

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION  
Revista técnica publicada trimestralmente por  
INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

## RESUMEN

## VOLUMEN 52 (1977) NUMERO 4

Sistema de Entrada de Datos ITT 3470, por <i>J. Cabrera, I. Lopez y R. de Ory</i> .....	274
Ayuda de ordenadores en la ingeniería del METACONTA 10C, por <i>D. Baeckens</i> .....	281
Estudio analítico de los efectos de realimentación sobre el tráfico del procesador en sistemas SPC, por <i>E. Jensen, M. J. Sánchez Puga y R. B. Haugen</i> .....	288
Sistema de transmisión MIC de 34 Mbit/s, por <i>J. V. Martens</i> .....	298
Los conceptos de grado de servicio y calidad de servicio en centrales telefónicas públicas, por <i>J. P. Dartois</i> .....	305
DME de precisión para el nuevo sistema de aterrizaje: ¿impulso rápido o lento?, por <i>D. Graziani</i> .....	320
El sistema de teclado NOVAKEY controlado por datos, por <i>K. A. Saxby y F. L. Howett</i> .....	325
La evolución de los Sistemas de Transmisión, por <i>W. Haas</i> .....	331
Equipo de Telecomunicación para la recogida de datos del sistema METEOSAT, por <i>M. Lambourg</i> .....	337
Mando automático de vehículos sobre carriles, por <i>H. Uebel</i> .....	342
Notas de Investigación y Desarrollo: Transductores telefónicos utilizando hojas de polímero piezoeléctrico, por <i>W. D. Cragg y N. W. Tester</i> .....	347
Realización de una opción de multi-direccionamiento en una central Télex SPC, por <i>W. Noppe y P. Van Put</i> .....	351
Encomio del profesor E. Kramar .....	353
Nuevas realizaciones .....	354

Editor principal: Pierre Mornet

Director en Español: J. A. Gómez García, José Ortega y Gasset, 22—24, Madrid-6

# Sistema de Entrada de Datos ITT 3470

La familia del sistema de entrada de datos ITT 3470, está compuesta por cuatro modelos básicos. Tres de éstos han sido específicamente diseñados para entrada de datos remota o descentralizada, aunque también constituyen una solución eficaz en áreas de transcripción centralizadas. El cuarto modelo está especialmente pensado para gran volumen de entrada de datos en estructuras centralizadas donde las opciones de impresora y comunicaciones no son necesarias.

J. CABRERA

I. LOPEZ

R. DE ORY

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, España

## Introducción

Entrada de datos es probablemente el sector de la industria de procesamiento de datos (EDP) que ofrece a cada tipo de usuario la gama más amplia de productos, cubriendo toda clase de aplicaciones, tipos de preparación de datos e interfaces con computadores. Sin embargo, esta verdadera explosión de equipos ha tenido lugar en un período relativamente corto de tiempo y, básicamente, en la última década.

Basándose en datos estadísticos se ha podido comprobar que desde el momento en que los datos son generados y consolidados en un documento fuente, hasta el momento en que estos datos son aceptados por la unidad control de proceso (CPU), el responsable de un centro de proceso de datos ha gastado entre un 30 y un 50% de su presupuesto. Este porcentaje tan alto es el resultado de dos condiciones contrapuestas. Mientras que los avances, desde el punto de vista técnico y de arquitectura, producidos en el diseño de unidades centrales de proceso, han permitido que en la actualidad se puedan procesar datos a velocidades medidas en millonésimas e, incluso, milmillonésimas de segundo, las técnicas de preparación de datos han permanecido prácticamente estancadas. Por ejemplo, la perforadora electromecánica de tarjetas ha constituido la tecnología dominante en el campo de la entrada de datos hasta hace muy poco tiempo y ha permanecido sin modificación desde su concepción a principios de los años veinte (excepto en el caso de la perforadora de tarjetas con buffer).

Hacia el año 1965 apareció en el mercado la primera alternativa seria a la perforadora standard de tarjetas: los equipos de teclado-a-cinta.

Con esta técnica, todo el registro objeto de la operación es "mecanografiado" (mediante un teclado electrónico) en un buffer intermedio antes de ser grabado en una cinta magnética. Los dispositivos teclado-a-cinta ofrecían diversas mejoras con respecto a las perforadoras de tarjetas, sin cambiar, en la práctica, el flujo de operaciones en las instalaciones del usuario. Entre estas ventajas (además de aquellas derivadas de la naturaleza electrónica de la operación) podemos incluir: capacidad de procesar registros de longitudes múltiples, medio de grabación reutilizable, verificación realizada en la misma unidad básica y entrada de datos mucho más rápida. En el lado de las desventajas quizás la más importante es la imposibilidad de agregar varias unidades, en configuración multiteclado, alrededor de una unidad de control común. Esta desventaja es una consecuencia del carácter secuencial del acceso en las cintas magnéticas.

El concepto de teclado-a-disco fue introducido comercialmente por vez primera en 1969. En este tipo de sistemas, un disco magnético proporciona el almacenamiento temporal para los datos introducidos a través de un teclado electrónico, mientras que una cinta magnética permite la transferencia en bloque de los datos desde el disco al computador central para su procesamiento por lotes. Los sistemas teclado-a-disco, también conocidos como sistemas multiteclados, pueden configurarse con hasta 64 estaciones individuales, agrupadas alrededor de, y controlados por, un minicomputador. Esta eficiente utilización de los componentes del sistema, gracias al uso compartido de sus principales elementos, es una de las principales ventajas de esta técnica, así como su mayor capacidad de procesamiento por estación. En este último aspecto, y como consecuencia de la presencia de la unidad de control, basada en un minicomputador, estos sistemas suelen poseer capacidades fuera de lo común en lo que se refiere a verificación, edición y formatos. Por otro lado, su alto coste en configuraciones pequeñas es quizás su mayor desventaja. De hecho los sistemas teclado-a-disco encuentran dificultades a la hora de competir con estaciones simples y pequeñas configuraciones de menos de, aproximadamente, ocho estaciones, debido al alto coste inicial de la unidad de control basada en un minicomputador.

En enero de 1973, IBM anunció un sistema de entrada de datos 3740, basado en un nuevo sistema de almacenamiento: el diskette. Conocido también como disco flexible, el diskette es un disco de mylar de unos 203 mm de diámetro, alojado permanentemente en un sobre de material plástico. Unos orificios practicados en este sobre permiten a las cabezas lectoras/grabadoras, acceder a la superficie de grabación. Los datos en el diskette están organizados en pistas y sectores. Una pista es una sección circular en el disco y un sector es una sección determinada de una pista, tal como se muestra en la figura 1. Cada diskette puede contener hasta un máximo de 1898 registros. Si consideramos registros de 128 caracteres, máxima longitud aceptada por IBM, un diskette puede almacenar hasta 243 kbytes de datos, que equivale, aproximadamente, a la producción de un día entero de la mayoría de las operadoras.

La aparición de este nuevo elemento de almacenamiento parece que es la respuesta al problema de almacenamiento local de bajo coste que proporciona, al mismo tiempo, fiabilidad y tiempo de acceso rápido. El diskette ha sido el resultado de combinar las tecnologías de la cinta magnética y el disco, reuniendo en un mismo medio las características

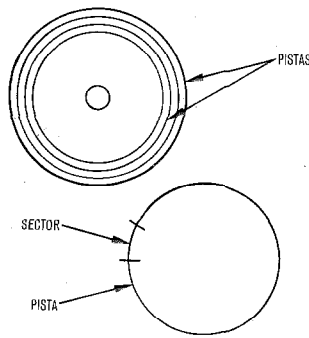


Fig. 1 Organización de datos en pistas y sectores en un diskette, proporcionando una capacidad total de almacenamiento de 1898 registros de 128 caracteres cada uno.

de acceso aleatorio de los discos con el bajo coste de las cintas magnéticas.

Este artículo describe el concepto de arquitectura y características operacionales del sistema de entrada de datos ITT3470, que consiste en una familia de productos diseñados alrededor del concepto de sistema de entrada por teclado, configuración de multiteclado con unidad de control basado en microprocesador y utilizando diskettes como medio de almacenamiento.

La combinación de unidad de procesamiento compartida y almacenamiento distribuido, permite al sistema de entrada de datos ITT3470, ofrecer una solución moderna al problema de la entrada de datos, tanto en configuraciones de estaciones individuales como de pequeños grupos, con todas las ventajas de un sistema teclado-a-disco, pero sin el alto coste implícito de un sistema basado en un minicomputador con almacenamiento centralizado.

### La familia de entrada de datos ITT3470

El sistema de entrada de datos ITT3470, que puede reemplazar directamente al sistema IBM3740, está compuesto en la actualidad por cuatro productos básicamente diferentes.

En su configuración estándar el ITT3471, modelo 1, consiste en un teclado electrónico, una unidad de representación visual, un mecanismo de arrastre de diskette y una unidad de control basada en microprocesador. Opcionalmente, una segunda unidad de arrastre de diskette y capacidad de impresora pueden añadirse al producto estándar.

El ITT3471, modelo 2, contiene los mismos subsistemas que el modelo 1, mas un adaptador de comunicaciones binarias síncronas (BSC), para comunicarse con otro modelo 2, con un IBM S/360 o S/370, o con el procesador de un IBM S/3. Se le da un cierto énfasis al aspecto de seguridad en las comunicaciones con la presencia de un lector de tarjeta magnética, que permite al operador identificarse como medio de evitar que personal no autorizado tenga acceso a las facilidades de comunicaciones.

El sistema ITT3473 es la versión multiteclado del ITT3471, pudiendo contener hasta ocho estaciones. En su versión estándar todas estas estaciones son idénticas, excepto la estación 1, que contiene la unidad de control ba-

sada en microprocesador y sirve como estación central para todo el grupo.

Tanto los modelos 1 y 2 del ITT3471, como su versión de grupo, el ITT3473, están específicamente diseñados para entrada de datos en aplicaciones remotas o descentralizadas. Estos productos pueden igualmente ser utilizados de forma efectiva para aplicaciones centralizadas. Sin embargo, la serie de facilidades, presente en estos modelos (comunicaciones, capacidad de almacenamiento prácticamente ilimitada, mensajes de orientación a la operadora y capacidad de impresora), los hacen la solución ideal para una amplia gama de usuarios y aplicaciones, dentro de la problemática de la entrada de datos en origen.

De especial interés es el uso de la versión de grupo en aplicaciones remotas. Una aplicación típica podría incluir varias unidades ITT3473, distribuidas a lo largo y ancho de una fábrica: una de estas unidades podría estar localizada en el almacén, otras dos próximas a la sección de control de producción, etc. Los datos podrían ser recogidos en los puntos de origen de todas estas secciones para ser transmitidos para su procesamiento, ya sea en el momento de generarse o al final del día y con la posibilidad de crear copias impresas para posterior consulta. El equipo de recepción de todos estos datos, al otro lado de la línea en el Centro de Proceso de Datos, podría ser un ITT3471, modelo 2, o un equivalente IBM, un convertidor de datos de diskette a cinta IBM3747 con su adaptador BSC, un IBM sistema 3, modelo 6 con adaptador BSC o un computador IBM370, a través de su correspondiente interface de comunicaciones (por ejemplo una unidad de adaptación IBM2701, una unidad de control de comunicaciones IBM2703, un controlador de comunicaciones ITT3605, o un adaptador de comunicaciones integrado).

Finalmente, el sistema ITT3472 está especialmente diseñado para aplicaciones básicas de entrada de datos en las que las facilidades de comunicaciones e impresora no son necesarias.

### El concepto del sistema ITT3470

Al comienzo del desarrollo, el grupo de diseño de la División de Entrada de Datos del Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, llevó a cabo una serie de estudios de mercado y análisis de productos, potencialmente competidores, que dieron como resultado una serie de objetivos de diseño del sistema ITT3470, que pueden resumirse de la forma siguiente: Sistema basado en microprocesador con entrada de datos por teclado con un diseño modular orientado tanto hacia las configuraciones simples como multiteclado y ampliable hasta un máximo de ocho estaciones. Requisito indispensable era el de utilizar diskettes como medio de almacenamiento distribuido, funcionalmente compatible con los equipos de IBM, pero con características operacionales definidas mediante software orientado a la aplicación de almacenado en diskettes y cargado en el microprocesador momentos antes de iniciar las operaciones de entrada de datos. Las posibilidades de comunicación e impresión se ofrecerían como opciones.

La combinación de capacidad de procesamiento centralizado con almacenamiento distribuido y características operacionales definidas por software proporciona al sis-

tema ITT3470 algunas de las ventajas básicas de un terminal inteligente: flexibilidad para configurar el sistema según la aplicación, modularidad para confeccionar el sistema según las necesidades de los usuarios, haciéndolo crecer con la aplicación y la compatibilidad necesaria para trabajar con las unidades centrales de proceso actualmente existente en el mercado, así como con protocolos de comunicaciones previamente definidos.

**Arquitectura del sistema**

Como consecuencia de su diseño orientado a la configuración multiteclado, el sistema ITT3470 está diseñado basándose en el concepto de estaciones maestra y satélite, con dos componentes básicos de sistema: la unidad de control del sistema y la estación de la operadora. Las figuras 2 y 3 muestran la configuración general del sistema y la configuración de estación central de operadora respectivamente.

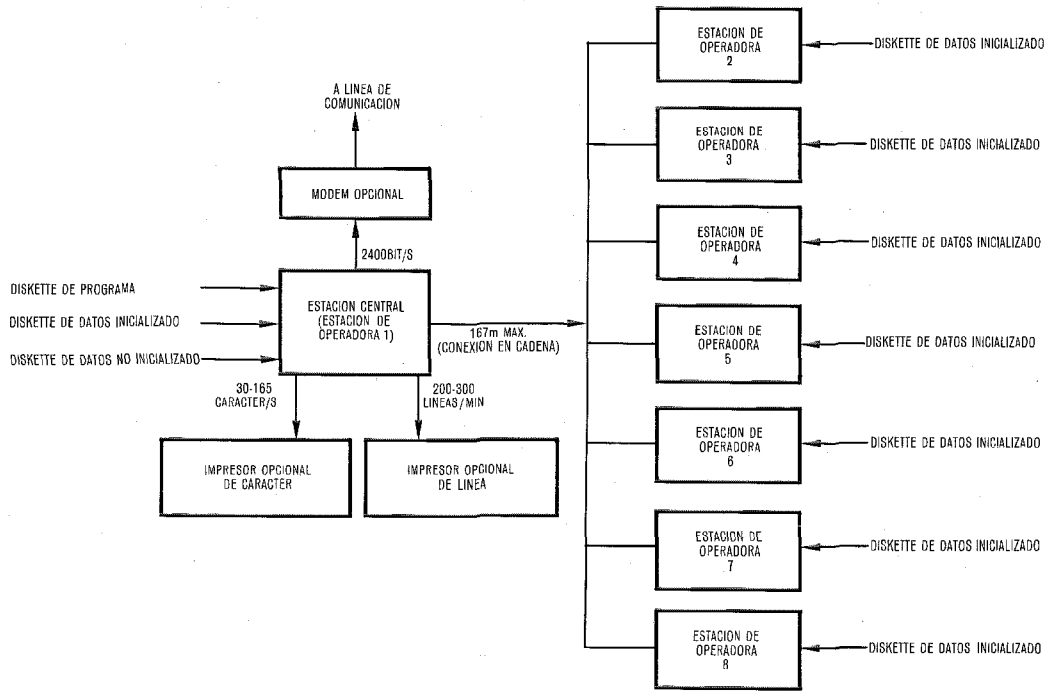


Fig. 2 Configuración general del sistema de entrada de datos ITT3470 mostrando el concepto de estación central/satélite.

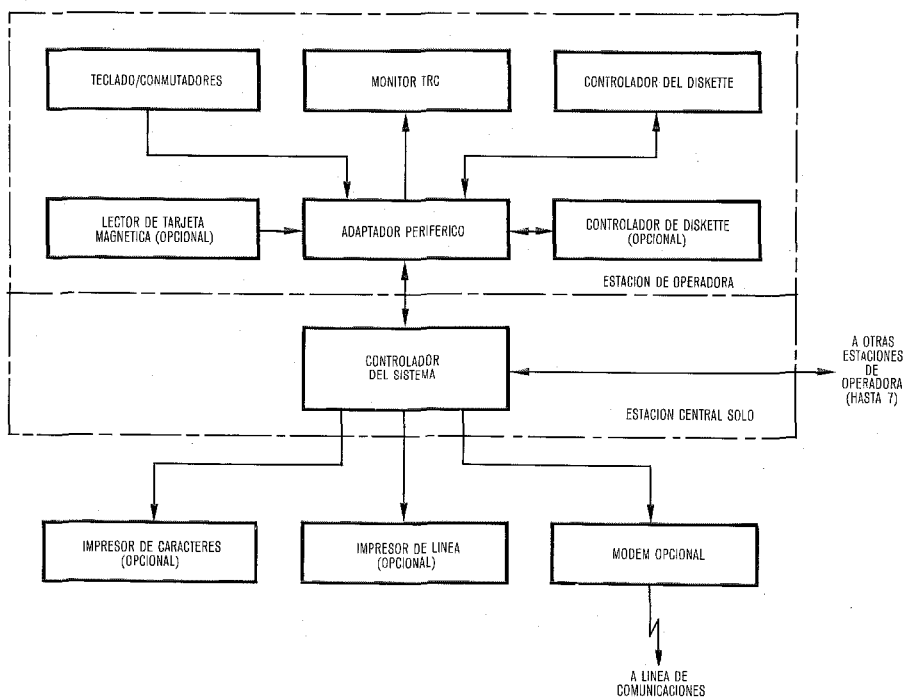


Fig. 3 Configuración de la estación central de operadora. Una unidad de control del sistema es añadida a una estación de operadora para componer una estación central a la que se pueden añadir hasta un máximo de 7 estaciones de operadoras.

La estación de operadora se utiliza normalmente para la grabación de datos en el diskette, a través del teclado electrónico. Está constituida por el pupitre de la estación y las siguientes unidades funcionalmente integradas en el mismo:

- Teclado electrónico, utilizado por la operadora para la entrada física de los datos y para controlar los distintos modos de operación de la estación (Fig. 4). El teclado está compuesto de: teclas de datos, asociadas a cada uno de los 64 caracteres representables en la pantalla; teclas de funciones especiales, tal como avance de registro, retroceso de registro, selección de programa, etc., teclas de selección de función para seleccionar diversas funciones, especialmente orientadas a la aplicación y que se encuentran representadas en las líneas de etiquetas de la placa de funciones; finalmente se encuentra una serie de tres conmutadores para funciones automáticas, tales como: salto automático, avance automático del registro y cambio numérico de programas.
- Unidad de representación visual: los datos introducidos por la operadora a través del teclado, así como toda la información relacionada con el sistema, tal como: modo de operación, información de programas, estado del terminal, etc., son presentados a la operadora en una pantalla de representación de datos de 480 caracteres (Figs. 4 y 5).



Fig. 4 El sistema de entrada de datos ITT 3470 mostrando el teclado y una unidad de representación visual.

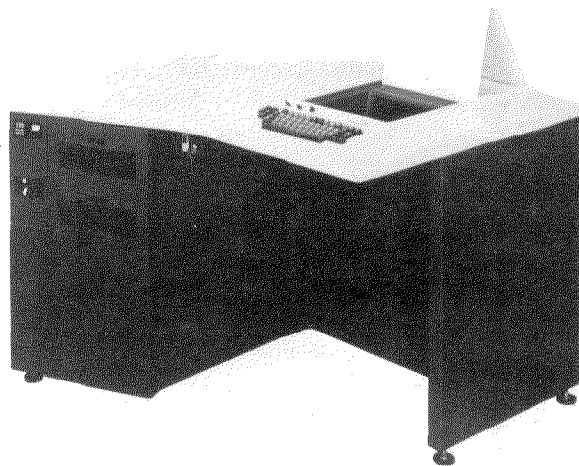


Fig. 5 Vista de conjunto del sistema ITT 3470.

- Mecanismo de arrastre de diskette que lee y escribe los diskettes del sistema ITT 3470. Cada vez que la operadora pulsa la tecla de avance de registro, los datos son transferidos desde el buffer para el registro en curso, al buffer para el registro precedente y son grabados en el diskette. Una vez grabados, los datos pueden ser objeto de exámen para su actualización o verificación, mediante la selección del modo de operación apropiado. Con las opciones de comunicaciones, la unidad de diskette se utiliza también para almacenar los datos recibidos por la línea de comunicaciones, procedentes de la unidad central de proceso. Opcionalmente, la estación puede ser equipada con un segundo mecanismo de arrastre de diskette, aumentando de esta forma la capacidad de almacenamiento a medio millón de caracteres aproximadamente.

Además de las tres unidades funcionales básicas, descritas anteriormente, podemos incluir igualmente las siguientes opciones, asociadas con las comunicaciones: un lector de tarjetas magnéticas para identificación de la operadora que transmite datos a la unidad central de proceso para su validación y una llave de bloqueo que controla la estación en el modo de comunicaciones.

La estación de la operadora en el ITT 3471, modelos 1 y 2 están controladas directamente por la unidad de control del sistema. En la configuración de grupo ITT 3473, las estaciones periféricas se comunican con la unidad de control del sistema, a través de un adaptador de periféricos que controla todos los subsistemas de la estación periférica y que contiene toda la lógica necesaria para comunicar con la unidad de control del sistema.

La unidad de control es básicamente la misma para todos los miembros de la familia ITT 3470 y se encuentra alojada físicamente en una estación que se conoce con el nombre de estación central. Dicha unidad de control contiene el microprocesador, la lógica de control y los diferentes módulos de entrada/salida necesarios para cada configuración

del sistema. Esta unidad de control es el corazón del sistema ITT 3470 y está compuesto de las siguientes unidades:

- Microprocesador que, especialmente creado por ITT para aplicaciones de terminales de datos, está diseñado basado en un bus de datos de 8 bits, que interconecta los diversos registros del microprocesador con aquellos pertenecientes a las unidades de entrada/salida. Los registros del microprocesador están dispuestos en cuatro bancos de 16 registros de 8 bits, más un acumulador de 10 bits. Una instrucción de selección de banco permite el cambio dinámico de banco durante la ejecución del programa. Una característica singular de este microprocesador es la existencia de un registro de dirección de instrucciones independiente y una unidad aritmética/lógica separada, que permite la ejecución de operaciones aritméticas y de salto en un solo ciclo de instrucción (1,28  $\mu$ s).
- Memoria de instrucciones, compuesta de memoria dinámica de acceso aleatorio (RAM) básica de 8 K palabras de 16 bits y que puede ser incrementada en módulos de 4 K. La memoria se carga desde un diskette, gracias a la existencia de un programa cargador, cuando la operadora pulsa el botón de carga de programas.
- Memoria de datos o de edición, también realizada con unidades dinámicas de acceso aleatorio (RAM) de 4 K en su configuración básica y ampliable en módulos de 4 K, dependiente del tamaño de la configuración de grupo. Esta memoria de datos incluye tres canales independientes de acceso directo a memoria (DMA) para la operación de la unidad de control del diskette. La lógica de control de DMA explora de forma secuencial cada una de las líneas de petición de lectura/escritura de las unidades de control de diskettes y ejecuta un ciclo de memoria tan pronto como detecta un ciclo de instrucción en el que el microprocesador no está accediendo a la memoria de datos.
- Lógica de sistema que incluye toda la configuración de multiplexación y control de entrada/salida necesaria para realizar la conexión entre el microprocesador y las diferentes unidades de adaptación de periféricos.
- Adaptador de pantalla, que contiene la lógica de generación de caracteres y la memoria de refresco RAM con 1 K palabra de 8 bits, necesaria para dos pantallas independientes de 480 caracteres cada una. El generador de caracteres, compartido por ambas pantallas, es del tipo de matriz de puntos, utilizando una matriz de  $7 \times 9$  puntos. Esta unidad es modular pudiendo existir hasta cuatro en la configuración máxima del sistema.
- Unidad de control de diskette, que conecta el microprocesador a los mecanismos de arrastre de diskette a través del correspondiente canal DMA. Para leer o escribir en un diskette, el microprocesador selecciona el mecanismo adecuado y genera la orden de lectura o escritura. La unidad de control de diskette ejecuta la operación, almacena los datos leídos o extrae los datos a escribir de la memoria de datos, a través del canal de DMA y da la señal de "ciclo completo" al microprocesador, una vez que la operación ha finalizado. Esta unidad de control ha sido realizada utilizando la técnica de microprogramación en la que los diferentes microcomandos

se almacenan durante la fase de inicialización en un área predeterminada de la memoria de datos y son extraídos secuencialmente por la unidad de control de diskette durante la ejecución de comandos. Esta técnica permite una flexibilidad total en los formatos bajo control del software y reduce al mínimo las necesidades de memoria de control, permitiendo que todas las unidades de control de diskettes compartan un juego común de microcomandos. Cada unidad de control puede gobernar hasta ocho mecanismos de diskettes conectados ya sea de forma local (estación central) o remota (estación periférica) a través del adaptador de periféricos del sistema. Para la configuración máxima del sistema se necesitan únicamente dos unidades de control de diskettes (16 mecanismos de arrastre de diskettes en total), pero se puede incluir una tercera unidad de control para aumentar la capacidad de procesamiento del sistema en configuraciones especiales.

### Características operacionales

Tal como ocurre en cualquier terminal programable, el ITT 3470 tiene que ser inicializado antes de comenzar las operaciones de entrada de datos. La carga de programas inicial (Initial Program Loading, IPL), requiere la inserción de un diskette de IPL previamente grabado y la utilización de la tecla de carga de programa. Después de la realización de la operación de IPL, todas las estaciones del sistema se encuentran listas para funcionar en entrada de datos. La operadora puede entonces seleccionar el modo de operación deseado para realizar las operaciones de entrada, verificación o actualización de registros en el diskette, quedando determinada la secuencia de operaciones y el comportamiento del sistema por el modo de operación seleccionado.

El modo de entrada es el más básico y se utiliza para escribir datos nuevos en el diskette. Los caracteres introducidos por la operadora son temporalmente almacenados en una memoria de entrada, conocido como buffer de registro en curso y mostrado en pantalla para verificación de la operadora. Una vez que el registro está completo, la operadora pulsa la tecla de avance de registro provocando que la información contenida en el buffer de registro en curso pase al buffer de registro precedente y sea escrito en el diskette.

La entrada de datos puede hacerse bajo control de programas, utilizando un formato definido previamente. Hasta un máximo de diez programas pueden activarse simultáneamente, pudiendo, con el encadenador de programas, encadenar diversos programas con objeto de pasar de un formato a otro de forma automática durante la operación de entrada de datos. La opción de guía a la operadora ayuda a ésta con un mensaje de orientación de treinta caracteres con información relacionada con el campo en uso en ese momento. La línea de estado resume toda la información de interés acerca del estado de la máquina, modo de operación, direcciones de registros, etc., utilizándose igualmente para mostrar en pantalla cualquier condición de error que pueda surgir durante la operación de entrada de datos.

## Estructura del software

El software está estructurado alrededor de seis programas básicos: IPL, ejecutivo, controlador de diskette, controlador de impresora, controlador de comunicaciones y programa de aplicación de entrada de datos.

- Las funciones del ejecutivo incluyen la inicialización del sistema, exploración de periféricos, control de pantalla y planificación de programas.
- Las funciones del controlador del diskette son, principalmente, control de las peticiones de I/O (Entrada/Salida) de diskettes, control y comandos de diskettes y recuperación de errores de diskette.
- Las funciones del controlador de impresora suministran el control de peticiones de I/O (Entrada/Salida) de impresora, control y comandos de impresora y control de formato de la misma.
- El programa de comunicaciones proporciona al sistema el control de las peticiones de envío/recepción, control de protocolo de línea y recuperación de errores de línea.
- El programa de aplicación de entrada de datos incluye el analizador de teclado, validación y control de las secuencias de modo de operación, control de los programas de formato y tratamiento de errores.

## Información de los programas

Tal como ocurre con los programas utilizados en las máquinas perforadoras de tarjetas convencionales, los programas del ITT 3470 pueden ser usados para controlar el formato de los registros y para guiar a la operadora en la operación de entrada de datos. El sistema permite el uso y manipulación de estos programas con una gran flexibilidad, pudiendo la operadora crear programas, cargarlos en áreas de almacenamiento especiales, almacenarlos en diskettes, seleccionarlos, mostrarlos en pantalla y encadenar diversos programas entre sí. Un máximo de diez programas pueden ser, de forma simultánea, creados, cargados, encadenados, etc.

## Programación para entrada de datos

Los modos de operación típicos de entrada de datos (entrada, actualización, verificación, etc), utilizan dos tipos diferentes de programas. El primero son programas para definir el formato del registro, incluyendo la posición en que cada campo del registro comienza, tipo de longitud de cada campo en el registro, última posición del mismo y los caracteres de encadenamiento de programas. El segundo son programas para guía de la operadora que asignan un mensaje de operadora a cada uno de los campos.

Los campos, en los programas de formato, pueden dividirse en tres categorías: manuales, automáticos y de salto incondicional. Dentro de cada una de estas categorías existen diversos tipos: alfabético/numérico, ajuste a la derecha con espacios en blanco de relleno, ajuste a la derecha con caracteres de relleno ceros, auto-verificación módulo 10, auto-verificación módulo 11, relleno automático de espacios, duplicación automática y combinación de todos estos tipos. Los campos automáticos tienen un comportamiento idéntico a los manuales si el conmutador asociado con esta operación está en posición "off".

## Programación de totales de campo "on-line" y "off-line"

Dos o más campos dentro de un registro dado, pueden ser sumados o restados de forma algebraica y el resultado de esta operación cargado en otro campo del mismo registro o del que viene a continuación. Para esta operación, que se conoce con el nombre de totales de campo, el sistema posee hasta tres acumuladores de diez y nueve dígitos cada uno. La operación de totales de campo puede ser realizada tanto on-line como off-line. En el modo on-line, los programas que controlan la operación son los mismos que los que controlan la entrada de datos (ver sección anterior).

El modo off-line usa dos tipos de programas. En el primero los programas definen el formato del registro. Son similares a los definidos en la sección anterior pero funcionan de modo totalmente automático. En el segundo los programas definen una frase de control que selecciona un programa particular para el procesamiento del registro.

## Programación de los formatos de impresora

Los formatos de salida de impresora durante el modo de impresión pueden ser controlados de dos formas diferentes: control de formato local o control de formato mediante la CPU. En ambos casos un programa especial ha de ser cargado para controlar las formas de tabulación horizontal/salto vertical. El programa indica igualmente cuándo la selección es manual o automática.

En el modo de control de formato local, los programas se escriben en el sitio donde físicamente se encuentra la impresora y son cargados en las áreas de programas descritas previamente. Los programas consisten en caracteres de control de formato de impresora e indican el formato de impresión para un registro. Estos caracteres de control pueden realizar las siguientes funciones: impresión de campos de datos, impresión de campos de datos con eliminación de los ceros iniciales, impresión de campos de datos con sustitución de asteriscos por ceros iniciales, impresión de campos de datos con el signo apropiado, espacio en blanco, saltar caracteres del registro, tabulación, paso de línea/retorno de carro, salto vertical, leer el siguiente registro y terminación del programa de impresora.

## Programación de las comunicaciones

En el modo de comunicaciones los programas se utilizan, fundamentalmente, de tres formas diferentes: transmisión de campos determinados de un campo de datos, transmisión de registros determinados de un campo de datos y recepción de datos e inserción de constantes en un nuevo registro. Con estos programas la operación de las comunicaciones se hace más eficiente ya que solamente se transmite aquella información que puede considerarse de utilidad.

## Apéndice

Modo de operación	Función
1. Índice	Lectura de un registro de la pista índice del diskette que representa la etiqueta de un volumen, etiqueta de un conjunto de datos u otros datos del sistema.

Modo de operación	Función
2. Modificación	Escritura, borrado o modificación de registro en la pista índice.
3. Introducción	Escritura de información nueva en el diskette.
4. Actualización	Lectura de registros contenidos en el diskette para su revisión o modificación.
5. Verificación	Comprobación de la corrección de los registros ya contenidos en un diskette, junto con las modificaciones necesarias.
6. Corrección de campo	Corrección de un campo completo con un número mínimo de pulsaciones de teclas.
7. Búsqueda	Localización de un registro en un diskette.
- Según dirección.	Localización de un registro por su dirección.
- Según el último dato	Localización del último registro grabado dentro de un conjunto de datos.
- Según contenido secuencial	Localización de un registro buscado en un conjunto de datos ordenado de forma secuencial.
8. Totales de campo off-line	Acumulación de los totales de toda una serie de registros que hayan sido grabados, actualizados o verificados. Lectura de los totales de campo desde el acumulador a un registro.
9. Inserción de registros	Inserción de un máximo de 99 registros en una posición determinada de un conjunto de datos.
10. Inicialización de diskette	Escritura del campo de identificación, uno para cada sector en todas las pistas activas del diskette, y un código de pista defectuosa en aquellas pistas que lo estén. Los registros son igualmente inicializados.
11. Comprobación de diskette	Comprobación del estado del diskette y suministro de información acerca de registros defectuosos.
12. Copia	Copia de un diskette desde el mecanismo de arrastre inferior al superior, dentro de una misma estación. Copia de una o varios conjuntos de datos. Registros eliminados se copian igualmente.
- Todo o parte de un conjunto de datos	Combinación de datos de dos o más diskettes en otro, mediante la adición de datos del diskette 2, el final de los datos ya grabados en el diskette 1. Los registros borrados no se copian.
- Hasta un registro definido en el diskette 2	Combinación o adición de registros en un conjunto de datos. Todos los registros excepto los eliminados, son copiados hasta el registro definido, pero sin incluirlo. El registro queda definido por su dirección o contenido en el diskette 2.
13. Impresora	
- Registro	Impresión del buffer de registro en curso.
- Conjunto de datos	Impresión del conjunto de datos en curso.
- De acuerdo con búsqueda según contenido	Impresión de los registros encontrados en un conjunto de datos de acuerdo con búsqueda, según contenido.
- De acuerdo con búsqueda según dirección	Impresión del registro hallado de acuerdo con una búsqueda, según dirección.
14. Comunicaciones	
- Transmisión (normal)	Transmisión de uno o varios conjuntos de datos desde uno o dos diskettes. Los caracteres de control usados en el protocolo BSC no pueden ser usados como datos.

Modo de operación	Función
- Transmisión (transparente)	Transmisión por línea de comunicaciones de todas las posibles combinaciones de bits EBCDIC, como datos. Excepto en este caso particular, este modo es idéntico al anterior.
- Transmisión (expandida)	Transmisión de varios registros dentro de bloques de 512 caracteres. Los datos pueden ser transmitidos en modo normal o transparente.
- Recepción	Recepción de datos desde un lugar remoto y almacenamiento de los mismos en uno o dos diskettes (Las opciones transparentes y/o expandidas están incluidas en este modo).
- Transmisión/recepción (normal)	Transmisión y recepción de datos sin participación de la operadora.
- Transmisión (transparente)/recepción	Transmisión de datos en modo transparente y recepción de datos sin intervención de la operadora.
- Transmisión/recepción (expandida)	Transmisión de datos y recepción de datos en bloques de 512 caracteres sin intervención de la operadora. Los datos pueden ser transmitidos en modo normal o transparente.
- Pregunta	Envío de un mensaje de pregunta, con una longitud máxima de 128 caracteres, al CPU.

**José Cabrera Rodríguez** nació en Las Palmas de Gran Canaria, España, en el año 1946. En 1971 obtuvo el título de Ingeniero Industrial, especialidad de Electrónica, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. En ese mismo año fue becado por la Confederación de Industrias Británicas para dos años de especialización en la aplicación de los ordenadores a control de procesos en tiempo real. Durante su estancia en Inglaterra, trabajó con IBM/UK, y Automatic Control Engineering, Ltd., participando activamente en el diseño e instalación de varios sistemas de control por ordenador. En 1974 ingresó en la División de Entrada de Datos del Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., participando como responsable de hardware en el desarrollo del sistema ITT 3470. Es actualmente Jefe de Sistemas de la División y responsable de la planificación de nuevos productos.

**Ignacio López Gutiérrez** nació en Granada, España, en 1942. Estudió en la Universidad de Madrid, donde obtuvo el título de Licenciado en Ciencias Físicas en 1969. Desde el año 1970, ha venido trabajando en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A. Ha sido responsable del desarrollo y uso de una serie de programas para la instalación de centrales en áreas urbanas. Estos programas han sido presentados en diversos Simposios Internacionales y han sido utilizados para planificar las redes telefónicas de más de 200 ciudades en todo el mundo. Desde el año 1973 es el responsable de software en la División de Entrada de Datos.

**Rafael de Ory Cristelly** nació en San Fernando, Cádiz, España, en 1946. En 1970 obtuvo el título de Ingeniero Industrial, especialidad de Electricidad Industrial y Electrónica, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. En el año 1973 obtuvo el título de Master of Science en Computer Science en la Universidad de California, Los Angeles. En ese mismo año, entró a trabajar en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., integrándose en el equipo de desarrollo de un sistema multiplexado por división en tiempo (TDM). En 1974 entró a formar parte de la División de Entrada de Datos como Ingeniero de Sistemas, participando de forma muy directa en el desarrollo del Sistema de Entrada de Datos ITT 3470. En la actualidad es el Adjunto al Jefe de la División de Entrada de Datos.



# Ayuda de ordenadores en la Ingeniería del METACONTA 10C

La complejidad de las modernas centrales telefónicas exige el uso de técnicas de ordenadores durante la fase de ingeniería para alcanzar los objetivos de coste y plazos de entrega. BTM ha desarrollado una serie de programas para simplificar la ingeniería de cliente de los sistemas METACONTA 10C.

D. BAECKENS

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

## Introducción

Durante cerca de 15 años se han aplicado técnicas de ordenador a la ingeniería de conmutación telefónica. Se denomina generalmente CADEM (Computer Aided Design, Engineering and Manufacturing) a las técnicas que utilizan ordenadores como ayuda al diseño, la ingeniería y la fabricación.

La primera aplicación CADEM se concentró esencialmente en PENTACONTA\*, aunque también se desarrollaron varios programas para otros sistemas telefónicos, como el rotatorio y el paso-a-paso.

Sin embargo, la confrontación de CADEM con métodos manuales de ingeniería empleados durante largo tiempo, determinó que su aplicación quedara restringida a la automatización de ciertas actividades seleccionadas. La conversión de todos los procedimientos de ingeniería existentes en un sistema integrado con el auxilio de ordenadores era prácticamente imposible.

En 1970 se inició un nuevo proyecto en Bell Telephone Manufacturing Company, el cual utilizaba el ordenador como soporte pleno de todos los procesos de ingeniería del METACONTA\* 10C. A diferencia de los sistemas electromecánicos, los métodos de ingeniería para el METACONTA 10C fueron concebidos, desde un principio, en función de la máxima utilización del ordenador. Se ha podido, por consiguiente, establecer una cadena completa de programas encadenados, que cubren más del 50% de actividades de la ingeniería de cliente y que realizan en muchos casos tareas que nunca se habían ejecutado manualmente.

En el momento de escribir, los programas se han utilizado para la ingeniería de 1.500.000 líneas equivalentes.

## Campos de aplicación

En general, las aplicaciones preferidas para CADEM son aquellas cuyo contenido de proceso de datos es considerable.

Su interés es evidente por lo tanto, en las áreas de ingeniería que siguen:

- Ingeniería de aplicación a clientes: asignación de equipos, cableado de centrales, documentación y control de configuración.
- Ingeniería de diseño para clientes: preparación de la información de alambrado de bastidores e instrucciones de prueba.

En el sistema METACONTA 10C se han automatizado todas estas actividades, que son las que mayor tiempo consumen dentro de la ingeniería.

Otras actividades de tipo más matemático, tales como planificación de redes y dimensionamiento de centrales, se han automatizado también; sin embargo, los respectivos programas no se describen en este artículo por estar todavía incompleta su integración en el sistema total de la ingeniería.

## Ingeniería de aplicaciones para el cliente

### Esquema general

La unidad básica de instalación en el METACONTA 10C es un bastidor, alambrado para su capacidad total en la fábrica y con todas las conexiones al exterior concentradas en regletas terminales en la parte alta.

Por razones de seguridad, las placas de circuito impreso se envían separadamente y sólo se enchufan en su posición después de la prueba final del cableado de la central.

Una de las tareas que consumen más tiempo en la ingeniería de aplicaciones es la asignación de la posición correcta a cada placa dentro del bastidor respectivo, y de la conexión adecuada a cada una de las bornas del campo de terminales.

La figura 1 permite apreciar cómo se utiliza el ordenador para compilar una cantidad de información tan considerable.

Los requerimientos del cliente en cuanto a tipo, cantidad y emplazamiento de unidades de equipo en la planta, son traducidos por el ingeniero en una información básica

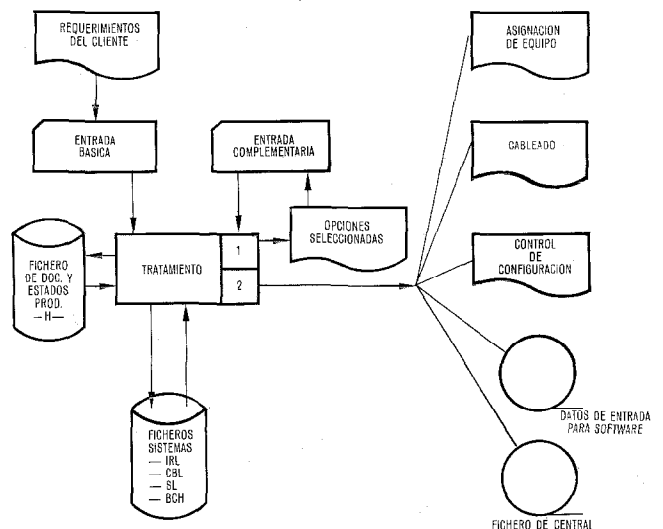


Fig. 1 Los datos del sistema para el equipo se almacenan en cuatro registros de acceso directo. El diagrama muestra cómo se usa el ordenador para manejar la gran cantidad de datos que interviene.

\* Marca registrada del sistema ITT.

## Diseño por procesador

de entrada. Durante una primera pasada los programas de CADEM verifican, en contacto permanente con el fichero de estados de producto, si toda la información requerida está disponible en los ficheros del sistema.

Este primer tratamiento por ordenador produce como salida una lista de excepciones, que requieren decisiones de ingeniería adicionales y conducen a entradas complementarias.

Las pasadas finales producen instrucciones completas para el equipado y cableado de una nueva instalación, un juego completo de documentos de mantenimiento, los registros necesarios para el control de la configuración del hardware y una cinta magnética con datos para la producción del software.

Por último, todos los datos básicos se almacenan en un fichero de la central para poder ser empleados posteriormente en caso de modificación o ampliación.

Una de las principales características del sistema es que permite usar una entrada básica común para los diferentes tratamientos de ordenador, mientras que los procedimientos manuales equivalentes exigirán repetir (manualmente) la entrada de los mismos datos. Esto garantiza la absoluta consistencia de la información a través del conjunto de documentación de la central.

### Ficheros

Los datos de sistema relativos al hardware del META-CONTA 10C se almacenan en cuatro volúmenes de acceso directo denominados *IRL*, *CBL*, *SL* y *BCH* (véase Fig. 1). El fichero *IRL* contiene información de equipo completa para cada tipo de bastidor:

- nombre y cantidad de circuitos equipados
- número de código y situación de las placas
- configuración y codificación (bitios) de las direcciones de circuitos.

En el fichero *CBL* se almacena información sobre la conexión externa del bastidor, describiéndose en una serie de registros los cables requeridos cuando el bastidor se utiliza en una determinada configuración y haciendo referencia a tablas de conexión, que a su vez están listadas en un fichero *SL* separado.

Finalmente, el fichero *BCH* registra, para cada campo de terminales de la parte alta del bastidor, aquellos terminales que llevan señales especiales (por ejemplo tierra permanente) y que serán marcados con signo distintivo en algunas de las salidas.

Aparte de los cuatro ficheros de sistema anteriores, se creó un quinto fichero en una etapa más avanzada del desarrollo para garantizar la fiabilidad de los datos y permitir un control de la configuración completo. Se le denomina fichero *H* y relaciona los estados de un producto a las ediciones de los documentos correspondientes.

Antes de procesar un dato cualquiera extraído de uno de los ficheros del sistema, el programa se refiere siempre al fichero *H* para comprobar si la información está actualizada.

Un procedimiento adecuado impide que el ingeniero pueda cambiar un dato listado en uno de los ficheros del sistema sin modificar el estado en el fichero *H* y recíprocamente.

Por último, se almacena en cinta magnética una selección de datos compilados durante los sucesivos tratamientos de una determinada central (fichero de la central en la Fig. 1).

Este fichero, que se añadirá a la entrada básica en la primera ampliación, incluye:

- datos de tráfico
- dimensionado de la central
- plan de direccionamiento
- asignación de enlaces
- situación y direcciones de todos los bastidores
- situación y direcciones de todas las placas de circuito impreso
- cables instalados y tablas de conexión de cables correspondientes.

Los datos anteriores son automáticamente actualizados con cada nuevo pedido.

### Programas para asignación de equipos

La finalidad de esta serie de programas es proporcionar al instalador y al cliente instrucciones precisas sobre la localización y direccionamiento de todas las unidades enchufables de la central.

Ello se realiza en dos etapas:

- compilación de todos los datos requeridos en un fichero de trabajo que comprende un registro denominado *UE* por cada unidad enchufable;
- producción de una serie de listados, cada uno de los cuales retiene solamente, en un orden de clasificación adecuado, aquella parte de información que se necesita para una actividad específica de instalación o mantenimiento.

La figura 2 expone cómo se constituye paso a paso el registro *UE* a partir de datos elementales, parte de ellos tomados de los ficheros del sistema y el resto aportados por tarjetas de entrada de diferentes tipos.

La entrada básica para todo el proceso es una descripción concisa de la distribución en planta. Para cada posición equipada de la planta se define en una tarjeta:

- tipo de bastidor y en caso de utilizarse el mismo equipo en diferentes funciones, cual es la función asignada al bastidor montado en aquella posición;
- valor de los bitios que identifican al bastidor o a los grupos de circuitos equipados en dicho bastidor.

El ejemplo de la figura 2a) muestra la tarjeta de datos de entrada (tipo *E*) para dos bastidores. El primero, situado en la sala *A*, fila *19*, posición *H* es denominado *PE003A* (equipos periféricos) y se relaciona con la red de conversación saliente (código de función *RCS*). Dentro del plan de direccionamiento de la central viene definido por los bitios *L14*, *L13*, *L12*, *L11* con los valores *0,0,0,1*. El segundo bastidor está en la sala *A*, fila *02* posición *E*, denominación *JC001* (enlaces) y está definido por los bitios *Y4 = 0* y *Y0 = 1*. En este caso no se requiere código de función puesto que los circuitos siempre operan del mismo modo.

Durante el primer tratamiento el ordenador verifica, para cada bastidor en particular, si todos los detalles del equipo están totalmente definidos en el fichero del sistema. En este fichero el bastidor viene descrito por una serie de registros, cada uno de los cuales corresponde a una unidad

SIT. BAST. (E)		TIPO BAST.		DIRECCION BASTIDOR		COD. FUNC.		2a DESCRIPCION PLANTA				
A 19 H A 02 E		PE003A		L14=0, L13=0, L12=0, L11=1		RCS						
COD. SEL.	REG. N°	N° CODIGO DE UNIDAD ENCHUFABLE	SIT. DE UNIDAD ENCHUFABLE			DIRECCION CIRCUITO EN BASTIDOR		DEN. CTO.	COD. FUNC.	2b REGISTROS EN FICHERO DE SISTEMA		
			CUADRO	POS	S/POS	TIPO BAST.	VALOR				CONFIGURAC.	
02004	148	UTA 3163000GD	02A	47	—	PE003A	001	L10, L9	MDC	RCS		
			UTA 3101002AA	09A	01	—	JC001	007	Y5, Y3, Y1	JDI	—	
REG. N° ACCION BAST. (K)		SIT. BAST.		2c ENTRADA COMPLEMENTARIA								
148		A19H										
				CONFIGURACION DE DIRECCION COMPLETA (I)		SIST. NUM.		DEN. CTO.		COD. FUNC.		2d PLAN DIRECCIONAMIENTO
				L14, L13, L12, L11, L10, L9		H		MDC		RCS		
				Y5, Y4, Y0, Y3, Y1		0		JDI		—		
COD. ACCION	SIT. BAST.	N° CODIGO DE UNIDAD ENCHUFABLE	SIT. DE UNIDAD ENCHUFABLE			TIPO BAST.	DIRECCION COMPLETA DEL CIRCUITO		SIST. NUM.	DEN. CTO.	COD. FUNC.	2e REGISTRO DE J. E. COMPILADO
			CUADRO	POS	S/POS		VALOR	CONFIGURAC.				
+	A 19 H	UTA 3163000GD	02A	47	—	PE003A	005	L14, L13, L12, L11, L10, L9	H	MDC	RCS	—
			UTA 3101002AA	09A	01	—	JC001	027	Y5, Y4, Y0, Y3, Y1	0	JDI	

Fig. 2 Compilación de registros de unidades enchufables.

enchufable (placa de circuito impreso, fusible, lámpara, etc.) asociada con su posición de montaje correspondiente, así como con su dirección. En la figura 2b) se presentan dos de estos registros que corresponden respectivamente a cada uno de los bastidores a que se refiere la figura 2a).

Para el bastidor tipo PE003A, el registro n° 148 indica que, cuando el bastidor se utiliza en relación con una red de conversación saliente (RCS), una placa de circuito impreso UTA3163000GD debe ir montada en la posición 47 del cuadro 02A. Dicha placa forma parte de un circuito distribuidor marcador (denominado MDC) que en el plan de direccionamiento está definido por los bits L10 y L9 con el valor octal 001. La existencia de un código de selección indica que el equipo es opcional, pudiendo el programa seleccionar automáticamente, en la mayoría de los casos, la opción requerida por medio de los números de esquema y de equipo a que las cifras de dicho código hacen referencia.

El segundo ejemplo de la figura 2b) no está afectado por ningún código de selección, lo cual significa que en el bastidor tipo JC001, siempre está equipada una placa UTA3101002AA en la posición 01 del cuadro 09A.

La salida del primer tratamiento es un listado de todos los registros que requieran una decisión final de ingeniería por haber fallado su selección automática. Esta decisión se refleja en un código de acción perforado en una tarjeta K (véase la Fig. 2c). Se hace un segundo tratamiento con la siguiente entrada:

- bastidores equipados (tarjetas E del primer tratamiento)
- opciones seleccionadas (tarjetas K)
- configuraciones de las diferentes direcciones de circuitos (tarjetas "1").

En la figura 2e) se presenta el contenido de los registros finales compilados para cada unidad enchufable. Los muchos millares de tales registros UE que se requieren para una instalación de tamaño medio se almacenan temporalmente en un fichero de trabajo. A continuación se seleccionan los datos específicos para cada documento de salida por medio de sucesivos programas de clasificación.

En la actualidad existen 5 documentos que proporcionan:

- instrucciones al instalador para el montaje de diversos tipos de unidades enchufables
- listas para verificar el control de la configuración
- el verdadero equipado de cada bastidor en la central
- referencias cruzadas entre las direcciones de todos los circuitos terminales y órganos y la situación del hardware correspondiente.

Los registros UE no se almacenan en el fichero de la central; sí, en cambio, las tarjetas E y K, de manera que el registro UE en sí puede ser recompilado en cualquier momento, como puede suceder en caso de una ampliación.

#### Programas para cableado de la central

El procedimiento para generar instrucciones de cableado es análogo al anterior.

Se utiliza al misma entrada - una descripción de la distribución en planta - para hacer salir de los ficheros del sistema las conexiones externas que requiere cada bastidor. Con estos datos se compone un registro CBL por cable, almacenándose todos los registros en un fichero de trabajo que será utilizado posteriormente para la generación de documentación.

En la figura 3 se aprecia la compilación gradual de un registro CBL. Las dos tarjetas de entrada (Fig. 3a) se refieren, respectivamente a un bastidor JC009 que contiene alimentadores de terminación y un plano de distribución de alimentadores, y a un bastidor de enlaces de entrada ITO44. El bastidor JC009 es el cuarto de su tipo en el módulo y está emplazado en la posición A06H, mientras que el bastidor ITO44 es el primero de su tipo y está en la posición A06P.

Para determinar los cables necesarios entre ambos bastidores hay que hacer una selección entre el gran número de

<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">(E)</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">(E)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TIPO BAST. JC 009-4</td> <td style="text-align: center;">SIT. BAST. A06H</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TIPO BAST. ITO44-1</td> <td style="text-align: center;">SIT. BAST. A06P</td> </tr> </table>										(E)	(E)	TIPO BAST. JC 009-4	SIT. BAST. A06H	TIPO BAST. ITO44-1	SIT. BAST. A06P	3a DESCRIPCION PLANTA																																																									
(E)	(E)																																																																								
TIPO BAST. JC 009-4	SIT. BAST. A06H																																																																								
TIPO BAST. ITO44-1	SIT. BAST. A06P																																																																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th rowspan="2">FUNCION CABLE</th> <th colspan="2">TIPO CABLE</th> <th rowspan="2">REG. N.º</th> <th rowspan="2">TIPO BAST.</th> <th colspan="3">CAMPO CONEXIONES</th> <th rowspan="2">ENT. CABLES</th> <th rowspan="2">TABLA CONEX.</th> <th rowspan="2">DESTINO</th> </tr> <tr> <th>CAP</th> <th>DIAM.</th> <th>BLOQ</th> <th>1.º REGL.</th> <th>ULT. REGL.</th> </tr> <tr> <td>040.01</td> <td>16P000</td> <td>5</td> <td>161</td> <td>JC 009-4</td> <td>01T</td> <td>11C</td> <td>12F</td> <td>1</td> <td>H001</td> <td>ITO44-1</td> </tr> <tr> <td>510.25</td> <td>03P000</td> <td>5</td> <td>011</td> <td>JC 009-4</td> <td>01T</td> <td>02A</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>F001</td> <td></td> </tr> </table>										FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	CAMPO CONEXIONES			ENT. CABLES	TABLA CONEX.	DESTINO	CAP	DIAM.	BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.	040.01	16P000	5	161	JC 009-4	01T	11C	12F	1	H001	ITO44-1	510.25	03P000	5	011	JC 009-4	01T	02A	—	1	F001		3b REGISTRO EN FICHERO DE SISTEMA																									
FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	CAMPO CONEXIONES			ENT. CABLES	TABLA CONEX.		DESTINO																																																														
	CAP	DIAM.			BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.																																																																		
040.01	16P000	5	161	JC 009-4	01T	11C	12F	1	H001	ITO44-1																																																															
510.25	03P000	5	011	JC 009-4	01T	02A	—	1	F001																																																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th rowspan="2">FUNCION CABLE</th> <th colspan="2">TIPO CABLE</th> <th rowspan="2">REG. N.º</th> <th rowspan="2">TIPO BAST.</th> <th rowspan="2">SIT. BAST.</th> <th rowspan="2">DEST.</th> <th colspan="3">CAMPO CONEXIONES</th> <th rowspan="2">ENT. CABLES</th> <th rowspan="2">TABLA CONEX.</th> </tr> <tr> <th>CAP</th> <th>DIAM.</th> <th>BLOQ</th> <th>1.º REGL.</th> <th>ULT. REGL.</th> </tr> <tr> <td>040.01</td> <td>16P000</td> <td>5</td> <td>053</td> <td>JC 009-4</td> <td>A06H</td> <td></td> <td>01T</td> <td>21C</td> <td>22 F</td> <td>1</td> <td>H001</td> </tr> <tr> <td>510.25</td> <td>03P000</td> <td>5</td> <td>001</td> <td>JC 009-4</td> <td>A06P</td> <td></td> <td>01T</td> <td>02D</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>F001</td> </tr> </table>										FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	SIT. BAST.	DEST.	CAMPO CONEXIONES			ENT. CABLES	TABLA CONEX.	CAP	DIAM.	BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.	040.01	16P000	5	053	JC 009-4	A06H		01T	21C	22 F	1	H001	510.25	03P000	5	001	JC 009-4	A06P		01T	02D	—	1	F001	3c ENTRADA COMPLEMENTARIA																						
FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	SIT. BAST.	DEST.	CAMPO CONEXIONES				ENT. CABLES	TABLA CONEX.																																																													
	CAP	DIAM.					BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.																																																																
040.01	16P000	5	053	JC 009-4	A06H		01T	21C	22 F	1	H001																																																														
510.25	03P000	5	001	JC 009-4	A06P		01T	02D	—	1	F001																																																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th rowspan="2">FUNCION CABLE</th> <th colspan="2">TIPO CABLE</th> <th rowspan="2">REG. N.º</th> <th rowspan="2">TIPO BAST.</th> <th rowspan="2">SIT. BAST.</th> <th rowspan="2">DEST.</th> </tr> <tr> <th>DIAM.</th> <th>LONG.</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>011</td> <td>JC 009-4</td> <td>A06H</td> <td>A06P</td> </tr> </table>										FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	SIT. BAST.	DEST.	DIAM.	LONG.				011	JC 009-4	A06H	A06P	3d REGISTRO CBL COMPILODO																																															
FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	SIT. BAST.	DEST.																																																																			
	DIAM.	LONG.																																																																							
			011	JC 009-4	A06H	A06P																																																																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th rowspan="2">FUNCION CABLE</th> <th colspan="2">TIPO CABLE</th> <th rowspan="2">REG. N.º</th> <th rowspan="2">TIPO BAST.</th> <th rowspan="2">SIT. BAST.</th> <th rowspan="2">DEST.</th> <th colspan="5">DE</th> <th colspan="5">A</th> </tr> <tr> <th>CAP</th> <th>DIAM.</th> <th>LONG.</th> <th>BAST.</th> <th>BLOQ</th> <th>1.º REGL.</th> <th>ULT. REGL.</th> <th>ENT.</th> <th>T. CON.</th> <th>BAST.</th> <th>BLOQ</th> <th>1.º REGL.</th> <th>ULT. REGL.</th> <th>ENT.</th> <th>T. CON.</th> </tr> <tr> <td>040.01</td> <td>16P000</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>A06H</td> <td>01T</td> <td>11C</td> <td>12F</td> <td>1</td> <td>H001</td> <td>A06P</td> <td>01T</td> <td>21C</td> <td>22 F</td> <td>1</td> <td>H001</td> </tr> <tr> <td>510.25</td> <td>03P000</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>A06H</td> <td>01T</td> <td>02A</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>F001</td> <td>A06P</td> <td>01T</td> <td>02D</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>F001</td> </tr> </table>										FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	SIT. BAST.	DEST.	DE					A					CAP	DIAM.	LONG.	BAST.	BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.	ENT.	T. CON.	BAST.	BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.	ENT.	T. CON.	040.01	16P000	5	4	A06H	01T	11C	12F	1	H001	A06P	01T	21C	22 F	1	H001	510.25	03P000	5	4	A06H	01T	02A	—	1	F001	A06P	01T	02D	—	1	F001
FUNCION CABLE	TIPO CABLE		REG. N.º	TIPO BAST.	SIT. BAST.	DEST.	DE					A																																																													
	CAP	DIAM.					LONG.	BAST.	BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.	ENT.	T. CON.	BAST.	BLOQ	1.º REGL.	ULT. REGL.	ENT.	T. CON.																																																						
040.01	16P000	5	4	A06H	01T	11C	12F	1	H001	A06P	01T	21C	22 F	1	H001																																																										
510.25	03P000	5	4	A06H	01T	02A	—	1	F001	A06P	01T	02D	—	1	F001																																																										

Fig. 3 Compilación de registros para cableado de la central.

combinaciones almacenadas en los ficheros del sistema para cada bastidor en particular. En la mayoría de los casos el programa es capaz de realizar la selección correcta, pero en otros casos se requiere todavía una intervención manual y a estos efectos el programa genera, durante la primera pasada, un documento de trabajo que ha de ser completado por el ingeniero de aplicaciones.

