

Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

Revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

VOLUMEN 55 (1980) NUMERO 1 RESUMEN

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

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

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

Director

Lester A. Gimpelson, Bruselas

Editor Comunicaciones Electricas

Juan Antonio Gómez García, Madrid

Editor Electrical Communication

Michael Deason, Harlow

Editor Elektrisches Nachrichtenwesen

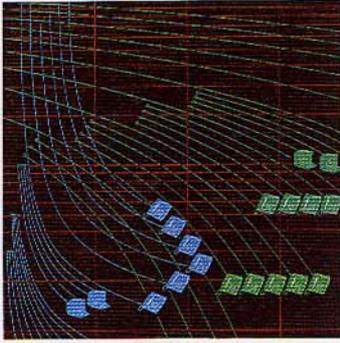
Otto Grewe, Stuttgart

Editor Revue des Télécommunications

René Thévin, París

Las direcciones de los editores se dan en la página 75.

Presentación, por <i>L. A. Gimpelson</i>	2
Planificación y organización del 9º Congreso Internacional de Teletráfico, por <i>J. E. Villar de Villacián</i>	3
Contribuciones de ITT al 9º Congreso Internacional de Teletráfico, por <i>J. R. de los Mozos Marqués</i>	7
Observación del efecto de los enlaces "killer" en el grado de servicio, por <i>F. Fernández Martínez y M. S. Aguilar Martínez</i> ...	12
Estudio del desequilibrio de tráfico en matrices de abonados, por <i>G. Morales Andrés, A. Crespo de Pedro y M. García Rafart</i>	18
Modelación y simulación flexibles para el análisis de procesadores de control, por <i>O. González Soto, J. A. García Higuera, C. Díaz Berzosa y L. Martínez Míguez</i>	26
Método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores de sistemas de conmutación con control por programa almacenado (SPC), por <i>P. Somoza y A. Guerrero Fernández</i>	37
Parámetros y eficiencias de comunicación en la modelación de una red de conmutación de paquetes, por <i>O. González Soto y L. Martínez Míguez</i>	46
Periféricos telefónicos de la PABX UNIMAT 4080, por <i>H. D. Siebel</i>	57
Sistema de radar Zephyr para medidas meteorológicas, por <i>J. Isnard, M. Krass y P. Stoll</i>	63
Sistema de acceso múltiple de asignación según demanda para redes urbanas dispersas, por <i>M. Moons y T. Tack</i>	70
Nuevas realizaciones	76



La foto de la cubierta es una representación de las curvas de tráfico empleadas para telecomunicación. Las empresas ITT utilizan la teoría de tráfico desde las primeras etapas del diseño de sus sistemas de voz y datos hasta la optimización final del diseño, y también para establecer prácticas eficaces de administración de redes.

Presentación

El desarrollo de un sistema de telecomunicación moderno es el fruto de la contribución de un gran número de tecnologías; a medida que va progresando el estado del arte, van apareciendo nuevas tecnologías (la transmisión mediante fibras ópticas, los componentes con integración a gran escala) y técnicas (conmutación de paquetes, terminales inteligentes), las cuales posibilitan la prestación de nuevos y cada vez más sofisticados servicios. La literatura técnica generalmente presta una atención preferente al "hardware", mientras que las tecnologías que no son propiamente "hardware" ocupan un lugar mucho menos destacado. Sin embargo, hay muchas actividades que sin ser "hardware" están contribuyendo significativamente a los programas desarrollo de ITT: diseño de software, configuración de sistemas, fiabilidad, supervivencia, control de calidad y teoría de tráfico. El éxito en el diseño del sistema depende de la experiencia que se tenga en ambas áreas: la de "hardware", y la que no es "hardware". Cada una de las tecnologías, individualmente considerada, es vital. Tanto es así que un eslabón débil en la cadena afectaría negativamente el comportamiento global del sistema. Comunicaciones Eléctricas describirá con regularidad los trabajos de avance tecnológico realizado por ITT en estas áreas que no son "hardware", comenzando en este número con contribuciones de ITT dentro del campo de la teoría de tráfico.

El grupo de tráfico de ITT, aun no siendo uno de los primeros en este campo, se ha convertido durante el decenio pasado en uno de los más destacados grupos que contribuyen al desarrollo y a la aplicación de la teoría de tráfico. Los logros en este campo se reconocen principalmente a través del Congreso Internacional de Teletráfico, asamblea autónoma de expertos de tráfico que se reúne cada tres años. La contribución de ITT ha sido reconocida de dos maneras: el Director Técnico Adjunto del Grupo de Tecnologías de los laboratorios de investigación y desarrollo de ITT en Madrid, España, (que es autor del primer artículo de este número) fue nombrado miembro del Comité Internacional en 1976. Simultáneamente, y para reconocer la destacada posición alcanzada por España en el campo de la teoría de tráfico, se eligió la ciudad de Torremolinos como sede del noveno Congreso Internacional de Teletráfico, celebrado en octubre de 1979. Los laboratorios de ITT en Madrid han contribuido a que la comunidad española de expertos en tráfico alcance su actual nivel preeminente; y trabajan en estrecha cooperación con otros grupos de tráfico de ITT, incluyendo entre otros a los del Reino Unido, Bélgica y Alemania.

La aplicación de la teoría de tráfico se ha convertido en parte integrante del proceso de diseño en toda la amplia gama de programas de desarrollo de telecomunicación de ITT, transmisión de palabra digital y analógicamente, servicios de datos, centrales públicas y privadas, asegurando el comportamiento adecuado del producto resultante. Así por ejemplo, la gama de centrales digitales Sistema 12 de ITT se ha beneficiado, desde las etapas iniciales de diseño, de la estrecha colaboración entre los ingenieros de tráfico y los de "hardware" y "software". La central ITT 1240, totalmente digital, que incorpora un nuevo concepto de matriz de tráfico y un control totalmente distribuido, ha exigido el desarrollo y la utilización de nuevas herramientas de tráfico. Estas a su vez han ejercido una influencia sobre el diseño del sistema, asegurando una operación eficaz y estabilidad de la central, y proporcionando también unos métodos eficaces de administración de tráfico.

Los artículos presentados en este número proceden de las contribuciones presentadas por ITT en el noveno Congreso Internacional de Teletráfico. Ponen de manifiesto el ámbito de las actividades de ITT en el campo de la teoría de tráfico, y su aplicación tanto al diseño de los sistemas de telecomunicación como a las necesidades de las Administraciones de telecomunicación.

Lester A. Gimpelson

Planificación y organización del 9º Congreso Internacional de Teletráfico

Desde sus comienzos en el año 1953, la misión del Congreso Internacional de Teletráfico se ha ido expandiendo gradualmente hasta el extremo de constituir, hoy en día, el mayor forum mundial del Teletráfico. El 9º Congreso celebrado en Torremolinos en octubre 1979 ha sido uno de los más amplios en cuanto al número de temas cubierto, y de los que más éxito ha obtenido de entre los celebrados hasta la fecha.

J. E. VILLAR DE VILLACIAN

Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, Madrid, España

Introducción

Durante el cuarto de siglo que tiene de existencia el Congreso Internacional de Teletráfico (ITC), el número de delegados que ha venido asistiendo cada tres años a los Congresos ha crecido con mayor rapidez que el número de teléfonos en el mundo.

Lo que en el año 1955 comenzó siendo una reunión casi familiar de los ingenieros de teletráfico, en la que era posible para la gran mayoría de los delegados el encuentro personal, ha llegado a convertirse en el año 1979 en una asamblea de casi 400 ingenieros.

Aunque el ITC no constituye una entidad legal, ni tiene una sede, ni posee una organización formal ni un staff u organización permanente, ni tampoco publica ninguna revista, realiza una función singular al ser el único forum mundial de expertos en teletráfico. Debido a que la asistencia es solamente por invitación, un Congreso de Teletráfico es una de las pocas conferencias en el tema de telecomunicación a la que asisten delegados que son, sin ninguna excepción, expertos en algún aspecto del campo. El conjunto de ponencias que se publica en cada Congreso constituyen una referencia muy valiosa para los trabajos sobre tráfico. El Congreso de Teletráfico constituye una fuente de información tanto para estándares del CCITT como para programas de entrenamiento en el campo del teletráfico.

Historia y estructura del ITC

Aunque las primitivas redes de los años 1900 necesitaron algún grado de planificación (sin duda empírico en su naturaleza), la ciencia de la ingeniería de teletráfico alcanzó su mayoría de edad después de la segunda guerra mundial con la expansión, notable en todo el mundo, de las redes telefónicas y la introducción del servicio automático.

En los comienzos de la década de los cincuenta, los ingenieros de tráfico de telecomunicación eran conscientes de los beneficios que podrían derivarse de un intercambio de sus experiencias e ideas con las de otros colegas. Inspirados ante todo por el Dr. Arnie Jensen, de Dinamarca, que sigue siendo el principal guía espiritual del ITC, se organizó un comité en el año 1953. Dos años más tarde tuvo lugar en Copenhague (Dinamarca) el primer Congreso Internacional sobre la aplicación de la teoría de probabilidades en las industrias y administraciones telefónicas. La asistencia incluyó a representantes de las diversas administraciones telefónicas, fabricantes de equipos e investigadores de universidades, es decir, los mismos grupos que constituyen hoy día la población de delegados. La asisten-

cia fue de 69 delegados, procedentes de 13 países, y se leyeron 26 artículos.

Desde entonces, los Congresos han tenido lugar cada tres años; en el más reciente, el 9º, que tuvo lugar durante el mes de octubre de 1979 en Torremolinos, España, asistieron 379 delegados representando a 31 países, con un total de 184 ponencias. La tabla 1 resume el número de delegados y las contribuciones de cada país.

Las industrias telefónicas asociadas a ITT han participado en estos Congresos desde que se iniciaron; en el de Torremolinos se presentaron 10 artículos firmados por personas de ITT y dos de ellos se escribieron en colaboración con personas de administraciones telefónicas. La figura 1 resume el crecimiento del ITC a través de los años en términos de número de países participantes, número total de artículos presentados y contribuciones de ITT.

Tabla 1 - Asistencia y contribuciones al 9º Congreso

País	Delegados	Contribuciones
Arabia Saudita	1	-
Australia	10	10
Bélgica	7	2
Brasil	8	1
Bulgaria	3	2
Canadá	20	10
Chile	1	-
Checoslovaquia	-	1
Dinamarca	14	4
España	60	14
Estados Unidos	49	34½*
Filipinas	1	-
Finlandia	4	2
Francia	20	7
Holanda	17	7
Hungría	2	3
India	3	4
Israel	3	4
Italia	12	8
Japón	10	10
México	2	-
Noruega	13	7
Polonia	2	5
Portugal	10	-
Reino Unido	20	7
República Federal de Alemania	49	18
Rusia	-	2
Suecia	29	18½*
Suiza	8	2
Túnez	1	1
Uganda	2	-

* Contribución conjunta

El crecimiento en el tamaño llevó consigo un cambio considerable. Cuando en 1967 se celebró el Congreso en Nueva York, el número de artículos que se presentó hizo imposible que cada autor leyera en su totalidad su contribución, por lo que se hizo necesario dividir los artículos en dos grupos: artículos "leídos" que fueron presentados en forma resumida por sus autores y artículos "no leídos" que fueron resumidos por una persona especialista en las distintas temáticas cubiertas por los artículos. El Congreso de Nueva York fue también el primero en el que los organizadores asumieron la responsabilidad de publicar y distribuir volúmenes encuadernados conteniendo todos los artículos que se habían presentado.

También fue en este Congreso donde se introdujo la idea de tener artículos invitados; tres años más tarde en Munich, la idea se desarrolló con más intensidad. Para un artículo invitado se pide generalmente a un experto que presente una panorámica de los desarrollos existentes y campos de trabajo futuros dentro del área de su especialidad. También en Munich se dedicó una sesión especial a discutir la cooperación entre el ITC y el CCITT. Desde entonces, el ITC ha tomado una parte activa en el trabajo del CCITT y en particular en el del Grupo de Estudio II (Grupo de Trabajo II/4, Ingeniería de Tráfico).

En Melbourne en el año 1976 se introdujo la idea de celebrar sesiones simultáneas, en un intento de resolver el problema creado ante el continuo crecimiento del número de ponencias. Independientemente de estos cambios, el ITC continúa fiel a su objetivo de proporcionar un forum en el que representantes de las administraciones telefónicas, fabricantes de equipos de telecomunicación y personas de la Universidad pueden reunirse para comparar sus experiencias, discutir el estado actual de conocimiento e identificar los problemas más probables con los que se tendrán que enfrentar en el futuro.

Estructura organizativa

El único elemento de funcionamiento continuo del ITC es un Comité Consultivo Internacional que se reúne anualmente para guiar el progreso del ITC a largo plazo.

Tabla 2 - Tópicos tratados en el ITC

Tópicos cubiertos en los Congresos 1 a 9
Redes de conmutación a una o varias etapas
Redes locales y de enlaces:
- principios de encaminamiento
- dimensionado
- sistemas satélites
Gestión de redes
Sistemas de control común
Sistemas de servicio manuales
Nuevas técnicas de simulación
Procedimientos de cálculo
Medidas de tráfico
- análisis
- control administrativo
- coste versus beneficio
Aspectos de la ingeniería de tráfico referentes a:
- comportamiento del abonado;
- fiabilidad de las redes de telecomunicación
- evolución de redes analógicas a digitales
Grado de servicio y calidad de servicio
Planificación y previsión
Problemas de tráfico en países en vías de desarrollo
Aspectos teóricos y de ingeniería de las preguntas asignadas al Grupo de Estudio II del CCITT
Tópicos a los que se dio un mayor énfasis
Modelación y análisis de redes de datos:
- características de tráfico
- nodos de la red
- criterios de optimización y servicio
Modelación y análisis de tráfico en sistemas de ordenador
- estructuras de "hardware" y "software"
- sistemas distribuidos
- características de la carga de trabajo

Tres de sus miembros han participado desde la primera reunión organizativa del comité en el año 1953: el presidente, Dr. Arnie Jensen, Dr. C. Jacobaeus de Suecia y el Profesor L. Kosten (Honorario) de Holanda. Los otros miembros son:

Dr. J. W. Cohen, Holanda
Mr. A. C. Cole, Reino Unido

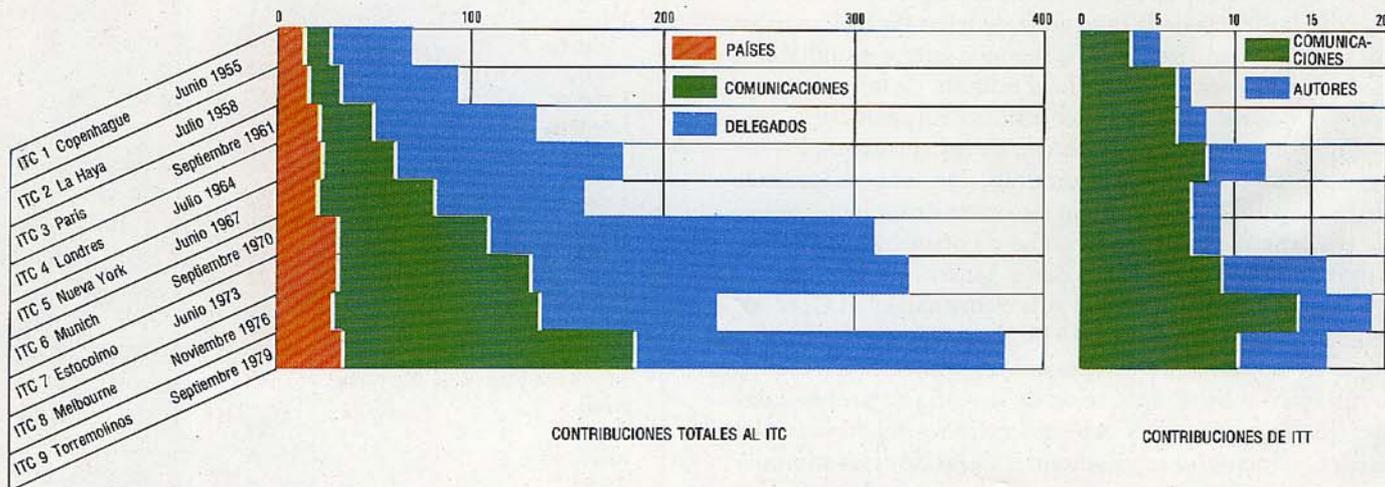
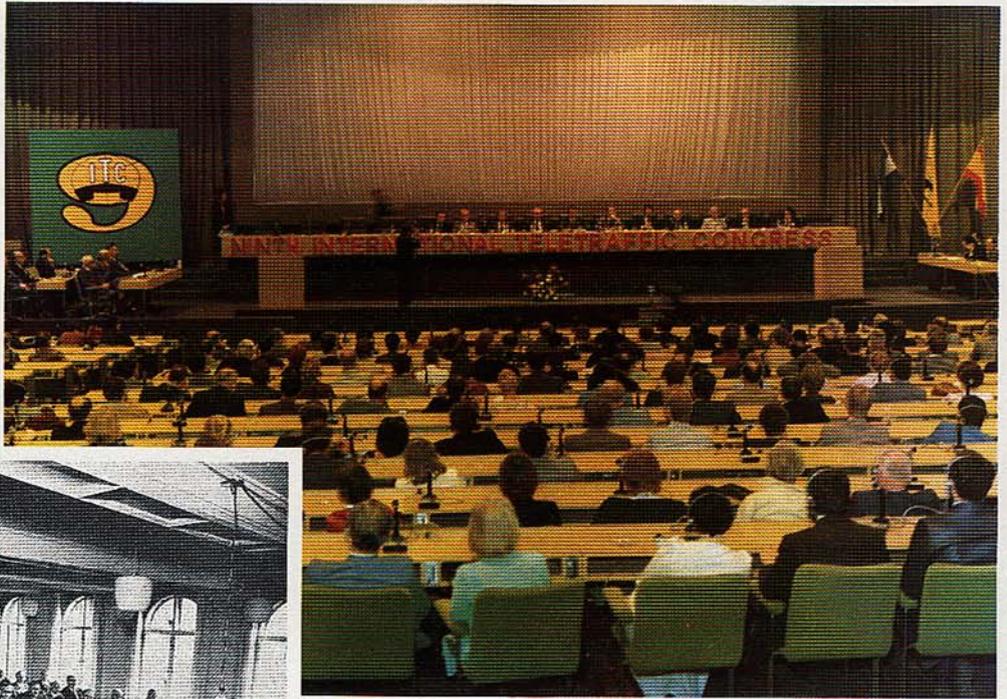


Fig. 1 Crecimiento del ITC desde el primer Congreso en 1955. Esta figura muestra también como ha crecido la contribución de ITT durante los últimos 25 años.

Una sesión del primer ITC que fue celebrado en Copenhague, Dinamarca, en el año 1955. Sesenta y nueve delegados representando 13 países estuvieron presentes para escuchar 26 artículos. (Abajo)

Una sesión del 9º ITC celebrado en Torremolinos, España, en octubre de 1979. En total asistieron 379 delegados de 31 países y se presentaron 184 artículos. Fue el mayor congreso de los celebrados hasta ahora. (Derecha)



Dr. G. Gosztony, Hungría
 Mr. W. S. Hayward, Estados Unidos
 Dr. H. Inose, Japón
 Dr. P. J. Khün, República Federal de Alemania
 Dr. P. Le Gall, Francia
 Dr. V. I. Neiman, Rusia
 Dr. C. Pratt, Australia
 Dr. K. Rhode, República Federal de Alemania
 (Miembro Honorario)
 Mr. J. E. Villar, España
 Mr. R. I. Wilkinson, Estados Unidos
 (Miembro Honorario).

El trabajo de planificar y organizar un Congreso de Teletráfico se lleva a cabo por tres comités: el Comité Nacional Organizador, el Comité Técnico Internacional y la Secretaría. Cada uno de ellos está compuesto por representantes del país organizador a excepción del Comité Técnico, en el que también se invita a formar parte a personas de otros países. Estos Comités existen solamente durante la planificación del Congreso y se disuelven al terminar el Congreso.

El Comité Nacional Organizador tiene la responsabilidad, como su propio nombre indica, de organizar el Congreso incluyendo el control del presupuesto. El Comité Técnico Internacional es responsable del programa técnico. El Secretariado realiza funciones no técnicas tales como registro de los delegados, producción de documentación y organización del programa social.

Los arreglos financieros del ITC difieren notablemente de los establecidos en otros simposios internacionales.

Todos los gastos de operación y administración de un Congreso se sufragan por un grupo de organizaciones del país organizador, que patrocinan el Congreso. Los delegados invitados solamente necesitan abonar sus propios gastos de viaje y mantenimiento. Los costes del Congreso de Torremolinos fueron compartidos a partes iguales por la Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE), Industrias de Telecomunicación, S.A. y Standard Eléctrica, S.A. (SESA).

Expansión del campo de aplicación

Durante los tres años que precedieron al Congreso de Torremolinos se tomaron decisiones para expandir las áreas de interés del ITC en dos formas importantes.

Primeramente, y en respuesta al interés creciente por las redes de datos y por las aplicaciones de los ordenadores en las telecomunicaciones, el Comité Técnico decidió dar más énfasis a estas materias en el 9º Congreso. La tabla 2 resume los temas tratados en congresos previos y los tópicos a los que se quiso dar mayor énfasis en el Congreso de Torremolinos.

Además, para tratar de resolver el problema derivado de un continuo aumento, en cantidad y variedad, de información relativa a teletráfico, el Comité Consultivo Internacional decidió que sería conveniente establecer algunas reuniones entre cada dos Congresos. Dos seminarios de este tipo tuvieron ya lugar: uno sobre "Modelación de centrales controladas por programa almacenado y redes de datos" que se celebró en Delft durante el mes de octubre de 1977 y otro sobre "Medidas de tráfico y simulación de tráfico y su papel en la planificación de los sistemas de telecomunicación" que tuvo lugar en Budapest durante el mes de octubre de 1978. Como estos seminarios tenían una temática restringida, la asistencia fue más limitada que en el Congreso.

Congreso de 1979

Para el Congreso de 1979, los miembros de Comité Nacional Organizador fueron nombrados de entre las organizaciones implicadas en el área de telecomunicaciones. La presidencia fue desempeñada por CTNE.

Programa técnico

La planificación y organización del programa técnico fue llevado a cabo por el Comité Técnico Internacional bajo la presidencia de SESA.

Con el fin de poder acomodar el gran número de ponencias, así como de facilitar el intercambio de información, el Comité introdujo algunas innovaciones. Importante fue el problema de preparar un programa de sesiones técnicas de forma que pudieran presentarse los 184 artículos admitidos, en sólo seis días, sin tener que recurrir a sesiones paralelas. La solución del comité técnico conllevó un nuevo proceso de selección para escoger los artículos "leídos" y "no leídos" así como una observación rigurosa del tiempo asignado a cada sesión técnica de trabajo. Anteriormente, la decisión de si un artículo sería presentado por su autor se tomaba basándose solamente en una evaluación de su resumen. En el 9º Congreso se siguió un proceso de selección en tres etapas. Primeramente, todos los miembros del Comité leyeron los resúmenes, estableciéndose una asignación de artículos a sesiones; además, en esta primera etapa, se realizó un juicio preliminar acerca de la lectura o no de cada uno de los artículos. Antes de que se tomara la decisión final, el artículo completo se leyó por dos expertos en el tema. Sólo después de que se cubriera esta etapa se desveló el nombre del autor o autores de cada artículo así como sus afiliaciones, realizándose los mínimos cambios para lograr que cada país asistente al Congreso estuviera representado por al menos un artículo "leído".

Con el fin de aliviar las situaciones que podían aparecer debido a que un control riguroso del tiempo no permitiera tiempo suficiente para la discusión de los artículos, se suministraron facilidades para que los delegados pudieran llevar a cabo, si así lo querían, sesiones de discusión infor-

males. Las minutas de estas reuniones se publicarán para beneficio y conocimiento de todos los congresistas.

En otro intento de fomentar el intercambio de información se planificaron paneles de discusión sobre temas especiales; sin embargo, el tiempo disponible limitó estos paneles a uno sólo sobre "problemas de tráfico en redes de datos y ordenadores". Sin embargo, la asistencia fue muy numerosa y quizás la idea prospere en próximos Congresos.

El futuro

El punto de reunión para el próximo Congreso no ha sido comunicado oficialmente aunque se espera que sea Canadá en el año 1983. Sin embargo existe ya una firme decisión en lo que se refiere al lugar para el año 1985 que será Japón. Entre hoy y 1983 se organizarán algunos seminarios.

Es probable que tengan lugar ciertos cambios en el próximo Congreso. Considerando la rápida evolución del mundo de las telecomunicaciones, se espera que se pondrá un mayor énfasis en temas tales como los problemas de planificación y de tráfico asociados con la introducción de centrales digitales, la integración de voz y datos, y sus características de tráfico. Además, se necesitará limitar el número de contribuciones o establecer sesiones paralelas. Ciertamente, los organizadores del Congreso de Torremolinos estamos de acuerdo en que no es posible presentar más de 184 artículos en sólo seis días.

J. Eduardo Villar de Villacián nació en Palencia, España, en el año 1939. En 1965 se graduó como ingeniero de telecomunicación y el mismo año entró a formar parte de Standard Eléctrica, S.A., Madrid. En el año 1970 fue promovido al cargo de jefe de Grupo de Teletráfico en el Centro de Investigación ITT de SESA, donde fue responsable del dimensionado de algunos sistemas de conmutación telefónica de ITT. El Sr. Villar se convirtió en el año 1975 en el jefe de los grupos de Teletráfico y Planificación de Telecomunicaciones y en el año 1978 fue nombrado Director Técnico Adjunto del Grupo de Tecnologías en el Centro de Investigación de Standard Eléctrica. Es también profesor de matemáticas en la Universidad Politécnica de Madrid.

Contribuciones de ITT al 9º Congreso Internacional de Teletráfico

El interés creciente por los redes de datos y las aplicaciones de los ordenadores en telecomunicación ha contribuido a ampliar el panorama de temas cubierto por el noveno Congreso Internacional de Teletráfico respecto a anteriores Congresos. Las contribuciones de ITT en ésta y otras áreas de interés reflejan los esfuerzos de la Compañía para mejorar el diseño, comportamiento y características operacionales de sus productos de telecomunicación.

J. R. de los MOZOS MARQUÉS

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

Introducción

El programa técnico del Congreso Internacional de Teletráfico (ITC) tradicionalmente ha cubierto las áreas de planificación, operación, teoría básica y problemas de tráfico asociados al diseño, dimensionado y operación de sistemas de conmutación. En los últimos congresos se han presentado también artículos sobre problemas de tráfico de datos. En este noveno ITC celebrado en Torremolinos, España, del 17 al 24 de octubre de 1979 ha habido 23 sesiones técnicas, que cubren una gran variedad de temas que se listan en la tabla 1.

Como ya es usual, ITT estaba abundantemente representada en el Congreso, presentando diez trabajos sobre casi todos los temas de interés máximo.

El alcance del noveno Congreso Internacional de Teletráfico fue mayor que nunca tanto en número de trabajos presentados y temas cubiertos como en el número de delegados. 371 delegados de 31 países presentaron 184 comunicaciones. De especial relevancia ha sido el creciente interés por el tráfico de datos y las aplicaciones de los ordenadores a las telecomunicaciones.

Somero resumen técnico del noveno ITC

A lo largo de la historia de los ITC la evolución de la tecnología, la disponibilidad de nuevas herramientas matemáticas y la capacidad de cómputo han generado continuos cambios en el tipo de estudios presentados en los artículos.

En el noveno ITC el área de operación ha experimentado un importante auge con respecto a congresos anteriores. El uso a gran escala de equipos de recogida de datos ha

potenciado el desarrollo de procedimientos muy elaborados de administración de tráfico. Tanto los equipos de medida como los procedimientos de administración han recibido considerable atención. Otro tema que ha atraído gran interés ha sido la utilización de estadísticos de valores extremos para dimensionado y administración de centrales.

En el área de planificación se ha prestado especial atención a la planificación de redes digitales, que requiere tratamiento especial debido a las nuevas restricciones y costes de transmisión y conmutación. Otros temas en los que se ha observado interés creciente han sido el grado de servicio punto a punto y la fiabilidad de la red.

El número de artículos sobre disciplinas teóricas, en particular teoría de tráfico, teoría de colas, características de los abonados y precisión en medidas y simulación, no creció respecto de anteriores congresos. Se presentaron nuevos métodos sobre diferentes disciplinas, que podrían eventualmente abrir nuevos horizontes en el futuro. No obstante, la mayoría de los artículos presentaron soluciones a problemas no resueltos o nuevas soluciones a problemas ya resueltos. En las sesiones sobre características de los abonados se presentaron tanto resultados de medidas como modelos de comportamiento.

