería de diseño y circuitos cerrados de televisión, hasta que en 1975 ingresó en BTM para trabajar en diseño de circuitos para centrales digitales. En 1978 fue nombrado jefe de ingeniería de circuitos y actualmente participa en el desarrollo de la central ITT 1240.

J. Van Walle nació en Amberes en 1925. Se graduó en la Escuela Técnica Superior de Amberes en 1958. Ingresó en BTM en 1947, en el departamento de instalaciones, y en 1954 era ingeniero de diseño de circuitos para sistemas electromecánicos de conmutación telefónica. Desde 1962 fue jefe de grupo de diseño y desde 1969 jefe del departamento de circuitos. En 1972 fue nombrado jefe del departamento de operación y mantenimiento para sistemas SPC y en 1976, jefe de proyecto en el desarrollo WCN. Desde 1978 ha sido jefe de la ingeniería de producto para los productos TSS.

W. Würth nació en Viena, Austria, en 1940. Se graduó en telecomunicación en la Technische Universität de Viena. Ingresó en ITT Austria en 1969, como ayudante técnico. Al año siguiente creó un grupo de programación para el diseño con ayuda de ordenador y comenzó así la introducción de técnicas avanzadas de programación en ITT Austria. Desde 1976 fue responsable de reestructurar los conocimientos requeridos para desarrollos en programación y de establecer el entorno y los medios necesarios para obtener nuevos productos basados en la programación. Desde entonces ha sido jefe de programación en ITT Austria y es responsable de programas soporte de los métodos aplicados y de la calidad de la programación.

Langenbach-Belz, M.; Melis, A.; Verhille, H.

Central digital ITT 1240: Introducción

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 114-125

Con el fin de atender a las necesidades de los servicios telefónicos y de los servicios de datos actuales y futuros, el sistema ITT 1240 se ha concebido como centrales enteramente digitales. Se consigue fiabilidad elevada, un producto uniforme en todo el campo de aplicación e inmunidad ante cambios futuros, gracias a utilizar en el ITT 1240 el principio del control distribuido mediante tecnología de semiconductores avanzada, que incluye microprocesadores y circuitos LSI de diseño específico. La modularidad conseguida en equipo y programación, combinada con una arquitectura sencilla, permite que el ITT 1240 se adapte a cualquier requisito de las actuales redes telefónicas y facilite la realización gradual de redes digitales de servicios integrados (RDSI).

Bonami, R.; Cotton, J. M.; Denenberg, J. N.

Central digital ITT 1240: Arquitectura

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 126-134

La arquitectura de control distribuido de la central digital ITT 1240 fue concebida para mejorar la flexibilidad de la central, facilitar nuevos servicios, aprovechar la tecnología de componentes más reciente y superar las limitaciones de los sistemas de conmutación telefónica de control centralizado. Conceptualmente es muy simple: consiste en un cierto número de módulos terminales autónomos, cada uno con su propio microprocesador y memoria, conectados a la red digital de conmutación. Los autores describen esta avanzada arquitectura de control y muestran cómo permite conseguir un crecimiento gradual y económico en un amplio margen de tamaños, así como incorporar fácilmente nuevos servicios y tecnologías en el momento en que aparecen.

Das, S.; Strunk, K.; Verstraete, F.

Central digital ITT 1240: Descripción del equipo físico

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 135-147

La arquitectura de la central digital ITT 1240 permite aprovechar la evolución tecnológica. La base de la arquitectura está en el control distribuido, con los terminales agrupados en módulos autónomos conectados a la red de conmutación mediante un interfaz normalizado. En un cierto número de circuitos se ha utilizado la moderna tecnología LSI de diseño específico, como en el caso del puerto de conmutación, bloque básico de toda la red digital de conmutación. En todos los casos posibles se ha hecho un uso razonable de circuitos LSI existentes en el comercio, por ejemplo, el microprocesador de 16 bits. Como resultado se ha obtenido una central digital capaz de tratar voz y datos, que puede crecer hasta más de 100.000 líneas ó 60.000 enlaces.

Cotton, J. M.; Giesken, K.; Lawrence, A.; Upp, D. C.