La figura 3 b) muestra dos registros de cables correspondientes a cada uno de los bastidores en cuestión, según están alimentados en los ficheros e impresos en el documento de trabajo. El primer cable del bastidor *JC009.4*, inscrito en el registro nº161 está totalmente definido en cuanto a tipo, función y destino. Esto se confirma por la descripción, perfectamente complementaria, del cable registrado con el número 053 del bastidor de destino *ITO44.1*.

En consecuencia, habrá de ser tendido un cable de 16 pares y 0,5 mm de diámetro entre los bastidores de posiciones *A06H* y *A06P*. Los registros de los ficheros-sistema indican además que el cable entrará al bastidor *JC009.4* por el lado izquierdo y será conectado por arrollado según la tabla de conexión *H001* sobre el bloque de terminales *01T*, empezando en la regleta 11C y terminando en la regleta 12F. Instrucciones de conexión análogas se dan en el registro 053, para el lado del cable que corresponde a *ITO44.1*.

En cuanto al segundo cable del bastidor *JC009.4*, su destino puede variar y se hace necesaria una decisión de ingeniería. En el ejemplo escogido el cable deberá conectarse también al bastidor *ITO44.1*. Esta información se añade al registro en el documento de trabajo, junto con la situación del bastidor; en otro lugar del citado documento habrá que confirmar la decisión anterior, declarando que el cable registrado con el número 001 del bastidor *ITO44.1* deberá conectarse al cuarto bastidor *JC009* del módulo.

Seguidamente se perfora toda la información adicional en tarjetas "J" (véase Fig. 3c), las cuales permiten asimismo la alteración de datos normalizados o de valores calculados. En nuestro ejemplo se impone una longitud de cable de 4 m, que por consiguiente reemplaza a la longitud calculada por el programa.

Durante un nuevo tratamiento, con las tarjetas "E" y "J" como entradas, se compila un fichero de trabajo que comprende un registro *CBL* completo para cada uno de los cables de la central (Fig. 3d).

Finalmente, varios programas de clasificación seleccionan, en este fichero de trabajo, los datos específicos de cada documento de salida. Se generan instrucciones separadas para cada fase del proceso de cableado, esto es, la lista de tiradas de cable, etiquetas de cable, lista de conexiones de cables y una lista de verificación de los cables.

El programa realiza, además, una serie de sumas que permiten emitir pedidos globales por tipos de cable, y calcular las necesidades de mano de obra en la instalación.

#### Otros programas de ingeniería de aplicaciones

La asignación de equipos y el cableado de la central constituyen el núcleo del sistema de ayuda por ordenadores en la ingeniería de aplicaciones a clientes. Evidentemente, los ficheros de sistema y de central se estructuraron en función de estas dos actividades.

Sin embargo, pueden utilizarse los mismos datos en otros varios procesos para obtener resultados de valor. Un buen ejemplo es el programa de transferencia de datos de la central para la elaboración del software. Los datos necesarios incluyen la signación de enlaces a rutas, tablas de gradación ("grading"), tablas de traducción de prefijos, etc.

Para una determinada central, todos estos datos están disponibles en el fichero de la misma, bajo la etiqueta CDL (lista de distribución de circuitos) y se utilizan primordialmente para controlar la asignación de los enlaces y los puentes en los repartidores intermedios. Un programa nuevo, que corre en IBM 370 como todos los programas CADEM, cargará todos esos datos en una cinta magnética de formato apropiado para ser más tarde tratada por un ordenador ITT 1600 ó ITT 3200. Entonces dichos datos serán integrados con el paquete genérico y los datos de abonado, para constituir la cinta de carga de la central.

Este procedimiento garantiza una consistencia absoluta entre el hardware y el software al respecto de la distribución de circuitos.

Otra aplicación que procede lógicamente del sistema principal es el control de la configuración. Como ya se dijo en el apartado "Ficheros", la validez de los datos que intervienen en los diversos programas se verifica permanentemente mediante el fichero de estados. Combinando los datos de este fichero (estados de producto y ediciones de los documentos correspondientes) con los datos del fichero de central (unidades equipadas), es posible generar toda la información básica para los servicios de control de configuración y el centro de documentación. Se requieren entradas adicionales solamente para incluir el software, mesas de supervisión e instalación de fuerza, así como para añadir algunos documentos específicos de la central, tales como plano de planta, diagrama de enlaces, etc.

#### Ambiente operacional

Con la excepción de algunas subrutinas, escritas en Assembler, todos los programas para ingeniería de cliente están escritos en ANS-COBOL y pasados por el sistema virtual de operación OS/VS2.

En el ordenador IBM370/158 de BTM ocupan una región de 384 K, que pueden reducirse, para configuraciones menores, a un mínimo de 120 K por segmentación de programas.

Las condiciones periféricas mínimas incluyen:

- 2 unidades de cinta
- 2 unidades de disco
- 1 impresor de línea
- 1 lector de tarjetas.

El sistema ocupa 400 cilindros de un disco 3330 de doble densidad.

#### Ingeniería de diseño

##### Generalidades

La ingeniería de diseño para clientes abarca una gama de actividades que pueden clasificarse en cuatro grandes categorías:

- diseño funcional de los circuitos
- diseño físico de las placas y bastidores correspondientes
- preparación de la información de fabricación
- diseño del software.

El proceso de diseño se caracteriza por las numerosas iteraciones que pueden necesitarse en cada actividad, así como entre las distintas actividades. A esto se añade el que cada una de las principales tareas está realizada por una función de ingeniería diferente, que exige una cualificación

especializada. Como consecuencia de lo anterior, queda prácticamente descartada la integración de todas las tareas del diseño en un sistema automatizado, como se hizo para la ingeniería de aplicaciones.

Por otra parte la ingeniería de diseño depende menos del sistema que la ingeniería de aplicaciones. Pueden encontrarse programas ya hechos, perfectamente utilizables para el desarrollo del 10C pero que, sin embargo, no son adecuados para la integración en un sistema completo.

Lo que se expone en los apartados siguientes debe considerarse, por consiguiente, no como descripción de un sistema, sino más bien como una rápida ojeada sobre los programas que se han desarrollado o adquirido para ayudar al ingeniero que diseña nuevos equipos 10C.

El diseño del software no se incluye en este examen.

#### Diseño funcional y físico

Dado que el diseño funcional de circuitos electrónicos está primeramente condicionado por la tecnología escogida, todos los programas que coadyuven al diseño o la verificación de la lógica DTL-TTL pueden utilizarse para el desarrollo de nuevos circuitos 10C. Las únicas restricciones aplicables es que deben ser capaces de manejar el necesario número de órganos y de señales y de ser pasados en la configuración de ordenadores disponible.

De la diversidad de programas ofrecidos por casas especializadas en software y universidades, tres han sido adoptados en BTM:

- LOCA: para simulación de redes digitales pequeñas.
- SPICE: para analizar el comportamiento de grandes circuitos electrónicos en diferentes condiciones de trabajo (campo de frecuencia, inmunidad al ruido, características de conmutación, etc.).
- TRSIT: muy semejante a SPICE pero con menos posibilidades y más apto para clases especiales de aplicaciones.

El LOCA fue adquirido a la Junta de Energía Nuclear del Reino Unido; los SPICE y TRSIT, a la División de Microelectrónica Industrial de la Universidad de Lovaina.

Como suplemento al LOCA se utilizan de modo ocasional programas de simulación más potentes, como el TEGAS, en el diseño de grandes circuitos digitales.

Aunque los resultados obtenidos con programas de simulación y análisis son más que satisfactorios, dichos programas no se habían utilizado de modo normal antes de ahora. Esto puede explicarse por el hecho de que los programas se pasan en tandas, lo cual ocasiona retrasos inaceptables en un proceso iterativo.

Todo parece indicar que la verdadera consagración del diseño funcional con ayuda de ordenador podrá estar asociada a la introducción de las técnicas de tiempo compartido y de los sistemas interactivos.

El diseño físico del nuevo equipo 10C se hace de forma manual, incluyendo el trazado de las nuevas placas de circuito impreso y la preparación del equipo de bastidores con su alambrado básico.

Solamente pueden utilizarse ordenadores para generar la configuración geométrica a imprimir sobre la placa. Con este fin, se aplican como entrada a través de un teclado di-

## Diseño por procesador

gitalizador las coordenadas y características de las pistas conductoras y de las masas, que proceden del trazado preparado manualmente. Un programa Gerber PC740E realiza el tratamiento de esta información y produce la cinta de entrada para un fototrazador de precisión.

### Información de fabricación

Los programas descritos en este apartado se refieren a:

- alambrado de bastidores
- prueba de alambrado
- prueba de placas de circuito impreso.

El contenido y formato de la información requerida para este tipo de actividades viene, evidentemente, condicionado por los métodos que aplica y las herramientas que utiliza el departamento de fabricación de BTM.

El alambrado de los bastidores 10C se hace a mano, por medio de dos operarios que trabajan simultáneamente. Primeramente se arrollan las conexiones dentro de cada cuadro, seguidas sucesivamente por las conexiones entre cuadros contiguos y las conexiones entre cuadros y regletas terminales superiores. Finalmente se somete a revisión todo el alambrado por medio de un equipo de prueba Tera-dyne.

La documentación para todo el proceso anterior se genera por ordenador. Los datos básicos para el proceso se contienen en dos documentos, preparados en una fase anterior de la ingeniería de diseño:

- equipo de bastidor, indicando la colocación de todas las placas de circuito impreso que contiene;
- diagrama de alambrado, que indica el nombre de la señal asignada a cada salida de conector de placa o cada pata de una regleta terminal.

Con estos datos se prepara una información de entrada que en realidad es una lista desordenada de todos los bucles, definiéndose como bucle la serie de terminales que llevan señales del mismo nombre. En un primer tratamiento el ordenador clasifica esta información y genera una nueva lista de bucles en el orden adecuado.

Tras de haber comprobado cuidadosamente la salida anterior e introducido las correcciones necesarias, se inicia el tratamiento final que produce:

- las listas de alambrado, con la secuencia de conexiones antes mencionada y una distribución bien equilibrada del trabajo entre ambos operarios;
- una cinta de papel con instrucciones en lenguaje-máquina para la máquina de prueba de alambrados Tera-dyne;
- referencias cruzadas bucle/terminal y terminal/bucle utilizadas para localización de averías.

La serie de programas de alambrado se ha ampliado recientemente con un programa que detecta las discrepancias entre el plan de alambrado realizado físicamente y el primitivo alambrado funcional. Se utiliza principalmente para verificar el alambrado de los bastidores de la red en los que a causa del efecto multiplicador, un error en la entrada a menudo provoca multitud de errores en la salida.

Deben mencionarse finalmente dos programas de ordenador que auxilian al ingeniero responsable de preparar las pruebas de placas impresas en fábrica. Estos programas producen las cintas de control para los dos tipos de equipo

automático de pruebas utilizados en la producción del 10C: el AUT1960100 y el AUT1961000.

La entrada para estos programas es una especificación de pruebas que describe la secuencia de condiciones o señales a aplicar a la placa, así como las respuestas que deben medirse.

Las especificaciones de prueba para el AUT1960100 se escriben en un lenguaje específico de ese equipo, mientras que las entradas para el AUT1961000 se escriben en PRO-TEST\*, un lenguaje de alto nivel para pruebas, que ya se ha normalizado en ITT.

Para traducir las instrucciones de la especificación de prueba a códigos de máquina que gobiernen el equipo comprobador, se utiliza un programa TEBO, desarrollado en BTM (en el caso de AUT1960100), o bien un compilador PROTEST, producido en STL para el AUT1961000.

### Evolución ulterior

El desarrollo actual está esencialmente centrado en optimizar el tiempo global de ejecución y la fiabilidad del sistema en cuanto a la ingeniería de aplicaciones. El aumento de los encadenamientos entre programas, así como el de selecciones automáticas, ha conseguido ya una reducción apreciable de los documentos de trabajo.

El efecto de esta reducción sobre los volúmenes de entrada se expone en la figura 4.

Durante 1978 se espera que dicho volumen descienda hasta un nivel tal que justifique el cambio parcial a un sistema con el que se pueda dialogar. Entonces podrá eliminarse la mayor parte del trabajo en papel y en cinta perforada merced a la selección de opciones y de variantes a través de terminales de datos. Esto redundará en una reducción del tiempo de ejecución en el proceso global de ingeniería de aplicaciones.

Dado que crece constantemente el papel jugado por el ordenador en este proceso, se hace cada vez más crítica la consistencia de los datos almacenados en los numerosos ficheros independientes del sistema. Se presiente que el es-

\* Marca registrada del sistema ITT

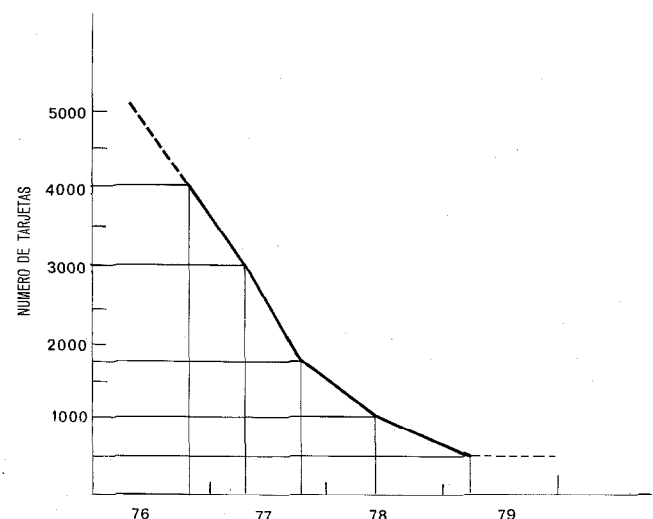


Fig. 4 Evolución del volumen de tarjetas de entrada requerido para la ingeniería de una central de 10.000 líneas.

tablecimiento de un banco de datos de ingeniería reforzaría la fiabilidad de estos datos y por consiguiente de todo el proceso. Sin embargo, existe poca experiencia sobre la conversión de los sistemas actuales a la operación con banco de datos. Por ello BTM ha iniciado el desarrollo de un proyecto piloto con la finalidad de evaluar la complejidad de los problemas de conversión y de apreciar los resultados de las técnicas asociadas a un banco de datos.

### Conclusión

La utilización de ordenadores como ayuda a la ingeniería del 10C contribuye a reducir los tiempos invertidos en la misma, así como a aprovechar mejor los conocimientos humanos. El ingeniero se descarga de tareas rutinarias y repetitivas y puede dedicar más parte de su tiempo a activi-

dades que ponen a prueba sus facultades. Gracias a los ordenadores se aumenta el grado de normalización y se perfecciona la consistencia de la salida, todo lo cual mejora la calidad de la ingeniería.

Su empleo, por último, contribuye a reducir los costes de producción ya que generan los datos necesarios para las diversas máquinas de control numérico utilizadas en unidades modernas de producción.

**D. Baeckens** nació en Merchtem, Bélgica. En 1944 se graduó ingeniero técnico en electromecánica. En 1946, después del servicio militar, ingresó en Bell Telephone Manufacturing Company como ingeniero de equipos. Desde 1970 es jefe del departamento que desarrolla sistemas de ayuda de ordenadores para diseño, ingeniería y fabricación de equipos de conmutación.

# Estudio analítico de los efectos de realimentación sobre el tráfico del procesador en sistemas SPC\*

La interacción entre los subsistemas de equipo y programación introduce una correlación entre las tareas del procesador en un sistema SPC. Se ha desarrollado un modelo simplificado de colas que puede ser estudiado mediante técnicas analíticas. Aquí se emplea para investigar las distribuciones de tiempos de espera para las tareas del procesador con pequeñas prioridades de interrupción.

E. JENSEN

M. J. SANCHEZ PUGA

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A., Madrid, España

R. B. HAUGEN

Norwegian Telecommunications Administration, Kjeller, Noruega

## Introducción

Durante los últimos 15 años se han desarrollado y puesto en servicio varios sistemas SPC que han sido objeto de estudios de tráfico. En lo concerniente al control de tales sistemas, en la mayoría de los casos, se tenía que confiar en las simulaciones porque la complejidad del problema impedía resolverlo con las técnicas analíticas disponibles. Mientras tanto, han aparecido muchas publicaciones sobre los procesos en ordenadores de aplicación general. Sin embargo, a causa de la especial dependencia existente entre las diversas tareas que tiene que ejecutar un sistema telefónico, por ejemplo, recepción, marcaje, envío, dependencia entre el hardware y el software, etc., los resultados analíticos de tales estudios, en general, no han sido aplicables a los sistemas SPC, y, así, ha habido necesidad de técnicas analíticas especiales.

La dependencia mencionada entre las diversas tareas que tienen que ejecutarse se puede modelar por medio de sistemas de colas que permiten la terminación de una tarea para generar otras tareas que antes o después requieren servicio de la parte de control del sistema. Takács, Ref. [1] (caso de una cola), ha tratado modelos de esta clase, y varios trabajos publicados por Enns, Chan, Chung, Maa y Wignall, por ejemplo, Refs. [2, 3, 4, 5] (caso multicola) suponen llegadas "externas" de Poisson y tiempos de ejecución distribuidos con la ley exponencial negativa.

El presente artículo extiende estos modelos al caso de entradas de tareas "externas" estocásticamente independientes distribuidas según una ley general, disciplinas de servicio "preemptive resume" y reglas de interdependencia de tareas más reales.

## Breve descripción del sistema

Cada tarea que tiene que ejecutar el procesador pertenece a cierto nivel de prioridad de interrupción.

A cada nivel se le asigna cierto número de colas finitas donde pueden esperar las tareas que no se pueden ejecutar inmediatamente. La disciplina dentro de cada cola es FIFO (salida en orden de llegada; del inglés first-in, first-out). Entre las colas de un nivel puede haber varios tipos de disciplinas sin interrupción.

Una interrupción de la ejecución de una tarea se iniciará por la llegada de una tarea de un nivel de interrupción mayor. Sin embargo, puede no ser cursada inmediatamente sino después de algún tiempo, permitiendo a la ejecución de la tarea interrumpida llegar hasta un paso a partir del cual puede proseguir después más fácilmente.

También, después de que se ha efectuado la interrupción, el procesador puede necesitar algún tiempo llamado de reorientación o "register saving time" para almacenar datos antes de que se pueda empezar la ejecución de la tarea de nivel de interrupción más alto. Entonces, después de que la ejecución de todos los programas de nivel de interrupción mayor se ha completado, continuará la ejecución de la tarea interrumpida desde el paso en que lo fue. Como los tiempos de inhibición y reorientación son cortos generalmente, comparados con el tiempo de ejecución, podemos considerar que la disciplina de interrupción será *casi* "preemptive resume".

Los tiempos de ejecución son constantes en la mayoría de los casos para aquellas clases de tareas que no contienen árboles de decisión, exploración, etc.

Las tareas, en general, son originadas por requisiciones externas de servicio al sistema de conmutación (por ejemplo: descuelgue, línea entrante llamando, etc.) o por alguna tarea ejecutada ya y contenida en una secuencia de funciones de conmutación (por ejemplo: recepción, envío, tarificación, etc.). A las tareas de la primera clase las llamaremos externas o tareas frescas, y a las de la otra clase, realimentaciones.

Frecuentemente, cuando una tarea genera una realimentación, ésta puede no guardar cola para su ejecución inmediatamente sino que tendrá que esperar cierto tiempo a causa del trabajo intermedio que tiene que hacerse en alguna parte del sistema (por ejemplo: de marcaje, exploración, tono de ocupación o de llamada, etc.).

\* Trabajo presentado en el VIII Congreso internacional de telegrafico de Melbourne, Australia (10 a 17 noviembre de 1976) unquote.

\*\* "Preemptive resume": Interrupción del servicio y almacenamiento de los resultados intermedios con el fin de reanudar después el servicio a partir del punto en que se produjo la interrupción. (N. del T.)



El trabajo del procesador puede, además, ser gobernado por varios relojes para asegurar que ciertas actividades se ejecutan en ciertos instantes de tiempo. Tales actividades pueden ser para iniciar o reanudar la ejecución de tareas, interrupciones, etc.

Estas características son típicas de los llamados "sistemas de colas muestradas".

**Modelo general de tráfico**

En la figura 1 se muestra un modelo consistente en el procesador y los niveles de prioridad de interrupción con sus respectivas colas.

Se supone que las colas tienen capacidad infinita. Esto simplifica el análisis, pero sobreestima la carga en el procesador y la probabilidad de los tiempos de espera largos.

Las tareas externas, estocásticamente independientes, llegan a cada cola según una ley general (procesos recurrentes), los tiempos entre llegadas para las tareas externas a  $Q_i$  tienen una función de distribución  $G_i(t)$ . Los procesos de Poisson pueden considerarse, con frecuencia, suficientemente realistas.

A cada  $Q_i$  se le asigna cierta función de distribución  $S_i(t)$  para los tiempos de ejecución de las tareas procedentes de la cola.

Cada tarea de  $Q_i$  ejecutada originará simultáneamente un número de realimentaciones: el número de realimentaciones a  $Q_j$  viene dado por una distribución discreta  $f_{i; k_1 \dots k_{i_n}}$ .

Los retrasos por realimentación, inhibición y reorientación pueden ser magnitudes aleatorias.

En este trabajo estos efectos no se tratarán explícitamente; sin embargo se comentará el caso de entradas externas de Poisson y retrasos por realimentación distribuidos con la ley exponencial negativa. Despreciando los tiempos de inhibición y reorientación se llega a la disciplina "preemptive resume" pura entre niveles de interrupción.

Las características del muestreo inducidas por el control de los relojes no serán tenidas en cuenta explícita-

mente. Puede introducirse una corrección modificando ligeramente las distribuciones del tiempo de ejecución.

En principio, todos los datos de entrada del modelo general de tráfico descrito pueden obtenerse de los datos de la distribución del tipo de llamada y de los diseñadores del sistema.

**Principios fundamentales del análisis del modelo general de tráfico**

**Introducción**

Los modelos de tráfico similares al presentado en el capítulo previo, pero con entrada externa de Poisson y una matriz simple de realimentación, es decir:

$$f_{i; k_1 \dots k_{i_n}} = \prod_{l=1}^{i_n} [\delta_{k_{l-1}} \Phi_{i, l} + \delta_{k, l} (1 - \Phi_{i, l})] \quad (1)$$

con  $0 \leq \Phi_{i, l} \leq 1$ ,

han sido estudiados por Chan, Chung, Enns, Maa y Wignall [2 a 5], principalmente por medio de ecuaciones de estado aplicadas al modelo total.

En el libro de Jaiswall [6], se puede encontrar una teoría detallada de los modelos de colas con prioridad de interrupción con entradas de Poisson o Engset/Bernouilli y sin realimentaciones. Jaiswall descompone el proceso total de tráfico en procesos "parciales" que se pueden estudiar claramente y por separado con métodos analíticos.

Entonces, por síntesis de los resultados obtenidos para los procesos "parciales" se pueden encontrar las soluciones de problemas específicos, como, por ejemplo, las distribuciones del tiempo de espera.

Este trabajo seguirá la misma línea que el libro de Jaiswall; del mismo modo, también estudiaremos algunos procesos "parciales" que combinados de ciertas formas pueden resolver problemas actuales de tráfico.

Supongamos ahora que deseamos estudiar el comportamiento del modelo general de tráfico con respecto a cierto nivel de interrupción  $k$ . Los niveles de interrupción más altos (es decir, niveles  $< k$ ) tienen una influencia sobre lo que sucede en el nivel  $k$ , a través de la interrupción de la ejecución de las tareas y la generación de realimentaciones al nivel  $k$ . Adviértase que una interrupción tardará exactamente el periodo de ejecución continua de tareas en los niveles más altos. A este periodo lo llamaremos "busy period" de los niveles más altos que  $k$ .

Las realimentaciones a los niveles más bajos pueden generarse solamente durante "busy periods". Así, la influencia de los niveles de interrupción más altos sobre el nivel  $k$  está totalmente caracterizada por la distribución conjunta de la longitud del "busy period" y del número de realimentaciones a cada cola de los niveles con prioridad de interrupción más bajos. Los niveles con prioridad de interrupción más bajos solamente

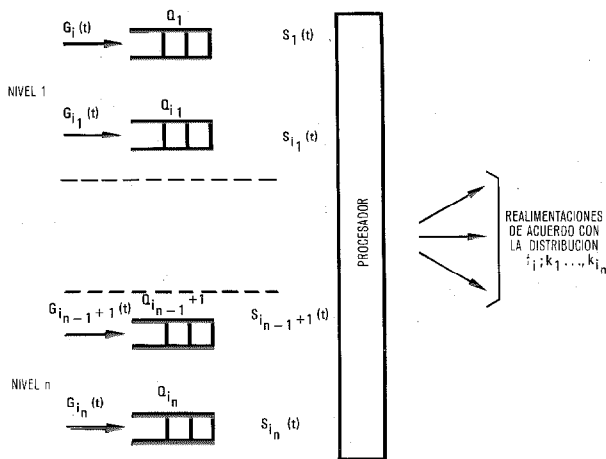


Fig. 1 Modelo general de tráfico.

\* NOTA: "Busy period": Tiempo dedicado a ciertas tareas especificadas.

pueden influir en lo que ocurre en el nivel  $k$  a través de realimentaciones al nivel  $k$  o más altos. Esto solamente puede tener lugar durante aquellos periodos en que el procesador está trabajando en los niveles más bajos (estando consecuentemente vacíos el nivel  $k$  y los niveles más altos).

En el caso de realimentaciones a niveles más altos que  $k$  obtendremos algunos "busy periods" en los niveles más altos como se ha indicado previamente; si  $k$  es el nivel más alto que recibe realimentaciones, el servicio de una de esas tareas empezará inmediatamente.

La cola equivalente de alta prioridad y su "busy period"

De acuerdo con las consideraciones anteriores pensamos que sería provechoso intentar resolver primero el problema del "busy period" para los niveles con prioridad de interrupción más altos cuando se estudia la influencia externa sobre el nivel  $k$ . Sin embargo, los  $k-1$  niveles más altos constan de  $\nu = i_{k-1}$  colas, que complican el problema un tanto, si deseamos estudiar el "busy period" con un análisis directo. Sería más fácil si sustituyéramos las colas  $Q_i (i = 1, \dots, \nu)$  por una cola simple,  $Q_E$ , sin cambiar demasiado el efecto sobre el nivel  $k$ . Ahora veremos cómo puede hacerse.

Primero, quisiéramos que  $Q_E$  tuviera entrada general independiente con distribución del tiempo entre llegadas  $G_E(t)$ . Usaremos el procedimiento descrito en [8] aproximando la superposición de procesos recurrentes a un proceso recurrente. Esto se basa en el hecho de que las funciones de distribución complementarias de los tiempos de recurrencia hacia adelante (también llamados tiempos de vida residual) son multiplicativas. Obtenemos

$$G_E(t) = 1 - \lambda^{-1} \sum_{i=1}^{\nu} \lambda_i [1 - G_i(t)] \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{\nu} \int_0^t \lambda_j (1 - G_j[\tau]) d\tau, \quad (2)$$

donde

$$\lambda_i^{-1} = \int_{-\infty}^{\infty} t dG(t) \text{ y } \lambda = \sum_{i=1}^{\nu} \lambda_i. \quad (3)$$

Ahora, consideramos una tarea externa o una realimentación de alguna cola  $Q_i (i = \nu + 1, \dots, \mu)$  que entra a la  $Q_j (j = 1, \dots, \nu)$ . Esta tarea dará origen a un número de tareas que entran a las colas  $Q_j (k = 1, \dots, \nu)$ ; al conjunto de estas tareas y su tarea origen lo llamaremos supertarea. Obsérvese que la disciplina de cola no tiene influencia sobre la longitud del "busy period", y así podemos suponer que la ejecución de una supertarea será continua. Entonces, en términos de supertarea, durante el "busy period" no se generará realimentación alguna a las colas  $Q_j (j = 1, \dots, \nu)$ . El primer paso es, por tanto, encontrar una distribución conjunta  $S_{i; n_{\nu+1}, \dots, n_{\mu}}(t)$  del tiempo de ejecución de una supertarea y del número de realimentaciones que generará a otras colas  $Q_j (j \geq \nu + 1)$ .

Sea  $h_{i, n_1, \dots, n_{\mu}}$  la distribución conjunta del número de tareas elementales (con respecto a sus colas asocia-

das) contenidas en una supertarea iniciada desde  $Q_i (i = 1, \dots, \nu)$  y de las realimentaciones a las colas  $Q_j (\nu + 1, \dots, \mu)$

$$h_{i, n_1, \dots, n_{\mu}} = \sum_{k_1=0}^{\infty} \dots \sum_{k_{\nu}=0}^{\infty} \sum_{k_{\nu+1}=0}^{n_{\nu+1}} \dots \sum_{k_{\mu}=0}^{n_{\mu}} f_{i; k_1, \dots, k_{\mu}} \left( \begin{matrix} \nu \\ j=1 \end{matrix} b_j^{k_j} \right) n_1, \dots, n_i - 1, \dots, n_{\nu}, n_{\nu+1} - k_{\nu+1}, \dots, n_{\mu} - k_{\mu} \quad (4)$$

donde \* indica convolución.

Introduciendo las funciones generatrices

$$H_i(\alpha_1, \dots, \alpha_{\mu}) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \dots \sum_{n_{\mu}=0}^{\infty} \alpha_1^{n_1} \dots \alpha_{\mu}^{n_{\mu}} h_{i; n_1, \dots, n_{\mu}} \quad (5)$$

y

$$F_i(\alpha_1, \dots, \alpha_{\mu}) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \dots \sum_{n_{\mu}=0}^{\infty} \alpha_1^{n_1} \dots \alpha_{\mu}^{n_{\mu}} f_{i; n_1, \dots, n_{\mu}}, \quad (6)$$

obtenemos la relación

$$H_i(\alpha_1, \dots, \alpha_{\mu}) = \alpha_i F_i[H_1(\alpha_1, \dots, \alpha_{\mu}), \dots, H_{\nu}(\alpha_1, \dots, \alpha_{\mu}), \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_{\mu}] \quad (7)$$

que tiene que resolverse tomando valores específicos de  $f_{i; n_1, \dots, n_{\mu}}$ . Entonces, si denotamos por  $S_{i; n_{\nu+1}, \dots, n_{\mu}}(t)$  a la distribución conjunta del tiempo de ejecución de una supertarea y del número de realimentaciones a otras colas, obtenemos

$$S_i^{(1)}(s; \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_{\mu}) = H_i[S_1^{(1)}(s), \dots, S_{\nu}^{(1)}(s), \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_{\mu}]. \quad (8)$$

La primera tarea de una supertarea es una tarea externa o una realimentación de una de las colas  $Q_j (j = \nu + 1, \dots, \mu)$ . En el primer caso usaremos la distribución del tiempo de ejecución con función generatriz junto con la transformada del Laplace-Stieltjes.

$$S_0^{(1)}(s; \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_{\mu}) = \lambda^{-1} \sum_{i=1}^{\nu} \lambda_i S_i^{(1)}(s; \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_{\mu}), \quad (9)$$

ignorando la dependencia estocástica entre el proceso de llegada de tareas externas y los tiempos de ejecución en  $Q_E$ .

En el segundo caso, podemos desear tener muy en cuenta la cola de destino,  $i$ , de las realimentaciones origen usando la distribución del tiempo de ejecución  $S_{i; n_{\nu+1}, \dots, n_{\mu}}(t)$ . En la práctica, donde los tiempos de ejecución de las supertareas no varían mucho con  $i$  podemos suponer  $S_{0; n_{\nu+1}, \dots, n_{\mu}}(t)$  para todas las supertareas. En este caso denotaremos a la distribución conjunta del "busy period" y de la realimentación [a  $Q_j (j = \nu + 1, \dots, \mu)$ ] por

$$n_0 B_{0; n_{\nu+1}, \dots, n_{\mu}}(x_0; x_1, t)$$

donde  $x_0$  es el tiempo transcurrido desde la última tarea externa y  $n_0$  es el número de supertareas presentes en  $Q_E$  cuando empieza el "busy period" (incluyendo la tarea que en ese mismo instante entra en el procesador); es una función de distribución de  $x_1$  o tiempo transcurrido desde la última llegada externa cuando termina el "busy period", y de  $t$ , duración del "busy period". Ya que  $x_0$  y  $x_1$  apuntan hacia atrás, en nuestra notación  $B$  será una distribución en términos de tiempos de recurrencia hacia atrás.

Si deseamos tener en cuenta realimentaciones iniciales a las colas  $Q_i (i=1, \dots, \nu)$  y hacer la suposición (no necesaria) de que hay también  $n_0$  supertareas generadas por tareas externas presentes al principio del "busy period", la notación correspondiente será:

$$n_0, n_1, \dots, n_\nu, B_\nu; n_{\nu+1}, \dots, n_\mu (x_0; x_1, t).$$

En términos de funciones generatrices, tenemos la siguiente relación entre las dos clases de "busy periods":

$$\begin{aligned} n_0, \dots, n_\nu, B_\nu(x_0; x_1, t; \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_\mu) &= \\ &= \int_{-\infty}^t d\tau \left[ \prod_{j=0}^{\nu} S_j^{n_j}(\cdot; \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_\mu) \right] (\tau) \cdot \\ &\cdot \sum_{m_0=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} m_0 B_0(x; x_1, t-\tau; \alpha_{\nu+1}, \dots, \alpha_\mu) d_x A_{m_0}(x_0; x, \tau). \end{aligned} \quad (10)$$

donde  $A_{m_0}(x_0; x_1, t)$  es la probabilidad de que durante un intervalo de tiempo  $(0, t)$  haya exactamente  $m_0$  llegadas de tareas externas llegando la última de ellas un tiempo menor o igual que  $x_1$  antes de que termine el intervalo  $t$ ; dado que empezamos en un instante en que el tiempo transcurrido desde la última llegada de tarea externa fue exactamente  $x_0$ .

Será conveniente introducir las medidas

$$d_{x_1} A_{m_0}(x_0; x_1, t) = \frac{1-G(x_0)}{1-G(x_1)} d_{x_1} A_{m_0}(x_0; x_1, t), \quad (11)$$

$$d_{x_1} B(x_0; x_1, t) = \frac{1-G(x_0)}{1-G(x_1)} d_{x_1} B(x_0; x_1, t). \quad (12)$$

Eliminando las variables de las funciones generatrices obtenemos, después de tomar a transformada de Laplace-Stieltjes en  $t$ :

$$\begin{aligned} n_0, \dots, n_\nu, B_\nu^{(1)}(x_0; x_1, s; \cdot) &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{-s\tau} d_\tau \left[ \prod_{j=0}^{\nu} S_j^{n_j}(\cdot; \cdot) \right] (\tau) \cdot \\ &\cdot \sum_{m_0=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} m_0 B_0^{(1)}(x; x_1, s; \cdot) d_x A_{m_0}(x_0; x, \tau). \end{aligned} \quad (13)$$

En el tratamiento siguiente aplicaremos el siguiente teorema de convolución de las transformadas de Laplace.

Para  $i = 1, 2$

$$F_i(s) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-st} f_i(t) dt \quad (14)$$

donde  $(a_i < \text{Re } s < b_i)$ .

Entonces para cualquier  $c$  que verifique

$$\max(a_1, \text{Re } s - b_2) < c < \min(b_1, \text{Re } s - a_2) \quad (15)$$

(es decir cualquier línea vertical de la franja vertical común de analiticidad de  $F_1(\Phi)$  y  $F_2(s - \Phi)$ ) tendremos

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-st} f_1(t) f_2(t) dt = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} F_1(\Phi) F_2(s - \Phi) d\Phi. \quad (16)$$

Tomando la transformada de Laplace en  $x_0$  y la transformada de Laplace-Stieltjes en  $x_1$  obtenemos

$$\begin{aligned} n_0, \dots, n_\nu, B_\nu^{(3)}(z_0; z_1, s; \cdot) &= -\frac{1}{4\pi i^2} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} \prod_{j=0}^{\nu} [S_j^{(1)}(\Phi_1; \cdot)]^{n_j} \cdot \\ &\cdot \left[ \sum_{m_0=0}^{\infty} \int_{c_2-i\infty}^{c_2+i\infty} A_{m_0}^{(3)}(z_0; -\Phi_2, s - \Phi_1) \cdot \right. \\ &\cdot m_0 B_0^{(3)}(\Phi_2; z_1, s; \cdot) d\Phi_2 \left. \right] d\Phi_1, \end{aligned} \quad (17)$$

(con  $c_1$  y  $c_2$  elegidos de modo que el integrando esté definido correctamente y sea analítico sobre los caminos de integración), donde

$$\begin{aligned} A_k^{(3)}(z_0; z_1, s) &= \int_0^{\infty} e^{-z_0 x_0} \\ &\left[ \int_0^{\infty} e^{-st} \left\{ \int_0^{\infty} e^{-z_1 x_1} d_{x_1} A_k(x_0; x_1, t) \right\} dt \right] dx_0 \\ &= \begin{cases} \frac{1}{(s+z_1)(z_0+z_1)} [k=0; \text{Re}(s+z_1), \text{Re}(s_0+z_1) > 0] \\ \frac{[G^{(1)}(s)]^{k-1} [G^{(1)}(s) - G^{(1)}(z_0)]}{(s+z_1)(z_0-s)} \\ [k=1, \dots; \text{Re}(s+z_1) > 0]. \end{cases} \end{aligned} \quad (18)$$

Adviértase que

$${}_0B_0(x_0; x_1, t) = \Theta(x_1 - x_0) \Phi(t), \quad (19)$$

donde la función salto viene definida por

$$\Theta(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \\ 1 & \text{si } x \geq 0. \end{cases} \quad (20)$$

Entonces

$${}_0B_0^{(3)}(z_0; z_1, s; \cdot) = \frac{1}{z_0 + z_1} [\text{Re}(z_0 + z_1) > 0]. \quad (21)$$

Realizando la integración en  $\Phi_2$  y en primer término también en  $\Phi_1$  obtenemos:

$$\begin{aligned} n_0, \dots, n_\nu, B_\nu^{(3)}(z_0; z_1, s; \cdot) &= \frac{\prod_{j=0}^{\nu} [S_j^{(1)}(s+z_1)]^{n_j}}{z_0 + z_1} + \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \left\{ \prod_{j=0}^{\nu} [S_j^{(1)}(\Phi)]^{n_j} \frac{G^{(1)}(s-\Phi) - G^{(1)}(z_0)}{z_0 - s + \Phi} \right. \\ &\cdot \sum_{m_0=1}^{\infty} [G^{(1)}(s-\Phi)]^{m_0-1} m_0 B_0^{(3)}(s-\Phi; z_1, s; \cdot) d\Phi. \end{aligned} \quad (22)$$

Introduciendo la función generatriz

$$\begin{aligned} B_\nu^{(3)}(z_0; z_1, s; \cdot; \beta_0, \dots, \beta_\nu) &= \\ &= \sum_{n_0=0}^{\infty} \dots \sum_{n_\nu=0}^{\infty} \beta^{n_0} \dots \beta^{n_\nu} n_0, \dots, n_\nu, B_\nu^{(3)}(z_0; z_1, s; \cdot) - \frac{1}{z_0 + z_1} \end{aligned} \quad (23)$$

obtenemos

$$\begin{aligned} B_\nu^{(3)}(z_0; z_1, s; \cdot; \beta_0, \dots, \beta_\nu) &= \\ &= \frac{1}{z_0 + z_1} \left[ \frac{1}{\prod_{j=0}^{\nu} \{1 - \beta_j S_j^{(1)}(s+z_1)\}} - 1 \right] + \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{G^{(1)}(s-\Phi) - G^{(1)}(z_0)}{(z_0 - s + \Phi) \prod_{j=0}^{\nu} \{1 - \beta_j S_j^{(1)}(\Phi)\}} \cdot \\ &\cdot \frac{B_0^{(3)}[s-\Phi, z_1, s; \cdot; G^{(1)}(s-\Phi)]}{G^{(1)}(s-\Phi)} d\Phi. \end{aligned} \quad (24)$$

Así, si conocemos  $B_0^{(3)}$  podemos encontrar  $B_\nu^{(3)}$  de la ecuación (23).

Adviértase que para establecer  $B_0^{(3)}$  tenemos que encontrar la distribución del "busy period" de una cola GI/G/1, permitiendo que el "busy period" empiece con cierto número  $m_0$  de elementos en la cola y un tiempo  $x_0 (\geq 0)$  desde la última llegada. Es una generalización del problema tradicional del "busy period".

El "busy period" de la cola GI/G/1 con tiempos de recurrencia hacia atrás

Podríamos poner  $\nu = 0$  en la ecuación (24) y resolverla para  $B_0^{(3)}$ . Sin embargo, preferimos estudiarla por un método que proporcione más información acerca del proceso durante el "busy period". Este método se describe brevemente en el Apéndice. Allí se demuestra que para la cola GI/G/1 con llegadas simples se puede encontrar el "busy period" a partir de las relaciones

$$\begin{aligned}
 X^+(z_0; z_1, s; \alpha, \beta) &= \\
 &= \frac{\alpha}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} X^-(z_0; \Phi, s; \alpha, \beta) \frac{G^{(1)}(\Phi) - G^{(1)}(z_1)}{z_1 - \Phi} d\Phi \quad (25) \\
 &= \frac{X^-(z_0; z_1, s; \alpha, \beta)}{1 - \alpha G^{(1)}(z_1)} \\
 X^-(z_0; z_1, s; \alpha, \beta) &= \\
 &= \left[ 1 - \frac{1}{\alpha} S^{(1)}(s - z_1) \right]^{-1} \left\{ \frac{\beta}{1 - \alpha\beta} \left[ \frac{S^{(1)}(s - z_1)}{z_0 - z_1} \right. \right. \\
 &+ \frac{\alpha}{2\pi i} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} \frac{G^{(1)}(\Phi_1) - G^{(1)}(z_0)}{(z_0 - \Phi_1)[1 - \alpha G^{(1)}(\Phi_1)]} \frac{S^{(1)}(s - \Phi_1)}{\Phi_1 - z_1} d\Phi_1 \Bigg] \\
 &+ \frac{1}{2\pi i \alpha} \int_{c_2-i\infty}^{c_2+i\infty} X^+(z_0; \Phi_2, s; \alpha, \beta) \frac{S^{(1)}(-\Phi_2) - S^{(1)}(s - z_1)}{\Phi_2 - z_1} d\Phi_2 - \\
 &- B_0^{(3)}(z_0; -z_1, s; \beta) \Bigg\}. \quad (26)
 \end{aligned}$$

Para determinar  $B^{(3)}$  tiene que cumplirse que  $X^+$  y  $X^-$  sean funciones analíticas de  $z_1$  en los semiplanos complejos derecho e izquierdo (extendido) respectivamente con una franja vertical donde ambas son analíticas.

Se sigue que los puntos singulares de  $X^+$  vienen determinados por la ecuación

$$1 - \alpha G^{(1)}(z_1) = 0.$$

Entonces con los caminos de integración correctamente elegidos podemos usar el requisito de que  $X^-$  sea analítica en  $|\alpha| < 1$  para determinar  $B^{(3)}$ , siempre que la probabilidad de que los tiempos de ejecución estén limitados sea 1.

El "busy period" con tiempos de recurrencia hacia adelante

En algunos casos puede resultar ventajoso considerar en la distribución del "busy period", el tiempo transcurrido hasta la llegada siguiente en lugar del tiempo transcurrido desde la llegada previa. Para la cola equivalente  $Q_E$  del modelo de realimentación de la sección anterior, definimos

$$n_0, \dots, n_\nu B_\nu^+; n_{\nu+1}, \dots, n_\mu(x_0; x_1, t) \quad (27)$$

como una función de distribución en  $t$  y  $x_1$ , duración del "busy period" y tiempo transcurrido hasta la si-

guiente llegada fresca medido desde el final del "busy period".

Además, es una distribución conjunto de  $n_{\nu+1}, \dots, n_\mu$  el número de realimentaciones a las diversas colas exteriores a  $Q_E$ .  $x_0$  es el tiempo exacto que transcurre hasta la siguiente llegada fresca desde que empieza el "busy period", siendo  $n_0$  el número de llegadas frescas que han llegado ya y  $n_1, \dots, n_\nu$  el número de supertareas de realimentación asignadas a las  $Q_1, \dots, Q_\nu$ , donde  $\nu$  es el número de colas sustituidas por la cola equivalente  $Q_E$ .

Ya que  $x_0$  y  $x_1$  apuntan hacia adelante, en nuestra notación  $B^+$  será una distribución en términos de tiempo de recurrencia hacia adelante.

Antes de analizar este "busy period" consideraremos el "busy period" de la cola GI/G/1 y definiremos  $D_T(x_0, x_1, t)$  como una función de distribución en  $t$  y  $x_1$  (definida como antes), siendo  $x_0$  el tiempo exacto transcurrido desde el instante en que el "busy period" empieza hasta que se produce la llegada siguiente.  $T$  es la distribución del tiempo de ejecución del trabajo que está presente al principio del "busy period".

Entonces

$$\begin{aligned}
 D_T^+(x_0; x_1, t) &= \int_{-\infty}^{\min(t, x_0)} \Theta[x_1 - (x_0 - \tau)] dT(\tau) + \\
 &+ \int_{x_0}^t d_\tau T(\tau) \sum_{k=1}^{\infty} \int_0^{\tau - x_0} \int_0^{t - \tau} d_{y_1} d_{\tau_1} {}_0B_0^{+(k-1)*}(0; y_1, \tau_1) \cdot \\
 &\cdot [{}_0B_0^+(0; \tau - x_0 - y_1 + x_1, t - \tau - \tau_1) - \\
 &- {}_0B_0^+(0; \tau - x_0 - y_1, t - \tau - \tau_1)]. \quad (28)
 \end{aligned}$$

La distribución del "busy period"  ${}_0B_0^+(0, x_1, t)$  ha sido estudiada por Rice [7]. Con la notación de su trabajo tendremos:

$${}_0B_0^{(2)+}(0; z_1, s) = \Phi(1, -z_1, s), \quad (29)$$

donde  $\Phi$  puede hallarse a partir de sus ecuaciones (54) a (56).

También puede hallarse del análisis del tiempo de recurrencia hacia atrás y de la relación

$$\begin{aligned}
 {}_0B_0^{(1)+}(0; z_1, s) &= \\
 &= \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} {}_1B_0^{(2)}(0; \Phi, s) \frac{G^{(1)}(-\Phi) - G^{(1)}(z_1)}{z_1 + \Phi} d\Phi, \quad (30)
 \end{aligned}$$

donde el camino de integración está en la franja donde la función integrando está bien definida y es analítica.

Tomando las transformadas de Laplace/Stieltjes en  $x_1$  y  $t$ , y la transformada de Laplace en  $x_0$  obtenemos de la ecuación (28)

$$\begin{aligned}
 D_T^{(3)+}(z_0; z_1, s) &= \frac{T^{(1)}(z_0 + s)}{z_0 + z_1} + \\
 &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{T^{(1)}(s - \Phi) - T^{(1)}(z_0 + s)}{z_0 + \Phi} \cdot \\
 &\cdot \frac{{}_0B_0^{(2)+}(0; \Phi, s) - {}_0B_0^{(2)+}(0; z_1, s)}{(z_1 - \Phi)[1 - {}_0B_0^{(2)+}(0; \Phi, s)]} d\Phi \quad (31)
 \end{aligned}$$

donde  $0 < c < \text{Re } s$ .

Sea

$$B_v^{(3)+}(z_0; z_1, s; \alpha_{v+1}, \dots, \alpha_\mu; \beta_0, \dots, \beta_v)$$

la transformada de la ecuación (27) y función generatriz en  $\alpha_i$  y  $\beta_j$  con respecto a  $n_i (i = v + 1, \dots, \mu)$  y  $n_j (j = 0, \dots, v)$  respectivamente. Entonces:

$$B_v^{(3)+}(z_0; z_1, s; \alpha_{v+1}, \dots, \alpha_\mu; \beta_0, \dots, \beta_v) = D_T^{(3)+}(z_0; z_1, s; \alpha_{v+1}, \dots, \alpha_\mu) \quad (32)$$

donde

$$T^{(1)} = \prod_{k=0}^v [1 - \beta_k S_k^{(1)}(s; \alpha_{v+1}, \dots, \alpha_\mu)]^{-1} \quad (33)$$

y en la expresión de  $D_T^+$ , la distribución del "busy period" con recurrencia hacia adelante  ${}_0B_0^+$ , debería obtenerse usando la distribución del tiempo de ocupación  $S_0(t; \alpha_{v+1}, \dots, \alpha_\mu)$ .

### Conclusiones del análisis del "busy period"

En las secciones previas hemos considerado dos tipos diferentes de distribuciones del "busy period". Los métodos de cálculo para deducir las distribuciones en casos particulares se basan, principalmente, en las técnicas de evaluación del residuo y en la aplicación de teoremas, tales como el de Rouché, para la detección de ceros de funciones. Tales técnicas se aplican muy frecuentemente a los problemas de teoría de colas, de modo que este trabajo no será una excepción en este sentido.

Nótese que hemos despreciado los retrasos por realimentación. Estudios no publicados para el caso de entradas frescas de Poisson y retrasos por realimentación distribuidos con la ley exponencial negativa, revelan la complicación de una ecuación integral del tipo Fredholm en las variables de la función generatriz correspondientes a los números de realimentaciones de las diversas categorías existentes en la fase de retraso por realimentación.

### Aplicación a un sistema de dos colas con diferentes prioridades de interrupción

El modelo ilustrado en la figura 2 es un caso particular del modelo básico general descrito en una sección anterior. Los retrasos por realimentación y los tiempos de inhibición y reorientación se han despreciado.

$Q_1$  puede ser o no una cola equivalente. Para no complicar demasiado el ejemplo supondremos que los tiempos de ejecución serán iguales para cada una de las colas compuestas, si  $Q_1$  es una cola equivalente.

Veremos cómo la distribución del "busy period" de  $Q_1$  se puede usar para estudiar el comportamiento del segundo nivel. El procedimiento consta de cuatro pasos principales, que son:

- Calcular la distribución del tiempo transcurrido desde que empieza la ejecución de una tarea de  $Q_2$ , hasta que el procesador está listo para empezar la ejecución de la tarea siguiente en  $Q_2$ , si existe. A ésta se le llama distribución del tiempo de completación ("completion time") de  $Q_2$  y la denotaremos por  $C_2$ . Nótese que para una tarea de  $Q_2$  durante su tiempo de espera, los tiempos de completación harán

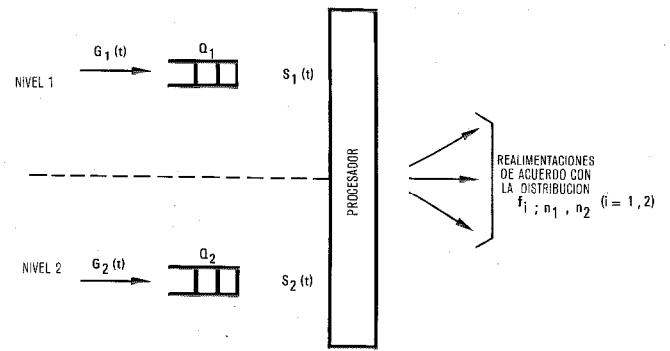


Fig. 2 Modelo de dos colas con diferentes prioridades de interrupción.

el papel de tiempos de ejecución en un sistema sin interrupciones.

- Si el procesador encuentra vacía a  $Q_2$  al final de un tiempo de completación, necesitará una distribución del tiempo transcurrido hasta que pueda empezar la ejecución de la tarea siguiente del  $Q_2$  (es decir hasta la iniciación del siguiente tiempo de completación. A ésta se le llama distribución del tiempo de intercompletación y la denotaremos por  $H_2$ .
- Las distribuciones de los tiempos de completación y de intercompletación las podemos usar ahora para deducir la distribución estacionaria de cierta cadena de Markov inmersa con un espacio de estado que incluye el número de tareas que esperan en  $Q_2$ , y un conjunto tiempo constituido por los instantes en que terminan los tiempos de completación. A esta distribución la denotaremos por  $\Phi_{2;k}$ .
- Ahora podemos combinar las distribuciones del tiempo de completación  $C_2$  y la distribución de estado para obtener aproximaciones de la distribución del tiempo de espera  $W(t)$ . Puede ponerse, por ejemplo:

$$W(t) \approx \sum_{k=0}^{\infty} \Theta_{2;k} C_2^{k*}(t) \quad (34)$$

Se verá que la distribución del "busy period" de  $Q_1$  será la piedra angular de la construcción de todas las distribuciones anteriores de los procesos de  $Q_2$ . En general nuestra experiencia es que la parte más ardua del análisis consiste en obtener las distribuciones del "busy period". Además los resultados, entonces, se pueden conseguir principalmente por métodos combinatorios.

### Distribución del tiempo de completación para $Q_2$

Denotemos por  $C_{2;n_2}(x_0; x_1, t)$  a la distribución conjunta del tiempo de completación para  $Q_2$ , del tiempo transcurrido desde la última llegada fresca a  $Q_1$  cuando el tiempo de completación termina (funciones de distribución) y del número de realimentaciones a  $Q_2$  durante ese tiempo, sabiendo que cuando empieza el tiempo de completación había pasado un tiempo exactamente igual a  $x_0$  desde la última llegada fresca a  $Q_1$ .

Obtenemos entonces

$$C_{2;n_2}(x_0; x_1, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{k_1=0}^{n_1} \sum_{k_2=0}^{n_2} f_{2;k_1,k_2} \cdot \int_0^t d\tau S_2(\tau) \int_0^{\infty} dx A_{1;n_1-k_1}(x_0; x, \tau) n_1 B_{0;n_2-k_2}(x; x_1, t-\tau). \quad (35)$$

Introduciendo la medida

$$d_{x_1} C_{2;n_2}(x_0; x_1, t) = \frac{1-G(x_0)}{1-G(x_1)} d_{x_1} C_{2;n_2}(x_0; x_1, t) \quad (36)$$

obtenemos, después de tomar la transformada de Laplace-Stieltjes en  $x_1$  y  $t$  y la transformada de Laplace en  $x_0$ :

$$C_{2;n_2}^{(3)}(z_0; z_1, s) = -\frac{1}{4\pi^2} \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{k_1=0}^{n_1} \sum_{k_2=0}^{n_2} f_{2;k_1,k_2} \cdot \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} S_2^{(1)}(-\Phi_1) \left[ \int_{c_2-i\infty}^{c_2+i\infty} A_{1;n_1-k_1}^{(3)}(z_0; \Phi_2, \Phi_1) \cdot n_1 B_{0;n_2-k_2}^{(3)}(-\Phi_2; z_1, s) d\Phi_2 \right] d\Phi_1, \quad (37)$$

en que  $c_1$  y  $c_2$  tienen que elegirse dentro de las franjas apropiadas de analiticidad.

Después de substituir  $A_{1;k}^{(3)}$  por la ecuación (18) e integrar una vez, obtenemos después de tomar la función generatriz con respecto a  $n_2$

$$C_{2;n_2}^{(3)}(z_0; z_1, s; a_2) = \frac{1}{2\pi i} \sum_{n_1=0}^{\infty} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{S_2^{(1)}(s+\Phi) n_1 B_{0;n_2}^{(3)}(-\Phi; z_1, s; a_2)}{z_0 + \Phi} \cdot [f_{2;n_1}(a_2) + \sum_{k_1=0}^{n_1-1} f_{2;k_1}(a_2) \{G_1^{(1)}(-\Phi)\}^{n_1-k_1-1} \cdot \{G_1^{(1)}(-\Phi) - G_1^{(1)}(z_0)\}] d\Phi \quad (c > -\text{Re } z_0). \quad (38)$$

Nótese que si la suma extendida a  $n_1$  provoca dificultades en la formulación de las correspondientes funciones generatrices, debe recordarse que si

$$y(n) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} y_1(j) y_2(n+j), \quad (39)$$

entonces con respecto a los términos tenemos

$$F(z) = F_1(z^{-1})F_2(z), \quad (40)$$

donde  $F$ ,  $F_1$  y  $F_2$  son series formales de Laurent con coeficientes  $y(j)$ ,  $y_1(j)$  y  $y_2(j)$  respectivamente.

Si deseamos usar la formulación con el tiempo de recurrencia hacia adelante obtenemos:

$$C_{2;n_2}^+(x_0; x_1, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{k_2=0}^{n_2} \sum_{l_2=0}^{n_2-k_2} f_{2;n_1,l_2} \cdot \int_0^t \int_0^{\infty} dx d_{x_1} D_{S_2^+;k_2}(x_0; x, \tau) n_1 B_{0;n_2-k_2-l_2}^+(x; x_1, t-\tau). \quad (41)$$

Tomando las transformadas usuales y la función generatriz con respecto a  $n_2$  obtenemos

$$C_{2;n_2}^{(3)+}(z_0; z_1, s; a_2) = \sum_{n_1=0}^{\infty} f_{2;n_1}(a_2) \cdot \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} n_1 B_{0;n_2}^{(3)+}(-\Phi; z_1, s; a_2) D_{S_2^+}^{(3)+}(z_0; \Phi, s; a_2) d\Phi, \quad (42)$$

donde el camino de integración está en la franja vertical común de analiticidad de

$$n_1 B_{0;n_2}^{(3)+} \text{ und } D_{S_2^+}^{(3)+}.$$

En lo que concierne a las dificultades con la suma extendida a  $n_1$ , es válido el mismo comentario que para el tiempo de recurrencia hacia atrás.

Tiempo de intercompleción para  $Q_2$

Si el procesador busca trabajo en  $Q_2$  pero la encuentra vacía, podemos preguntar por el tiempo hasta que empiece la ejecución de la tarea siguiente de  $Q_2$ .