Los estudios sobre sistemas de conmutación han experimentado cambios significativos. Si bien el número de artículos no ha crecido en la misma proporción que en otras áreas, se cubrieron temas de sumo interés. En sistemas de mallas, por ejemplo, las propiedades topológicas y los algoritmos de búsqueda de camino fueron objeto de varios artículos. En cuanto al control, los métodos de control de sobrecarga recibieron gran atención por parte de los autores. Se presentaron también unos pocos artículos sobre

Tabla 1 - Programa técnico del 9º ITC

Fecha	Número de la sesión y temas			
17 octubre	1.1 Predicción de tráfico (I)	1.2 Predicción de tráfico (II)	1.3 Teoría de tráfico	1.4 Comportamiento de abonado
18 octubre	2.1 Medidas de tráfico (I)	2.2 Medidas de tráfico (II)	2.3 Precisión en medidas y simulación	2.4 Desbordamiento
19 octubre	3.1 Criterios de servicio	3.2 Tráfico y Tarifas	3.3. Redes de conexión (I)	3.4 Redes de conexión (II)
22 octubre	4.1 Teoría de colas	4.2 Redes y sistemas digitales	4.3 Redes y sistemas de datos (I)	4.4 Redes y sistemas de datos (II)
23 octubre	5.1 Modelación de centrales y procesadores (I)	5.2 Modelación de centrales y procesadores (II)	5.3 Control de sobrecarga	5.4 Administración de tráfico
24 octubre	6.1 Planificación de redes (I)	6.2 Planificación de redes (II)	6.3. Gestión de red	6.4. Sesión de clausura

Tabla 2 - Artículos presentados por ITT al 9º Congreso Internacional de Teletráfico

Administración	
[1] Sobre la observación de líneas de abonado con alta probabilidad de ocupación y el incremento de su número J. Biot J. Massang	Régie des Télégraphes et Téléphones Belgique Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes
[2] Observación del efecto de enlaces "killer" en el grado de servicio F. Fernández Martínez M. S. Aguilar Martínez	Compañía Telefónica Nacional de España Standard Eléctrica, S.A., Madrid
[3] Estudio del desequilibrio de tráfico en matrices de abonados G. Morales Andrés, A. Crespo de Pedro y M. García Rafart	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
Análisis de sistemas SPC	
[4] Modelación y simulación flexibles para el análisis de procesadores de control O. González Soto, J. A. García Higuera, C. Díaz Berzosa y L. Martínez Míguez	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
[5] Análisis de tráfico de un tipo de sistemas SPC con control distribuido M. Villén y G. Morales	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
Controles de sobrecarga	
[6] Método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores de sistemas de conmutación con control por programa almacenado (SPC) P. Somoza y A. Guerrero	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
[7] Método progresivo de control de sobrecarga para procesadores J. A. García Higuera y C. Díaz Berzosa	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
Sistemas y redes de datos	
[8] Parámetros y eficiencias de comunicación en la modelación de una red de conmutación de paquetes O. González Soto y L. Martínez Míguez	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
[9] Tratamiento de algunos aspectos importantes de la planificación de redes de datos E. Lera y F. A. Smith	Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid
Teoría de tráfico	
[10] Importancia de los atributos de tiempo en cada secuencia simulada M. Mizuki	ITT Federal Electric Corporation Paramus, New Jersey

análisis de sistemas SPC de control distribuido. Quizá la nueva generación de sistemas de conmutación favorezca la publicación de más artículos sobre este tema.

El tráfico de datos ha sido el área que ha experimentado mayor expansión en este congreso, cubriéndose muchos de los temas de interés en este campo. No obstante, dada la relativa novedad del tema, es obvio que aún queda un largo camino por recorrer para alcanzar un cierto grado de madurez en la solución de los problemas planteados. Se presentaron artículos sobre redes, evaluación de protocolos, control de flujo, planificación de redes y otros estudios de carácter general que tienen especial interés para el tráfico de datos, tales como flujos múltiples de tráfico ofrecidos a un mismo haz, redes de colas, etc. Finalmente, las dos sesiones sobre tráfico de datos fueron complementadas por una mesa redonda sobre redes de computadoras en la que expertos mundialmente conocidos trataron los temas más importantes para la investigación en el presente y en un futuro inmediato.

Contribuciones de ITT

En Torremolinos ITT presentó diez artículos, uno de ellos en cooperación con la Compañía Telefónica Nacional

de España (CTNE) y otro en cooperación con la Régie des Télégraphes et Téléphones belga (RTT). Los títulos y autores se dan en la tabla 2. Cinco de esos artículos se reproducen en esta edición y los restantes se resumen en este artículo.

En los artículos de ITT se presentaron los estudios y resultados más recientes en las áreas de administración, teoría de tráfico, control de sobrecarga, análisis de sistemas SPC y comunicaciones de datos, que reflejan el interés de ITT en estos campos y son el resultado de su esfuerzo permanente, aplicado desde el comienzo mismo del diseño, para mejorar las características de comportamiento y operativas de los productos de telecomunicación de ITT.

Administración

La administración de redes o centrales telefónicas tiene por objeto mantener el grado de servicio dentro de objetivos especificados. La desviación del grado de servicio respecto a estos objetivos puede ser debida a problemas de naturaleza muy diversa tales como: falta de equipo, desequilibrios de tráfico o fallos ocultos. Los procedimientos de administración de tráfico deben facilitar la detección e identificación de la naturaleza y magnitud del problema, así como de las acciones correctoras.

Uno de los problemas que pueden ocurrir en centrales de barras cruzadas y SPC es la ineficiencia con que se puede hacer trabajar a ciertas partes del equipo de control debido a intentos de llamada fallidos, siendo quizá las llamadas a abonado ocupado la causa más importante de tal ineficiencia.

El artículo de J. Biot, de la RTT de Bélgica y J. Massant de la Bell Telephone Manufacturing Company, una compañía belga asociada a ITT, describe un experimento llevado a cabo en una central local de Namur, Bélgica, para determinar la causa de la elevada proporción de intentos de llamada a abonado ocupado terminados en esta central.

La probabilidad de que un abonado que genera un intento de llamada reciba señal de ocupado en una central, es difícil de predecir, puesto que está afectada por la función de distribución de probabilidad del tráfico por abonado, por la proporción de tráfico terminado respecto del originado de cada abonado y por los hábitos de reintento de los abonados de la red.

El artículo presenta primero el procedimiento seguido en la selección del grupo de 86 abonados que debían ser observados. Los resultados de la observación mostraron el tráfico por abonado y la tasa de ocupación (probabilidad de encontrar abonado ocupado) acumulados en dos períodos de tiempo.

El siguiente paso en el artículo es comparar los valores obtenidos de medidas, con resultados equivalentes deducidos de los modelos analíticos de Lind [1] y Jensen [2], respectivamente. El primer modelo da la tasa de ocupado en un grupo de abonados en función de la media y varianza del tráfico por abonado. El segundo modelo considera el tráfico por abonado, la perseverancia en reintentar después de una tentativa fallida, el tiempo medio de repetición de tentativas de llamada y el tiempo medio de ocupación. Los resultados de la comparación indican que la aproximación de Jensen es razonable excepto para grupos de baja carga, en los que existe tendencia a sobreestimar la tasa de ocupación. El modelo de Lind, da solamente aproximación razonable en grupos de baja carga.

Finalmente el efecto de aumentar el número de líneas por abonado sobre la tasa de ocupación se evalúa mediante una fórmula sencilla. La conclusión más interesante del estudio es que con un pequeño incremento del número de líneas (3% en el caso considerado) pueden producirse reducciones significativas en la tasa de ocupación (50% en este caso).

El artículo de F. Fernández Martínez de la CTNE y M. S. Aguilar Martínez de SESA (publicado en este número, págs. 12-17), presenta resultados de medidas de tráfico en una central en la que se provocaron fallos intermitentes con retenciones cortas en ciertos órganos (órganos killer). Los resultados de medida se comparan con los resultados obtenidos del modelo teórico presentado al 8º ITC [3], seguido de una discusión sobre posibilidades de detección de ese tipo de fallos sin efectuar medidas en circuitos individualmente.

El artículo de G. Morales Andrés, A. Crespo de Pedro y M. García Rafart (publicado en este número, págs. 18-25) es el último de una serie de artículos del ITC [4, 5] presentados por ITT sobre problemas derivados de considerar tráficos de abonados individuales en vez de valores medios

del tráfico por abonado. Describe los efectos de utilizar reglas de asignación de líneas y procedimientos de equilibrado de cargas sobre el grado de servicio. En particular se describe el efecto de permitir diferentes umbrales de tolerancia de desequilibrio. El artículo proporciona un método para analizar el efecto de desequilibrio de tráfico en la etapa de abonado, así como resultados que pueden ser utilizados para establecer criterios de grado de servicio bajo condiciones de desequilibrio.

Análisis de sistemas SPC

Dos contribuciones de ITT abordaron distintos problemas en el análisis de sistemas SPC. El artículo de O. González Soto, J. A. García Higuera, C. Díaz Berzosa y L. Martínez Míguez presentó una metodología de definición de modelos basada en una correspondencia entre los sistemas real y simulado, que se establece tanto para el flujo de tráfico como para el de control del sistema.

El artículo de M. Villén y G. Morales presenta un método para analizar el control en sistemas SPC con control distribuido utilizando un gran número de procesadores, con reparto de funciones y de carga, control de procesamiento por flujo de datos, y caminos sin bloqueo entre procesadores. El método proporciona fórmulas para obtener la media y varianza del tiempo de espera de las distintas fases telefónicas de una llamada.

Primero se establece una modelación completa de la ejecución de las fases telefónicas (preselección, selección, etc.) en el sistema de control, mediante la definición de tareas y secuencias de tareas que corresponden a fases telefónicas. Parte de esta modelación es común a la modelación descrita en el artículo de O. González Soto y otros. Villén y Morales definen posteriormente subsecuencias como grupos de tareas de la secuencia ejecutadas por el mismo procesador.

En un segundo nivel de modelación se introducen cuatro nuevas hipótesis:

- llegada de Poisson de subsecuencias al procesador,
- el tiempo de procesamiento de las tareas asignadas a cada procesador sigue una distribución exponencial negativa,
- el tiempo de cola de las tareas ofrecidas a un cierto procesador es independiente del tiempo en cola de cualquier otra tarea de la misma secuencia ejecutada anteriormente en un procesador diferente,
- el tiempo requerido para transmitir un mensaje de un procesador a otro es independiente de los tiempos de cola en las tareas en cualquiera de los procesadores.

Con estas hipótesis los autores estudian cada procesador separadamente, despreciando la covarianza del tiempo de demora de las diferentes subsecuencias. Cada procesador se estudia como una cola de un único servidor con leyes generales de realimentación interna (inmediata, dentro del mismo procesador) y externa (no inmediata, después del tratamiento de la llamada por otro procesador). L. Takács [6] estudió esta cola con realimentación interna solamente, con probabilidad de realimentación obtenida mediante una distribución binomial y para varios tiempos de servicio además del exponencial negativo. La solución propuesta por Villén y Morales para la red de colas es solamente exacta bajo ciertas hipótesis de la composición de las

secuencias, pero la aproximación es buena en otros casos, como lo prueba el gran número de comparaciones con resultados de simulación presentados en el artículo.

Control de sobrecarga

ITT presentó dos métodos en esta sesión. El procedimiento desarrollado por P. Somoza y A. Guerrero (publicado en este número, págs. 37-45) previene la sobrecarga en el procesador central limitando el número de llamadas aceptadas en un intervalo de tiempo de duración especificada. Se utiliza un algoritmo para actualizar periódicamente el umbral de aceptación de acuerdo con la capacidad del procesador en el último intervalo de actualización. El método ha sido implantado con éxito en el sistema METACONTA* 10C.

El artículo de J. A. García Higuera y C. Díaz Berzosa presenta un método de control de sobrecarga especialmente adaptado a sistemas de control SPC en los que el cuello de botella es la ocupación del procesador y se pueden tomar acciones expansivas para aumentar la capacidad máxima del sistema en situaciones de sobrecarga. El artículo comienza con una discusión general de las características deseables de los indicadores y acciones de control. Como características más importantes de los indicadores se mencionan las siguientes: sensibilidad, fiabilidad, posibilidad de utilización en cualquier aplicación del sistema y rapidez suficiente para permitir la toma eficaz de acciones de control. Condiciones impuestas para los controles son: no reducir la capacidad del sistema y asegurar el grado de servicio especificado bajo las distintas cargas.

En una breve descripción de las características del modelo de tráfico utilizado, se dan las hipótesis impuestas para las fuentes de tráfico y los aspectos del sistema que se reproducen.

En otra sección se analizan diferentes indicadores de sobrecarga; generalmente son dependientes del sistema y, por esta razón, es difícil recomendar ninguno de ellos en particular. Se presentan ventajas y desventajas de los indicadores y, para algunos de ellos, a qué sistemas puede ser favorablemente aplicado. El indicador elegido fue el de la ocupación del procesador, determinándose los diferentes parámetros asociados para el sistema PENTACONTA* 2000.

Se estudiaron dos aspectos principales: la distribución de ocupación del procesador y el tiempo necesario para que el grado de servicio se deteriore significativamente desde el momento en que se detecta la sobrecarga. Se realizó una prueba de hipótesis utilizando la función de distribución empírica obtenida de la simulación. La hipótesis inicial es la de que las condiciones de tráfico no han cambiado. Se establece una región de aceptación de tal manera que si el indicador cae fuera de ella se puede asegurar con una cierta probabilidad de error (error de tipo I), que las condiciones de tráfico han cambiado. El error de tipo II existe cuando se acepta la hipótesis aún siendo falsa. En el artículo se determinan los dos parámetros más importantes que definen la ocupación del procesador como indicador, es decir el umbral de ocupación y el tiempo durante el cual

debe excederse el umbral para desencadenar acciones de control, para garantizar errores de tipos I y II razonables y tiempo suficiente para la toma de acciones de control antes de que el grado de servicio se deteriore demasiado.

Finalmente, las acciones de control se toman progresivamente. En primer lugar, las acciones son expansivas y consisten en cambiar algunos parámetros de software para incrementar la capacidad del procesador. Si estas medidas son insuficientes, las acciones subsiguientes van limitando progresivamente el número de fuentes de tráfico que acceden al procesador. Estas fuentes son registradores a los que se va progresivamente poniendo fuera de servicio para nuevas llamadas. Varios resultados de simulación muestran la eficacia del método.

Sistemas y redes de datos

ITT presentó dos artículos en esta sesión. El de O. González Soto y L. Martínez Míguez (publicados en este número, págs. 46-56) identifica los parámetros básicos que intervienen en el análisis de una red de conmutación de paquetes y sus nodos. Se define la eficiencia en los diferentes niveles de tiempo y se utiliza para relacionar los tráficos de red y de usuario. Se dan valores típicos de estas eficiencias para el protocolo CCITT X.25. Finalmente se evalúan sensibilidades de estas eficiencias con respecto al tamaño de paquete, demora de paquete, tamaño de ventana para tráfico masivo (batch) e interactivo.

Uno de los pocos artículos que trataban aspectos de las redes, y el único sobre planificación de redes de datos fue el presentado por E. Lera y E. A. Smith; el artículo presenta herramientas para el análisis de la topología (determinación del número y ubicación de los nodos), jerarquía (clasificación jerárquica de los nodos) y configuración (reglas de interconexión de nodos) de redes de datos punto a punto; los efectos de la conmutación se espera sean introducidos en un artículo posterior. Se dan además algunos ejemplos prácticos.

El artículo comienza estudiando los factores que afectan el diseño utilizando dos tipos de información básica: interrelación red-usuario, tal como flujos de tráfico de usuarios, utilización de los usuarios, configuración de la propia red del usuario, comportamiento, etc., y entorno red-usuario, tal como penetración de datos, número de terminales, tipos de terminales, parámetros de tráfico, procedimientos de señalización y control, etc.

El análisis de la red se efectúa mediante un algoritmo heurístico que optimiza las redes punto a punto, minimizando la planta de comunicaciones requerida, tanto en términos de número de multiplexores como de longitud total del soporte de transmisión. La implantación de redes punto a punto se hace tradicionalmente mediante multiplexores. La disociación entre la demanda de los usuarios (matrices de conexión) y la capacidad modular de los multiplexores genera una falta de eficacia importante en el llenado de los multiplexores utilizados para implantar la red. Esta falta de eficiencia afecta tanto al número de multiplexores como a la planta soporte de transmisión.

El criterio de optimización está basado en satisfacer la demanda de conexión entre dos nodos cualesquiera de la red, dividiendo la ruta en 1, 2 ó más subrutas que estarán

* Marca registrada del sistema ITT

soportadas por canales multiplexores. Estos canales deben ser conectados en tándem para establecer las conexiones extremo a extremo. En las subrutas, las demandas de conexión de varias rutas comunes se combinan resultando en una mejora en el llenado de los multiplexores, reduciendo así el número de terminales multiplexores y el soporte de transmisión requerido. En este caso resulta necesaria la reubicación de algunos multiplexores.

El algoritmo decide qué conexiones y dónde deben ser divididas para obtener la combinación más adecuada de demanda en las subrutas. Los efectos y ventajas de la aplicación del algoritmo se analizan así como el grado de aproximación a la solución ideal. El algoritmo se aplicó al análisis de problemas típicos de planificación tales como: optimización de planta, selección de equipos de multiplexación, optimización de la topología, operación centralizada, etc. El análisis se aplicó a dos redes modelos. La comparación de resultados obtenidos utilizando otros métodos de implementación de redes muestra, en algunos casos, ahorros del 10% en el equipo y del 45% en el soporte de transmisión.

Teoría de tráfico

El artículo del Dr. M. Mizuki señala posibles fuentes de inconsistencias lógicas, que pueden aparecer en el análisis de resultados de simulación como consecuencia de la interpretación probabilística de las "colecciones" de eventos. Con objeto de obviar estos problemas el Dr. Mizuki propone utilizar los modelos de la teoría de la incertidumbre, someramente descritos en dos artículos anteriores [7, 8]. La teoría de la incertidumbre está construida sobre una axiomática más adecuada al análisis de eventos dependientes del tiempo, observados en una secuencia estocástica o en una secuencia simulada.

En una serie temporal observada, los atributos de tiempo asociados a los eventos son inseparables de ellos. El Dr. Mizuki identifica cuatro propiedades de los atributos de tiempo: inseparabilidad de la medida, irreversibilidad, intransladabilidad e ininterrumpibilidad que, si se violan, pueden crear problemas de inconsistencia lógica. Como ejemplo, el autor examina una conocida paradoja de la teoría de la renovación, y muestra los problemas lógicos encontrados en la obtención de las distribuciones de edad y vida residual.

Conclusiones

Según ha podido observarse a lo largo de este breve resumen, el Congreso de Teletráfico de Torremolinos podría caracterizarse por la expansión efectuada en las áreas de operación y datos. La primera es un campo prometedor

para años venideros si se utilizan las técnicas disponibles en investigación operativa, tal y como apuntó uno de los ponentes en la sesión de discusión final.

La expansión en el área de datos dentro del ITC está fuera de toda duda, aunque la atención prestada al tema sea aún insuficiente considerando el número de problemas aún pendientes de solución.

La participación de ITT en el ITC de Torremolinos ha estado bien equilibrada con respecto a los grandes temas objeto del Congreso. Sin olvidar los temas de administración, tan importantes para las compañías telefónicas, el mayor esfuerzo lo ha dedicado ITT al estudio de temas de actualidad tales como los sistemas SPC con control distribuido y el tráfico de datos, con aportaciones interesantes en ambos campos. Asimismo se han presentado a este Congreso artículos que muestran la culminación de un esfuerzo mantenido a lo largo de los años 70 en la modelación de unidades de control SPC y en su estudio en condiciones de sobrecarga. El conjunto de artículos presentado por ITT a este Congreso es el resultado del esfuerzo coordinado por conseguir la alta calidad en el diseño de sus productos de telecomunicaciones tanto en lo que se refiere a capacidad y grado de servicio como en las prestaciones para la operación.

Referencias

- [1] G. Lind: Studies on the probability of a called subscriber being busy; 8° ITC, Melbourne, 1976.
- [2] E. Jensen: The influence of repeated call attempts phenomenon on the B-subscriber busy probability; Informe técnico del Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid.
- [3] E. Jensen y F. Toledano: On the influence of certain typical equipment faults on grade of service; 8° ITC, Melbourne 1976.
- [4] A. Rodríguez y J. P. Dartois: Small groups of subscribers traffic imbalance; 5° ITC, Nueva York, 1967.
- [5] J. P. Dartois: Lost calls cleared systems with unbalanced traffic sources; 6° ITC, Munich 1970.
- [6] L. Takács: A single-server queue with feedback; BSTJ, 42 (2), págs. 506-519 (1963).
- [7] M. Mizuki: Uncertainty theory applicable to traffic models; 7° ITC, Estocolmo, 1973.
- [8] M. Mizuki: Uncertainty model for an M/N/1 system; 8° ITC, Melbourne, 1976.

J. R. de los Mozos Marqués nació en Salamanca, España, en 1941. Se graduó como ingeniero de telecomunicación en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid, en 1965. En 1966 ingresó en el recientemente creado Grupo de Tráfico del CIISE, donde trabajó inicialmente en el dimensionado de una nueva versión, por entonces en desarrollo, del sistema PENTACONTA. En 1970 fue nombrado responsable de los estudios de tráfico en sistemas de conmutación electromecánica y subjefe de Grupo de Tráfico. Cuatro años más tarde fue nombrado jefe del Grupo de Tráfico, que es el grupo central para los estudios de tráfico de ITT.

Observación del efecto de los enlaces "killer" en el grado de servicio

La presencia de un enlace "killer" en una ruta degrada el servicio de esta ruta. Las medidas muestran la extensión de este problema, y que la mejor manera de detectar posibles enlaces "killer" es observar el tiempo de ocupación de cada enlace y compararlo con el tiempo de ocupación medio de la ruta.

F. FERNANDEZ MARTINEZ

Compañía Telefónica Nacional de España, Madrid, España

M. S. AGUILAR MARTINEZ

Standard Eléctrica, S. A., Madrid, España

Introducción

Un enlace "killer" es aquel que puede ser tomado, pero que por cualquier tipo de fallo, es incapaz de completar la llamada. Obviamente, la presencia de un enlace "killer" en una ruta causa una degradación del servicio, ya que está disponible durante mucho más tiempo que los demás enlaces, al tener un tiempo corto de ocupación, y los intentos de llamada cursados por ese enlace siempre se pierden. En el caso de una ruta con posibilidad de desbordamiento, la presencia de un enlace "killer" motiva que el tráfico desbordado sea considerablemente menor que el previsto al dimensionar la ruta, ya que el enlace "killer" atrae muchas llamadas que normalmente serían cursadas por la ruta alternativa.

Son numerosos los estudios teóricos acerca de la influencia de los enlaces "killer" en el comportamiento de la central [1 a 8]; sin embargo el estudio aquí descrito se diferencia en estar basado principalmente en medidas detalladas en las centrales. Las aquí estudiadas son centrales locales del sistema PENTACONTA* 1000, aunque debe tenerse en cuenta que se ha detectado la presencia de enlaces "killer" en la red española con independencia del sistema de conmutación empleado. Las medidas se han realizado durante 30 días aproximadamente, a lo largo de un período de 3 meses, y durante 10 horas consecutivas al día. Durante el estudio se han provocado varios tipos de enlaces "killer" y se ha observado los resultados.

Este estudio tiene cuatro objetivos principales:

- observar el efecto de los enlaces "killer" en la pérdida extremo a extremo,
- observar el efecto de las renovaciones sobre la tasa de llamadas completadas,
- identificar el método de medida más efectivo para detectar enlaces "killer",
- verificar la validez de los estudios analíticos.

Las conclusiones, de un modo resumido, son las siguientes:

- El efecto de los enlaces "killer" aumenta al aumentar el tráfico cursado por la ruta.
- Las renovaciones mejoran significativamente el grado de servicio, ya que la renovación da a la llamada la posibilidad de utilizar otro enlace y ser completada.
- Las observaciones individualizadas de enlaces es el método más efectivo para la detección de enlaces "killer".
- Los modelos analíticos dan resultados satisfactorios.

Pruebas de campo

Para la realización de las medidas encaminadas a ver el efecto de los enlaces "killer" sobre el grado de servicio, se examinó una serie de centrales PENTACONTA de la red de Madrid. Para ello se efectuaron diversas medidas previas, al objeto de seleccionar, entre ellas, las más adecuadas a fin de que no presentaran algún tipo de problema que pudiera enmascarar los creados por los enlaces "killer". Del resultado de esta investigación se eligieron como más adecuadas tres centrales, dos de ellas centrales del área urbana de Madrid (área primaria), y la tercera una central de sector situada a 40 km de Madrid (área secundaria).

En este artículo se recogen los resultados de las medidas realizadas en las tres centrales a lo largo de un período de tres meses durante el año 1978. Se seleccionaron las rutas con distinto número de enlaces y se trabajó bajo distintas condiciones de tráfico, así como con distintos tipos de enlaces "killer".

Dada la duración de las pruebas de campo, estimamos que la muestra es suficientemente representativa. Una idea del tamaño de la misma lo da el hecho de haber observado una media de 1600 tomas por enlace en cada ruta y por efecto de enlace "killer" provocado.

Las medidas han sido hechas bajo las siguientes condiciones de trabajo:

- los enlaces están conectados a las salidas de la segunda etapa, en un sistema de dos etapas de selección,
- el sistema trabaja como un sistema de pérdida, con captura al azar y selección conjugada,
- no existen rutas alternativas,
- en algunos tipos de fallos "killer" se producen renovaciones,
- los enlaces "killer" de las rutas han sido provocados,
- se han considerado varias rutas con diferentes cargas por enlace y diferente número de enlaces.

Las medidas han sido realizadas con un equipo terminal de recogida de datos TE-550, y un teleimpresor TS-745, lo que permitió obtener los siguientes parámetros de tráfico:

- tráfico cursado por ruta,
- número de intentos por ruta,
- número de tomas por enlace,
- número de llamadas completadas por enlace a nivel de abonado (se consideran como completadas las llamadas a abonado ocupado y sin contestación),
- tiempo medio de ocupación por toma,
- tiempo medio de ocupación por llamada completada,

* Marca registrada del sistema ITT

- tiempo medio de ocupación en órganos de control,
- tiempo medio de ocupación por enlace "killer".

La obtención de estos parámetros se realizó a través de un único terminal para la medida de tráfico y tomas, lo que se conoce como "técnica ICUP".

Para analizar el estado de las centrales y el grado de servicio en condiciones normales de funcionamiento, se utilizó, además de un equipo Autrax portátil, los equipos de medida propios de cada central. La recogida de datos se realizó cada hora, observándose durante la misma el que la central no tuviese ningún otro problema que pudiese enmascarar los resultados.

Los enlaces "killer" fueron provocados de forma similar a como ocurre en la práctica, es decir, se evitó el funcionamiento normal del enlace en distintas fases del establecimiento de la llamada (fallo en el corte del hilo m , fallo en fase de envío, fallo en fase de señalización, fallo en fase final y fallo en el entendimiento con la central distante al final de la fase de envío), actuando sobre los relés característicos de las distintas fases. Los efectos que se provocaron fueron los siguientes:

Efecto 1: Fallo en la supresión de disponibilidad. El enlace, por no quitar la tierra al hilo m , sigue presentando disponibilidad aunque esté tomado y a la vez el registrador temporiza esta fase; al vencer la temporización se registra automáticamente el fallo y se efectúa una renovación. La medida del tiempo medio de ocupación de enlace "killer" fue de 6 s.

Efecto 2: Fallo durante la fase final (última fase de señalización interna después de la fase de envío). La llamada progresa, se libera correctamente la unidad de control pero el enlace queda retenido perdiéndose la llamada por temporización. La media del tiempo de ocupación del enlace "killer" fue de 16 s.

Efecto 3: Fallo al principio de la fase de señalización. El registrador temporiza, se registra automáticamente el fallo y efectúa una renovación. La medida del tiempo de ocupación del enlace "killer" fue de 16 s.

Efecto 4: Fallo en el entendimiento con la central distante al final de la fase de envío. El registrador no se entera del fallo, pero la llamada no prospera, liberando al colgar el abonado que llama. La medida del tiempo de ocupación del enlace "killer" fue de 30 s.

El tamaño de las rutas seleccionadas fue de 15, 30 y 40 enlaces y el número de enlaces "killer" provocados fue de 1, 2 y 3 enlaces por efecto y ruta.

Las medidas realizadas abarcaron diversas condiciones de tráfico (bajo, normal y alto), no limitándose exclusivamente a las horas cargadas.

Resultados obtenidos

Los datos obtenidos en las medidas realizadas se muestran en forma de gráficos y tablas a fin de obtener una visión de conjunto de los mismos. En los gráficos se representan los parámetros que se consideran más significativos. Para mayor claridad se ha omitido la representación de la nube de puntos, sustituyéndose por una familia de curvas resultantes del ajuste estadístico. Se representan

conjuntamente, siempre que ha sido posible, las curvas correspondientes a 0, 1, 2 y 3 "killer", al objeto de comparar los efectos producidos en función del número de enlaces "killer" presentes en la ruta considerada. Se han representado en este artículo los resultados correspondientes a la ruta de 40 enlaces por ser los más significativos.

Las figuras 1 a 3 muestran el número de llamadas completadas como función del número de llamadas ofrecidas, para cada tipo de efecto "killer" considerado.

Entendemos por llamadas completadas las que han sido completadas por el equipo de conmutación, independientemente del estado del abonado llamado (llamadas sin contestación o dirigidas a abonado ocupado se consideran completadas). Se ve claramente en las curvas cómo decrece el número de llamadas completadas cuando aumenta el número de enlaces "killer".

Los resultados obtenidos con los efectos 2 y 3 (ambos con el mismo tiempo de ocupación) se muestran en la figura 2. Se puede observar cómo afecta al número de llama-

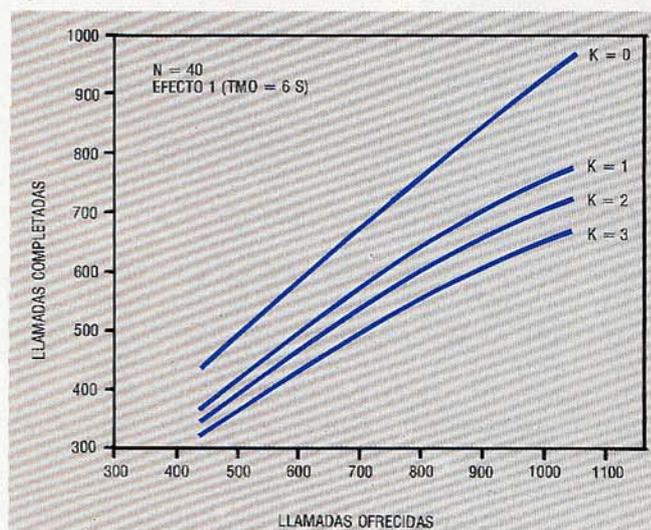


Fig. 1 Número de llamadas completadas en función del tráfico ofrecido para efecto 1 (tiempo de ocupación de 6 s).