Central digital ITT 1240: Red digital de conmutación

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 148-160

Se describe un nuevo diseño de red digital de conmutación virtualmente sin bloqueo, que permite distribuir totalmente el control de la central digital ITT 1240, cubriéndose un amplio margen de aplicaciones y posibilitando la ampliación en incrementos pequeños y económicos. La red de conmutación se compone en su totalidad de elementos de conmutación enchufables e idénticos, capaces de establecer, mantener y liberar conexiones en respuesta a órdenes de elementos de control distribuidos. Esta arquitectura supera muchas de las graves limitaciones, económicas y prácticas, respecto a aplicaciones y flexibilidad de crecimiento, que imponen los sistemas de conmutación digital de control centralizado.

Cornu, J.; Meinck, M.

Central digital ITT 1240: Tecnología de componentes avanzada

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 161-172

La utilización de una tecnología de circuitos avanzada fue esencial para lograr los objetivos del sistema ITT 1240 en cuanto a fiabilidad, tamaño, disipación de energía y coste, así como la capacidad de un crecimiento gradual de la central por la simple adición de equipo. Se utilizan componentes LSI (integración a gran escala) comerciales, siempre que éstos puedan cumplir los requisitos del sistema; además se emplean otros LSI de diseño específico y de avanzada tecnología de encapsulado para satisfacer las necesidades concretas de la central digital ITT 1240. Se ha diseñado especialmente un circuito LSI *n*-MOS, el puerto de conmutación, para construir la red digital de conmutación, columna vertebral del ITT 1240. Análogamente, en el circuito interfaz de línea - bloque funcional más repetido en la central - es necesario utilizar circuitos LSI de encargo de los tipos bipolar y *n*-MOS para obtener las características exigidas. Los autores describen cómo se eligieron los procesos de semiconductores más adecuados para cada tipo de circuitos y destacan el uso de técnicas de análisis y diseño con ayuda de ordenador, esenciales para el desarrollo de LSI fiables.

Katzschner, L.; Van den Brande, F.

Central digital ITT 1240: Conceptos y realización de la programación

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 173-183

Cuando se diseñó la programación de la central digital ITT 1240, un objetivo primario fue conseguir que los cambios en la tecnología del equipo y la introducción de nuevos servicios no afectaran a dicha programación en su conjunto, garantizando así su inmunidad ante el futuro. Esto se ha logrado utilizando tres técnicas avanzadas de estructuración de programas: la modularidad apoyada en las máquinas de mensajes finitos, el concepto de máquina virtual que asegura que los cambios en el equipo afectan solamente a una reducida parte de la programación, y los interfaces genéricos, que tienen en cuenta futuras aplicaciones. De este modo el sistema ITT 1240 puede incorporar las más recientes tecnologías de equipo y de programación a medida que aparezcan y resulten económicamente justificables, sin necesidad de modificaciones significativas en la programación ya en servicio.

Bertoli, E.; Neufeldt, H.; Smouts, F.

Central digital ITT 1240: Operación y mantenimiento

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 184-197

Desde el punto de vista de una Administración, el mantenimiento y la operación de una central digital con control distribuido son iguales, en principio, a los de una central analógica con control centralizado. Sin embargo, introduciendo módulos especializados, con inteligencia propia, para funciones específicas, el sistema puede tener más flexibilidad y redundancia, consiguiéndose una detección de errores más simple, mejor grado de servicio y otras ventajas. Los autores describen cómo se puede acceder a estas funciones usando el lenguaje hombre-máquina del CCITT, ya sea desde la propia central o desde un centro remoto de operación y mantenimiento como el ITT 1290.

Dutt, J.; Malec, H. A.

Central digital ITT 1240: Eficacia de sistema

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 198-206

Las centrales ITT 1240 tienen una arquitectura completamente modular, con el control de la red digital de conmutación y de los módulos operacionales totalmente distribuido; esto implica que la operación del sistema completo resultará muy poco afectada por los fallos. El resultado es que la disponibilidad global vuelve a ser comparable a la que ofrecían los sistemas tradicionales paso a paso y de selector a motor. Los autores analizan los requisitos de eficacia establecidos para el ITT 1240 y muestran cómo la tolerancia a los fallos se ha aumentado mediante el uso de circuitos de corrección de errores y reconfiguraciones controladas por programa. Esta capacidad para operar eficazmente aun en presencia de fallos reduce los costes de mantenimiento, al permitir diferir la reparación de muchos fallos hasta la próxima visita de mantenimiento prevista.

de los Mozos, J. R.; Buchheister, A.