A este tiempo lo definiremos como tiempo de intercompleción de  $Q_2$  y su distribución será:

$$H_{2;n_2}(x_0, y_0; x_1, y_1, t),$$

donde  $t$  es la longitud del tiempo de intercompleción y  $x_0, y_0; x_1, y_1$  son los tiempos de recurrencia hacia atrás de los procesos de llegada de tareas frescas a  $Q_1$  y  $Q_2$  en el principio y el final del tiempo de intercompleción respectivamente.

Encontramos:

$$H_{2;k}(x_0, y_0; x_1, y_1, t) = \int_0^t \frac{d_{\tau} G_2(y_0 + \tau)}{1 - G_2(y_0)} \cdot \left[ \delta_{k-1} \frac{1 - G_1(x_0 + \tau)}{1 - G_1(x_0)} \cdot \Theta(x_1 - x_0 - \tau) \Theta(y_1) + \int_0^{\tau} \frac{d_{\tau_1} G_1(x_0 + \tau_1)}{1 - G_1(x_0)} \sum_{l=0}^{\tau - \tau_1} \int_0^{\tau - \tau_1 - l} d_{\tau_2} E^{l^*}(\tau_2) \cdot \left\{ \int_0^{\tau - \tau_1 - \tau_2} [\delta_{k-1} \int_0^{\infty} d_{\tau_3} d_{x_1} B_{0;0}(0; x, \tau_3) \cdot \frac{1 - G_1(x + \tau - \tau_1 - \tau_2 - \tau_3)}{1 - G_1(x)} \cdot \Theta(x_1 - [x + \tau - \tau_1 - \tau_2 - \tau_3]) \Theta(y_1) \right\} + d_{\tau_3} B_{0;k}(0; x_1, \tau_3) \Theta(y_1 - y_0 - \tau_1 - \tau_2 - \tau_3) \right] + \sum_{j=0}^{k-1} \int_{(\tau - \tau_1 - \tau_2)^-}^{\tau - \tau_1 - \tau_2} d_{\tau_3} B_{0;j}(0; x_1, \tau_3) \cdot \left. A_{2;k-j-1}(0; y_1, \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 - \tau) \right\} + \frac{1 - G_2(y_0 + t)}{1 - G_2(y_0)} \int_0^t \frac{d_{\tau} G_1(x_0 + \tau)}{1 - G_1(x_0)} \sum_{l=0}^{\tau} \int_0^{\tau - l} d_{\tau_1} E^{l^*}(\tau_1) \cdot \int_0^{\tau - \tau_1} d_{\tau_2} B_{0;k}(0; x_1, \tau_2) \Theta(y_1 - y_0 - \tau - \tau_1 - \tau_2). \quad (43)$$

donde

$$E^{(1)}(s) = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{B_{0;0}^{(3)}(0; -\Phi, s) G_1^{(1)}(\Phi)}{s - \Phi} d\Phi = {}_0B_{0;0}^{(1)+}(0; s, s) \quad (c < \text{Re } s). \quad (44)$$

$E(t)$  es la probabilidad de que teniendo un "busy period" que empieza con la llegada de una tarea a  $Q_1$

y no da realimentaciones a  $Q_2$ , seguido por un período libre (con respecto a  $Q_1$ ), la suma de las longitudes de los dos períodos sea menor o igual que  $t$ .

Como estamos considerando el tiempo de recurrencia hacia atrás, será conveniente introducir la medida

$$d_{x_1} d_{y_1} H_{2;k}(x_0, y_0; x_1, y_1, t) = \frac{1-G_1(x_0)}{1-G_1(x_1)} \frac{1-G_2(y_0)}{1-G_2(y_1)} d_{x_1} d_{y_1} H_{2;k}(x_0; y_0; x_1, y_1, t). \quad (45)$$

Entonces, después de tomar la transformada de Laplace-Stieltjes en  $x_1, y_1$  y  $t$ , las transformadas en  $x_0$  e  $y_0$  y la función generatriz respecto a  $k$  obtenemos:

$$\begin{aligned} H_2^{(3)}(z_0, w_0; z_1, w_1; \alpha_2) &= \\ &= \frac{{}_1B_0^{(2)}(0; z_1, w_1 + s; \alpha_2) - {}_1B_0^{(2)}(0; z_1, w_1 + s; 0)}{(w_0 + w_1) [1 - E^{(1)}(w_1 + s)]} \cdot \\ &\cdot \frac{G_1^{(1)}(z_0) - G_1^{(1)}(w_1 + s)}{w_1 + s - z_0} + \alpha_2 \left\{ \frac{G_2^{(1)}(w_0) - G_2^{(1)}(z_1 + s)}{(z_0 + z_1)(z_1 + s - w_0)} + \right. \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{c_0 - i\infty}^{c_0 + i\infty} \frac{G_2^{(1)}(\Phi_0) {}_1B_0^{(2)}(0; z_1, s - \Phi_0; 0)}{(w_0 - \Phi_0)(s + z_1 - \Phi_0) [1 - E^{(1)}(s - \Phi_0)]} \cdot \\ &\cdot \frac{G_1^{(1)}(z_0) - G_1^{(1)}(s - \Phi_0)}{s - \Phi_0 - z_0} d\Phi_0 - \frac{1}{4\pi^2} \int_{c - i\infty}^{c + i\infty} \left[ \int_{c_1 - i\infty}^{c_1 + i\infty} \right. \\ &\cdot \left. \frac{\{G_1^{(1)}(z_0) - G_1^{(1)}(s - \Phi_1)\} G_2^{(1)}(\Phi_1) d\Phi_1}{(w_0 - \Phi_1)(s - \Phi_1 - z_0)(s - \Phi - \Phi_1) \{1 - E^{(1)}(s - \Phi_1)\}} \right. \\ &\cdot \left. \frac{{}_1B_0^{(2)}(0; z_1, \Phi; \alpha_2) d\Phi}{(w_1 + s - \Phi) [1 - \alpha_2 G_2^{(1)}(s - \Phi)]} \right\} \end{aligned} \quad (46)$$

donde  $c_0 < \min [\text{Re } w_0, \text{Re } (s + z_1)]$   
 $c < \text{Re } (w_1 + s)$   
 $c_1 < \text{Re } w_0$   
 $c + c_1 < \text{Re } s$ .

En términos de tiempos de recurrencia hacia adelante la distribución del tiempo de intercompleción verifica

$$H_{2;k}^+(x_0, y_0; x_1, y_1, t) = \delta_{k-1} \Theta(t - y_0) \Theta(x_1 - x_0 + y_0) G_2(y_1) \quad (47)$$

con  $x_0 > y_0$ .

$$H_{2;k}^+(x_0, x_0; x_1, y_1, t) = \sum_{j=0}^{k-1} \int_0^{t-x_0} d_{\tau} {}_0B_{0;j}^+(0; x_1, \tau) A_{2;k-j}^+(0; y_1, \tau) \quad (48)$$

$$H_{2;k}^+(x_0, y_0; x_1, y_1, t) = \sum_{l=0}^{\infty} \int_0^{t-x_0} d_{\tau} E^{l*}(\tau) \int_0^{t-x_0-\tau} d_{\tau_1} {}_0B_{0;k}^+(0; x_1, \tau_1) \cdot \Theta(y_1 - y_0 + x_0 + \tau + \tau_1) \quad (49)$$

con  $x_0 < t < y_0$ .

$$H_{2;k}^+(x_0, y_0; x_1, y_1, y_0) = \lim_{t \rightarrow y_0^-} H_{2;k}^+(x_0, y_0; x_1, y_1, t) + \delta_{k-1} \sum_{l=0}^{\infty} \int_0^{y_0-x_0} d_{\tau} E^{l*}(\tau).$$

$$\cdot \int_0^{y_0-x_0-\tau} [d_{\tau_1} \{ {}_0B_{0;0}^+(0; x_1 + y_0 - x_0 - \tau - u; \tau_1) - {}_0B_{0;0}^+(0; y_0 - x_0 - \tau - u, \tau_1) \}]_{u=\tau_1} G_2(y_1) \quad (50)$$

con  $x_0 < t = y_0$ .

$$H_{2;k}^+(x_0, y_0; x_1, y_1, t) = H_{2;k}^+(x_0, y_0; x_1, y_1, y_0) + \sum_{l=0}^{\infty} \int_0^{y_0-x_0} d_{\tau} E^{l*}(\tau) \sum_{j=0}^{k-1} \int_{y_0-x_0-\tau}^{t-x_0-\tau} A_{2;k-j}^+(0; y_1, \tau + \tau_1 - y_0 + x_0) d_{\tau_1} {}_0B_{0;j}^+(0; x_1, \tau_1) \quad (51)$$

con  $x_0 \leq y_0 < t$  y donde  $E(t)$  está definida según vimos antes, de modo que

$$E^{(1)}(s) = {}_0B_{0;0}^{(2)}(0; s, s) \quad (52)$$

y  $A_{2;k}^+(y_0, y_1, t)$  es similar a  $A_{2;k}$ , pero en términos de tiempos de recurrencia hacia adelante.

Después de tomar las correspondientes transformadas y funciones generatrices obtenemos

$$\begin{aligned} H_2^{(5)+}(z_0, w_0; z_1, w_1, s; \alpha_2) &= \\ &= \frac{{}_0B_0^{(2)+}(0; z_1, w_0 + s; \alpha_2) - {}_0B_0^{(2)+}(0; z_1, w_0 + s; 0)}{(w_0 + w_1)(z_0 + w_0 + s) [1 - {}_0B_0^{(2)+}(0; w_0 + s, w_0 + s; 0)]} + \\ &+ \alpha_2 \left[ \frac{G_2^{(1)}(w_1)}{(z_1 + w_0)(z_0 + z_1)} + G_2^{(1)}(w_1) \cdot \right. \\ &\cdot \frac{{}_0B_0^{(2)+}(0; w_0 + s, w_0 + s; 0) - {}_0B_0^{(2)+}(0; z_1, w_0 + s; 0)}{(z_1 - w_0 - s)(w_0 + s + z_0)} \left. \right] [1 - {}_0B_0^{(2)+}(0; w_0 + s, w_0 + s; 0)] \\ &+ \frac{1}{2\pi i (z_0 + w_0 + s) [1 - {}_0B_0^{(2)+}(0; w_0 + s, w_0 + s; 0)]} \cdot \\ &\cdot \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \left[ \frac{[G_2^{(1)}(\Phi) - G_2^{(1)}(w_1)] {}_0B_0^{(2)+}(0; z_1, s - \Phi; \alpha_2) d\Phi}{(w_0 + \Phi)(w_1 - \Phi) [1 - \alpha_2 G_2^{(1)}(\Phi)]} \right] \end{aligned}$$

con  $(c > \text{Re } w_0)$ .

Distribución del estado estacionario en  $Q_2$  respecto a los instantes en que terminan los tiempos de compleción.

En términos de los tiempos de recurrencia hacia atrás definimos  $\Phi_{2;n}(x_1, y_1)$  como la distribución conjunta de las tareas que esperan en  $Q_2$  y de los tiempos de recurrencia hacia atrás en  $Q_1$  y  $Q_2$  respectivamente. Entonces

$$\Phi_{2;n}(x_1, y_1) = \sum_{j=1}^{n+1} \left[ \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d_{x_0} d_{y_0} \Phi_{2;0}(x_0, y_0) \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d_x d_y H_{2;j}(x_0, y_0; x, y, \infty) \right]$$

$$\sum_{k=0}^{n+1-j} \int_0^{\infty} dt C_{2,k}(x; x_1, t) A_{2,n+1-j-k}(y; y_1, t) + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} dx_0 dy_0 \Phi_{2,j}(x_0, y_0) \left[ \sum_{k=0}^{n+1-j} \int_0^{\infty} dt C_{2,k}(x_0; x_1, t) A_{2,n+1-j-k}(y_0; y_1, t) \right] \quad (53)$$

Introduciendo la medida

$$d_x d_y \Phi_{2;n}(x, y) = [1 - G_1(x)]^{-1} [1 - G_2(y)]^{-1} d_x d_y \varphi_{2;n}(x, y) \quad (54)$$

y tomando transformada y funciones generatrices obtenemos

$$\Phi_2^{(3)}(z_1, w_1; a_2) = -\frac{1}{4\pi^2 a_2} \int_{z_0-i\infty}^{z_0+i\infty} \int_{w_0-i\infty}^{w_0+i\infty} \{ \Phi_2^{(2)}(z_0, w_0; 0) \cdot \left( -\frac{1}{4\pi^2} \right) \int_{p-i\infty}^{p+i\infty} \int_{q-i\infty}^{q+i\infty} H_2^{(5)}(-z_0, -w_0; -z, -w, 0; a_2) \cdot \left[ \frac{1}{2\pi i} \int_{\frac{c_1-i\infty}{(\Phi_1)}}^{c_1+i\infty} C_2^{(3)}(z; z_1, -\Phi_1; a_2) A_2^{(3)}(w; w_1, \Phi_1; a_2) d\Phi_1 \right] dz dw + [\Phi_2^{(2)}(z_0, w_0; a_2) - \Phi_2^{(2)}(z_0, w_0; 0)] \cdot \frac{1}{2\pi i} \int_{c_2-i\infty}^{c_2+i\infty} C_2^{(3)}(-z_0; z_1, -\Phi_2; a_2) \cdot A_2^{(3)}(-w_0; w_1, \Phi_2; a_2) d\Phi_2 \} dz dw \quad (55)$$

con los caminos de integración tomados correctamente y

$$A_2^{(3)}(w_0; w_1, s; a_2) = \frac{1}{w_1 + s} \left[ \frac{1}{w_0 + w_1} + a_2 \frac{G_2^{(1)}(s) - G_2^{(1)}(w_0)}{(w_0 - s) [1 - a_2 G_2^{(1)}(s)]} \right] \quad (56)$$

El caso de tiempo de recurrencia hacia adelante se obtiene sustituyendo  $\Phi_2$  por  $\Phi_2^+$ ,  $H_2$  por  $H_2^+$ ,  $C_2$  por  $C_2^+$  y  $A_2$  por  $A_2^+$  advirtiendo que

$$A_2^{(3)+}(w_0; w_1, s; a_2) = \frac{1}{s - w_1} \left[ \frac{1}{w_0 + w_1} - \frac{1}{w_0 + s} \left\{ 1 - a_2 \frac{G_2^{(1)}(w_1) - G_2^{(1)}(s)}{1 - a_2 G_2^{(1)}(s)} \right\} \right] \quad (57)$$

**Conclusiones**

Se ha estudiado la interdependencia entre las diversas tareas que va a ejecutar el procesador en un sistema de un único procesador. Se ha presentado un modelo de colas del sistema y algunos principios de simplificación que permitan investigar por métodos analíticos. Además se ha estudiado un caso especial de dos colas. En trabajos no publicados se ha aplicado la teoría a varios modelos más complicados que incluyen más de dos niveles de prioridad de interrupción y que tienen en cuenta retrasos por realimentación y tiempos de inhibición y reorientación.

Se ha intentado extender este análisis a nuevos temas de interés práctico, incluyendo criterios de estabilidad, una teoría asintótica para casos de carga alta y la influencia de controles de sobrecarga.

**Agradecimiento**

Los autores agradecen el interés y la asistencia de varios miembros de la División de Tráfico del Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A.

**Apéndice**

**El "busy period" de la cola GI/G/1 con tiempos de recurrencia hacia atrás**

Sea  $m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, t)$  la distribución conjunta, en el instante  $t$  interior al "busy period", del número  $m$  de tareas en el sistema GI/G/1, del tiempo  $x_1$  desde la última llegada y del tiempo de ejecución transcurrido,  $x_2$ , de la tarea en procesamiento (densidades en  $x_1$  y  $x_2$ ) sabiendo que el "busy period" empieza con  $m_0$  tareas en el sistema en el instante  $x_0$  desde la última llegada. De acuerdo con esta definición debería considerarse a  $m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, t)$  como una función generalizada. Tales funciones han sido estudiadas en varios libros [9].

Definiendo

$$\lambda(x) = \frac{G'(x)}{1 - G(x)} ; \eta(x) = \frac{S'(x)}{1 - S(x)}$$

podemos establecer el siguiente sistema de ecuaciones

$$\left[ \frac{\partial}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial t} + \lambda(x_1) + \eta(x_2) \right] m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, t) = 0$$

con  $(x_1, x_2, t > 0$  y  $m \geq 1)$

$$m_0 P_m(x_0; 0, x_2, t) = (1 - \delta_{m-1}) \cdot \int_0^{\infty} m_0 P_{m-1}(x_0; \tau_1, x_2, t) \lambda(\tau_1) d\tau_1$$

con  $(t \geq x_2 > 0$  y  $m \geq 1)$ .

$$m_0 P_m(x_0; x_1, 0, t) = \int_0^{\infty} m_0 P_{m+1}(x_0; x_1, \tau_2, t) \eta(\tau_2) d\tau_2$$

con  $(t > 0, x_1 \geq 0, y m \geq 1)$ .

$$m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, 0) = \delta_{m-m_0} \delta(x_1 - x_0) \delta(x_2)$$

$$m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, t) = \left[ 1 - S(t) \right] \frac{d}{dx_1} A_{m-m_0}(x_0; x_1, t) \delta(x_2 - t)$$

con  $(x_2 \geq t > 0)$ .

$$m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, t) = \frac{1 - G(x_0 + t)}{1 - G(x_0)} \cdot \left[ S^{(m_0 - m)^*}(t - x_2) \right]' \cdot [1 - S(x_2)] \delta(x_1 - x_0 - t)$$

con  $(x_1 > t > 0)$ .  $\delta(x)$  es la función delta de Dirac.

Se puede demostrar que

$$\sum_{m_0=1}^{\infty} \beta^{m_0} \sum_{m=1}^{\infty} \alpha^m m_0 P_m(x_0; x_1, x_2, t) = \frac{1 - G(x_1)}{1 - G(x_0)} [1 - S(x_2)] \psi(x_0; x_2 - x_1, t - x_2; \alpha, \beta) \quad (x_1, x_2, t > 0),$$



donde la función  $\psi$ , que es derivable respecto a la segunda y tercera variables, se obtiene de la ecuación diferencial. Esta función tiene que determinarse por medio de otras ecuaciones. En particular cuando aprovechando las dos condiciones de contorno que traen consigo las integrales encontramos un problema de Wiener Hopf, inherente a todos los procesos recurrentes. Por tanto, introducimos las funciones

$$X(z_0; z_1, s; \alpha, \beta) = X^+(z_0; z_1, s; \alpha, \beta) + X^-(z_0; z_1, s; \alpha, \beta),$$

donde

$$X^+(z_0; z_1, s; \alpha, \beta) = \int_0^{\infty} e^{-z_0 x_0} \left\{ \int_{0^+}^{\infty} e^{-z_1 x_1} \left[ \int_{0^+}^{\infty} e^{-st} \psi(x_0; x_1, t; \alpha, \beta) dt \right] dx_1 \right\} dx_0$$

y

$$X^-(z_0; z_1, s; \alpha, \beta) = \int_0^{\infty} e^{-z_0 x_0} \left\{ \int_{-\infty}^{0^+} e^{-z_1 x_1} \left[ \int_{0^+}^{\infty} e^{-st} \psi(x_0; x_1, t; \alpha, \beta) dt \right] dx_1 \right\} dx_0.$$

Entonces, observando que

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_1} \frac{\partial}{\partial t} B(x_0; x_1, t; \beta) &= \\ &= \sum_{m_0=1}^{\infty} \beta^{m_0} \int_{0^-}^{\infty} m_0 P_1(x_0; x_1, x_2, t) \eta(x_2) dx_2, \end{aligned}$$

y aplicando los teoremas de convolución para las transformadas de Laplace llegamos a las relaciones entre  $X^+$ ,  $X^-$  y  $B^{(3)}$  establecidas anteriormente. En la Ref. [10] se presenta una amplia exposición del método de cálculo en términos de transformadas de Fourier. Esta referencia también considera las regiones en que  $X^+$  y  $X^-$ , como funciones de  $z_1$ , son analíticas y especifica cómo elegir el contorno de integración.

Además, el "busy period", en algunos casos importantes de procesos de llegada y servicio, ha sido estudiado en detalle.

## Referencias

- [1] L. Takács: A Single Server Queue with Feedback; BSTJ, marzo 1963.
- [2] W. C. Chan: Queues with Feedback for Time-Sharing Computer System Analysis; Operation Research, 1968, n° 3.
- [3] E. G. Enns: A Single Method of Calculating Queue Size Distributions of Priority Queues with Feedback; ITC VI, documento 314.
- [4] W. C. Chan, W. K. Chung y D. Y. Haa: Multiserver Computer-Controlled Queueing System with Pre-Emptive Priorities and Feedback; Proc. IEE, Vol. 120, n° 11.
- [5] E. G. Enns y T. K. Wignall: The Busy Period and the Probability that a Particular Queue is in Service in a Single Server Queueing System with  $n$  Queues, Arbitrary Priorities and a General Probabilistic Interqueue Transition Matrix; ITC VII, documento 438.
- [6] N. K. Jaiswall: Priority Queues; Academic Press, 1968.
- [7] S. O. Rice: Single Server Systems. II Busy Period; BSTJ, enero 1962.
- [8] D. R. Cox y H. D. Miller: Theory of Stochastic Processes; Methuen, 1965.
- [9] I. M. Gelfand y G. E. Shilov: Generalized Functions; Nueva York 1964.
- [10] R. B. Haugen: Processor Behaviour Under Influence of Renewal Input Distribution; Report 21/75, NTA Research Establishment.

E. Jensen nació en Noruega en 1942. Obtuvo el grado de "Cand real" (Master's) en matemáticas en la Universidad de Oslo en 1968. Ingresó en STK, Oslo, en 1970 como ingeniero de teletráfico. Desde 1974 ha sido responsable de investigaciones sobre tráfico en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A.

El Sr. Jensen preside el grupo encargado de los estudios de tráfico en ITT desde 1976.

M. Sánchez Puga se licenció en Ciencias Matemáticas en la Universidad de Madrid en 1974, ingresando en ITT como ingeniero de tráfico en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A., trabajando en aplicaciones de la teoría de colas. En 1976 la Srta. Sánchez Puga se cambió a IBM, Madrid.

Rolf B. Haugen nació en Noruega en febrero de 1943. Obtuvo el grado de "Cand Real" (Master's) en física teórica por la Universidad de Oslo en 1969 y el de Ph. D por la Universidad de Colorado en 1972. En año siguiente estuvo en el Centro Internacional de Física Teórica en Trieste, Italia, como científico visitante hasta que en junio de 1973 ingresó en el Centro de Investigación de la Administración Noruega de Telecomunicaciones, donde el Dr. Haugen ha trabajado principalmente en cuestiones de teoría de teletráfico, y en 1975 estuvo seis meses en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A., de Madrid, para mayor especialización en esta teoría.

# Sistema de transmisión MIC de 34 Mbit/s

Al aumentar el número de canales de audio multiplexados en un único tren de impulsos se mejora considerablemente la eficiencia del coste de un sistema de transmisión.

El artículo describe el equipo multiplexor de tercer orden de un sistema MIC de 34 Mbit/s.

J. V. MARTENS

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Belgica

## Introducción

Después de una fase introductoria de la transmisión MIC (modulación por impulsos codificados), (o PCM), de orden superior, durante la que se propusieron y estudiaron diversas combinaciones de sistemas primarios MIC, se reconoció rápidamente la necesidad de una jerarquía digital bien definida. El esquema que en Europa ha encontrado general aceptación está basado en etapas multiplexoras sucesivas, las primeras de las cuales son:

- MIC de 2º orden con una velocidad de 8448 kbit/s
- MIC de 3º orden con una velocidad de 34368 kbit/s
- MIC de 4º orden con una velocidad de 139264 kbit/s.

Es obvia la semejanza con la disposición de modulación utilizada en los sistemas múltiplex por división de frecuencia y resulta claro que existe también una flexibilidad comparable para el enlace y encaminamiento en los diferentes niveles múltiplex.

El equipo comprendido en la transmisión MIC de orden superior se subdivide en:

- equipo terminal, que comprende los multiplexores primarios MIC y los sucesivos multiplexores digitales
- equipo de línea, que a su vez se divide en repetidores intermedios y dispositivos de terminación de línea.

Las partes que se describirán con algún detalle para este sistema de tercer orden son:

- equipo multiplexor de segundo orden (Fig. 1)
- equipo multiplexor de tercer orden (Fig. 1)
- repetidores intermedios (Fig. 2).

No se describen en este artículo los dispositivos terminales de línea y las facilidades de localización de fallos, que se están modificando con objeto de permitir una fácil ampliación para el funcionamiento con el equipo de 4º orden.

## Equipo multiplex de segundo orden

### Función

El equipo múltiplex digital de segundo orden permite la combinación de 4 señales plesiócronicas (cuasi-síncronas) MIC a una velocidad nominal de 2048 kbit/s, en una señal digital con una velocidad de transmisión nominal de 8448 kbit/s.

Esta combinación se realiza en la rama de transmisión del equipo.

La extracción de las 4 señales primarias MIC, a partir de la señal recibida de 2º orden, se obtiene en la rama receptora del equipo.

El equipo se ha diseñado para adaptarse a la recomendación G742 del CCITT (Ginebra 1972).

La características básicas son:

- a) justificación positiva

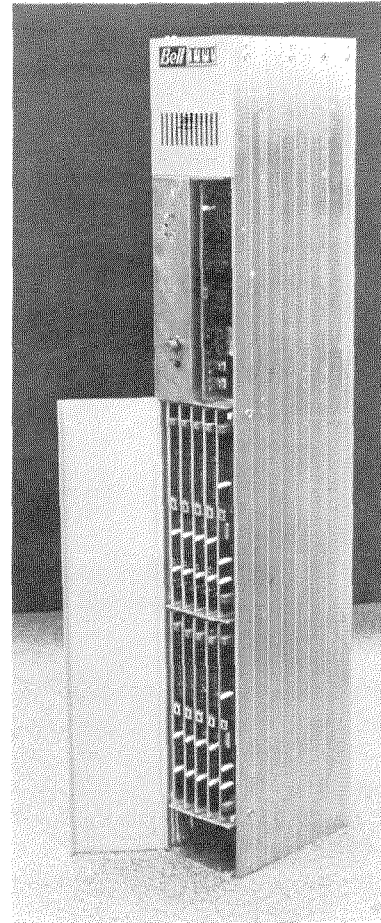


Fig. 1 Vista del equipo múltiplex.

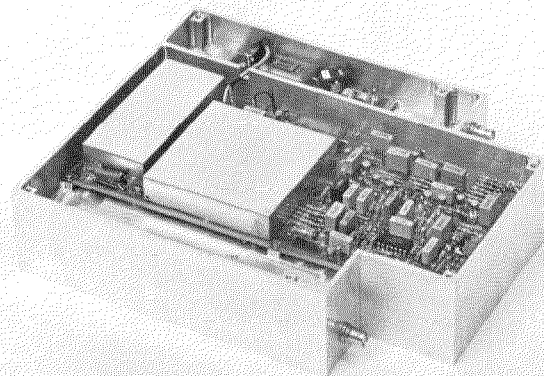


Fig. 2 Vista del regenerador de línea.

- b) composición de la trama:
- 848 bits, subdividos en 4 grupos de 212 bits
  - 10 bits de alineamiento de trama
  - 2 bits de supervisión
  - 12 bits de control de justificación
  - 4 bits de relleno.

#### Disposición mecánica

Los circuitos donde se realizan las funciones de multiplexado, así como los circuitos de supervisión y los de alimentación asociados, están montados en unidades enchufables que se agrupan en un armazón tipo VSEP\*.

Parte de las funciones de multiplexado es específica para cada uno de los sistemas tributarios MIC. Estas funciones se montan en las cuatro "unidades de transmisión tributarias". Las restantes se equipan en la "unidad de transmisión común".

Análogamente, la recepción o rama demultiplexora comprende una "unidad de recepción común" y cuatro "unidades de recepción tributarias".

Una unidad de alarma detecta las condiciones de fallo que se puedan presentar en los anteriores circuitos e iniciar las acciones necesarias.

Una unidad de alimentación proporciona los voltajes necesarios.

#### Características básicas del diseño

Estructura de la trama (CCITT, Rec. G742 tabla 1)

La información binaria se presenta en grupos de 4 bits consecutivos, el primero de un grupo corresponde al sistema tributario 1, el segundo al sistema tributario 2, etc.

Con objeto de detectar correctamente estos grupos, así como los bits auxiliares necesarios, el receptor necesita una información de trama que es proporcionada por los 10 primeros bits de la trama. Estos van seguidos por los 2 bits de supervisión, uno para uso nacional y otro para uso internacional.

El funcionamiento plesiócrono de los sistemas tributarios, implica que ha de proveerse una cantidad variable de justificación, es decir, que algunos intervalos de tiempo de elementos binarios, bien definidos, de la trama deben corresponder, bien a información útil, o a bits de relleno (justificación). La instrucción diciendo al receptor cómo manejar estos bits se realiza mediante un cierto número de bits de control de justificación. Cualquier error en el proceso de justificación, producirá pérdida de alineamiento de trama en el sistema tributario correspondiente. Por tanto, esta instrucción deberá ser fiable y disponible antes de que se reciban los bits de justificación.

La subdivisión de la trama en 4 grupos de 212 bits es específicamente adecuada para cumplir las anteriores condiciones.

La inserción de 3 bits de control de justificación por tributario al comienzo de los grupos II, III y IV, respectivamente, permite tomar una decisión (justificación o no) sobre una base de mayoría, al mismo tiempo que reduce la probabilidad de que sea afectado más de un bit de control por un solo impulso de error de línea.

\* Marca registrada del sistema ITT

La ranuras de tiempo de bits justificables siguen inmediatamente al último grupo de bits de control de justificación.

El número de bits por trama que nunca llevan información tributaria son:

- bits de trama: 10
- bits de supervisión: 2
- bits de control de justificación: 12

Es decir, 24 en total.

Restando del número total de bits por trama y dividiendo por 4, resulta que hay disponibles 206 bits para transmisión de información por un tributario. El número nominal de bits a transmitir por tributario durante el periodo correspondiente a una trama es:

$$\frac{848 \times 2048}{8448} = 205,57575$$

Esto significa que cada uno de los dígitos de justificación llevará información el 57,575% del tiempo, si la velocidad de transmisión del tributario y el tren de bits de 2º orden tienen su valor teórico.

#### Funciones a realizar en la rama de transmisión

Interconexión con los sistemas tributarios.

Las señales tributarias pueden generarse localmente en los equipos multiplex primarios MIC, o bien pueden llegar a través de líneas de 2 Mbit/s procedentes de estaciones secundarias.

En ambos casos, sus características son idénticas y están bien definidas por las recomendaciones del CCITT. Están codificadas de acuerdo con el modo HDB3 y es obvio que, en primer lugar, deben convertirse en señales binarias compatibles con el tipo de circuitos lógicos utilizados (TTL).

Esta conversión requiere una señal de reloj que se extrae de cada señal tributaria recibida.

#### Memoria intermedia y sincronización

El tren de bits tributario convertido que tiene una velocidad uniforme próxima a 2048 kbit/s debe insertarse en la señal de 8448 kbit/s en una forma discontinua. De hecho, durante la transmisión de la trama de los bits de supervisión y del control de justificación, la inserción de la información tributaria en la señal de 8448 kbit/s se detiene temporalmente y debe poder acumularse en una memoria de la cual pueda recuperarse a la velocidad de 2112 kbit/s. Debido a la mayor velocidad de recuperación, la memoria se vaciará progresivamente hasta la siguiente transmisión de los dígitos.

El funcionamiento correcto de esta memoria elástica requiere que el impulso de lectura y el impulso de grabación nunca coincidan.

Esto se logra suministrando dos impulsos de lectura a una distancia mitad del intervalo de lectura, conmutando al otro impulso cada vez que el impulso de lectura activo tiende a ocurrir en el instante de grabación.

La posición en la memoria elástica que se lee varía, parte de una manera sistemática durante cada trama y parte de manera errática bajo el efecto de la fase relativa de los impulsos de grabación y lectura. La decisión de si es necesaria

la justificación en una trama dada, depende de la posición que se está leyendo durante un intervalo seleccionado en el primer cuarto de esa trama.

#### Alarma y supervisión

La ausencia de la señal de recepción se detecta como pérdida de la señal de reloj de extracción y da lugar a una indicación de alarma.

Análogamente, si la relación de justificación se aparta demasiado del valor calculado, se transmite una alarma. En ambas condiciones, los dígitos de la señal de 8448 kbit/s correspondientes a la tributaria averiada llevarán una señal de indicación de alarma (SIA). Mediante esta señal puede evitarse la intervención del personal de mantenimiento en la estación distante.

#### Temporización

Las señales de temporización necesarias se derivan de un reloj de 8448 kHz, que puede sincronizarse, bien con la señal recibida de 8448 kbit/s, o con un reloj maestro exterior. El reloj gobierna una cadena contadora que proporciona sucesivamente los períodos de 4 dígitos correspondientes a las 4 tributarias y los períodos de grupo y de trama.

#### Multiplexado

Las funciones de multiplexado que se realizan en las salidas tributarias sincronizadas son:

- serialización de la información tributaria
- inserción de los bitios auxiliares (alimento de trama, supervisión y control de justificación).

#### Interconexión con el equipo de línea o de tercer orden

La señal conjunta binaria se convierte en una señal HDB3 normalizada adecuada para la transmisión al equipo múltiplex de tercer orden o al equipo de línea de segundo orden.

#### Funciones a realizar en la rama de recepción

##### Interconexión de entrada

La señal MIC normalizada de 2° orden (código HBD3) se convierte, en primer lugar, en una señal binaria compatible con el tipo de lógica utilizado.

##### Demultiplexado

El demultiplexado correcto requiere, en primer lugar, el reconocimiento del código de alineación de trama. La señal conjunta se pasa, por tanto, a través de un registro de desplazamiento de 10 bitios situado en la unidad receptora común.

Una vez reconocido el código de alineamiento de trama, los contadores gobernados por la señal de reloj extraída de 8448 kHz arrancan en una condición predeterminada. Las señales de temporización requeridas por el demultiplexor se obtienen luego por decodificación de las salidas del contador.

Tan pronto como se obtiene la trama, un detector de error supervisa continuamente la palabra de trama y da un impulso de salida para cada error detectado.

De la memoria de 10 bitios de la unidad receptora común, los bitios tributarios se transfieren, a una velocidad de 2112 kbit/s, a una memoria intermedia de 8 bitios situada en la correspondiente unidad tributaria de recepción.

De los 212 bitios que pasan a través de la memoria intermedia, hay que descartar 7 ó 6 dependiendo si ha tenido lugar o no la justificación. Esto implica: detección de los dígitos de control de justificación, decisión sobre bases mayoritarias y consecuente selección del dígito justificable.

Después de la eliminación de todos los bitios que no llevan información tributaria útil, los restantes dígitos se han de disponer en forma secuencial en una señal digital a una velocidad uniforme que corresponde exactamente a la velocidad original de 2048 kbit/s de la tributaria de entrada. Estas operaciones requieren un reloj que está sincronizado en fase con la señal tributaria de entrada y un selector de datos. La posición que se lee se desplaza bajo el control de un contador alternativo de tal modo que las posiciones que no contienen información tributaria se saltan sistemáticamente.

Lo mismo que en la rama transmisora, el desplazamiento de fase, variable de manera continua, entre los impulsos de lectura y de grabación, podría producir errores. Esta dificultad se soluciona del mismo modo que en la rama transmisora, utilizando dos impulsos de lectura, separados por medio período de reloj.

#### Interconexión de salida

La señal binaria que aparece a la salida del selector de datos, se convierte en una señal HDB3 con las características recomendadas por el CCITT.

#### Alarmas y supervisión

- Pueden detectarse las siguientes condiciones de fallos:
- pérdida de la señal de entrada de 8448 kbit/s
  - pérdida de la alineación de trama (errores en 4 palabras de alineamiento consecutivas)
  - relación de justificación fuera de límites.

Puesto que la mayor parte de los fallos que ocurren en el demultiplexor producirán alarmas en los equipos conectados a las salidas tributarias, se transmite una señal de indicación de alarma (todos 1) por esta salida en condición de alarma.

Como la alineación de trama también se perdería en el caso de una señal de indicación de alarma de entrada, ésta también producirá la transmisión de una SIA en las salidas tributarias.

#### Composición del multiplexor y demultiplexor

Las figuras 3 y 4 son diagramas de bloques del multiplexor y demultiplexor de 2° orden respectivamente.

La función de cada bloque resulta evidente comparando estos diagramas con la lista de funciones que se realizan.

La combinación de registros que finalmente constituyen el elemento de memoria elástica, es realmente el único subcircuito importante cuya configuración requiere algunos comentarios. La solución de diseño elegida resulta de las siguientes consideraciones.

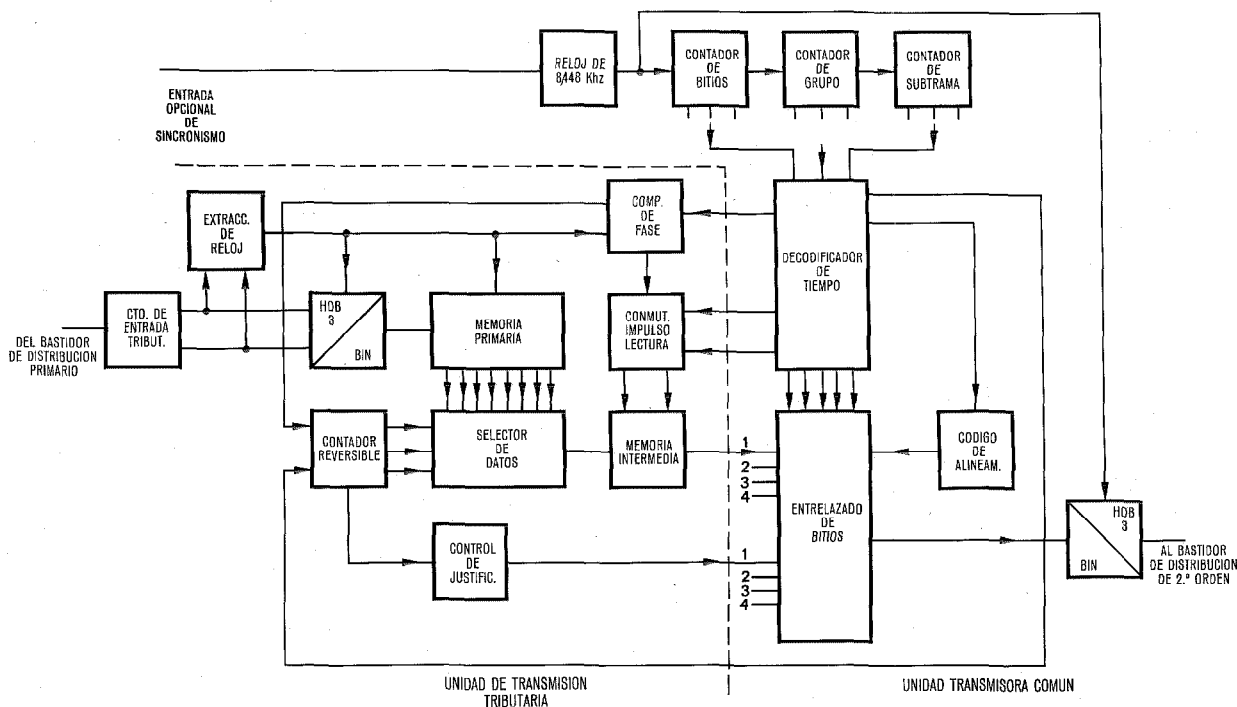


Fig. 3 Diagrama de bloques del multiplexor de segundo orden.

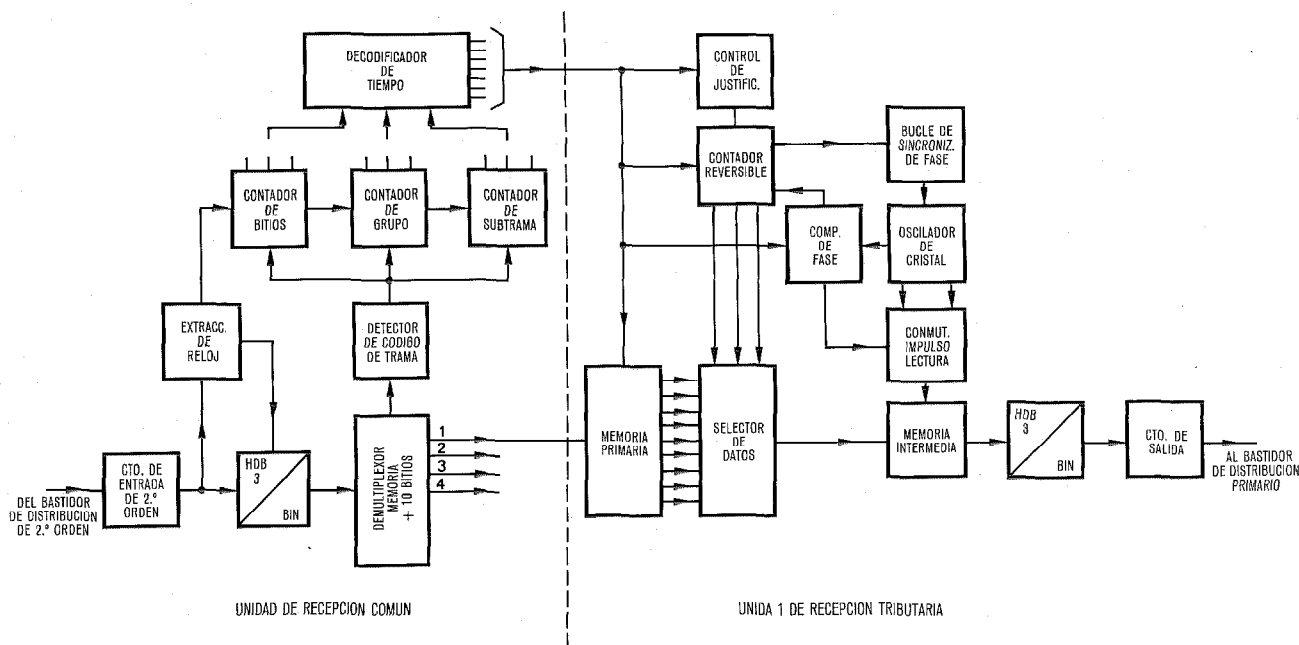


Fig. 4 Diagramas de bloques del demultiplexor de segundo orden.

Cuando ha de intercambiarse información entre dos trenes de bitios, uno con un flujo de información uniforme y otro con flujo discontinuo, parece lógico asociar al primer tren de bitios un registrador de desplazamiento y al segundo un selector de datos que puede seleccionar la información requerida, con tal de que se conozca su posición en la memoria. La definición de esta posición mediante un contador alternativo presentó ventajas tanto en el multiplexor como en el demultiplexor. En el multiplexor, la salida más significativa, procedente de este contador, detec-

tada poco antes de la transmisión del primer bitio de control de justificación, define enteramente este bitio de control. En el demultiplexor las salidas digitales procedentes del contador alternativo se convierten luego en una señal analógica que gobierna al VCO (oscilador controlado por voltaje) que genera el reloj tributario, formando el conjunto un bucle sincronizado en fase.

En el multiplexor, como en el demultiplexor, se ha previsto una memoria intermedia, cuya única función es facilitar información que en modo alguno es afectada por el

continuo desplazamiento de fase entre la señal de entrada o de salida y los circuitos temporizadores comunes. La selección entre los dos impulsos de lectura disponibles se hace en un conmutador controlado por un comparador de fase.

En la unidad transmisora común, un oscilador de cristal genera la frecuencia de referencia de 8448kHz, mientras que en cada unidad receptora tributaria se necesitan osciladores de cristal para obtener una frecuencia de reloj precisa para la señal de inhibición de alarma cuando sea necesario.

### Equipo múltiplex de tercer orden

Existe un alto grado de semejanza entre los equipos múltiplex de tercer orden y de segundo orden que se extiende a:

- las funciones que debe realizar
- la disposición mecánica
- los diagramas de bloques.

Hay diferencias en el diseño del circuito y en la selección de componentes que resultan principalmente de las frecuencias de trabajo más elevadas que se emplean en los equipos de tercer orden.

La estructura de trama es muy similar a la del multiplexor de segundo orden y sólo daremos un sumario de sus principales parámetros.

#### Estructura de la trama

La trama consta de 4 subtramas compuesta cada una de 384 bitios.

- La subtrama 1 contiene:
  - 10 bitios de alineamiento de trama
  - 2 bitios de supervisión
  - 372 bitios de las tributarias de 8448kbit/s.
- La subtrama 2 contiene:
  - 4 bitios de control de justificación
  - 380 bitios de las tributarias.
- La subtrama 3 tiene la misma composición que la subtrama 2.
- La subtrama 4 contiene:
  - 4 bitios de control de justificación
  - 4 bitios justificables
  - 376 bitios de las tributarias.

El número total de bitios portadores de información está pues entre 1508 y 1512, mientras que 24 bitios nunca llevan información.

Restando del número total de dígitos y dividiendo por 4, se encuentra que 378 bitios quedan disponibles para la transmisión de la información de una tributaria.

El número nominal de bitios que se pueden transmitir durante un período de trama es:

$$\frac{\text{número total de bitios por trama} \times \text{velocidad digital de la tributaria}}{\text{velocidad de transmisión global de la señal múltiplex}} = \frac{1536 \times 8448}{34.368} = 377,56424$$

Cada uno de los dígitos justificables en condiciones normales llevará información el 56,424% del tiempo y la relación de justificación es 0,43577.

La relación de justificación se elige de tal manera que no corresponda a una fracción simple. Puede, pues, demostrarse que, si la relación de justificación se expresa como relación de los números enteros  $\frac{a}{b}$  la inestabilidad (jitter) del tiempo de espera será:

$$\frac{\text{intervalo de un dígito}}{b}$$

Si las velocidades de transmisión de dígitos de las señales tributaria y múltiplex se desvían de sus valores nominales, la relación de justificación cambiará dentro de unos límites determinados por los valores extremos de estas velocidades.

Para el equipo múltiplex de tercer orden estos límites son:

$$0,4546 \text{ y } 0,4169$$

La fluctuación del tiempo de espera será importante para los siguientes valores de la relación de justificación.

$$\begin{aligned} 0,4210 &= \frac{8}{19} \\ 0,4285 &= \frac{4}{7} \text{ (fluctuación máxima pico a pico aproximadamente } 0,14 \times \text{ dígito)} \\ 0,4375 &= \frac{7}{16} \\ 0,4444 &= \frac{4}{9} \\ 0,4545 &= \frac{5}{11} \end{aligned}$$

Durante el desarrollo, ha sido considerada la posibilidad de utilizar los bitios de justificación para llevar información al demultiplexor referente a la fase relativa de los relojes de multiplexor, con objeto de reducir la magnitud de la fluctuación. Esta facilidad no se ha incluido hasta ahora.

### Equipo de línea de tercer orden

#### Características principales

Las señales MIC de tercer orden pueden transmitirse mediante pares simétricos especiales o a través de la mayor parte de los tipos de pares coaxiales en uso actualmente. El equipo de línea que se describe en el presente artículo se ha diseñado para uso en pares coaxiales del tipo 1,2/4,4 mm; este tipo de cable se ha elegido en Bélgica para transmisión de MIC entre centros interurbanos. Aunque podrían haberse utilizado pares de 0,7/2,9 mm para la transmisión MIC de tercer orden, se ha preferido el otro tipo minicoaxial, más caro, debido a que también permite la transmisión de señales de 140Mbit/s. Está previsto ampliar, cuando sea necesario, la capacidad del canal de audio del cable, reemplazando los sistemas de tercer orden por los de cuarto orden.

Los regeneradores de línea se han diseñado para situarlos a una distancia nominal de 4km. Se han derivado de un tipo similar de regeneradores diseñados por Standard Telephone and Cables de Basildon. Se diseñaron para utilizar en pares de 0,7/2,9 mm con secciones de cable de 2 km.

Un requisito esencial para estos regeneradores y su equipo de supervisión es que en cualquier caja se puede reemplazar cualquier número de regeneradores de tercer orden por regeneradores de cuarto orden. Por tanto, se ha debido garantizar la completa intercambiabilidad mecánica y el sistema de supervisión debe poderse adaptar a ambos tipos de funcionamiento.

Para la transmisión de tercer orden el código de línea es MS43 [1], mientras que para la transmisión del cuarto orden se ha previsto la utilización del código 6B4T.

**Cable minicoaxial**

El cable para el que se ha diseñado el equipo de línea consta de:

- 30 pares coaxiales de 1,2/4,4 mm del tipo "balloon"
- 7 pares intersticiales que se distribuyen de la siguiente manera:
  - 2 pares con carga media para servicio
  - 3 pares con carga para radiodifusión
  - 2 pares no cargados para fines de supervisión.

La impedancia nominal de los pares coaxiales es 75 ohmios. La atenuación kilométrica media a 12.888 kHz es 19,3 dB. La rigidez dieléctrica es 3000 V.

El cable específico utilizado para probar el regenerador presentaba una impedancia uniforme hasta 25 MHz. A frecuencias superiores se midieron atenuaciones de reflexión tan bajas como 25 dB en bandas relativamente estrechas alrededor de 27 MHz y sus armónicos.

La capacidad de este cable cuando se halla totalmente equipado con regeneradores de tercer orden es de 7200 canales de audio. La capacidad última que podría alcanzarse con funcionamiento completo de cuarto orden es de 28.800 canales.

**Limitaciones del diseño del sistema**

La transmisión debe efectuarse sobre una distancia máxima de 60 km entre terminales, con telealimentación a los regeneradores de línea desde las estaciones terminales solamente.

Además de la separación nominal de 4 km ha de garantizarse un margen de 100 m, con objeto de tener en cuenta las condiciones geográficas locales. Se han supuesto longitudes de sección de cable extremas de 2,8 a 4,1 km. Estas co-

rresponden, para un margen de temperatura del cable desde -5 a +20 °C, a atenuaciones de cable extremas de 52 y 80,5 dB, respectivamente.

El diseño presente está basado en una corriente de alimentación constante de 60 mA, conducida a través del conductor interior del par de transmisión y con retorno por el par de recepción. A requerimiento de la Administración belga, se está estudiando un diseño alternativo en el que la corriente de alimentación queda confinada a un par coaxial. Este esquema necesitará dispositivos de seguridad muy eficientes ya que el conductor exterior llevará corriente de alimentación.

**Regenerador dependiente**

En la figura 5, se ilustra de forma esquemática el regenerador dependiente. Se han provisto igualadores pasivos, tanto en la entrada del repetidor como en su salida. No son necesarias secciones de línea de adaptación de impedancia ya que el circuito de control automático de ganancia cubre enteramente el margen requerido.

La característica de transferencia del igualador anterior al cable, la sección de cable, el igualador posterior al cable y el amplificador hasta el punto de decisión, tiene una forma aproximada de impulso de coseno cuadrado en este punto. La forma del impulso y su amplitud se mantienen constantes para longitudes de sección de cable comprendidas entre 2,8 y 4,1 km mediante un amplificador formador que utiliza la resistencia dinámica de un diodo como parámetro de ajuste de ganancia.

La señal del punto de decisión se aplica a dos circuitos de umbral. El primero de estos circuitos amplifica y rectifica las fracciones del impulso que exceden, aproximadamente, 3/4 de la amplitud de pico. Este umbral, relativamente alto, se ha elegido con objeto de reducir cuanto sea posible la fluctuación de fase inducida en la señal amplificada. Esta última se aplica a un circuito tanque LC (Q = 80 aprox.).

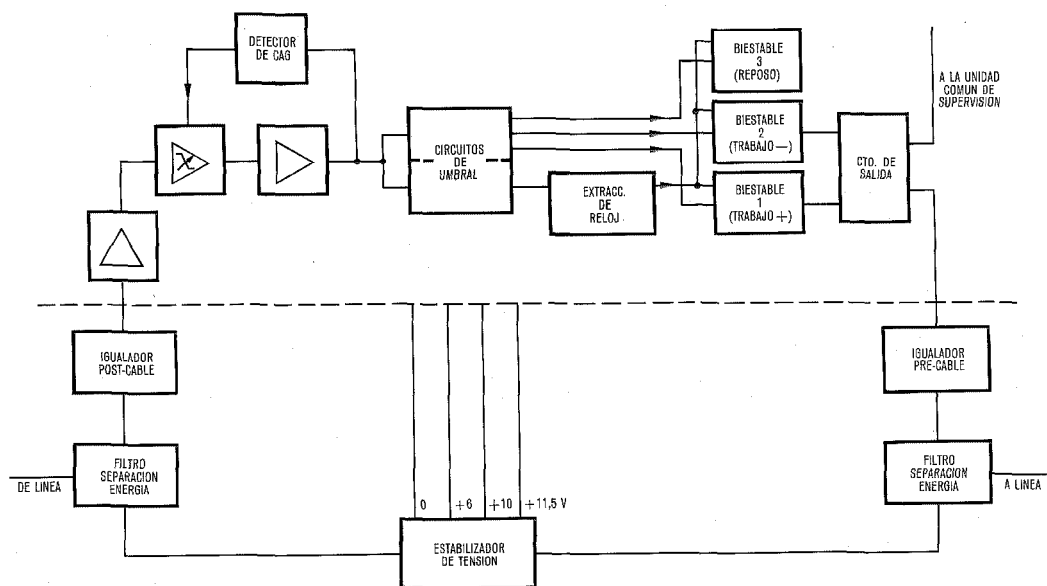


Fig. 5 Diagrama de bloques del repetidor dependiente.

La señal de temporización procedente del circuito tan- que se lleva a un amplificador limitador. Se obtiene así una señal de onda cuadrada a la velocidad del símbolo a partir de la cual pueden obtenerse fácilmente los impulsos del muestreo del regenerador.

El segundo circuito de umbral es, en realidad, un con- mutador de corriente, acoplado por emisor, de tres vías. Un primer transistor proporciona una señal de salida cuando la señal de entrada positiva excede la mitad de la amplitud de pico. Un segundo transistor actúa de manera análoga para las señales de entrada negativas. El tercer transistor es activo solamente cuando la señal de entrada permanece entre los dos niveles del umbral. Las señales de salida de estos transistores corresponden pues a "tra- bajo +", "trabajo-" y "reposo", respectivamente. Estas señales se aplican a los tres regeneradores biestables que se disparan mediante los impulsos de muestreo. Las salidas de los biestables "trabajo +" y "trabajo-" se llevan a la etapa de salida limitadora de diodo Schottky. Esta etapa se acopla al cable a través del igualador previo del cable que protege a la parte activa de los circuitos de las sobretensio- nes de voltaje que puedan producirse en el cable.

La función de los filtros separadores de energía es evitar cualquier fuga de la señal de salida hacia el circuito de en- trada que podría reducir el margen de ruido del repetidor (Véase tabla 1).

**Caja del regnerador**

Los regeneradores dependientes se montan en cajas es- tancas de aleación de aluminio que pueden contener hasta 30 regeneradores de una vía y la unidad común de localiza- ción de averías.

Las cajas constan de tres partes: un contenedor en el que se monta el equipo y dos compartimentos cónicos, equi- pados uno a cada lado del contenedor en los cuales se reali- zan las conexiones entre los cables y el alambreado interior.

Los regeneradores están aislados de la caja. El acceso a los regeneradores sólo es posible después de quitar una pe- queña cubierta protectora que a su vez sólo puede quitarse después de desconectar los cables de entrada y de salida.

**Tabla 1 – Datos del regenerador dependiente**

Impedancia de entrada:	75 ohmios desequilibrados atenuación de reflexión superior a 10dB entre 20kHz y 19.400kHz
Señal de salida: (antes del igualador pre-cable)	Impulsos rectangulares de 5 voltios pico
Amplitud de pico de la señal:	1V* en el punto de decisión
Ruido interno:	23 mV* eficaces en el punto de decisión
Margen de ruido:	9,5dB*, es decir la tasa de errores alcanza 10 <sup>-6</sup> cuando el nivel de ruido en el punto de decisión aumenta a 69 mV
Salida de supervisión:	Impulsos rectangulares de 1V sobre 50 ohmios que reproducen la señal de salida
Consumo de corriente:	60 mA
Caida de tensión:	12 V
Dimensiones:	245 × 195 × 55 mm

\* Valores medios medidos con pérdidas de sección de cable de 80,5 dB a 12,9 MHz.

Las cajas no están diseñadas para permitir la presuriza- ción del cable. Todas las partes expuestas están cubiertas con una capa de resina epoxy.

**Dimensiones:**

parte central:	longitud 1105 mm anchura 635 mm altura 360 mm
longitud total:	2365 mm

**Referencia**

[1] A. Fromageot, P. de Laage, M. Maître: MS43 cfr.: Câbles et trans- mission n°2/1972; transformación de una sucesión binaria en una sucesión de suma acotada.

**John V. Martens** se graduó en la sección Politécnica de la Universidad de Bruselas en 1941. Ingresó en Bell Telephone Manufacturing Company en 1942 como ingeniero de diseño en la división de Transmisión Telefónica. Desde 1960 ha estado a cargo del desarrollo de sistemas de telegrafía en FV siendo en la actualidad jefe del Laboratorio de Transmisión Digi- tal.



# Los conceptos de grado de servicio y calidad de servicio en centrales telefónicas públicas

El análisis del comportamiento de una central telefónica tal como la ven los abonados conduce a la definición de los conceptos de "grado de servicio" y "calidad de servicio". Se analizan estos dos conceptos y se define un conjunto de parámetros indicadores para evaluar los comportamientos correspondientes.

J. P. DARTOIS

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, París, Francia

## Introducción

Cuando los abonados intentan usar una central telefónica para hacer una llamada, se enfrentan con muchas situaciones potenciales que pueden provocar el fracaso de su intento, por ejemplo:

- indisponibilidad de la central
- espera excesiva en el establecimiento de la llamada
- procesamiento erróneo de la llamada
- liberación prematura de la llamada.

Estas situaciones adversas pueden ser provocadas por reacciones normales de la central a variaciones de tráfico, o por fallos en el equipo de la central, o por circunstancias particulares en que el funcionamiento de la central se ve perturbado (proceso de ampliación, acciones de mantenimiento, etc.), o por cualquier combinación de estos sucesos.

Para todos estos casos es necesario por tanto:

- Definir indicadores del comportamiento que sean tan representativos como sea posible del comportamiento real del tratamiento de llamadas de la central tal y como lo ven los usuarios.
- Cuantificar los indicadores anteriores en forma de límites numéricos que no deben sobrepasarse si se quiere alcanzar el objetivo de calidad de la central aceptable para el usuario.