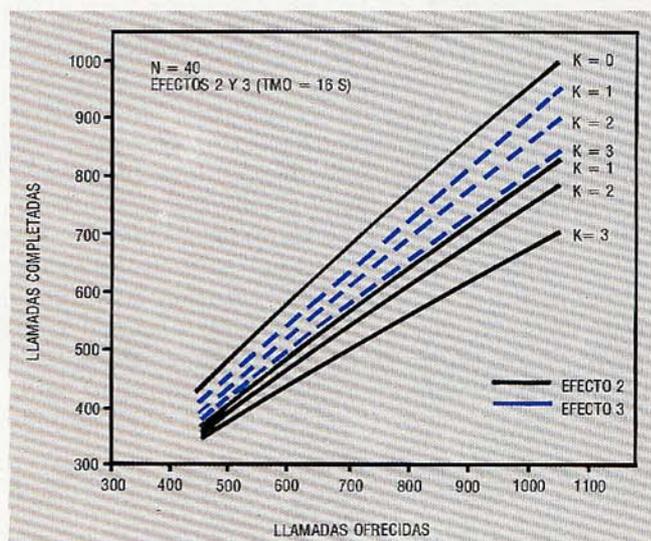


Fig. 2 Número de llamadas completadas en función del tráfico ofrecido para efectos 2 y 3 (tiempo de ocupación de 16 s).

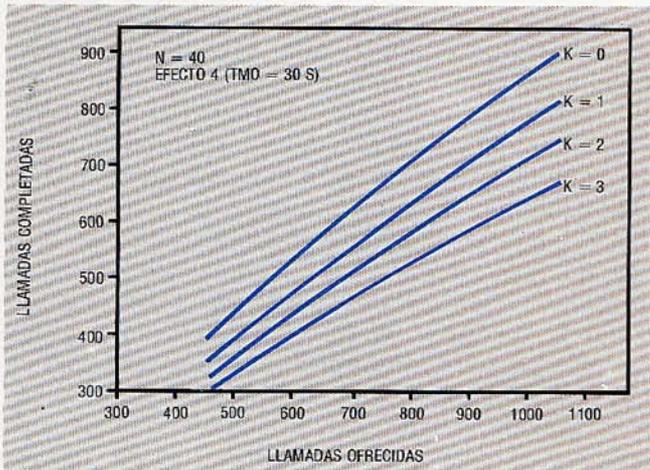


Fig. 3 Número de llamadas completadas en función del tráfico ofrecido para efecto 4 (tiempo de ocupación de 30 s).

das completadas, el hecho de que, operando el sistema con renovaciones (efecto 3), se permite a la llamada hacer una renovación, o por el contrario, libere la llamada sin posibilidad de renovación (efecto 2). Se puede apreciar claramente el efecto positivo de las renovaciones, si bien con ello no se alcanza el número de llamadas completadas que se obtendría de no existir enlaces "killer" (curva con $K = 0$).

En las figuras 4 a 6 se muestra la tasa de pérdida extremo a extremo en función del tráfico ofrecido para cada tipo de efecto "killer". La tasa de pérdida extremo a extremo es la proporción de llamadas ofrecidas que no completan. El tráfico ofrecido ha sido estimado a partir del número de llamadas ofrecidas y del tiempo de ocupación de las llamadas completadas.

En estas curvas se puede ver el incremento de la tasa de pérdida extremo a extremo al aumentar el número de enlaces "killer".

En la figura 5 se representan los efectos 2 y 3 mostrando la influencia de las renovaciones. La tasa de pérdida aumenta cuando no hay renovaciones.

El lector notará que las figuras y las tablas presentan un bloqueo mayor en ausencia de enlaces "killer" que el previsto según la fórmula de Erlang. La razón es la siguiente: la fórmula de Erlang considera el porcentaje de llamadas ofrecidas que se pierden por no haber enlaces disponibles. Sin embargo, en este estudio se considera la tasa de pérdida extremo a extremo, esto es, llamadas perdidas por cualquier razón antes de alcanzar al abonado llamado, y no solamente las pérdidas por no disponer de enlace de salida.

Finalmente, las tablas, 1, 2 y 3 muestran los tiempos medios de ocupación de las llamadas, en función del número de enlaces "killer" de la ruta y tipo de efecto "killer" analizado, para diferentes niveles de tráfico ofrecido (bajo, normal y alto).

Fig. 6 Tasa de pérdida extremo a extremo en función del tráfico ofrecido para efecto 4 (tiempo de ocupación del "killer" de 30 s).

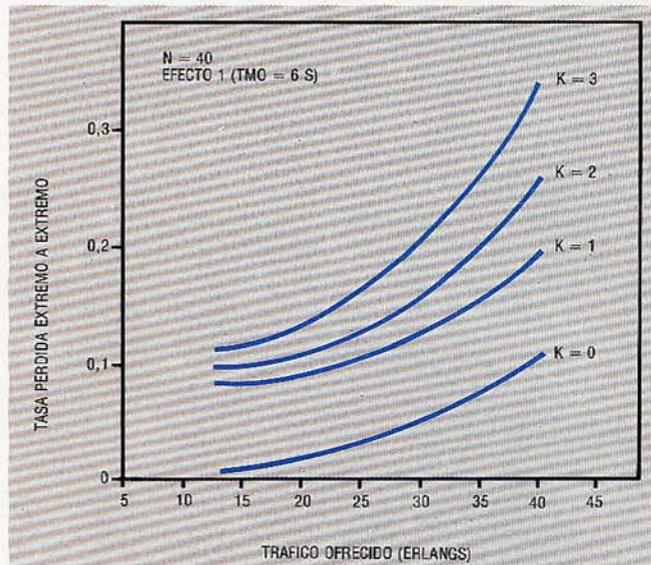


Fig. 4 Tasa de pérdida extremo a extremo en función del tráfico ofrecido para efecto 1 (tiempo de ocupación de 6 s).

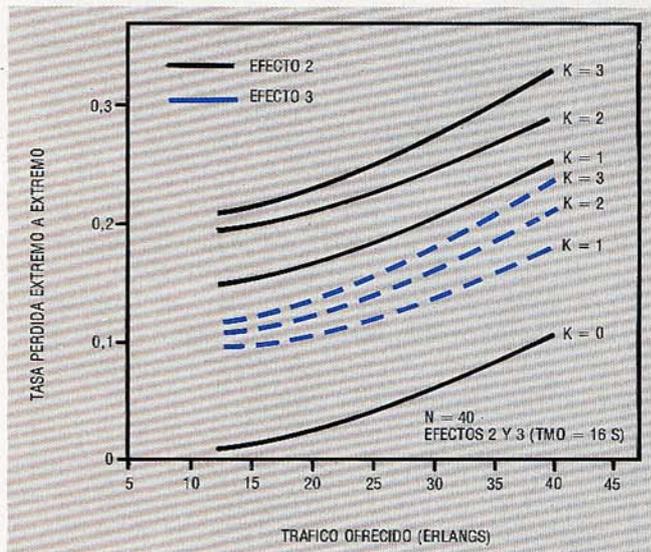


Fig. 5 Tasa de pérdida extremo a extremo en función del tráfico ofrecido para efectos 2 y 3 (tiempo de ocupación de 16 s).

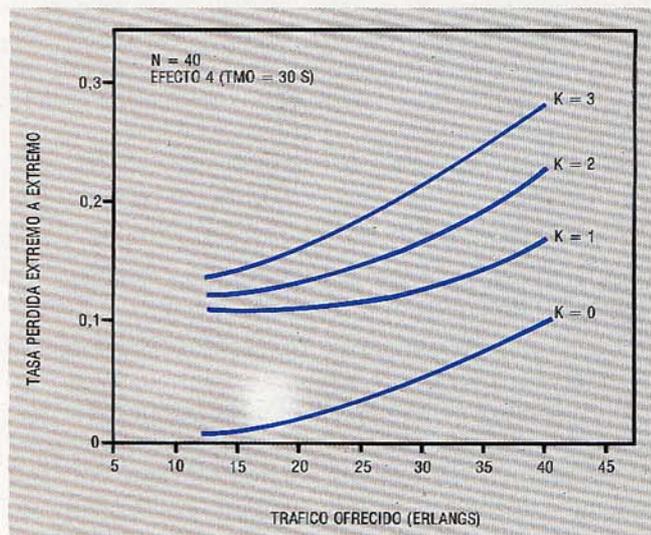


Tabla 1 - Resultados con efecto 1 y 40 enlaces en la ruta

Tráfico ofrecido (Erlangs)	Tiempo de ocupación en s para diferentes números de enlaces "killer" K		
	K = 1	K = 2	K = 3
Bajo 17	95	94	94
21	117	114	112
25	134	132	130
Normal 29	117	113	108
Alto 33	133	121	103
37	114	107	99
41	107	99	92
45	106	99	91

Tabla 2 - Resultados con efecto 2 y 40 enlaces en la ruta

Tráfico ofrecido (Erlangs)	Tiempo de ocupación en s para diferentes números de enlaces "killer" K		
	K = 1	K = 2	K = 3
Bajo 17	128	111	103
21	127	110	100
25	137	124	117
Normal 29	148	140	130
Alto 33	114	109	106
37	127	115	99
41	122	111	107
45	120	107	100

Tabla 3 - Resultados con efecto 4 y 40 enlaces en la ruta

Tráfico ofrecido (Erlangs)	Tiempo de ocupación en s para diferentes números de enlaces "killer" K		
	K = 1	K = 2	K = 3
Bajo 17	129	122	111
21	147	138	129
25	132	128	120
Normal 29	135	129	126
Alto 33	134	128	115
37	139	121	110
41	138	129	111
45	120	112	100

Comparación con resultados teóricos

Uno de los objetivos de este artículo es comparar los datos obtenidos mediante las medidas realizadas, con estudios teóricos que incluyen diversos modelos matemáticos, deducidos expresamente para estudiar el impacto de los enlaces "killer" en el grado de servicio.

De los estudios a los que se ha tenido acceso, se han seleccionado aquéllos a los que era posible aplicar los datos

obtenidos en las medidas. Han sido seleccionados dos modelos [2, 3]. La comparación ha sido efectuada usando un ordenador y se muestra en las figuras 7 a 10. En ellas se representan las curvas correspondientes a los estudios teóricos y las obtenidas mediante medidas, que relacionan el tráfico cursado en función del tráfico ofrecido equivalente (incluyendo renovaciones y reintentos), y del número de enlaces "killer" para cada tipo de efecto analizado.

Ha de notarse que cuando a la ruta se la ofrece un tráfico de Erlang, los modelos matemáticos han dado una aproximación muy buena; cuando el tráfico no sigue dicha distribución los resultados han sido en general, aunque peores, satisfactorios.

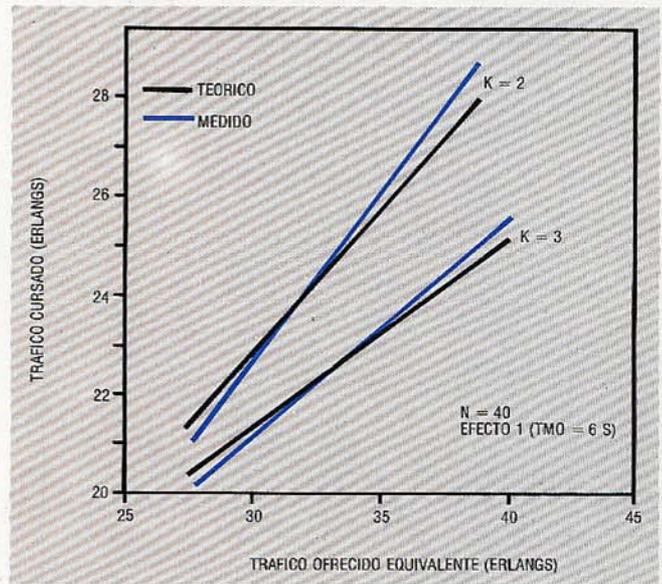


Fig. 7 Tráfico cursado en función del tráfico ofrecido equivalente (incluye renovaciones) para efecto 1.

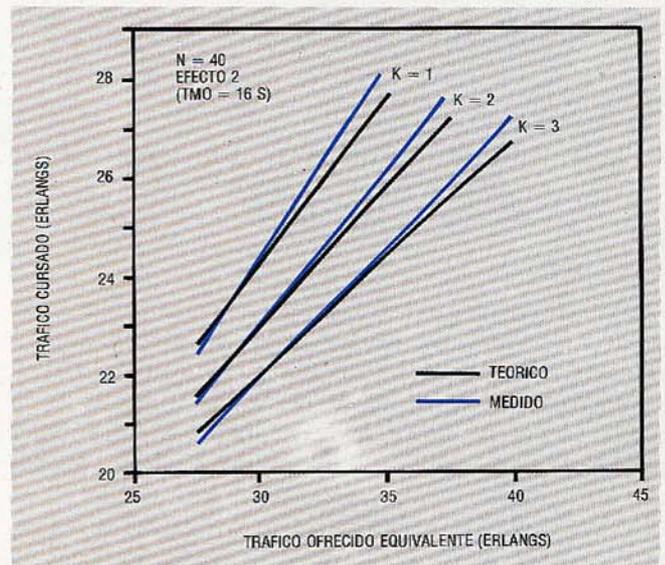


Fig. 8 Tráfico cursado en función del tráfico ofrecido equivalente (incluye renovaciones) para efectos 2.

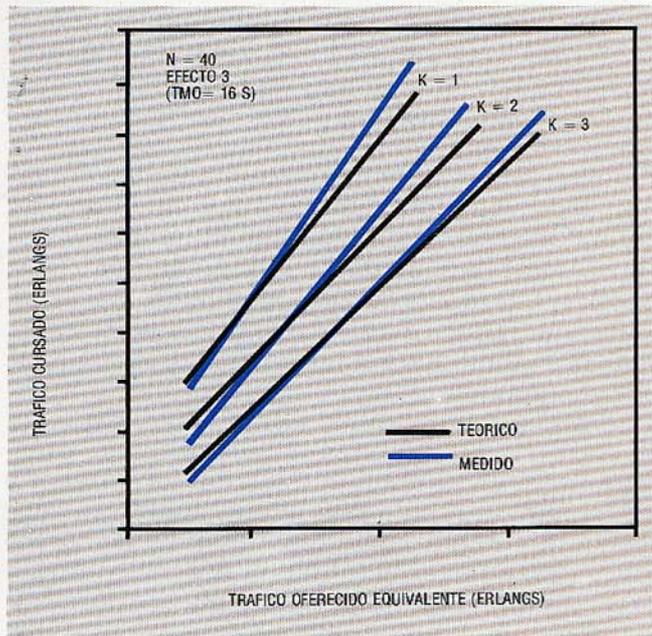


Fig. 9 Tráfico cursado en función del tráfico ofrecido equivalente (incluye renovaciones) para efecto 3.

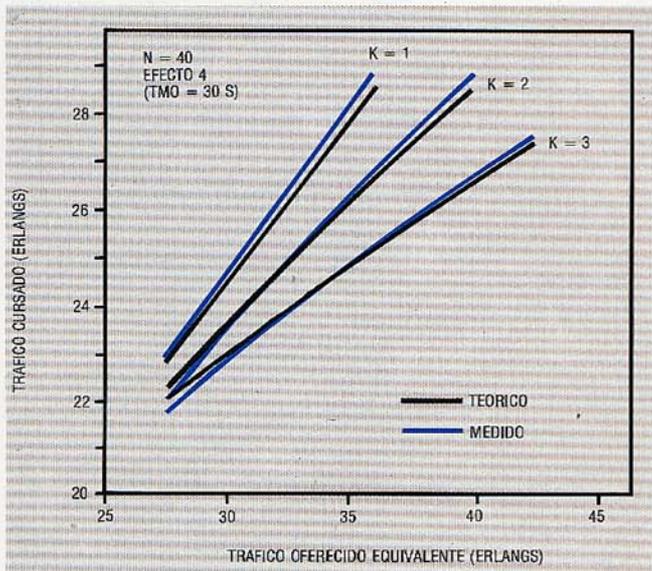


Fig. 10 Tráfico cursado en función del tráfico ofrecido equivalente (incluye renovaciones) para efecto 4.

Conclusiones

De los resultados obtenidos se deduce la gran importancia de la presencia de enlaces "killer" en la ruta sobre el grado de servicio, degradándolo notablemente. La tabla 4 resume las curvas analizadas previamente, y en ella se recoge la tasa de pérdida extremo a extremo en función del número de enlaces "killer" y su tiempo de ocupación, para un tráfico ofrecido igual al teórico de dimensionado. (Para 29 Erlangs y 1% de probabilidad de pérdida, se necesitan 40 enlaces, si se aplica la fórmula de pérdida de Erlang).

De la tabla se deduce que:

- Cuando el tiempo de ocupación del enlace "killer" aumenta y se aproxima al tiempo medio de ocupación de

Tabla 4 - Resumen del análisis de las curvas para una ruta de 40 enlaces y un tráfico ofrecido igual a 29 Erlangs

Número de enlaces "killer"	Tasa de pérdida extremo a extremo para diferente tiempo de ocupación de enlaces "killer"			
	6 s con renovación	16 s con renovación	sin renovación	30 s sin renovación
0	0,05	0,05	0,05	0,05
1	0,12	0,13	0,195	0,13
2	0,15	0,15	0,235	0,165
3	0,19	0,175	0,265	0,215

las llamadas, la tasa de pérdida extremo a extremo disminuye.

- La posibilidad de renovaciones mejora la situación.

El efecto de los enlaces "killer" se agrava cuando aumenta el tráfico. Se alcanzan las mismas conclusiones cuando se consideran las llamadas completadas en función del número de enlaces "killer" y su tiempo de ocupación. Las tablas 1 a 3 muestran que los enlaces "killer" no pueden ser detectados a partir del tiempo medio de ocupación del total de enlaces de la ruta. Por otra parte, aunque no están recogidos en este artículo por falta de resultados prácticos los resultados obtenidos al observar los órganos de control, el estudio acerca de ellos nos lleva a la conclusión de que es difícil de detección de los enlaces "killer" a partir de las variaciones del tiempo medio de ocupación en órganos de control. Por lo tanto, para la detección de los enlaces "killer", se recomienda observar los enlaces uno a uno.

El análisis se debe efectuar usando un ordenador, que en cada momento comparará el tiempo de ocupación de cada enlace con el tiempo medio de toda la ruta, detectando automáticamente enlaces con tiempos de ocupación anormales.

De la comparación de los resultados obtenidos a través de las medidas con los obtenidos aplicando los modelos matemáticos citados, se deduce que estos modelos dan una aproximación satisfactoria, a pesar de que en estos estudios teóricos no se tienen en cuenta las renovaciones ni los reintentos, y en cambio tanto unos como otros están incluidos en las medidas reales.

Agradecimientos

Los autores dan las gracias al Grupo de Tráfico de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, y en especial a A.G. Vilaseca por su colaboración en la preparación de este artículo.

Referencias

- [1] L. J. Forys y E. J. Messerli: Analysis of Trunk Groups Containing Short-Holding Trunks; Bell System Technical Journal, julio-agosto 1975, volumen 54, n° 6, págs. 1127-1153.
- [2] W. S. Gifford y J. Shapiro: Effect of the Change in Mean Holding Time Associated with an Equipment Irregularity on Network Trouble Detection and Customer Service; Insitute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Communications, enero 1973, volumen COM-21, n° 1, págs. 1-6.
- [3] E. Jensen y F. Toledano: On the Influence of Certain Typical Equipment Fault's on Grade of Service; Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 10-17 noviembre 1976, documento 415/1-7.

- [4] J. S. Kaufmann: Faulty-Trunk Detection Algorithms Using EADAS/ICUP Traffic Data; Bell System Technical Journal, julio-agosto 1977, volumen 56, n° 6, documento 919-976.
- [5] A. Klimontowicz: Grade of Service for Full Available Trunkgroups with Faulty Trunks; Proceedings of the 6th International Teletraffic Congress, Munich, 9-15 septiembre 1970, documento 212/1-6.
- [6] L. Lee: The Unserviceable Probability of an Interoffice Trunk Group; Proceedings of the 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 13-20 septiembre 1973, documento 221/1-7.
- [7] J. W. Lewis: ICUP Tracks "Killer Trunks", Nips Traffic Troubles in the Bud; Telephone Engineer and Management, 15 marzo 1975, volumen 79, n° 6, págs. 54-59.
- [8] E. J. Messerli: Faulty Trunks: a New Lock at an Old Problem; Bell Laboratories Record, junio 1975, volumen 53, n° 6, págs. 278-283.

Fidel Fernández Martínez nació en Madrid, España, en 1948. En 1973 obtuvo el título de ingeniero superior de telecomunicación en la Universidad Politécnica de Madrid. Se incorporó a la Compañía Telefónica Nacional de España en 1974 siendo en la actualidad responsable de los estudios de tráfico en los Sistemas Electrónicos.

M^a Soledad Aguilar Martínez nació en Molina de Aragón (Guadalajara), España, en 1946. En 1970 obtuvo el título de ingeniero superior de telecomunicación en la Universidad Politécnica de Madrid. Ese mismo año se incorporó a Standard Eléctrica, S.A., como ingeniero de tráfico. Desde 1979 es responsable del grupo de sistemas perteneciente a la Ingeniería de Clientes de Conmutación.

Estudio del desequilibrio de tráfico en matrices de abonados

El desequilibrio de tráfico entre los diferentes abonados conectados a una central afecta a sus características de congestión de tráfico. Se han desarrollado métodos para analizar este problema y cuantificar los efectos del desequilibrio de tráfico de tal forma que se puedan desarrollar procedimientos apropiados de administración de tráfico para minimizar la degradación del servicio.

G. MORALES ANDRES
A. CRESPO DE PEDRO
M. GARCIA RAFART

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

Introducción

Normalmente, cuando se dimensiona una central telefónica, se supone que los abonados conectados a esta central son idénticos desde el punto de vista del tráfico que éstos originan (es decir, tráfico equilibrado). Sin embargo, en la práctica, existe un desequilibrio natural entre los diferentes abonados. Este desequilibrio puede tener efectos positivos y negativos en el grado de servicio. Los efectos negativos pueden ser eliminados optimizando el diseño del sistema y adoptando prácticas apropiadas de administración de tráfico. Cualitativamente, se conocen tres efectos principales del desequilibrio de tráfico. Primero, el desequilibrio de tráfico entre los abonados conectados al mismo grupo de acceso a la red mejora la congestión media de las llamadas de aquellos abonados. Segundo, la red empeora la congestión media de las llamadas de los abonados de estos grupos. Finalmente, el efecto del desequilibrio de tráfico, en cada etapa de conmutación es tanto mayor cuanto más cerca esté de la etapa de abonados. Sin embargo, la opinión de los autores es que el diseño de sistemas y las prácticas de administración de tráfico no están suficientemente soportadas, en este campo, por cifras que cuantifiquen los efectos del desequilibrio de tráfico.

El artículo presenta un método para cuantificar el efecto conjunto de los dos primeros puntos en la primera etapa (es decir, la etapa de abonados, de acuerdo con el tercer punto).

El desequilibrio natural del tráfico entre los abonados se tiene en cuenta, en una forma estadística, mediante funciones de distribución del tráfico real ofrecido por cada abonado. Se utiliza el término "población" para designar a un grupo de abonados cuyos tráficos ofrecidos siguen una determinada función de distribución. Por tanto, una población queda definida mediante la función de distribución $G(\alpha)$ del tráfico medio ofrecido α por cada uno de los abonados durante la hora cargada. Cada abonado se considera estadísticamente independiente de los demás. El conjunto de abonados (un conjunto de tráficos ofrecidos $\{\alpha_i\}$), conectados a una matriz, son una muestra aleatoria tomada de una o más poblaciones bien definidas. El conjunto de tráficos ofrecidos $\{\alpha_i\}$ se supone constante durante el período de tiempo considerado.

El algoritmo de cálculo por ordenador, desarrollado para calcular la congestión en llamadas de abonados en un conjunto de matrices de accesibilidad completa, está basado en la fórmula generalizada de Engset [1] y en los estudios de desequilibrio de tráfico de las referencias [2] y [3].

- Por medio de este algoritmo se han explorado tres áreas:
- Definición de recursos para cuantificar el efecto del desequilibrio de tráfico sobre la congestión del abonado.
 - Un estudio de la incidencia en la congestión de abonado de parámetros físicos tales como el número de abonados por matriz, el tráfico medio ofrecido, etc. En este artículo no se describe en detalle este estudio, pero las conclusiones no están restringidas por este hecho. Para una información más detallada véase [4].
 - El efecto de las prácticas de administración de tráfico en la congestión de abonados. Este efecto se analiza por medio de dos estudios separados. En uno, se comparan dos procedimientos de hacer la distribución inicial de líneas: distribución aleatoria de líneas frente a la distribución inicial de abonados, previa clasificación de éstos por categorías. En el otro, se analiza el efecto de la redistribución de líneas de abonado para alcanzar un cierto grado de equilibrio entre las matrices, estimando la congestión como una función del grado de equilibrio alcanzado por la redistribución de líneas.

Algoritmo de cálculo

Dada la naturaleza del problema, se usa un método estadístico para el análisis y cuantificación del desequilibrio de tráfico.

En una matriz $N \times R$, siendo N y R el número de entradas y salidas de la matriz respectivamente, se conectan N abonados elegidos aleatoriamente de una determinada población de abonados. Los abonados elegidos, N , son identificados por el conjunto de tráficos ofrecidos $\{\alpha_i\}$.

La elección aleatoria equivale a no emplear ningún método específicos en la distribución inicial de líneas. Una vez conocidos los tráficos ofrecidos de cada uno de los abonados conectados a la matriz, se calculan las congestiones en llamadas de cada abonado y la congestión media en llamadas de los N abonados, para la matriz $N \times R$. Para una misma población y un mismo tamaño de matriz se repite este procedimiento el suficiente número de veces hasta obtener resultados estadísticamente fiables. Este procedimiento se implementó en una simulación de Monte Carlo con las siguientes características.

Generación de abonados

Las poblaciones son de infinito número de abonados y se caracterizan por su función de distribución $G(\alpha)$ del tráfico ofrecido por cada uno de los abonados. El tráfico ofre-

cido por cada uno de los N abonados conectados a la matriz, de dimensiones $N \times R$, se determina de acuerdo con la ecuación:

$$G(\alpha) = RN$$

donde RN es un número de una cadena de aleatorios comprendidos entre 0 y 1 ($0 \leq RN \leq 1$).

Cálculo de la congestión en llamadas

Para lograr los objetivos de este artículo es esencial conocer la congestión en llamadas de cada uno de los abonados conectados a la matriz. El cálculo de la distribución de probabilidades en estado estacionario, para una matriz de accesibilidad completa, con N fuentes distintas e independientes que ofrecen tráfico a R órganos, se realiza según los estudios publicados en [1]. Si designamos por $\{\alpha_i\}$ al conjunto de los tráficos ofrecidos por cada abonado de la matriz, la probabilidad del estado $\{j_i\}$ viene dada por la fórmula:

$$P(j_i) = P(j_1, \dots, j_i, \dots, j_N) = \frac{\prod_{i=1}^N b_i^{j_i}}{\sum_{(L)} \prod_{k=1}^N b_k^{j_k}}$$

donde:

$j_i = 0$ significa que el abonado i está libre

$j_i = 1$ significa que el abonado i está ocupado

(L) representa al conjunto $\{j_i\}$ de todos los posibles estados de ocupación con

$$0 \leq \sum_{i=1}^N j_i \leq R$$

b_i es el tráfico ofrecido por el abonado i cuando está libre.

$$b_i = \frac{\alpha_i}{i - \alpha_i(1 - C_i)}$$

C_i es la congestión en llamadas para el abonado i .

La congestión en llamadas del abonado i puede calcularse en función de los anteriores términos por la fórmula:

$$C_i = \frac{b_i}{\alpha_i} \sum_{(A)} P(j_k)$$

donde (A) representa al conjunto de todos los posibles estados con $j_i = 0$ y $\sum_{k=1}^N j_k = R$.

Para el cálculo de $C_i = C(\alpha_i, b_1, \dots, b_N)$, donde $b_i = b(\alpha_i, C_i)$, se emplea un procedimiento iterativo.

La congestión media en llamadas de una matriz está dada por:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i C_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

Se han obtenido resultados para matrices de dimensiones $N \times R$ de 8×4 , 16×8 , 32×8 y 32×16 que son las dimensiones más comunes en los sistemas modernos. Los tráficos ofrecidos, investigados en cada

dimensión de matriz, fueron los que dan una probabilidad de pérdida de Engset en el rango de 0,001 a 0,01.

Este artículo no contiene todos los resultados; para una información completa, véase [4].

Referido a los abonados, las poblaciones consideradas siguen una ley de distribución exponencial negativa respecto al tráfico ofrecido, dada por la expresión:

$$G(\alpha) = 1 - \exp(-\alpha/\bar{\alpha})$$

Donde $\bar{\alpha}$ es el tráfico medio ofrecido por abonado de la población. Por tanto, una población está completamente definida por su tráfico medio ofrecido por abonado.

La ley exponencial negativa está considerada como una buena aproximación de la distribución real del tráfico de líneas de abonado; y en cualquier caso, puede considerarse como una población de prueba para este estudio.

Consideraciones sobre la congestión

Se podrían definir varios parámetros para cuantificar el efecto de la congestión de un conjunto de abonados en condiciones de desequilibrio. Los más prácticos son definidos en esta sección. De acuerdo con el modelo adoptado, la probabilidad de pérdida de un abonado, debida a la ocupación total de salidas en la matriz de abonados, es una función del tráfico ofrecido por el propio abonado y del conjunto de tráficos ofrecidos por los restantes abonados de la matriz.

$$C_i = C(\alpha_i, U)$$

donde U representa al conjunto de tráficos ofrecidos por los abonados de la matriz.

Dado que α_i y U son variables estadísticas, la función de congestión C_i es también una función estadística. Obsérvese que no se considera el lugar ocupado por los abonados en la matriz.