Central digital ITT 1240: Capacidad de tráfico

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 207-217

Las nuevas arquitecturas tanto de la red digital de conmutación como del control distribuido, dan al sistema ITT 1240 características únicas. La selección de caminos a través de la red se hace en cada etapa por el propio elemento de conmutación, que tiene la suficiente inteligencia para esta función. La arquitectura de la red, la gran accesibilidad de los conmutadores, y el mecanismo de selección de camino aseguran un excelente funcionamiento a todos los niveles prácticos de carga de tráfico. La calidad del control distribuido iguala a la de la red, ofreciendo una capacidad de tratamiento de llamadas ilimitada, con unos tiempos de respuesta que satisfacen a todas las aplicaciones. Este artículo describe el funcionamiento de la red, analiza su comportamiento frente al tráfico y presenta varios modelos de simulación del control.

Van Brussel, M.; Campos, A.

Central digital ITT 1240: Aplicación a la red local

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 218-234

La arquitectura modular con control distribuido de la central digital ITT 1240 permite su utilización en una amplia gama de aplicaciones del área local, como central independiente o como central supervisada; en los tamaños muy pequeños se utiliza una unidad remota de abonados. Todas las aplicaciones se basan en el conjunto estándar de módulos terminales ITT 1240, que posibilitan la ampliación de centrales pequeñas supervisadas hasta llegar a grandes centrales independientes mediante la simple adición de los módulos adecuados para la configuración ampliada.

Haerle, P.; della Bruna, M.

Central digital ITT 1240: Aplicación a la red interurbana

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 235-247

Por la estructura modular de su equipo y de sus programas el ITT 1240 se aplica a centrales de tránsito nacionales (interurbanas) e internacionales. El artículo expone la configuración típica de una central de tránsito ITT 1240 y describe en detalle los módulos desarrollados específicamente para este tipo de aplicación. Se resalta, en particular, los módulos de enlaces analógicos y de enlaces digitales, así como su fácil adaptación a los diferentes sistemas de señalización, la inserción de supresores digitales de eco y la gran flexibilidad del subsistema de pruebas de enlaces. Algunos ejemplos prácticos de centrales de tránsito nacional e internacional muestran la aplicación de módulos estandarizados, que satisfacen los requisitos de diferentes Administraciones.

Delit, R.; Henrion, M. A.; Van Walle, J.; Strasser, H.; Würth, W.

Central digital ITT 1240: Subsistema de operadoras

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 248-263

Aunque la operación de la red telefónica está en su mayor parte automatizada, existe un porcentaje considerable del tráfico telefónico que aún es tratado por operadoras. El subsistema de operadoras ITT 1240 puede tratar todos los servicios descritos en la Recomendación E. 141 del CCITT y las versiones nacionales de estos servicios, satisface todos los requisitos actuales y tiene flexibilidad para adaptarse a los que puedan aparecer en el futuro. Todas las ventajas tecnológicas de la central digital ITT 1240 están incorporadas en el servicio manual de operadoras, incluyendo la arquitectura modular, control distribuido por microprocesadores y operación totalmente digital. Siguiendo los principios ergonómicos más recientes se ha diseñado una posición versátil de operadora, que incorpora teclado y pantalla de supervisión y que ayuda a crear un ambiente de trabajo agradable y eficiente.

Rossi, B.; Haerens, F.

Central digital ITT 1240: Realización de la señalización por canal común CCITT nº 7

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 264-273

El nuevo sistema de señalización por canal común CCITT nº 7 es altamente adecuado para su utilización con la central digital ITT 1240,

con el objeto de transportar información de señalización relativa a servicios de voz y de otros tipos, en una red digital de servicios tintegrados. Como facilidad secundaria puede también utilizarse para transferir otro tipo de datos, tales como información estadística. El autor bosqueja en primer lugar las principales características de la señalización nº 7, y describe después su realización en la central ITT 1240. Aprovechando la flexibilidad de esta señalización y la arquitectura de la central, se amplía el uso del CCITT nº 7, más allá de centrales independientes, a aplicaciones tales como centrales supervisadas, posiciones de operadora y PABX.

Denenberg, C. G.; Newey, J. H.

Central digital ITT 1240: Sistemas soporte del producto

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 274-282

ITT ha desarrollado un conjunto integrado de sistemas soporte que sirven de entorno a todas las actividades de ingeniería asociadas con los sistemas de conmutación, incluyendo la central digital ITT 1240. Estos sistemas soporte pretenden incrementar la productividad de los ingenieros y la calidad de los productos. El artículo describe los requisitos de diseño, arquitectura, y componentes de los sistemas soporte del producto usados para la central ITT 1240.