En este artículo, el problema se trata en dos etapas: primero, por medio del concepto de Grado de Servicio (GdS), y después por medio del concepto de Calidad de Servicio (CdS), estando definidos estos términos como sigue:

- Grado de servicio de la central: componente de la calidad de servicio de la central, que califica las reacciones normales de la central a las variaciones de tráfico, en la situación ideal en que la central está completamente exenta de fallos y averías.
- Calidad de servicio de la central: medida de la contribución de la central a la calidad de servicio global en condiciones ambientales especificadas. Cubre todas las perturbaciones posibles provocadas al proceso de tratamiento de llamadas por reacciones a las variaciones de tráfico (concepto de grado de servicio) y por las reacciones de la central a los defectos, fallos y situaciones comprometidas que ocurren en la central.
- Calidad de servicio global: medida de las propiedades del tratamiento de llamadas de una red telefónica y para condiciones de tráfico establecidas tal y como la observan los usuarios. La CdS global no depende solamente de las calidades de servicio de cada central individual sino también de las características del comportamiento

Tabla de abreviaturas

CdS	- calidad de servicio
CPA	- control por programa almacenado
GdS	- grado de servicio
LLHC	- intentos de llamada en la hora cargada
PPP	- pérdida punto a punto
RDE	- restricción dominante del equipo
RDS	- restricción dominante del servicio

de la red (propiedades del comportamiento asociadas a los abonados y a los enlaces de la red).

El proposito aquí es discutir conceptos relacionados con la central solamente, y por lo tanto las variaciones en el ambiente exterior a la central (centrales distantes y red de enlaces) no se han tenido en cuenta. En otras palabras, se supone que la central bajo estudio está funcionando en un ambiente estable, es decir, el ambiente que está descrito en las especificaciones de ingeniería de la central.

Uno de los objetivos primarios de este artículo es identificar y analizar aquellas características de una central que podrían usarse para definir su comportamiento tal como lo advierten los usuarios. Los indicadores relacionados con el comportamiento tienen que ser apropiados y prácticos, es decir, deben ser independientes del sistema, del ambiente y del modo de funcionamiento de la central, y también deben ser mensurables.

Para cuantificar estos indicadores del comportamiento, en ciertas partes del artículo se indican valores numéricos. Esos valores se dan con el propósito de dar una idea solamente; no se sugiere que correspondan a las características del comportamiento de un sistema particular, ni que sean propuestos a las Administraciones telefónicas como referencia y con propósitos de normalización.

## Especificaciones del GdS para centrales exentas de fallo

Aunque se reconoce que, en la práctica, una central nunca permanece en un estado totalmente libre de fallos, no obstante la suposición de tal estado ideal puede hacerse como primer paso hacia la introducción en detalle del concepto de grado de servicio\* de la central [1], que define las reacciones de una central exenta de fallos a las variaciones de tráfico.

\* NOTA: En Francia, la Administración de los PTT y los constructores decentrales telefónicas, han estudiado en el grupo SOCOTEL el concepto de Grado de Servicio y las normas asociadas. Este artículo coincide cualitativamente en lo esencial con los acuerdos obtenidos.

## Grado y calidad de servicio

Las centrales que funcionan en cierto ambiente de tráfico están sujetas a producir perturbaciones en el tratamiento de llamadas, tales como demoras o pérdidas de llamadas, a causa de la naturaleza estocástica de las variaciones de tráfico. Por tanto, las centrales deben ser diseñadas para proporcionar cierto GdS bajo ciertas condiciones de tráfico mencionadas como condiciones nominales de tráfico.

Además, las condiciones reales de tráfico pueden apartarse de las condiciones nominales y alcanzar las llamadas condiciones "de sobrecarga", dando así lugar a la correspondiente especificación de GdS en condiciones "de sobrecarga".

### Condiciones nominales de tráfico

Las condiciones nominales de tráfico están definidas por medio de dos series de parámetros, como sigue:

- La carga de tráfico (expresado como un número de erlangs) que la central va a cursar. Para una central en un ambiente dado de marcaje de dígitos y señalización, esta carga se obtiene como la suma de las cargas originadas (a nivel de los abonados llamantes) y de las cargas entrantes (a nivel de los enlaces entrantes). Ambas cargas, originadas y entrantes, se supone que están igualmente repartidas entre las fuentes de tráfico (véase el párrafo "Dispersión de tráfico" para una suposición diferente al respecto).

Debería notarse que para satisfacer los requerimientos de GdS especificados en lo sucesivo, será necesario, para cada sistema particular, estudiar cómo se procesa cada tipo de llamada en la central y tener en cuenta, siempre que sea necesario y donde lo sea, cargas adicionales creadas por características de un proceso particular tales como reserva de camino en memoria, mallas compartidas, conexiones especiales para servicio de enlaces y órganos, etc.

- El número de intentos de llamada que van a ser tratados por la central. Este número estará dividido en tipos de intentos de llamada (con conversación, liberación prematura dependiente del abonado en fase de marcaje de dígitos o de señalización, sin marcaje de dígitos o sin señalización, etc.), conduciendo así a las mezclas de llamadas que pueden medirse en los niveles de las fuentes de tráfico originado (abonados llamantes y/o enlaces entrantes).

En las tablas 1 y 2 se muestran ejemplos de mezclas de llamadas, proporcionados por Dietrich [2].

### Condiciones de sobrecarga de tráfico

Las condiciones de sobrecarga de tráfico están definidas con respecto a las condiciones nominales de tráfico por un aumento correlacionado de las cargas de tráfico y del número de intentos de llamada. Este aumento se supone que:

- está igualmente repartido entre todas las fuentes de tráfico,

- es de larga duración (1 hora cargada, por ejemplo).

En la ilustración numérica que sigue, los aumentos considerados son del 15% para la carga de tráfico y del 30% para el número de intentos de llamada, implicando así que la mezcla de llamadas, por tanto, ha sido modificada.

Tabla 1 - Mezcla de tipos de intentos de llamadas originadas durante la hora cargada y correspondientes tiempos medios de ocupación (línea)

Tipos de intentos de llamadas	% de llamadas	Tiempos de ocupación (s)
Llamadas sin marcaje de dígitos	10	3,5
Llamadas con marcaje incompleto de dígitos	5	8,0
Bloqueo en la central propia	2	10,0
Bloqueo en otra central	3	18,0
Abonado llamado ocupado	15	19,0
Abonado llamado no contesta	5	55,0
Llamadas con conversación	60	150,0
Total y media	100	97,1

La tabla es para condiciones normales de carga y marcaje giratorio de dígitos. Intentos de llamada observados en los circuitos de línea.

Tabla 2 - Mezcla de tipos de intentos de llamadas entrantes durante la hora cargada y correspondientes tiempos medios de ocupación (enlaces)

Tipos de intentos de llamadas	% de llamadas	Tiempos de ocupación (s)
Llamadas sin marcaje de dígitos	-	-
Llamadas con marcaje incompleto de dígitos	3	2,0
Bloqueo en la central propia	2	13,0
Bloqueo en otra central	-	-
Abonado llamado ocupado	19	13,0
Abonado llamado no contesta	6	49,0
Llamadas con conversación	70	144,0
Total y media	100	106,5

La tabla es para condiciones normales de carga y marcaje giratorio de dígitos. Intentos de llamada observados en los circuitos de enlace entrante.

### Indicadores de comportamiento del GdS

Los indicadores del comportamiento considerados aquí para definir el GdS de la central en situaciones libres de fallos están divididos en dos grupos como sigue:

- Probabilidades de espera que representan, para cada categoría de llamada, tal como están definidas en la figura 1, la velocidad con que la central acepta y trata las llamadas en las condiciones de tráfico establecidas.

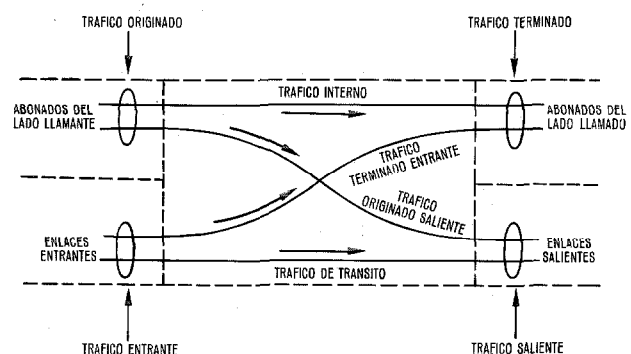


Fig. 1 Flujos de tráfico en una central telefónica.

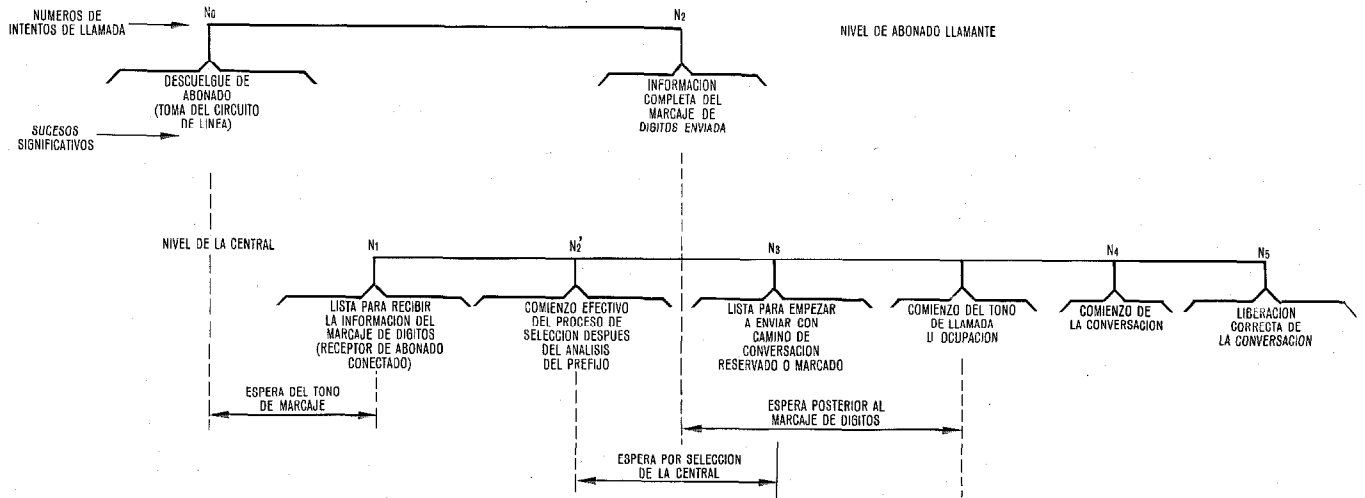


Fig. 2 Diagrama que muestra las esperas de las llamadas originadas salientes.

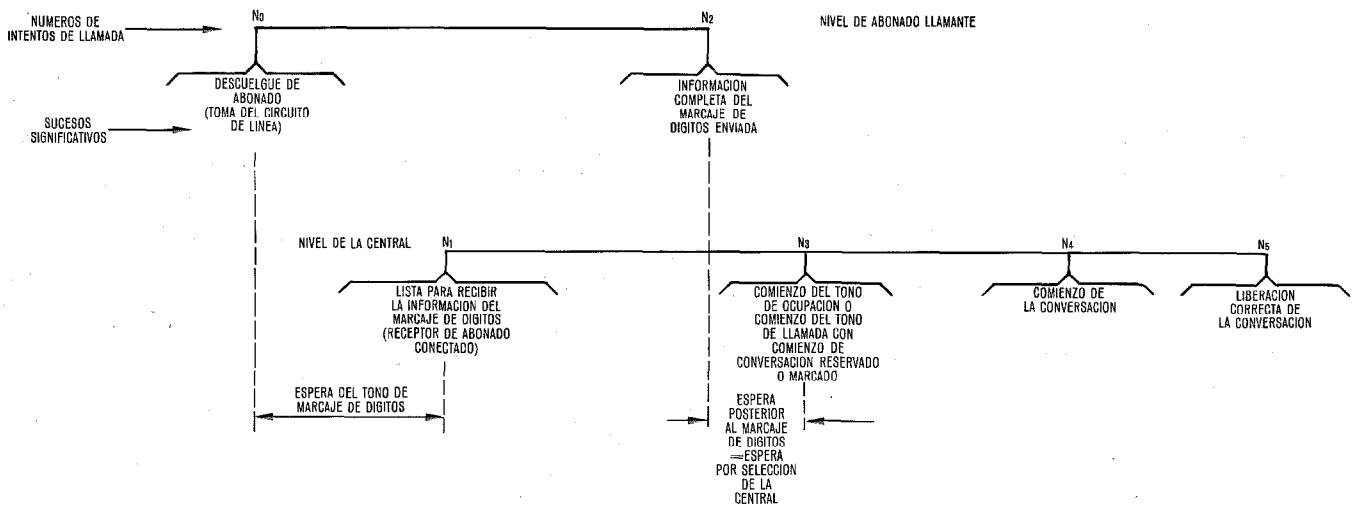


Fig. 3 Diagrama que muestra las esperas de las llamadas internas.

Estas probabilidades se aplican a:

- espera de tono de marcaje de dígitos, para las llamadas originadas en preselección (ver Figs. 2 y 3),
- espera de recepción de señal, para las llamadas entrantes en preselección (ver Figs. 4 y 5),
- esperas por selección de la central, para las llamadas salientes (ver Figs. 2 y 5) y para las llamadas que terminan (ver Figs. 3 y 4).

Probabilidades de pérdida punto a punto en selección que representan la eficiencia de la red de conmutación. Para cada tipo de llamada, como se muestra en la figura 1, estas probabilidades de pérdida se aplican como sigue:

- para las llamadas originadas salientes: pérdida punto a punto (PPP) entre un abonado llamante y un grupo de enlaces salientes libres seleccionado aleatoriamente,
- para las llamadas internas: la PPP entre un abonado llamante libre y un abonado individual llamado libre, o una línea libre de un grupo PABX seleccionada al

azar. Esta PPP incluye la pérdida externa (o pérdida de Erlang) sobre el grupo de alimentadores locales, cuando se usan tales alimentadores,

- para llamadas entrantes terminadas: la PPP ente enlace entrante libre y un abonado individual llamado o una línea libre seleccionada al azar de un grupo PABX,
- para llamadas de tránsito: la PPP entre un enlace entrante libre y un enlace saliente libre seleccionado al azar del grupo de enlaces salientes.

Observaciones:

Es por razones de simplificación por lo que se eligió la PPP como un criterio sencillo para caracterizar el bloqueo interno de la red de conmutación para cada tipo de intento de llamada. Estas probabilidades no son directamente perceptibles a nivel de usuario. Una pérdida punto a  $n$  puntos ( $n = 1, 2, 3$  o más), o una pérdida punto a grupo, aplicada a las llamadas originadas salientes y a las llamadas de tránsito, serían más signi-

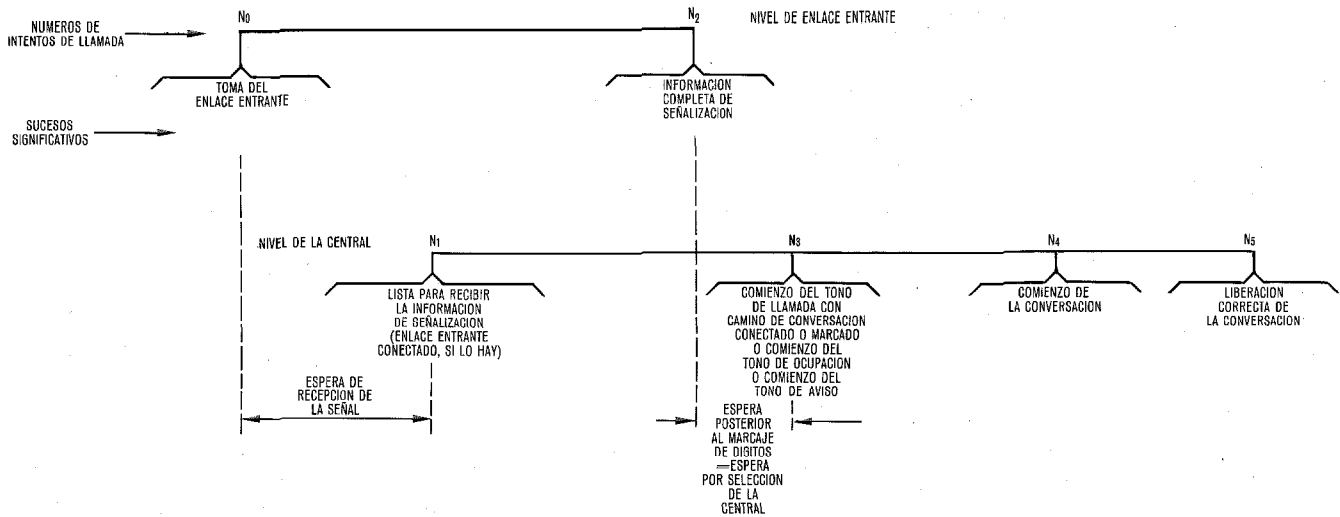


Fig. 4 Diagrama que muestra las esperas de las llamadas terminadas entrantes.

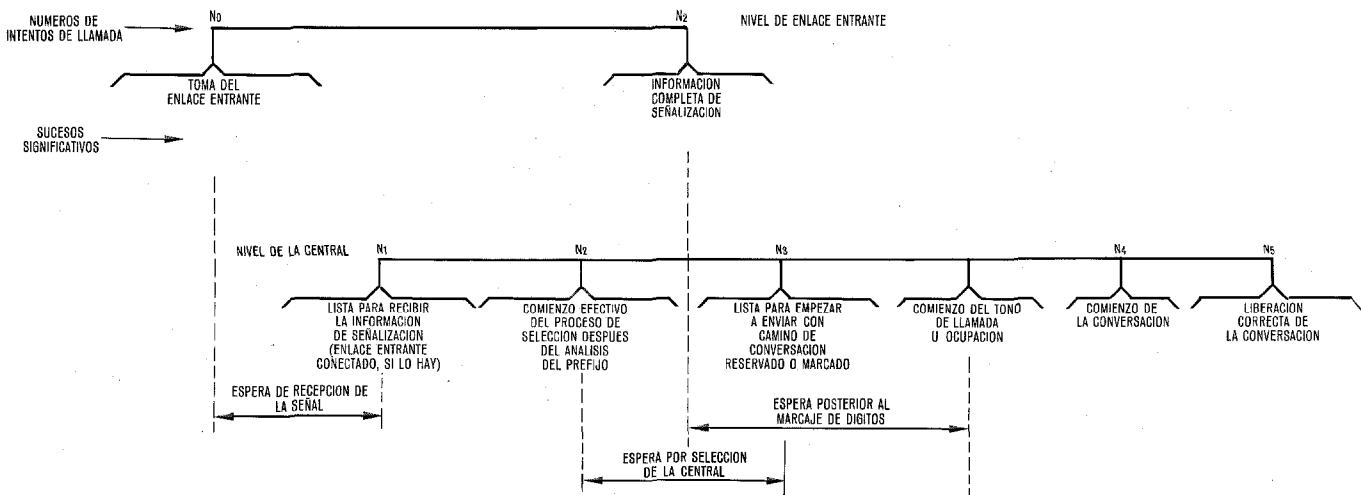


Fig. 5 Diagrama que muestra las esperas de las llamadas de tránsito.

ficativas en este aspecto, aunque son más difíciles de definir independientemente del sistema y de las características del grupo de enlaces salientes.

Al especificar probabilidades de pérdida que se aplican a la selección solamente, se supone implícitamente que el sistema debe funcionar en base a espera pura para preselección. Desde luego, esta última suposición se aplica solamente a centrales exentas de averías.

### Especificaciones de GdS

Están resumidas en la tabla 3, para las condiciones nominales de tráfico y para las condiciones de sobrecarga de tráfico.

Cada condición de espera viene expresada en forma de una probabilidad  $P$  de que la espera considerada exceda una duración dada de  $x$  segundos y se denota por  $P(\delta \geq x)$ .

La notación  $\delta_m$  usada en la expresión  $P(\delta = \delta_m)$  representa una temporización de una duración de, digamos, 15 a 30 segundos. Esta temporización puede ser

causada por "hardware" o por "software", o directamente por el abonado llamante cuando la duración de la espera excede su paciencia.

### Dispersión de tráfico

En la práctica corriente se supone que las cargas de tráfico están igualmente distribuidas sobre las fuentes de tráfico y de acuerdo con esto las representaciones del comportamiento especificadas se aplican a cualquiera de las fuentes de tráfico.

Esta situación nunca se encuentra en el campo porque:

- Durante las horas cargadas dadas, cada fuente de tráfico y, en particular cada clase de fuente de tráfico tiene su propia carga de tráfico.
- El nivel de carga de cada fuente individual de tráfico no es constante durante todas las horas cargadas.

Sin intentar entrar en detalle en este problema, hacemos la siguiente sugerencia para ayudar a interpretar

Tabla 3 - Especificaciones del grado de servicio para centrales exentas de fallo

Indicadores del comportamiento	Notaciones	Requerimientos numéricos	
		Condiciones nominales	Condiciones de sobrecarga
<i>Esperas en preselección</i> Espera del tono de marcaje de dígitos	$P(\delta \geq 2 \text{ s})$	$\leq 1.10^{-2}$	$\leq 6.10^{-2}$
	$P(\delta \geq 5 \text{ s})$	$\leq 3.10^{-3}$	$\leq 20.10^{-3}$
	$P(\delta = \delta_m)$	$\leq 3.10^{-4}$	$\leq 20.10^{-4}$
Espera de recepción de señal	$P(\delta \geq 1 \text{ s})$	$\leq 5.10^{-3}$	$\leq 30.10^{-3}$
	$P(\delta \geq 3 \text{ s})$	$\leq 1.10^{-3}$	$\leq 6.10^{-3}$
	$P(\delta = \delta_m)$	$\leq 1.10^{-4}$	$\leq 6.10^{-4}$
<i>Esperas en selección</i> Todas las llamadas	$P(\delta \geq 1 \text{ s})$	$\leq 5.10^{-3}$	$\leq 30.10^{-3}$
	$P(\delta \geq 3 \text{ s})$	$\leq 1.10^{-3}$	$\leq 6.10^{-3}$
	$P(\delta = \delta_m)$	$\leq 1.10^{-4}$	$\leq 6.10^{-4}$
<i>Pérdidas punto a punto en selección</i> Llamadas salientes originadas Llamadas internas Llamadas terminadas entrantes Llamadas de tránsito		$\leq 1.10^{-2}$	$\leq 5.10^{-2}$
		$\leq 2.10^{-2}$	$\leq 10.10^{-3}$
		$\leq 5.10^{-3}$	$\leq 30.10^{-3}$
		$\leq 1.10^{-2}$	$\leq 5.10^{-2}$
		$\leq 1.10^{-2}$	$\leq 5.10^{-2}$

Nota: Las cifras mostradas aquí se incluyen principalmente con propósitos de comparación y para indicar los órdenes de magnitud implicados.

y aplicar los anteriores requerimientos del GdS en casos más reales, (cuando estos casos están definidos correctamente) [3].

Sean

$a_i$  = el nivel de carga de una fuente de tráfico de índice  $i$  durante una hora cargada especificada.

$g$  = cualquiera de los indicadores del GdS introducidos en el párrafo anterior.

$g_i$  = valor actual de  $g$  para la fuente de índice  $i$ .

Un modo de interpretar el requerimiento general " $g \leq$  valor numérico", como se especifica en la tabla 3, es obtener  $g$  de la fórmula siguiente:

$$g = \frac{\sum_i g_i \cdot a_i}{\sum_i a_i}$$

### Concepto de calidad de servicio de una central

#### Generalidades

En otro artículo [4] publicado en esta revista hemos mostrado cómo las centrales CPA pueden considerarse como si estuvieran casi permanentemente en una situación de fallo latente o incipiente, aún cuando no se observe mensaje alguno de fallo en la central. También hemos indicado que la ocurrencia de ciertos tipos de fallos podría estar influida fuertemente por la cantidad de tráfico cursado por la central. Estos comportamientos no son específicos indudablemente de los sistemas CPA aunque puede ser

que aparezcan menos en los sistemas convencionales de barras cruzadas.

Todos estos fallos son propensos a perturbar el proceso de tratamiento de llamadas, exactamente como lo hace la congestión de tráfico.

Además, hay muchas formas de perturbaciones perceptibles por los abonados, en que no es posible determinar si el defecto está relacionado con la congestión de tráfico, con los factores de fiabilidad o con cualquier otra fuente de problemas en el proceso de tratamiento de llamadas.

Por todas estas razones, ha llegado a ser necesario volver a fijar y desarrollar el concepto de GdS en el concepto más amplio de calidad de servicio (CdS) que cubre todas las posibles perturbaciones en el tratamiento de llamadas generadas en la central y que los usuarios pueden advertir.

Para ayudar a la identificación y al análisis de los indicadores del comportamiento que capacitan para calificar el concepto de CdS, se sugiere revisar y clasificar las principales categorías de fallos y problemas que en este contexto sean pertinentes.

#### Fallos en la central

Los fallos en la central se pueden dividir en tres categorías principales, de acuerdo con las perturbaciones que pueden causar a los usuarios.

##### a) Fallos que conducen al sistema a estados de indisponibilidad

Tales fallos provocan demoras en preselección, lo que también es el caso con congestión de tráfico.

La única diferencia perceptible por los usuarios consiste en las duraciones de tales demoras que, cuando son producidas por congestión de tráfico, pueden fluctuar entre 0 y unos pocos segundos, y cuando son causadas por indisponibilidad del equipo, pueden fluctuar entre algunas decenas de segundos (20s, por ejemplo, para algunas interrupciones totales del servicio seguidas de restablecimientos automáticos) y algunas horas (como resultado, por ejemplo, de un fallo en el circuito de línea de abonado).

En el caso de una espera larga, la mayoría de los abonados, debido a su limitada paciencia, no sabrían la duración total del fallo. En efecto, la reacción normal es:

- esperar cierto tiempo  $t_1$  antes de renunciar al primer intento,
- hacer un segundo intento después de cierto tiempo  $\tau_1$ ,
- esperar cierto tiempo  $\tau_2$  antes de renunciar otra vez,
- etc., hasta el momento en que el abonado acepte que la llamada no va a ser procesada o en que la llamada tiene éxito porque el sistema se ha recuperado.

Finalmente, la suma  $T = \sum_{i=1}^N (t_i + \tau_i)$ , donde  $N$  es el

número de intentos repetidos para hacer la misma llamada, representa la espera total para el establecimiento de la llamada, resultante de la combinación de la indisponibilidad del equipo y de la reacción del abonado ante esta situación. El punto que debe señalarse es que el valor de  $T$ , tal como se ha definido, no corresponde a la duración de la indisponibilidad del equipo. Esta última, a la que denotaremos por  $U$  en lo que sigue, puede ser mayor o menor que  $T$ , dependiendo de las reacciones del abonado.

### b) Fallos que conducen a errores en el proceso de establecimiento de llamadas

Algunos de estos fallos provocan a los usuarios la misma clase de perturbaciones que las reacciones normales de la central a las variaciones de tráfico, es decir:

- demora en preselección o en selección hasta que el mecanismo de temporización se activa,
- pérdidas de selección.

Otros tipos de fallos pueden causar nuevas perturbaciones, tales como:

- pérdidas en preselección (aún cuando el sistema funcione en base a espera pura en preselección),
- liberaciones prematuras durante las fases de preselección o de selección,
- procesamiento erróneo (ausencia de tono/señal, tono/señal equivocado, encaminamiento erróneo de cualquier clase, etc.).

Para los usuarios, el impacto global será advertido como una mezcla de esperas y tiempos de compleción variables, sin posibilidad de distinguir entre las varias posibles causas de los problemas.

### c) Fallos que conducen a la liberación prematura de conversaciones establecidas

Son típicos de algunos tipos de averías de la central (paralizaciones del procesador, por ejemplo) y no pueden ser fácilmente confundidos desde el punto de vista del usuario, con problemas que dependen del tráfico.

La razón para distinguir este tipo de perturbación de las que se han mencionado previamente es la importancia económica que tiene el fallo en sí y para los abonados.

### Fuentes de perturbaciones en el tratamiento de llamadas

Las perturbaciones en el tratamiento de llamadas generadas a nivel de la central pueden no limitarse a las causadas, como se ha mencionado antes, por reacciones de la central a las variaciones de tráfico y fallos y defectos de la central.

Las variaciones en las condiciones de funcionamiento de la central, cuando no se controlan correctamente, pueden causar también perturbaciones similares.

Ejemplos de tales condiciones son:

- la ejecución de una ampliación en la central en estudio,
- la ejecución de acciones de mantenimiento correctivas, mediante las cuales algunas unidades del equipo pueden ponerse momentáneamente fuera de servicio,
- la ejecución de actividades rutinarias de mantenimiento y administración de la central por el personal de mantenimiento, con cierta tasa de errores por manipulación humana.

La calidad de la transmisión también es una componente de la calidad global del tratamiento de llamadas. Sin embargo, en este trabajo no se discutirán los problemas de la transmisión. Esto es porque suponemos que:

- a nivel de usuario, los tipos de perturbaciones a que dan lugar, difícilmente pueden confundirse con los tipos de perturbaciones mencionadas antes;
- la probabilidad de ocurrencia de defectos en la transmisión es casi independiente de la carga de tráfico, de las tasas de fallo y de las variables similares que influyen en las

probabilidades de ocurrencia de las perturbaciones en el tratamiento de llamadas mencionadas anteriormente.

Por estas razones, se sugiere que las perturbaciones generadas por defectos en la transmisión pueden estar cubiertas por medio de una especificación de la calidad de transmisión, que aquí no se presenta, y separada de la especificación de CdS de la central.

Advirtiendo que las variaciones en el comportamiento de la transmisión podrían influir en el comportamiento del tratamiento de llamadas de la central, por la predisposición hacia las repeticiones de llamada, se supone que la central funciona en un ambiente de transmisión estable.

### Indicadores del comportamiento de la calidad de servicio

#### *Criterio de selección de los indicadores del comportamiento de la CdS*

Las ideas básicas que subyacen en la elección de los indicadores del comportamiento de la CdS para calificar el comportamiento de la central son como sigue:

- a) Los indicadores del comportamiento de la CdS seleccionados deben ser significativos desde el punto de vista del usuario. Esto quiere decir que, para cada tipo de perturbación que pueda ser advertida a nivel de usuario, ha de considerarse un indicador específico del comportamiento. Por esta razón, se han hecho distinciones entre:
- demoras de duraciones cortas y largas en preselección (espera de tono de marcaje de dígitos o indisponibilidad);
  - pérdidas de llamadas y esperas;
  - fases de preselección y selección;
  - liberación prematura de las llamadas ya establecidas y liberación prematura de las llamadas que están siendo establecidas;
  - encaminamiento equivocado, conexiones erróneas, etc., pérdidas y/o demoras.

Otra consecuencia de esta regla es que, cuando el usuario es incapaz de discriminar lógicamente entre las posibles causas de una perturbación, un único indicador del comportamiento cubre la perturbación global advertida. Es el caso típico de las esperas y pérdidas.

- b) Los indicadores del comportamiento de la CdS seleccionados deben caracterizar el comportamiento de la central, lo que implica que:
- deben ser lo más independientes posible de las reacciones subjetivas del abonado y de las variaciones de las condiciones ambientales;
  - deben ser mensurables a nivel de la central.

### *Indisponibilidad*

Se dice que la central se encuentra en estado de indisponibilidad con respecto a un grupo específico de abonados o de enlaces cuando, durante un tiempo  $\Theta$  que excede a  $\Theta_0$ , no puede aceptar para su procesamiento a todas las llamadas a y desde este grupo.

- a)  $\Theta_0$  es el período de tiempo normalmente tolerado entre la toma de un dispositivo (circuito de línea o enlace entrante) y el reconocimiento de este suceso por el sistema. Normalmente es un parámetro que depende del cliente, que puede ser especificado separadamente para

los intentos de llamadas originadas y para los intentos de llamadas entrantes. Sea cual fuere el valor de  $\Theta_0$ , el sistema debe diseñarse de tal modo que en funcionamiento exento de problemas, la probabilidad de que el tiempo de acceso real exceda a  $\Theta_0$  sea despreciable.

- b) Los grupos de abonados o enlaces que se consideran normalmente en la práctica son como sigue:
- cualquier línea individual de abonado;
  - cualquier otro grupo de enlaces distinto de los especificados después;
  - cualquier grupo de líneas de abonado o grupos de enlaces diseñado específicamente para una necesidad definida (abonados con prioridad, hospitales, grupos de enlaces para servicios de emergencia, etc.);
  - cualquier grupo que comprenda más del 50% de las líneas de abonado o enlaces instalados.
- c) La duración de la indisponibilidad es  $U = \Theta - \Theta_0$  y las cláusulas que expresan los requerimientos de indisponibilidad se escribirán en la forma  $Pr(U > t)$ ; es decir, probabilidad de que ocurra una condición de indisponibilidad y de que la duración de la indisponibilidad exceda un valor dado  $t$ .

Valores numéricos típicos, considerados para  $t$  son:

$t = \delta_m$  es decir, el periodo después del cual se excede la paciencia media del abonado o se actúa un mecanismo temporizador, y

$t = 5$  a 10 minutos, es decir, el período después del cual el abonado, habiendo hecho diversos intentos sin éxito, empieza a pensar en dar por perdida la llamada completamente o en ir a intentar esta llamada desde un teléfono conectado a otra central.

d) Nótese que, tal como se ha definido, la indisponibilidad de una parte del equipo es una condición independiente del uso del abonado. En otras palabras, la central puede estar indisponible durante un tiempo  $U$  aun cuando los usuarios no estén ofreciendo llamada alguna durante este período.

Esto significa que la indisponibilidad viene definida por medio de probabilidades absolutas, al contrario de lo que se llamaría "inaccesibilidad" del equipo, siendo ésta la indisponibilidad tal como la advierten los usuarios cuando intentan usar el equipo.

En centrales telefónicas públicas, es preferible la consideración del concepto de indisponibilidad porque la central, en la mayoría de los casos, va a estar funcionando 24 horas al día. En centrales telefónicas privadas, que están funcionando frecuentemente durante unas horas al día solamente, puede ser preferible el concepto de inaccesibilidad a causa de su mayor significación desde el punto de vista del usuario.

#### Probabilidades de espera en preselección

Las demoras por el tono de marcaje y por recepción de señal están definidas e ilustradas en las figuras 2 a 5 para cada tipo de llamada en la central.

Las especificaciones se expresarán en una de las formas:  $Pr(\delta \geq x \text{ segundos})$  con  $x = 1$  ó 3 segundos o  $Pr(\delta = \delta_m)$  siendo  $\delta_m$  la duración de una temporización

de, digamos, 15 a 30 segundos. Esta temporización se deberá a una demora que excede la paciencia del abonado llamante, o a la actuación de un mecanismo de temporización si tal mecanismo se usa para controlar la duración total de la fase de preselección en el proceso de establecimiento de llamadas.

Nota: Los requerimientos para la duración de la indisponibilidad y para las demoras en preselección son complementarios. Los primeros cubren interrupciones de servicio perceptibles y de larga duración (entre 30 segundos y 10 minutos o mayores de 10 minutos), los últimos cubren interrupciones del servicio cortas y muy cortas (demoras menores que  $\delta_m = 15$  a 30 segundos). Sin embargo, estos dos requerimientos no son exactamente de la misma naturaleza, pues la condición de indisponibilidad está definida con ligeras diferencias respecto de una espera en preselección.

#### Probabilidades de espera en selección

Las demoras por selección en la central están definidas e ilustradas en las figuras 2 y 5 para las llamadas salientes y en las figuras 3 y 4 para las llamadas terminadas.

Se supone que las demoras potencialmente largas, como podrían resultar de fallos y situaciones problemáticas, serán acortadas por la actuación de un mecanismo de temporización. Por tanto, es suficiente especificar la probabilidad de actuaciones de temporización, en la forma  $P(\delta = \delta_m)$ , para cubrir todos los casos de demoras excesivas potencialmente.

#### Tasas de compleción de la central en preselección

Están definidas como cocientes de números de intentos de llamada observados en correlación con sucesos significativos y durante períodos de tiempos suficientemente largos, como sigue:

- para las llamadas originadas: razón  $\frac{N_1}{N_0}$  (ver Figs. 2 y 3)

- para las llamadas entrantes: razón  $\frac{N_1}{N_0}$  (ver Figs. 4 y 5)

Deberán notarse los siguientes puntos:

- En todos los casos  $N_0$  denota el número de nuevos intentos de llamada, considerando que un nuevo intento de llamada está caracterizado por una nueva toma de un órgano en particular, es decir, el circuito de línea (para las llamadas originadas) o el circuito del enlace entrante (para las llamadas entrantes).  $N_0$  incluye, por tanto, todos los "falsos intentos" causados, por ejemplo, por errores de manipulación o fallos de transmisión.

-  $N_1$  es el número de nuevos intentos de llamada para los cuales la central ha alcanzado el estado "lista para recibir información". Aquí se supone que el sistema discrimina entre intentos "verdaderos" y "falsos" solamente después de haber alcanzado este estado.  $N_1$ , por tanto, también incluye "intentos falsos" y la diferencia  $N_1 - N_0$  corresponde a todos los casos de pérdidas de llamadas dependientes de la central que ocurren entre la aparición de la llamada y la conexión del receptor de información (para abonados, para enlaces entrantes, etc.).

## Grado y calidad de servicio

- En los ejemplos numéricos que siguen se especifica que el complemento a 1 de las tasas de completión es decir,  $\frac{N_0 - N_1}{N_0}$  no exceda un valor dado.

### Tasas de completión de la central en selección

Están definidas e ilustradas análogamente a las tasas de completión en preselección, como sigue:

- para llamadas originadas salientes:  $\frac{N_3}{N'_2}$  (ver Fig. 2)
- para llamadas internas:  $\frac{N_3}{N_2}$  (ver Fig. 3)
- para llamadas terminadas entrantes:  $\frac{N_3}{N_2}$  (ver Fig. 4)
- para llamadas de tránsito:  $\frac{N_3}{N'_2}$  (ver Fig. 5).

### Notas:

Las pérdidas de llamadas a causa del bloqueo externo sobre grupos de equipos pueden estar incluidas en las tasas de completión definidas anteriormente. Aun en centrales exentas de fallo, éste es el caso con llamadas internas (congestión sobre los alimentadores locales) y para llamadas salientes (congestión sobre los grupos de enlaces salientes).

Aunque se presume que la elección de los valores del bloqueo externo para tales grupos de órganos puede estar bajo el control de la administración (típicamente, para los grupos de enlaces salientes), es una necesidad cubrir, con una especificación de la CdS, modos de funcionamiento de la central que pueden hacer que el bloqueo externo real del grupo de órganos se separe perceptiblemente de su valor especificado originalmente.

Tales empeoramientos pueden ocurrir en sucesos dependientes de la central, tales como:

- fallos esporádicos en el mismo alimentador provocando que un enlace esté en falta con liberación inmediata\*;
- fallos/errores en partes del equipo (incluyendo "software") provocando que el  $U\%$  de los enlaces no lleguen a estar disponibles para cursar tráfico;
- errores por manipulación del personal de mantenimiento;
- etc.

Estas consideraciones están en la raíz de la elección hecha para la expresión de los requerimientos numéricos de la siguiente forma:

$$(1 - \text{tasa de completión}) \leq p + x$$

donde:

$p$  - es la pérdida externa en el grupo de enlaces especificada por la administración, para centrales totalmente exentas de fallo funcionando en un ambiente especificado (y estable),

$x$  - es un valor numérico.

Para todos los casos en que el dimensionado del grupo de órganos es enteramente responsabilidad del proveedor, la especificación numérica aparecerá en la forma:

$$(1 - \text{tasa de completión}) \leq y \text{ (valor numérico).}$$

Con las definiciones dadas de los parámetros  $N_2$ ,  $N'_2$  y  $N_3$  (ver Figs. 2 a 5), es posible que las tasas de completión

también incluyan pérdidas de llamadas independientes de la central, tales como algunas liberaciones de abonado durante la fase de selección.

En la práctica es casi imposible de conseguir una absoluta discriminación entre pérdidas dependientes e independientes de la central. Sin embargo, se considera que, en el corto período de tiempo que nos ocupa, es decir espera por selección en la central, la proporción de pérdidas independientes de la central es despreciable comparada con las pérdidas dependientes de la central, tales como las provocadas por:

- congestión en la red de conmutación,
- bloqueo en un grupo de órganos,
- liberaciones de llamadas dependientes de la central, de cualquier clase.

### Efectividad del tratamiento de llamadas

Se define como la proporción de intentos de llamada procesados correctamente, esto es, llevadas a su conclusión lógica, con respecto al número total de llamadas procesadas. El complemento a 1 de la efectividad del tratamiento de llamadas es igual al porcentaje de llamadas que, aunque completamente procesadas desde el punto de vista de equipo:

- están mal encaminadas (para llamadas salientes)
- alcanzaron abonado llamado erróneo (para llamadas terminales)
- consiguieron tonos/señales equivocados
- etc.

Tales tratamientos erróneos pueden ser producidos por defectos, fallos, efectos de la carga de tráfico, o cualquier combinación de estos sucesos que ocurren en la central.

### Tasas de efectividad de las llamadas establecidas y de eficiencia de la liberación de llamadas

Esta eficiencia puede ser:

- o definida globalmente como la probabilidad de que una llamada establecida termine con éxito, incluyendo así la propia liberación de la conexión. En este caso, se le da el nombre de "efectividad de las llamadas establecidas",
- o definida separadamente para cada tipo de llamada por las relaciones  $\frac{N_5}{N_4}$  como se ilustran en las figuras 2 a 5.

Las liberaciones prematuras de conversaciones establecidas son producidas normalmente por fallos típicos de la central (tal como avería total del procesador) cuya probabilidad de ocurrencia depende, en la mayoría de los casos, del nivel de la carga de tráfico. Las acciones de mantenimiento preventivo o correctivo controladas incorrectamente, así como las acciones tomadas durante un proceso de ampliación, pueden causar también perturbaciones similares (cuando se ponen fuera de servicio dispositivos que cursan tráfico).

### Requerimientos de calidad de servicio de la central

#### Condiciones de funcionamiento de la central

Para definir los requerimientos de calidad de servicio de la central, es necesario considerar las condiciones de funcionamiento de la central a las que van a aplicarse estos requerimientos de CdS.

\* En inglés: "killer trunk". N. del T.



Una primera aproximación a esta cuestión, rechazada posteriormente, fue considerar la posibilidad de especificar los requerimientos de CdS en condiciones normales de funcionamiento, calificando estos requerimientos por condiciones especiales que pondrían límites a las degradaciones de la CdS que resultarían de condiciones anormales de funcionamiento. Esto inmediatamente dio lugar al problema de la definición de condiciones de funcionamiento normales y anormales, que produjo los requerimientos conflictivos de que las definiciones deberían ser dependientes de la condición de la central y dependientes también del usuario. Un ejemplo de este conflicto es que un fallo menor en el equipo podría tener un impacto importante sobre el usuario, mientras que una avería completa del sistema seguida de un restablecimiento automático rápido podía no afectar seriamente al usuario.

Las razones más importantes para el rechazo de esta aproximación, entre otras, fueron:

- El mismo fallo que aparece en diferentes instantes  $t_x, t_y$  puede tener efectos diferentes sobre la CdS, dependiendo de los conjuntos de fallos ya presentes en esos instantes, de los estados instantáneos de los equipos de la central, de los niveles de las cargas de tráfico, etc.
- La perturbación en el tratamiento de llamadas, medido por medio de los apropiados indicadores del comportamiento, tiene una evolución algo errática, haciendo imposible discriminar de una forma correcta entre condiciones de funcionamiento normales y anormales.

Es más apropiado, por consiguiente, seguir una aproximación más global en la que no se haga distinción entre condiciones de funcionamiento normales y anormales. En otras palabras, las condiciones normales de funcionamiento se consideran como condiciones corrientes de funcionamiento, en que pueden ocurrir todos los tipos de fallos y problemas.

Esta aproximación implica que un único conjunto de requerimientos de CdS es capaz de cubrir todas las situaciones posibles que pueden ocurrir en la central. Esto se hace posible considerando que cada uno de los indicadores de la CdS definidos anteriormente es una variable aleatoria cuyos valores medidos durante períodos de tiempo  $t$  ( $t = 1$  hora, por ejemplo) reflejan exactamente el impacto de todos los sucesos (problemas, fallos, reacciones a las variaciones de tráfico) que ocurrieron en la central durante el período medido.

Este punto de vista, que está motivado principalmente por consideraciones de valoración y medida de la CdS, es fundamentalmente diferente del concepto de GdS, en que los indicadores del comportamiento se obtienen de una manera determinista.

#### Requerimientos de la calidad de servicio

##### Variables aleatorias y distribuciones asociadas

Denotemos por:

$T$  - al conjunto completo de parámetros que representan las condiciones ambientales de tráfico, en volumen de carga y en número de intentos de llamada

$T_{nom}$  - a las condiciones nominales de tráfico

$T_{sobre}$  - a las condiciones de sobrecarga de tráfico

$T_{min}$  - a las condiciones de tráfico derivadas de  $T_{nom}$  de un modo similar a como han sido usadas para  $T_{sobre}$ , pero disminuyendo la carga  $T_{nom}$  por un factor del 20% y el número de intentos de llamada  $T_{nom}$  por un factor del 50%

$Q$  - a uno cualquiera de los indicadores del comportamiento de la CdS introducidos y definidos en el párrafo anterior.

Para cualquier condición  $T$  de tráfico fija, el valor de  $Q$  observado o medido, se considera como una variable aleatoria en el tiempo que, como función de  $T$ , se denota por  $Q(T)$ .

Asociadas con esta variable aleatoria, hay:

- Una función de distribución de probabilidad  $Pr[Q(T) \geq x] = F(T, x)$  definida para todas las posibles condiciones  $T$  y para  $0 \leq x \leq 1$ .
- Una esperanza matemática, denotada por  $\bar{Q}(T)$  obtenida de

$$\bar{Q}(T) = \int_x x \frac{\delta F(T, x)}{\delta x} dx$$

$\bar{Q}(T)$  es el valor medio de  $Q(T)$  cuando todas las observaciones/medidas se hacen con unas condiciones fijas  $T$  de tráfico. Puede notarse que el valor absoluto mínimo de  $Q(T)$ , siendo  $T$  fija, se obtiene cuando la central está libre de cualquier fallo y problema. Sea  $\Theta(x)$  la duración total de tiempo en que, siendo  $T$  fija, se satisface continuamente la condición  $Q(T) \geq x$ .

La variable  $\Theta(x)$  también aparece como una variable aleatoria en el tiempo con la que puede asociarse:

- Una función de distribución  $Pr[\Theta(x) \geq u] = H(u, x)$
- Una esperanza matemática

$$\bar{\Theta}(x) = \int_u u \cdot \frac{\delta H(u, x)}{\delta u} du.$$

Si se elige  $x$  de modo que sea un umbral de degradación,  $\bar{\Theta}(x)$  representa la duración media de tal degradación.

##### Requerimientos de un nivel de comportamiento medio

El nivel medio del comportamiento de la CdS,  $\bar{Q}(\cdot)$ , no debe exceder a los valores especificados en la tabla 4 para las condiciones nominales ( $T_{nom}$ ) y de sobrecarga ( $T_{sobre}$ ) de tráfico, y para cada uno de los indicadores del comportamiento de la CdS.

##### Requerimientos de la frecuencia de degradación de la CdS

- La probabilidad de que, para las condiciones nominales de tráfico  $T_{nom}$ , al menos uno de los indicadores del comportamiento de la CdS tenga un valor  $Q(T_{nom})$  que exceda dos veces el valor medio  $\bar{Q}(T_{nom})$  especificado en la tabla 4, no debe exceder el 1%.

En notación matemática:

$$Pr[Q(T_{nom}) \geq 2 \cdot \bar{Q}(T_{nom})] \leq 1\%.$$

- De un modo similar, para las condiciones de sobrecarga de tráfico  $T_{sobre}$ :

$$Pr[Q(T_{sobre}) \geq 2 \cdot \bar{Q}(T_{sobre})] \leq 1\%.$$

- Para todas las condiciones de tráfico  $T$  tales que  $T \leq T_{min}$ :

$$Pr[Q(T) \geq \bar{Q}(T_{nom})] \leq 0,5\%.$$

Tabla 4 - Requerimientos de la calidad de servicio de la central

Indicadores de comportamiento	Notaciones	Requerimientos numéricos	
		Condiciones nominales	Condiciones de sobrecarga
<i>Indisponibilidad</i>			
Línea individual de abonado	$Pr(\delta_m \leq U \leq 5 \text{ min})$ $Pr(5 \text{ min} \leq U)$	$\leq 1.10^{-4}$ $\leq 5.10^{-5}$	$\leq 5.10^{-4}$ $\leq 10.10^{-5}$
Grupo individual de enlaces	$Pr(\delta_m \leq U \leq 5 \text{ min})$ $Pr(5 \text{ min} \leq U)$	$\leq 1.10^{-4}$ $\leq 3.10^{-5}$	$\leq 5.10^{-4}$ $\leq 6.10^{-5}$
Grupos de abonados/enlaces designado	$Pr(\delta_m \leq U \leq 5 \text{ min})$ $Pr(5 \text{ min} \leq U)$	$\leq 1.10^{-4}$ $\leq 2.10^{-5}$	$\leq 5.10^{-4}$ $\leq 4.10^{-5}$
Más del 50% de abonados/enlaces	$Pr(\delta_m \leq U \leq 5 \text{ min})$ $Pr(5 \text{ min} \leq U)$	$\leq 1.10^{-4}$ $\leq 1.10^{-5}$	$\leq 5.10^{-4}$ $\leq 2.10^{-5}$
<i>Esperas en preselección</i>			
Espera del tono de marcaje de dígitos	$Pr(\delta \geq 2 \text{ s})$ $Pr(\delta \geq 5 \text{ s})$ $Pr(\delta = \delta_m)$	$\leq 2.10^{-2}$ $\leq 5.10^{-3}$ $\leq 5.10^{-4}$	$\leq 10.10^{-2}$ $\leq 30.10^{-3}$ $\leq 50.10^{-4}$
Espera de recepción de señal	$Pr(\delta \geq 1 \text{ s})$ $Pr(\delta \geq 3 \text{ s})$ $Pr(\delta = \delta_m)$	$\leq 1.10^{-2}$ $\leq 2.10^{-3}$ $\leq 2.10^{-4}$	$\leq 5.10^{-2}$ $\leq 10.10^{-3}$ $\leq 10.10^{-4}$
<i>Esperas en selección</i>			
Todas las llamadas	$Pr(\delta \geq 1 \text{ s})$ $Pr(\delta \geq 3 \text{ s})$ $Pr(\delta = \delta_m)$	$\leq 1.10^{-2}$ $\leq 2.10^{-3}$ $\leq 2.10^{-4}$	$\leq 5.10^{-2}$ $\leq 10.10^{-3}$ $\leq 10.10^{-4}$
<i>Tasas de compleción en preselección</i>			
Llamadas originadas	$1 - N_1 N_0^{-1}$	$\leq 1.10^{-4}$	$\leq 5.10^{-4}$
Llamadas entrantes	$1 - N_1 N_0^{-1}$	$\leq 5.10^{-5}$	$\leq 20.10^{-5}$
<i>Tasas de compleción en selección</i>			
Llamadas originadas salientes	$1 - N_3 N_2^{-1}$	$\leq P + 5.10^{-3}$	$\leq P^* + 30.10^{-3}$
Llamadas internas	$1 - N_3 N_2^{-1}$	$\leq 2.10^{-2}$	$\leq 10.10^{-2}$
Llamadas terminadas entrantes	$1 - N_3 N_2^{-1}$	$\leq 5.10^{-3}$	$\leq 30.10^{-3}$
Llamadas de tránsito	$1 - N_3 N_2^{-1}$	$\leq P + 5.10^{-3}$	$\leq P^* + 30.10^{-3}$
<i>Efectividad del tratamiento de llamadas</i>			
Efectividad de las llamadas establecidas	—	$\leq 5.10^{-5}$	$\leq 20.10^{-5}$
Efectividad de las llamadas establecidas	$1 - N_5 N_4^{-1}$	$\leq 5.10^{-5}$	$\leq 10.10^{-5}$

Notas: 1 -  $P$  ( $P^*$ ) es la pérdida externa especificada en grupo de enlaces para condiciones nominales (de sobrecarga) de tráfico en situaciones libres de fallo.

2 - Las cifras mostradas aquí se incluyen principalmente con propósitos de comparación y para indicar las órdenes de magnitud implicados.

Nota: El propósito de esta condición es asegurar que fuera de las horas cargadas de tráfico ( $T \leq T_{min}$ ), pueden realizarse las actividades del proceso de mantenimiento y ampliación mientras el nivel alcanzado de la CdS no caiga por debajo (excepto para menos del 0,5% de los casos) del nivel medio de comportamiento especificado durante las horas cargadas para  $T = T_{nom}$ .

$$Pr[\Theta(\bar{Q}(T)) \geq 24 \text{ horas}] \leq 0,1\% \text{ para todas las condiciones } T.$$

Nota: El logro de estos dos requerimientos depende esencialmente de la política de mantenimiento. En particular, los valores numéricos indicados aquí están propuestos para aplicarlos a centrales atendidas permanentemente.

### Consecuencias prácticas

Es claro que nuestra comprensión corriente del concepto de comportamiento del servicio de la central, cualquiera que sea, debe tener un impacto en procesos básicos de ingeniería tales como:

- El diseño del sistema
- El dimensionado de la central y la determinación de su capacidad de tratamiento de llamadas
- La calificación de la central
- La planificación e interpretación de las medidas de campo.

### Requerimientos de la duración de la degradación de la CdS

Cualesquiera que sean las condiciones de tráfico  $T$ , el tiempo medio  $\bar{\Theta}$  durante el cual el indicador del comportamiento de la CdS excede a su valor medio  $\bar{Q}(T)$ , no debe ser mayor de una hora, es decir:

$$\bar{\Theta}[\bar{Q}(T)] \leq 1 \text{ hora para todas las condiciones } T.$$

La probabilidad de que el tiempo real  $\Theta$ , durante el cual  $Q(T)$  excede a  $\bar{Q}(T)$ , dure más de 24 horas consecutivas no debe exceder al 0,1 %, es decir:

Sin discutir en detalle las consecuencias de los conceptos de calidad de la central sobre estos objetivos, quisiéramos expresar alguna opinión sobre este tema, particularmente sobre los problemas del dimensionado de la central y de la determinación de la capacidad de tratamiento de llamadas.

## Dimensionado de la central

### Generalidades

Cuando se revisan los métodos de diseño y las técnicas que se pueden usar para estimar el comportamiento del servicio de la central, uno se sorprende al observar simultáneamente cuán "ricos" somos en métodos que permiten fijar indicadores del comportamiento del GdS y qué "pobres" somos en métodos para predecir el comportamiento de la CdS de una central.

En el caso del GdS con propósitos de dimensionado está toda la teoría de tráfico para soportar y validar un dimensionado adecuado de la central.

Para la CdS, sólo los componentes individuales de tal concepto, como los efectos de las variaciones de tráfico o la ocurrencia de fallos y problemas en el funcionamiento del equipo de la central, están sujetos a métodos de predicción, pero todavía a nivel de métodos de dimensionado, no se ha hecho la síntesis de todos los fenómenos subyacentes. Si exceptuamos el trabajo de pioneros como Elldin [5], Rhako [6], Lee [7], Strandberg [8], Kaniuk y Smith [9] y Jensen y Toledano [10], podemos concluir que este amplio campo de investigación permanece totalmente virgen.

Probablemente un punto de partida en todas estas investigaciones es expresar precisamente, si es posible con el rigor de una exposición matemática, el problema que queremos estudiar. Esto es lo que intentaremos hacer con el problema del dimensionado y con el problema de la determinación de la capacidad de tratamiento de llamadas. (Nótese que en lo que sigue no se hace diferencia alguna entre los comportamientos tipo GdS y tipo CdS a menos que se establezca explícitamente, y a ambos los llamaremos "comportamiento del servicio").

### El problema del dimensionado de la central

La determinación del dimensionado de una central implica fijar los valores de cada uno de los indicadores del comportamiento del servicio, para valores fijos del conjunto de parámetros (carga de tráfico, número de intentos, mezcla de llamadas) que caracterizan las condiciones de tráfico consideradas, y para valores variables de los parámetros ajustables de la central. Cuando se requiere un comportamiento tipo GdS, tales parámetros ajustables son, por ejemplo, el número de circuitos de cada grupo de alimentadores y enlaces, los números y tamaños de las unidades de conmutación con puntos de cruce, los números y longitudes de las colas de los registradores y/o memorias de tránsito, etc. En el caso de un requerimiento tipo CdS, tienen que añadirse nuevos parámetros, tales como tiempos de recorrido, tiempos de duración del fallo, proporciones de fallo, número y duraciones de las intervenciones de mantenimiento, etc.

Una solución elemental del dimensionado es un conjunto económico de tales parámetros que minimiza las diferencias positivas entre los valores especificados del com-

portamiento del servicio y los correspondientes valores fijados para al menos una componente del vector comportamiento del servicio considerado, a tal componente se llama "restricción dominante del servicio" [11].

La ejecución de esta operación de dimensionado para las condiciones nominales de tráfico y el criterio de comportamiento nominal del servicio asociado a aquéllas, por un lado, y para la situación de sobrecarga correspondiente por otro, conduce a dos soluciones elementales del dimensionado. Estas dos soluciones están unidas en una solución final de dimensionado que permite a la central satisfacer simultáneamente las situaciones y requerimientos nominales y de sobrecarga.

Sobre este asunto pueden observarse diversos puntos:

- Para cada una de las soluciones elementales de dimensionado, la restricción dominante del servicio (RDS) puede ser, a priori, cualquiera de los varios indicadores del comportamiento que componen el criterio de dimensionado del GdS o de la CdS. En realidad, la naturaleza del RDS depende del sistema considerado, de los tipos de central y de los valores numéricos asignados a los parámetros ambientales de tráfico y a los indicadores del comportamiento del servicio especificados.
- Para una solución de dimensionado dada y un ambiente dado de tráfico, el RDS no es único necesariamente. Al contrario, nuestras prácticas corrientes de dimensionado conducen muy a menudo a dos RDS independientes, una (bloqueo punto a punto o una tasa de compleción por ejemplo) que resulte del dimensionado de todas las partes de la central que funcionen sobre una base de pérdidas, y la otra (espera del tono de marcaje de dígitos o espera por selección, por ejemplo) se usa para dimensionar todas las partes de la central que van a funcionar sobre una base de espera.
- Dados un ambiente de tráfico y una especificación del comportamiento del servicio, la solución del dimensionado no es única necesariamente. La multiplicidad de métodos y técnicas para dimensionar cada una con sus propias hipótesis simplificadoras, junto con la complejidad constantemente creciente de los sistemas telefónicos y las dependencias funcionales que existen entre sus elementos funcionales, son factores que llevan a manejar soluciones aproximadas solamente. Particularmente cuando se especifican criterios del comportamiento tipo CdS, la pobreza de los métodos y técnicas de dimensionado disponibles en el presente es tal que no hay evidencia de que se alcancen soluciones económicas óptimas, ni siquiera aproximadas, cuando se dimensionan las centrales.