Desde un punto de vista práctico, puede ser interesante conocer la congestión de los abonados con peor grado de servicio en cada matriz. Por tanto, se define una función estadística de congestión:

$$C_w = \text{Max} \{C(\alpha_i, U)\} \\ \forall \alpha_i \in U$$

En matrices de accesibilidad completa y con abonados estocásticamente independientes, el abonado con peor grado de servicio es el de menor tráfico ofrecido. Entonces:

$$C_w = C(\alpha_{\min}, U)$$

Se define, por su interés práctico, otra nueva función de congestión como la media de la congestión de todos los abonados ponderada por el tráfico ofrecido de cada abonado en la matriz:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i C_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} = \bar{C}(U)$$

Cualquiera de estas tres funciones de congestión se puede usar para definir el grado de servicio en situaciones de desequilibrio de tráfico. El resto de este apartado se dedica a una comparación entre ellas.

En este estudio comparativo, por su utilidad, usamos la función de congestión en llamadas de Engset para tráfico totalmente equilibrado, y esta misma función aplicada al caso de matrices con desequilibrio de tráfico. La notación usada es:

- congestión en llamadas de Engset para tráfico equilibrado

$$E = F(N - 1, R, \bar{\alpha}) = \frac{\binom{N-1}{R} \bar{b}^R}{\sum_{i=0}^R \binom{N-1}{i} \bar{b}^i}$$

donde:

$$\bar{b} = \frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}(1 - E)}$$

- congestión en llamadas de Engset aplicada a matrices con desequilibrio de tráfico:

$$C^* = F\left(N - 1, R, \frac{A}{N}\right)$$

donde

$$A = \sum_{i=1}^N \alpha_i$$

Al ser A función** de las variables estadísticas $\{\alpha_i\} \equiv U$, implica que C^* sea una función estadística del tráfico ofrecido por los diferentes abonados.

Para una matriz dada se cumplen las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} C_i &\leq C_w \\ \bar{C} &\leq C_w \\ \bar{C} &\leq C^* \end{aligned}$$

cualquier otro tipo de relación entre las congestiones no se cumple de una forma general. La probabilidad de pérdida de Engset E , que es utilizada en el dimensionado, no vale como cota pesimista para estos indicadores de la congestión de tráfico, ya que no es siempre superior a \bar{C} , C_i o C_w .

Por otra parte, C^* , que se podría tomar como una aproximación pesimista del efecto global del desequilibrio de tráfico por considerar solamente el efecto negativo del desequilibrio de tráfico entre matrices, no es cota válida para C_i o para C_w .

Sin embargo, C^* es cota válida para \bar{C} en cada matriz, pero no se puede hacer una aplicación práctica de esto, pues normalmente estas cifras mantienen diferencias muy grandes.

Dado que no ha sido posible encontrar una función adecuada que limite cualquiera de las funciones de congestión, bajo condiciones de desequilibrio de tráfico, este artículo está basado en un análisis estadístico de las funciones estadísticas definidas anteriormente. Por ello, se definen las siguientes funciones:

** El estudio de la función $A = \sum_{i=1}^N \alpha_i$ es el contenido de [2].

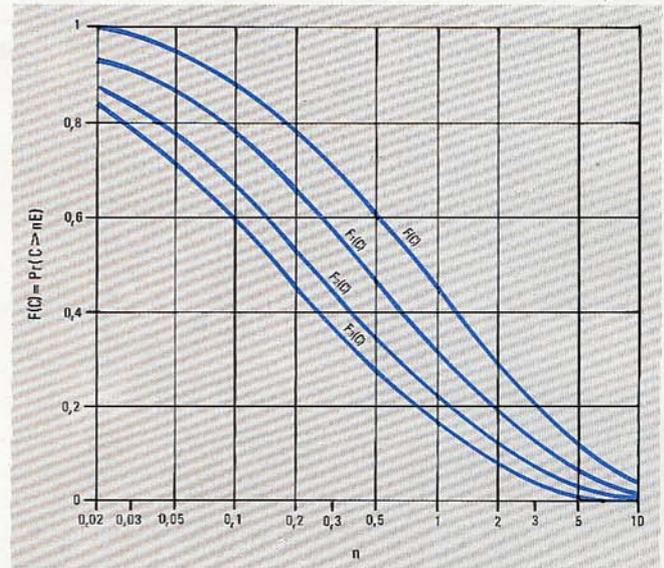


Fig. 1 Funciones complementarias de distribución $F(C)$, $F_1(C)$, $F_2(C)$ y $F_3(C)$.

- La función complementaria de distribución de la "congestión en llamadas para el abonado con peor grado de servicio en la matriz"

$$F_1(C) = Pr(C_w \geq C)$$

- La función complementaria de distribución de la "congestión en llamadas para todos los abonados"

$$F_2(C) = Pr(C_i \geq C)$$

- La función complementaria de distribución de la "congestión media de llamadas para todos los abonados"

$$F_3(C) = Pr(\bar{C} \geq C)$$

- La función complementaria de distribución de la "congestión en llamadas de Engset"

$$F(C) = Pr(C^* \geq C)$$

En la figura 1 se muestran las funciones complementarias de distribución, para el caso de 16 entradas y 8 salidas, donde los abonados son de una sola población con $\bar{\alpha} = 0,16$ erlangs por abonado. Para todo valor de C se cumplen las siguientes relaciones:

$$F_3(C) < F_2(C) < F_1(C) < F(C)$$

En la tabla 1 se dan los valores que toman las funciones de distribución complementarias, leídos en la figura 1, para C^* , C_w , C_i y \bar{C} correspondientes a valores de congestión mayores que la probabilidad de pérdida de Engset. Las cifras de esta tabla destacan, en forma clara, algunas de las ideas presentadas en este apartado.

Tabla 1 - Probabilidad de congestión mayor que la pérdida de Engset para valores C^* , C_w , C_i y \bar{C}

C	C^*	C_w	C_i	\bar{C}
$Pr(C \geq E)$	0,47	0,32	0,22	0,17

Como consecuencia del desequilibrio, cada uno de los abonados experimenta diferentes grados de servicio, que pueden ser descritos por cualquiera de las funciones de congestión definidas anteriormente. Es necesario definir criterios para cuantificar el efecto del desequilibrio de tráfico y que soporten numéricamente las prácticas de administración de tráfico y/o la eficacia de un equilibrado de tráfico en el sistema. Se pueden definir criterios, basados en las cifras de congestión definidas anteriormente, dando la probabilidad de que alguna de las congestiones C^* , C_w , C_i y \bar{C} sean mayores que ciertos valores. Estas probabilidades pueden ser obtenidas directamente de las funciones complementarias de distribución F , F_1 , F_2 y F_3 , para una dimensión de matriz, y una determinada población de abonados. Los objetivos de las prácticas de administración de tráfico y del diseño del sistema, podrían asegurar que algunas de las probabilidades anteriores queden por debajo de un valor especificado. Para propósitos prácticos se puede definir el grado de servicio como un umbral de la congestión en llamadas C y una probabilidad F de exceder aquel umbral.

La elección de la función complementaria de distribución (entre F , F_1 , F_2 y F_3) y los valores de C y F , depende de las especificaciones que se fijan para el grado de servicio, costes de administración, y del peso relativo que tiene la etapa de abonados en el grado de servicio total. Las ventajas y desventajas de usar los diferentes criterios de equilibrado de tráfico son discutidas en [3].

Resultados numéricos

En este apartado se dan los resultados numéricos para matrices de dimensiones 8×4 y 32×16 . Cada una de las matrices se investiga a dos niveles de tráfico; el nivel inferior corresponde a una pérdida en el orden del 0,001 y el superior a una pérdida en el orden del 0,01. En las dos matrices, y para los dos niveles de tráfico, se han calculado las correspondientes funciones complementarias de distribución F_1 , F_2 y F_3 .

En la tabla 2 se muestran estas funciones para cuatro valores específicos de congestión: pérdida de Engset E , dos veces la pérdida de Engset $2E$, $5E$ y $10E$ (en general nE). Estas aplicaciones numéricas han sido hechas suponiendo en cada caso que las líneas de abonado pertenecen a una misma población que sigue una distribución exponencial negativa definida por el tráfico medio ofrecido por abonado. Análogos resultados para dimensiones de matriz 16×8 y 32×8 , pueden ser encontrados en [4].

A través de los resultados mostrados en la tabla 2 no es posible deducir tendencias claras de las funciones F cuando varían las dimensiones de las matrices y los niveles de tráfico. Sin embargo, para bajas congestiones (bajos valores de n), la probabilidad de exceder aquella congestión disminuye si aumenta el tamaño de la matriz. Por otra parte, para probabilidades de congestión altas (altos valores de n), la probabilidad de exceder aquella congestión aumenta si el tamaño de la matriz aumenta.

Dado que estas tendencias son opuestas, existe una zona de transición. Esta zona depende de las probabilidades de congestión (C_w , C_i y \bar{C}) y del tráfico medio ofrecido. En el rango de las matrices y niveles de tráfico investigados, esta

Tabla 2 – Funciones complementarias de distribución F_1 , F_2 y F_3 para dos dimensiones de matriz

		Dimensión de la matriz $N \times R$			
		8×4		32×16	
$\bar{\alpha}$		0,075 erl.	0,150 erl.	0,255 erl.	0,315 erl.
E		$8,76 \times 10^{-4}$	1×10^{-2}	$1,15 \times 10^{-3}$	$9,5 \times 10^{-3}$
F_1	$Pr(C_w \geq E)$	0,425	0,445	0,250	0,297
	$Pr(C_w \geq 2E)$	0,235	0,241	0,147	0,187
	$Pr(C_w \geq 5E)$	0,075	0,063	0,063	0,061
	$Pr(C_w \geq 10E)$	0,022	0,011	0,031	0,017
F_2	$Pr(C_i \geq E)$	0,266	0,290	0,179	0,224
	$Pr(C_i \geq 2E)$	0,132	0,138	0,102	0,123
	$Pr(C_i \geq 5E)$	0,034	0,029	0,043	0,040
	$Pr(C_i \geq 10E)$	0,009	0,004	0,020	0,008
F_3	$Pr(\bar{C} \geq E)$	0,180	0,201	0,138	0,179
	$Pr(\bar{C} \geq 2E)$	0,079	0,081	0,076	0,090
	$Pr(\bar{C} \geq 5E)$	0,018	0,010	0,032	0,026
	$Pr(\bar{C} \geq 10E)$	0,003	0,001	0,014	0,001

Niveles de tráfico, para una congestión en llamadas de Engset E , próximos a 0,001 y 0,01.

zona de transición se sitúa entre dos veces la probabilidad de pérdida de Engset y cinco veces dicha probabilidad.

Con respecto a los niveles de tráfico, se puede decir que: cuanto mayor es la intensidad de tráfico, mayor es la probabilidad de exceder valores de baja congestión y menor la probabilidad de exceder valores de alta congestión.

En cualquier caso, las funciones F toman valores significativos (es decir, superiores al 10%), para valores de congestión inferiores al doble de la probabilidad de pérdida, dada por Engset.

Dentro de este rango de valores de congestión, los valores anteriores se resumen en las siguientes proporciones:

- A mayor dimensión de matriz, mejor comportamiento frente al desequilibrio.
- A menores niveles de tráfico, mejor comportamiento frente al desequilibrio.

Estas dos afirmaciones invierten su sentido para valores de congestión mayores que cinco veces la probabilidad de pérdida de Engset. En este caso, se recuerda que los valores de las funciones F son muy bajos.

Estudio de dos poblaciones

Un primer paso en las prácticas de administración de tráfico, para atacar el problema de desequilibrio, consiste en definir reglas para la distribución inicial de líneas entre las matrices de abonados. Normalmente se hace una clasificación previa de los abonados por categorías (residenciales, comerciales, etc.) seguida de una distribución uniforme de cada categoría entre las matrices de abonado. Este método se fundamenta en los diferentes valores medios de tráfico por línea de cada una de las categorías. En estas condiciones, el anterior procedimiento de distribución inicial de líneas reduce la varianza del tráfico medio ofrecido por matriz y aumenta la varianza del tráfico ofrecido por línea dentro de una matriz. Ambas tendencias reducen el efecto negativo del desequilibrio de tráfico.

En esta sección se estudian las mejoras que se obtienen de la aplicación de las prácticas de distribución inicial de líneas.

El procedimiento seguido considera dos poblaciones de abonados, que representan a dos categorías diferentes de abonados. Cada una de las poblaciones tiene un tráfico por línea distribuido según la ley exponencial negativa. Los tráficos medios ofrecidos de cada población son $\bar{\alpha}_1$ y $\bar{\alpha}_2$. En el estudio se comparan dos situaciones.

- A cada matriz se conectan N_1 abonados tomados de una de las poblaciones y el resto $N_2 = (N - N_1)$ tomados de la otra población. Esto representa el caso de aplicar la distribución inicial de líneas de acuerdo con las reglas en estudio.
- Los abonados conectados a cada matriz son seleccionados aleatoriamente de una población constituida por la unión de las dos poblaciones cuyos tráficos por línea siguen la ley exponencial negativa. La función complementaria de distribución del tráfico por línea que caracteriza a la población resultante está dada por:

$$G(\alpha) = P_1 e^{-\frac{\alpha}{\bar{\alpha}_1}} + P_2 e^{-\frac{\alpha}{\bar{\alpha}_2}}$$

donde:

$$P_1 = \frac{N_1}{N}$$

$$P_2 = \frac{N_2}{N}$$

Esto representa el caso en que no se aplican reglas especiales en la distribución inicial de líneas de abonado. La comparación numérica se da en términos de las congestiones C_w , C_i y \bar{C} anteriormente definidas. Varios casos prácticos han sido analizados para diferentes dimensiones de matriz, valores de N_1 y N_2 , probabilidades de pérdida de

Engset, y valores de tráfico medio $\bar{\alpha}_1$ y $\bar{\alpha}_2$ de las poblaciones.

Las tablas 3 y 4 muestran los resultados obtenidos; para una información más completa, ver [4].

Se observa que la aplicación de las reglas de distribución inicial de líneas mejora el problema del desequilibrio; sin embargo las diferencias son poco apreciables. Estas son mayores para valores altos de la congestión. Aunque, desde un punto de vista estadístico, las diferencias no son significativas, las reglas de asignación inicial de abonados reducen la posibilidad de tener matrices con valores de congestión extremadamente altos.

La aplicación de las reglas de distribución inicial de líneas, estudiadas en este apartado, tienen una efectividad tanto mayor cuanto:

- las dimensiones de las matrices son mayores,
- hay mayores diferencias entre los tráficos medios de cada una de las categorías,
- la diferencia entre los números de abonados de cada una de las categorías es menor,
- la dispersión de tráfico en cada una de las categorías es menor;
- el número de categorías es mayor.

Las dos últimas afirmaciones están basadas en una extrapolación intuitiva, no habiendo sido aún probadas por otros medios.

Estudio de equilibrado de tráfico

La operación más importante en la administración de tráfico, que controla el efecto negativo del desequilibrio, es el equilibrado de cargas de tráfico de forma que se optimice el equipo instalado en una central. El efecto negativo es producido por el desequilibrio de carga de tráfico entre matrices, y por intuición se puede afirmar que en las matrices con mayor carga de tráfico se presentan las congestio-

Tabla 3 - Valores de las funciones complementarias de distribución F_1, F_2 y F_3 mostrando los efectos de usar reglas de distribución inicial de abonados

Funciones		Reglas de distribución inicial ($\bar{\alpha}_2/\bar{\alpha}_1 = 2$)		Reglas de distribución inicial ($\bar{\alpha}_2/\bar{\alpha}_1 = 3$)	
		con	sin	con	sin
F_1	$Pr(C_w \geq E)$	0,401	0,400	0,350	0,361
	$Pr(C_w \geq 2E)$	0,214	0,239	0,189	0,220
	$Pr(C_w \geq 5E)$	0,068	0,073	0,057	0,080
	$Pr(C_w \geq 10E)$	0,015	0,024	0,016	0,028
F_2	$Pr(C_i \geq E)$	0,245	0,255	0,210	0,234
	$Pr(C_i \geq 2E)$	0,116	0,134	0,100	0,125
	$Pr(C_i \geq 5E)$	0,029	0,035	0,027	0,040
	$Pr(C_i \geq 10E)$	0,006	0,009	0,006	0,013
F_3	$Pr(\bar{C} \geq E)$	0,151	0,172	0,116	0,151
	$Pr(\bar{C} \geq 2E)$	0,061	0,079	0,046	0,064
	$Pr(\bar{C} \geq 5E)$	0,007	0,016	0,007	0,019
	$Pr(\bar{C} \geq 10E)$	0,001	0,003	0,001	0,005

Dimensión de matriz = 8×4 , $\bar{\alpha} = 0,075$, pérdida de Engset = $8,7 \times 10^{-4}$, $N_1/N_2 = 1$

Tabla 4 - Valores de las funciones complementarias de distribución F_1, F_2 y F_3 mostrando los efectos de usar reglas de distribución inicial de abonados

Funciones		Reglas de distribución inicial ($N_1/N_2 = 1$)		Reglas de distribución inicial ($N_1/N_2 = 3$)	
		con	sin	con	sin
F_1	$Pr(C_w \geq E)$	0,149	0,177	0,151	0,171
	$Pr(C_w \geq 2E)$	0,091	0,114	0,088	0,113
	$Pr(C_w \geq 5E)$	0,038	0,053	0,036	0,056
	$Pr(C_w \geq 10E)$	0,015	0,028	0,015	0,029
F_2	$Pr(C_i \geq E)$	0,103	0,129	0,103	0,126
	$Pr(C_i \geq 2E)$	0,059	0,080	0,059	0,081
	$Pr(C_i \geq 5E)$	0,022	0,036	0,022	0,038
	$Pr(C_i \geq 10E)$	0,009	0,017	0,008	0,017
F_3	$Pr(\bar{C} \geq E)$	0,072	0,096	0,071	0,094
	$Pr(\bar{C} \geq 2E)$	0,036	0,056	0,036	0,057
	$Pr(\bar{C} \geq 5E)$	0,013	0,023	0,012	0,023
	$Pr(\bar{C} \geq 10E)$	0,005	0,009	0,003	0,008

Dimensión de la matriz = 32×16 , $\bar{\alpha} = 0,255$, pérdida de Engset = 1×10^{-3} , $\bar{\alpha}_2/\bar{\alpha}_1 = 3$

Tabla 5 - Coeficientes de correlación lineal y exponencial

Dimensión de la matriz $N \times R$	$\bar{\alpha}$	Coeficiente de correlación entre C_w y el tráfico total ofrecido por matriz		Coeficiente de correlación entre \bar{C} y el tráfico total ofrecido por matriz	
		Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial
8×4	0,750	0,796	0,936	0,745	0,882
	0,150	0,873	0,936	0,805	0,882
32×16	0,255	0,605	0,942	0,568	0,928
	0,315	0,780	0,942	0,744	0,929

nes más altas. En efecto, las congestiones C_w y \bar{C} pueden expresarse funcionalmente en la siguiente forma:

$$\begin{aligned} C_w &= C_w(\alpha_{min}, U) \\ \bar{C} &= \bar{C}(U) \end{aligned}$$

donde α_{min} es el tráfico ofrecido por el abonado de menor tráfico en la matriz de abonados y U es el conjunto $\{\alpha_i\}$ de tráficos ofrecidos por los abonados de la matriz.

Haciendo el cambio de variables:

$$\begin{aligned} A &= \sum \alpha_i \\ \hat{U} \left\{ \hat{\alpha}_i \right\} &= U \left\{ \frac{\alpha_i}{A} \right\} \end{aligned}$$

donde

$$\hat{\alpha}_i = \alpha_i A^{-1}$$

Las anteriores funciones toman la siguiente forma:

$$\begin{aligned} C_w &= \hat{C}_w(\hat{\alpha}_{min}, \hat{U}, A) \\ \bar{C} &= \hat{C}(\hat{U}, A) \end{aligned}$$

Estas dos funciones de congestión crecen cuando A crece, aunque su valor real también depende de las variables aleatorias α_{min} y U . Para un tráfico total ofrecido A , las funciones C_w y \bar{C} son funciones aleatorias del conjunto de valores de tráfico ofrecido en la matriz. El tráfico cursado en una matriz es un parámetro medible que, en la mayoría de los casos prácticos, da una estimación realista del tráfico total ofrecido a la matriz. Por tanto, todos los procedimientos usados en el equilibrado de tráfico están basados en el parámetro del tráfico cursado. Un análisis de la correlación entre C_w y \bar{C} en una matriz, y el tráfico total ofrecido a dicha matriz, justifica este método de equilibrado de tráfico.

En todas las evaluaciones numéricas mostradas en este apartado se consideran abonados de una misma población con tráficos ofrecidos distribuidos según la función exponencial negativa.

La tabla 5 muestra los coeficientes de correlación lineal y exponencial de los casos estudiados en este artículo. El hecho de que el coeficiente de correlación para la ley exponencial sea mayor, se debe a que la ley exponencial es mejor aproximación que la ley lineal para relacionar la función de congestión con el tráfico total ofrecido, al menos, para los márgenes de tráfico considerados en este estudio.

Los altos valores de los coeficientes de correlación justifican las prácticas de equilibrado de tráfico basadas en las medidas del tráfico cursado en la matriz, pero no dan una idea clara de la eficacia de este método. El objetivo de esta sección es probar la eficacia de este método. Se hizo un muestreo estadístico de los valores de congestión seleccionando matrices de abonado cuyos tráficos ofrecidos no excedían los umbrales del 5%, 10%, 15% y 20% sobre el tráfico medio ofrecido por matriz \bar{A} ($N \times \bar{\alpha}$). Esta evaluación fue hecha para niveles de tráfico y dimensiones de matrices iguales a los de la sección anterior. Los resultados se muestran en las tablas 6 y 7. Las tablas muestran, para todas las configuraciones y niveles de tráfico, la eficacia que produce la limitación del tráfico ofrecido a las matrices. Este efecto es muy significativo incluso en el caso de poner el umbral de tráfico ofrecido por matriz en el 20% del valor nominal del tráfico medio ofrecido. Como puede verse, la probabilidad de exceder cinco veces las pérdidas de Engset es menor del uno por mil.

Con esta muestra sesgada, tratamos de representar la situación de equilibrio después de una redistribución de lí-

Tabla 6 - Valores de las funciones complementarios de distribución F_1 y F_3 mostrando el efecto de limitar el tráfico total ofrecido A en las matrices de abonados

Función		$A \leq 1,05 \bar{A}$	$A \leq 1,10 \bar{A}$	$A \leq 1,15 \bar{A}$	$A \leq 1,20 \bar{A}$	Sin limitación
F_1	$Pr(C_w \geq E)$	0,087	0,135	0,194	0,235	0,425
	$Pr(C_w \geq 2E)$	0,008	0,013	0,020	0,031	0,235
	$Pr(C_w \geq 5E)$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075
	$Pr(C_w \geq 10E)$					0,022
F_3	$Pr(\bar{C} \geq E)$	0,000	0,001	0,009	0,018	0,180
	$Pr(\bar{C} \geq 2E)$		0,000	0,001	0,002	0,079
	$Pr(\bar{C} \geq 5E)$			0,000	0,000	0,018
	$Pr(\bar{C} \geq 10E)$					0,003

Dimensión de matriz = 8×4 , $\bar{\alpha} = 0,075$, pérdida de Engset = $8,76 \times 10^{-4}$

Tabla 7 - Valores de las funciones complementarias de distribución F_1 y F_3 mostrando el efecto de limitar el tráfico total ofrecido A en las matrices de abonados

Función		$A \leq 1,05\bar{A}$	$A \leq 1,10\bar{A}$	$A \leq 1,15\bar{A}$	$A \leq 1,20\bar{A}$	Sin limitación
F_1	$Pr(C_w \geq E)$	0,002	0,028	0,088	0,147	0,250
	$Pr(C_w \geq 2E)$	0,000	0,003	0,013	0,041	0,147
	$Pr(C_w \geq 5E)$		0,000	0,000	0,000	0,063
	$Pr(C_w \geq 10E)$					0,031
F_3	$Pr(\bar{C} \geq E)$	0,000	0,002	0,011	0,035	0,138
	$Pr(\bar{C} \geq 2E)$		0,000	0,001	0,005	0,076
	$Pr(\bar{C} \geq 5E)$			0,000	0,000	0,032
	$Pr(\bar{C} \geq 10E)$					0,014

Dimensión de matriz = 32×16 , $\bar{a} = 0,255$, pérdida de Engset = $1,15 \times 10^{-3}$

neas. Sin embargo, la situación real después de una redistribución de líneas no será exactamente la mostrada en las tablas 6 y 7, ya que las matrices que exceden el umbral de tráfico elegido no son eliminadas, sino que sufren una redistribución de líneas, trasladando sus líneas más cargadas a otras matrices de menor tráfico. Este movimiento de líneas implica la transferencia de líneas de baja carga en sentido opuesto. Por tanto, el conjunto de matrices resultante será distinto del conjunto aleatorio usado en este estudio. La función de distribución complementaria para el abonado con peor grado de servicio, F_1 , y la congestión media en llamadas F_3 , depende del procedimiento seguido en la redistribución de líneas. La presente evaluación numérica debe ser tomada como una estimación del orden de magnitud de las funciones F_1 y F_3 , y demuestra la alta eficacia de unas prácticas de equilibrado basadas en la limitación del tráfico ofrecido por matriz.

Desde un punto de vista práctico es interesante evaluar el trabajo asociado a una redistribución de líneas, mostrado en la tabla 8. Esta tabla muestra los valores esperados de los porcentajes de matrices con tráficos ofrecidos superiores al valor $(1 + u/100)N\bar{a}$ en función del número de líneas de abonado por matriz. Las cifras fueron obtenidas suponiendo que el tráfico ofrecido sigue la ley exponencial negativa pura [2].

En la práctica, se debe fijar un umbral de máximo tráfico para la redistribución de líneas de abonado. Este umbral se obtiene de la capacidad nominal de tráfico del dimensionado incrementado por el máximo porcentaje de tráfico desequilibrado que se permita. Por tanto, el problema del equilibrado de cargas es más crítico si el tráfico real en el elemento de línea está próximo a su capacidad nominal de tráfico prevista en el dimensionado.

Conclusiones

En este artículo se cuantifica el efecto del desequilibrio de tráfico a nivel de abonado, y la redistribución de líneas de abonado. De esta evaluación numérica se deduce que el equilibrado de tráfico por redistribución de líneas de abonado es un método eficaz para atacar el problema del desequilibrio de tráfico.

Por el contrario, el uso de reglas para la distribución inicial de líneas de abonado no demuestra ser efectivo desde un punto de vista estadístico, y tan sólo demuestra cierta

Tabla 8 - Esfuerzo requerido para la redistribución de líneas

N	$u = 5\%$	$u = 10\%$	$u = 15\%$	$u = 20\%$
8	39,8	34,7	30,0	25,8
32	36,8	27,2	14,2	13,0

eficacia en la prevención de situaciones de muy alta congestión.

En cualquier caso, la evaluación numérica (bajo las hipótesis de tráfico en que se basa este estudio) muestra el problema del desequilibrio de tráfico en sus dimensiones reales. El diseño y la ingeniería de la administración de tráfico podrán evaluar la incidencia de este problema en cada caso particular y establecer las facilidades necesarias para las prácticas de administración de tráfico.

Desde un punto de vista práctico, es posible deducir del artículo criterios aplicables al equilibrado de tráfico utilizando las reglas de distribución inicial de líneas y las reglas de redistribución de líneas, y también dar soporte al diseño del sistema respecto al comportamiento del sistema frente al desequilibrio y a las necesidades de una administración de tráfico.

Reconocimiento

Los autores manifiestan su agradecimiento a los señores G. Harland de Standard Telephones and Cables (Reino Unido), J. Conradt de Standard Elektrik Lorenz (República Federal alemana), H. Østerud de Standard Telefon of Kabelfabrik (Noruega), y J. Massant de Bell Telephone Manufacturing Company (Bélgica) por su inestimable ayuda y cooperación. Los autores también agradecen a M. Villén de Standard Eléctrica (España) su importante contribución en el desarrollo del algoritmo de cálculo, que nos ha permitido realizar este trabajo.

Referencias

- [1] J. W. Cohen: The Generalized Engset Formulae: Philips Telecommunication Review; volumen 18, 1957.
- [2] A. Rodríguez y J. P. Dartois: Small Groups of Subscribers Traffic Imbalance; Proceeding of the 5th International Teletraffic Congress, 1967, documento 531.

- [3] J. P. Dartois: Lost Call Cleared System with Unbalanced Traffic Sources; Proceeding of the 6th International Teletraffic Congress, 1970, documento 215.
- [4] G. Morales, A. Crespo y M. García Rafart: Study of Traffic Imbalance in Subscriber Matrices; Proceedings of the 9th International Teletraffic Congress, Torremolinos, septiembre 1979, documento 528.

Guillermo Morales Andrés nació en Madrid (España) en 1946. Se graduó como ingeniero superior de telecomunicación en 1969 en la Universidad Politécnica de Madrid. En 1969 entró a formar parte del CIISE en Madrid trabajando en el grupo de tráfico de ITT. Ha trabajado en el dimensionado del sistema PENTACONTA y actualmente es el jefe de proyecto del dimensionado de los sistemas PCM de ITT. Ha sido profes-

sor de matemáticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid, y también profesor de teoría de tráfico en el Centro de Entrenamiento del CIISE en Madrid.

Alfonso Crespo de Pedro nació en Madrid (España). Se graduó como ingeniero superior de telecomunicación en la Universidad Politécnica de Madrid en 1973. Desde 1974 ha trabajado como ingeniero de tráfico en el CIISE, participando en los estudios de tráfico del sistema PENTACONTA 2000.

Manuel García Rafart nació en Madrid (España). Se graduó como ingeniero superior de telecomunicación y como licenciado en ciencias físicas por la Universidad de Madrid en 1967; desde entonces ha trabajado como ingeniero de tráfico en el CIISE. Ha participado en la simulación de redes telefónicas en sistemas semielectrónicos.

Fabricación de placas de circuito impreso de gran densidad

La compañía Exta Circuits, presenta en la exposición de Internecon, celebrada en octubre de 1979 en Brighton, Reino Unido, algunos conceptos avanzados para placas de circuito con gran densidad de componentes. También exhibimos nuestra gama completa de circuitos estándar con taladros metálicos y línea fina, multicapa y semirrígidos ("flexirigid").