Schiemann, H.; Van Laere, L.; Leyssens, F.

Central digital ITT 1240: Práctica de equipos

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 283-292

Debido a que la central digital ITT 1240 utiliza una arquitectura digital de control distribuido e incorpora una gran variedad de circuitos LSI tanto comerciales como de encargo, ya no son adecuadas las prácticas de equipo diseñadas para centrales de tipo analógico con control centralizado. Los autores describen la práctica de equipos del ITT 1240, que satisface las necesidades de la nueva generación de centrales. Los principales objetivos han sido acelerar el proceso de instalación enviando los bastidores completamente equipados después de exhaustivas pruebas en fábrica con el fin de garantizar su alta fiabilidad; asimismo había que facilitar la disipación del calor producido por la alta densidad de equipamiento. Otros objetivos fueron la simplicidad del equipo y facilitar la fabricación.

Pahud, P.; Perga, A. L.

Central digital ITT 1240: Fabricación e instalación

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 293-301

El objetivo fundamental de los métodos de fabricación e instalación seguidos para el ITT 1240 es asegurar que el potencial total de los equipos se consiga adecuadamente en la práctica. Se usan técnicas de fabricación automática siempre que resulten económicas, incluyendo máquinas de manejo y posicionado para ensamble de componentes sobre placas de circuito impreso y máquinas de soldadura por condensación que producen uniones soldadas uniformes y de alta calidad. La instalación está basada en el principio de montar y probar la central en fábrica, enviándola después a la instalación como una unidad completa. Sin embargo, en ampliaciones y ciertas centrales medianas y grandes, pueden enviarse bastidores sueltos totalmente probados para su posterior montaje en filas en la instalación; de esta forma se minimizan los tiempos requeridos.

Alvarez Casas, F.; Casali, F.

Central digital ITT 1240: Planificación de redes y aplicación

Comunicaciones Eléctricas (1981), volumen 56, nº 2/3, págs. 302-314

La red en la que debe trabajar una nueva central determina sus características y su método de introducción. Los autores discuten los factores de red más importantes que influyen en estos aspectos: gama de aplicación, capacidad de múltiples funciones, inversiones de capital, estructura de red, y la evolución de la red y de los servicios. Se describen las técnicas de planificación para introducción de la central digital ITT 1240 en las redes existentes usando metodologías basadas en ordenador. Dichos métodos se aplican a definir la estrategia genérica de introducción, y al dimensionado y optimización de partes específicas de la red.