### Elección del modo de funcionamiento del sistema

La elección de un requerimiento de comportamiento tipo GdS o tipo CdS induce automáticamente el modo de funcionamiento del sistema que se debe considerar cuando se dimensiona la central. Por ejemplo, en un sistema con control por programa almacenado (CPA) con una parte central de control que puede funcionar en el modo "simple" (es decir, un solo procesador trata toda la carga de tráfico) o en los modos "doble" o "múltiple" (dos o más procesadores contribuyendo todos al tratamiento del tráfico), la consideración de un requerimiento tipo Gds implica que

el sistema se dimensiona suponiendo que está libre de fallos y problemas, y por tanto, que funciona en el modo "máximo", es decir, en simple para una organización del control con un solo procesador y en doble o múltiple para una organización del control dual o de  $n$  procesadores.

La misma cuestión obtiene una respuesta diferente en el caso en que se especifique un requerimiento tipo CdS. Aquí, la suposición básica es que el sistema está funcionando "normalmente", es decir, con todas las clases de fallos y problemas que pueden ocurrir. La realización del dimensionado de una central en estas condiciones implica que, para cada modo de funcionamiento posible, se haga una estimación preliminar de su impacto numérico sobre los indicadores del comportamiento de la CdS. Entonces, el valor final del comportamiento que va a ser confrontado con el requerimiento especificado se obtiene ponderando los valores estimados previamente con las frecuencias de ocurrencia de los modos de funcionamiento correspondientes. El siguiente ejemplo teórico se propone como ilustración del procedimiento de dimensionado que se va a aplicar. Supongamos:

- Un sistema CPA, con una organización del control por dos procesadores para la que la restricción dominante de servicio en condiciones de sobrecarga es la probabilidad de que la espera en selección exceda 1 segundo.
- Se estima que este sistema CPA (por medio de métodos de predicción u observaciones basadas en la experiencia de campo previa) va a funcionar en configuración simple durante un 0,5% del tiempo total de media con igual probabilidad de estar en tal configuración durante las horas cargadas y no cargadas de tráfico.
- Cuando el sistema está en configuración simple, la probabilidad de que una espera en selección sobrepase un segundo durante las condiciones de sobrecarga de tráfico es el 20%.
- Cuando el sistema está en configuración doble (es decir, el 99,5% del tiempo), la misma probabilidad es sólo el 4,5%.

Con estas suposiciones simplificadas, la probabilidad final de espera en selección, que se va a confrontar con el requerimiento del 5% indicado en la tabla 4 para condiciones de sobrecarga se obtiene como sigue:

$$0,005 \times 20\% + 0,995 \times 4,5\% = 4,58\%$$

Para concluir en este punto, puede decirse que el uso práctico de un concepto de comportamiento de la CdS y del correspondiente procedimiento de dimensionado proporciona al diseñador del sistema y al ingeniero de proyecto una posibilidad mayor de ponderar correctamente cada una de las propiedades básicas del sistema (capacidad de tráfico, fiabilidad, posibilidades de mantenimiento y ampliación, etc.) en términos de comportamiento del sistema y consecuentemente conseguir un mejor óptimo económico.

Capacidad de tratamiento de llamadas de la central

*El problema de la determinación de la capacidad de tratamiento de llamadas.*

La determinación de la capacidad de tratamiento de llamadas de una central es una función de ingeniería que apa-

rece como recíproca del problema del dimensionado presentado antes.

Considerando un conjunto A de valores para todos los parámetros ajustables y un conjunto B de valores que cuantifican un requerimiento del comportamiento del servicio, el problema consiste en determinar un conjunto coherente de valores C, que caractericen los parámetros ambientales de tráfico tales que el conjunto A pueda ser considerado como una solución elemental del dimensionado con respecto a los conjuntos B y C.

Debemos confesar que no tenemos una idea clara en lo que concierne a la existencia y posible unicidad de una solución de este problema, en su planteamiento general. Sin embargo, en el caso particular en que también se supone conocido como dato de entrada la mezcla de llamadas, hay una sensación más fuerte de la existencia y unicidad de una solución, expresada en términos de la carga de tráfico y del número de intentos de llamada en la hora cargada. Mantendremos esta suposición en lo que sigue y nos referiremos a ella como si fuera la solución del problema de la determinación de la capacidad.

Antes de discutir otros aspectos y definiciones asociadas con el concepto de capacidad, podemos señalar que:

- a) La solución del problema de la determinación de la capacidad depende de:
  - los valores considerados a priori del comportamiento del servicio y de la mezcla de llamadas,
  - la central considerada tal como está dimensionada.
- b) A esta solución se le puede asociar al menos una RDS que tenga todas las propiedades citadas en el párrafo anterior.
- c) La noción de capacidad de la central no está correlacionada por sí misma, con un modo particular de funcionamiento de la central. Como se ha indicado ya, ésta es la consideración del criterio del comportamiento del servicio que implica la elección de los modos apropiados de funcionamiento de la central.

### *Capacidades nominal y de sobrecarga de la central*

Se define la capacidad nominal de la central como la solución del problema de la determinación de la capacidad mencionado antes en el siguiente caso particular:

- Los valores del comportamiento del servicio considerados a priori son los que especifique el cliente para las condiciones nominales de tráfico.
- La mezcla de llamadas consideradas a priori es la mezcla de llamadas especificadas por el cliente.

Bajo estas suposiciones, y para una solución elemental del dimensionado establecido correctamente, es claro que los valores de la capacidad nominal no difieren mucho (aunque sean ligeramente más altos) de los valores de la carga de tráfico y del número de intentos de llamada durante la hora cargada (LLHC) especificados por el cliente en las condiciones nominales.

La misma definición y la misma conclusión se aplicarían a la capacidad de sobrecarga de la central, cuando se consideran condiciones de sobrecarga en lugar de condiciones nominales.

*Capacidad proyectada de la central*

Considerando una central que está dimensionada para satisfacer los requerimientos nominales y de sobrecarga simultáneamente, su capacidad proyectada se define como el mínimo de su capacidad nominal y de su capacidad de sobrecarga, estando reducida esta última proporcionalmente a las razones

$$\frac{\text{valores de tráfico de sobrecarga}}{\text{valores nominales de tráfico}}$$

Como ejemplo, supongamos que los valores de la capacidad son respectivamente 3 000 erlangs y 150.000 LLHC para la capacidad nominal, y 3 300 erlangs y 175.000 LLHC para la capacidad de sobrecarga, y que los valores de tráfico de sobrecarga se definen, con respecto a los valores nominales, por un incremento correlativo del 15% de la carga y del 30% del número de LLHC. En estas condiciones, la capacidad proyectada, es decir, la carga de tráfico y el número de LLHC para los que el sistema debe funcionar en condiciones nominales, si se quiere mantener su capacidad de tratamiento en situaciones de sobrecarga en el nivel de comportamiento especificado, es:

- para la carga de tráfico:

$$\text{Min} \left[ 3\,000, 3\,300 \left( 1 - \frac{15}{100} \right) \right] = 2805 \text{ erlangs}$$

- para el número de LLHC:

$$\text{Min} \left[ 150\,000, 175\,000 \left( 1 - \frac{30}{100} \right) \right] = 122\,500 \text{ LLHC.}$$

En la práctica, la capacidad proyectada es, normalmente, menor que la capacidad nominal; esto es debido al hecho de que los requerimientos del comportamiento especificados para las situaciones de sobrecarga son relativamente más restrictivos para el sistema que los requerimientos que se establecen para las situaciones nominales.

*Capacidad máxima de la central*

Cuando se encarga una central y se considera su funcionamiento en un ambiente telefónico dado, un cliente o una administración telefónica pueden definir de un modo coherente:

- La mezcla de llamadas crítica de referencia que puede encontrar la central.
- El comportamiento del servicio crítico de referencia (es decir, el menos riguroso) aceptable con esta mezcla de llamadas,

y estas condiciones pueden usarse para definir la capacidad máxima de la central en su ambiente. Esta noción no debe confundirse con la noción de capacidad máxima del sistema que se introducirá en el siguiente párrafo, y apela a las siguientes observaciones:

- Esta capacidad máxima debe referirse y depende de la central considerada tal y como está dimensionada para los casos nominal y de sobrecarga, y de las condiciones críticas consideradas.
- El concepto de capacidad máxima se aplica a la central considerada como un todo, y no a un subsistema particular considerado independientemente. Aunque está claro que la existencia de un cuello de botella en una parte dimensionable de la central es la que provoca la li-

mitación de la capacidad de tratamiento de llamadas, debe tenerse en cuenta que el subsistema donde aparece esta limitación (y que, por analogía con la noción de RDS, llamaremos "restricción dominante del equipo", RDE) depende de la central considerada tal como está dimensionada y en las peores condiciones. Para los sistemas CPA en particular esta RDE no es necesariamente el conjunto de procesadores de control. En la práctica, con centrales dimensionadas correctamente es muy probable que las RDE aparezcan en las partes de la central que son dimensionables con mayor precisión, es decir, los circuitos terminales de enlaces y de red (que producen una limitación de la carga de tráfico cuando funcionan en base a pérdidas) y los dispositivos de control y zonas de memoria asociados con las colas (produciendo una limitación en el número de LLHC).

*Capacidad máxima del sistema*

Un modo intuitivo de definir la capacidad máxima del sistema es expresarla como el máximo de todas las capacidades máximas, para todas las aplicaciones que pueden contemplarse con el sistema considerado.

Este concepto puede formularse de una manera práctica observando que cuanto más "generosamente" se dimensiona la central mayor es su capacidad máxima (permaneciendo igual todos los demás parámetros). Se sigue que la capacidad máxima del sistema puede definirse como la capacidad máxima de una central de aplicación teórica en que todos sus parámetros ajustables están en sus valores máximos.

Esto significa que estamos en el punto límite en que deja de existir solución del problema del dimensionado. En otras palabras, y esto constituye una tercera definición equivalente de la capacidad máxima del sistema, cuando los valores de la carga y del número de LLHC que van a tratarse exceden los valores de la capacidad máxima, llega a ser imposible satisfacer incluso el peor criterio especificado del comportamiento del servicio. Entonces, entramos en un campo de aplicación del sistema donde ocurre una degradación sistemática del comportamiento del servicio y donde tienen que tomarse acciones particulares (tales como la actuación de mecanismos de control de carga) para mantener la capacidad del sistema para seguir estableciendo llamadas a un nivel aceptable.

Tal como se han introducido aquí, estas definiciones cuentan con la consideración de condiciones críticas de referencia dadas a priori, ambas en términos de la mezcla de llamadas y del comportamiento del servicio. Estas condiciones son apropiadas a una zona completa de aplicación del sistema pero, por una parte, pueden variar de una zona a otra, y por otra, son algo difíciles de fijar. Salvando estas dificultades, la tendencia presente es substituir el concepto de "condiciones de referencia tipo" por el de "condiciones críticas de referencia", y definir la capacidad máxima del sistema de acuerdo con ella. Para que cada una de estas aproximaciones sean aceptadas sin restricción alguna deberían ser sostenidas por una recomendación expresada por una autoridad internacional como el CCITT.

Para concluir este tema, pueden añadirse algunas palabras sobre las restricciones dominantes del servicio y del

equipo (RDS y RDE) asociadas con el concepto de capacidad máxima del sistema:

- a) Merece la pena repetir (véase el párrafo "El problema del dimensionado de la central") que el RDS puede ser cualquiera de los indicadores del comportamiento del servicio, no son necesariamente únicos y su naturaleza depende del sistema.
- b) Las mismas propiedades valen para las RDE. En un sistema dado, pueden encontrarse las RDE:
  - exclusivamente en la parte del sistema que funciona en base a pérdidas (típicamente, la red de conmutación y los circuitos terminales de red asociados). En este caso, la capacidad máxima del sistema se puede expresar en forma de una limitación de carga (número de erlangs) solamente;
  - exclusivamente en la parte del sistema que funciona en base a espera, es decir, la parte de control. En sistemas CPA, las funciones de control están aseguradas por el (los) procesador(es) de control principalmente, el concepto de capacidad máxima del sistema en este caso puede trastocarse completamente en un concepto de capacidad máxima del procesador (Villar [12]) y expresarse en forma de una limitación del número de LLHC;
  - simultáneamente en ambas partes del sistema; aquí volvemos a la expresión general de la capacidad del sistema en forma de una limitación del número de erlangs y del número de LLHC.

### Conclusiones

En este artículo hemos discutido los conceptos fundamentales del comportamiento del servicio de las centrales de conmutación telefónicas. Estos conceptos no son nuevos y han sido discutidos ya en muchas publicaciones durante los últimos 30 años; no pueden olvidarse, por ejemplo, las contribuciones e importantes actividades de E. P. G. Wright en conexión con el concepto de GdS [1], [13]. Sin embargo, según nuestro conocimiento y bastante sorprendentemente, los componentes de estos conceptos, es decir, los indicadores del comportamiento del servicio, no han sido tema de definiciones precisas y sistemáticas. Esto explica que hayamos intentado presentar estas definiciones de un modo preciso y general. Al mismo tiempo hemos tenido en cuenta el punto de vista de los usuarios de los equipos telefónicos, quienes advierten directamente las perturbaciones causadas por los defectos de funcionamiento del equipo, reconociendo que están particularmente capacitados para apreciar la calidad y el desarrollo del servicio asociados con estos equipos. De ahí el carácter dual de nuestra aproximación que queríamos fuera significativa para ambos en el equipo considerado, es decir, desde los puntos de vista de la central y del usuario.

Desde el punto de vista tradicional, todavía usado en el presente para definir el comportamiento de la central, se consideraron independientemente dos conjuntos de criterios:

- El criterio de GdS, en que se supone que la central funciona en perfectas condiciones libre de fallos y de problemas.
- El criterio de efectividad del sistema, que cubre los efectos de fiabilidad, capacidad de mantenimiento y otros

factores correlacionados, pero en los que se ignoran los efectos de tráfico, tanto en las definiciones como en los requerimientos numéricos asociados.

Nuestro punto de vista fue más global y dio como resultado el concepto de CdS descrito, que permite cubrir todas las perturbaciones posibles en el tratamiento de llamadas generadas en la central y perceptibles por los usuarios. Las principales razones técnicas y económicas que explican nuestra motivación son las siguientes:

- Nunca puede decirse que las centrales funcionen libres de fallos y problemas. Aún cuando no se declare fallo o problema alguno, siempre existe una cantidad variable de fallos latentes que influyen en el comportamiento del tratamiento de llamadas.
- La congestión de tráfico puede crear perturbaciones de la misma naturaleza que aquellas creadas por los fallos y problemas, y los efectos resultantes no pueden distinguirse a nivel de los usuarios.
- Las variaciones de la carga de tráfico podrían tener impacto perceptible sobre la probabilidad de ocurrencia de ciertos tipos de fallos; recíprocamente, la ocurrencia de algunos fallos y problemas a causa de las subsiguientes repeticiones de llamada, puede influir en la cantidad de tráfico que va a tratar la central.
- El uso práctico del concepto de la CdS, en esencia, proporciona al diseñador del sistema y al ingeniero de proyecto una forma mejor de ponderar correctamente las características básicas del sistema: capacidad de tráfico, fiabilidad, facilidades de mantenimiento y ampliación, etc., en términos de comportamiento del servicio y, consecuentemente, de alcanzar un óptimo económico mejor.

Examinando algunas consecuencias de estos conceptos sobre el dimensionado de la central y los procesos de determinación del tratamiento de llamadas, hemos propuesto definiciones precisas para describir los problemas y conceptos que subyacen bajo estos procesos.

Podemos concluir finalmente señalando que el concepto de calidad de servicio es, en el momento presente, extremadamente rico de . . . esperanzas, en las principales áreas que siguen:

- *Diseño del sistema:* el diseñador de un sistema necesita, justo al comienzo de su trabajo, una especificación de los objetivos del comportamiento facilitando un portateo óptimo de todos los factores que contribuyen. La elección de las estructuras del sistema y de las estrategias de funcionamiento, y la asignación de funciones a partes individuales del equipo son actividades típicas del diseño que deberían ser guiadas por la especificación del objetivo de comportamiento. En este contexto puede señalarse como punto singular el hecho de que el diseño y ejecución de los mecanismos de control de carga apropiados en el sistema, requiere una comprensión perfecta de los conceptos de capacidades de tratamiento de llamadas de la central y del sistema, y debe reflejar consideraciones del comportamiento del servicio.
- *Dimensionado del sistema:* la esperanza que puede expresarse aquí es que los métodos y técnicas de predicciones usadas en el presente en ingeniería de proyecto deben estar considerablemente ajustadas y logradas de manera que permitan que el criterio de comportamiento

de la CdS sea tenido en cuenta para el establecimiento de soluciones más optimizadas del dimensionado. Este es un campo considerable y fascinante de investigaciones que aquí se propone a los ingenieros de investigación operativa y que ciertamente requerirá muchos años de esfuerzos antes de sacar a la luz métodos prácticos.

– *Medidas de campo de la central:* en este área frecuentemente surgen dos cuestiones: “¿qué medir?” y “¿cómo interpretar los resultados de una medida dada?”.

Cuando se aplican estas cuestiones a la medida de los comportamientos del servicio de la central, la respuesta resulta directamente de la consideración del concepto de CdS descrito en este trabajo.

– *Calificación de la central y pruebas de aceptación:* una calificación completa de la central y unas pruebas de aceptación efectuadas por un cliente deberían apuntar a los tres siguientes aspectos principales:

- a) Todas las partes del equipo necesario están presentes en su emplazamiento y están documentadas correctamente.
- b) Todas las partes del equipo están instaladas correctamente y todas las funciones lógicas asociadas están presentes, es decir, pueden ser utilizadas.
- c) El comportamiento del tratamiento de llamadas de la central satisface el criterio especificado del comportamiento del servicio.

Si, en el proceso de calificación y metodología de aceptación admitido hoy, debemos reconocer que los dos primeros aspectos están cubiertos correcta y completamente, la misma conclusión no se aplica al tercer aspecto donde, muy frecuentemente, la verificación está restringida a una prueba de los valores de la “Precisión del servicio” [4]. De nuevo aquí, la consideración del concepto de comportamiento del servicio y el uso de un conjunto apropiado de herramientas de medida ayudarían mucho a la resolución de este problema.

#### Referencias

- [1] E. P. G. Wright: Consideraciones acerca del grado de servicio; Comunicaciones Eléctricas, 1970, volumen 45, n° 1, págs. 42–47.
- [2] G. Dietrich: Modelo de tráfico para los sistemas telefónicos de control centralizado; Comunicaciones Eléctricas, 1975, volumen 50, n° 1, págs. 55–61.

- [3] J. P. Dartois: Análisis de los aspectos práctico y económico del empleo de fuentes de tráfico no equilibradas; Comunicaciones Eléctricas, 1971, volumen 46, n° 1, págs. 57–65.
- [4] 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, n° 2, págs. 110–118.
- [5] A. Elldin: Dimensioning for the Dynamic Properties of Telephone Traffic; Ericsson Technics, 1967, volumen 23, n° 3, págs. 315–344.
- [6] K. Rahko: Congestion as a Stochastic Process; Proceedings of the 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 13–20 junio 1973, págs. 225/1–225/5.
- [7] L. Lee: The Unserviceable Probability of an Interoffice Trunk Group; Proceedings of the 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 13–20 junio 1973, págs. 222/1–222/7.
- [8] K. Strandberg: Reliability Predictions in Telephone System Engineering; Proceedings of the 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 13–20 junio 1973, págs. 537/1–537/7.
- [9] G. Kaniuk y J. L. Smith: Effects of Faults on the Grade of Service of a Telephone Exchange; Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 10–17 noviembre 1976, págs. 414/1–414/5.
- [10] E. Jensen y F. Toledano: On the Influence of Certain Typical Equipment Faults on Grade of Service; Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 10–17 noviembre 1976, págs. 415/1–415/7.
- [11] N. Farber: A Model for Estimating the Real-Time Capacity of Certain Classes of Central Processors; Proceedings of the 6th International Teletraffic Congress, Munich, 9–15 septiembre 1970, págs. 426/1–426/7.
- [12] J. E. Villar: Cálculos de tráfico en sistemas SPC; Comunicaciones Eléctricas, 1977, volumen 52, n° 3, págs. 205–212.
- [13] L. A. Gimpelson y J. Rice: “EPG”: A Tribute to E. P. G. Wright 1899–1974; Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 10–17 noviembre 1976, págs. 121/1–121/3.

**Jean Pierre Dartois** nació en Francia en 1940. Después de lograr su licenciatura en Ciencias en la Universidad de París, ingresó en CGCT en 1966, y fue temporalmente asignado al grupo de investigación de tráfico, primero en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S. A. en Madrid y posteriormente en LCT (París). En enero de 1969 pasó a formar parte del grupo encargado del desarrollo del sistema METACONTA L, como responsable de los estudios de tráfico y de los métodos de ingeniería de clientes. Su contribución principal al desarrollo de METACONTA en CGCT fue el diseño y desarrollo de las redes de conmutación.

El Sr. Dartois fue durante dos años, hasta fines de 1976, coordinador del grupo encargado de los problemas de teletráfico en ITT. Actualmente es jefe de la división de Ingeniería de Clientes en la línea de productos de conmutación en CGCT.

# DME de precisión para el nuevo sistema de aterrizaje: ¿impulso rápido o lento?

La combinación de un DME de precisión y el MLS puede apoyarse en dos técnicas: impulso rápido o impulso lento. El autor analiza estas dos posibilidades y recomienda el uso de la técnica de impulso rápido.

D. GRAZIANI  
FACE-Standard, Milán, Italia

## Introducción

Se han presentado recientemente varias propuestas interesantes para el nuevo DME de precisión, con el fin de obtener un sistema que, siendo en gran medida compatible con el sistema actual, sea adecuado para funcionar con el nuevo sistema de aterrizaje (MLS). En dichas propuestas se revelan claramente dos tendencias:

- Adopción de un nuevo impulso, más o menos compatible con el actual, pero con un tiempo de subida más corto (impulso rápido).
- Adopción del impulso existente (lento), con mejoras en los circuitos e incorporación de nuevas técnicas, de forma que no se haga necesaria la publicación de especificaciones ICAO adicionales.

Al intentar comparar las dos alternativas, los puntos más críticos que se han de analizar son:

- efectos de la propagación múltiple (ecos) en tierra y a bordo
- margen dinámico de las señales (en equipo de tierra principalmente)
- requisitos de precisión y temporización (en tierra y a bordo)
- compatibilidad con los equipos actuales
- modificaciones de las especificaciones de ICAO
- costes totales
- riesgos e implicaciones.

En la tabla 1 aparecen las características fundamentales del nuevo DME de precisión, comparadas con las del sistema ICAO actual, sobre todo en lo que atañe a los puntos

Tabla 1 - Características fundamentales del nuevo DME de precisión y del DME de la ICAO

Característica	P-DME (MLS)	DME ICAO
Banda de frecuencias	960-1215 MHz	
Cobertura	30 millas náuticas	hasta 200 millas náuticas
Aviones servidos	> 200	100
Retardo del sistema	50 $\mu$ s (preferido)	50 $\mu$ s
Precisión del sistema	$\pm 30$ m ( $\pm 200$ ns)	$\pm 250$ m ( $\pm 1660$ ns)
Precisión en tierra	$\pm 21$ m ( $\pm 140$ ns)	$\pm 175$ m ( $\pm 1100$ ns)
Precisión a bordo	$\pm 21$ m ( $\pm 140$ ns)	$\pm 175$ m ( $\pm 1100$ ns)
Efecto de los ecos (tierra y avión)	$< \pm 80$ ns	$> \pm 500$ ns*
Efecto de los niveles de señal	$< \pm 50$ ns	$> \pm 200$ ns*
Efecto del ruido (tierra y avión)	$< \pm 30$ ns	$\sim \pm 150$ ns*
Efecto de la inestabilidad del circuito (tierra y avión)	$< \pm 20$ ns	$\sim \pm 150$ ns*

\* Estos valores varían con cada equipo

Tabla de abreviaturas

AVC	- Control automático de volumen
DME	- Equipo de medida de distancia
ICAO	- Organización internacional de aviación civil
MLS	- Sistema de aterrizaje por microondas
P-DME	- DME de precisión
RF	- Radiofrecuencia
STOL	- Despegue y aterrizaje cortos
VTOL	- Despegue y aterrizaje verticales

arriba expuestos. Se supone que la precisión del sistema depende por igual del equipo de tierra y del de a bordo, y que todos los errores contribuyen estadísticamente al error total del sistema.

En la tabla 2 se presentan las diferencias fundamentales entre los sistemas con impulso rápido o lento, incluyendo la anchura de banda de radiofrecuencia necesaria para la transmisión y recepción de los impulsos, así como la sensibilidad del receptor requerida.

La alternativa A (de impulso rápido) parece ofrecer todos los elementos necesarios para garantizar el éxito con un margen razonable, teniendo en cuenta también aquellos requisitos operacionales que son especialmente críticos, como en el caso de aplicaciones militares (VTOL, STOL, transportes, helicópteros, etc.).

Tabla 2 - Diferencias fundamentales entre las dos alternativas (impulso lento e impulso rápido)

Característica	Impulso rápido (alternativa A)	Impulso lento (alternativa B)
Tiempo de subida	$\sim 100$ ns	2500 ns
Duración	-	3500 ns
Tiempo de bajada	-	2500 ns
Anchura de banda RF	$> 4$ MHz	0,3 MHz
Sensibilidad del receptor	$< -80$ dBm	$< -90$ dBm

## Técnica de impulsos lentos

Aunque la alternativa B es atractiva, presenta sin embargo algunos problemas, que vale la pena mencionar:

- Las distintas precisiones requeridas son del orden de las decenas de nanosegundos, mientras que el tiempo de subida del impulso es 2500 ns (véase la tabla 2). Será difícil mantener las tolerancias y las inestabilidades de los circuitos dentro de unos límites tan estrictos (menos de un 1%) tanto en tierra como a bordo.



- Uno de los problemas más importantes con los receptores actuales en tierra es el de mantener la precisión de la respuesta de señales que se suceden rápidamente con variaciones en el nivel de hasta 70dB. Como no se puede adoptar un CAG (control automático de ganancia) lento, hay que equipar un CAG instantáneo o una etapa logarítmica de frecuencia intermedia; en ambos casos tienen lugar cierto tipo de distorsiones que introducen errores de tiempo que en el mejor de los casos, y para el margen de niveles mencionado, pueden ser de  $\pm 100$ ns; error que por sí solo se acerca a la tolerancia total requerida en el sistema de tierra.
- La protección contra el efecto de la propagación múltiple tanto en tierra como a bordo es especialmente difícil cuando se considera que el tiempo de subida de los impulsos es 2500ns y que el error aceptable es 2 a 3%. Hay algunas técnicas nuevas, tales como utilización de antenas múltiples conmutadas, diversidad espacial, etc., que suponen que pueden contribuir a reducir los efectos, pero por otro lado contribuyen también a aumentar los costes y a hacen el sistema inadecuado para ciertas aplicaciones específicas, tales como las militares que ya se han mencionado.
- Existe la tendencia de considerar como error total del sistema sólo el error en el equipo de tierra, ignorando en ciertos casos que la mayor contribución al error total se produce en el interrogador de a bordo. Al fijar el error máximo total en  $\pm 200$ ns, y suponiendo que los errores parciales se distribuyen por igual en tierra y a bordo, se puede ver que el error máximo que se puede tolerar en cada equipo es 140ns (tabla 1). Esta cifra debe incluir todos los errores posibles mencionados anteriormente, y es desde luego un objetivo difícil de lograr con impulsos de 2500ns en tiempo de subida.

El principal objetivo de la alternativa B es evitar la publicación de especificaciones ICAO adicionales, obteniendo por tanto ventajas de coste para el nuevo equipo P-DME y en distintos tipos de gastos tales como instalación, utilización y mantenimiento de los equipos. En consecuencia, habría que proseguir con el impulso lento si presenta ventajas sobre el impulso rápido. Analicemos brevemente la alternativa A, para hacer luego una comparación con la B.

### Técnicas de impulsos rápidos

Para comprender bien los problemas y las consecuencias del uso de un nuevo impulso rápido, hay que considerar los siguientes puntos:

- El nuevo impulso no está necesariamente destinado a sustituir al antiguo: los dos podrían coexistir.
- Es muy importante garantizar la máxima compatibilidad entre equipos y circuitos.
- Se facilita la compatibilidad si el nuevo impulso no es muy diferente del antiguo, y si se utiliza la técnica de impulsos pareados.
- Se necesita un radiofaro de tierra compatible, por lo menos hasta que todos los aviones puedan interrogar con el nuevo impulso.
- El interrogador de a bordo se ha de sustituir por uno totalmente compatible, que pueda interrogar tanto con el nuevo impulso como con el antiguo.

- Aparecen algunos problemas relativos a la existencia de canales y a las interferencias; pero ya se ha demostrado que son resolubles. La situación de radiofaro compatible es consecuencia de que para atender a una pista o, más generalmente, un aeropuerto, se puede proceder de dos maneras: dos radiofaros en dos canales RF distintos, uno para los impulsos antiguos y otro para los nuevos, o un único radiofaro compatible en un solo canal RF, que pueda responder a ambos tipos de impulsos. Es evidente que aunque la segunda solución es más sofisticada, es preferible, ya que el coste es inferior y se ahorra un canal RF.
- La sustitución del equipo de a bordo no ofrece alternativa; el avión que necesite más precisión ha de utilizar el nuevo interrogador, y como éste también es necesario para la navegación y en los aeropuertos aún no equipados con P-DME, el nuevo interrogador debe ser compatible. Con el transcurso del tiempo y la generalización de uso del nuevo impulso, se verá la posibilidad de eliminar el impulso antiguo. Dependerá de que se pueda usar el nuevo impulso también para largas distancias, considerando que si se amplía la anchura de banda, resultará difícil cubrir las distancias largas con las potencias actuales (1 kW), al reducirse la sensibilidad de los receptores (tabla 2).

El nuevo interrogador se requiere sólo en los aviones que necesiten una gran precisión, por lo que muchos aviones continuarán utilizando los interrogadores actuales hasta que necesiten el nuevo.

Los radiofaros DME hoy día en servicio, tanto para la navegación como para el aterrizaje, con la precisión actual durarán bastante tiempo. Cuando lleguen al límite de su vida útil podrán reemplazarse por otros que utilicen el impulso antiguo o el nuevo, si es que éste se adopta para todas las aplicaciones, y si el antiguo ha sido abandonado para navegación.

### Comparación entre las dos alternativas

Analicemos las dos técnicas en lo relativo a:

- Costes y esfuerzos de I y D necesarios para, ante todo, demostrar la validez de la técnica propuesta.
- Costes y esfuerzos de I y D necesarios para el desarrollo e introducción del nuevo equipo.
- Costes del nuevo equipo.
- Costes de instalación.
- Costes de utilización y mantenimiento.
- Publicación de especificaciones ICAO adicionales.

Costes y esfuerzos de I y D necesarios para, ante todo, demostrar la validez de la técnica propuesta

Estos estudios se necesitan para ambas alternativas y sería difícil estimar para cual de las dos alternativas serían más costosos. Se puede imaginar que, considerando las dificultades mencionadas en la introducción, los problemas a resolver son más sencillos con el impulso rápido y la probabilidad de éxito, superior. Por otra parte, las soluciones basadas en esta alternativa servirán para todos los casos, incluso en aquellos especialmente críticos que se puedan presentar en el futuro, mientras que los basados en los impulsos lentos quizás necesiten diversificarse, con la consi-

guiente repercusión en el coste de los estudios. Por último, no existe una seguridad absoluta en que, al final, las especificaciones ICAO, incluso con la alternativa B de impulsos lentos no hayan de ser puestas al día, completadas o modificadas.

Es probable que la validación de las técnicas de impulsos lentos necesite más tiempo y, por tanto, un desembolso superior.

Costes de desarrollo e introducción de los nuevos equipos

En el caso A, de impulso rápido habría que estudiar y desarrollar los siguientes equipos:

- un radiofaro compatible que pueda responder a los interrogadores antiguos y nuevos
- un interrogador de a bordo compatible que pueda interrogar a los radiofaros existentes y a los nuevos.

No hay que desarrollar antenas nuevas, y no será difícil desarrollar los circuitos para tratar ambos tipos de impulsos. Por lo tanto la compatibilidad no requiere necesariamente circuitos dobles salvo para pocas funciones (véase diagrama de bloques de las Figs. 1 y 2).

En el caso de la alternativa B de impulso lento habría que estudiar y desarrollar los siguientes nuevos equipos:

- un radiofaro capaz de responder con la alta precisión requerida y protegido adecuadamente contra los efectos de la propagación múltiple

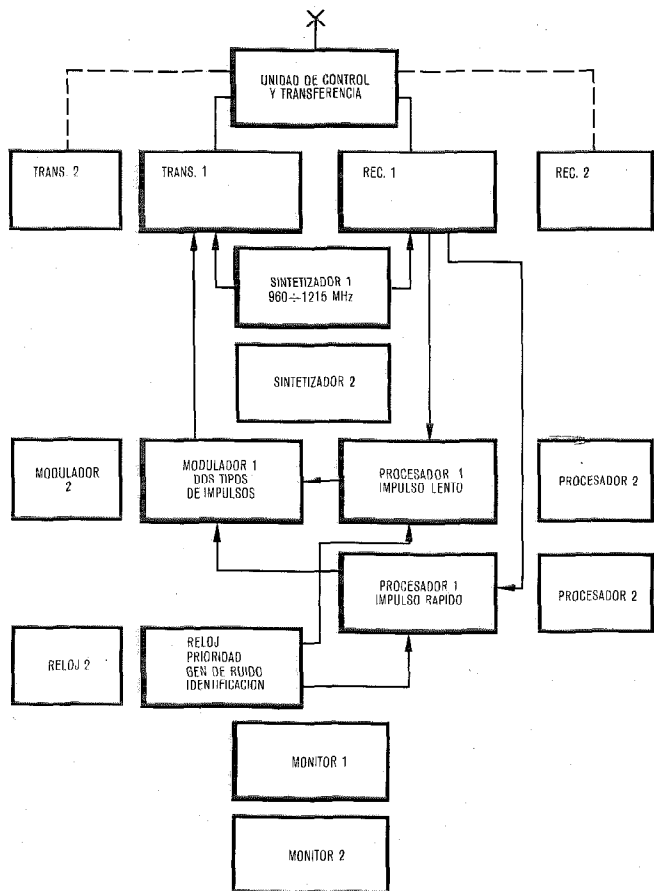


Fig. 1 P-DME. Diagrama de bloques de un radiofaro compatible. La figura corresponde a un radiofaro duplicado, tal y como se hace normalmente por razones de redundancia. Por lo tanto todos los bloques están duplicados, pero el flujo de señal se ha indicado sólo para el transpondedor.

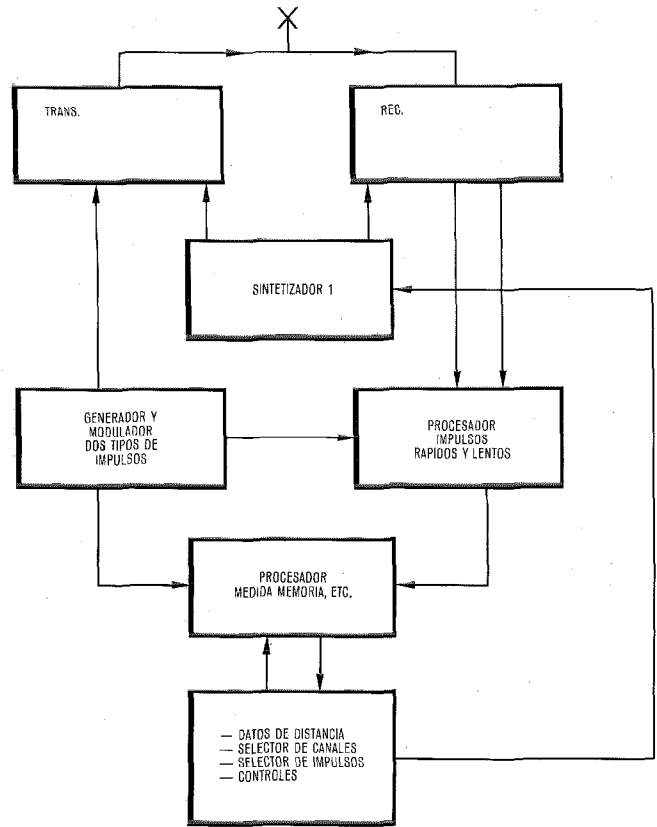


Fig. 2 Diagramas de bloques de un interrogador compatible de a bordo.

- un interrogador de a bordo mejorado y modernizado que pueda medir la distancia con la elevada precisión requerida
- nuevos sistemas de antenas de tierra y equipo de interfaz adecuados que reduzcan los efectos de la propagación múltiple tanto para la trayectoria tierra-aire como para la aire-tierra
- un interrogador de a bordo rediseñado que mida distancias con la precisión requerida.

El radiofaro de tierra no puede ser del tipo actual, sino que ha de ser rediseñado, ya que se necesitan circuitos nuevos muy estables; además, el estudio y el desarrollo se vuelven especialmente complejos y largos si se adopta una nueva técnica de antenas múltiplex con conmutación y receptores múltiples conmutados, lo cual empeora la situación.

El interrogador de a bordo no puede ser el mismo que se utiliza hoy día, pues su precisión no es suficiente, por lo tanto hay que estudiar uno nuevo o modificar el actual. En cuanto a esta última solución, ya se sabe que resulta ser poco práctica. Con todas las dificultades mencionadas en la introducción resulta un tanto ilusorio pensar que tal estudio sería de menor envergadura que el caso análogo con el impulso rápido.

En el estudio de las antenas se aprovechará naturalmente la experiencia que se tiene en la banda L. Sin embargo, probablemente aparecerán algunos problemas derivados de la combinación de muchas antenas próximas, de su

conmutación, y de los receptores múltiples, por lo que no se puede excluir la posibilidad de que haya que revisar y poner al día algunas especificaciones ICAO.

#### Costes de los nuevos equipos

No se puede hacer un análisis preciso, pero al igual que en los párrafos anteriores, se pueden hacer ciertas consideraciones. Se puede observar que los dos tipos de equipo difieren sustancialmente en lo que se refiere a compatibilidad, pues en el caso en la alternativa A (impulsos rápidos) tienen que ser compatibles, pero no en el caso de la alternativa B. Por compatibilidad se ha de entender la capacidad del equipo para recibir y transmitir independientemente ambos tipos de impulsos. Por ejemplo, el nuevo radiofaro que sirve una pista o un aeropuerto ha de ser capaz de responder simultáneamente en el mismo canal RF tanto al interrogador con impulso lento como al interrogador con el nuevo impulso rápido. Por lo tanto, los circuitos deben poder tratar, en rápida sucesión, ambos tipos de impulsos, y dar la respuesta correcta correspondiente. Ahora bien, no es necesario que los circuitos estén duplicados y sean independientes: el mismo circuito puede prestar ambas funciones, si es estudiado adecuadamente. Fundamentalmente, el nuevo radiofaro tiene una filosofía tradicional y está equipado con circuitos únicos que pueden tratar ambos tipos de impulsos; así pues, en lo que respecta al diagrama de bloques y la cantidad de componentes no hay gran diferencia con los radiofaros convencionales actuales, (véase la Fig. 1). De aquí que la existencia de compatibilidad en tierra no complique sino marginalmente el equipo, que en consecuencia no debería ser más costoso que el de la alternativa B.

En el caso de la alternativa B (impulsos lentos), se podría pensar que, teniendo en cuenta las dificultades mencionadas en la introducción, el equipo de tierra podría resultar más complejo de lo que se prevé si las soluciones necesarias para asegurar una alta estabilidad, la compensación de la distorsión de tiempo debida al gran margen dinámico de las señales y la protección contra los efectos de la propagación múltiple requieren la adición de circuitos sofisticados.

En cualquier caso, hay que distinguir entre el coste de los equipos de tierra y el de los de a bordo, ya que, mientras que los primeros representan un pequeño número, los segundos representan una cantidad grande y creciente; por lo tanto, la comparación más importante es la relativa a los equipos de a bordo.

En el caso de impulsos rápidos los interrogadores deben ser compatibles, es decir, igual que se dijo para los radiofaros, deben ser capaces de interrogar con el impulso lento y con el rápido, pero aquí no es necesaria la simultaneidad, como en el caso de tierra, ya que es el propio avión el que hace la selección del tipo de impulso, dependiendo del radiofaro que va ser interrogado y de si se trata de navegación o aterrizaje. Los circuitos son por lo tanto más sencillos, aún teniendo que tratar ambos tipos de impulsos. El diagrama de bloques de la figura 2 muestra como, en principio, el interrogador compatible sólo difiere marginalmente de un interrogador corriente.

En el caso de impulsos lentos, hay que mejorar los interrogadores para alcanzar el alto grado de precisión requerido, lo cual significa que, considerando las dificultades

expuestas en la introducción, podrían llegar a ser mucho más complejos de lo que se piensa, con impacto negativo en la fiabilidad y en el coste.

#### Costes de instalación

Los costes de instalación parecen muy similares para ambas alternativas. En ambos casos hay que utilizar a bordo el sistema de antena existente, único o dual, los espacios ya reservados, y la misma alimentación.

En tierra se necesita un nuevo radiofaro en ambos casos; para impulsos rápidos la instalación no es muy diferente de la de los radiofaros actuales, y si ya están instalados se puede utilizar la antena existente; en el caso de impulsos lentos, si se desea un sistema de antena múltiple, los trabajos a realizar son más complicados, con el correspondiente aumento del tiempo y del costo de la instalación.

#### Costes de utilización y mantenimiento

Los costes de utilización corresponden principalmente al consumo de energía, pudiéndose decir que los costes serán equivalentes, ya que no se prevén diferencias sustanciales en potencia de salida entre las dos alternativas. Tampoco en lo que se refiere a costes de mantenimiento se prevén diferencias significativas ya que las técnicas y tecnologías utilizadas son similares.

Sin embargo en el caso de la alternativa B, cuando se adoptan sistemas de antenas múltiples complejos, con o sin conmutador, los costes de mantenimiento serán probablemente superiores, ya que las antenas, más que cualquier otra parte del equipo, están expuestas a la acción deterioradora del ambiente atmosférico, sobre todo descargas.

#### Publicación de especificaciones ICAO adicionales

En el caso de la alternativa A, ICAO tendrá que publicar algunas especificaciones adicionales para completar aquellas que actualmente regulan internacionalmente el sistema DME. Estas especificaciones nuevas tendrán que estar relacionadas con las ya existentes y serán por tanto adicionales con el fin de regular internacionalmente las dos versiones del sistema DME. Las nuevas especificaciones habrán de contemplar el nuevo tipo de impulso para aplicaciones de alta precisión, y su impacto en el resto de especificaciones de la banda L, teniendo también que tratar de los problemas de formación de canales, codificación e información.

En el caso de la alternativa B (impulsos lentos) es probable que ICAO tenga la necesidad, por análogas razones, de publicar algunas especificaciones nuevas y recomendaciones, ya que subsisten ciertos problemas tales como los derivados de la utilización de la banda L y en consecuencia los de formación de canales, codificación e interferencias.

#### Conclusión

Se ha intentado realizar una breve comparación entre las dos alternativas. La tabla 3 resume los resultados de las comparaciones y permite hacer las siguientes consideraciones:

- Aparecen dificultades serias para la alternativa de impulso lento pero no para la alternativa de impulso rápido.

Tabla 3 – Comparación de las técnicas de impulsos rápidos y lentos

Areas críticas	A	B
	Impulso rápido	Impulso lento
Precisión. Porcentaje de tiempo de subida	200%	8%
Protección contra cambios en el nivel de las señales	intrínseca	difícil
Protección contra propagación múltiple	intrínseca	difícil
Nuevos problemas técnicos	poco importante	importante
Interferencias	se pueden evitar	no existen
Sistema de antenas	actual	nuevo (a estudiar)
Interrogador	rediseño	rediseño parcial
Radiofaro	rediseño	rediseño parcial
Compatibilidad del interrogador	requerida	no requerida
Compatibilidad del radiofaro	requerida	no requerida
Costes de la validación		aprox. iguales
Costes de los desarrollos		aprox. iguales
Costes del nuevo equipo		aprox. iguales
Costes de instalación		aprox. iguales
Costes de utilización y mantenimiento		aprox. iguales
Publicación de nuevas especificaciones ICAO	importante	no importante
Riesgos	pequeños	grandes

- Las ventajas técnicas y económicas de la alternativa de impulso lento no resultan ser tan evidentes como parecería. Por el contrario parecen inferiores a la alternativa del impulso rápido.
- La alternativa lenta presenta más riesgos.

En conclusión, parece mejor dedicar toda la atención y los recursos a intentar resolver el problema del P-DME por medio de una técnica de impulso rápido, la cual presenta la máxima probabilidad de éxito con la mayor economía.

Referencias

- [1] S. H. Dodington, A. H. Lang y J. S. Le Grand: Equipo de precisión DME codificado en fase para MLS; Comunicaciones Eléctricas, 1975, volumen 50, n° 4, págs. 313-317.
- [2] H. Vogel: Consideraciones sobre DME de precisión para futuros sistemas de aterrizaje; Comunicaciones Eléctricas, 1976, volumen 51, n° 4, págs. 278-282.
- [3] New Guidance System for Approach and Landing; Doc. 148, diciembre 1970, RTCA SC-117.
- [4] C. J. Hirsch: L-Band DME Microwave Landing System; febrero 1976, Informe FAA.
- [5] C. J. Hirsch: Experimentation for Use of L-Band with the MLS; abril 1974, Informe FAA.
- [6] D. Graziani: Single Equipment on Aircraft for Measuring Distance during Navigation, Approach and Landing; marzo 1975, Congreso Científico Internacional de Electrónica, Roma.

**Danio Graziani** nació en Venecia en 1922. Se doctoró en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Padua en 1950. Desde 1951 a 1963 trabajó en Iris Radio, Milán, donde colaboró en el desarrollo de equipos de comunicaciones en VHF y UHF.

Ingresó en FACE-Standard en 1964, en donde ocupó el cargo de ingeniero jefe de desarrollo en el departamento de Electrónica para Aviación: ha dirigido el diseño y desarrollo de los equipos para ayuda a la navegación, tales como DME, ILS y TACAN; en la actualidad es responsable de todas las actividades de investigación y desarrollo en la División de Radio y Ayuda a la Navegación de FACE-Standard. Es también miembro del CEI (Comité Eléctrico Italiano).

# El sistema de teclado NOVAKEY controlado por datos

Esta nueva orientación del diseño de sistemas telefónicos de teclado hace uso de las técnicas de tratamiento de datos en lugar de multiplicar el número de hilos, lo cual aumenta la utilidad de los teléfonos de mesa.

K. A. SAXBY  
F. L. HOWETT

Standard Telephones and Cables Ltd., Londres, Reino Unido

## Introducción

Es práctica de sólido arraigo el intentar extender la aplicación de un producto tan pronto como se ha demostrado su idoneidad para el fin que fue originalmente diseñado. De esto pueden aducirse ejemplos en muchas áreas de la tecnología; un caso notable es el teléfono de mesa, cuya función se vio ampliada hasta llegar a los sistemas de teclado, utilizados en grandes cantidades y durante muchos años por grandes y pequeñas organizaciones comerciales norteamericanas.

El principio operativo de los primitivos sistemas era sencillo: cables multi-pares conectaban la unidad central de control a aparatos telefónicos especiales, equipados con pulsadores relacionados mecánicamente y con lámparas de incandescencia.

El sistema de teclado extiende la aplicación del teléfono, proporcionando al usuario acceso a diversas líneas de central y circuitos de intercomunicación entre todos los terminales del sistema. Podríamos considerar este sistema como una distribución de las funciones de la operadora, ya que permite que una cualquiera de las personas que integran el grupo de usuarios acepte una llamada, la retenga, la transfiera o establezca una conferencia múltiple con el llamante. Cualquiera de estas personas puede conocer inmediatamente el estado de todas las modalidades operativas, por medio de indicadores ópticos.

El sistema básico de teclado, sucesor del teléfono de mesa, se ha desarrollado hasta admitir muchas posibilidades de inclusión opcional: anuncio de llamada, música durante la retención, búsqueda de personas, posición de operadora con nivel superior de decisión y muchas otras.

Una investigación llevada a cabo por Standard Telephones and Cables, compañía inglesa de ITT, demostró que en el Reino Unido y en muchos otros países un sistema de teclado barato, relativamente sencillo y de fácil manejo, satisfaría un alto porcentaje de las necesidades del mercado. Como resultado de tal encuesta, STC emprendió el desarrollo del sistema no-programable NOVAKEY\*, en el cual todas las funciones se localizan en idénticas posiciones relativas de los pulsadores, para cualquier posición terminal de usuario.

Se denomina 3-10-2 a la configuración, lo cual significa que tiene una capacidad límite de 3 líneas de central, 10 posiciones y 2 enlaces de intercomunicación. Las principales diferencias entre el sistema NOVAKEY y la nueva generación de sistemas de teclado de ITT Canadá, en la que está basado, residen en los límites impuestos a las modalidades y configuraciones. El sistema canadiense de teclado puede incluir hasta 48 posiciones, 20 líneas de central y muchas otras características.

\* Marca registrada del sistema ITT

## Sistema multi-pares

### Ventajas

Las ventajas de un sistema de teclado de conexión multi-par sobre la conexión directa de un teléfono de 2-hilos a una línea PABX o de central pública, pueden detallarse como sigue:

- Utilización más eficaz de las extensiones PABX conectadas al sistema de teclado.
- Cada usuario requiere solamente un aparato, el cual sin embargo da acceso a cierto número de líneas que pueden ser tanto extensiones PABX, como líneas de central urbana, como enlaces de intercomunicación programados individualmente para aperecer en cualquier puesto de usuario que se desee. Cada una de estas líneas puede utilizarse para recibir o enviar llamadas.
- Posibilidad de conferencias múltiples, tanto en las líneas exteriores como en las de intercomunicación.
- Establecimiento de categorías de servicio, según las cuales algunas o todas las líneas a usuarios particulares puedan bloquearse ante llamadas salientes, entrantes, o de ambas direcciones - recibiendo el usuario del tal posición solamente llamadas transferidas.
- Disminución de las llamadas perdidas, ya que cualquier usuario con acceso a una línea que llama puede contestar y reencaminar la llamada, si fuera necesario.
- Flexibilidad intrínseca, permitiendo la rápida modificación o redistribución de las modalidades operativas asignadas a una posición de usuario determinada, cuando ello sea necesario, por ejemplo en caso de reorganización de la oficina o fábrica. Esta flexibilidad se consigue mediante el empleo de un campo de programación en el cual las modalidades asignadas a cada usuario se definen por medio de posiciones de puentes.

### Desventajas

Las desventajas de los sistemas multipares de teclado son las siguientes:

- Coste más elevado debido al empleo de cable multipar y al tiempo de instalación correspondiente;
- Repetición de este coste cada vez que el sistema se reestructura;
- Costes de mantenimiento asociados con la sustitución de lámparas de incandescencia y la reparación de los interruptores mecánicos que interaccionan.
- Distancia máxima de unos 180m entre el control y la posición terminal.

## Nueva orientación

Las dificultades y gastos inherentes a la instalación y el mantenimiento de sistemas que requieren 80 conductores para cada posición de 10 pulsadores, han impulsado el di-

seño de nuevos sistemas, en los que se sustituye la conmutación en el puesto local por la conmutación centralizada, controlada desde cada puesto terminal por señales de datos. Estos nuevos circuitos ofrecen muchas ventajas, como son el empleo de sensores al tacto, contactos simples, interruptores de pulsador, diodos emisores de luz (LED) como indicadores del estado de la línea (que proporcionan una vida larga sin fallos, con pequeño consumo de energía), menor número de hilos entre cada posición y el control central, mayor fiabilidad y costes de instalación más reducidos, tendiendo de este modo a eliminar los inconvenientes antes enumerados.

Los sistemas de teclado de ITT Canadá y de STC requieren solamente 4 hilos entre cada posición y el control central, cualquiera que sea el tamaño del sistema. Un par se asigna a la conversación y el segundo a la transmisión en ambos sentidos de datos, utilizando señales codificadas en difásico. Dentro del período de tiempo correspondiente a una subtrama, se transfiere información así codificada desde el control a una posición (ciclo de transmisión), respondiendo ésta con la devolución de información al control (ciclo de recepción).

En el sistema NOVAKEY, este proceso ocurre sucesivamente en cada posición, repitiéndose cada 20 ms. El ciclo de transmisión se decodifica en la posición para controlar, primeramente, el conjunto de diodos LED que indica el estado de cada línea de central y enlace de intercomunicación y, en segundo lugar, la llamada audible. El ciclo de recepción se decodifica en el control central para informar del estado del gancho conmutador de la posición y de los pulsadores, lo cual es necesario para seleccionar una determinada modalidad a través de la matriz de relés conmutadora y para realizar otras tareas asociadas con el tratamiento de llamadas.

La alimentación de CC para la parte electrónica de cada posición se lleva desde el control central sobre los dos hilos utilizados para datos. De ese modo el alambrado tiene siempre una configuración radial, sin conexiones entre puestos de usuario y sin unidades de alimentación locales.

Los circuitos de conversación y de control van totalmente separados y no hay pérdida de transmisión entre el circuito telefónico de la posición y el repartidor terminal del control, donde se conectan todas las líneas de central o de PABX.

### Sistema NOVAKEY

Todas las modalidades funcionales aparecen en todas las posiciones, teniendo los correspondientes pulsadores una disposición normalizada. En la figura 1 se presenta un tipo de posición de mesa NOVAKEY. El teclado de selección decimal puede reemplazarse por un disco rotatorio o por un teclado de selección por frecuencias.

Cada posición tiene 5 pulsadores de modalidad operativa, 3 para acceso a las líneas de central y 2 para los enlaces de intercomunicación. Uno de estos enlaces es secreto (o sea, privado), pudiendo utilizarse solamente entre dos posiciones; el otro es "no-secreto", pudiendo accederse a él en cualquier momento, incluso cuando está en uso, por lo cual permite establecer conferencias internas múltiples. Existen, además, los 4 pulsadores de función siguientes:



Fig. 1 Unidad de mesa NOVAKEY que revela su diseño originado en el aparato DELTAPHONE\*. La posición tiene un diseño nítido, de utilización cómoda para personal de oficinas.

- Retención de la línea de central, marcado HLD. Permite retener el bucle de línea y por lo tanto la llamada, mientras el teléfono queda libre para hacer una llamada de consulta.
- Rellamada con bucle a tierra (o bucle abierto), marcado RCL; se trata de una modalidad existente en algunas PABX para la transferencia de llamadas.
- Control de secreto, marcado S-C, que hace que la línea de central utilizada sea también accesible a otra posición que haya de entrar en la conversación. Al volver a operar el pulsador se restablece el funcionamiento secreto, que es el normal.
- Control auditivo, marcado AUD, el cual inhibe la señal de llamada de las líneas de central (por ejemplo, durante reuniones). El funcionamiento normal se puede restablecer en cualquier momento.

Un selector permite al usuario escoger la línea o líneas en las que se ha de recibir llamada audible. Esto hace al NOVAKEY apropiado para jefe y secretaria, dado que una línea puede ser contestada exclusivamente por el jefe, mientras las demás quedan para uso general y de la secretaria.

El grupo de 10 pulsadores sin indicador luminoso se utiliza para intercomunicaciones directas nominales. La operación de uno de estos pulsadores hará que una llamada audible y visual aparezca en la posición deseada, bien sobre el enlace secreto o sobre el no-secreto. Como alternativa, las intercomunicaciones pueden realizarse por marcación de una sola cifra.

En la figura 2 se muestra el control central.

### Opciones operativas que afectan a la totalidad del sistema

Hay opciones que se seleccionan mediante puentes o variando placas de circuito impreso; son las siguientes:

- Retención automática o manual de las líneas de central. El método más comúnmente empleado es la retención manual, en la cual la operación del pulsador HLD re-

\* Marca registrada del sistema ITT.

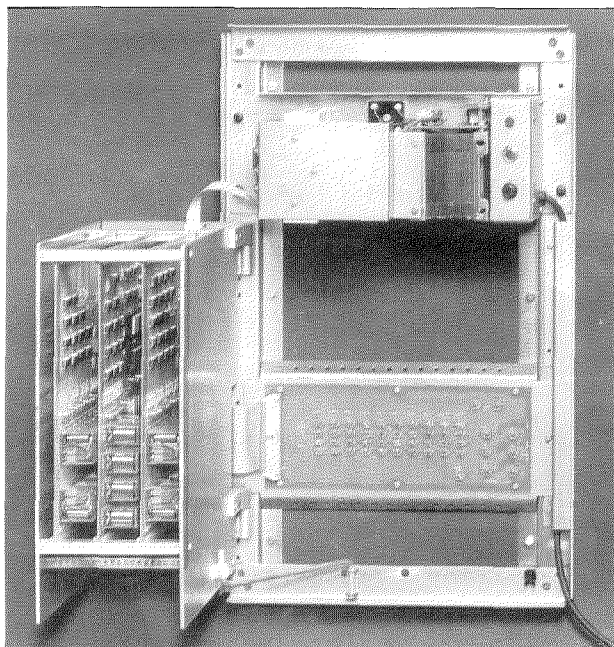


Fig. 2 Unidad central de control abierta para demostrar la accesibilidad a las placas de circuito impreso para el mantenimiento.

tiene el bucle de CC pero deja al teléfono en libertad de utilizar otras líneas o enlaces, probablemente para consulta o transferencia. En todas las posiciones se señala la condición de retenida de la línea en cuestión. Si se adopta la retención automática, la línea de central utilizada aparece como retenida en todas las posiciones del sistema, simplemente al seleccionar otra línea o enlace cualquiera. Entonces se requiere un pulsador de liberación para desconectar esta segunda línea cuando ya no se necesite, antes de volver a seleccionar la línea retenida.

- Rellamada con bucle a tierra o bucle abierto: estas modalidades sólo serán posibles si las facilita la PABX a la cual se conecta el sistema NOVAKEY.
- Intercomunicación directa nominal. La elección de este tipo de intercomunicación o de aquéllas con marcación depende del tipo de placa de circuito instalada en el control central.
- En los sistemas con intercomunicación directa nominal por pulsador, puede elegirse entre cadencia de la señal de llamada automática o bien controlada manualmente por el usuario que llama.
- Unidad de protección de llamadas contra fallo de alimentación. Durante los fallos de la alimentación de la red, cada línea de central se conecta a una posición prefijada. Cuando la unidad de protección está incorporada, el sistema no vuelve a ponerse en servicio al restaurarse la alimentación mientras no se hayan liberado todas las llamadas establecidas durante el periodo de fallo.

### Señales visuales

Todas las posiciones disponen de ellas para indicar el estado de las líneas y enlaces. Por medio de distintos intervalos de destello pueden señalizarse los estados de línea: llamante, ocupado, retención, etc.