Con la intención de reducir el coste de fabricación de las placas de circuito impreso multicapa, nuestros ingenieros han desarrollado un concepto totalmente nuevo en el diseño y en el proceso de fabricación de circuitos multicapa. Esta tecnología de tipo semiaditivo secuencial, reduce considerablemente los costes de fabricación de circuitos multicapa de 4 y 6 capas.

Nuestros últimos desarrollos de productos están pensados para hacer frente a mayores densidades de interconexiones debidas a una creciente integración a nivel de pastilla. Están basados en amplias investigaciones en Europa, Estados Unidos y el Extremo Oriente, y proviene de la creencia de que la necesidad de características térmicas y eléctricas más exigentes, está creando la necesidad de un nuevo sustrato único que combine el bajo coste y elevada densidad de la película gruesa con la gran superficie y mejores características eléctricas de las placas de circuito impreso.

Diodo láser

El LS 7716 es un nuevo diseño de diodo láser de GaAs/GaAlAs de doble heteroestructura que emplea geometría de bandas. ITT Components Group Europe ha diseñado este diodo láser para su utilización en onda continua a frecuencias superiores a 1 GHz. Montado en una placa "strip line" de alta frecuencia y pequeña resistencia térmica, posee la posibilidad de utilizar la emisión óptica de la cara posterior para estabilizar las condiciones de funcionamiento. Una amplia gama de fibras ópticas terminadas en manguitos pueden unirse a la cara frontal del dispositivo.

Diseñado el espectro del dispositivo a voluntad del cliente, da como resultado un pequeño ruido modal cuando se utiliza con sistemas de fibras ópticas. La potencia de salida típica del diodo, 7 mW en monomodo, se combina con una esperanza de vida superior a 10.000 horas. La corriente umbral típica es inferior a 120 mA y el margen de temperaturas de funcionamiento es de -20 a $+70$ °C.

Modelación y simulación flexibles para el análisis de procesadores de control

Se ha comprobado que una modelación nueva, basada en la representación del flujo de tráfico y del flujo de control, es idónea para la simulación de sistemas de control por programa almacenado. Como ventajas principales cabe citar que puede aceptar rápidamente los cambios de diseño de sistema o de flujo de tareas y que puede adaptarse fácilmente para aplicación a diferentes sistemas.

O. GONZALEZ SOTO
J. A. GARCIA HIGUERA
C. DIAZ BERZOSA
L. MARTINEZ MIGUEZ

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

Introducción

Los cuatro objetivos principales para el análisis de tráfico de los sistemas de conmutación de control centralizado [1] son: estimar la capacidad de tratamiento de llamadas; determinar el grado de servicio; optimizar el flujo de tráfico interno, eliminando los posibles cuellos de botella, y analizar el comportamiento del sistema en condiciones de sobrecarga, debida al aumento del tráfico ofrecido o a fallos de equipo, identificando los controles de sobrecarga óptimos.

Para obtener los resultados anteriores, la técnica de simulación en tiempo real [1] es apropiada por las siguientes razones. Primero, la influencia de nuevas tecnologías en las estructuras de control aumenta, por una parte, la complejidad de asignación de funciones y por otra, el flujo de comunicación entre los componentes del sistema. Generalmente, dicha complejidad no puede representarse mediante hipótesis estadísticas suficientemente sencillas para tratar el problema mediante métodos analíticos, ya que es necesario introducir más detalles, parámetros de comportamiento y características estadísticas asociadas que las que se pueden manejar razonablemente en dichos métodos analíticos. Por lo tanto, deben utilizarse las técnicas de simulación.

Segundo, es importante que el modelo sea adaptable a los cambios frecuentes del sistema, tanto en hardware como en software. Estos cambios son más fáciles de implementar en los modelos de simulación que en los analíticos.

Finalmente, hay que verificar el comportamiento transitorio del sistema y los diferentes flujos de tráfico antes que la central esté en servicio.

Anteriormente se han desarrollado tres modelos de simulación, con diferentes grados de simplificación, para estructuras de control que trabajan con uno o dos ordenadores. Estos modelos se denominan: tipo-carga [1], tipo-subllamada [2] y tipo-llamada. En la tabla 1 se resumen las hipótesis principales en las que están basados estos modelos.

Cada uno de estos modelos se tiene que aplicar de forma individual para cada caso particular y para cada sistema, y por lo tanto no hay posibilidad de reutilizar estos modelos. Además, no son fáciles de modificar para introducir los cambios del sistema.

Las últimas evoluciones en técnicas de diseño de sistemas (utilizando estrategias arriba-abajo, modularidad,

etc.), el alto coste que supone utilizar los modelos anteriores y la flexibilidad de las estructuras de control actuales, requieren una técnica de modelación que pueda modificarse fácilmente con la evolución del diseño del sistema y que pueda satisfacer los objetivos de tráfico a lo largo de toda la vida del sistema.

Solución presentada

La solución presentada en este artículo permite adaptar el modelo a los cambios que se produzcan en el flujo de tráfico y en los detalles del sistema. Esta solución está basada en una modelación continua de tráfico que permite construir un sistema "equivalente" y en una modelación modular del sistema que facilita el paso del modelo a un programa de simulación.

La modelación continua de tráfico incluye un modelo parametrizado que establece la relación entre las actividades telefónicas y sus actividades equivalentes en el modelo, con el grado de detalle necesario en cada fase de aplicación [3]. La generación de las actividades del modelo está espe-

Tabla 1 - Características principales de tres modelos de simulación

Modelo	Características
Tipo-carga	Todas las fuentes de tráfico se consideran en condiciones de estado estacionario. Las llamadas en sí mismas no se simulan y por consiguiente los efectos de dependencias y realimentaciones entre los diferentes procesos se ignoran. Los tiempos de ejecución de los procesos se generan mediante una distribución de probabilidad predefinida. La estructura de prioridades para los niveles y los procesos se representan con detalle.
Tipo-subllamada	Las condiciones de tráfico se consideran en estado estacionario. Los intentos de llamada se dividen en subllamadas separadas e independientes, tales como preselección, selección, contestación y liberación. Las fases de marcaje de cifras y de señalización se tratan como procesos estocásticos independientes.
Tipo-llamada	Todas las fases de la llamada y sus dependencias se representan con detalle. Se tienen en cuenta los requisitos de memoria dependientes del tráfico. El modelo es válido para condiciones en régimen transitorio y de sobrecarga.

cificada en forma parametrizada por medio de datos externos al programa de simulación. Esta representación permite analizar fácilmente el comportamiento del sistema ante el flujo de tráfico para diferentes tipos de llamada y para sistemas centralizados y distribuidos.

La modelación modular del sistema está basada en una correspondencia entre las actividades definidas por la modelación de tráfico y los recursos del modelo que manejan estas actividades de tal manera que son ejecutadas de acuerdo con su disciplina de servicio. La estructura de recursos del modelo posibilita la construcción de un programa de simulación modular y, en la mayoría de los casos, un manejo parametrizado de las actividades [4]. Esta solución reduce significativamente el esfuerzo de programación y asegura una adaptación rápida a los cambios de diseño.

Estructuras de control

El control de un sistema por programa almacenado ejecuta una gran variedad de funciones para el tratamiento de llamadas, verificación de sistema, gestión de sistema, etc.



Fig. 1 Esquema de un sistema de monoproceso; el procesador puede estar duplicado para aumentar la fiabilidad.

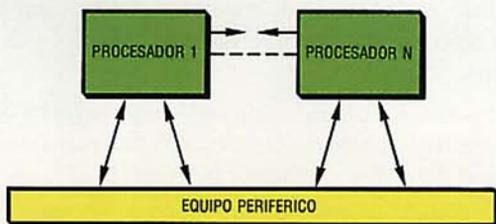


Fig. 2 Esquemas de un sistema de multiproceso con reparto de carga y/o de funciones entre procesadores. Puede estar sobredimensionado para aumentar la fiabilidad.

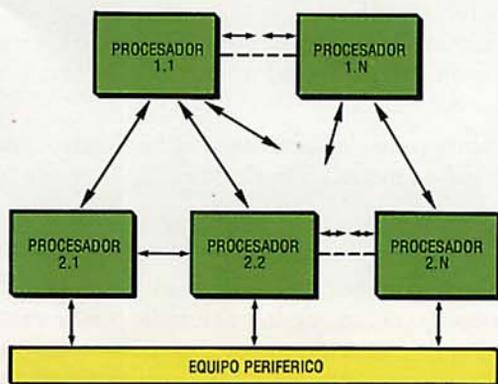


Fig. 3 Esquema de una distribución jerárquica de procesadores con reparto de carga y/o de funciones.

El trabajo que más influye en el comportamiento de tráfico es el de tratamiento de llamadas, que incluye funciones como detección y aceptación de llamadas, análisis de clase de abonado y búsqueda de caminos en la red.

Para cada llamada, estas funciones se ejecutan por grupos de instrucciones codificadas, cada uno de los cuales realiza una actividad.

Actividad descriptiva

Para unificar el concepto de actividad en la modelación y debido a la multiplicidad de implementaciones de código en diferentes sistemas, se considera la actividad descriptiva básica como un conjunto de operaciones con un origen, un destino y comunicaciones externas exclusivamente entre origen y destino. Se puede observar que la descripción de un sistema por actividades básicas puede realizarse con diferentes grados de detalle como secuencia de instrucciones, proceso, procesador, etc. A estos niveles de detalle les llamaremos estratos. Este concepto concuerda con la descripción de sistemas modernos estructurados. Un ejemplo de éstos se tiene en el conjunto de centrales digitales de ITT sistema 12 que usan máquinas de mensajes finitos; la ejecución en una máquina de mensajes finitos es una actividad descriptiva básica.

Para sistemas no estructurados, se puede aplicar la misma idea de actividad descriptiva básica. La seguridad de que tal descripción existe, está basada en el teorema de Bohm y Jacopini [5], que demuestra la existencia de un programa estructurado equivalente para cualquier sistema existente que no lo sea.

Tipos de estructura

Las actividades básicas están organizadas en el sistema por módulos que están implementados en uno o más procesadores. Ya que las actividades pueden utilizar tiempo de los mismos recursos, se produce una competencia en la petición de ejecución.

Para permitir la ejecución de actividades en cada procesador y proveer los requerimientos de grado de servicio, se pueden implementar configuraciones de varios procesadores. La historia del diseño de control muestra una multiplicidad de estructuras posibles entre las cuales se han analizado las siguientes:

- Sistema monoproceso con posible duplicación del procesador por fiabilidad (Fig. 1).
- Sistema de multiproceso con reparto de carga y/o de funciones y sobredimensionado por fiabilidad (Fig. 2).
- Sistema distribuido jerárquicamente con reparto de carga y/o funciones entre procesadores e intercomunicación en sentido horizontal y vertical (Fig. 3).

Disciplinas de servicio

La forma en que se implementan las actividades dentro de cada procesador depende de la urgencia específica o necesidad para cada actividad, que implica la asignación de prioridades entre diferentes tipos de actividades, así como entre llamadas que llegan a la misma actividad. La asignación óptima de las actividades es muy importante, ya que se asegura el uso eficiente del procesador y el tratamiento adecuado para cada tipo de llamada. También permitirá la

implementación de acciones de gestión del sistema de la red cuando sea necesario (ej. dar prioridad a un tipo de llamada especificado). Las disciplinas de servicio siguientes han sido las más comunes encontradas en nuestros estudios: Primero llegado-primero servido, último llegado-primero servido, servicio aleatorio, servicio en ronda, y prioridad por clase para las actividades básicas; prioridad de posición, prioridad de interrupción y servicio cíclico para los grupos de actividades.

En sistemas complejos coexisten mezclas de estas prioridades, dando lugar a una gran interacción entre el servicio de actividades y la progresión de la llamada. El caso que hemos tratado más frecuentemente es el de multiniveles con prioridad de interrupción que contienen grupos de actividades servidos con prioridad de posición. Por simplicidad, la terminología siguiente se refiere a este caso.

Definiciones básicas

Para proporcionar un conjunto homogéneo de conceptos y de terminología empleados en la modelación de la estructura de control, se dan las siguientes definiciones.

Definiciones relativas al sistema

Actividad descriptiva: Un conjunto de operaciones que consumen tiempo con dos relaciones externas, a través de su origen y de su destino.

Proceso descriptivo: Un conjunto de actividades descriptivas que son ejecutadas por el sistema. Cada conjunto compite con igual prioridad con otros conjuntos ante un recurso común.

Nivel del procesador: Un conjunto de procesos descriptivos con la misma prioridad de interrupción.

Procesador: Un conjunto de niveles que compiten ante un recurso común.

Comunicación entre procesadores: La lógica asociada con las actividades que relacionan diferentes procesadores.

Definiciones relativas al modelo

Tarea equivalente de tráfico (ETT): Es una entidad básica en el modelo que tiene definida una relación de correspondencia con la actividad descriptiva del sistema real.

La relación de correspondencia conserva el tiempo de ejecución, los cambios de estado significativos y las actividades precedentes y sucesoras. La relación de correspondencia está definida en la sección "Modelación del flujo de tráfico".

Proceso equivalente de tráfico (ETP): El conjunto de tareas equivalentes de tráfico que se obtienen de un proceso descriptivo a través de la relación de correspondencia.

Nivel equivalente de tráfico (ETL): El conjunto de procesos equivalentes de tráfico obtenido de un nivel de procesador a través de la relación de correspondencia.

Procesador equivalente (EP): El conjunto de niveles equivalentes de tráfico obtenidos del procesador por la relación de correspondencia.

Recurso de modelo: La entidad asociada con cada tarea equivalente de tráfico, proceso equivalente de tráfico, etc.,

que realiza su ejecución de acuerdo con una disciplina de servicio. Consta de la lógica (controlador del recurso del modelo) y de un conjunto finito de variables con sus valores correspondientes (estado del recurso del modelo).

Secuencia: Un conjunto de tareas equivalentes de tráfico ordenadas por las mismas relaciones de sucesión que las actividades de la llamada telefónica.

Tiempo indirecto ("Overhead"): El tiempo de ocupación del procesador equivalente cuando no se tratan llamadas.

Propuesta

La obtención de los objetivos de tráfico, descritos en la Introducción, mediante un solo modelo, implica el uso del más complejo para cubrir todos los demás. Esto no es práctico debido al coste, a que durante el desarrollo del sistema no se tiene la información necesaria y a los cambios frecuentes de diseño. Por otra parte, utilizar varios modelos independientes para alcanzar estos resultados, significa una reacción lenta a los cambios del sistema y es costoso en mano de obra, debido al bajo grado de reusabilidad. Cuando se analizan estructuras de control actuales, particularmente aquellas con un cierto grado de control distribuido, surgen más problemas, cuyas características son:

- La flexibilidad para asignar actividades a los diferentes módulos.
- La modularidad tanto en "hardware" como en "software" hace posible que los cambios de diseño sean sencillos y rápidos.
- La técnica de diseño de arriba-abajo permite que la evolución del desarrollo del sistema se haga por niveles jerárquicos de detalle.
- El análisis en la fase de diseño es más importante en sistemas de conmutación SPC que en otros tipos de sistemas anteriores.

Para alcanzar los objetivos de tráfico, en aquellas estructuras de control que tienen las características anteriores, se deben considerar los siguientes puntos:

- Cubrir toda la fase del desarrollo del sistema.
- Dar una respuesta rápida a los cambios del sistema, de tal manera, que se puedan evaluar las diferentes alternativas del diseño.
- Realizar modelos de simulación con un alto grado de reusabilidad para así minimizar costes y asegurar una adaptación rápida.
- Mantener una estrecha comunicación entre los ingenieros de tráfico y los diseñadores a través del lenguaje descriptivo del modelo.

Para cubrir todos los objetivos, se ha desarrollado una metodología de modelación flexible.

Metodología

La estructura de control del sistema se resuelve en tareas equivalentes de tráfico que son obtenidas por una relación de correspondencia determinada. Las ETTs están sometidas a dos relaciones de pertenencia y de ordenación, una debida a flujo telefónico y otra debida al flujo de control. En la figura 4 se muestra un ejemplo con cuatro estratos.

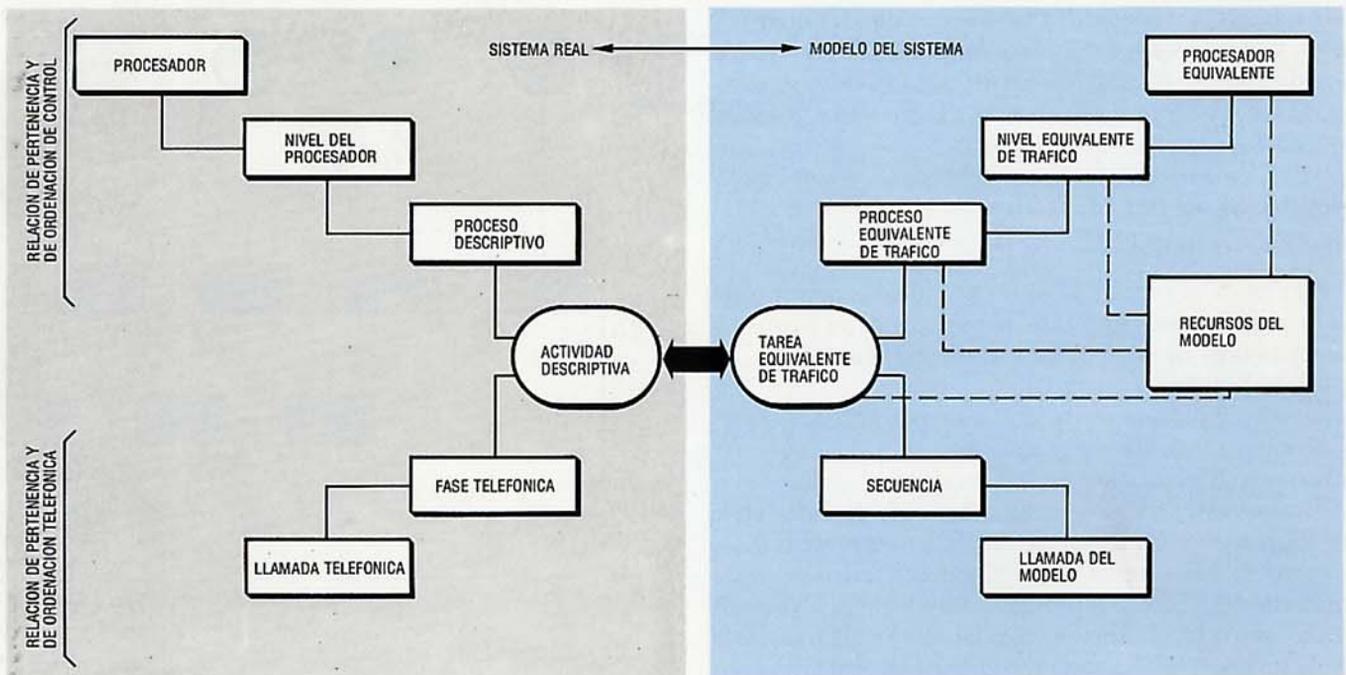


Fig. 4 Ejemplo de la correspondencia entre el sistema y el modelo.

Para conservar el flujo original y las relaciones de pertenencia de la llamada telefónica, y para representar la generación de tráfico por medio de la secuencia, se asigna a cada ETT una relación de precedente y sucesor. En el apartado siguiente, se describe la modelación del flujo de tráfico.

Para las ETTs se crea una estructura de recursos, que consta de algunos estratos del sistema que se representan (por ej. ETP, ETL, EP) e incluye una correspondencia que se utiliza para definir el recurso que maneja el conjunto específico de ETTs. Esta estructura de recursos conserva la relación de pertenencia de control y decide el orden de ejecución en el servicio de las ETTs mediante la confluencia de los dos flujos. Mas adelante se describe la modelación del flujo del sistema. En nuestra opinión la modelación del sistema y de tráfico se debe estructurar de tal forma que puedan cubrirse subconjuntos específicos de los objetivos mencionados previamente. Los modelos correspondientes para cada subconjunto deberán ser adaptables y reusables para cubrir los puntos antes mencionados.

Para lograr los objetivos de tráfico, es necesario medir diversos parámetros durante la simulación. El número y la precisión de estos resultados depende del grupo de objetivos seleccionados. Como ejemplo, en la tabla 2 se muestran los resultados necesarios en función de tres objetivos específicos de tráfico. Primero, determinar la capacidad máxima, como se define en [1]; este objetivo es muy importante durante las primeras etapas del diseño. Segundo, conocer el comportamiento del sistema en condiciones normales de tráfico, que incluye la capacidad nominal de un sistema. Finalmente, es importante conocer cómo se comporta el sistema en condiciones anormales de tráfico, incluyendo las influencias de las diferentes estrategias de control de sobrecarga, fallos de los subsistemas, etc.

Tabla 2 - Precisión de los resultados

Resultados	Capacidad de tráfico	Capacidad nominal	Condiciones anormales de tráfico
Ocupación media (actividad, proceso, procesador)	M	M-H	H
Ciclo real medio del proceso	M	M-H	H
Demora media del proceso	M	M-H	H
Número de interrupciones	M	M-H	H
Número de BHCA ofrecidos	M	H	H
BHCA cursados	M	H	H
Demoras medidas del grado de servicio	M	H	H
Tiempos de espera y respuesta de un proceso específico	-	M	M-H
Distribución de la ocupación (actividad, proceso, procesador)	-	M	H
Distribución de la longitud de cola	-	M	H
Distribución de las demoras asociadas al grado de servicio	-	M	H
Número de actividades temporizadas	-	M	H
Distribución de la demora del proceso	-	M-H	H
Distribución del ciclo real del proceso	-	-	H
Número de BHCA aceptadas	-	-	H
Tiempos de reacción y de absorción a la sobrecarga	-	-	H
Parametros de comportamiento en períodos críticos	-	-	H
Indicadores de sobrecarga	-	-	H

M y H indican precisión media y alta, respectivamente.

El número de resultados y parámetros que se quiera obtener, y su precisión, determinan los grados de representación de tráfico y del sistema. En los dos apartados siguientes, se describe cómo se modelan los flujos de tráfico y del sistema.

Modelación del flujo de tráfico

Hipótesis de tráfico

Para modelar sucesos externos producidos por un abonado o una central adyacente, se consideran las siguientes características de comportamiento de tráfico:

- ley de llegadas
- llegada de sucesos consecutivos de la llamada
- distribución de llamadas-tipo
- tiempos de ocupación de la llamada.

Estas características de tráfico han sido tratadas en la modelación, basada en las siguientes hipótesis de tráfico:

Primero, los sucesos estadísticamente independientes son generados como procesos Markovianos. Normalmente, se usa ley de llegada Poissoniana. En algunos casos se usa una distribución general con un coeficiente de variación predefinido, por ejemplo, para tráfico de entrada en una central de tránsito, condiciones anormales del sistema, etc.

Segundo, los sucesos externos que son estadísticamente interdependientes, como aparición de dígitos, liberación prematura, etc., son generados por el suceso externo precedente, después de un tiempo dependiente del exterior que se crea por una distribución general (Erlang- k , por lo general) con un valor medio y un coeficiente de variación predeterminados.

Tercero, la distribución de llamadas-tipo, definida en [1], se usa para generar el tráfico por tipo de llamadas. Este término incluye el grado de terminación (compleción) de la llamada, normalmente conocido como "call-mix" y los patrones de llamada ("call-pattern"), que incluye el tipo de señalización, origen y destino, facilidades de la llamada, etc.

Cuarto, los tiempos de ocupación de los dispositivos son generados por una distribución general adaptada para cada dispositivo. La distribución utilizada más frecuentemente es la Erlang- k (desde exponencial para $k = 1$ a constante para $k = \infty$). Se usan también histogramas específicos cuando el comportamiento del recurso se conoce con detalle. Para el tiempo de ocupación de la ETT, el caso más corriente es un valor constante asociado a una parte de código, aunque hay algunos casos dependientes del tráfico, como el tiempo de búsqueda de camino, que siguen una distribución dada.

Finalmente, las actividades que producen una ocupación despreciable del procesador no son consideradas en la representación del flujo de la llamada, aunque la ocupación total producida puede estar representada de una forma global por una distribución estadística adecuada.

Representación del flujo de la llamada

La aplicación de la última de las hipótesis anteriores reduce drásticamente el número de actividades descriptivas a considerar. Las restantes actividades se representan de forma que se conserva la misma ordenación en el tiempo

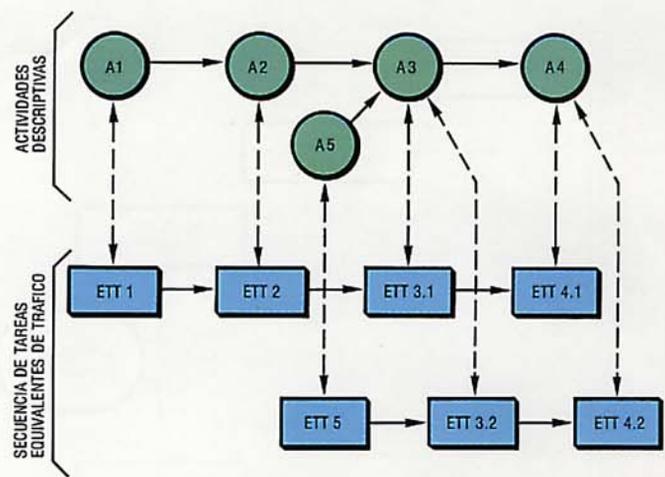


Fig. 5 Construcción de secuencias.

que las actividades originales, definiendo las relaciones de pertenencia y ordenación telefónicas.

La modelación del flujo está basada en la creación de las ETTs que son las entidades básicas abstraídas de las actividades descriptivas, utilizando la selección de correspondencia que se define a continuación.

Una actividad descriptiva produce tantas ETTs como tríos de parámetros básicos que se puedan encontrar. Estos parámetros básicos son: tiempo de ejecución, identificador de la actividad precedente e identificador de la actividad sucesora. Usando esta selección de correspondencia, el flujo telefónico puede manejarse externamente al programa de simulación.

De esta forma se obtiene una parametrización que simplifica y hace más rápida la aplicación a diferentes tipos de llamada y grados de correlación.

La figura 5 muestra la relación de correspondencia de actividad a ETT para la liberación de una llamada completa (A1-A2-A3-A4) y para liberación prematura (A5-A3-A4) en que cada una de las actividades comunes se convierten en dos ETTs.

También existen parámetros asociados a la ETT, además del trío de parámetros básicos, para representar la ordenación telefónica y del sistema.

Se han definido dos entidades que organizan las ETTs para conservar la pertenencia y ordenación telefónicas originales de las actividades: *secuencia* y *llamada del modelo*. Una secuencia es un conjunto de ETTs consecutivas con una dependencia de tiempo entre ellas.

El criterio utilizado para construir una secuencia específica dependerá del grado de correlación de tiempo necesario para cada modelo, como será explicado posteriormente. Una llamada del modelo es un conjunto ordenado de todas las ETTs correspondientes a un tipo de llamada; ésta se puede ver también como un conjunto ordenado de todas las secuencias para un mismo tipo de llamada telefónica.

Los parámetros asociados a la ETT, que se derivan de las relaciones de pertenencia y ordenación telefónicas, son:

- n - número relativo de la ETT dentro de su secuencia

- s - identificador de la secuencia dentro de la llamada del modelo
- c - tipo de llamada del modelo
- RT_{csn} - tiempo entre peticiones asociado a la ETT. Este tiempo es el tiempo transcurrido hasta solicitar la ETT siguiente debido a la ordenación telefónica. (Ver Fig. 6).

Las ETTs están sujetas a otra relación de pertenencia que corresponde a la estructura del sistema. El hecho de que una ETT pertenezca a un proceso, el proceso a un nivel, etc., define la relación de pertenencia al sistema. La estructura determina el momento en que una ETT se ejecuta, habiendo sido requerida previamente. Los parámetros asociados a la ETT obtenidos de la estructura del sistema son:

- k - número relativo de la ETT dentro del proceso a que pertenece
- j - identificador del proceso dentro de su nivel
- i - identificador del nivel dentro de su procesador
- ET_{pijk} - tiempo entre las entradas de los dos ETPs a los que pertenecen dos ETTs consecutivas. La figura 6 representa los dos parámetros de tiempo (RT y ET).

Para representar el flujo del sistema, se tienen que generar copias de ETTs. Se considerarán dos tipos de generación de las copias de ETTs.

Tipo 1: Los generadores de tráfico crean la primera copia de ETT o cabecera de cada secuencia independiente, con el correspondiente tiempo entre llegadas de la secuencia, utilizando la ley de llegadas Poissoniana. La distribución de llamadas-tipo y el tráfico ofrecido determina las tasas de llegadas de cada copia de cabecera de secuencia.

Tipo 2: Cuando se ejecuta cada copia de ETT, se crea la copia de la ETT dependiente de ella después de RT_{csn} unidades de tiempo. De esta forma, comenzando con la copia cabecera de secuencia, cada ejecución de la copia de ETT genera su sucesora; así se mantiene una correlación completa entre ETTs de la misma secuencia. Una secuencia dependiente de otra es generada por la precedente. La selección de las secuencias S_c para todos los subconjuntos posibles de la llamada del modelo, puede hacerse de varias formas, dependiendo de los objetivos de la simulación. Aquí damos tres ejemplos típicos de los diferentes grados de correlación:

Sin representación del flujo (sin flujo): Cada secuencia S_c se genera con una ETT solamente, que se considera independiente. Se obtiene una simulación de tráfico sin ninguna correlación entre ETTs consecutivas. Esta representación es solo válida para el análisis en estado estacionario y condiciones normales de tráfico.

Representación parcial del flujo (flujo parcial): En esta representación se mantiene una correlación limitada entre ETTs, excluyendo la dependencia entre ETTs con un tiempo grande entre llegadas (correlación baja).

Para la representación parcial del flujo se dan como típicos dos grados de correlación:

- En la representación de fases de llamada, las secuencias independientes se asocian con las diferentes fases de la

llamada (por ejemplo: preselección, contestación, liberación).