Abreviaturas*

ACK	señal de reconocimiento	MOS	semiconductor de metal-óxido
AMI	inversión alternada de marcas	MTBF	tiempo medio entre fallos
ASCII	código normalizado americano para intercambio de información	MVS	almacenamiento virtual múltiple
ATM	módulo de enlaces analógicos	NACK	reconocimiento negativo
ATME	equipo automático de medidas de transmisión	NRZI	código sin retorno a cero invertido
AUM	módulo de usuario asíncrono	NSD (FSN)	número secuencial directo
BCE (CK)	bitios de comprobación	NSI (BNS)	número secuencial inverso
BID (FIB)	bitio indicador directo	OIS (SIO)	octeto de información del servicio
BII (BIB)	bitio indicador inverso	PACK	reconocimiento positivo
CAE	ingeniería de aplicación a clientes	PCC	centro de control del producto
CAESS	sistema soporte de ingeniería de aplicación	POL	lenguaje orientado al problema
CCITT	Comité Consultivo Internacional para Telegrafía y Telefonía	PROM	memoria programable de sólo lectura
CCM	módulo de canal común	PTM	módulo de enlaces de paquetes
CDE	ingeniería de diseño para clientes	PTS (STP)	punto de transferencia de señalización
CDP	proceso de datos para cliente	PUM	módulo de usuario de paquetes
CEPT	Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones	PUCR (RCUP)	parte de usuario de control remoto
CERDIP	DIP cerámico	PUD (DUP)	parte de usuario de datos
CES (SLC)	código del enlace de señalización	PUMO (OMUP)	parte de usuario de mantenimiento y operación
CHARTS	sistema de control y distribución de cambios	PUPO (OPUP)	parte de usuario de posición de operadora
CHILL	lenguaje de alto nivel del CCITT (para conmutación telefónica)	PUT (TUP)	parte de usuario de telefonía
CHM (MMC)	comunicación hombre-máquina	PUTC (CCUP)	parte de usuario de tarificación centralizada
CIC	código de identificación del circuito	RAM	memoria de acceso aleatorio
CIS (SIF)	campo de información de señalización	RBF	formato binario reubicable
CMOS	MOS complementario	RDC (DSN)	red digital de conmutación
CMSS	sistema soporte para control de configuración	RDI (IDN)	red digital integrada
CPD (DPC)	código de punto de destino	RDSI (ISDN)	red digital de servicios integrados
CPO (OPC)	código del punto de origen	RIM	módulo interfaz de URA
CTM	módulo de reloj y tonos	RIT	elemento sustituible
DCM	mezclador digital de conferencia	RP (MDF)	repartidor principal
DIP	encapsulado doble-en-línea	SBL	bloque de seguridad
DI5	interfaz digital para señalización de línea CCITT n° 5	SDE (DES)	supresor digital de eco
DSE	elemento digital de conmutación	SDSS	sistema soporte para desarrollo de programas
DSM	módulo de abonados digitales	SES (SLS)	selección del enlace de señalización
DTL	lógica transistor-diodo	SI	indicador de servicio
DTM	módulo de enlaces digitales	SM	ubicador de segmentos dependiente de la máquina
ECA (ACE)	elemento de control auxiliar	SMSS	sistema soporte para producción de programas
ECT (TCE)	elemento de control terminal	SPATA	voz o datos
EOP	fin de paquete	SPC	control por programa almacenado
FDM	múltiplex por división de frecuencia	SPMS	sistema monitor de producción de programas
FIT	un fallo en 10 ⁹ horas del dispositivo	SSM	máquina soporte del sistema
FMM	máquina de mensajes finitos	STP	parte normalizada de telefonía
HDLC	control de alto nivel del enlace de datos	SUM	módulo de usuario síncrono
HIC	circuito interfaz de alto voltaje	SXM	módulo de enlace submúltiplexado
IDSS	sistema soporte para control integrado de documentación	SYNC	sincronización
IGS	sistema gráfico interactivo	TASI	interpolación de voz por asignación en el tiempo
LCC	ordenador de control para laboratorio	TCI	interfaz de control del terminal
LEAP	planificación y producción avanzada de largo alcance	TDM	múltiplex por división de tiempo
LED	diodo luminiscente	TEX	programa ejecutivo para pruebas
LEMM	montador editor/reubicador en memoria	TI	interfaz terminal
LFS	supervisión y alimentación de línea	TIC	circuito interfaz de transmisión
LI	indicador de longitud	TTL	lógica transistor-transistor
LRV	programa de verificación de reglas de trazado	URA (RSU)	unidad remota de abonados
LSI	integración en gran escala	VXO	oscilador de cristal controlado en voltaje
LTF	medios de prueba en laboratorio	VDU	unidad visualizadora (pantalla)
LTRF	fichero de retención a largo plazo	VLSI	integración en muy grande escala
MDT	tiempo medio de indisponibilidad	VM/CMS	sistema de máquina virtual/monitor de conversación
MFC	código multifrecuencia	VPCA (PVAC)	valor presente de las cargas anuales
MIC (PCM)	modulación por impulsos codificados	XDBG	generador de la base de datos de la central
MM	reubicador en memoria dependiente de la máquina		
MMF	fichero de mensajes principal		

* En general, las abreviaturas corresponden a la denominación inglesa, salvo cuando el uso técnico común o los organismos internacionales hayan establecido su equivalente español; en tal caso figura éste, seguido por la abreviatura inglesa entre paréntesis.

Oficinas Editoriales

La correspondencia relacionada con las diferentes versiones de Electrical Communication debe dirigirse al editor correspondiente:

Michael Deason
Electrical Communication
Great Eastern House
Edinburgh Way
Harlow, Essex
England

René Thévin
Revue des Télécommunications
18-20 rue Grange Dame Rose
78140 Vélizy-Villacoublay
France

Otto Grewe
Elektrisches Nachrichtenwesen
Hellmuth-Hirth-Strasse 42
7000 Stuttgart 40
Deutsche Bundesrepublik

Antonio Soto
Comunicaciones Eléctricas
Ramírez de Prado, 5
Madrid – 7
España