### Señales audibles

La llamada de una línea de central es sincrónica con la señal de llamada entrante, pero para las llamadas de intercomunicación se utiliza una cadencia diferente. Se produce una señal de llamada audible en todas las posiciones si una línea de central ha estado en retención durante más tiempo del límite previamente fijado.

### Funcionamiento del sistema

El sistema consta de una unidad central de control a la cual se conectan radialmente un máximo de 10 posiciones de usuario. El principio operativo es explorar cada circuito de posición secuencialmente y de modo continuo, siendo 20 ms el tiempo invertido en un ciclo completo (trama). Este periodo es fijo y no depende del número de posiciones conectadas.

Se denomina subtrama el período de 1,25 ms dedicado a la interrogación de cada posición por el control. Por consiguiente dentro de cada trama se generan 16 subtramas, si bien sólo se utilizan 10 para transferencia de datos en ambos sentidos. Uno más se requiere para sincronización y las 5 restantes quedan sin utilizar.

El tiempo invertido en el ciclo de transmisión, la pausa y el ciclo de recepción es de 390,72  $\mu$ s.

La transición de nivel producida por el borde anterior del primer impulso de datos recibido en el modem de una posición, es interpretada como la orden de iniciar la decodificación de los datos en serie que constituyen el ciclo de transmisión. Si la palabra de datos no contiene error, el modem de la posición reúne automáticamente los datos codificados en serie, denominados ciclo de recepción, y los transmite al control. Los retardos de transmisión debidos a la longitud y demás características del cable de 2 pares que contiene los hilos de conversación y de datos, no ocasionan ninguna perturbación, ya que el retardo nunca puede impedir que los datos lleguen dentro de la subtrama asignada.

### Control central

El control central está físicamente alojado en una unidad de montaje mural cuyas dimensiones son 572  $\times$  343  $\times$  178 mm con una masa de 15 kg. Esta unidad contiene la fuente de alimentación y un bastidor giratorio con 3 placas de circuito impreso, como se indica en la figura 2. La placa de control es de inserción obligatoria y, junto con una de las placas de intercomunicación, proporciona un sistema con capacidad máxima de 6 posiciones, 3 líneas de central y un enlace de intercomunicación "no-secreto". La segunda placa de intercomunicación completa la configuración hasta el máximo de 3-10-2 citado en un principio, siendo el circuito adicional de intercomunicación secreto en todas las ocasiones.

La distancia máxima del control a cualquier posición es de 1 km.

En la figura 3 se representa el equipo central de control en diagrama de bloques. Los circuitos supervisan las líneas de central, aplican bucles de retención o establecen las condiciones de rellamada (cuando el sistema se utiliza en conjunción con una PABX) bajo órdenes de la lógica de control y asimismo detectan llamadas entrantes en las lí-

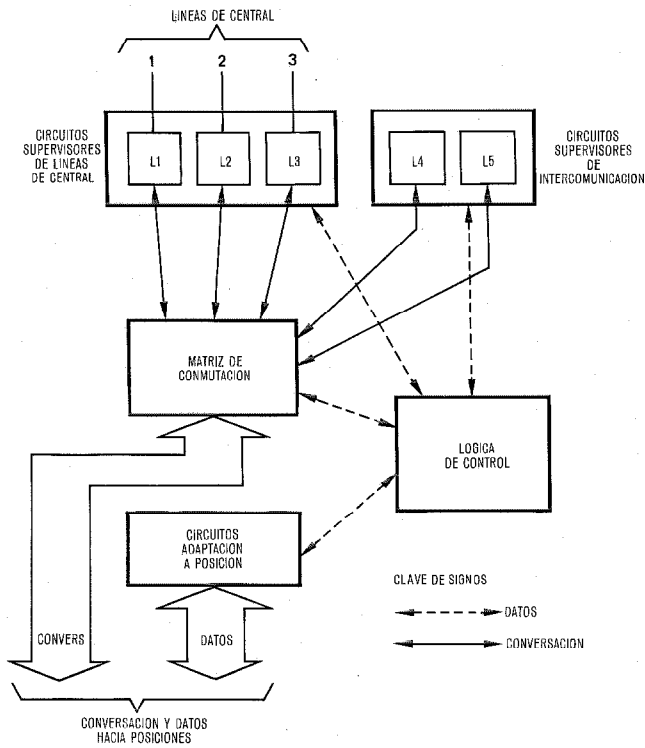


Fig. 3 Diagrama de bloques de la unidad central de control, indicando sus funciones.

neas de central, con el objeto de pasar la información de llamada correspondiente a la referida lógica de control. Los circuitos superiores de intercomunicación proporcionan la corriente de línea y los tonos de supervisión necesarios a los circuitos de conversación utilizados para intercomunicación, así como los trenes de impulsos requeridos cuando la intercomunicación se selecciona por marcación. Los circuitos de adaptación a la posición se utilizan para enviar, a través del par de datos, la energía necesaria para la lógica, tonos de llamada e indicadores visuales de cada posición, además de canalizar datos sucesivamente a cada una de las mismas, según el direccionamiento recibido de la lógica de control.

La matriz de conmutación utiliza relés del tipo 23 normalizado por el British Post Office. Se utiliza una configuración del tipo arborescente para conectar la posición a uno de 7 estados. Estos son: las 3 líneas de central, los 2 circuitos de intercomunicación, un estado de fallo de alimentación y una posición de reposo que da alimentación al puesto del usuario para que disponga de tono previamente a la selección de una línea. La matriz de relés se representa en la figura 4.

Con una ligera asimetría en la disposición de los contactos en cada una de las mitades del árbol de relés, solamente se necesitan 3 relés, con 4 juegos de contactos de transferencia cada uno, por cada posición.

Se utiliza un relé adicional con un contacto único de apertura para abrir la línea a la posición cada vez que la matriz cambia de estado. Esto evita la conexión momentánea a cualquier estado intermedio, con lo cual no se introducen indeseables chasquidos en llamadas establecidas. El em-

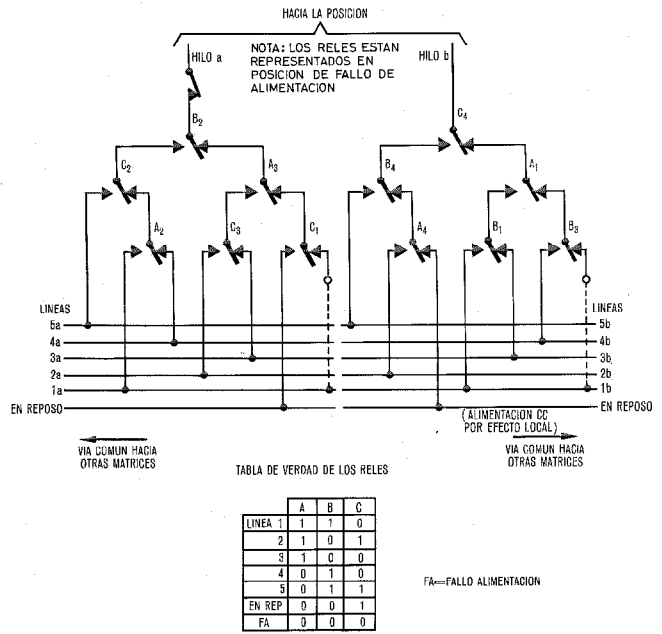


Fig. 4 Matriz de relés para una posición.

pleo de varios árboles de relés idénticos conectados a una vía de transmisión común permite un modo muy sencillo de control matricial y es sumamente apropiado para un sistema capaz de crecimiento modular.

La figura 4 muestra que en el estado de fallo de alimentación la posición se conecta a la línea 1. El sistema está preparado de manera que cada línea de central se conecta a la posición que se la ha asignado previamente en caso de fallo de alimentación. Por medio de un módulo opcional enchufable puede impedirse que las llamadas que se establezcan durante el período de fallo se pierdan al restablecerse el suministro. Dicho módulo utiliza relés sensibles de contactos sellados, alimentados por la línea, para detectar la presencia de corriente en ésta; su actuación hace retirar la alimentación de la matriz de relés hasta que todas las llamadas se han liberado.

La lógica de control realiza varias funciones, como son: almacenar y actualizar los estados de las líneas; agrupar los datos sobre el estado de líneas de central y enlaces de intercomunicación en la forma correcta para su transmisión a cada posición, decodificar los datos recibidos sucesivamente de cada posición y, si fuera necesario, actualizar los ya almacenados para reflejar el estado actual de cada posición; finalmente, proporcionar las señales de sincronización necesarias par la exploración secuencial ya mencionada.

Algunos de los datos que deben almacenarse en la unidad de control son independientes de la posición que se está tratando (por ejemplo, datos de llamada sobre las líneas de la central) y estos se almacenan generalmente en varios biestables del tipo de enclavamiento. Sin embargo, existen otros datos que dependen enteramente de la posición que se explora, por ejemplo, si el pulsador de control audible de la posición se ha actuado o no. Los datos de este último tipo se almacenan en una memoria cíclica: un regis-



tro de desplazamiento de 128 bitios dispuesto en 16 grupos de 8 bitios que van asociados a las 16 subtramas que comprende un período de trama. Cada grupo de 8 bitios contiene información relacionada con el estado del gancho conmutador, control audible y códigos varios, así como a cuál de las 5 líneas está conectada la posición.

La lógica de control contiene asimismo un generador de tiempos complejo, con un elevado número de divisores secuenciales, cuyas diversas salidas se estructuran según un sistema de puertas que proporciona las formas de señal requeridas para la sincronización. El generador de tiempos está excitado por un oscilador maestro controlado por cristal, que proporciona 1,6384 MHz ( $= 50 \text{ Hz} \times 2^{15}$ ). Las salidas del generador de tiempos se utilizan para: controlar y coordinar el flujo de datos dentro de la lógica de control; generar secuencialmente los direccionamientos requeridos para explorar sucesivamente las posiciones, junto con las señales que dan validez a la transmisión y a la recepción; producir los tonos y cadencias que supervisan las intercomunicaciones; proporcionar las diversas combinaciones de destellos de lámparas; por último, temporizar las retenciones por rellamada. Todo esto cubre un margen de frecuencias desde 200 kHz hasta 1 ciclo cada 2 minutos.

La mayor parte de la lógica de control, incluyendo el generador de tiempos, era realizada por medio de una pastilla LSI especial, que contiene el equivalente de 90 TTL. Esta pastilla de control fue desarrollada por Standard Telecommunication Laboratories Ltd., centro de investigación de ITT en Gran Bretaña, y utiliza la bien experimentada tecnología PMOS, con puertas de silicio de umbral elevado. Sus dimensiones son  $5,8 \times 5,9 \text{ mm}$  y está contenida en una cápsula cerámica de 40 patas. El resto de la lógica de control utiliza circuitos integrados CMOS normales, simplificando así de modo considerable los requerimientos de alimentación.

La alimentación tiene 3 salidas: +50, +12 y -12V. Toda la lógica opera con +12V, utilizándose el suministro de +50V para alimentar los relés, las posiciones y los circuitos de conversación en intercomunicaciones. El suministro de -12V se utiliza únicamente para la pastilla especial de control. Se ha previsto la interrupción de la alimentación de 50V, gobernada por la lógica de control. En efecto, si se produce un fallo grave en la lógica de control, tal que ocasione el bloqueo del sistema en un determinado estado, se interrumpe el suministro de 50V para obligar al sistema a pasar al estado de fallo de alimentación, conectándose directamente las 3 líneas de central a las respectivas posiciones que les corresponden. Todas las salidas de alimentación utilizan limitadores de corriente para protegerse totalmente contra los cortocircuitos.

### Formato de los datos

Ya en los comienzos del desarrollo del equipo NOVAKEY, se decidió utilizar el mismo formato de datos que los sistemas de teclado de mayor capacidad, desarrollados por ITT Canadá. Ello tiene la doble ventaja de permitir que los equipos de posiciones STC puedan trabajar con sistemas de cualquier tamaño, y de capitalizar la reducción de coste que resulta de utilizar la misma pastilla de diseño especial en el modem de datos. El formato de los datos, que con-

siste en una palabra de 16 bits transmitida en difásico, se presenta en la figura 5.

El intercambio de datos entre una posición y el control central tiene lugar sobre un solo par de hilos.

El empleo de señales codificadas en difásico hace que los impulsos de sincronización sean innecesarios, ya que el borde anterior del impulso dispara el proceso de detección de errores y de decodificación, y la forma de la señal exige que un cambio de nivel ocurra cada medio ciclo, bien de 102 ó de 51 kHz. Dos semiciclos de 102 kHz representan un 1 lógico y un semiciclo de 51 kHz, un 0 lógico. Si el cambio de nivel sobreviene en otros momentos que los citados, el código no es válido y se rechaza.

Los primeros 8 bitios de datos transmitidos desde el control a la posición comprenden el código de dirección, solamente utilizado en sistemas mayores, en los que las posiciones tienen acceso a más de un grupo de 5 modalidades. En el sistema NOVAKEY estos bitios siempre son ocho unos consecutivos. Los segundos 8 bitios controlan las 5 lámparas de estado de modalidad, la lámpara que indica el secreto de la llamada y los dos canales de tono de llamada.

El modem de la posición reúne el estado del gancho conmutador y de los pulsadores en un código de 8 bitios de alta redundancia y lo envía por duplicado al control central, siendo los segundos 8 bitios inversión de los 8 bitios primeros.

Es necesario que la exactitud de los datos recibidos por el equipo de control sea superior a la de los datos que recibe la posición, puesto que un error en estos últimos sólo puede ocasionar un trastorno en los destellos de las lámparas o en la cadencia de un tono, mientras que unos datos erróneos enviados a la unidad de control pueden hacer que se pierda una llamada. Enviando los datos duplicados se realiza un control de paridad en cada bitio, así como la comprobación normal del código difásico, que detecta

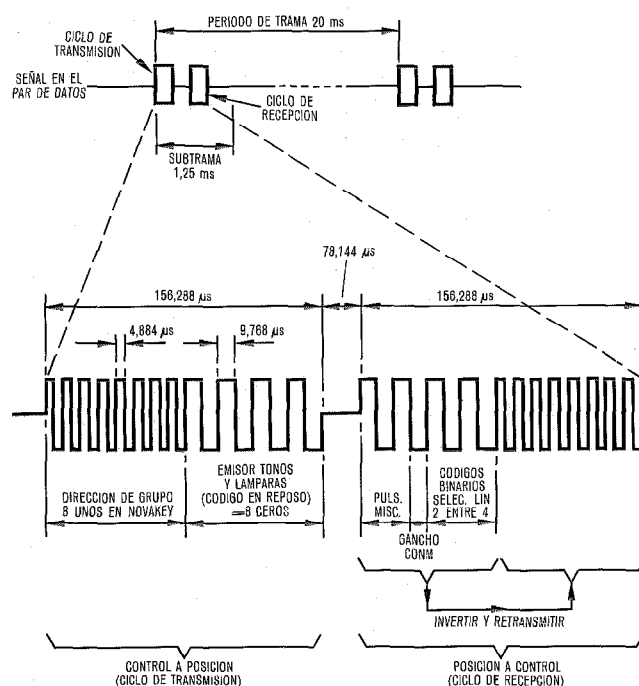


Fig. 5 Formato de datos utilizado en el sistema NOVAKEY.

## NOVAKEY

error si la misma polaridad aparece en 3 semi-intervalos consecutivos. Los datos se transmiten a un nivel de cresta de +5dBm, correspondientes a 1,4V entre crestas sobre 150 ohmios.

### Posición NOVAKEY

En la figura 6 se presenta un diagrama de bloques de una posición NOVAKEY. Recibe alimentación desde la unidad de control a través del par de datos, estabilizando por medio de un pequeño regulador el suministro para los circuitos lógicos y periféricos. Se emplea un transformador para acoplar las señales de datos a la pastilla del modem. Esta pastilla de diseño de encargo, está realizada en tecnología CMOS y va dentro de una cápsula de 40 patas. Esta misma pastilla recibe los datos del control y transfiere la información a un grupo de biestables del tipo de enclavamiento, cuyas salidas se utilizan para controlar los diodos LED y el emisor de tonos de llamada. Los citados biestables son actualizados a la frecuencia de exploración y por consiguiente las secuencias de los diodos LED y del emisor de tonos son múltiplos de 20ms. Para conservar la corriente los LED están alimentados en serie por un generador de corriente y se apagan saturando un transistor conectado en paralelo con cada diodo, lo cual hace que derive su corriente.

En la base de la unidad existen dos conmutadores, uno para seleccionar el volumen del tono de llamada y el otro para escoger a qué línea (o líneas) de central se asignará dicho tono (a la línea 1 solamente, a las líneas 2 y 3, o bien a todas las líneas). El emisor de tonos recibe normalmente alimentación y es controlado desde la unidad central; sin embargo está previsto que trabaje con una tensión de llamada rectificada en circunstancias de fallo de alimentación.

Una vez recibidos los datos del control central, el modem de la posición lee el estado del gancho conmutador y los biestables de entrada asociados a los pulsadores, para determinar si se actuó algún pulsador durante el período de trama anterior. Seguidamente se codifica en serie esta información, como ya se ha descrito, en el formato correcto. Un oscilador controlado por cristal y un generador de tiempos, que garantizan que la recepción y transmisión de los datos no ocasionan problemas de sincronización, van incorporados en la pastilla.

La información sobre la modalidad de llamada escogida se transmite como código de 2 entre 4, siendo el estado del gancho un bitio asignado en permanencia, y los restantes 3 bitios utilizados para funciones diversas. Si la posición está dotada de intercomunicación por pulsadores, cada pulsador nominal actúa simultáneamente sobre una entrada de la codificación de modalidades y sobre una entrada de la codificación de funciones miscelánea, que utiliza una matriz de diodos.

Los pulsadores en operación son sometidos a impulsos de muestreo para elevar su inmunidad ante el ruido y la protección electrostática. Se han montado resistencias de pequeño valor adyacentes a las entradas de la pastilla, así

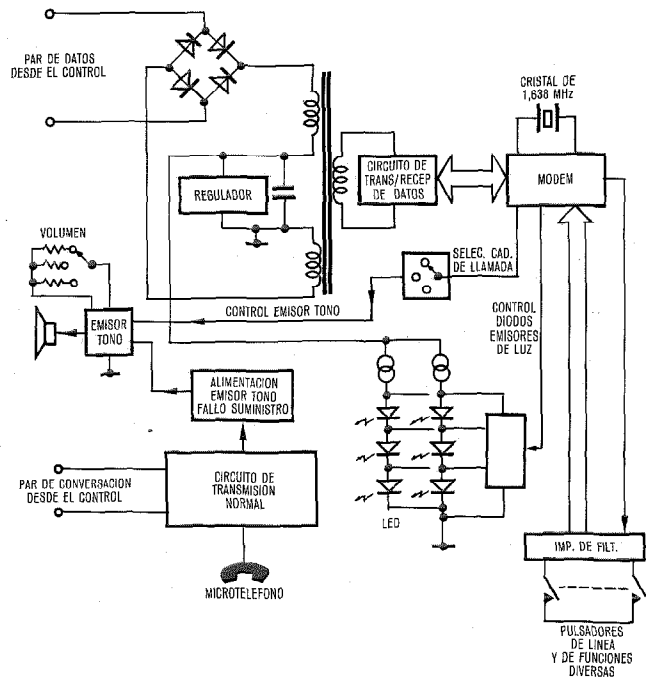


Fig. 6 Diagrama de bloques de una posición NOVAKEY.

como un diodo Zener lo más próximo posible a las patas de alimentación, con el fin de proteger a la pastilla de los transitorios producidos por descarga electrostática. Se obtiene una protección mayor mediante una pantalla electrostática que va montada entre los pulsadores y la circuitería del equipo de posición. Esta combinación de métodos de protección da buen resultado y protege los circuitos de la posición contra descargas de 20kV de condensadores de 180pF a través de 120 ohmios.

### Conclusiones

Se han cumplido los objetivos del diseño, dado que el sistema NOVAKEY ha demostrado ser un sistema de teclado fiable y que solamente requiere dos hilos de datos y dos hilos de conversación entre la unidad central de control y cualquier posición terminal. Comparándolo con los sistemas convencionales multipares, posee el mérito de ser más fiable y eficaz en coste, así como el de proporcionar una extensa gama de modalidades en unidades atractivas y de estilo moderno.

**Ken A. Saxby** nació en Londres en 1926. Después de cursar estudios técnicos en el Colegio de Tecnología de Tottenham. Cerca de Londres, ingresó en STC, en el Departamento de Pruebas de Equipos. En la actualidad es jefe del equipo de desarrollo del Proyecto NOVAKEY.

**Frederick J. Howett** nació en Bristol en 1943 y se graduó con mención honorífica en Física, en la Universidad de Exeter. En 1964 entró en STC, en la División de Radio, siendo ahora un ingeniero superior de desarrollo en la División de Audiofrecuencia. El Sr. Howett es miembro de IEEE.

# La evolución de los Sistemas de Transmisión

El continuo progreso tecnológico ha facilitado la rápida evolución en los sistemas de transmisión y hecho posible la adopción de nuevas técnicas sin discontinuidades importantes en el cambio a equipos más avanzados. Un cambio importante de este tipo se va a producir con la adopción de los sistemas de fibra óptica.

W. HAAS

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

## Introducción

El género humano ha sentido siempre la necesidad de comunicarse, incluso a largas distancias. Histórica y técnicamente, los medios han sido ya el correo, que llevaba un mensaje escrito a pie o a caballo, o bien mediante señales de fuego o de humo, método utilizado principalmente por los indios. A esto siguió en 1790 las redes de telecomunicación realizadas con semáforos y otras formas de comunicación óptica, como heliógrafos. Incluso ya en esa época las características distintivas de un enlace de comunicaciones eran: longitud de la conexión, capacidad de comunicaciones, calidad y velocidad. El comienzo del siglo veinte trajo una nueva era en los sistemas de transmisión. En 1926 se hicieron las primeras pruebas en sistemas telefónicos de frecuencias portadoras para 2 a 4 canales de conversación. En una rápida sucesión se realizaron sistemas telefónicos de frecuencias portadoras con capacidad cada vez mayor. Incluso en esta época, la mayor parte de los componentes utilizados eran de tipo electrónico, es decir, válvulas, rectificadores, condensadores, resistencias y bobinas. Los componentes electromecánicos se utilizaban principalmente para fines de ajuste y supervisión.

Sin duda, la introducción de la tecnología de semiconductores hace veinticinco años dio un importante impulso al desarrollo y realización de modernos sistemas de transmisión más eficientes, más fiables, más pequeños y de menor disipación de energía. El tiempo entre la introducción de dos generaciones de equipos disminuyó a 5-8 años; un tiempo relativamente corto si se compara con los cambios de generación en los sistemas de conmutación. Por tanto, ha sido posible introducir de una manera continua en cada nueva generación de equipos, las nuevas invenciones de la industria de los semiconductores (hace 15 años los circuitos integrados y hace 5 años los circuitos integrados en gran escala LSI). Análogamente y en un proceso evolutivo se introdujeron en los equipos de transmisión modernos materiales para diseño mecánico, el uso de circuitos impresos, el cableado multicapa de armazones y el cableado de bastidores con cables impresos flexibles. Hoy, la transmisión tiene, dentro de las redes de telecomunicación, unas aplicaciones que están exactamente definidas por especificaciones de interconexión.

La revolución que ha tenido lugar en los sistemas de conmutación como consecuencia de nuevos métodos y nuevas tecnologías [1, 2, 3] tales como LSI, circuitos híbridos, procesadores, controladores de programas, técnicas de MIC, etc., así como las nuevas posibilidades de transmitir señales a través de fibras ópticas, conducen, sin duda alguna, a un cambio de actitud al abordar los problemas de los sistemas de transmisión. Deben tenerse en cuenta las siguientes cuestiones:

¿Son lógicas para el futuro las presentes interconexiones entre transmisión y conmutación; debe restringirse el progreso a la transmisión digital únicamente; qué oportunidades tienen los sistemas de transmisión analógica; cuáles serán las necesidades para nuevos conceptos de sistemas; serán suficientes los actuales métodos en el área de desarrollo; cómo influirán en la fabricación las técnicas de transmisión; cuál será la misión del ordenador?

Merece la pena encontrar respuestas a los problemas mencionados pero esto sólo es posible cuando se han identificado los parámetros del progreso hasta la fecha y es bien conocido el estado presente de los sistemas de transmisión.

## Parámetros del progreso existente

Los factores esenciales para el progreso en el mundo técnico son: usuario, explotador y fabricante.

El usuario desea equipos más modernos con características técnicas mejoradas y quizás servicios adicionales para cubrir mayores necesidades de comunicaciones. Por otra parte, el explotador, en la mayor parte de los casos la administración local de telecomunicaciones o grandes compañías privadas, piden mayor economía y más flexibilidad. Este requisito puede cumplirse con equipos de fácil mantenimiento, con mejores instrucciones de trabajo y funcionamiento, menor volumen de equipo, menor necesidad de energía, mayor utilidad del equipo, mejor calidad, supervisión automática, dispositivos de control centralizados y mayor fiabilidad.

El fabricante pide mejora del proceso de producción con objeto de obtener un mayor margen de ganancia.

Estas numerosas demandas y diferentes requisitos exigen de los sistemas de transmisión un continuo proceso de adaptación.

En el pasado, la industria de telecomunicación utilizaba sólo un 8%, aproximadamente, de la producción total de semiconductores, de los que los sistemas de transmisión necesitaban una cantidad mínima. Debido a esto, el progreso tecnológico en la industria electrónica ha estado influenciado principalmente por sus principales clientes, es decir, por los procesadores de datos y por la industria de consumo. Debido a los elevados requisitos de fiabilidad y calidad exigidos por los equipos de transmisión se han podido hacer desde este campo considerables progresos en la mejora de la calidad de los semiconductores. En los equipos de transmisión, aparte de los semiconductores, se utiliza un amplio número de componentes pasivos, como bobinas, condensadores y resistencias. Estos componentes se han adaptado, paso a paso, a las necesidades de los modernos equipos y a los métodos de fabricación más sofisticados. Un hecho adicional muy importante es la normaliza-

## Evolución de transmisiones

ción internacional por el CCITT de las unidades de interconexión de transmisión y de las características de los equipos.

### La transmisión hoy

La aplicación de los sistemas de transmisión puede clasificarse en tres grupos:

#### Sistema I

Las señales de información se transmiten desde la fuente (transmisor) hasta el punto de absorción de energía (receptor), a través de los sistemas de conmutación, donde tiene lugar la conexión requerida. La transmisión de las señales puede hacerse en forma analógica o digital. Los medios de transmisión son: 2/4 hilos equilibrados, tubos coaxiales, radioenlace o rutas por satélite. El flujo de tráfico tiene lugar en ambas direcciones.

#### Sistema II

Las señales de información se transmiten desde la fuente hasta el punto de absorción de energía a través de líneas alquiladas sin que intervenga función de conmutación alguna. El flujo de tráfico es posible en ambas direcciones.

#### Sistema III

Las señales de información se distribuyen desde una o más fuentes a muchos puntos de absorción de energía. Se prefiere la transmisión en una sola dirección.

Todos los sistemas pueden transmitir señales de conversación, de datos o de televisión.

Con la definición de los anteriores sistemas quedan claramente determinadas las interconexiones entre los equipos de transmisión y de conmutación en las redes establecidas actualmente. El Sistema I está representado por la clásica red telefónica pública. El Sistema II es el preferido para transmisión de datos. El Sistema III se utiliza para distribución de radiodifusión y televisión.

La base de los actuales sistemas de transmisión de larga distancia son los sistemas analógicos modernos. En el área de larga distancia hay todavía muy pocos sistemas de transmisión de MIC en funcionamiento, mientras que en algunos países son numerosos ya en cortas distancias los sistemas de MIC en servicio con 24/30 ó 48 canales telefónicos. Sin entrar en discusión sobre las ventajas o desventajas de las técnicas analógica o digital, el estado presente de los sistemas de transmisión debe considerarse con respecto a la aplicación del progreso tecnológico y a la continua adaptación a nuevos requisitos que han tenido lugar durante la última década.

Haciendo una comparación entre las diferentes generaciones de equipos durante la última década (Fig. 1), puede verse que se ha hecho un uso completo de todos los componentes electrónicos modernos disponibles en el campo de los semiconductores, elementos pasivos, materiales, práctica de equipo, diseño de circuitos y sistemas con ayuda de ordenador y métodos sofisticados de fabricación [4]. El tiempo de fabricación, incluidas las pruebas de equipo, ha podido reducirse en función de la tecnología disponible. La figura 2 da una idea de esta tendencia. Du-

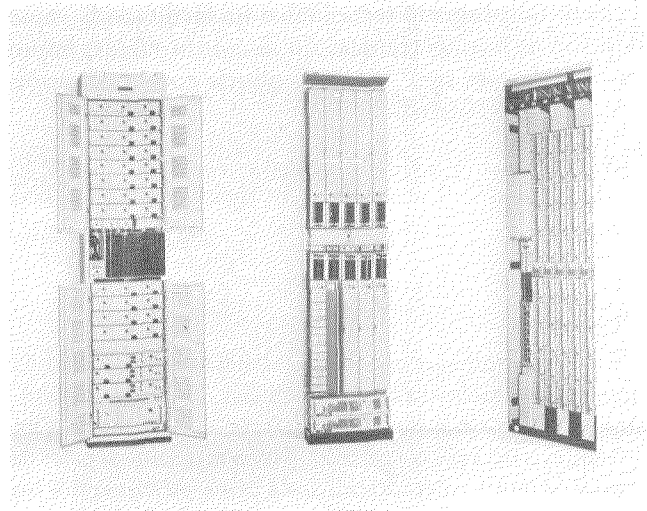


Fig. 1 Miniaturización - Un resultado del progreso en la tecnología - 48, 120, 600 canales por bastidor.

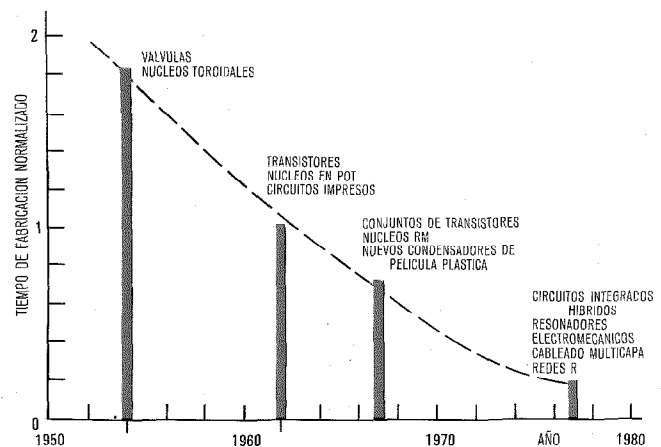


Fig. 2 Influencia de las nuevas tecnologías en el tiempo de fabricación del equipo múltiplex FDM.

rante la última década la relación de costes de componentes y materiales a costes de mano de obra ha cambiado de 35/65% a 47/53% (Fig. 3). Simultáneamente, el volumen necesario por equipo se ha reducido por un factor entre 5 y 10. Modernas tecnologías en semiconductores tales como transistores, IC, LSI, han encontrado aplicación en los equipos de transmisión (Figs. 4 y 5). En ocasiones aisladas, ha resultado ventajoso el uso de dispositivos híbridos. La aplicación del ordenador al diseño garantiza circuitos con óptimas características eléctricas, lo que significa que el equipo necesita menos espacio y energía. A pesar de la mayor concentración de equipo en las estaciones, ha podido reducirse la potencia disipada por unidad de volumen.

El uso de circuitos impresos de simple cara, es historia ya pasada. Hoy día se están introduciendo más y más en los modernos equipos circuitos impresos de doble cara y multicapa. El cableado del armazón se hace con circuito impreso en la cara posterior, siempre que no queden influenciadas las características eléctricas. Las piezas de plástico han simplificado el diseño mecánico y las de fundición

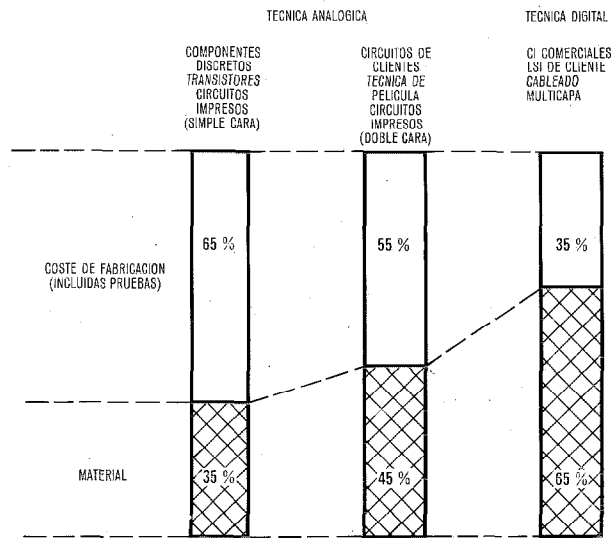


Fig. 3 Distribución de los costes de fabricación en las diferentes generaciones de equipos.

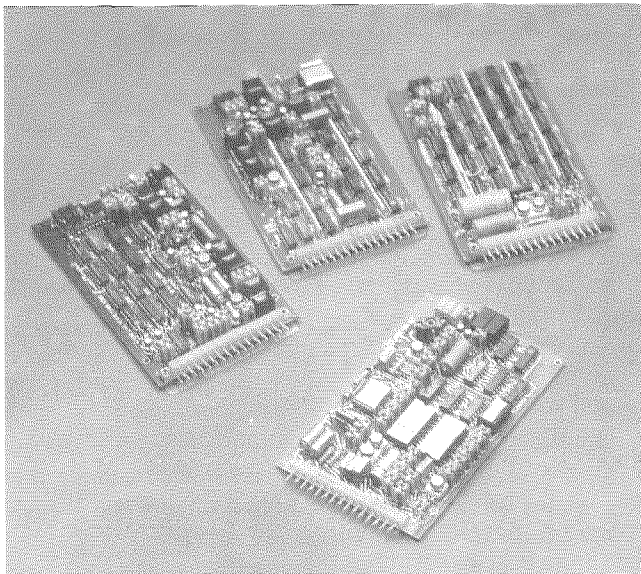


Fig. 4 Modem de datos. Un ejemplo para la aplicación de nuevas tecnologías.

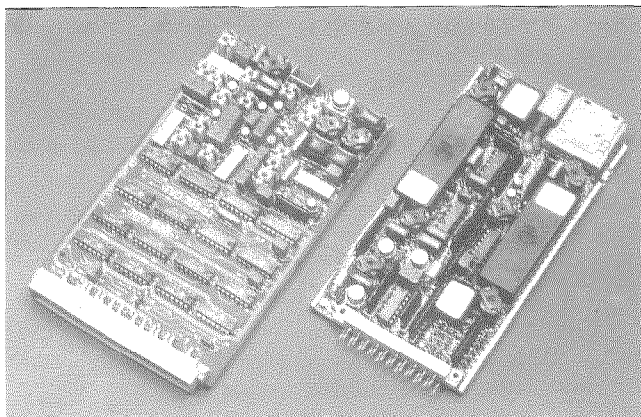


Fig. 5 Comparación de unidades funcionales realizadas con tecnología moderna.

izquierda:  
Circuito impreso para  
equipo TDM.

derecha:  
Circuito impreso para  
equipo FDM.

han permitido realizar los conceptos modulares en los equipos. El trabajo de planificación se ha visto simplificado con la utilización de perfiles de extrusión que permiten gran versatilidad en el montaje de estaciones y bastidores.

Hasta la fecha, se han utilizado en transmisión los siguientes márgenes de frecuencias y velocidades [4, 5, 6, 7]:

Equipo múltiplex por división de frecuencia (FDM):	0,3 kHz a 200 MHz
Equipo de línea para señales FDM:	0,6 kHz a 300 MHz
Sistemas de microondas FM:	2 a 11 GHz
Equipo múltiplex por división de tiempo (TDM):	20 bit/s a 560 Mbit/s
Equipo de línea para señales TDM:	20 bit/s a 560 Mbit/s
Sistemas digitales de microondas:	10 a 15 GHz

Los equipos de transmisión arriba mencionados cumplen de forma total los presentes requisitos para obtener unas características técnicas excelentes, lo mismo que unas buenas características económicas.

### La transmisión futura

#### Nuevas tecnologías

Ya han sido introducidas en los equipos de transmisión las familias de circuitos integrados realizados en tecnología bipolar. También se utiliza la tecnología MOS. Para la realización de integración en gran escala (LSI) con alta densidad de componentes se prefieren las tecnologías PMOS (semiconductor de óxido metálico de canal P) y N-MOS. Una aplicación muy prometedora de la tecnología MOS serán los circuitos CCD (charge coupled devices = dispositivos de acoplamiento de carga).

La tendencia en tecnología de semiconductores es aumentar el número de elementos de semiconductor por unidad de área. El desarrollo de la tecnología VLSI (very large scale integration = integración en muy grande escala) está particularmente forzada por la industria de proceso de datos. Dentro de los próximos 5-7 años son de esperar dispositivos funcionales con 500.000 componentes ó 50.000 puertas por chip. No es necesario decir que la industria de telecomunicación se verá muy afectada por esta superintegración. Tampoco puede ignorarse el efecto en la arquitectura de los sistemas de conmutación. La influencia de la tecnología VLSI en los sistemas de transmisión será, en lo que podemos ver, aún escasa ya que la necesidad de proceso de datos en transmisión, aunque en aumento, es todavía pequeña en comparación con la de conmutación.

Además de las tecnologías monolíticas mencionadas, cabe también la opción de dispositivos híbridos para circuitos digitales de alta velocidad (> 100 Mbit/s). La práctica de equipo será de gran importancia en las futuras generaciones de sistemas. Aquí se incluyen conectores, nuevos materiales para mejor disipación del calor, distribución mecánica para equipo con alta disipación de energía, cableado impreso flexible para bastidores, selección de materiales metálicos, elementos de operación, etc.

Aparte del rápido progreso en el campo de los semiconductores, también en el medio de transmisión está teniendo lugar un cambio tecnológico. La posibilidad de

transmitir datos a través de fibra de vidrio abrirá el camino a nuevas aplicaciones. La transmisión óptica será posible con la disponibilidad de componentes electro-ópticos para la transmisión y recepción de señales ópticas. También aquí la industria de semiconductores ha tenido una importante contribución en el progreso. Los transductores electro-ópticos para transmisores son principalmente semiconductores - laser y diodos LED (light emitting diodes = diodos emisores de luz). El uso de diodos avalancha en el lado receptor afecta a la transformación de señales ópticas en eléctricas.

### Influencia en la concepción de sistemas

Siempre que se habla de revolución en nuevas tecnologías, se ve particularmente afectada una parte de la técnica de telecomunicación: los sistemas de conmutación. El rápido cambio de la técnica electromecánica a la electrónica ha traído consigo multitud de problemas. Los sistemas de conmutación electrónicos, controlados por ordenador (sistemas por división de espacio o por división de tiempo), con sus nuevos conceptos, tienen una influencia directa en los equipos adyacentes de transmisión por división de frecuencia o por división de tiempo.

Las unidades de interconexión entre los modernos sistemas de conmutación por división de espacio y los sistemas de transmisión dentro de la actual estructura de red jerárquica, permanecen virtualmente invariables. Solamente en el camino de señalización será necesaria una alteración. La señalización por cada canal se sustituirá por una señalización por canal de señalización común. Las unidades de canal futuras para sistemas de conmutación electrónicos se realizarán sin dispositivos de señalización individuales. Esto no es aplicable a los equipos múltiple de orden superior.

Lo mismo puede decirse de los equipos múltiple MIC primarios, cuando trabajan entre sistemas de conmutación por división de espacio. En este caso, pueden omitirse para cada canal todos los conjuntos de relés de señalización, demasiado costosos. Serán sustituidos por sencillas unidades de acceso. Los multiplexores MIC de orden superior no se ven afectados.

La introducción de sistemas de conmutación por división de tiempo con MIC, tendrá sus efectos en los equipos primarios múltiple MIC de transmisión. Los actuales equipos MIC de transmisión se han planificado independientemente del equipo de conmutación, pero en los futuros sistemas de conmutación MIC, varias funciones del equipo de transmisión pueden realizarse por los sistemas de conmutación MIC.

Si técnica y económicamente resulta útil, puede preverse la adaptación mecánica de transmisión y conmutación. Para el futuro, esto puede significar que es posible llevar a cabo una normalización en el mantenimiento y el funcionamiento. Para las próximas décadas, sin embargo, es una necesidad la compatibilidad entre los sistemas clásicos de conmutación y transmisión y la nueva técnica MIC integrada [12]. Los costes que esto ocasione deben ser soportados por los nuevos sistemas digitales y pueden tener influencia en su economía. La transición suave de las redes analógicas a las digitales requerirá una cantidad considera-

ble de equipo adicional (multiplexación de transmisión y modems), porque las primeras funcionarán todavía al menos durante 20 años.

En muchas estructuras de red resulta muy económico tener una concentración de tráfico en el área del abonado. En los concentradores por división de tiempo y de espacio, se pueden combinar de manera satisfactoria los requisitos de transmisión, así como los de conmutación. Este es el primer paso hacia la integración de conmutación y transmisión.

Las influencias discutidas están restringidas principalmente a las redes automáticas telefónicas públicas. Sobre esta red se podría realizar además, la transmisión de datos. Sin embargo, con objeto de garantizar una transmisión óptima de datos, las administraciones de diferentes países han planificado y llevado a cabo redes independientes para la transmisión de datos que están adaptadas a los procedimientos de los equipos procesadores de datos. La nueva generación de los sistemas de conmutación de datos estará controlada por ordenador, será electrónica y digital. La transmisión cambiará, paso a paso, desde los métodos de modulación analógica (sistemas de transmisión de telegrafía vocal con modulación de frecuencia y de amplitud) a soluciones totalmente digitales. Para las redes de datos y el servicio integrado de centrales teleimpresoras, se realizarán sistemas de transmisión modulares. Los multiplexores de datos se incluyen en los sistemas por división de tiempo con diferentes velocidades y se insertan fácilmente en los sistemas de transmisión digitales y analógicos. Comparada con la red telefónica pública, la estructura de una red de datos es diferente, ofreciendo posibilidades futuras, tales como la de manejar el tráfico interno o local con multiplexores inteligentes de datos y concentradores sin cargar el centro de conmutación terminal distante.

La influencia en la concepción de sistemas se espera no solamente a partir de la conmutación MIC, sino también por la aplicación de la técnica de comunicaciones ópticas. La transmisión óptica es una alternativa clara de la transmisión por cable [10]. Una comparación técnica y económica (Fig. 6) muestra las ventajas de la nueva tecnología. Los puntos más importantes para la planificación y realización de un sistema son: elevadas capacidades de transmisión pero todavía con sistemas teóricamente con anchura de banda relativamente pequeña ( $B = \Delta f/f$ ), mayores distancias entre repetidores que en los sistemas clásicos de cable, menores pesos y diámetros de los conductores, insensibilidad a interferencias exteriores, etc. Los métodos de acceso múltiple por división de tiempo [9] (ya utilizados en la técnica de transmisión por satélite) no han encontrado, hasta ahora, aplicación concreta en las redes terrestres.

### Influencia en los conceptos de circuitos y equipo

En la técnica analógica será escasa la utilización de circuitos digitales altamente integrados. El principal coste en los sistemas múltiple por división de frecuencia recae sobre los filtros. La nueva tecnología (MOS-CCD) permite que en ciertas bandas de frecuencia los tipos de filtro de mayor uso puedan construirse según los principios de circuitos transversales. Con las modernas cerámicas piezoeléctricas, es posible la realización de bandas de paso muy

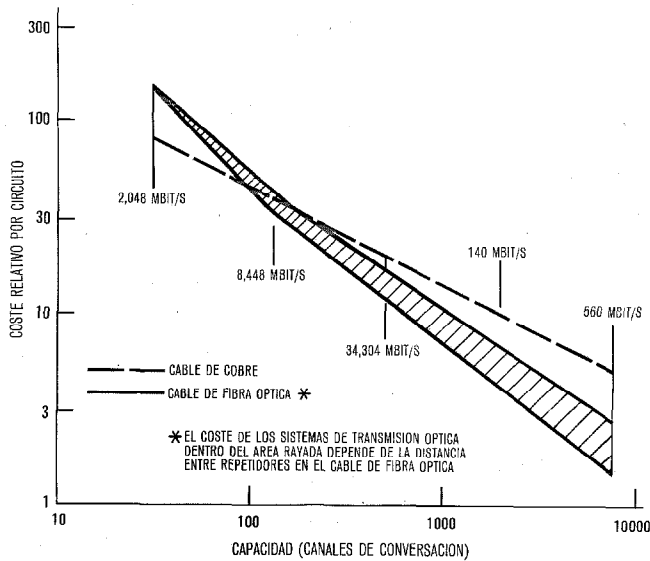


Fig. 6 El sistema alternativo de transmisión óptica. Comparación económica.

razonables en un espacio mínimo. Es muy prometedor el trabajo en filtros de onda superficial en la banda de 5 a 10 MHz, así como los estudios sobre los resonadores múltiples electromecánicos.

En los equipos de línea para cables, no se esperan impactos importantes de la nueva tecnología en la filosofía de los circuitos aparte de su reducción, menor disipación y mayor fiabilidad. Sin embargo, la disponibilidad de semiconductores más rápidos y eficaces puede producir un aumento en la anchura de banda de los equipos de línea.

En sistemas de radioenlaces es improbable la introducción de la tecnología de semiconductores integrados, pero la tendencia es que los actuales tubos de ondas progresivas serán sustituidos por amplificadores de potencia con semiconductores. La próxima generación de equipos requerirá menos potencia, lo que hará más sencillo el suministro de energía de las estaciones para radioenlaces. Para ciertos circuitos de microondas, la técnica híbrida puede tener éxito debido a razones técnicas. Sin embargo, los filtros de microondas requerirán la misma precisión mecánica de ahora.

La técnica de transmisión digital será más utilizada con el progreso de la alta integración. La tendencia probable es hacia una mayor concentración de unidades funcionales. Los convertidores analógico-digitales, filtros digitales, compensadores, convertidores de código, etc., resultan muy adecuados para la realización en técnicas LSI. Aumentará el tratamiento de datos en los equipos de transmisión digital, por ejemplo, para reducir redundancia en los métodos de codificación, codificación de fuente predictiva, multiplexores inteligentes y concentradores. Para todos los equipos se requerirán nuevos conceptos en el suministro de energía. Por consiguiente, se necesitarán menos suministros de energía centralizados, pero más descentralizados y parcialmente integrados en los equipos.

En equipos de línea digitales para cables con posibilidad de regeneración de la señal pueden utilizarse chips de semiconductores con diseños específicos de encargo hasta unos

3-4 Mbit/s. Para velocidades de transmisión más elevadas, es adecuada la técnica híbrida.

Como alternativa a los equipos de línea para cables, ganan en importancia los equipos de línea para fibra óptica. Los ya conocidos conceptos de circuitos de regeneradores digitales serán suplementados por transductores ópticos a la entrada y salida. Gracias a la óptica integrada, será posible evitar la desventajosa conversión en los regeneradores de energía óptica a eléctrica y viceversa. Podrán crearse sistemas completos de transmisión óptica con amplificadores ópticos, moduladores, conectores, circuitos multiplex, etc.

Para la construcción de todos los equipos digitales de transmisión son necesarias unidades funcionales modulares con excelente disipación del calor, suprimiendo, por tanto, la necesidad de precauciones especiales cuando se instalen los equipos.

#### Influencia en los dominios de desarrollo y fabricación

Es importante que el avance en el desarrollo de equipos así como en la fabricación sigan en progresión satisfactoria [10], para que los cambios por generación de equipo no sean demasiado drásticos y asegurando que sean mínimas las dificultades de adaptación. Estas pueden presentarse, por una parte, en el lado del desarrollo, debido a los nuevos métodos, incremento de gastos, falta de experiencia e insuficiencia de medios pero, por otra parte, en el lado de fabricación las dificultades pueden venir por las elevadas inversiones, rápida disminución del valor añadido, aumento del esfuerzo de pruebas, nuevos materiales y nuevas técnicas.

En transmisión, el tiempo de reacción para la adaptación a nuevas situaciones es suficientemente corto como para asegurar un progreso continuo. En el área de desarrollo, la experiencia para la realización del equipo de la siguiente generación se ha alcanzado paso a paso. El trabajo de planificación, ya ampliado, debe intensificarse. La extremada precisión en el diseño del circuito, cálculo de las tolerancias y selección de componentes requieren un nuevo tratamiento. Esta tendencia continuará, con ciertas modificaciones. Las peticiones a los ingenieros no se harán más exigentes, pero serán diferentes, debido a la técnica digital. Mientras que en otro tiempo fue relativamente fácil corregir un fallo, simplemente cambiando un componente, ahora resulta muy difícil en la técnica altamente integrada.

Deberán hacerse más estrechos los contactos entre desarrollo y fabricación. Hasta ahora fabricación sólo participaba en el campo de hardware, pero en el futuro será necesario que se vea envuelta incluso en la etapa más avanzada de la planificación del equipo. Parte de la preparación de fabricación debe hacerse en paralelo con el desarrollo. Es particularmente necesario involucrar el lado de fabricación con los procedimientos de prueba. Serán más exigentes las demandas tanto al personal de pruebas de fábrica como el de planificación. Estos hechos muestran que el esfuerzo de ingeniería por equipo aumentará. El valor añadido de un producto en la etapa de fabricación está estrechamente combinado con el programa y pruebas funcionales y con un fácil y rápido diagnóstico de fallos. Mejorarán los métodos para el ensamble de componentes eléctricos en los

circuitos impresos. Además la fabricación debe ser capaz de manejar los problemas especiales de transmisión. Debido a la jerarquía de la red, deben producirse muchas unidades funcionales diferentes en cantidades relativamente pequeñas.

### Conclusión

La adaptación a nuevas tecnologías se está operando de manera continua en el campo de las técnicas de transmisión. Se esperan influencias esenciales a partir de las redes integradas. Las unidades de interconexión de los equipos múltiplex MIC primarios cambiarán. El progreso en el campo de los semiconductores permitirá la realización de nuevos conceptos más económicos de transmisión. La transmisión por fibra óptica presenta amplio campo de aplicaciones. Además de considerables paquetes de señales de voz y de datos, es posible la transmisión de importantes cantidades de señales de televisión. La gran anchura de banda de las líneas de transmisión por fibra óptica hace posible conectar abonados con métodos de acceso múltiple. Se presentan influencias en las tareas y estructura de los departamentos de desarrollo pero son casi despreciables en comparación con otras áreas en el campo de la telecomunicación. Análogamente puede decirse en lo que respecta a la fabricación.

Como se emplean bajas velocidades de proceso de datos en equipo de transmisión, se espera en estos menor influencia de los altos niveles de integración que en otras áreas. El presente estado de la tecnología de transmisión en desarrollo y fabricación parece ofrecer una tendencia evolutiva futura que llevará a la introducción de nuevas tecnologías y métodos.

### Referencias

- [1] F. Ulrich y G. Zeidler: Einfluß hochintegrierter Halbleiterschaltungen auf die Konzeption von nachrichtentechnischen Einrichtungen; Der Ingenieur der Deutschen Bundespost 24 (1975), 5 y 6.

- [2] G. Zeidler y F. Ulrich: Las nuevas tecnologías revolucionan los equipos de comunicaciones; Comunicaciones Eléctricas, 1976, volumen 51, n° 2, págs. 125-132.
- [3] G. Zeidler: Nuevas tecnologías ¿Un reto para la Industria de Telecomunicaciones?; Comunicaciones Eléctricas, 1977, volumen 52, n° 3, págs. 226-231.
- [4] K. G. McKay: Innovation in Communication Technology; Bell Laboratories Record, septiembre 1977, págs. 325-332.
- [5] N. Hoffmann: Entwicklungstendenzen bei Herstellungsverfahren für monolithische integrierte Analogschaltungen; Valvo-Berichte, volumen XIX, n° 4, págs. 139-145.
- [6] T. M. Forster y Domenico O. J. Digion: Thick Film Technique for Microwave Integrated Circuits; IEEE-Transaction on Parts, Hybrids and Packaging, volumen PHP 16, n° 2, junio 1974.
- [7] H. Marko, R. Weiss y B. Binkert: Digitales Weitverkehrssystem für 280Mbit/s und 560Mbit/s; NTZ (1974) 2, págs. 12-19.
- [8] Noack y Thaler: Übertragung digitaler Signale mit Richtfunk im regionalen Netz; Frequenz 30 (1969) 9, págs. 249-259.
- [9] H. Venhaus: Das nationale und das internationale Fernmeldenetz der Bundesrepublik Deutschland; Der Ingenieur der Deutschen Bundespost 23 (1974) 4, págs. 104-107 y n° 5, págs. 143-152.
- [10] U. Haupt: Anwendungsfelder der Übertragungstechnik mit Glasfasern. Vortrag Bauelemente-Symposium Optoelektronik, Technologie und Anwendung optoelektrischer Bauelemente. Tagungsberichte des ZVEI, Fachverband 23, 24 abril 1977.
- [11] K. D. Schenkel: Entwurf eines integrierten digitalen Nachrichtensystems mit Vielfachzugriff für ein beliebig verzweigtes Breitbandnetz; AEU 27 (1973) 4, págs. 168-176.
- [12] G. Weinmann: Neue Technologien und Techniken in den Produktionsstätten der Nachrichtentechnik; NTZ 30 (1977) 8, págs. 639-645.

**Werner Haas** nació en 1927 en Stuttgart. Estudió matemáticas y telecomunicación en la Universidad Técnica de Stuttgart y obtuvo el diploma en matemáticas. En 1952 ingresó en SEL como ingeniero de desarrollo en teoría de redes y aplicaciones de ordenador. Más tarde tuvo a su cargo el desarrollo avanzado de sistemas de transmisión, teoría de redes y equipos especiales.

Desde septiembre de 1966 ha sido el responsable del desarrollo de sistemas de transmisión de FDM, TDM y datos, incluyendo los equipos de línea para cable. El Sr. Haas es ahora director del departamento de SEL responsable del desarrollo de sistemas de frecuencias portadoras, digitales y de datos.



# Equipo de Telecomunicación para la recogida de datos del sistema METEOSAT

Tras unas palabras sobre el sistema METEOSAT se pone atención en la misión de recogida de datos y en las plataformas para esta misión. Se describen a continuación los equipos prototipo realizados por LCT para la Agencia Espacial Europea, y como conclusión se hace una breve presentación del material en fase de industrialización.

M. LAMBOURG  
Laboratoire Central de Télécommunications, Francia

## Introducción

LCT ha construido, para el programa METEOSAT de la Agencia Espacial Europea, tres prototipos de equipo de telecomunicación para la plataforma de recogida de datos DCP, junto con los dispositivos auxiliares para pruebas y mantenimiento.

Estos prototipos forman parte de las instalaciones de la estación terrena encargada por la Agencia para la iniciación, experimentación, utilización y supervisión del sistema completo.

## Breve descripción del sistema METEOSAT

### Satélites

El sistema METEOSAT (Fig. 1) forma parte del sistema global de observación del programa básico de la organización mundial de meteorología: el observatorio meteorológico mundial.

Para llevar a cabo dicho programa se proyecta situar cinco satélites, espaciados regularmente, en órbitas geostacionarias alrededor del Ecuador. Uno de estos satélites corresponde al METEOSAT europeo, que ha sido lanzado en el tercer trimestre de 1977. Estabilizado por rotación (100r.p.m.) cubrirá alrededor de un tercio de la su-

## Tabla de abreviaturas

DATTS	- Estación de captación de datos de telemando y telemetría
DCP	- Plataforma de recogida de datos
DRCC	- Centro de referenciación y acondicionamiento de datos
EIRP	- Potencia radiada isotrópica equivalente del equipo
ESA	- Agencia espacial europea
MIEC	- Centro de extracción de información meteorológica
MOCC	- Centro de control operación de misión
PDUS	- Estación primaria de utilización de datos
SDUS	- Estación secundaria de utilización de datos
SPL	- Nivel de reparto de fase
TCXO	- Oscilador de cristal controlado por temperatura
VCXO	- Oscilador de cristal controlado por voltaje

perficie terrestre, incluyendo dentro de su radio de acción a Europa, Africa Oriental, el Océano Indico Occidental y la parte Oriental de Sud-América.

Las tres principales misiones de METEOSAT son:

- mapa radiométrico de la Tierra
- obtención de datos meteorológicos y ambientales
- difusión de los datos meteorológicos.

- 1 Satélite
- 2 DATTS
- 3 Centro de tratamiento
- 4 Usuario
- 5 DCP

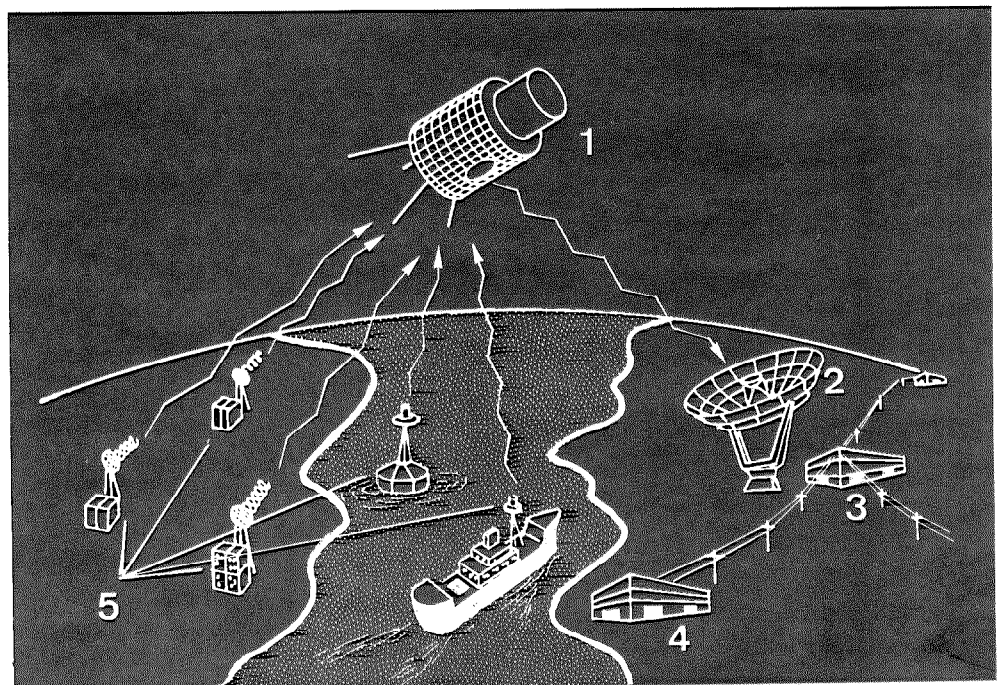


Fig. 1 La misión METEOSAT de recogida de datos

## Recogida de datos METEOSAT

### Estaciones terrenas

Son de dos tipos: las estaciones de los usuarios y las estaciones centrales.