- En la representación por ráfagas de ETTs, el criterio que se utiliza para seleccionar una secuencia es la comparación entre el tiempo entre peticiones y el tiempo entre entradas (RT_{csn} y ET_{pijk} , respectivamente). Debemos recordar que c, s, n y p, i, j, k son parámetros pertenecientes a la misma ETT en estudio. Este criterio se aplica a cada par de ETTs consecutivas desde el punto de vista de ordenación telefónica y puede resumirse de la siguiente forma:

1. Cuando $RT_{csn} \geq ET_{pijk}$, se puede suponer independencia entre ellas, y la ETT será entonces la cabecera de la nueva secuencia independiente. Por ejemplo, la

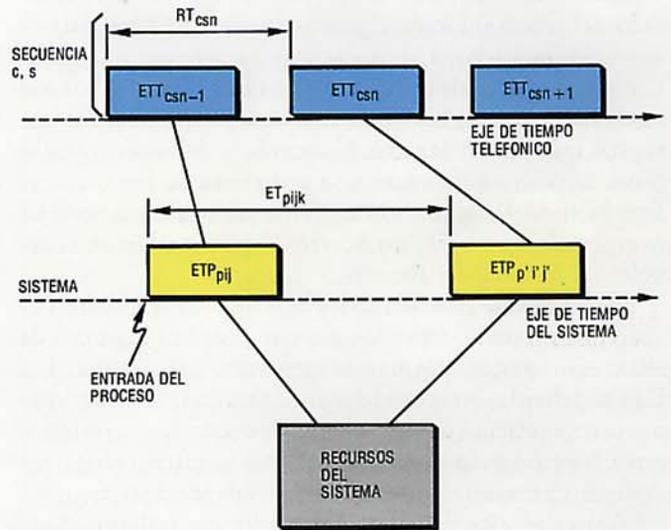


Fig. 6 Tiempo entre peticiones y tiempo entre entradas para las dos relaciones de ordenación.

tarea de final de selección y la respuesta del abonado llamado son consideradas como independientes.

2. Cuando $RT_{csn} \leq ET_{pijk}$, se consideran ETTs dependientes y pertenecientes a la misma secuencia.
3. Cuando $RT_{csn} \geq ET_{pijk}$, se consideran ETTs dependientes y pertenecientes a secuencias dependientes consecutivas.

Este tipo de representación es bastante económico porque reduce considerablemente el tiempo de ejecución de la simulación, despreciando dependencias a largo plazo, mientras que mantiene una fuerte correlación entre ETTs que están cercanas en el tiempo.

Representación total del flujo (flujo total): En esta representación, se mantiene correlación total entre ETTs excepto para el caso de la liberación de una llamada completa, en la que se mantiene la correlación solo para actualizar la tasa global de generación de liberaciones de llamada. Esta representación es más precisa que las representaciones previas y además permite analizar el sistema bajo transitorios y condiciones anormales, como fallo del sistema o sobrecarga.

Recuérdese que como resultado de la correspondencia

definida, el cambio de un grado de correlación a otro puede ser realizado externamente por las entradas al programa de simulación. De aquí la característica de la parametrización en la modelación de tráfico.

Modelación del flujo del sistema

El modelo de flujo del sistema se construye seleccionando las características del sistema que influyen en los resultados y en su precisión; de esta manera, se define el grado de detalle a considerar. Estas características están reflejadas en el estado del modelo y sus cambios. El estado del modelo viene dado por los valores que toma un conjunto de variables que están asociadas con cada estrato jerárquico de ETTs.

La ETT es la entidad básica que simula cambios en el estado del sistema. Desde el punto de vista del flujo del sistema, es importante destacar dos caracteres: que toma tiempo, y que puede producir un cambio significativo en el estado del modelo. Una ETT transcurre entre dos sucesos: el principio y el fin de tarea. Los cambios del sistema que se producen durante las tareas se actualizan en los sucesos. Este método de simulación significa que hasta que no se ha completado una ETT, no ocurre ningún cambio en el estado del modelo del sistema.

En el sistema, las actividades descriptivas se ejecutan de acuerdo con una cierta filosofía que se aplica a grupos de ellas; estos grupos forman la estructura del sistema. Las ETTs, definidas en la modelación de tráfico, están agrupadas por su relación de pertenencia de control, que refleja la estructura del sistema en los siguientes estratos jerárquicos definidos previamente: proceso equivalente de tráfico, nivel equivalente de tráfico y procesador equivalente. Asociado con cada uno de estos estratos jerárquicos, se crea un recurso del modelo que maneja los componentes del estrato y ordena su ejecución de acuerdo con la disciplina de servicio.

En cada uno de los recursos del modelo, se deben considerar dos aspectos: el estado del recurso y la lógica del controlador del recurso. El estado del modelo está formado por todos los estados de los recursos y los valores necesarios para tomar los datos estadísticos.

Recurso del estrato ETT (ETTR)

Para el estado del recurso asociado al estrato ETT (ETTR), las variables más típicas son:

- tiempo indirecto asociado al ETTR, "overhead" del ETTR
- contador del número de ETTs que son ejecutadas por el ETTR
- variables asociadas a la cola del ETTR (número, primera, última, etc.)
- matriz de ETTs que tienen que ejecutarse por el ETTR y sus variables asociadas (índice, etc.)
- parámetros estadísticos del ETTR (por ejemplo, leyes de llegada, valor medio, desviación típica, etc.).

Dependiendo de la disciplina de servicio que haya que modelar en un ETTR determinado, se necesitarán sólo algunas de estas variables. Por lo tanto, el indicador del ETTR se define como el conjunto de variables necesarias para modelar una disciplina de servicio predeterminada.

Aunque el número de tipos de indicador pudiera ser muy grande, la experiencia ha mostrado que la mayoría de los casos se pueden cubrir por un número pequeño de tipos: tiempo indirecto, exploración, temporización, agrupación de ETTs, ETT individualizada y estadístico.

El controlador de cada ETTR tiene dos trabajos asociados para manejar el indicador correspondiente. El primero calcula el tiempo de ejecución del ETTR para preparar el suceso fin de la ETT. El segundo ejecuta los cambios de estado que corresponden a la ETT que se ha manejado por el ETTR. Los cambios son:

- Destruir las copias de ETT que se han ejecutado, actualizando el indicador del ETTR que se ha simulado.
- Encargar la ejecución de las copias de la próxima ETT en la secuencia de tráfico de la llamada, y actualizar el indicador del siguiente ETTR.
- Notificar el nuevo estado del ETTR a los estratos superiores.

El número limitado de tipos de indicador implica que, para cubrir la mayoría de los casos, el número de trabajos asociados también será bajo.

Recursos de los estratos ETP, ETL y EP

Cada recurso del modelo debe manejar los componentes del estrato con el que está asociado. Para tratar estos componentes, es necesario tener diferentes variables que reflejen el estado de los elementos del recurso. Por ejemplo, el procesador debe conocer el estado de sus niveles, el nivel debe conocer el estado de sus procesos, etc. Para cada elemento, los estados que se deben reflejar son:

- *Prioridad en la ejecución*, que incluye varios parámetros para manejarla.
- *Requerido*: el elemento se debe ejecutar porque ha llegado su entrada o porque se ha generado un requisito de interrupción de su ejecución.
- *Corriendo*: La unidad de control está ocupada cursando el elemento del recurso.
- *Interumpido*: su ejecución se ha parado para ejecutar otro elemento con más alta prioridad de interrupción.

El controlador para cada recurso tiene un trabajo asociado que maneja las variables anteriores y decide qué elemento del estrato es el próximo a ejecutar.

Recurso del sistema equivalente (Recurso del ES)

Para cada recurso del procesador equivalente que pertenece al sistema, se utilizan las siguientes variables:

- condición de ocupación del procesador (ocupado, libre)
- identificador del procesador
- condición funcional del procesador (funcionando, desconectado, en posición de pausa, con asignación de reparto de funciones).

El controlador del recurso del sistema equivalente realiza tres funciones. Primero, maneja la prioridad del procesador para resolver conflictos potenciales. Segundo, cambia la función de reparto y/o el reparto de carga en condiciones anormales. Y finalmente, asigna la ETT a un recurso particular de acuerdo con una regla específica, cuando varios procesadores pueden manejar esta ETT.

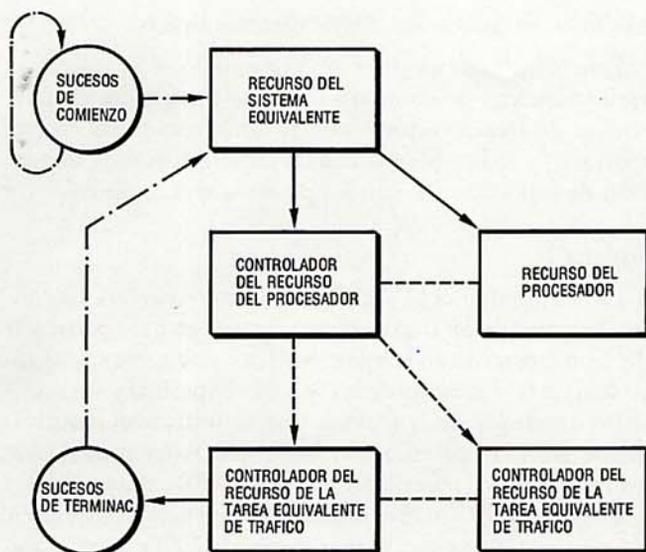


Fig. 7 Flujo de simulación del sistema.

La figura 7 indica las relaciones de control entre los diferentes recursos.

La base de la estructura de los recursos es el recurso de la ETT; este recurso se representa siempre, independientemente del grado de detalle con que el modelo reproduzca al sistema. El estrato superior (recurso del sistema equivalente) es también esencial. Dependiendo de los objetivos a cumplir, las ETTs se definen en el estrato más bajo que se represente. Además, se debe decidir el número de estratos intermedios y cuáles de ellos se representan. Por ejemplo, cuando la ETT se define en el estrato del procesador, sólo existen los recursos de ES y de ETT. Sin embargo, cuando la ETT se define en el estrato del proceso, se obtienen los recursos de ES, EP, ETL y ETT.

Grados de representación: Modelos y objetivos

La confluencia de los flujos de tráfico y de sistema da lugar a la ejecución real de los ETTs de cada llamada, en un momento específico de tiempo. Los resultados necesarios para los objetivos identificados en la sección "Propuesta" implican la selección de un flujo de tráfico como se vio en el apartado "Modelación del flujo de tráfico". La consideración simultánea del grado de representación del sistema y del grado de precisión necesario dan lugar a una multiplicidad de modelos. Los más comunes se muestran en la tabla 3.

De la matriz de modelos necesaria para diferentes configuraciones de procesadores y diferentes objetivos, se han identificado algunos casos típicos como modelos mínimos para cada uno de los tres objetivos principales mencionados previamente. En este caso, "modelo mínimo" se refiere al más simple y económico bajo ambos grados de representación, que puede ser usado para cumplir los objetivos requeridos.

Es obvio que puede ser utilizado cualquier otro modelo con mayor grado de representación, pero sería necesaria más información de sistema, tiempos mayores de aplicación y de ejecución de simulación, así como un mayor coste.

Modelos mínimos para los objetivos de capacidad máxima

Los objetivos de capacidad máxima no incluyen la evaluación del grado de servicio, sino que aseguran la estabilidad del sistema en condiciones de estado estacionario. El modelo más simple para una estructura de monoproceso o multiproceso es el modelo dado por: *estrato de procesos - tráfico sin flujo* que también es conocido como "modelo de carga".

Los mismos objetivos para una estructura de procesadores distribuidos requiere el modelo de: *estrato de procesos - flujo parcial de ETT* debido a la necesidad de analizar la es-

Tabla 3 - Resultados

Grado de representación del flujo del sistema	Grado de representación del flujo de tráfico				
	Sin flujo	Flujo parcial		Flujo total	
		Fases de llamada	Rafagas de ETT	Condiciones normales	Condiciones de sobrecarga
Recurso de sistema	Sin flujo				
Recurso procesador	*-*	*-*	*-D	*-D	N/A
Recurso nivel	*-*	*-*	*-D	*-D	*-*
Recurso proceso	M-*	M-D	M-D	M-D	M-D
ETTR tipo uniforme	M-*	M-D	M-D	M-D	M-D
ETTR tipo diferenciado	N/A	M-D	M-D	M-D	M-D

El título "tipo uniforme" o "tipo diferenciado" para los recursos de ETT, se refiere a la representación de la disciplina de servicio de las ETT en el peor caso, como una simplificación del caso más completo en que se simulan las diferencias específicas entre disciplinas de servicio.

La nota N/A (no aplicable) indica que la combinación particular de ambos grados de representación no permite implementar alguno de los dos flujos (por ejemplo el caso "sin flujo de tráfico", no permite la implementación de las disciplinas de servicio necesarias para las ETT con cualquier estrategia de servicio.

La nota D significa que el modelo indicado es apropiado para un procesador de

configuraciones distribuidas; M indica que el modelo es apropiado para configuraciones de mono o multiproceso.

El asterisco (*) indica que dicha confluencia puede ser modelada pero no tiene interés el uso de la simulación, bien debido a la simplicidad de la interacción o al bajo número de resultados obtenidos. Algunos casos de éstos se resuelven con modelos analíticos (por ejemplo, el caso de estrato procesador - sin flujo de tráfico puede ser analizado con el modelo M/G/N).

En los casos restantes, los modelos de simulación pueden ser útiles en función de los objetivos de tráfico y la complejidad de la configuración de procesadores.

tabilidad de las comunicaciones entre procesos para un contexto de capacidad máxima.

Cuando una distribución jerárquica de control da interacción muy baja de algunos procesadores (aquellos que tienen poco efecto en la operación de sistema), no es necesaria la representación de todos los procesadores con el mismo grado de detalle; en estos casos se obtiene una representación adecuada con una mezcla de modelos de: *estrato de procesos - ráfagas de ETTs* para los procesadores de influencia importante y *estrato procesador - ráfagas de ETTs* para los de poca influencia.

Modelo mínimo para los objetivos de capacidad nominal

Los objetivos de capacidad nominal incluyen como resultado las distribuciones de espera asociadas al grado de servicio. El grado mínimo de representación viene dado por el estrato *ETT (tipo uniforme) - flujo parcial de tráfico* para las configuraciones de monoproceso y multiproceso. En el caso de distribución jerárquica de procesadores y dependiendo del reparto de funciones entre ellos, puede ser necesaria una mezcla de modelos en las que los procesadores principales se representan como en el caso de monoproceso, y los procesadores menos importantes por un estrato menos detallado de la misma columna: *ráfagas de ETTs* de la tabla 3 (por ejemplo estrato de proceso, de nivel o procesador).

Modelos mínimos para objetivos de sobrecarga

El conjunto de objetivos y resultados necesarios para el análisis de sobrecarga y comprobación de controles de sobrecarga, imponen la representación de *flujo total de tráfico en condiciones* de sobrecarga mencionado en la tabla 3, y el *estrato de ETTs* para las configuraciones de monoproceso y multiproceso. En el caso de distribución de procesadores, los asociados a un nivel jerárquico bajo necesitan una representación de sistema menos detallada que refleje los estratos de proceso, nivel o procesador.

Los modelos de "llamada" y "sub-llamada" mencionados en la Introducción se corresponden con el estrato *ETTR (tipos diferenciados) - fases de llamada* y con el *estrato ETTR (tipos diferenciados) - flujo total en condiciones normales* respectivamente.

Tabla 4 - Número de elementos en cada estrato para los casos a al f

Caso	Procesadores	Niveles	Procesos	ETT's	ETTR	Secuencias	Instrucciones	Relacion de simulación
a	1	3	14	73	14	29	1000	1:1
b	2	1	30	193	30	10	1000	2:1
c	5	1	32	121	32	10	1000	5:5:1
d	1	6	7	1220	18	35	1900	16:1*
e	1	6	7	1610	18	35	2400**	16:1*
f	1	6	7	2060	18	10	3200***	11:1

* Esta relación del tiempo de simulación al tiempo real considera un IBM 370/148, excepto para los casos d y e que utilizan un IBM 370/145.

** La diferencia en código entre este caso y el anterior es debida, principalmente, al incremento de estadísticas y salidas para la simulación.

*** El nuevo código que se añade en este caso, es debido a la implementación de las acciones de control para tratar la sobrecarga.

Resumen de aplicación a tres sistemas típicos

Este método de modelación presentado se ha aplicado a varios sistemas de conmutación. Las principales características de tres de estos sistemas están resumidas en este apartado, y en la tabla 4 se dan las características de simulación de seis casos de estudio de estos tres sistemas.

Sistema 1

La central digital ITT 1220 tiene una estructura de control distribuido jerárquicamente, que es un caso particular del tipo mostrado en la figura 3 [7]. Los objetivos de análisis fueron la obtención de la capacidad nominal y los resultados asociados de la tabla 1, que se utilizaron iterativamente para la optimización del sistema. La modelación utilizada fue una mezcla del modelo *ETTR (tipo uniforme) - ráfagas de ETTs* para el procesador con más jerarquía y el modelo *estrato procesador - ráfagas de ETTs*, para el impacto de los procesadores más bajos en la jerarquía (caso a).

Como ejemplo de los resultados obtenidos, la figura 8 muestra la ocupación indirecta, el tiempo de demora de preselección y el tiempo de demora de la conexión de conmutación, como funciones de los ciclos de proceso seleccionados. Esta sensibilidad a los ciclos de proceso permite la selección óptima de compromiso ente la capacidad máxima y los tiempos de demora del grado de servicio.

Sistema 2

Se analizó otra estructura de procesadores con distribución jerárquica de control y un mayor grado de distribución para las funciones de manejo de llamada. El objetivo era comparar la asignación de las actividades de manejo de la llamada, a los pre/post-procesadores, observando el comportamiento de éstos así como el grado de servicio.

Se compararon dos posibilidades: con porcentajes de reparto de funciones de manejo de la llamada entre los pre/post-procesadores de 50/50 (caso b) y 80/20 (caso c). Los casos b y c consideran uno y cuatro pre-procesadores, respectivamente; en los dos casos se supone un único post-procesador. En ambos casos se utilizó el modelo *ETTR (tipo uniforme) - ráfagas de ETTs* para todos los procesadores del sistema.

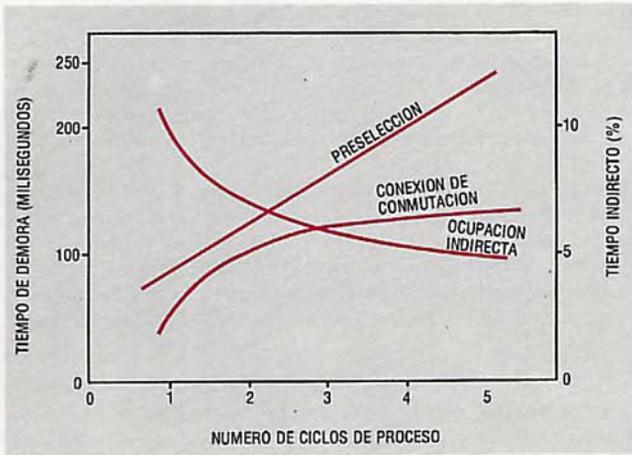


Fig. 8 Resultados obtenidos en la modelación de una central digital ITT-1220 con estructura de control distribuido jerárquico.

En esta comparación se obtuvo que la configuración del sistema considerada en el caso c tiene una capacidad tres veces mayor que para el caso b, y un tiempo de demora de preselección de 1,8 veces menor.

Sistema 3

El multirregistrador con programa almacenado (SPMR) es una nueva unidad de control, diseñada para actualizar el sistema de conmutación de barras cruzadas PENTACONTA* [8]. Una unidad SPMR está constituida por dos miniprocesadores que funcionan en reparto de carga, y cada uno de ellos tiene asignado un número de registradores que tiene que tratar (Fig. 1). Cada procesador está organizado en varios niveles de prioridad con interrupción. Para este sistema, se realizaron varios estudios de tráfico que abarcaron desde la optimización del diseño a dimensionado de los miniprocesadores y definición de controles de sobrecarga.

Para determinar la capacidad máxima y detectar los posibles cuellos de botella, se utilizó un modelo ETTR (tipos diferenciados) - ráfagas de ETTs (caso d). Los tipos del indicador ETTR que fueron necesarios para implementar las diferentes disciplinas de servicio son: ETTR tiempo indirecto, de exploración, de temporización, de agrupación de ETTs y ETT individualizada. El factor que limita la capacidad es la ocupación del procesador. En este caso, los resultados muestran que es necesario especificar la disciplina de servicio para cada proceso.

Para estimar el grado de servicio, se necesita medir su influencia en los órganos PENTACONTA que controlan la red, principalmente los marcadores (caso e). El modelo utilizado fue un ETTR (tipos diferenciados) - ráfagas de ETTs, detallando algunas ETTs relacionadas con la operación de los órganos de control PENTACONTA de la red, para permitir la simulación del tiempo de espera frente a estos órganos. En la figura 9 se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos.

Para determinar los controles de sobrecarga óptimos, fue necesario simular los registradores, ya que en este sistema estos órganos son un filtro de tráfico para los miniprocesadores. El modelo utilizado fue un ETTR (tipo diferenciado) - flujo total (condiciones de sobrecarga) (caso f). Para determinar los controles de sobrecarga, un parámetro importante es el deterioro del grado de servicio cuando aparece una sobrecarga. La tabla 5 determina el intervalo de tiempo desde que la ocupación del procesador alcanza el valor 1 durante 1 segundo, hasta que el grado de servicio alcanza el valor indicado. El grado de servicio se mide como el tiempo medio de establecimiento de la fase de preselección de las fases establecidas en un intervalo de tiempo de un segundo, no las que se han completado desde el principio de la simulación [9].

Conclusiones

La propuesta de modelación y simulación descrita en este artículo ha sido muy útil para el análisis de los tres sistemas descritos. Como la doble representación de tráfico y de sistema puede ser variada según las necesidades, ha sido posible cubrir todas las fases de análisis para cada sistema,

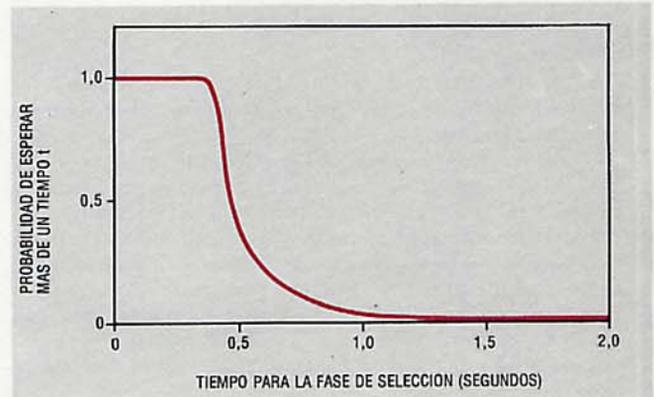


Fig. 9 Ejemplo de los resultados obtenidos en la modelación del sistema de multirregistrador por programa almacenado (SPMR).

así como aplicar la metodología a sistemas con estructuras muy diferentes.

La parametrización del flujo de tráfico es muy útil para representar flujos muy diferentes, bien debido a la correlación o al tipo de llamada, ya que la variación de flujos no necesita recodificación de programa. La formación de las secuencias de generación para cada caso requiere como mucho uno o dos días.

El crecimiento modular en la representación del flujo de sistema permite que los módulos funcionales sean reusados para diferentes disciplinas de servicio de sistema, así como añadir detalles durante la evolución del diseño.

Debido a la flexibilidad de su aplicación y a la velocidad con que se puede adaptar cada modelo, el procedimiento de modelación puede ser extendido a otras configuraciones de procesadores diferentes a las analizadas, por lo que es

* Marca registrada del sistema ITT

Tabla 5 - Tiempo transcurrido desde que la ocupación del procesador es igual a 1, hasta que el tiempo medio de establecimiento de la fase de preselección alcanza el valor indicado

Tiempo medio de establecimiento de la fase de preselección	Intervalo de tiempo para diferentes niveles de sobrecarga		
	128% de BHCA ofrecidas	150% de BHCA ofrecidas	180% de BHCA ofrecidas
< 1400 ms	7,68 s	2,88 s	0
< 2000 ms	15,36 s	3,84 s	0
< 3000 ms	24,0 s	8,16 s	2,44 s
< 6000 ms	29,76 s	12,28 s	8,64 s
< 12000 ms	44,58 s	38,4 s	24,48 s

una herramienta interesante para el análisis de tráfico de sistemas modernos basados en microprocesadores.

Reconocimiento

Los autores agradecen a los miembros de la división de Tráfico del Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A. su contribución e interés en esta área, especialmente a D. Gutiérrez y A. Sánchez por su ayuda en la aplicación de los casos: a, b y c.

Referencias

[1] J. E. Villar: Traffic Calculations in SPC Systems; Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 10-17 noviembre 1976, documento 611/1-7.

[2] G. Dietrich y R. Salade: Subcall-Type Control Simulation of SPC Switching Systems; Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 10-17 noviembre 1976, documento 433/1-6.

[3] O. González Soto y L. Martínez Míguez: Parameterized Traffic Simulation Model for Processor Study; Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, informe interno, enero 1977.

[4] J. A. García Higuera: Proposal of a General Functional Simulation Model Applicable to Processors of ITT-SPC Systems; Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, informe interno, junio 1976.

[5] Böhm y G. Jacopini: Flow Diagrams, Turing Machines and Languages with Only Two Formation Rules; Association for Computing Machinery Communications, mayo 1966, volumen 9, n° 5, págs. 366-371.

[6] G. Dietrich: Telephone Traffic Model for Common Control Investigations: Proceedings of the 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 13-20 septiembre 1963, documento 331/1-6.

[7] S. M. Schreiner, J. Van Goethem y M. A. Henrion: Use of Microprocessors in Large Digital Switching Systems; Proceedings of the International Switching Symposium, París, 7-11 mayo 1979, págs. 737-744.

[8] M. Gamella Bacete, M. de Miguel Domínguez, S. Navas Gutiérrez y M. D. Pachón Veira: La programación de control del sistema SPMR; Comunicaciones Eléctricas, 1979, volumen 54, n° 4, págs. 303-313.

[9] J. A. García Higuera y C. Díaz Berzosa: Progressive Method of Overload Control for Processors, presentado en el 9º Congreso Internacional de Teletráfico, Torremolinos, 17-24 octubre 1979.

Oscar González Soto nació en León, España, en 1947. Se graduó en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid en 1969. Desde 1970 trabaja en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A., (CIISE) en el área de modelación de tráfico, análisis y optimización de sistemas SPC. Actualmente dirige un grupo dedicado al análisis de tráfico en sistemas de datos y en redes digitales con integración de servicios.

Antonio García Higuera nació en Madrid. Obtuvo la graduación en Matemáticas por la Universidad de Madrid en 1969; desde entonces trabaja en el CIISE, participando en los primeros estudios de tráfico sobre procesadores que controlan sistemas telefónicos, y desarrollando modelos de cálculo y simulación. Concretamente, realizó estudios para los procesadores de los sistemas locales METACONTA* 10C y 11A. Desde 1975 es el responsable de los estudios de tráfico de la unidad de control PENTACONTA* 2000.

Concepción Díaz Berzosa nació en Madrid. Se graduó en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid en 1973. Desde el año 1974 trabaja como ingeniero de tráfico en el CIISE, participando en los estudios de tráfico sobre miniprocessadores de sistema PENTACONTA 2000; actualmente trabaja en el grupo de "Estudios teóricos de tráfico".

Luís Martínez Míguez nació en Madrid en 1948. Se graduó en 1972 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. En 1974 ingresó en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A. donde está actualmente trabajando en estudios de tráfico de datos.

* Marca registrada del sistema ITT

Método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores de sistemas de conmutación con control por programa almacenado (SPC)

Las sobrecargas incontroladas pueden causar un deterioro en el tratamiento de las llamadas y una pérdida de la capacidad efectiva del procesador en sistemas de conmutación SPC. El control dinámico de sobrecarga para los procesadores permite a la unidad de control trabajar a su capacidad evitando que trate más llamadas que las que puede cursar satisfactoriamente. Este método puede ser implantado en sistemas con diferentes estructuras de control.

P. SOMOZA

A. GUERRERO FERNANDEZ

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

Introducción

En la mayoría de los sistemas con control por programa almacenado (SPC) la unidad de control es capaz de trabajar eficientemente incluso a niveles de ocupación relativamente altos. Sin embargo, cuando el tráfico ofrecido excede un determinado nivel, se produce un fenómeno perturbador: no sólo la unidad de control es incapaz de cursar todas las llamadas ofrecidas, sino que, salvo que se tomen acciones de control, la capacidad de cursar llamadas puede decrecer notablemente por debajo de la capacidad en condiciones normales. La ocupación del procesador a la que se produce este fenómeno se denomina ocupación máxima permisible [1]. La figura 1 describe este fenómeno, resultado de la competencia, dentro del complejo sistema de colas que constituye la unidad de control, por recursos limitados, entre ellos el tiempo de proceso. Esta competencia entre las llamadas produce una creciente demora en el tratamiento de ellas, así como una disminución en el número de las llamadas completamente tratadas.

Se han ideado muy diversos métodos de control para evitar el deterioro en el tratamiento de llamadas y la pérdida de capacidad efectiva del procesador con el fin de mantener la eficiencia de la unidad de control en cualquier condición de tráfico. La mayoría de los métodos de control son del tipo de detección, en los cuales los valores que toman uno o más parámetros del sistema sirven para indicar un incipiente o efectivo deterioro en el funcionamiento del sistema o en el grado de servicio, desencadenándose entonces acciones de control [2, 3, 4, 5, 6]. Sin embargo, frecuentemente es difícil encontrar un parámetro cuyos valores observados en un tiempo corto (por ejemplo, centenas de milisegundos) den una indicación fiel del estado del procesador. Por otra parte si los valores de los parámetros más idóneos se toman sobre períodos largos (del orden de segundos), con objeto de obtener resultados más fiables, un incremento instantáneo en el número de llamadas ofrecidas puede afectar seriamente el funcionamiento del sistema antes de que la situación de sobrecarga sea detectada y controlada. Incluso si es posible encontrar un parámetro fiable, es difícil determinar una acción de control que no resulte excesiva o insuficiente.

El método de control dinámico de sobrecarga descrito aquí evita estos problemas por el procedimiento de limitar continuamente las llamadas que se ofrecen al procesador a aquella cantidad que el procesador puede tratar completa y

eficientemente. Este procedimiento, basado en la prevención antes que en la detección de la sobrecarga, tiene las siguientes ventajas:

- Permite al procesador trabajar a su capacidad.
- Evita que el procesador acepte más trabajo del que puede hacer, manteniendo de esta forma la eficiencia cualquiera que sea el tipo y la magnitud de la sobrecarga.

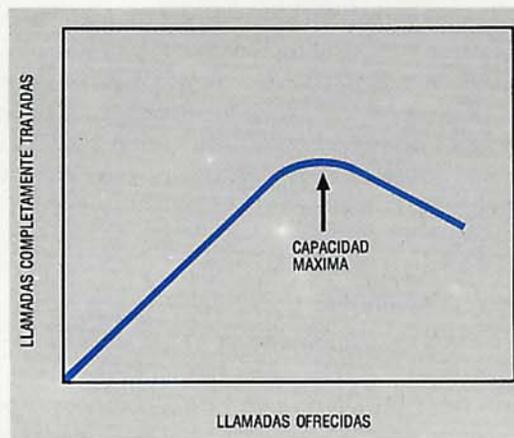


Fig. 1 Comportamiento típico del procesador en sobrecarga.

- Se ajusta automática y rápidamente a cambios en la capacidad del procesador.
- Es fácil de implantar en los sistemas.
- No produce alteraciones significativas en el grado de servicio cuando el tráfico ofrecido es inferior a la capacidad del procesador.
- Es compatible con otras acciones de control de sobrecarga en el sistema o en la red telefónica.

En este artículo se describe el método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores, sus efectos en el tratamiento de llamadas, y su aplicación a dos tipos de estructura de control - monoproceso y multiproceso en la modalidad de reparto de carga - así como su papel en una estrategia más amplia de control de sobrecarga.

Método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores

Básicamente el método consiste en limitar a un valor máximo N el número de llamadas que el procesador puede aceptar durante cada intervalo de tiempo (*intervalo de control de llamadas*) de longitud especificada. Las llamadas que no han podido ser aceptadas en un intervalo deben esperar hasta el próximo o sucesivos intervalos.

En principio, N es igual al número de llamadas por unidad de tiempo que producirían una determinada ocupación en el procesador, multiplicado por la longitud del *intervalo de control de llamadas*. La capacidad del procesador y por tanto el valor de N dependen de las características del sistema, de las características de cada instalación (tiempo requerido por el procesador para tratar cada tipo de llamadas, tiempo empleado en tareas no dependientes de tráfico, etc.), de la distribución de los tipos de llamadas* que se ofrecen a la central, y del estado de la red de conexión y la unidad de control (ocurrencia de fallos, situaciones de la red de conexión que afectan el tiempo de búsqueda de caminos, etc.). Dado que se pueden producir cambios, permanentes o temporales, graduales o repentinos, en muchos de los factores que determinan la capacidad del procesador, un límite estático en el número de llamadas a aceptar no daría resultados satisfactorios. Por eso el método de control dinámico de sobrecarga realiza automáticamente un ajuste periódico del parámetro N para tener en cuenta la situación en cada momento de la central.

Se pueden emplear diferentes algoritmos para realizar el ajuste del parámetro N . El sencillo algoritmo aquí descrito da satisfactorios resultados, según se ha comprobado por simulación y en la realidad.

Algoritmo para ajustar el valor de N

El procedimiento para ajustar el valor de N es el siguiente:

Al final de cada *intervalo de ajuste*, compuesto por un número entero de *intervalos de control de llamadas*, se determina el valor de N que limitará el número de llamadas a ser aceptadas en cada uno de los intervalos de control de llamadas del subsiguiente intervalo de ajuste, como se indica a continuación:

Primero se calcula un valor inicial de N , N_i , a partir de la ecuación

$$N_i = \frac{\text{ocupación máxima} - ov}{\text{ocupación previa} - ov} (NA_{\text{previo}})$$

donde

- *ocupación máxima* es la máxima ocupación deseada en el procesador
- *ov* es la ocupación del procesador debida a tareas no dependientes de tráfico. Este valor puede determinarse midiendo la ocupación del procesador en períodos de muy bajo tráfico

- *ocupación previa* es la ocupación del procesador medida en el intervalo de ajuste que ahora expira
- NA_{previo} es el número medio de llamadas aceptadas en cada intervalo de control de llamadas del intervalo de ajuste que ahora expira.

Una vez calculado N_i , y con el objeto de impedir que fluctuaciones aleatorias en el tráfico ofrecido y en la distribución de tipos de llamadas causen variaciones excesivas de N , se impone que el valor final de N para el siguiente intervalo de ajuste no aumente más que *incremento máximo* (una fracción) multiplicado por N_{previo} , donde N_{previo} es el valor de N en el intervalo de ajuste finalizado. Asimismo, N no debe disminuir más que *decremento máximo* multiplicado por N_{previo} . Expresado de otra forma:

$$N_{\text{previo}} (1 - \text{decremento máximo}) \leq N \leq N_{\text{previo}} \times (1 + \text{incremento máximo})^*$$

Sin embargo, si *ocupación previa* es igual o superior a un valor especificado, llamado *ocupación muy alta*, se hace un *decremento adicional* de N . Es decir

$$N = \{\text{máx. } [N_i, N_{\text{previo}} (1 - \text{decremento máximo})]\} \times (1 - \text{decremento adicional}).$$

Además, durante las posibles recargas del sistema, el valor de N se puede poner a un valor bajo para asegurar una transición suave, después de lo cual N se ajustará automáticamente de acuerdo con la capacidad actual del procesador.

Finalmente, el valor calculado de N no será generalmente un número entero, en cuyo caso N se redondea al entero inferior más próximo.

Puede considerarse innecesario e incluso inconveniente ajustar N durante períodos en que ambos, el tráfico y la ocupación del procesador, sean bajos. Por eso se han añadido dos parámetros: *ocupación mínima* y *fracción mínima de llamadas*. Cuando la ocupación del procesador en el intervalo de ajuste es menor que la ocupación mínima y el número de llamadas aceptadas, NA_{previo} , es menor que la *fracción mínima de llamadas* $\times N_{\text{previo}}$, no se actualiza N .

La elección de los valores de *incremento máximo*, *decremento máximo*, *ocupación máxima*, etc., así como las longitudes del *intervalo de control de llamadas* y del *intervalo de ajuste* se analizan más adelante.

Resumiendo, el método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores calcula periódicamente la capacidad actual del procesador a partir de datos recogidos en el próximo pasado relativos al número de llamadas aceptadas para tratamiento y la correspondiente ocupación del procesador, y, dependiendo de dichos valores, determina el límite de aceptación de nuevas llamadas para el intervalo siguiente.

Análisis de los parámetros del método de control

El valor de cada uno de los parámetros usados en este método debe elegirse de acuerdo con las características de cada procesador particular y de su entorno y los requisitos de la Administración.

* Cada tipo de llamadas incluye aquellas llamadas que requieren una misma secuencia de tareas a realizar por el procesador. El concepto de distribución de tipos de llamadas unifica la distribución de las llamadas atendiendo a su grado de complejidad así como a las características de señalización, número de dígitos, procedimiento de tarificación, etc. [1].

* Si $N_i - N_{\text{previo}} \geq 1$ pero $\text{incremento máximo} \times N_{\text{previo}} < 1$, se incrementa en 1 el valor de N para el intervalo de ajuste siguiente.

El propósito de optimizar los parámetros es el de obtener el mejor grado de servicio posible en condiciones normales y la mayor eficiencia posible en sobrecarga, asegurando en todos los casos un tratamiento satisfactorio de las llamadas, especialmente durante sobrecarga y períodos de transición. El peso dado a cada uno de estos factores, así como las condiciones y tipos de sobrecarga que pueda experimentar una central, influirán en la elección de los valores de los parámetros. Sin embargo, la experiencia alcanzada en los estudios de simulación indica que el método funciona bien en una gran variedad de situaciones para un amplio margen de valores de los parámetros. El ajuste fino de estos valores es beneficioso principalmente en los períodos de transición, cuando la capacidad (medida en intentos de llamadas) cambia rápidamente, bien sea por fallos, bien sea por cambios repentinos de la distribución de tipos de llamadas, ya que evitaría la pérdida de llamadas, por pocas que éstas sean, por causa de un tratamiento incorrecto. A continuación se hacen algunas consideraciones sobre cómo elegir valores preliminares de estos parámetros.

Ocupación máxima: el valor de este parámetro representa lo que hemos llamado la ocupación máxima deseable del procesador. Debe ser lo suficientemente alta para no restringir innecesariamente el tráfico que el procesador puede cursar. Por otra parte debe ser suficientemente baja para asegurar siempre un tratamiento satisfactorio de las llamadas. Como criterio debe dejarse un margen entre la ocupación máxima y la ocupación máxima permisible.

Intervalo de control de llamadas, número máximo de llamadas por entrada: el intervalo de control de llamadas es el intervalo durante el cual se limita a N el número de llamadas a aceptar, cuyo valor se calcula usando el algoritmo descrito previamente. Este es uno de los dos parámetros (el otro es *ocupación máxima*) que más afectan a la efectividad del método, por lo que su valor debe ser elegido cuidadosamente. Si el intervalo es muy corto, el resultado es un control demasiado estricto en la aceptación de llamadas, que incrementa significativamente las esperas en preselección incluso cuando el tráfico está por debajo de la capacidad del procesador. Por otra parte, el intervalo de control de llamadas no debe ser muy largo porque se correría un riesgo durante períodos de sobrecarga: cuando un número muy grande de llamadas esperan para ser aceptadas, se aceptarían de golpe todas las permitidas al comienzo del intervalo de control de llamadas, lo que causaría un incremento fuerte aunque breve en la ocupación del procesador. Este fenómeno se puede aliviar limitando el número de nuevas llamadas a aceptar por entrada del programa de aceptación de llamadas. Hemos llamado a este límite *número máximo de llamadas por entrada*.

Intervalo de ajuste: si este parámetro, intervalo entre sucesivos ajustes de N , es muy largo, el procesador reaccionará lentamente a los cambios repentinos en la capacidad. Por otra parte, debe ser suficientemente largo para asegurar la fiabilidad en el cálculo de N . En la práctica se ha encontrado que lo mejor es dar un valor pequeño al intervalo de ajuste (unos pocos segundos) y usar los parámetros *incremento máximo* y *decremento máximo* para evitar cambios demasiado rápidos de N .

Incremento máximo, decremento máximo: estos parámetros evitan fluctuaciones demasiado grandes de N debidas, por ejemplo, a variaciones aleatorias en el tráfico ofrecido o en la distribución de tipos de llamadas.

Ocupación muy alta, decremento adicional: estos parámetros permiten una disminución adicional de N cuando la ocupación del procesador en el intervalo de ajuste anterior alcanza un valor crítico, llamado ocupación muy alta. A este parámetro se le debe dar un valor no superior a la ocupación máxima permisible.

Fracción mínima de llamadas, ocupación mínima: los valores de estos parámetros no son críticos. Un valor de 0,75 para cada uno de ellos podría considerarse adecuado.

Implantación del método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores

La implantación del método de control dinámico de sobrecarga se ha comprobado para varios tipos de estructura de control usando un programa de simulación. El modelo de la unidad de control y su entorno es del tipo "modelo de llamadas" en el que cada llamada y las tareas requeridas para su tratamiento se simulan individualmente [1]. El método se ha comprobado también en la realidad y ha sido implantado en las centrales de tipo METACONTA* 10C.

En el siguiente apartado se dan amplios resultados para el caso de un único procesador. Con estos resultados se demuestra la necesidad, así como los beneficios, que proporciona un método adecuado de control de sobrecarga y se muestra gráficamente el funcionamiento del presente método en algunas de las muchas situaciones en las que se ha comprobado. La mayoría de los resultados son válidos también para cada uno de los procesadores de un sistema de multiprocesado. Por esta razón se hace una descripción detallada de dichos resultados.

Caso de un único procesador

Los resultados que se describen en este apartado corresponden al caso de un único procesador que controla una central genérica de tipo METACONTA. En los procesadores del sistema METACONTA los programas que realizan el tratamiento de llamadas y otras tareas adicionales están agrupados por niveles de prioridad. En la versión considerada en este artículo sólo dos niveles de prioridad son importantes con respecto a la ocupación del procesador. La entrada del nivel de mayor prioridad (nivel de reloj) ocurre a intervalos regulares. Cuando se acaba la ejecución de los programas de nivel de reloj correspondientes a un determinado ciclo (intervalo entre sucesivas entradas de dicho nivel), entran los programas de nivel básico en un orden especificado. Los programas de nivel básico correspondientes a un ciclo que no han podido ser ejecutados por falta de tiempo se posponen para el ciclo siguiente. En cada ciclo se mide el tiempo libre, definido como el tiempo que transcurre desde el momento en que se completa la ejecución del último programa de nivel básico de ese ciclo, hasta el comienzo del siguiente ciclo.

* Marca registrada del sistema ITT

Resultados

Se han hecho un gran número de simulaciones para determinar el efecto sobre el procesador y sobre las llamadas de diferentes niveles de tráfico y varias situaciones de sobrecarga, sin y con control de sobrecarga. Los resultados para unos casos representativos se muestran en la tabla 1 y figura 2.

Puede parecer sorprendente que se de tanta importancia a parámetros de procesador, tales como la ocupación y el tiempo entre sucesivas entradas de los programas de procesamiento de llamadas, como a los parámetros de las llamadas. No hay duda de que para juzgar el comportamiento de una central o de algún elemento de ella, como el procedimiento de control de sobrecarga, es preciso analizar la influencia de éste en el tratamiento de las llamadas. Medidas importantes del tratamiento de llamadas son el grado de servicio (esperas en selección y preselección, por ejemplo) y la calidad de servicio (la frecuencia con que las llamadas reciben tratamiento incorrecto, debido quizá a la pérdida de impulsos, etc.). En el modelo de simulación usado para este estudio se obtenía explícitamente el grado de servicio. Sin embargo, la probabilidad de un tratamiento incorrecto no se podía medir directamente, ya que el modelo no incluía un procedimiento para hacer fallar a las llamadas como consecuencia de esperar en el procesador. Es posible, sin embargo, inferir la calidad de tratamiento de las llamadas a partir de los valores de determinados parámetros

del procesador, tales como el tiempo entre entradas sucesivas de algunos programas de nivel básico, tiempo libre, etc. Por esta razón los resultados presentados aquí incluyen ambos tipos de parámetros.

En la tabla 1 se presentan valores medios de parámetros importantes de procesador y de llamadas para tres niveles de tráfico ofrecido (con una determinada distribución de tipos de llamadas): 93.000 ILLHC (intentos de llamadas en la hora cargada), 100.000 ILLHC y 120.000 ILLHC (superior en un 25% a la capacidad de nuestro hipotético procesador), sin y con control de sobrecarga.

A 93.000 ILLHC los valores de los parámetros con y sin control de sobrecarga son similares. Hay un ligero incremento en la espera en preselección cuando se implanta el control, dado que algunas llamadas que llegan cuando se ha alcanzado el límite en la aceptación de las mismas en un *intervalo de control de llamadas* deben esperar hasta el siguiente intervalo. En cualquier caso la espera en preselección está dentro de los requisitos normales. Nótese que se tratan todas las llamadas ofrecidas.

Al nivel de 120.000 ILLHC la necesidad de un control de sobrecarga es obvia. Examinando primero los parámetros del procesador se puede ver que cuando no hay control el programa B7, por ejemplo, se ejecuta con una frecuencia que es, durante los 25 primeros segundos (después del período transitorio), la vigésima parte de la teórica y que durante los siguientes 25 segundos esta frecuencia es la

Tabla 1 - Valores de algunos parámetros de procesador y de llamadas para varios tráficos ofrecidos con y sin control de sobrecarga

		Llamadas ofrecidas							
		93.000 ILLHC		100.000 ILLHC		120.000 ILLHC sin control		120.000 ILLHC con control	
		sin control	con control	sin control	con control	primeros 25 s	siguientes 25 s	primeros 25 s	siguientes 25 s
Ocupación media del procesador		0,94	0,94	0,95	0,94	1,00	1,00	0,94	0,94
Proporción de ciclos con tiempo libre > 0		0,42	0,42	0,37	0,41	0	0	0,38	0,39
Relación del tiempo real entre entradas al tiempo teórico entre entradas para algunos programas de nivel básico	B3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,8	1,0	1,0
	B5	1,2	1,2	1,2	1,2	10,8	20,2	1,2	1,2
	B7	1,1	1,1	1,2	1,1	20,2	43,1	1,2	1,2
	B9	2,2	2,1	2,5	2,2	no llegó a ejecutarse		2,3	2,3
Duración media (en segundos) de algunas fases de las llamadas	Preselección	0,31	0,35	0,32	2,12**	1,00	1,71	6,56	12,5
	Selección	0,23	0,22	0,24	0,23	2,04	3,97	0,24	0,24
	Fin de señalización	0,55	0,55	0,60	0,55	7,37	15,51	0,60	0,58
Número de intentos de llamadas tratados por hora*		93.000	93.000	100.000	95.000	86.000	72.000	95.000	95.000

Valores de los parámetros de control: intervalo de control de llamadas = 1,5 s; intervalo de ajuste = 4,5 s; incremento máximo = 0,1; decremento máximo = 0,015; ocupación máxima = 0,95; ocupación muy alta = 0,975; decremento adicional = 0,1; número máximo de llamadas por entrada = 1.

* Suponiendo que no se pierdan llamadas (a causa de pérdida de dígitos, temporizaciones, etc.)

** Depende de la duración de la simulación.

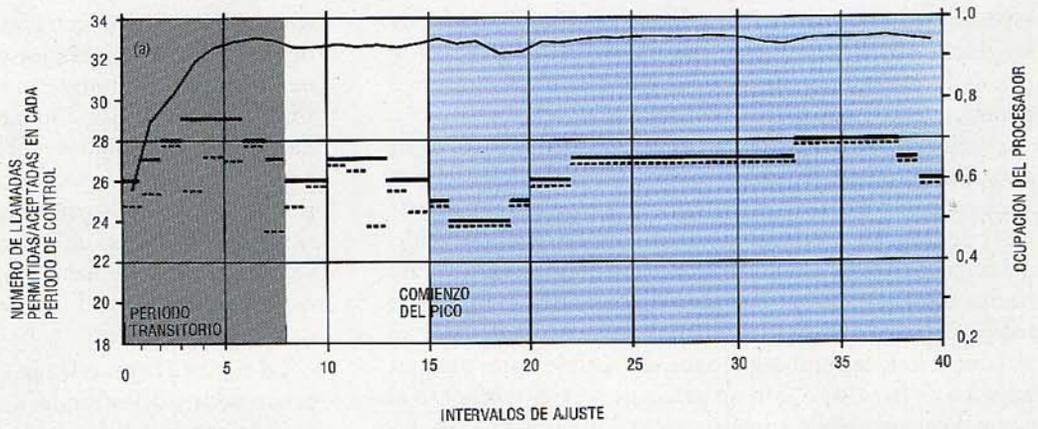


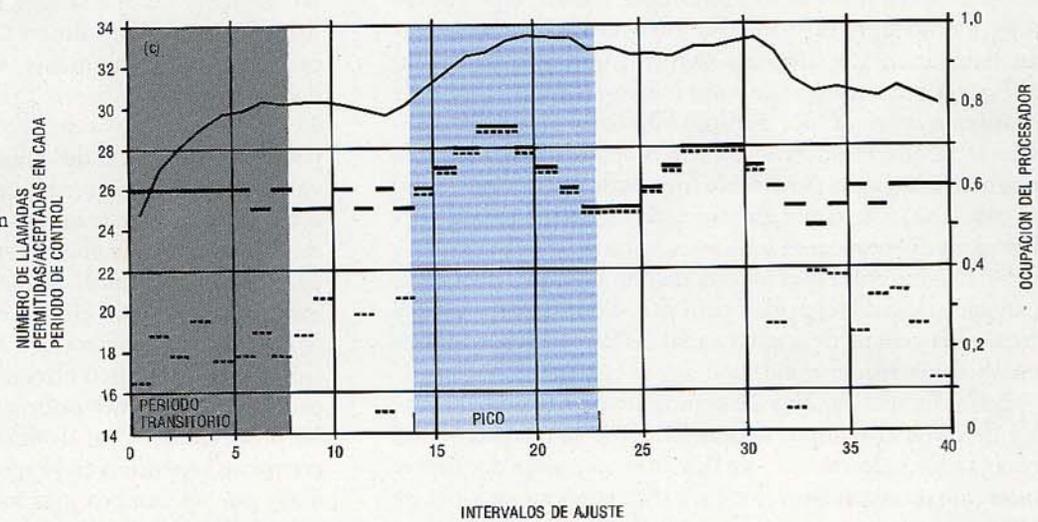
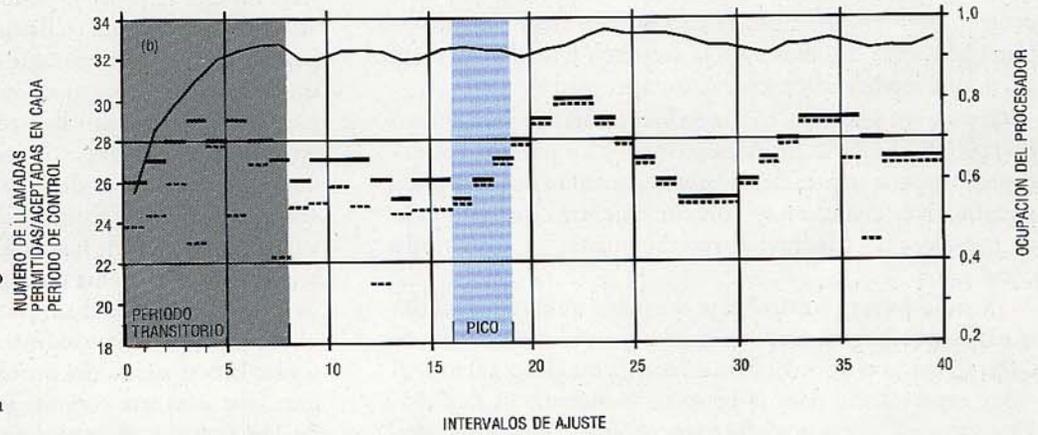
Fig. 2 Evolución de la ocupación del procesador, número máximo de llamadas permitidas y número de llamadas aceptadas. Configuración de un único procesador.

a) Tráfico ofrecido: 95.000 ILLHC más un pico de 20% comenzando en el intervalo 16 y continuando hasta el final de la simulación.

b) Tráfico ofrecido: 90.000 ILLHC más un pico del 50% de llamadas del tipo "congestión en la propia central" comenzando en el intervalo 17, con una duración de 12 s.

c) Tráfico ofrecido: 65.000 ILLHC más un pico del 100% comenzando en el intervalo 15, con una duración de 36 s.

Valores de los parámetros de control: intervalo de control de llamadas = 1 s; intervalo de ajuste = 4 s; ocupación máxima = 0,95; incremento máximo = 0,05; decremento máximo = 0,015; ocupación muy alta = 0,975; decremento adicional = 0,1; número máximo de llamadas por entrada = 1, ocupación mínima = 0,75; fracción mínima de llamadas = 0,75.