Las funciones principales de la estación central son:

- Telecomunicación y control. La telecomunicación estará a cargo de una estación situada en el Odenwald (R. F. de Alemania). Esta estación se denomina DATTS y funcionará con un centro de control operacional de misión (MOCC).
- Tratamiento de datos y restitución. Habrá dos estaciones de este tipo, denominadas DRCC y MIEC, respectivamente.  
Los usuarios dispondrán de:
  - Estaciones receptoras que funcionarán en la banda de 1700MHz. Estas estaciones, denominadas PDUS y SDUS, recibirán los datos transmitidos por la DATTS en canales especiales de difusión de datos.
  - Plataformas de recogida de datos (DCP), situadas en distintas partes del mundo. Las DCP transmitirán al DATTS, a través de METEOSAT (automática o semiautomáticamente) los datos meteorológicos y ambientales recogidos por una serie de sensores asociados.

### La misión de recogida de datos

#### General

Las DCP se han diseñado para ser transparentes a todo tipo de datos recogidos, los cuales pueden ser por tanto muy numerosos, y utilizarse para muy distintos fines, dependiendo en gran medida del tipo de sensor empleado. Los datos recogidos serán primordialmente los relacionados con las aplicaciones meteorológicas, pero pueden también referirse a cualquier otro tipo de parámetro ambiental: químico, físico, biológico o geofísico. La misión de la DCP tiene aplicaciones en predicción (meteorológica), vigilancia (bosques, embalses, plataformas de perforación), gestión territorial (transportes, irrigación), alarmas (erupciones, inundaciones) etc.

Cada DCP consta de dos subconjuntos:

- Uno que contiene los sensores y el sistema de tratamiento de datos de los sensores (digitalización, multiplexación y, en caso necesario, almacenamiento).
- Otro que contiene el equipo de telecomunicación necesario para transmitir los datos proporcionados por el subconjunto de los sensores. Los datos se transmiten de acuerdo con un procedimiento predeterminado.

LCT ha construido e instalado tres prototipos del subconjunto de telecomunicación, de acuerdo con las especificaciones del Centro Operacional Espacial Europeo.

Los mensajes emitidos por la DCP son repetidos por METEOSAT hacia la DATTS en donde pueden ser procesados antes de ser retransmitidos a los usuarios a través de distintos tipos de enlaces terrestres, o incluso también espaciales.

#### Organización de la misión de recogida de datos

Los datos originados en la DCP se transmiten a la DATTS mediante un sistema mixto de división de frecuencia y de tiempo.

La banda de 200kHz asignada a la misión se subdivide

en 66 canales espaciados a intervalos de 3kHz (el enlace ascendente es 402-402.2MHz).

Dado que los datos se transmiten a un ritmo de 100bit/s y que hay que respetar unos intervalos de guarda, el sistema puede recoger más de 200 millones de bits de información por día.

Los subconjuntos de telecomunicación de la DCP pueden transmitir mediante cualquiera de los tres modos principales de funcionamiento siguientes:

#### a) Modo autónomo

En este caso, varias DCP comparten (en distintos tiempos) un radiocanal determinado. Cada una de las DCP que comparten el canal, está equipada con un reloj de precisión, y se le asigna uno o más instantes de transmisión cada 24 horas.

Los instantes de transmisión se programan en el momento de entrada en servicio, de acuerdo con los siguientes criterios:

- período de reinicialización de todos los instantes: 24h.
- intervalo entre transmisiones sucesivas: en múltiplos de 30 minutos
- principio de un período de transmisión: al iniciarse el minuto más próximo a la hora asignada
- duración de un período de transmisión: alrededor de un minuto.

#### b) Modo de interrogación

En este caso, varias DCP tienen acceso a todos los canales asignados al modo de funcionamiento interrogativo. Para poder funcionar en este modo, cada DCP debe tener, además de su transmisor, un receptor y un duplexor. El funcionamiento es como sigue:

La DATTS emite un mensaje de "interrogación", el cual se retransmite a todas las DCP a través del satélite, en una frecuencia de alrededor de 469MHz. El mensaje de "interrogación" se puede dirigir a tantas DCP como canales haya.

Tras demodular un mensaje de "interrogación", cada DCP busca en él su propia dirección, y si la encuentra transmite inmediatamente sus datos en la frecuencia que se le ha asignado. Como cada DCP transmite en un canal diferente, puede haber tantas transmisiones simultáneas como canales (o "direcciones") haya.

#### c) Modo de alarma

Este modo es una opción del modo de interrogación y se aplica solamente a las DCP que llevan sensores que miden uno o más parámetros tan críticos que cuando superan un cierto valor, el hecho ha de ser conocido inmediatamente.

El sensor que detecta que se ha rebasado tal umbral hace que la DCP emita un mensaje de alarma en un canal especial. Cuando la DATTS recibe este mensaje, que consta fundamentalmente de la dirección de la DCP en cuestión, dirige inmediatamente un mensaje de interrogación hacia dicha DCP. La DCP, al recibir este último mensaje, transmite sus datos por un canal especialmente reservado para este fin.

Emplazamiento y características principales de los equipos de telecomunicación de las DCP

Las especificaciones del sistema de telecomunicación de la red METEOSAT determinan que los transmisores de las

DCP tengan una potencia radiada isotrópica equivalente (EIRP) de unos 18 dBw.

Los datos se pueden recoger tanto en el mar como en tierra firme, por lo que hay dos tipos de equipos:

- Instalaciones en tierra firme. Las DCP se equipan con antenas directivas de alta ganancia (> 10 dB) y transmisores de pequeña potencia ( $\approx 5$  W).
- Instalaciones en boyas o en barcos. Las DCP se equipan con antenas de diagrama de radiación hemisférico de baja ganancia, y transmisores de gran potencia ( $\approx 50$  W).

La ventaja principal de las DCP es la posibilidad de situarlas en lugares deshabitados de difícil acceso.

Por esta razón deben ser automáticas y de funcionamiento autónomo, con equipo robusto y fiable. Deben sobre todo consumir muy poca energía, ya que a menudo tendrán que funcionar a partir de una fuente autónoma de energía.

### Descripción de los prototipos de LCT para la Agencia Espacial Europea

La construcción de los prototipos en LCT ha tenido un doble objetivo: el equipo no sólo ha de cumplir todos los requisitos funcionales de la misión, sino que también ha de proporcionar a la Agencia Espacial Europea los medios necesarios para probar el sistema METEOSAT. Por todo ello, las prestaciones de los prototipos son superiores a las estrictamente necesarias para la recogida de datos.

Con excepción de la antena, cada subconjunto de telecomunicaciones está formado por unidades estancas (Fig. 2) interconectadas que constan de:

- unidad de control
- unidad transmisora
- unidad de amplificador de potencia
- unidad receptora
- unidad de duplexor.

Si se incluye la antena, cada subconjunto constituye un equipo de telecomunicación para DCP, completo y multifuncional. Cada unidad activa se alimenta de una fuente única que da entre 22V y 32V, teniendo cada unidad sus propios reguladores de voltaje. Un sistema de seguridad asegura que, si el voltaje supera los límites de funcionamiento, las unidades se ponen en el modo de espera. El margen de temperaturas de funcionamiento va de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ . El equipo de baja frecuencia se realiza en tarjetas de circuito impreso, mientras que para las partes de alta frecuencia se utiliza micro-strip sobre sustrato de vidrio teflon. Los circuitos lógicos son C-MOS.

#### La unidad de control

Esta unidad ( $450 \times 250 \times 300$  mm) controla todo el subconjunto. El prototipo se ha diseñado para que funcione en cualquiera de los tres modos anteriormente descritos. Tiene las siguientes funciones:

- recoger datos de sus fuentes (los distintos sensores) en los instantes adecuados. La unidad de control se interconecta con las fuentes de datos y les da:
  - la velocidad de transmisión (100 bit/s)
  - la señal o señales horarias de transmisión de datos.

Por otra parte recibe:

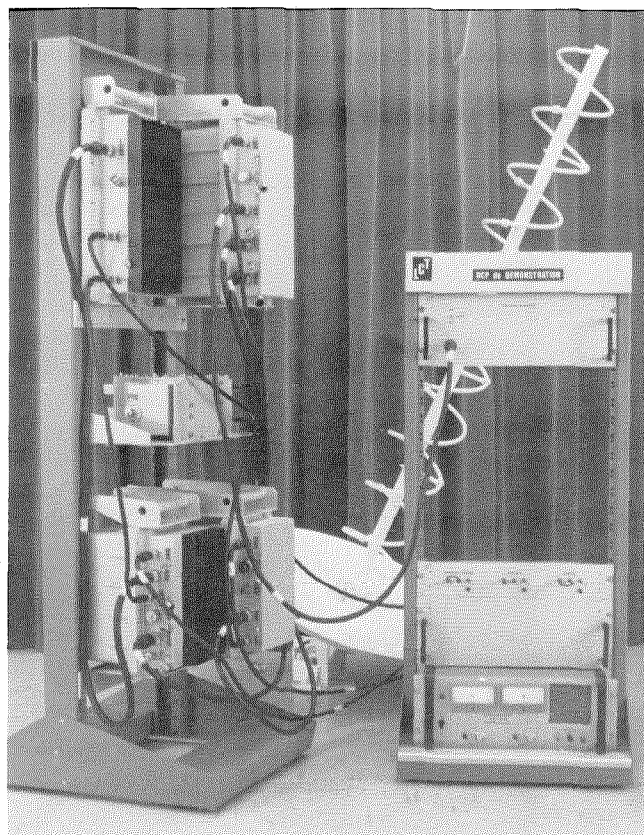


Fig. 2 Equipo de telecomunicación de la DCP-Prototipo y unidades auxiliares.

En el bastidor de la izquierda (de izquierda a derecha y de arriba a abajo), se puede ver: el amplificador de potencia y módulo de control, de duplexor, el transmisor y el receptor.

- la señal de alarma, en caso necesario
- datos NRZ\* sincronizados con el reloj y la señal horaria de transmisión
- construcción de mensajes: generación de preámbulos, palabras de sincronización, direcciones y señales de fin de texto; formatos; codificación SPL; calibración; pre-filtrado del modulador. El prototipo posee cinco direcciones programables en el momento de puesta en servicio (una para el modo autónomo, y las otras cuatro para el modo de interrogación; cada dirección designa un número diferente de bits de datos a transmitir y también es programable desde 1 a 5200)
- poner en marcha el transmisor al finalizar una temporización, al recibir una señal de alarma, o al reconocer una de las cuatro direcciones de la DCP en un mensaje de interrogación
- seleccionar la frecuencia de transmisión. El prototipo tiene cuatro frecuencias de transmisión: una para el modo autónomo, una para el modo de interrogación y dos para el modo de alarma
- generar un mensaje de petición de interrogación al detectar un estado de alarma.

\* NRZ (non-return to zero) = sin retorno a cero.

## Recogida de datos METEOSAT

La unidad de control contiene también:

- un reloj de temporización excitado por un oscilador TCXO (estabilidad en un año dentro del margen de temperatura especificado:  $\pm 10^{-6}$ ) para que la DCP pueda funcionar en el modo autónomo. Tras ser programado y puesto en hora durante la instalación, el reloj garantiza que la transmisión tiene lugar en los intervalos adecuados, como se describió anteriormente. El oscilador también sirve como base de tiempos a la velocidad de transmisión y como oscilador local del receptor
- un módulo de reconocimiento de direcciones para funcionar en los modos de interrogación y de alarma. Este módulo garantiza la sincronización del mensaje de interrogación suministrado por el receptor, y también reconoce cualquiera de las cuatro direcciones de la DCP.

### La unidad transmisora

La salida de esta unidad (350 × 250 × 300 mm) es una señal modulada en fase que se envía a la antena o al amplificador de potencia. La potencia de salida se puede ajustar entre 2 y 5 W por medio de un potenciómetro.

Esta unidad consta de los módulos siguientes:

- Un generador de portadora que lleva:
  - a) Cuatro TCXOs con frecuencias del orden de 5 MHz y una estabilidad de  $\pm 10^{-6}$  por año dentro del margen de temperatura de funcionamiento.
  - b) Un conmutador de uno entre cuatro con un alto grado de aislamiento ( $> 90$  dB), activado por una señal de selección de canal procedente de la unidad de control.
- Un modulador de fase, que consta de un multiplicador de frecuencia ( $\times 80$ ) y un modulador de fase de 25 MHz. El índice de modulación a la salida es de  $60^\circ$  pico  $\pm 5\%$ . La señal de modulación la proporciona la unidad de control.
- Un amplificador de 5 W, que consta de:
  - a) Una cadena amplificadora VHF con tres etapas en serie (una clase A y dos clase C).
  - b) Un detector de umbral y un bucle de CAG para regular el valor deseado de potencia de salida y estabilizarlo ( $\pm 0,5$  dB) según las variaciones de temperatura y del voltaje de la alimentación.
- Un temporizador ajustable que limita automáticamente la duración máxima de una transmisión, impidiendo así la congestión del canal de transmisión en caso de avería de la unidad de control.
- Una fuente de alimentación, que consta de:
  - a) Un regulador de baja potencia y alta intensidad, que alimenta permanentemente los osciladores.
  - b) Un convertidor de alta potencia que alimenta los módulos restantes sólo durante los períodos de transmisión, y que se conecta mediante la señal de "transmitir" procedente de la unidad de control.

### La unidad de amplificación de potencia

Esta unidad (450 × 250 × 150 mm) es un dispositivo auxiliar que cuando se conecta a la unidad transmisora constituye un transmisor marítimo DCP.

En la versión prototipo, la potencia de salida se puede regular entre 6.5 y 65 W mediante potenciómetros. La unidad funciona con un ciclo de trabajo de 70/120s, sin re-

frigeración forzada, independientemente de la temperatura ambiente, la potencia de salida y el voltaje de alimentación.

La unidad contiene:

- El amplificador propiamente dicho, que consta de dos cadenas gemelas de 2 transistores, en paralelo.
- Un circuito detector que está conectado al bucle de CAG de la unidad transmisora para garantizar la regulación de potencia y la estabilización ( $\pm 0,5$  dB).
- Una fuente de alimentación doble, con limitador para reducir el margen de variación del voltaje. La fuente funciona solo durante la transmisión.

La pureza espectral del subconjunto de transmisión completo es superior a 60 dB y el ruido de fase de la portadora es inferior a  $3^\circ$  eficaces (medido con un bucle de fase de 10 Hz de anchura).

### La unidad receptora

Esta unidad (350 × 250 × 300 mm) se utiliza solamente cuando se funciona en los modos de interrogación y alarma. La señal de interrogación de 469 MHz es una portadora no modulada que dura un período de modulación (fase partida, 100 bit/s,  $60^\circ$  pico). La señal moduladora consiste en una secuencia de 50 bits de ceros y unos, para sincronización de bits, seguida del mensaje propiamente dicho (es decir, palabras de sincronización y de dirección).

Además de un regulador de voltaje, la unidad receptora consta de:

- a) Un módulo de captación y demodulación.

Este módulo contiene un amplificador de bajo ruido (factor de ruido  $\leq 2,5$  dB) y una cadena de filtrado con un preamplificador UHF, dos amplificadores de frecuencia intermedia (30.4 MHz y 2.95 MHz), y una serie de osciladores locales multiplicadores de frecuencia. La ganancia total es del orden de 80 dB, siendo el rechazo de la frecuencia imagen superior a 60 dB.

El módulo contiene también un demodulador de fase coherente que consta de un amplificador/limitador (frecuencia central  $\approx 85$  kHz, banda de paso  $\approx 900$  Hz) y un VCXO indirecto enclavado en fase, con un barrido de 2.500 Hz pico-pico, y conmutación automática del ancho de banda del bucle.

Durante la demodulación la anchura de banda de ruido del bucle está entre 7 y 12 Hz (banda lateral única) y es proporcional a la relación señal/ruido.
- b) Un módulo condicionador de bits.

Este módulo tiene dos funciones:

  - restitución de la velocidad de repetición de bits, que se realiza mediante un bucle de fase de primer orden totalmente digital. La captación se hace durante el preámbulo, con un umbral correspondiente a una relación  $E/N_0 = 2$  dB y una probabilidad de éxito de 0.9
  - demodulación óptima de la señal de fase partida, la cual se lleva a cabo mediante una transcodificación SPL-NRZ, seguida de una integración y alineación a cero de la señal NRZ. La calidad de funcionamiento del receptor es tal que, para tasas de errores de bits entre  $10^{-2}$  y  $10^{-5}$ , solo disminuye 3.5 dB respecto del máximo teórico, con independencia de la temperatura.

### La unidad duplexora

Esta unidad también funciona solo en los modos de interrogación y de alarma. Consta de dos filtros de cavidad paso-banda conectados a la salida de la antena por una unión en T. El Q sin carga de los filtros es del orden de 5000. Otras características son:

- Pérdida de inserción en la vía de transmisión  $\leq 0.5$  dB
- Pérdida de inserción en la vía de recepción  $\leq 0.3$  dB
- Desacoplo entre las dos puertas  $\geq 75$  dB a 402 MHz  
 $\geq 70$  dB a 469 MHz

### Conclusión. Futuros equipos

Teniendo en cuenta la finalidad para la que fueron diseñados, los prototipos realizados se caracterizan por una calidad de funcionamiento y una flexibilidad superiores a las que seguramente habrán de requerir los usuarios. Además, los estudios de mercado llevados a cabo en los países cubiertos por METEOSAT han mostrado que, por lo menos durante los próximos cinco años, casi todas las DCP serán del tipo autónomo. Por todas estas razones, LCT ha desarrollado, además de los modelos construidos

por ESA, otro tipo de DCP autónoma más adecuado a las necesidades funcionales reales y a la producción masiva.

El modelo de fabricación consta de un armario único, que incluye:

- Un oscilador-modulador UHF de potencia (5 W) enclavado en fase con una frecuencia de referencia de unos 5 MHz, que define el canal utilizado.
- Un amplificador de potencia opcional (40 W) para DCP marítimas.
- Una tarjeta de control que contiene un temporizador y un conformador de mensajes con direccionamiento único programable y longitud fija de mensaje.

**Michel Lambourg** nació en 1939. Se graduó en ingeniería civil en la Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications en 1963. En 1965 ingresó en ALCATEL, en donde durante tres años trabajó en cuestiones de aplicación de óptica coherente y no coherente de tratamiento de señales. Durante los cuatro años siguientes trabajó en los aspectos teóricos de la modulación y codificación por impulsos. Ingresó en LCT en 1972, en donde dirige una sección en el departamento de telecomunicaciones espaciales. En la actualidad se ocupa de la investigación y el desarrollo de sistemas de transmisión, telemetría y medida de velocidad y distancia.

# Mando automático de vehículos sobre carriles

El aumento de la seguridad del tráfico ferroviario puede conseguirse actualmente con menos personal, utilizando dispositivos electrónicos modernos. Este artículo se refiere al equipo instalado en el vehículo, que forma parte de un sistema de mando basado en ordenador y con microprocesadores, que se está ensayando en Berlín.

H. UEBEL

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

## Introducción

Con la ayuda del Ministerio Alemán de Investigación y Tecnología (BMFT – Bundesministerium für Forschung und Technologie), SEL está desarrollando un sistema de mando (SELTRAC)\* para sistemas guiados de transporte urbano, que permite efectuar todo el servicio con muy poco personal.

Este sistema es un desarrollo avanzado del sistema utilizado por los Ferrocarriles Alemanes, el LZB L'72. El funcionamiento práctico del sistema SELTRAC se está ensayando en un tramo de pruebas de la Dirección de Transportes de Berlín, entre las estaciones de Bülowstrasse y Gleisdreieck. Este artículo se refiere a la configuración básica del sistema de cálculo instalado a bordo del vehículo. El equipo fijo ya ha sido descrito [1], [2].

## Funciones del mando a bordo del vehículo (VOBC)

El vehículo recibe telegramas del centro de mando con las coordenadas de destino. La transmisión se realiza por medio de un bucle inductivo que está tendido entre los carriles, a una velocidad de transmisión de 1200 Bd. Los telegramas han de ser comprobados contra errores de transmisión y finalmente decodificados. El conjunto de las coordenadas de destino y las coordenadas de la posición actual permiten el cálculo de la velocidad admisible. Si una comparación indica que la velocidad actual (velocidad instantánea) es superior a la permitida, entonces, al igual que en el caso de rebase de un punto de parada, se inicia un frenado de emergencia. Además de la velocidad admisible, se elabora una velocidad recomendada que se utiliza como determinante para el circuito de control de la velocidad. El vehículo informa al centro de mando, a petición de éste, por medio de un telegrama que se transmite a 600 Bd, de su velocidad y posición, por ejemplo, en ese momento.

## Sistema central de cálculo

Con objeto de hacer frente a las múltiples funciones que han de efectuarse en el vehículo así como a los cálculos matemáticos necesarios, el procesador central del equipo de vehículo se ha realizado con microprocesadores.

El sistema de cálculo ha de cumplir el requerimiento de ser intrínsecamente seguro (fail-safe), es decir, debe detectarse todo error y el sistema debe reaccionar hacia el lado seguro, que normalmente produce una acción de frenado. Puesto que los microprocesadores instalados no están previstos para que sean intrínsecamente seguros cuando trabajan por sí solos, se utilizan dos unidades que trabajan en

paralelo y los resultados de sus cálculos se comparan mutuamente. Una comparación que indique que ambos resultados no son idénticos produce una reacción de seguridad. La figura 1 muestra la configuración de principio del sistema de cálculo y su periferia.

En todo sistema multicalculador es necesaria una sincronización entre calculadores. Existen tres posibilidades principales para este cometido:

- Microsincronismo
- Sincronización por interrupciones
- Sincronización por intercambio de datos.

Para el sistema de cálculo que se discute aquí, se ha elegido la sincronización por medio de interrupciones porque ofrece las ventajas siguientes:

- funcionamiento asíncrono del calculador
- posibilidad de utilización de distintos programas
- no es necesario el ajuste de calculadores
- posibilidad de utilizar la velocidad máxima de cálculo.

Durante el desarrollo del sistema de cálculo se ha utilizado un concepto de diseño de SEL, que a continuación se explica.

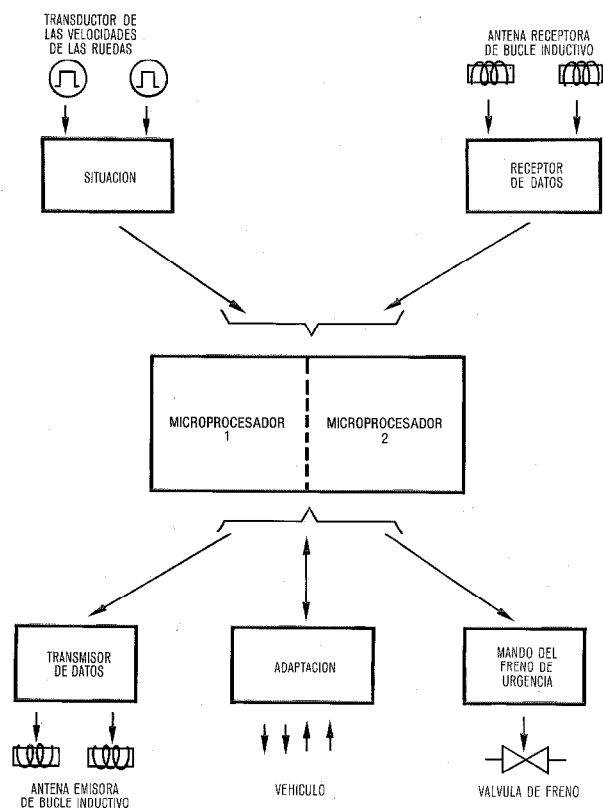


Fig. 1 Diagrama de bloques del sistema de cálculo y periferia.

\* Marca registrada del sistema ITT.

A excepción del control de interrupción, las dos unidades de cálculo no tienen partes comunes; cada unidad tiene su propio generador de señal de reloj, memoria y procesador. El diagrama de bloques de esta disposición se muestra en la figura 2. Se supone conocida la configuración de calculadores que emplean microprocesadores tipo 8080A, como los utilizados en este caso, por lo que no se describirá [3].

Puesto que cada procesador tiene su propio reloj, ambos trabajan independientemente. Incluso utilizando programas idénticos llegarían a ser asíncronos a causa de las inevitables tolerancias del reloj. Para evitar este problema, ambos procesadores se sincronizan utilizando interrupciones comunes. La sincronización se efectúa al comienzo de cada programa; la figura 3 muestra el principio del control de interrupción.

Para iniciar un programa se utiliza una interrupción común que produce una instrucción RST.X en ambos procesadores. Esta instrucción hace que el procesador salte a la dirección (8.X). Simultáneamente el biestable de interrupción interna pasa a la posición de "Bloqueo" y la interrupción externa "Permite" que pase la señal. Se dispone de 8 octetos del programa por cada dirección X (0...7) de interrupción de salto.

Generalmente estas pocas posiciones de memoria se utilizan para una instrucción de salto hacia una parte del programa principal relacionada con la interrupción específica.

Cuando ha completado el programa cada procesador salta a un bucle de espera que consta de las instrucciones siguientes EI (Interrupción de permisión) y JMP (Saltar para volver a EI). Esto hace que el biestable de interrupción interna pase al estado de permisión. Externamente, las interrupciones no son permitidas hasta que ambos procesadores están en el referido bucle de espera. Esto se cumple a causa de la disposición lógica de las dos señales internas de permisión. Con ello se indica que cuando el siguiente programa ha comenzado por medio de una interrupción, es porque cada procesador ha completado el programa anterior.

En caso de necesitarse la presencia simultánea de más de una interrupción, las interrupciones se dan de acuerdo con

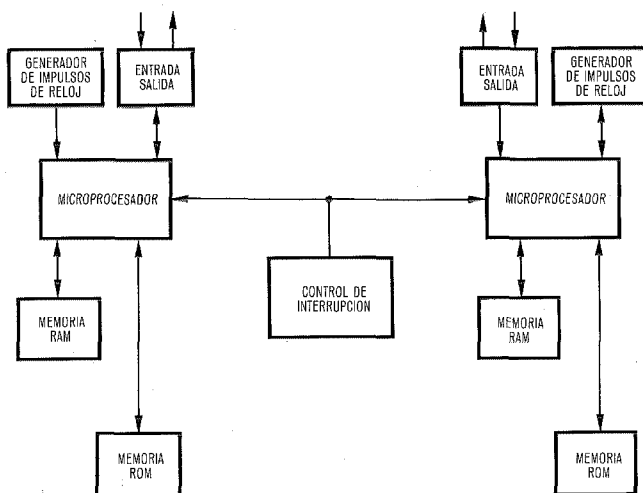


Fig. 2 Diagrama de bloques del sistema de cálculo.  
RAM - Memoria de acceso aleatorio  
ROM - Memoria de sólo lectura

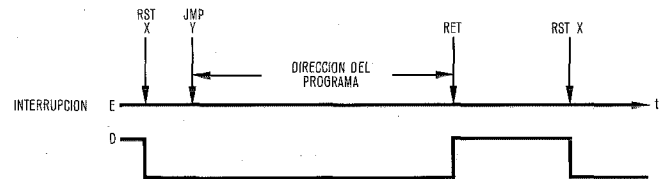
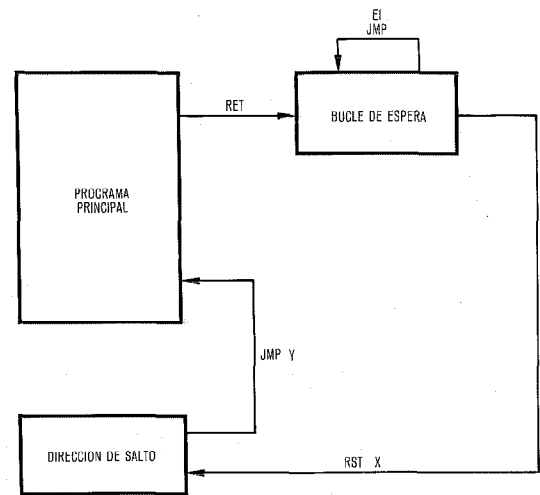


Fig. 3 Principio del control de interrupción.

- D - Interrupción bloqueada
- E - Interrupción permitida
- EI - Interrupción de permisión
- JMP - Salto
- RET - Retorno
- RST - Rearranque

la siguiente lista de prioridades. El tiene la máxima prioridad.

- Interrupción I1: telegrama de entrada
- Interrupción I2: telegrama de salida
- Interrupción I3: señal de reloj
- Interrupción I4: para entrada y salida de datos específicos de vehículo.

Las interrupciones I1 a I3 son requeridas por el hardware externo y realizan las funciones expresadas anteriormente.

Por otra parte, la interrupción I4 es generada por el procesador mismo situando un bit de petición de interrupción en una de sus puertas de salida. Este método se utiliza para iniciar programas que funcionan independientemente de cualquier interrupción externa, como por ejemplo el cálculo de las diferentes velocidades. La figura 4 muestra el diagrama de bloques de la interrupción de control.

Una necesidad suplementaria, que ha de ser cubierta para la consecución de resultados de proceso idénticos en ambos procesadores es que los datos de entrada sean idénticos. Para datos que se piden como resultado de una interrupción, por ejemplo, telegrama de entrada, este requisito se puede cumplir fácilmente. Para otros datos, como por ejemplo, datos del estado del vehículo, se precisa una sincronización con objeto de evitar que ambos procesadores trabajen con datos distintos. Para las informaciones

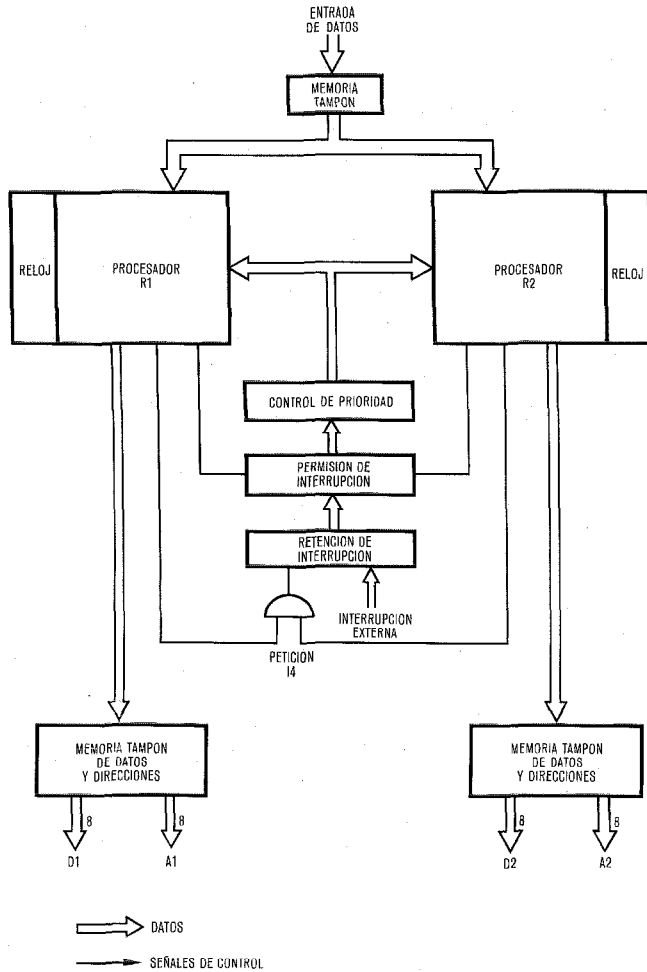


Fig. 4 Diagrama de bloques del control de interrupción.  
 A - Dirección  
 D - Datos  
 I4 - Interrupción 4.

que llegan asincrónicamente se ha previsto una memoria tampón común a ambos procesadores y que almacena los datos con la llegada del impulso de interrupción I3 cada 67 ms. Con objeto de evitar que la memoria tampón sea interrogada por los procesadores justo en el momento en que los datos están escribiéndose, la rutina de interrogación está establecida dentro de una cadena de programas de proceso interno que se inician con la interrupción I3.

La comparación de los dos procesadores se efectúa por medio del intercambio de resultados de proceso antes de que pasen hacia la periferia.

Tras un cierto retraso, que se necesita para equilibrar los tiempos de funcionamiento del procesador, cada procesador compara la información de salida del otro procesador con la suya propia. Si esta comparación es errónea, se detiene la continuación del proceso y se inicia un frenado de urgencia.

### Intercambio de datos

El intercambio de datos con el puesto central se realiza por medio de telegramas cuyo formato, en gran parte,

cumple con las recomendaciones del Comité A-46 del ORE, (Departamento de Investigación y Ensayos de la Unión Internacional de Ferrocarriles UIC). La longitud del telegrama transmitido al vehículo es de 83,5 bitios y la velocidad de transmisión es de 1200 Bd.

En el vehículo, el telegrama recibido se demodula en un receptor analógico. Entonces en la entrada del receptor digital se dispone del telegrama digital seriado. Allí se efectúa el reconocimiento del encabezamiento\* de telegrama muestreando el telegrama seriado a una frecuencia de reloj que es un múltiplo entero de la velocidad de transmisión e interpretándolo en un registro de desplazamiento. La salida en paralelo del registro de desplazamiento se compara con un patrón de bitios cableado.

Comenzando por el impulso de reconocimiento de encabezamiento, el resto del telegrama es muestreado a una velocidad de 1,2 kHz en el centro de cada bitio por un registro de desplazamiento de 8 bitios. Después de cada octavo impulso de desplazamiento, el octeto es transferido a una memoria temporal. Simultáneamente se transfiere al procesador una palabra de estado de cuatro bitios que indica el número de octeto. La comprobación del contenido del telegrama y los ocho bitios de redundancia se elaboran en el microprocesador. La figura 5 muestra el intercambio de datos; por ejemplo, un telegrama de entrada es transferido de la memoria temporal hacia el procesador por medio de 10 interrupciones I1.

El microprocesador determina si ha de enviar una respuesta 2 ms después de la aceptación de un telegrama procedente del centro de mando. Cuando ha de transmitirse un telegrama de respuesta, el sistema de proceso genera una señal ATZ (permitida la salida del telegrama) que es almacenada en la lógica del transmisor y que en conjunción con un circuito de retardo conmuta el transmisor a la posición de funcionamiento.

La velocidad de transmisión hacia el centro de mando es de 600 Bd, siendo en este caso telegramas de una longitud de 41 bitios.

El telegrama de salida, incluyendo los 6 bitios de redundancia es de 41 bitios, generados 3 por el hardware y

\* El encabezamiento del telegrama tiene una estructura definida de 5 1/2 pasos: indica al equipo que esto es el principio de un nuevo telegrama.

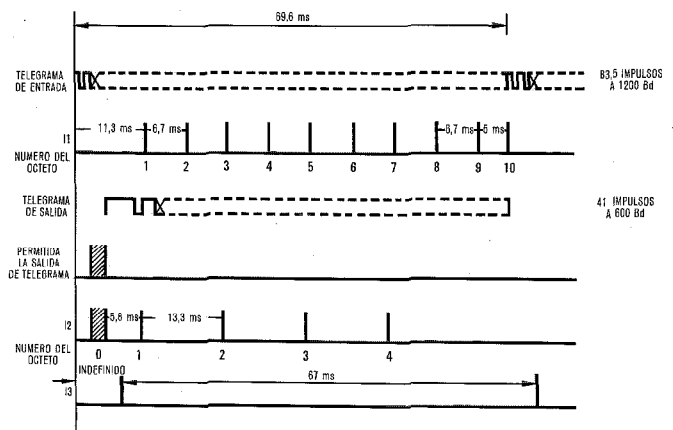


Fig. 5 Flujo de datos y secuencia de interrupciones.



el resto por el procesador en forma de octetos, utilizando una palabra de estado de 3 bits para indicar el byte que debe generarse a continuación (Fig. 5).

Después de haberse transmitido el último bitio el transmisor es desconectado.

### Frenado de urgencia

El mando del freno de urgencia en sistemas de transporte guiados por carriles es de suma importancia. En caso de averías, la activación del freno de urgencia es frecuentemente el único método absolutamente seguro para evitar un riesgo.

Con objeto de realizar un sistema de frenado de urgencia intrínsecamente seguro para frenos neumáticos, como son los utilizados por el tipo de vehículo A3L, se aplica el principio de corriente en circuito cerrado. Esto hace que los frenos puedan liberarse sólo si fluye corriente a través del imán del freno de urgencia (válvula magnética). La actuación de los imanes de frenado por el sistema de proceso se realiza a través de dos canales. Ello permite que cada procesador tenga la posibilidad de activar los frenos de urgencia independientemente del otro. Por este motivo se conectan en serie los contactos normalmente abiertos de los dos relés de mando. Con objeto de detectar averías, los contactos son comprobados recíprocamente por los dos procesadores. La soldadura de contactos, que está considerada en el análisis de fallos, será detectada por el otro procesador que a su vez aplicará el frenado de urgencia. Cada vez que se conecta el dispositivo, por ejemplo, arranque del vehículo, se comprueba automáticamente el sistema de frenado de urgencia, incluyendo las válvulas magnéticas.

La señal de entrada al circuito que genera la tensión de bobina para los relés de control, es una secuencia de impulsos de una frecuencia de 15 Hz. Si la frecuencia no está dentro de los límites admisibles en las cercanías de los 15 Hz, la bobina no se excitará. Estos impulsos son generados por los dos procesadores como respuesta a las interrupciones I3 del reloj (véase Fig. 5) siempre que no esté presente la condición de frenado de urgencia.

Con ayuda de programas de supervisión ambos procesadores pueden comprobar las demás interrupciones respecto a la interrupción de reloj.

El freno de urgencia es aplicado siempre por ambos procesadores en caso de averías detectadas por ellos mismos (exceso de velocidad, trayecto erróneo, comparación de salidas errónea, etc.), o avería de reloj (I3 es errónea) y fallos de la alimentación.

### Consideraciones de seguridad

Por medio de la comparación de salidas, el sistema procesador descrito es seguro de acuerdo con la "teoría de avería única". Además, para evitar que ocurran averías dobles, se han establecido los requerimientos siguientes:

- Programas libres de errores.
- Errores de hardware no sistemáticos.
- Acontecimiento de errores en ambos procesadores estadísticamente independientes entre sí.
- Tiempo de detección de error muy pequeño comparado el tiempo medio entre fallos (MTBF).

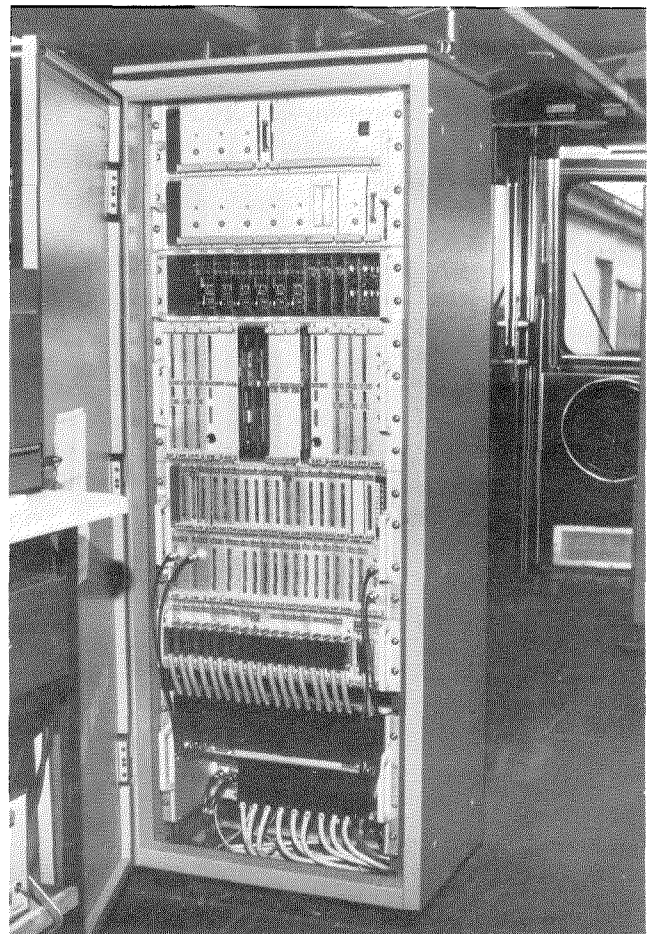


Fig. 6 Vista del equipo (abierto) para mando automático de vehículos sobre carriles.

El objeto de los programas libres de errores no se discutirá puesto que existe una amplia documentación al respecto [4, 5]. Es preciso dividir el programa en partes cortas inteligibles por el hecho de que el tiempo máximo de desarrollo de un programa, desde el momento de la interrupción hasta el salto al bucle de espera, no puede ser mayor de 5 ms.

Los errores sistemáticos de hardware pueden evitarse dimensionando los circuitos para el caso peor y sometiendo los circuitos integrados a un extenso tipo de pruebas de aceptación antes de su utilización. Además de esto, los componentes sufren un minucioso control de calidad.

El requisito para la independencia estadística de los errores se cumple por el hecho de que los procesadores no tienen partes comunes, salvo para la generación de interrupciones. El desacoplamiento de las entradas de los procesadores también tiene relación con lo anterior. Con objeto de evitar reacciones semejantes a posibles impulsos de interferencia, los dos procesadores funcionan ligeramente asíncronos.

Las medidas siguientes hacen que el tiempo de detección de error sea mínimo:

- comparación de los datos que son de salida hacia la periferia

## Mando automático de vehículos

- comparación de los resultados intermedios
- comprobación de memoria.

Las medidas descritas anteriormente garantizan un grado de seguridad, que permite la utilización del sistema de proceso para vehículos controlados automáticamente sin un sistema de seguridad suplementario.

### Conclusiones

El equipo de vehículo descrito ha sido instalado en un vehículo en la primavera de 1977. Los ensayos han sido terminados en gran parte. Actualmente se están efectuando pruebas de campo con un segundo vehículo.

### Referencias

- [1] K. U. Dobler: SELTRAC Betriebsablaufsteuerung für Nahverkehrssysteme; Elektrische Bahnen, 1976, volumen 47, n°10, págs. 236-241.

- [2] K. U. Dobler: SELTRAC - Un sistema de órdenes y control para transportes públicos urbanos y suburbanos; Comunicaciones Eléctricas, 1975, volumen 50, n°2, págs. 153-158.
- [3] B. Soucek: Microprocessors and Microcomputers; New York, John Wiley and Sons, 1976, capítulo 7; 8008/8080 and MCOM-8 Microprocessors, págs. 251-298.
- [4] U. Voges y W. Ehrenberger: Vorschläge zu Programmierrichtlinien für ein Reaktorschutzrechnersystem; Kernforschungszentrum Karlsruhe KFK-Ext. 13/75-2.
- [5] W. D. Ehrenberger y J. R. Taylor: Recommendations for the Design and Construction of Safety Related User Programs; Regelungstechnik, febrero 1977, volumen 25, n°2, págs. 46-53.

**Helmut Uebel** nació el 15 de julio de 1941 en Fuerth, Baviera. Estudió ingeniería de comunicaciones en el Ohm Polytechnic College de Nuremberg e ingeniería de control en la Universidad de Stuttgart, donde alcanzó el grado de Ingeniero Diplomado en 1969. En ese mismo año ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG, donde trabaja en la actualidad como Jefe de Departamento en la Línea de Productos de Técnicas de Control para Ferrocarriles.

# Transductores telefónicos utilizando hojas de polímero piezoeléctrico

## Introducción

Varios materiales polímeros presentan efectos piezoeléctricos importantes, como por ejemplo el PCV, Policarbonato, Polipropileno, pero el material que muestra la mayor sensibilidad es el Fluoruro de Polivinilideno (FPVD o F<sub>2</sub>PV) [1]. Cuando se utiliza como transductor entre terminales acústico y eléctrico funciona recíprocamente de forma que tanto el micrófono como el receptor son posibles.

Además de los efectos piezoeléctricos el FPVD presenta también interesantes propiedades piezoeléctricas, ópticas y de almacenamiento de carga superficial, manifestaciones todas ellas de un electreto, que es el término general para un dieléctrico sólido en el que las cargas persisten, que puede ser detectado por cualquier medio [2]. En la literatura comercial, el término electreto se utiliza ahora frecuentemente en el sentido estricto de especificar un dieléctrico con carga superficial persistente utilizado en transductores electrostáticos, micrófonos, altavoces o auriculares de casco. Por consiguiente, la discusión que sigue no se ocupará de estos usos corrientes, y en cambio se utilizarán descripciones más precisas, como polímero piezoeléctrico, polímero piroeléctrico o electreto de carga superficial.

## Almacenamiento de cargas en dieléctricos polímeros

Aunque de momento no existe ninguna teoría generalmente aceptada para explicar los efectos de persistencia electrostática, piezoeléctrica o piroeléctrica en polímeros, hay fuertes indicaciones de que la carga espacial atrapada en la red de cristal de las moléculas explica muchos de los efectos observados, pero existe también alguna evidencia en relación con la orientación de los dipolos de la estructura cristalina [3].

Una película de FPVD se puede polarizar de forma que sea un electreto cargado superficialmente y que tenga al mismo tiempo fuertes propiedades piezoeléctricas y piroeléctricas. Al igual que un electreto de carga superficial, no tiene tanta duración como alguno de los electretos que se pueden obtener comercialmente, tales como el "Teflon" FEP, pero cuando la carga superficial ha disminuido, el efecto piezoeléctrico es todavía totalmente efectivo y persistente: es detectable cuando se conectan electrodos a ambas caras de la película.

Un método de acelerar la disminución de la carga superficial de un electreto, para estimar su probabilidad de larga vida, consiste en medir el voltaje de superficie cuando se eleva la temperatura ambiente. Cuando la temperatura es de 80 °C, la carga superficial de un electreto del tipo "Teflon" FEP disminuye en cuestión de días [4], pero el efecto piezoeléctrico en una hoja de FPVD, que haya sido polarizada a 130 °C, permanece constante durante el mismo espacio de tiempo y ha mostrado una disminución despreciable en un período mínimo de dos años, período actual de la prueba de vida.

## Estructura molecular de FPVD piezoeléctrico

El FPVD es una mezcla de una fase amorfa y dos o tres fases cristalinas. El contenido cristalino de la fase  $\alpha$  (o Forma II) es un constituyente principal del homopolímero que aparece en la fusión por debajo de los 150 °C y se convierte parcial o totalmente a la fase cristalina  $\beta$  (o Forma I) por estiramiento a una temperatura de alrededor de 65 °C. A medida que el contenido de  $\beta$  aumenta hacia un máximo del orden del 40%, la sensibilidad piezoeléctrica mejora, principalmente en la dirección del estiramiento. La tercera forma cristalina  $\gamma$  ocurre solamente en condiciones excepcionales y no es significativa en condiciones normales de proceso y trabajo.

La identificación de la forma cristalina presente en cualquier muestra se ha realizado examinando el espectro de transmisión infrarroja (Fig. 1). Determinados picos de absorción se asocian con fases cristalinas particulares. Por ejemplo, la absorción a 510 cm<sup>-1</sup> es característica de los cristales  $\beta$  y a 530 cm<sup>-1</sup> de cristales  $\alpha$ , de modo que la relación de absorción a 510 cm<sup>-1</sup> con respecto a la de 530 cm<sup>-1</sup> da una estimación de la relación de contenido de cristales  $\beta$  a  $\alpha$  en la muestra [5]. La información sobre el porcentaje total de contenido cristalino se obtuvo por medidas de densidad realizadas con una columna de gradiente de densidad. La densidad del material amorfo puro y del material

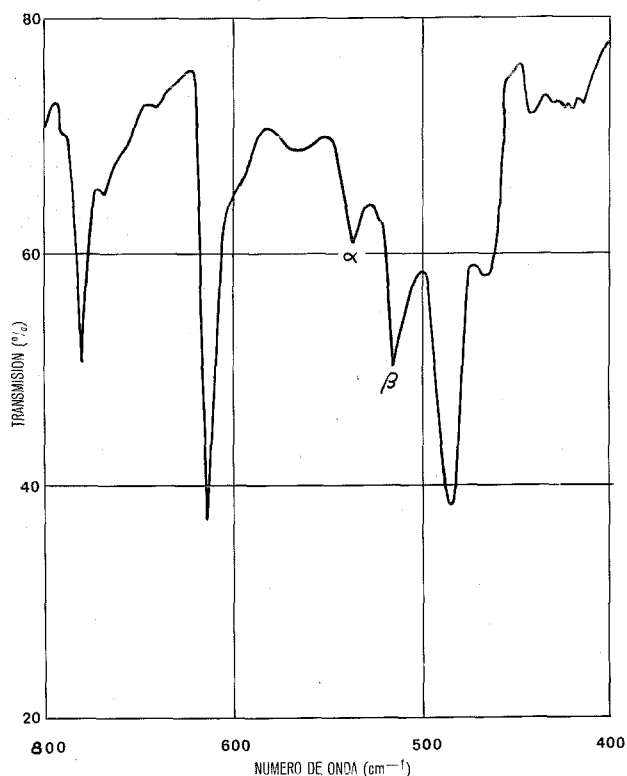


Fig. 1 Parte del espectro de transmisión infrarroja para una muestra de FPVD que tiene fases cristalinas  $\alpha$  y  $\beta$  (Relación de porcentaje de cristales  $\alpha$  a porcentaje de cristales  $\beta$  = 0,59).

## Transductores de polímero

crystalino puro se obtienen mediante cálculo, de forma que el porcentaje de contenido cristalino de la muestra sea proporcional a la posición de la densidad de la muestra medida con precisión entre las densidades de los materiales puros.

### Procesado del FPVD

El tratamiento para mejorar las propiedades piezoeléctricas se ha desarrollado empíricamente habiéndose confirmado como etapas importantes en el proceso del FPVD las siguientes:

- Extrusión a un espesor de  $50 \mu\text{m}$
- Estirar, según uno o dos ejes, por un factor de 5 veces aproximadamente para reducir el espesor a  $10$  ó  $12 \mu\text{m}$ , desarrollando así la forma cristalina.
- Recocer a una temperatura de  $120$  a  $130^\circ\text{C}$  mientras se mantiene al máximo de extensión, para permitir un calentamiento posterior a  $90$  ó  $100^\circ\text{C}$  sin relajación física.
- Aplicar electrodos y polarizar, mientras se mantiene extendido, con un gradiente de potencial del orden de  $10^6 \text{V/cm}$  y a una temperatura  $30^\circ\text{C}$  mínimo por encima de la temperatura de trabajo o almacenamiento máxima especificada. Si ésta es de  $60^\circ\text{C}$ , polarizando entonces a  $100^\circ\text{C}$  se puede utilizar un gradiente de potencial de  $1000 \text{kV/cm}$ , pero si el máximo es de  $70^\circ\text{C}$ , la temperatura de polarización tendrá que ser de  $115$  a  $120^\circ\text{C}$  y el gradiente de potencial tendrá que reducirse a  $800 \text{kV/cm}$  aproximadamente. Esto reducirá la sensibilidad piezoeléctrica final en una relación de  $800/1000$  comparado con la temperatura más baja.

Las medidas piezoeléctricas se han realizado en varias muestras de FPVD con diferentes rutinas de estiramiento y polarización. Utilizando hoja estirada biaxialmente, comercializada por Kureha (Japón), una hoja de  $12 \mu\text{m}$  de espesor polarizada a  $100^\circ\text{C}$  con  $1500 \text{V}$ , se obtiene un valor de  $5,9 \times 10^{-12} \text{C/N}$  para  $d_{31} = d_{32}$ . (La dirección "3" es normal al plano de la hoja. Para una hoja estirada según un solo eje, la dirección "1" está a lo largo de la dirección de estiramiento. Para hojas estiradas según dos ejes, las direcciones "1" y "2" están en el plano de la hoja). Para el mismo ejemplo,  $g_{31} = g_{32} = 0,038 \text{V m/N}$ .

Los valores más altos para las constantes piezoeléctricas se obtuvieron para una muestra de material extruido de Kureha que fue estirado según un solo eje a cinco veces su longitud original a  $50^\circ\text{C}$ , para tener un espesor final de  $21 \mu\text{m}$ . Se polarizó a  $100^\circ\text{C}$  con una tensión de  $1500 \text{V}$  y dio un valor para  $d_{31}$  de  $25 \times 10^{-12} \text{C/N}$  y  $g_{31} = 0,19 \text{V m/N}$ . Los valores en ángulo recto,  $d_{32}$  y  $g_{32}$ , resultaron del orden de  $30\%$  al  $40\%$  de los correspondientes al "31".

Las constantes piezoeléctricas aumentan al incrementar la relación de estiramiento y también al aumentar la tensión de polarización: la sensibilidad aumenta de forma constante durante los primeros treinta minutos de polarización y alcanza su saturación al cabo de una hora aproximadamente.

### Estabilidad

El FPVD es un material químicamente inerte utilizado como recubrimiento protector del interior de las plantas

químicas que tratan líquidos corrosivos: Se utiliza también en películas delgadas para empaquetar alimentos y su alta constante dieléctrica le hace atractivo para condensadores.

Antes de que el material pueda ser considerado para su utilización en transductores telefónicos se tiene que probar su estabilidad en períodos largos en condiciones de alta humedad y temperatura y su sensibilidad debe permanecer constante dentro del margen de  $-25^\circ\text{C}$  a  $+55^\circ\text{C}$ . Se han realizado medidas dentro del margen de  $-40^\circ\text{C}$  a  $+70^\circ\text{C}$  y los resultados obtenidos para  $d_{31}$  se presentan en la figura 2 para una muestra estirada según un solo eje y polarizada a  $100^\circ\text{C}$ . A bajas temperaturas alrededor de los  $-40^\circ\text{C}$ , temperatura de transición del cristal, la sensibilidad cae. También a la temperatura de  $70^\circ\text{C}$  la sensibilidad de esta muestra cayó debido a la despolarización y esta caída es permanente como se muestra por el valor a  $20^\circ\text{C}$  al final del experimento. Para evitar esta caída la temperatura de polarización tiene que elevarse por encima de  $100$  a  $120^\circ\text{C}$  o  $130^\circ\text{C}$ , si se especifica una temperatura de almacenamiento máxima de  $85^\circ\text{C}$ .

Incluso si, después de la polarización, se calienta de nuevo el material a una temperatura de  $130^\circ\text{C}$  o más alta, la actividad piezoeléctrica no se destruye completamente pero se reduce a un tercio de su nivel original, es decir, se produce una pérdida de  $10 \text{dB}$ .

### Construcción de transductores

Un receptor telefónico de la más alta eficiencia requiere un área de diafragma lo mayor posible para radiar la señal acústica. Por consiguiente, se debe aprovechar el hecho de que el oído humano es de un tamaño medio constante y debe hacerse no menor que los receptores existentes de armaduras de anillo o de armadura basculante, es decir, de un diámetro exterior de  $40 \text{mm}$  aproximadamente.

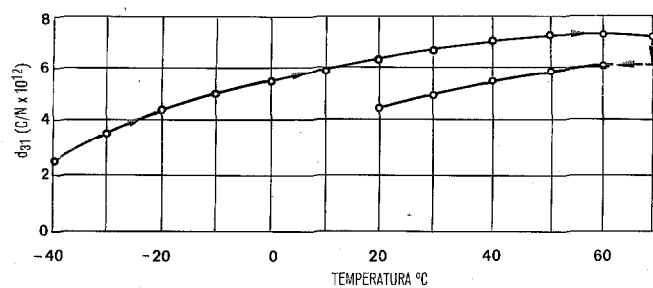


Fig. 2 Variación de la constante  $d_{31}$  con la temperatura para la muestra de FPVD polarizada a  $100^\circ\text{C}$ . Muestra mantenida a  $70^\circ\text{C}$  durante 2 horas aproximadamente.

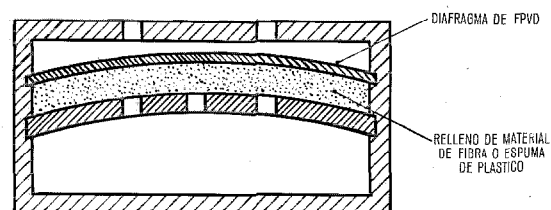


Fig. 3 Posible construcción de transductor (diagrama). La polarización mecánica la proporciona un relleno de fibra natural o una espuma de plástico.

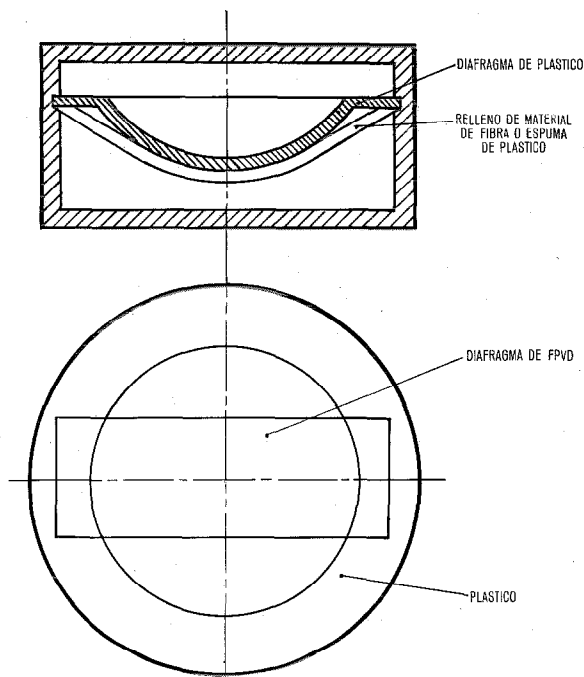


Fig. 4 Otra construcción de transductor (diagrama). En esta forma, la fuerza de polarización mecánica la suministra un diafragma de plástico en forma de cúpula.

Un micrófono no tiene esta limitación en el tamaño y puede ser tan pequeño como 10 mm de diámetro sin sacrificio de la tensión de salida en circuito abierto.

En una película de polímero piezoeléctrico, el cambio importante de dimensión, para una tensión aplicada según el espesor de la bobina, está en el plano de la película. Para transferir un cambio radial de dimensión en un movimiento normal de la hoja, la película ha de ser comprimida en un contorno esférico o cilíndrico poco profundos por un muelle mecánico, como en las figuras 3 y 4, o acoplada a una placa de mayor espesor de forma que un cambio radial forzará a la placa a tomar una curvatura esférica, como en la figura 5. En todas estas construcciones se utilizó una hoja de FPVD de 12  $\mu\text{m}$  de espesor aproximadamente.

En la figura 3, la presión del muelle mecánico sobre la película de FPVD se proporciona por un relleno de fibra o una espuma de plástico comprimidos. Puesto que debe mantener un comportamiento uniforme en todo el margen de temperaturas de  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  a  $+70\text{ }^\circ\text{C}$ , el material de fibra debe ser una fibra natural como algodón, lana, seda o rayón (una celulosa reconstituida), y la espuma debe ser de un tipo que no se endurezca a bajas temperaturas.

La hoja FPVD se enclava por su periferia a un anillo de montaje que debe tener el mismo coeficiente de expansión que el FPVD para asegurar que el comportamiento del conjunto del diafragma permanece constante a todas las temperaturas de trabajo.

En la construcción de la figura 4, un diafragma pasivo (bien de aluminio o de plástico tal como el PCV o policarbonato) proporciona la polarización mecánica para presionar sobre la hoja de FPVD desde su posición plana. La

película de FPVD tiene forma de disco o de tira rectangular.

En la construcción de la figura 5, un disco de FPVD se ajusta por su periferia a un diafragma de mayor espesor, cuyas propiedades deben dar una resonancia muy amortiguada alrededor de los 1000 Hz y un primer sobretono alrededor de 3500 Hz. Un material adecuado es PCV poroso de alrededor de 500  $\mu\text{m}$  de espesor y de 35 mm de diámetro: su propio amortiguamiento mecánico interno es suficiente para controlar la respuesta en frecuencia.

Las sensibilidades de las tres formas de construcción mencionadas son aproximadamente las mismas; la salida en circuito abierto funcionando como micrófono es de 2 mV aproximadamente y la salida acústica, trabajando como receptor, es del orden de 90 dB para una entrada de 1 V.

### Comparación con otros transductores telefónicos

El transductor de hoja de FPVD cae en el grupo que contiene también la cerámica piezoeléctrica y el electreto de carga superficial. Como micrófonos, todos ellos son insensibles a campos magnéticos extraños.

El micrófono de polímero piezoeléctrico es similar al electreto de carga superficial en cuanto a ser insensibles a ruidos de fricción debido a que la hoja, que es muy delgada, tiene una baja impedancia acústica que es comparable con la impedancia característica del aire. En contraste, la cerámica piezoeléctrica es de alta impedancia mecánica y tiene un buen acoplamiento de impedancia con la caja en la que va montada: es, por tanto, responsable de los ruidos de fricción que se producen al manejarla.

Cuando la temperatura de servicio máxima especificada es de  $+70\text{ }^\circ\text{C}$ , la cerámica piezoeléctrica no sufre ninguna variación, y la hoja de polímero piezoeléctrico no será

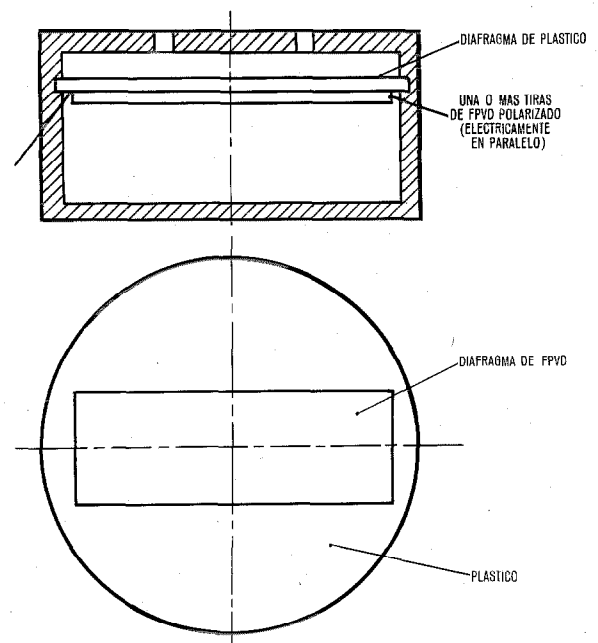


Fig. 5 Una tercera forma posible de construcción de transductor (diagrama). Es el mismo principio utilizado en los transductores piezoeléctricos. En aquel caso, el diafragma era normalmente metálico y el elemento activo PZT.

## Transductores de polímero

afectada si las condiciones de polarización están de acuerdo con los límites dados anteriormente, pero el electreto de carga superficial tiene un tiempo de caída del orden de 100 días a 70 °C [4].

Los parámetros de funcionamiento se resumen en la tabla 1.

Tabla 1 – Principales propiedades de los materiales transductores

Propiedad	FPVD hoja de polímero piezoeléctrico	Teflon "FEP" electreto de carga superficial	Cerámica piezo- eléctrica
Salida de micrófono en campo acústico de $1 \text{ Nm}^{-2}$	2 mV	2 mV	5 mV
Salida de receptor, SPL en oído para 1 V entrada	90 dB	muy baja	95 dB
Capacitancia	5000 pF	50 pF	50.000 pF

### Referencias

[1] H. Kawai: The Piezoelectricity of Poly (Vinylidene Fluoride); Japanese Journal of Applied Physics, julio 1969, volumen 8, n°7, págs. 975-976.

- [2] N. Murayama: Persistent Polarization in Poly (Vinylidene Fluoride), I. Surface Charges and Piezoelectricity of Poly (Vinylidene Fluoride) Thermoelectrets; Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition, mayo 1975, volumen 13, n°5, págs. 929-946.  
N. Murayama, T. Oikawa, T. Katto y K. Nakamura: Persistent Polarization in Poly (Vinylidene Fluoride). II. Piezoelectricity of Poly (Vinylidene Fluoride) Thermoelectrets; Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition, mayo 1975, volumen 13, n°5, págs. 1033-1047.
- [3] Y. Wada y R. Hayakawa: Piezoelectricity and Pyroelectricity of Polymers; Japanese Journal of Applied Physics, noviembre 1976, volumen 15, n°11, págs. 2041-2057.
- [4] G. M. Sessler y J. E. West: Foil-Electret Microphones; Journal of the Acoustical Society of America, diciembre 1966, volumen 40, n°6, págs. 1433-1440.
- [5] S. Enomoto, Y. Kawai y M. Sugita: Infrared Spectrum of Poly (Vinylidene Fluoride); Journal of Polymer Science; Part A-2, mayo 1968, volumen 6, n°5, págs. 851-869.

W. D. Cragg

N. W. Tester

Standard Telecommunication Laboratories Limited,  
Harlow, Reino Unido

W. D. Cragg es consultor para electro-acústica en STL donde fue previamente ingeniero principal de investigación.

N. W. Tester es jefe de la sección de aparatos de transmisión del Departamento de Aparatos de Abonados en STL.

# Realización de una opción de multi-direccionamiento en una central Telex SPC

## Introducción

La necesidad de una opción que permita la transmisión de un mensaje a varios destinatarios a partir de una sola llamada del que lo origina, quedó claramente indicada por una encuesta entre los usuarios de gran volumen de télex holandeses.

Esta opción se ha incorporado como unidad adicional (hardware + software) utilizando los procesadores centrales del centro de tránsito télex METACONTA\* holandés existente.

Una opción similar se pondrá en servicio al final de 1977 en una central combinada de tránsito y local télex METACONTA en Bélgica.

## Diagrama de bloques

Por cada central de tránsito télex, compuesta ya de tres módulos de red de transmisión, se añade un módulo de direccionamiento múltiple (ver Fig.).

El módulo de direccionamiento múltiple consta de un máximo de 128 circuitos de transmisión/recepción que se pueden conectar bien a un enlace entrante o a un enlace sa-

liente. Estos circuitos transmisores/receptores se controlan mediante los procesadores centrales de la central a través de su propia red de equipo periférico.

Las memorias de disco proporcionan la capacidad de almacenamiento de masa. Por razones de seguridad, cada procesador central tiene su propia memoria de disco.

Los programas de multidireccionamiento se proporcionan en la memoria del procesador, parcialmente residentes en núcleos y parcialmente residentes en disco, mientras que la información de la multidirección se proporciona generalmente como residente en disco en forma duplicada.

## Operación

Cualquier abonado al télex holandés tiene acceso a la opción de multidireccionamiento mediante la selección de un número de servicio especial. La central local a la que está conectado el abonado dirige la llamada al centro de tránsito. A su vez, este centro de tránsito conecta la llamada a través de uno de los módulos de transmisión a un transmisor/receptor del módulo de direccionamiento múltiple.

La opción de multidireccionamiento transmite su código de contestación y pide el código de contestación del abonado llamante para identificarle.

\* Marca registrada del sistema ITT

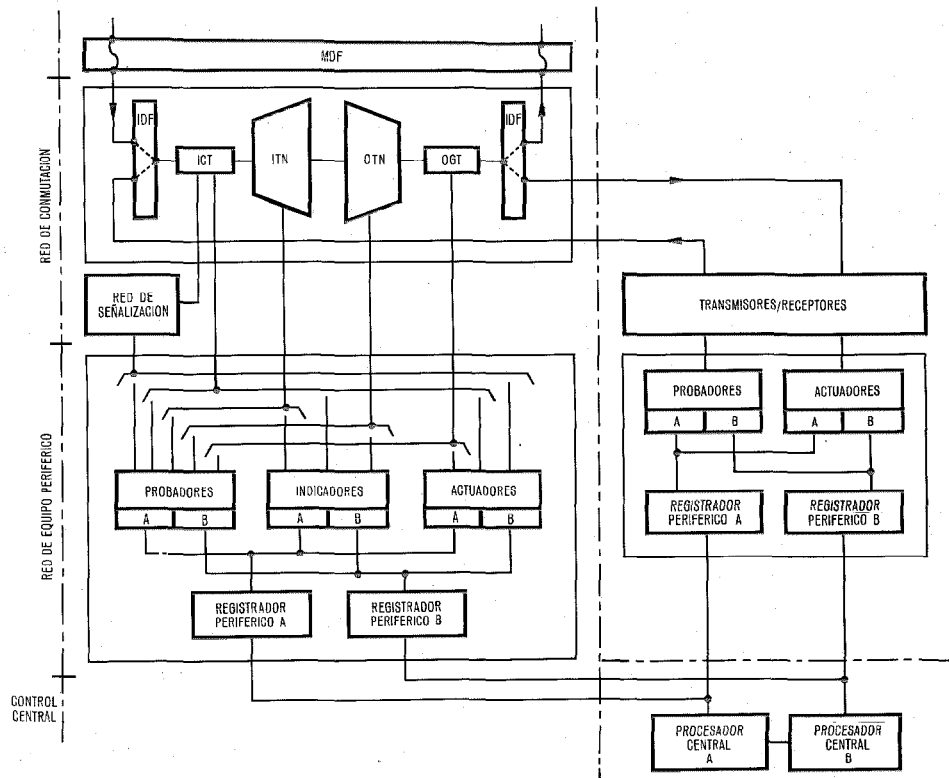


Fig. 1 Diagrama de bloques de la central METACONTA télex de tránsito.

## Multidireccionamiento telex

Asimismo, se comunica un número único de mensaje al abonado llamante como número de referencia de la llamada. A continuación, la opción de multidireccionamiento invita al llamante a transmitir las direcciones de los abonados llamados.

Los abonados llamados se indican por números separados o por una combinación de letras (selección abreviada) que hace referencia a una lista de selección abreviada almacenada.

Está incorporada una comprobación del número (predeterminado) mínimo y máximo de los abonados llamados. Durante esta etapa, los errores detectados por el abonado llamante pueden ser corregidos. La lista seleccionada de abonados llamados se comprueba por los programas de la opción de multidireccionamiento. Si la lista seleccionada de abonados llamados es válida, el abonado llamante es invitado a comunicar el mensaje que hay que transmitir.

La opción de multidireccionamiento asume la responsabilidad de la selección de la lista de abonados llamados y el mensaje es válido si no excede de una cantidad predeterminada de información.

Los errores detectados eventualmente, serán comunicados al abonado llamante y la llamada se cancelará.

Virtualmente, todos los abonados llamados se seleccionan al mismo tiempo después de la aceptación de la llamada.

Sin embargo, se imponen algunas restricciones por número de salidas libres del módulo de direccionamiento múltiple y cuando los circuitos involucrados en la dirección seleccionada exceden un número predeterminado. Cuando no se cumplen estas condiciones, las llamadas a los abonados seleccionados pueden diferirse, pues tanto los abonados llamados como el mensaje se almacenan en la memoria del disco.

Así, en realidad, cada llamada a los diferentes abonados se maneja independientemente de las demás mediante un

juego de indicadores en el programa que marcan el estado de cada llamada saliente individual. Cada una de éstas se realizará cuando se verifiquen las condiciones necesarias mencionadas anteriormente.

El intento de realización de la llamada saliente se repite automáticamente si se detecta un error durante la fase de establecimiento de la misma. El número de referencia de la llamada se envía a los abonados llamados y el número del abonado seleccionado se compara con el de su código de contestación, si el circuito de contestación lo permite.

A intervalos regulares de tiempo el abonado llamante será informado del status de las llamadas salientes solicitadas.

Un mensaje final se envía al abonado llamante si todas las llamadas salientes se han transmitido correctamente o si han sido canceladas debido a errores permanentes.

La llamada se factura al abonado llamante, tomando en consideración la ruta seleccionada, si existe más de una posibilidad para la contabilidad internacional.

Si falla uno de los procesadores, el otro procesador del centro de tránsito télex toma el relevo si la llamada ha sido aceptada por el abonado llamado.

W. NOPPE  
P. VAN PUT  
Bell Téléphone Manufacturing Company,  
Amberes, Bélgica

W. Noppe es jefe del departamento de ingeniería de télex en BTM, y su responsabilidad incluye las aplicaciones del METACONTA.

P. Van Put es jefe del grupo de programación y análisis de sistemas responsable de la programación de la central METACONTA en BTM.



## Encomio del profesor E. Kramar

El profesor Dr. Ing. Ernst Kramar, un hombre altamente estimado cuyos sobresalientes logros le hicieron pionero de la radionavegación, ha cumplido sus 75 años.

El Dr. Kramar nació en Kladno, cerca de Praga, (entonces Austria) el 15 de junio de 1902.

Después de haber estudiado en la Universidad de Praga y en la Dresden Technical University, empezó su carrera industrial con su incorporación a C. Lorenz AG de Berlín en 1927. Desde 1934 a 1945 fue jefe del departamento de radionavegación. En 1953 se le nombró Director de la División de Navegación.

De entre los diversos desarrollos que dirigió, los siguientes reflejan su creatividad:

1932: Primera utilización de las ondas ultracortas en aeronáutica – desarrollo de un sistema VHF de ayuda en el aterrizaje (33 MHz) – que se conoció en la navegación aérea internacional por “Lorenz Instrument Landing System”. Después de su presentación en USA en 1937, este sistema fue desarrollado en forma más avanzada por los americanos durante la segunda guerra mundial hasta llegar al Instrument Landing System (ILS) que se utiliza actualmente como sistema normalizado en todo el mundo. Además, la trayectoria de descenso “straight-line” por la

que el Dr. Kramar obtuvo una patente en 1937, encuentra aplicación en el ILS.

Asimismo, la ayuda a la navegación de larga distancia LF (onda larga) Consol, desarrollada para uso marítimo en 1940, ha sido adoptada mundialmente. Cerca de 15 sistemas del tipo de gran alcance están actualmente en uso en Noruega, URSS, USA, España, Irlanda y Francia.

El tercer campo de actividad importante del Dr. Kramar ha sido la navegación en ruta con VHF Omnidireccional Radio Ranges (VOR). Los fundamentos de los sistemas VOR actuales se establecieron bajo su dirección en 1940. Un hito en el posterior desarrollo de los haces VOR ha sido la utilización del efecto Doppler y la utilización de antenas de base amplia para minimizar los efectos de las reflexiones. El concepto básico desarrollado en USA ha sido mejorado esencialmente por medidas propuestas por el Dr. Kramar. Actualmente, en lugares rodeados por objetos reflectantes solamente se instalan haces VOR Doppler.

Muchas distinciones honorarias y posiciones importantes jalonan su brillante carrera. Además de 90 patentes aproximadamente, 70 publicaciones técnicas realizadas por el Dr. Kramar dan una visión de la riqueza de ideas de este pionero de la radionavegación. Además es editor y coautor de dos libros en este campo de actividad.

## Nuevas realizaciones

### COBMAIN, un sistema automático de mantenimiento para centrales PENTACONTA.

Standard Eléctrica, S.A., compañía española asociada a ITT, ha desarrollado en sus laboratorios (Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A.) un sistema automático de mantenimiento para centrales PENTACONTA\*, gobernado por un miniordenador, denominado COBMAIN\*.

El sistema, después de pasar las correspondientes pruebas de campo, fue sometido a una evaluación muy rígida, por parte de la Administración española, durante un período de casi 2 años en una central urbana en funcionamiento de 20.000 líneas, consiguiéndose unos resultados considerados altamente satisfactorios, tanto de funcionamiento como de ayuda al personal de conservación.

Actualmente se encuentra en fase de rediseño para añadirle ciertas mejoras solicitadas por CTNE, que ha incluido el equipo COBMAIN en sus planes a corto y medio plazo, para introducirlo en sus centrales a razón de 25 equipos al año. Se han recibido ya pedidos para equipar 20 centrales urbanas grandes (hasta 40.000 líneas).

Este sistema, con la ayuda del miniordenador que lleva incorporado, puede combinar las funciones de supervisión del comportamiento de la central con un alto nivel de diagnóstico y detección de fallos, además de un mantenimiento correctivo y preventivo. El equipo COBMAIN efectúa automáticamente, o a petición del operador, pruebas rutinarias sobre aquellos circuitos en los que se sospecha que existen problemas una vez que el circuito afectado ha sido previamente aislado para eliminar posibles interferencias con el tráfico normal y para evitar que el tráfico originado sea afectado por las pruebas realizadas sobre el circuito sospechoso.

El sistema es completamente modular en su concepción, y de aplicación directa en cualquier central en funcionamiento ya que no incide sobre los circuitos del equipo de conmutación.

Al suministrar automáticamente la información de los fallos en forma impresa, reduce el trabajo del personal de conservación a subsanar el fallo detectado, incrementando de esta forma la productividad del personal de conservación.

El sistema ayuda así a mejorar la calidad del servicio, permite la mejor utilización del personal de conversación y suministra información impresa de los fallos tan pronto como son detectados. Proporciona además información adicional con fines estadísticos.

Standard Eléctrica, S. A., España

### Primera central METACONTA para la red telefónica española.

Standard Eléctrica, S.A., ha recibido de CTNE un pedido consistente en una central internacional del sistema de conmutación electrónica METACONTA\*. Esta será la primera instalación del tipo METACONTA en España.

La central internacional estará situada en Valencia, la tercera ciudad española por el número de habitantes.

La primera fase comprenderá 5100 enlaces con señalización R2 y Soco-tel español. Como equipo básico para la unidad central de proceso se utilizará un ordenador ITT 3202, de la nueva generación de ordenadores de conmutación telefónica.

Standard Eléctrica, S.A., España

### Equipo METACONTA L para América del Norte.

La División de Conmutación de ITT Telecomunicaciones, Des Plaines, Illinois, ha obtenido un contrato procedente de Alberta Government Telephone, Canadá, para suministrar 32.000 líneas telefónicas tipo METACONTA\* L. Este equipo será entregado a la administración telefónica canadiense en septiembre de 1978.

ITT Telecomunicaciones ha llegado también a un acuerdo con Central Telephone Company, para suministrar 125.000 líneas del tipo METACONTAL durante un período de 5 años.

ITT Telecomunicaciones, Estados Unidos de América

### Enlace de fibra óptica para vigilancia de buzos sumergidos.

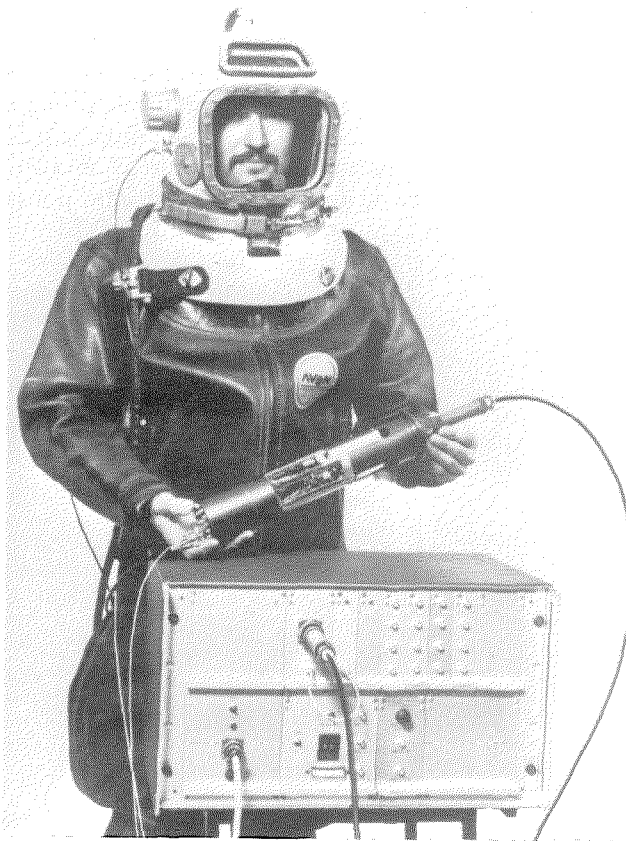
Para permitir a los buzos trabajar satisfactoriamente y sin complicaciones, se utiliza un cable/tubo umbilical individual que le conecta a su sistema de alimentación. Ahora, en unión con las Unidades Experimentales del Almirantazgo británico y los especialistas en equipos de inmersión J&S Marine, ITT Optical Equipment Division ha desarrollado un sistema completamente nuevo que utiliza un enlace de fibra óptica para la vigilancia de la salud y para las comunicaciones de voz.

Este enlace vigilancia de salud/comunicaciones permite vigilar 16 funciones, siendo multiplexados y codificados digitalmente cada uno de los canales de entrada para su transmisión a través del enlace de datos de fibra óptica única hasta el barco de control en superficie. Los datos son entonces decodificados y reconstruidos para proporcionar detalles de las 16 funciones originales.

Las funciones fisiológicas principales, típicas, observadas son la temperatura del cuerpo, funcionamiento del corazón (electrocardiograma), pulso y presión sanguínea. También se miden la temperatura y presión del medio ambiente.

El sistema utiliza cables de fibra óptica, conectores, emisores, receptores y otras unidades adaptadoras suministradas por ITT Optical Equipment Division. Una técnica especial aumenta la anchura de banda del canal de voz haciendo posible resolver el problema del aumento de frecuencia de la voz de un buzo producida por la inhalación del helio utilizado en el sistema de ayuda vital.

Société des Produits Industriels ITT, Francia



El nuevo sistema de vigilancia de la salud y de comunicaciones por medio de fibras ópticas desarrollado para su uso por los buzos de profundidad. Los datos procedentes de los monitores que lleva el buzo son transmitidos al equipo situado a bordo del barco de control de superficie a través de un enlace de cable de fibra óptica.

\* Marca registrada del sistema ITT

**Centrales PENTACONTA-32 en España.**

De acuerdo con los planes de CTNE para automatización de las zonas rurales, en enero de 1977 se inauguró en Corvera de Alcira (Valencia) una nueva central PENTACONTA\*-32 con 600 líneas.

Esta central hace el número 1000 de las centrales PENTACONTA-32 en servicio en España, con un total de 379.670 líneas.

Standard Eléctrica, S.A., España

**Centrales PENTACONTA-1000 en España.**

Tras el corte de una central PENTACONTA\*-1000 de 2000 líneas en Almería, realizado en marzo de 1977, el número total de líneas PENTACONTA-1000 en servicio en España ha alcanzado la cifra de 3.000.000.

La primera central PENTACONTA-1000 fue puesta en servicio hace 15 años en Igualada (cerca de Barcelona).

Standard Eléctrica, S.A., España

**Unidad de memoria de estado sólido para centrales telefónicas.**

Esta unidad de memoria ha sido desarrollada por CITESA - Madrid para sustituir, punto a punto, los tradicionales circuitos de memoria a relés de ampolla de vidrio (Reed), utilizados en el almacenamiento de las cifras marcadas por el abonado y recibidas en las centrales telefónicas.

Estas unidades tienen una capacidad de almacenaje de 4 bits y sus características eléctricas son mejores que las de los circuitos a los que sustituyen. Presentan una elevada inmunidad al ruido eléctrico y a sobreteniones inducidas tanto en los terminales de entrada como en los de alimentación.

Su más interesante característica funcional es la de utilizar el mismo terminal para cargar la célula y para leerla, así como la presencia de una salida adicional que informa de la retirada de la señal de carga. Sólo son sensibles a señales de carga de más de 17 ms de duración.

La unidad de memoria funciona con una tensión de alimentación de 44 a 56 V CC.

Se contempla la posibilidad futura de realizar la unidad por medio de un circuito integrado híbrido que reducirá notablemente el número de componentes con el consiguiente aumento de la fiabilidad.

Compañía Internacional de Telecomunicación y Electrónica, S.A., España

**FM300/7400: Sistema de radioenlaces de 300 canales.**

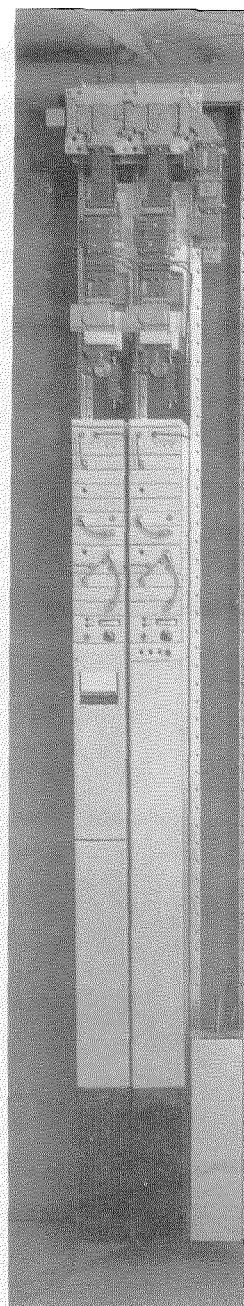
El FM300/7400 es un equipo de radioenlaces de frecuencia modulada que trabaja en la banda SHF en el margen de 7125 a 7725 MHz, y que permite la transmisión de 300 canales telefónicos en multiplex por división de frecuencia en la banda principal comprendida entre 60 y 1300 kHz, y 9 canales de servicio en la banda auxiliar de 12 a 48 kHz.

El equipo está diseñado de acuerdo con la práctica de equipos VSEP\*. Una columna de 128 mm de ancho, 200 mm de profundidad y 2600 mm de altura incluye un emisor-receptor con las redes asociadas de segregación de canales de radiofrecuencia, un modulador-demodulador de frecuencia intermedia con los circuitos de banda base asociados, y un multiplex de 9 canales.

La adición de una segunda columna similar, transforma el terminal simple en una estación terminal combinada 1 + 1, como se muestra en la fotografía. La relación señal/ruido en el modo combinado es mejor que las relaciones señal/ruido individuales de cada canal combinado, mientras la diferencia de las relaciones señal/ruido entre ambos canales sea menor que unos 4,7 dB. En caso contrario, se desconecta el modo combinado y se transmite el canal con la mejor relación señal/ruido.

El sistema permite una considerable flexibilidad en la planificación de la red al simplificar la integración con las necesidades de comunicaciones locales a lo largo de una ruta que puede modificarse gradualmente. En cualquier parte de la banda base es posible en un repetidor la inserción y

\* Marca registrada del sistema ITT



Terminal 1 + 1 del sistema de radioenlaces FM 300/7400. Incluye un emisor-receptor con modem y 1 + 1 conmutaciones de banda base no ampliable con 9 canales de servicio de sub-banda base.

segregación de canales de servicio y hasta un máximo de 120 canales en multiplex por división de frecuencia. Esta modulación de inserción se realiza utilizando un oscilador controlado por tensión, linealizado, trabajando en un estrecho bucle enclavado en fase, con una señal de referencia derivada de un oscilador de cuarzo y funcionando como oscilador local.

Se consigue una potencia de salida mínima de 1,5 W por medio de una disposición de convertidor elevador de frecuencia/amplificador/multiplicador con bucle enclavado en fase. La comparación de fase se realiza a la frecuencia intermedia de 70 MHz.

Una versión de pequeña potencia (100 mW) utiliza el oscilador local como un emisor modulado en la etapa final. Esta versión puede utilizarse en trayectos o ramales cortos, o donde tenga especial importancia un consumo reducido.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

## Nuevas realizaciones

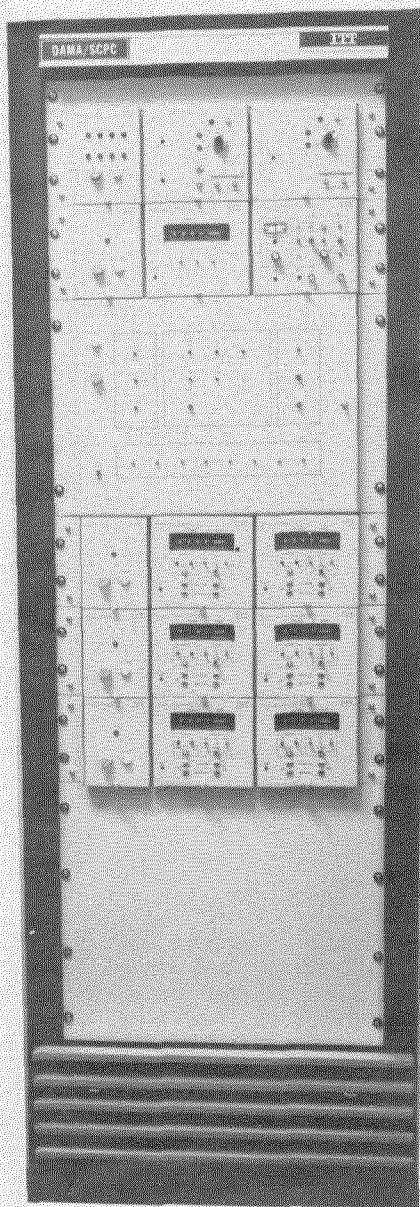
### Equipo DAMA/SPCP.

ITT Space Communications ha desarrollado un equipo SCPC (un solo canal por cada portadora) para su utilización en sistemas de comunicación por satélite.

Tanto para una gran red como para una pequeña estación terrena, el sistema de comunicaciones de rutas de pequeña capacidad de ITT Space Communications ofrece una completa flexibilidad.

Cuando sólo se necesita capacidad de un solo canal por portadora, el equipo de ITT Space Communications puede proporcionar:

- Transmisión y recepción de voz en FM, con calidad de circuitos interurbanos de voz.
- Característica de umbral mejorada.
- Ahorro de costes debido al diseño, funcionamiento y mantenimiento simplificados.
- VOX incorporado, compansor y supresor de ecos.
- Diseño en unidades modulares enchufables para la adición de canales adicionales y de funciones más sofisticadas cuando sea necesario.



Equipo DAMA de canal único por portadora, desarrollado por ITT Space Communications.

Si el cliente desea acceso múltiple con asignación por demanda, el equipo proporciona un canal por portadora con el sistema DAMA basado en la experiencia de diseño y funcionamiento obtenida con la fabricación del equipo SPADE para el sistema INTELSAT. Como resultado de ello, obtiene las siguientes importantes características:

- Control distribuido de la red que permite el comienzo inmediato de funcionamiento del sistema DAMA al más bajo coste.
- Mayor fiabilidad, ya que el fallo de una estación no afecta a las demás.
- Red de facturación y análisis de tráfico desde cualquier estación seleccionada.
- Adaptador programable que proporciona conversión de la señalización para cualquier exigencia del usuario.

ITT Space Communications, Inc., Estados Unidos de América

### Equipo de telecomunicaciones para Hong-Kong.

Recientemente, la División de Transmisión de STC ha entregado un equipo de telecomunicaciones que incrementará el número de circuitos telefónicos internacionales desde y hacia Hong-Kong. El pedido consistía en equipo múltiplex de orden superior para suministrar circuitos entre un terminal del sistema submarino, las estaciones terrenas de satélites y las oficinas centrales en Hong-Kong de Cable and Wireless.

Este equipo múltiplex genera las frecuencias piloto y portadoras, y proporciona también las facilidades de traslación, equalización, control automático de ganancia y conexiones pasantes. Cuando sea puesto en servicio, formará una parte esencial en la capacidad de expansión de las comunicaciones de Hong-Kong a través del sistema submarino de telecomunicaciones de 14 MHz y las estaciones terrenas de satélites. El sistema completo unirá Hong-Kong y Japón; STC ha suministrado el enlace hasta Filipinas.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### Sistema Telenote para el aeropuerto de Edimburgo.

Un sistema combinado de altavoces y de avisos electrónicos que transmite mensajes a medida que son escritos, ha sido instalado en el aeropuerto de Edimburgo. Denominado Telenote, el sistema tiene 5 equipos que interconectan el pupitre de información de las autoridades del aeropuerto británico (BAA) con el control de la zona de aparcamiento de las aeronaves y con 3 salas de operación de líneas aéreas, en el nuevo edificio terminal de las BAA en dicho aeropuerto.

Cada emisor-receptor Telenote puede, por medio de su unidad selector, contactar con todos o con uno cualquiera de los otros 4 emisores-receptores. Los mensajes escritos y vocales relativos a las llegadas y salidas de aviones pueden ser instantáneamente retransmitidos a través del sistema completo, y cada departamento, alertado para que tome la acción oportuna. Por ejemplo, los datos procedentes del control de la zona de aparcamiento de las aeronaves o de las salas de operación de las líneas aéreas, permite al pupitre de información de las BAA proporcionar a los pasajeros o al personal que está esperando llegadas, la información sobre vuelos completamente actualizada, a través del sistema de altavoces.

Un emisor-receptor Telenote consiste en un rollo de papel, plumas y del equipo telefónico de altavoces, todo ello equipado en una unidad que mide sólo 406 x 305 mm. El operador escribe con una pluma que está unida al Telenote por medio de un conductor flexible de poco peso. La pluma incorporada en el emisor-receptor que recibe, reproduce el mensaje tal y como es escrito. Una copia en papel de todos los mensajes enviados disminuye la probabilidad de cualquier falsa interpretación como resultado de las ruidosas condiciones ambientales.

El sistema Telenote puede funcionar sobre líneas telefónicas hasta cualquier parte del mundo.

Entre otros usuarios del equipo Telenote, se encuentran la British Steel Corporation, que lo utiliza como un sistema de reparto de información en un gran taller de acero en Scunthorpe e ICI, que lo utiliza como enlace gráfico en una red de estudios de teleconferencias. También se utiliza entre equipos de diseño separados, y es de amplio uso en la administración de hospitales en Estados Unidos.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### Una nueva unidad de señalización multifrecuencia desarrollada por CGCT.

La Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques (CGCT) ha desarrollado una unidad de señalización multifrecuencia, código Socotel, para el PTT francés. Basadas en este nuevo desarrollo, se han realizado dos versiones para el proyecto ESR 1, una para el código Socotel y la otra para el Código R2.

Estas unidades de señalización, a mitad de camino entre técnica analógica y digital, incluyen un banco individual de frecuencias utilizado tanto en transmisión como en recepción. Este banco basado en el principio de la detección homodina, combina la precisión de los cristales con la simplicidad de los filtros activos. Componentes pasivos normalizados baratos, determinan las configuraciones de tolerancia del filtraje relativas a las frecuencias de referencia, eliminando de esta forma los problemas de ajuste y estabilidad. Además, los métodos de tratamiento utilizados para la señal filtrada, tanto analógicos como digitales, aseguran una elevada inmunidad contra el ruido para la identificación y para la separación.

El resultado es un transmisor-receptor incorporado, modular para cada frecuencia, que es eficaz y barato tanto en lo que se refiere a su compra como a su funcionamiento. Las necesidades de espacio son 4 placas de  $210 \times 250$  mm (del mismo tamaño que las del sistema METACONTA\*). Los circuitos analógicos utilizan amplificadores operacionales, en los que los circuitos lógicos utilizan tecnología CMOS o TTL.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

### Sistema telegráfico 125, múltiplex por división en el tiempo.

SRT introduce el sistema telegráfico 125, múltiplex por división en el tiempo, pensado principalmente para su utilización en las redes telegráficas alquiladas y conmutadas, tanto actuales como futuras. Está caracterizado por su muy eficiente utilización del canal portador, cuya capacidad es casi doble que la de los sistemas telegráficos de frecuencia vocal en múltiplex por división de frecuencia.

El sistema, que puede manejar todos los tipos de señalización télex recomendados por el CCITT, ofrece las siguientes alternativas de transmisión:

Versión A: 46 canales telegráficos de 50 Bd, ó 22 canales telegráficos de 75 Bd, o combinaciones de los mismos.

Versión B: 46 canales telegráficos de 50 Bd, 30 canales de 75 Bd, 22 canales de 100 ó 110 Bd, 15 canales de 134,5 a 150 Bd, 10 canales de 200 Bd ó 7 canales de 300 Bd, o combinaciones de los mismos.

La selección de una de estas alternativas se realiza sin más que cambiar dos placas de circuito impreso.

En el lado de transmisión, las señales telegráficas asíncronas de baja velocidad son intercaladas en el tiempo para formar una corriente de datos síncronos en serie, que se transmiten entonces por un canal telefónico a través de un modem de datos de 2400 bit/s incorporado, que cumple con la Recomendación V.26 del CCITT.

En el lado de recepción, los bits de la corriente de datos se distribuyen a los circuitos telegráficos de baja velocidad con la estructura del carácter y la velocidad correctas.

Además de la eficiente utilización del canal portador, el sistema tiene las siguientes características:

**Compacidad:** 230 canales telegráficos pueden incluirse en un armario, con una sola cara activa, de 5 columnas y una anchura total de 604 mm.

**Pequeña distorsión:** El sistema tiene una pequeña distorsión de salida y puede aceptar una señal de entrada con un elevado grado de distorsión.

**Pequeños costes de mantenimiento:** Los costes de mantenimiento están minimizados debido al uso extensivo de funciones de diagnóstico y medidas, y al relativamente pequeño número de componentes utilizados; además no necesita ajustes de frecuencia, nivel, ni polarización.

**Elevada fiabilidad:** Se consigue debido a la utilización de componentes de estado sólido en todo el grupo.

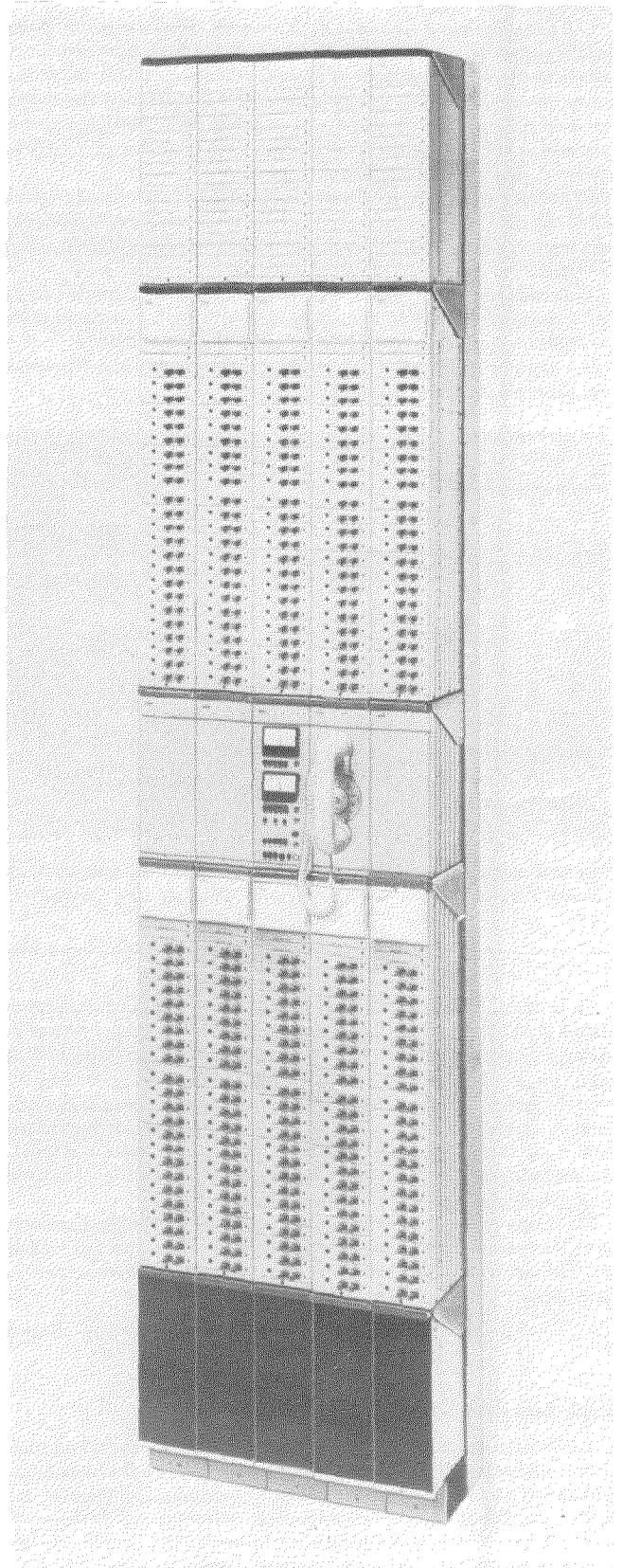
**Normas internacionales:** Las especificaciones eléctricas del equipo cumplen la recomendación R-101 del CCITT, alternativas A y B.

**Opciones de adaptación:** Pueden incorporarse un elevado número de opciones de adaptación de baja velocidad.

Para el diseño mecánico del sistema 125 se ha utilizado la práctica de equipos VSEP\*, con el equipo montado en columnas verticales. Esto

permite ampliar la capacidad sin más que añadir nuevas columnas, lo que hace que la construcción mecánica sea sumamente flexible.

Standard Radio & Telefon AB, Suecia



Un armario de 5 columnas, según la práctica de equipos VSEP, alojando el equipo del sistema telegráfico 125, múltiplex por división en el tiempo, para 230 canales.

\* Marca registrada del sistema ITT

## Nuevas realizaciones

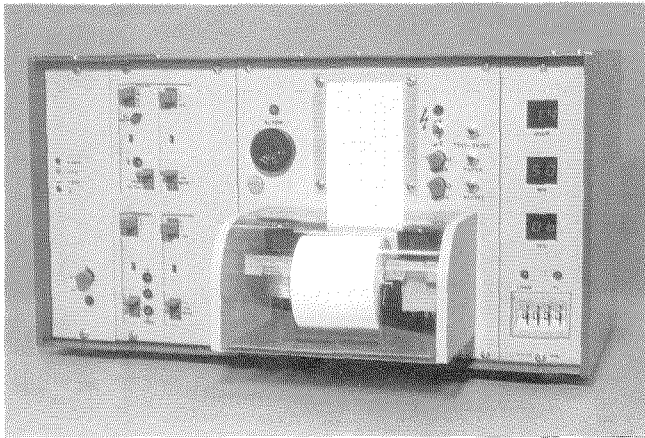
### Sistema automático de transmisión de alarmas.

Bell Telephone Manufacturing Company (BTM) ha desarrollado un nuevo sistema de seguridad que permite la transmisión de alarmas a un centro de vigilancia a través de líneas telefónicas de abonados. Como la transmisión se realiza fuera de banda, no existe interferencia con el funcionamiento del teléfono.

El BAAS (Sistema Automático de Alarmas de BTM) es muy diferente de los sistemas de seguridad convencionales. En un sistema convencional, cada detector, o grupo de detectores, necesita su propia línea dedicada y equipo de señalización, lo que da lugar a redes complicadas. Por el contrario, el sistema BAAS utiliza cualquier red de cables nodales existente (privada o pública), disponible en el edificio o en la planta, para conectar todos los elementos del sistema de seguridad.

Entre las aplicaciones del sistema se encuentran la protección contra robos con escalo, atracos, juegos, etc., y vigilancia remota de equipos que necesitan ser observados. El sistema sirve tanto para redes privadas como públicas.

El sistema consta de 3 partes: las unidades emisoras, el equipo situado en la central telefónica y el terminal de vigilancia. En la casa del abonado las unidades emisoras, que están conectadas al aparato detector de alarmas, envían de forma continua una señal fuera de banda cuya frecuencia está determinada por el estado del detector.



Terminal de vigilancia del nuevo sistema automático de transmisión de alarmas desarrollado por Bell Telephone Manufacturing Company.

En la línea de la central telefónica, unos filtros separan las señales de alarma de la banda de frecuencias vocales. Cada abonado del sistema de alarma es supervisado permanentemente por medio de un dispositivo de exploración cíclica que conecta al abonado con un circuito detector común. El detector comprueba las señales procedentes de las unidades emisoras de alarmas y si existe alguna variación en ellas envía un mensaje numérico a los centros de vigilancia a través de líneas dedicadas. Cada mensaje recibido por el terminal de vigilancia se imprime sobre cinta de papel y además se generan indicaciones visuales y sonoras.

El sistema proporciona observación continua de las interconexiones entre los abonados y la central, y entre la central y los centros de vigilancia. También se han incorporado facilidades para comprobación remota de equipos.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

### Cable para sistema de rastreo de minas submarinas.

La División de Marina e Hidroespacial de STC ha obtenido un pedido procedente de Sperry Gyroscope para suministrar cable electromecánico submarino para un nuevo sistema de rastreo de minas submarinas. Los cables, que son el resultado de un satisfactorio programa de desarrollo conjunto entre el Ministerio de Defensa, Sperry y STC, se utilizarán para remolcar las unidades del nuevo sistema acústico de rastreo de minas submarinas Osborn, que está siendo producido por Sperry Gyroscope para la Marina de Guerra británica.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### Comunicaciones con las plataformas de gas y petróleo del Mar del Norte.

La fiabilidad de los equipos de telecomunicación es a menudo de crucial importancia, especialmente en las hostiles condiciones de los campos petrolíferos del Mar del Norte. Para asegurar la fiabilidad en estas condiciones, la sección de Exploración y Producción de Shell, Reino Unido, está usando actualmente teleimpresores ITT 2300 y un sistema telefónico electrónico STC 1250, para comunicaciones entre tierra y sus plataformas de producción de petróleo en el sector norte de su concesión.

Los enlaces de teleimpresor se utilizarán para optimizar el funcionamiento y carga de helicópteros, que es el único medio práctico de trasladar personal y pequeños repuestos urgentes hacia y desde las plataformas. Además, los enlaces manejarán el tráfico relativo a los rendimientos de producción, informes del tiempo y administración general.

En el sector norte, a gran distancia de las Islas Shetland, Shell está desarrollando un gran complejo de plataformas de producción de petróleo en los campos petrolíferos de Brent (4 plataformas), Cormorant (1 plataforma) y Dunlin (1 plataforma). Estas plataformas estarán unidas por un enlace de microondas en línea óptica, de banda ancha (60 canales). La plataforma clave de Cormorant estará también unida a las Islas Shetland por medio de un enlace difusor troposférico con canales prolongados por el British Post Office a través del sistema nacional.

Un teleimpresor ITT 2300 será instalado en cada plataforma. Un canal del enlace troposférico será submultiplexado para proporcionar 6 canales telegráficos de frecuencia vocal con la oficina de Aberdeen, donde está instalándose un conmutador de línea.

Además, se instalarán teleimpresores ITT 2300 en ambos extremos de un enlace punto a punto de 2 km, entre la plataforma Brent B y Brent Spar, una inmensa estructura de acero para la carga de petroleros con el petróleo crudo procedente del campo petrolífero de Brent.

El amplio uso de circuitos de estado sólido y plásticos han reducido el número de partes móviles, aumentando de esta forma la fiabilidad y reduciendo el mantenimiento. Estos factores son de la mayor importancia en las plataformas petrolíferas debido al elevado coste de los gastos generales y a la dificultad de proporcionar mantenimiento inmediato en épocas de mal tiempo.

Otro equipo ITT en la red es el sistema telefónico electrónico STC 1250, que fue originalmente diseñado para el Almirantazgo británico para cumplir las rigurosas condiciones que se encuentran en el mar. Hasta el momento existen sistemas STC 1250 en las plataformas Brent A y D, y se suministrarán 4 equipos más para el resto de las plataformas del sector. Cuando este equipo esté instalado, formará un sistema completo dentro y entre las plataformas y entre las plataformas y la costa. La central está alojada en una cabina y los teléfonos tienen marcaje por botonera. Se eligió equipo electrónico debido a su elevada fiabilidad.

ITT Business Systems, Reino Unido

### Desarrollo de equipo telefónico avanzado.

Standard Telephones and Cables, es una de las tres mayores compañías británicas fabricantes de equipos de telecomunicación seleccionadas por el British Post Office para la próxima etapa del desarrollo del Sistema X. En cooperación con el Post Office, estas compañías trabajarán en el desarrollo de una nueva generación de equipos para la red telefónica pública del Reino Unido. Los contratos actuales consisten en el desarrollo de nuevos tipos de centrales telefónicas locales e interurbanas, equipo de procesamiento para controlarlas y los enlaces de comunicaciones entre centrales.

La responsabilidad específica de STC es el desarrollo de los sistemas de transmisión de mensajes del Sistema X que interconectan los procesadores de las centrales y forman la red de datos que lleva la información de señalización y control. Mediante un contrato posterior, STC desarrollará también el centro de administración local que observará y registrará la información de una red de centrales. Típicamente, un centro registrará la información de mantenimiento, realizará estadísticas sobre tráfico telefónico y registrará los cargos de llamadas.

Sistema X es el nombre codificado del equipo de central telefónica avanzada que está siendo desarrollado para la red telefónica pública del Reino Unido. Está basado en las más modernas técnicas electrónicas y utiliza control por ordenador. La instalación comenzará en la década de los 80, pero su avanzado diseño colocará al sistema telefónico británico en el siglo XXI.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### Control continuo de trenes: Dos años de funcionamiento experimental en la línea St. Gotthard.

A finales de 1973, Standard Telephon & Radio AG (STR) Zurich, recibió de la Red Federal de Ferrocarriles suizos un pedido para instalar, entre Lavergo y Bodio, el sistema de control continuo de trenes LZB L72 desarrollado por Standard Elektrik Lorenz AG (SEL).

El día 1 de junio de 1975, la Red Federal de Ferrocarriles suizos inició el funcionamiento experimental del sistema. Desde entonces, 15 trenes equipados con el sistema han estado recorriendo esta línea cada día. Durante el funcionamiento experimental se ha observado de forma continua el comportamiento de los equipos instalados en los vehículos y al lado de las vías, y se han registrado automáticamente los resultados. El análisis de estos resultados permite determinar el funcionamiento y fiabilidad, así como las propiedades de funcionamiento y las exigencias de mantenimiento reales.

El sistema entregado a la Red Federal de Ferrocarriles suizos, la primera de su tipo en Suiza, cumple las nuevas normas de seguridad propuestas por la Unión Internacional de Ferrocarriles. Está basado en el equipo de SEL utilizado en la línea Hamburgo-Bremen de la Red Federal de Ferrocarriles alemanes, pero con ciertas modificaciones para poder cumplir las particulares exigencias técnicas de la Red de Ferrocarriles suizos.



Vista parcial de la línea St. Gotthard mostrando los bucles de línea y un procesador instalado al lado de la vía del sistema de control continuo de trenes LZB L72.

El sistema de control continuo de trenes LZB consta de procesadores instalados al lado de la vía, equipo adicional en las cabinas de señalización, bucles de línea tendidos entre las vías, y el equipo instalado en los vehículos. Los ordenadores procesan los datos de los horarios de funcionamiento, así como los datos recibidos de las cajas de señalización y de los trenes en ruta. A través de los bucles de línea proporcionan a las unidades conductoras la información necesaria para supervisión y control. De esta manera los vehículos pueden utilizarse de forma óptima, dependiendo de las condiciones de la vía, reduciendo la separación entre trenes en la misma vía. Adicionalmente, el conocimiento previo de las condiciones de la ruta permite un ahorro de energía al eliminar aceleraciones y frenadas innecesarias.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania  
Standard Telephon & Radio AG, Suiza

### Ha comenzado la fabricación de la primera central telefónica TXE4A.

La fabricación de la primera central telefónica TXE4A, la central telefónica más avanzada del Reino Unido, ha comenzado en las factorías de New Southgate y Basildon de STC. La central TXE4A es una versión actualizada de la central TXE4 que demostró ser un éxito y de la que el British Post Office ha pasado, o ha reservado casi 100 pedidos a STC.

Destinada para su instalación en Belbrave, en el área telefónica de Leicester, la nueva central TXE4A dará servicio a 5.000 abonados cuando sea inaugurada en enero de 1980. La subsiguiente ampliación, ya planificada, aumentará la capacidad a 20.000 líneas.

Las mejoras tecnológicas suponen la sustitución de componentes discretos por circuitos integrados, incluyendo memorias de sólo lectura reprogramable MOS para el almacenamiento del programa. Las unidades de control principales poseen una mayor potencia de procesamiento, lo que les permite manejar más tráfico con menos equipo. Utilizando un teclado asociado, se introducen en registros de desplazamiento MOS especialmente diseñados, los números de guía de los abonados y los datos de la clase de servicio. Además se ha incorporado un adaptador para proporcionar comunicación con ordenadores locales y remotos, lo que permite el futuro suministro de ordenadores de gestión de la central para proporcionar control administrativo mejorado del Sistema X. Este es un avanzado equipo de central telefónica controlada por ordenador que está siendo desarrollado para la red del Reino Unido.

Estas mejoras reducirán el tamaño y precio del equipo, disminuirán el consumo de energía y mejorarán la fiabilidad de funcionamiento.

Standard Telephones and Cables, Reino Unido

### Producción conjunta de microordenadores.

General Instrument e ITT han firmado un acuerdo de licencia por el que ITT fabricará y comercializará la serie 1600 de microordenadores de General Instrument. De esta forma ITT se convierte en un segundo suministrador mundial para esta serie. La fabricación y comercialización de la serie 1600 se realizará a través de Intermetall, Freiburg, la rama alemana de ITT Semiconductors.

El acuerdo cubre los siguientes equipos:

- Microordenador CP 1600 de 16 bits: Es un sofisticado microordenador en una sola pastilla, con tecnología de implantación de ión de canal-N.
- Ordenador inteligente programable PIC1650, un controlador de programa para bytes, diseñado para satisfacer las necesidades de un microordenador de 8 bits, autosuficiente (stand-alone), de bajo coste. El conjunto tiene una memoria de sólo lectura de  $512 \times 12$  bits.
- Controlador de adaptador periférico PIC1640, un controlador de adaptador programable para bytes, con 32 registros de 8 bits, unidad lógica aritmética, contador de reloj de tiempo real y oscilador.
- Memoria tampón de adaptador entrada/salida IOB 1680, un registro programable para bytes, con entrada/salida sencilla para 16 bits, o doble para 8 bits.
- Memoria de sólo lectura (ROM) estática RO-3-5120; esta memoria de microordenador, sin entrada de reloj es compatible con la lógica TTL, con una capacidad de almacenamiento de 510 palabras de 10 bits y un tiempo de acceso máximo de 500 ns.

Intermetall, República Federal de Alemania

### Nuevo terminal de aeropuerto instala una centralita privada automática ITT PENTOMAT.

ITT Business Systems ha suministrado una centralita privada automática ITT PENTOMAT\* P 1000 CT, para manejar las comunicaciones telefónicas del Aeropuerto de Aberdeen, en el nuevo terminal que fue inaugurado el 21 de junio de 1977. La nueva central tendrá 250 extensiones, 25 líneas exteriores, 8 líneas de marcaje interno directo, 3 circuitos privados y 2 posiciones de operadora. El sistema también incluye una facilidad que da acceso a un sistema de buscapersonas de bolsillo. La central lleva también contadores en las extensiones.

ITT Business Systems, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT

### Clavija enroscable disruptora de 20 kA.

ITT Blackburn ha introducido una clavija enroscable disruptora de contacto móvil, dimensionada para sistemas de distribución subterráneos trifásicos de 15 kA, 200 A. El diseño cumple con la propuesta de revisión 1 de la especificación ANSI C119.2 sobre conectores aislados desmontables, y está especificado para cortocircuitos de 20 kA durante 3 periodos con 14,4 kV entre fases. Las siete partes básicas pueden desmontarse completamente en el campo, lo que junto con el elevado amperaje del cortocircuito, es una innovación original para la industria.

No existen partes móviles durante una operación de conmutación normal. No obstante, durante un cortocircuito la presión de gas generada por el arco eléctrico actúa un conjunto de contacto móvil y lo impulsa a un rápido contacto metal-metal con el codo del disyuntor que entra en funcionamiento.

La mayor parte del desarrollo de ingeniería se realizó sobre un circuito simulado de prueba de potencia construido especialmente en el laboratorio de ITT Blackburn. Este circuito resonante paralelo es un circuito de descarga LC, sintonizado a resonancia, de 60 Hz, que simula cortocircuitos de 14,4 kV, 10 kA. La energía total almacenada en las baterías de condensadores es de 370 kJ. La prueba final de cortocircuito y disruptor fue realizada en laboratorios de alta potencia independientes, de acuerdo con la especificación ANSI C119.2.

Las herramientas de desarrollo utilizadas, junto con el circuito simulador, incluyeron una cámara de gran velocidad funcionando a 2000 fotogramas/s; medidas con un transductor piezoeléctrico de las presiones de la cámara de la clavija enroscable en función de la corriente de cortocircuito; y registros con osciloscopio de la corriente y tensión de prueba, de la tensión del arco eléctrico y respuesta a la presión. Un amplio estudio de todos los parámetros asociados con el cortocircuito condujeron a la optimización del diseño final.

ITT Blackburn Company, Estados Unidos de América

### Foster Wheeler instala un sistema de conmutación de mensajes.

Para aumentar la eficacia de sus comunicaciones y para reducir los costes del tráfico internacional de la Compañía, Foster Wheeler Ltd. ha instalado un sistema de conmutación de mensajes ITT 600 ADX\* en sus oficinas centrales del Reino Unido, en Reading, Berkshire.

Foster Wheeler, una de las mayores organizaciones del mundo en contratos de ingeniería, instaló el sistema ITT 600 ADX para mejorar las comunicaciones y reducir el coste de las 6100 llamadas internacionales mensuales originadas en la oficina central de la Compañía y en las oficinas subsidiarias cercanas, en Reading. También ha permitido a la Compañía reducir el tráfico de mensajeros entre las distintas oficinas de Reading.

La instalación comprende un sistema de conmutación de mensajes ITT 600 ADX, basado en ordenador, con 4 teleimpresores ITT 2300. Debido a que funciona según el principio de almacenamiento y envío, los mensajes pueden enviarse en cuanto están preparados, sin los retrasos inherentes al establecimiento y conexión extremo a extremo propios del servicio télex. El sistema está basado en un miniordenador que almacena los mensajes en colas en su memoria. Los mensajes se transmiten automáticamente, en orden de prioridad, tan pronto como el terminal de destino (teleimpresor o pantalla de presentación) queda libre.

ITT Business Systems, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT

Para solicitar separatas de artículos publicados en este número e información sobre precios, se ruega escriban a:

P. Mornet  
Managing Editor, Electrical Communication  
18—20, rue Grange-Dame-Rose  
F-78140-Vélizy-Villacoublay, France

Solamente pueden aceptarse pedidos por cantidades de al menos 100 separatas de cada artículo.