— VALOR DE N EN EL INTERVALO
 - - - - - NUMERO MEDIO DE LLAMADAS ACEPTADAS NA EN EL INTERVALO
 ~~~~~ OCUPACION DEL PROCESADOR EN EL INTERVALO

cuadragésima parte. Esta situación continuaría deteriorándose mientras durara la situación de sobrecarga, y daría lugar a un gran número de llamadas demoradas y posiblemente tratadas incorrectamente. El efecto de las demoras puede verse en el número de llamadas tratadas por hora, que es significativamente inferior al obtenido cuando el tráfico ofrecido es menor o cuando el control de sobre-

carga está implantado. Cuando se controla la sobrecarga, los parámetros del procesador toman valores normales.

Los parámetros de llamadas (tales como la duración de cada una de sus fases) se ven también afectados por el control de sobrecarga. Exceptuando la fase de preselección, la reducción de las esperas debida al control es obvia. Cuando no hay control, una sobrecarga del 25% origina

esperas medias de casi 4 s en selección y 15,5 s para fin de señalización (valores medidos en el intervalo de 25 a 50 s de la simulación). Cuando el control está implantado, estos parámetros toman valores normales.

Donde se notan las esperas causadas por el control es en preselección. Para valores de tráfico ofrecido que exceden la capacidad del procesador (o más precisamente, para valores de tráfico superiores al que corresponde a ocupación máxima), las esperas en preselección son inevitables y de hecho aumentan durante el período en que se mantiene la sobrecarga, ya que se ofrecen más llamadas de las que se pueden tratar. Sin embargo, debe ser posible tratar un gran número de llamadas\* con un grado de servicio próximo al normal mientras que el resto espera indefinidamente. La estrategia para alcanzar esto variará en cada sistema y cada central, pero en principio es cuestión de elegir una disciplina adecuada de colas para la aceptación de llamadas (es decir, un método de exploración apropiado).

Comentario especial merecen los resultados para el caso de 100.000 ILLHC. En este caso todos los parámetros excepto la espera en preselección experimentan mejoras poco significativas cuando hay control, mientras que la espera en preselección aumenta apreciablemente. ¿Qué sentido tiene esto?

Cuando no hay control el procesador trata todas las llamadas según llegan, manteniendo una ocupación media de 0,95. Cuando el control de sobrecarga está implantado, el valor especificado para la ocupación máxima es de 0,95. Este valor en teoría no debe pasarse nunca; en consecuencia la ocupación media es ligeramente menor, en este caso 0,94. Por lo tanto el procesador no es capaz de tratar todas las llamadas que aparecen y se forma una cola de espera.

Podría evitarse esta situación incrementando el valor de ocupación máxima, por ejemplo a 0,96. La posible desventaja sería que la diferencia entre ocupación máxima y la ocupación máxima permisible (que es de 0,98 en este caso) se reduciría, con lo que el margen de seguridad para absorber picos de sobrecarga sería menor. La ocupación máxima debe elegirse contrapesando la disponibilidad de un margen adecuado de seguridad para situaciones excepcionales frente a la ventaja de aceptar todas las llamadas posibles en condiciones más normales.

En las figuras 2a, 2b y 2c se muestra cómo cambia el valor de  $N$  en el tiempo, dependiendo de la ocupación del procesador y del número de llamadas aceptadas durante el intervalo de ajuste anterior para diferentes situaciones de sobrecarga.

En la figura 2a se muestra la evolución de la ocupación del procesador y del valor de  $N$  en un período de 160 s (40 intervalos de ajuste) para determinados valores de los parámetros de control. El período transitorio de la simulación se incluye para mostrar cómo se realiza el ajuste de  $N$  cuando la ocupación es baja. Durante este período (intervalos 1 a 8) la ocupación es baja y  $N$  aumenta gradualmente en pasos determinados por la ocupación, *incremento má-*

ximo y número de llamadas aceptadas\*. A medida que la ocupación del procesador alcanza el valor de ocupación máxima,  $N$  disminuye gradualmente, dependiendo sus fluctuaciones principalmente del valor medio del número de llamadas aceptadas durante el intervalo. Cuando se produce la sobrecarga (sin cambio en la distribución de tipos de llamadas),  $N$  permanece estable ya que al menos hay siempre  $N$  llamadas en espera de ser atendidas en un intervalo de control de llamadas, eliminándose así las fluctuaciones de  $N$  a causa de variaciones en el número de llamadas aceptadas.

La figura 2b muestra la evolución de la ocupación del procesador y del valor de  $N$  cuando la sobrecarga va acompañada por un cambio en la distribución de tipos de llamadas. En este ejemplo se simuló un pico de sobrecarga consistente enteramente en llamadas del tipo "congestión en la propia central". Puesto que este tipo de llamadas requiere un tiempo de proceso relativamente pequeño, el tiempo medio de proceso por llamada se redujo durante el tiempo en que estas llamadas estuvieron en el sistema, causando un aumento en el valor de  $N$  como puede verse en la figura. Aunque el pico de llamada sólo duró hasta el fin del intervalo 19, el exceso de llamadas no fue absorbido hasta el intervalo 36 (se suponía paciencia infinita de los abonados), después del cual  $N$  disminuyó ligeramente. La depresión observada en  $N$  entre los intervalos 24 y 33 se explica como sigue: la ocupación del procesador refleja el trabajo hecho para llamadas que han estado en el sistema por un tiempo de 25 s aproximadamente, (excluyendo las liberaciones de las llamadas completadas). A medida que el número de llamadas aceptadas aumenta, la ocupación aumenta también, pero más lentamente. Cuando por fin se nota el impacto del mayor número de llamadas aceptadas (intervalos 23 a 27)  $N$  disminuye, pero como la disminución en la ocupación va por detrás de la disminución de  $N$ ,  $N$  alcanza un valor demasiado bajo y ha de incrementarse de nuevo con el fin de mantener la ocupación máxima. Las oscilaciones de la ocupación debidas a esta reacción retrasada con respecto a los cambios de  $N$  son pequeñas y desaparecen casi inmediatamente sin afectar el tratamiento de llamadas.

La figura 2c muestra las variaciones de  $N$  y de la ocupación cuando el tráfico ofrecido al procesador se duplica repentinamente, como podría ocurrir en el caso de fallo de un procesador en un sistema de control dúplex. Este incremento repentino en la aceptación de llamadas acompañado por un cambio más moderado en la ocupación del procesador, produce un aumento de  $N$  que finalmente origina que la ocupación sobrepase temporalmente el máximo deseado (0,95). Sin embargo, como es el caso en la figura 2b, esta situación dura muy poco y no causa efectos negativos en el tratamiento de las llamadas.

### Consideraciones adicionales

Como se ha visto en el apartado anterior, el método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores permite mantener la capacidad y eficiencia de la unidad de control en condiciones de sobrecarga, y por lo tanto puede

\* En teoría este número sería igual a la capacidad del procesador. Sin embargo en condiciones de excesiva sobrecarga la capacidad del procesador se mantendría sólo a condición de que no se necesitara realizar ningún trabajo para las llamadas que no son aceptadas. Puede que se cumpla esto en algunos sistemas; en otros será necesario realizar algún trabajo para las llamadas antes de dejarlas en la cola de espera para una aceptación posterior. En este último caso una sobrecarga excesiva originará una pequeña disminución en la capacidad del procesador.

\* El número de llamadas aceptadas por el procesador no puede superar el valor de  $N$ , pero puede, por supuesto, ser menor si el número de las que llegan es inferior al límite.

pensarse en él como el elemento básico de una estrategia de gestión de sobrecarga para una central. Tiene la posibilidad de combinarse con otras acciones dirigidas a mejorar aún más el rendimiento de una central en sobrecarga.

#### Acciones suplementarias

Son acciones de duración limitada dirigidas a aumentar la capacidad (en número de llamadas tratadas) de la central en períodos de sobrecarga. Entre ellas, se incluirían:

- supresión de tareas rutinarias tales como programas de pruebas no esenciales,
- reducción del tiempo de proceso por llamada suprimiendo tareas no esenciales tales como algunas temporizaciones, pruebas de continuidad, etc.

Las acciones suplementarias dependen del sistema y de la central en particular, por lo que no se comentan con mayor detalle en este artículo.

#### Equilibrado de cargas

En un sistema de multiproceso se puede maximizar la capacidad de la unidad de control si se equilibran las cargas de los procesadores lo más posible. Los parámetros usados para ajustar el valor del máximo número de llamadas a aceptar pueden usarse para efectuar esta acción. El equilibrado de cargas se discute en un apartado posterior donde se trata un sistema de multiproceso.

#### Aceptación de llamadas dependiendo de la fuente de tráfico que las origina

Cuando la sobrecarga es excesiva y aunque se adopten acciones suplementarias, la demora o rechazo de algunas llamadas es inevitable si el tráfico ofrecido excede la capacidad de la unidad de control. En tales condiciones puede ser conveniente dar prioridad de aceptación a llamadas que provienen de determinadas fuentes de tráfico por las siguientes razones:

- para evitar esperas muy largas en preselección en llamadas cuyo tipo de señalización no permite tales esperas,
- para usar más eficientemente la red telefónica, favoreciendo la aceptación de llamadas que ya han hecho uso de elementos de la red y tienen mayor probabilidad de completarse (por ejemplo, llamadas entrantes sobre llamadas localmente originadas),
- para garantizar un mejor servicio a abonados prioritarios.

El procedimiento de control dinámico de sobrecarga puede fácilmente dar esta posibilidad de la forma siguiente:

- Como se ha descrito antes, el procedimiento limitaría el número de llamadas a ser aceptadas desde cualquier fuente de tráfico, a un máximo  $N$  en cada intervalo de control de llamadas. El ajuste de  $N$  se haría al final de cada intervalo de ajuste, como se ha dicho.
- Se dispondría de una rutina independiente para la aceptación de cada tipo de llamadas y se ejecutarían estas rutinas, al entrar el programa de aceptación de llamadas, en un orden determinado por la prioridad de las llamadas que tratan (primero la rutina que procesa las llamadas de mayor prioridad).

- Se elegiría la longitud del intervalo de control de llamadas y el número máximo de llamadas por entrada según el grado de servicio requerido por los diferentes tipos de llamadas. Valores pequeños del intervalo del control de llamadas y de número máximo de llamadas por entrada tienden a mejorar el tratamiento de las llamadas de mayor prioridad.

El efecto de este procedimiento puede verse en los resultados obtenidos para un sistema con multiproceso.

#### Caso de un sistema con multiproceso

La implantación del método de control en un sistema con multiproceso depende de las características de la unidad de control, por ejemplo, del modo en que las tareas de procesamiento se asignan a los procesadores. El ejemplo que se comenta aquí para un sistema de tipo META-CONTA con dos procesadores, ilustra uno de los modos de implantar el procedimiento en un sistema con multiproceso.

En el sistema usado para este estudio, las líneas y los enlaces se reparten entre cada uno de los dos procesadores. Cada procesador hace la mayoría de las tareas de tratamiento de sus propias llamadas. Sólo unas pocas tareas se hacen en un único procesador para todas las llamadas. Además, cada procesador explora determinados órganos para detectar cambios de estado. Esta exploración implica cierta cantidad de trabajo independiente de tráfico, que depende del número y tipo de órganos a explorar.

La implantación del método de control en este sistema es inmediata. Cada procesador hace sus cálculos de  $N$  independientemente del otro, usando para ello sus propios valores de ocupación máxima,  $ov$ , y  $NA_{previo}$ . Puesto que este sistema es para centrales locales, se dio prioridad a las llamadas entrantes sobre las localmente originadas. Además se hacía el equilibrado de carga cada minuto, reasignando los órganos a explorar para que la diferencia en ocupaciones entre los dos procesadores se mantuviera por debajo de un valor especificado, aun cuando el número de llamadas ofrecidas a cada uno de los procesadores fuera significativamente diferente.

En la tabla 2 se muestran los valores de algunos parámetros de procesador y de llamadas para tres niveles de tráfico ofrecido, para los valores de los parámetros de control indicados en la figura. El número máximo de llamadas que este sistema puede tratar, estando implantado el control de sobrecarga, es alrededor de 119.000 ILLHC. Nótese que las esperas en selección son pequeñas en todos los casos. Aunque las esperas en preselección son largas para las llamadas originadas cuando hay sobrecarga, las esperas en preselección para las llamadas entrantes (que constituyen el 40% de las llamadas) son significativamente más pequeñas, ya que son aceptadas antes por su mayor prioridad.

#### Futuras aplicaciones: Control de sobrecarga en sistemas con control distribuido

El trabajo descrito aquí constituye un comienzo de nuestros estudios de control de sobrecarga en sistemas SPC. Un campo más amplio que apenas hemos empezado a explorar es el de la implantación del método de control

Tabla 2 – Valores de algunos parámetros de procesador y de llamadas para varios tráficos ofrecidos. Configuración de dos procesadores con control de sobrecarga, equilibrado de cargas y prioridad de aceptación para las llamadas entrantes

|                                                                                                                 |     | Llamadas ofrecidas |              |               |              |               |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                                                                                                                 |     | 113.000 ILLHC      |              | 119.000 ILLHC |              | 123.000 ILLHC |              |
|                                                                                                                 |     | Procesador 1       | Procesador 2 | Procesador 1  | Procesador 2 | Procesador 1  | Procesador 2 |
| Ocupación media del procesador                                                                                  |     | 0,93               | 0,93         | 0,94          | 0,94         | 0,94          | 0,94         |
| Proporción de ciclos con tiempo libre > 0                                                                       |     | 0,50               | 0,54         | 0,43          | 0,46         | 0,39          | 0,44         |
| Relación del tiempo real entre entradas al tiempo teórico entre entradas para algunos programas de nivel básico | B1  | –                  | 1,02         | –             | 1,03         | –             | 1,04         |
|                                                                                                                 | B2  | 1,02               | –            | 1,05          | –            | 1,09          | –            |
|                                                                                                                 | B6  | 1,03               | 1,00         | 1,07          | 1,00         | 1,12          | 1,00         |
|                                                                                                                 | B13 | 1,07               | 1,01         | 1,18          | 1,02         | 1,29          | 1,02         |
| Duración media de la preselección para las llamadas entrantes (en segundos)                                     |     | 0,17               |              | 0,31          |              | 0,48          |              |
| Duración media de la selección para las llamadas originadas (en segundos)                                       |     | 0,52               |              | 1,39          |              | 4,15*         |              |
| Duración media de la selección (en segundos)                                                                    |     | 0,13               |              | 0,14          |              | 0,14          |              |
| Número de intentos de llamadas tratados por hora                                                                |     | 113.000            |              | 117.000**     |              | 119.000       |              |

Valores de los parámetros de control (en ambos procesadores): intervalo de control de llamadas = 1 s; intervalo de ajuste = 4 s; incremento máximo = 0,05; decremento máximo = 0,015; ocupación máxima = 0,95; ocupación muy alta = 0,975; decremento adicional = 0,1; número máximo de llamadas por entrada = 1.

\* Depende de la duración de la simulación.

\*\* En el proceso aleatorio de aparición de llamadas se originaron menos de 119.000 ILLHC, durante la primera parte de esta simulación; es por eso por lo que el número de llamadas tratadas en la simulación es menor que 119.000 ILLHC. En una simulación más larga este efecto sería despreciable y el número de intentos de llamadas tratados sería aproximadamente 119.000.

dinámico de sobrecarga en sistemas con control distribuido. La idea básica de limitar las llamadas aceptadas por el sistema y cada una de sus partes, a las que el sistema (y sus partes) pueden tratar adecuadamente, sería adaptable a casi todos los sistemas con control distribuido. Sin embargo, los detalles de implantación han de determinarse después de un estudio cuidadoso de las características de cada sistema – su arquitectura, la capacidad y grado de dependencia de cada procesador así como el reparto de trabajo entre ellos, los medios de comunicación entre procesadores, etc. Estudios preliminares sobre un tipo de sistemas con control distribuido han dado resultados prometedores que esperamos publicar en un futuro junto con resultados para sistemas con otras modalidades de control distribuido.

### Comentario final

Se ha demostrado que el método de control dinámico de sobrecarga para los procesadores da una protección adecuada frente a la sobrecarga en dos sistemas representativos de los muchos en que se podría implantar. Concebido para ser usado solo o incluyendo acciones suplementarias así como el método de aceptación de llamadas según la fuente de tráfico que las origina, puede considerarse como el elemento más importante para mantener la capacidad y eficiencia de un sistema en cualquier situación de sobrecarga. Estudios de sistemas con control distribuido pro-

porcionarán un mejor conocimiento de las necesidades específicas de control de sobrecarga en tales sistemas.

### Reconocimiento

Deseamos agradecer las contribuciones a este estudio de nuestros colegas del Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica, S.A. y de otras compañías asociadas a ITT, y en particular expresar nuestro agradecimiento a M. Gruszecki por su constante apoyo a nuestro trabajo en este tema.

### Referencias

- [1] J. E. Villar de Villacián: Cálculos de tráfico en sistemas SPC; Comunicaciones Eléctricas, 1977, volumen 52, n° 3, págs. 205–213.
- [2] E. S. Hoover y B. J. Eckart: Performance of a Monitor for a Real-Time Control System; Proceeding of the Fall Joint Computer Conference, 1966, volumen 29, págs. 23–35.
- [3] B. Karlander: Control of Central Processor Load in a SPC System; Proceeding of the 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 1973, artículo 436, 7 págs.
- [4] L. Romoef: Modèle de Régulation de Charge dans un Autocommutateur Téléphonique à Commande Centralisés; Annales des Télécommunications, 1977, volumen 32, n° 5–10, págs. 303–314.
- [5] A. Toda, H. Kawashima y M. Asama: Automatic Overload Control of the D-10 Local Electronic Switching System; Proceedings of the International Switching Symposium, Kyoto, 25–29 octubre 1976, volumen 2, artículo 433-1, 8 págs.
- [6] J. A. García Higuera y C. Díaz Berzosa: Progressive Method of Overload Control for Processors; Proceedings of the 9th International Teletraffic Congress, Torremolinos, 1979, artículo 534, 8 págs.

Peggy Somoza, natural de Cincinnati, Ohio, USA, cursó estudios de física en la Universidad de Cincinnati, donde obtuvo el grado de BS en 1962 y el de MS en 1967. Ingresó en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica en el año 1974 como ingeniero de tráfico, trabajando principalmente sobre el tema de control de sobrecarga en sistemas de conmutación SPC.

Antonio Guerrero Fernández nació en Madrid en 1942. Estudió física en la Universidad de Madrid, graduándose en 1964. Ingresó en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica en el año 1966, donde actualmente trabaja en estudios de tráfico para sistemas de conmutación SPC.

## Sistemas de transmisión por fibra óptica para el British Post Office

El British Post Office ha encargado recientemente 12 sistemas de transmisión por fibra óptica para su utilización en la red de telecomunicación nacional inglesa Standard Telephones and Cables, U.K.; deben estar en funcionamiento entre septiembre de 1980 y finales de 1982.

Nuestra División de Productos de Transmisión suministrará dos sistemas para cada una de seis rutas. Cuatro sistemas para las rutas Londres-Basildon y Basildon-Colchester, funcionarán a 140 Mbit/s. Los otros ocho enlaces, todos funcionando a 8 Mbit/s, serán para las rutas Aberystwyth-Ponterwyd en Gales, Aberdeen-Kingswells en Escocia, y en Londres, Croydon-Vauxhall y Vauxhall-Faraday.

En conjunto, el pedido cubre el suministro de 160 km de cable con núcleo de fibra óptica, 34 repetidores intermedios y 24 equipos terminales. Todos los cables contendrán 8 fibras de índice gradual. Cuando sean necesarios regeneradores enterrados, se incorporarán conductores de cobre para que lleven la corriente de alimentación y las señales de supervisión a los repetidores.

El sistema de fibra óptica de 8 Mbit/s transmite información digital a una velocidad de 8448 kbit/s. Su principal aplicación se encuentra en conexiones locales y de enlace entre centrales telefónicas y centros de conmutación. Como la fibra óptica es inmune a las inducciones electromagnéticas, su utilización es también ideal en ambientes eléctricamente ruidosos, como cerca de líneas de alta tensión, plantas generadoras y ferrocarriles electrificados. La velocidad de transmisión está de acuerdo con las recomendaciones del CCITT y proporciona una capacidad de tráfico de 120 circuitos telefónicos. De forma alternativa puede llevar una combinación de telefonía, canales de programas de sonido y tráfico de datos.

El sistema de fibra óptica de 140 Mbit/s puede ser utilizado para circuitos interurbanos con enlaces de cientos de kilómetros de longitud, o como un corto sistema de enlace entre dos centralitas privadas para unir terminales separados unos pocos kilómetros. Puede llevar 1920 conversaciones telefónicas simultáneas. Parte o la totalidad de la anchura de banda disponible puede utilizarse para transmitir otras señales codificadas digitalmente, incluyendo televisión, canales de programas de sonido y tráfico de datos.

# Parámetros y eficiencias de comunicación en la modelación de una red de conmutación de paquetes

El conocimiento de los parámetros básicos de tráfico y de protocolo involucrados en la conmutación de paquetes es esencial para el diseño de redes. Este debe incluir la evaluación de la sensibilidad de las eficiencias de protocolo a los diferentes parámetros de tráfico.

O. GONZALEZ SOTO  
L. MARTINEZ MIGUEZ

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

## Introducción

La conmutación de datos difiere en muchos aspectos de la conmutación telefónica (por ejemplo, tamaño de la población de usuarios, dispersión de las características de los terminales, requisitos del grado de servicio, etc.). La técnica de conmutación de paquetes, en particular, es bastante diferente de la conmutación telefónica.

El fin básico de la conmutación de paquetes consiste en evitar la necesidad de ocupar un camino de comunicación, durante el tiempo completo de relación entre usuarios llamantes y llamados, cuando estos usuarios sólo envían información durante una parte del tiempo mencionado. Para conseguir este objetivo de tráfico y otros objetivos funcionales (por ejemplo, la posibilidad de comunicar a usuarios que usan terminales de diferentes velocidades), se utiliza la técnica de almacenamiento y envío; de esta forma no existe camino directo entre usuarios, sino que la información es almacenada en paquetes de longitud fija que viajan a través de la red con mayor o menor independencia.

Para asegurar la recepción correcta de los paquetes de información de usuario, se utilizan paquetes de control entremezclados con la información original. Los procedimientos y reglas que gobiernan los interfaces y el flujo de paquetes a través de la red se denominan protocolos. Algunos están estandarizados por organizaciones internacionales como ISO, CCITT, etc.

Además de las implicaciones funcionales de la conmutación de paquetes, las consecuencias principales de tráfico se pueden resumir en:

- los tiempos de ocupación se reducen, dando lugar a un dimensionado de red más económico,
- se añade información de control e información indirecta (por ejemplo, dirección de destino), así como procesamiento extra en los nodos de la red.

La consideración de los tiempos de ocupación y de las necesidades de procesamiento es muy importante para el análisis de comportamiento de los nodos y las redes.

Algunos tópicos de la conmutación de paquetes han sido analizados en el pasado, por ejemplo, el tamaño de paquete que da un compromiso óptimo entre la información indirecta añadida y la probabilidad de retransmisión debida a errores [1]. También se han hecho análisis y comparaciones de protocolos [2 a 7].

En este artículo se relacionan parámetros de tráfico y de protocolo al considerar los factores de eficiencia introducidos por los protocolos asociados a la conmutación de paquetes; también se obtienen valores típicos para los niveles de tiempos asociados al protocolo X.25 en una red normal. También se evalúa la sensibilidad de las eficiencias de protocolo a los diferentes parámetros de tráfico, tanto de usuario como de red, dando un vistazo general al comportamiento de protocolo para clases típicas de tráfico interactivo y masivo. A partir de estas evaluaciones se obtiene información útil para la selección de parámetros de control de flujo.

## Niveles y parámetros del protocolo X.25

El protocolo X.25 ha sido recomendado por el CCITT para el interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos de las clases de usuario 8 a 11 en redes públicas de datos. Este protocolo define una jerarquía de tres niveles de procedimientos de control o niveles de enlace físico, de enlace lógico y de paquetes. Además de estos tres niveles básicos estándar, la red y el usuario pueden tener niveles más altos de protocolo, por ejemplo, el nivel de transporte y el nivel de usuario, como se indica en la figura 1. Estos niveles más altos no son estándar hoy día, pero se pueden tratar de la misma forma que los tres primeros al analizar su contribución en la composición de la llamada y en las eficiencias asociadas.

Se puede encontrar una descripción completa de las facilidades del X.25, características, parámetros, etc., en la referencia [8]. Aquí se da una breve descripción de los niveles, procedimientos de comunicación y parámetros de flujo.

*Nivel 1* ó nivel físico, que especifica las características físicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para esta-

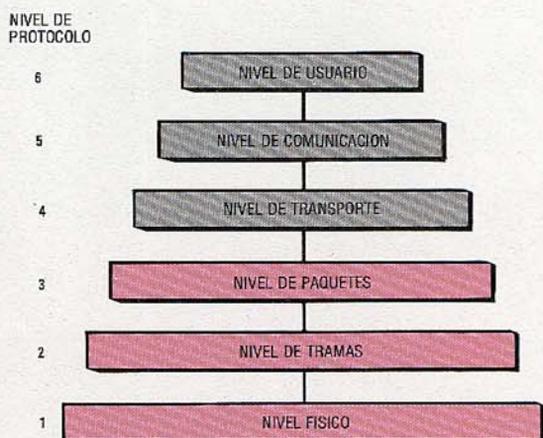


Fig. 1 Niveles de protocolo: los tres más bajos son los niveles básicos normalizados por el protocolo CCITT X.25. Los niveles más altos de protocolo son para la red y usuarios.

Tabla de abreviaturas

|                |                                                            |
|----------------|------------------------------------------------------------|
| ACK            | - paquete de acuse de recibo                               |
| CA             | - paquete de llamada aceptada                              |
| CC             | - paquete confirmación de liberación                       |
| CCITT          | - Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico |
| CI             | - paquete de indicación de liberación                      |
| CR             | - paquete de petición de llamada                           |
| FCS            | - secuencia de chequeo de trama                            |
| I/B            | - interactivo-masivo                                       |
| P <sub>i</sub> | - paquete de información                                   |
| RR             | - paquetes de preparado para recibir                       |
| TC             | - clase de caudal                                          |

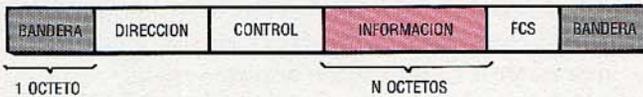


Fig. 2 Formato de trama para la transmisión de información.

blecer, mantener y desconectar el enlace físico entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos.

*Nivel 2* ó nivel de enlace lógico, que especifica el procedimiento de acceso al enlace para el intercambio de datos por el enlace entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos. A este segundo nivel también se le llama nivel de trama, ya que especifica la forma en que se introduce la información en tramas de formatos predefinidos, como se muestra en la figura 2. Para evitar una posible confusión de las secuencias de bits con la bandera de trama (01111110), se inserta un bitio "cero" en aquellas ocasiones en que otra secuencia tiene seis o más "unos" consecutivos, de acuerdo con las recomendaciones del CCITT. Esta es una de las fuentes de tiempo indirecto. También lo es el procedimiento de acuse de recibo que especifica el nivel 2 para conseguir el control correcto de las tramas de información (manejo de tramas de preparado para recibir - RR [8]).

*Nivel 3* ó nivel de paquetes, que especifica el formato de los paquetes y los procedimientos de control para el intercambio de paquetes que contengan información de control y datos de usuario, entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos. El nivel de paquetes proporciona un método de multiplaje para los paquetes de usuario en el enlace de acceso. Los procedimientos para el multiplaje están definidos en [8] para los siguientes tipos de comunicación:

- llamadas virtuales,
- circuitos virtuales permanentes,
- datagramas.

Para cada tipo de comunicación se define un conjunto de formatos de paquete. Por ejemplo, en el caso de llamada virtual que vamos a considerar, entre los paquetes de control definidos por el CCITT, tienen interés para tráfico los siguientes:

- paquete de petición de llamada para iniciar su comienzo,
- paquete de llamada aceptada o reconocimiento positivo del paquete de petición de llamada,
- paquete de información y sus acuses de recibo correspondientes,
- paquete de petición de liberación,
- paquete de confirmación de liberación.

El nivel 3 también especifica los procedimientos para el control de flujo de los paquetes de datos, así como para la liberación de los canales lógicos empleados para las llamadas virtuales o los circuitos virtuales permanentes. Se describen los dos parámetros más importantes de control de flujo que afectan al grado de servicio debido a su gran interacción.

- *Clase de caudal*: variable asociada al caudal con el que se pueden transmitir los paquetes (suponiendo que el caudal máximo posible viene determinado por el enlace más lento de la comunicación). "La clase de caudal para un sentido de transmisión es una indicación de la velocidad real de transferencia de datos que no necesita ser excedida" [8]. La clase de caudal se da en octetos por segundo como exponente entero sobre base 2. La velocidad mínima de línea necesaria para soportar una comunicación con una clase dada ha de ser mayor que esta clase (dada en bitios por segundo), pero la línea puede soportar cualquier otra clase de caudal más baja. Nótese que una clase mayor origina menos demoras y más capacidades que una clase menor, pero esta última reserva recursos de red, por lo que puede actuar como posible control de carga.
- *Tamaño de ventana*: para cada sentido de transmisión de datos es un conjunto ordenado de  $w$  paquetes consecutivos autorizados a cruzar el interfaz sin el acuse de recibo previo de los paquetes del mismo conjunto  $w$  [8]. Los valores máximos del módulo de ventana que están especificados son 8 para el caso normal y 128 para el caso ampliado; para cada caso se puede elegir un valor de ventana inferior al módulo. Observar que los tamaños de ventana bajos aumentan la probabilidad de espera para el envío de los paquetes siguientes, mientras que los tamaños altos necesitan más recursos de red; por ejemplo, en memoria. Como consecuencia, para cada red y grado de servicio es necesario un compromiso para obtener los valores óptimos de  $w$ .

## Red típica

El número de usuarios que hoy en día utilizan conmutación de paquetes, del orden de 10.000 para una red nacional, es mucho menor que el de abonados telefónicos. Esto origina que sólo haya uno o dos niveles jerárquicos en la conmutación; además de estos niveles de conmutación existen otros niveles jerárquicos de red para funciones como multiplaje, empaquetado/desempaquetado, gestión de red, etc. En este artículo consideramos como referencia la conexión típica de red mostrada en la figura 3.

En la tabla 1 se dan funciones típicas por nodo, que influyen en la carga de tráfico, para redes como DN-1, EPSS SL-10, etc.

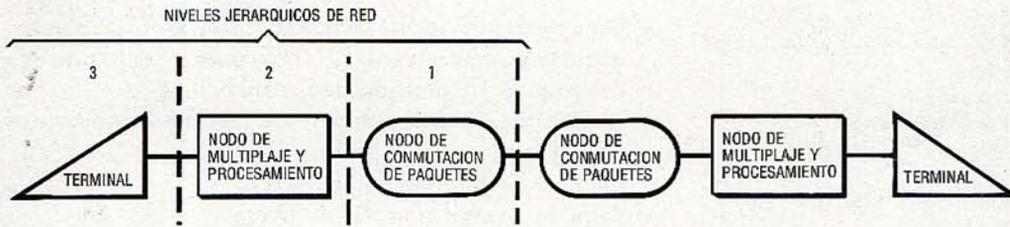


Fig. 3 Esquema de una conexión típica de referencia.

El diseño actual de sistemas está basado en modularidad por capas, de tal manera que puede adaptarse a la misma modularidad que la de los protocolos. Como consecuencia, los módulos del sistema ejecutan un solo nivel de protocolo, o bien grupos de niveles. El conocimiento del volumen de tráfico necesario para cada capa y función es importante para realizar un dimensionado correcto del sistema. En la figura 4 se da un ejemplo de un nodo de conmutación de paquetes que muestra los módulos de procesamiento.

En relación con el tráfico de origen-destino, una diferencia característica sobre la red telefónica es el gran uso de la facilidad de grupos cerrados de usuario [8], que implica la consideración de tráfico por grupos en vez de distribuido aleatoriamente. Una gran parte del tráfico en una red de conmutación de paquetes es debida a la comunicación dúplex entre terminales de usuarios y su ordenador. En consecuencia, el tráfico se dirige desde/hacia los ordenadores en la red. Para el análisis de tráfico del protocolo se considera una llamada virtual entre usuario y ordenador.

**Composición de una llamada virtual típica**

Se considera como caso más típico el tráfico conversacional en una comunicación de usuario a ordenador. El diagrama de tiempos para un abonado activo que produce llamadas virtuales en un canal dúplex se muestra en la figura 5 para un tamaño de ventana  $w = 1$ .

El tráfico total originado por el usuario en la línea está caracterizado por un tiempo total de ocupación  $t_C$  y da una idea de la actividad global del abonado.

La ocupación que este usuario produce en los diversos niveles de red es diferente a consecuencia de la partición producida por la técnica de conmutación de paquetes y el aumento de velocidad en los niveles de red de alta jerarquía. Para el análisis de la red y sus recursos, además de  $t_C$ , es importante la consideración de otras variables; los sucesos asociados a la llamada y los tiempos entre sus llegadas están presentes a lo largo de la red.

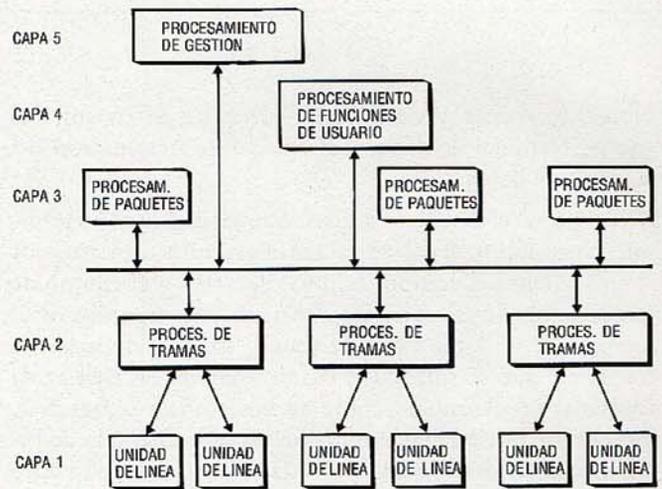


Fig. 4 Estructura típica de un nodo de conmutación de paquetes basado en la modularidad por capas.

Tabla 1 - Funciones dependientes del tráfico

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Funciones del nodo de conmutación de paquetes:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gestión de nodo</li> <li>- facturación</li> <li>- aceptación y tratamiento de la llamada virtual</li> <li>- recepción, procesamiento y envío de paquetes</li> <li>- encaminamiento de paquetes</li> <li>- procesamiento de trama y generación de acuses de recibo</li> </ul> |
| <p><i>Funciones del nodo de multiplexaje y procesamiento:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gestión de nodo</li> <li>- tratamiento de llamada virtual</li> <li>- recepción, procesamiento y envío de paquetes</li> <li>- procesamiento de trama</li> </ul>                                                                                                          |
| <p><i>Funciones del terminal:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- generación de tráfico</li> <li>- generación de acuses de recibo de usuario</li> <li>- empaquetado/desempaquetado</li> </ul>                                                                                                                                                                         |

Se definen a continuación las ocupaciones parciales debidas a los paquetes originales más la información añadida de protocolo.

$\rho$  - intensidad total de tráfico por línea, o tiempo medio por unidad de tiempo que la línea está en estado activo (bien debido a transmisión, espera, tiempo de reflexión del usuario, etc.)

$$\rho = T^{-1} \sum_i t c_i$$

donde  $T$  es el período de observación para los objetivos de ingeniería.

$\tau$  - intensidad de tráfico cursado en estado de transmisión (bien enviando o recibiendo información).

$$\tau = T^{-1} \sum_i \left( \sum_j t_{TFij} + \sum_l t_{TBil} \right)$$

$\gamma$  - intensidad de tráfico cursado en estado de pausa (activo sin enviar ni recibir información). Para el caso considerado:

$$\gamma = T^{-1} \sum_i (\sum_m t_{DCim} + \sum_n t_{Dlin} + \sum_q t_{uiq} + \sum_k t_{rik})$$

$\tau_i$  - intensidad de tráfico cursado en estado activo para la eficiencia de nivel  $i$ , debido a la transmisión de información de usuario más los tiempos añadidos por el nivel de tiempo 1 a  $i$ , (ver Eficiencia de Protocolo).

Para determinar el orden de magnitud de  $\tau$  y  $\gamma$  en una aplicación conversacional típica, se han observado los datos referidos en [9] y [10] para las clases de tráfico interactivo y masivo dadas en [11]. La tabla 2 resume estos valores globales y el número típico de bits por llamada que consideramos para el análisis de sensibilidades.

De estos valores típicos se deriva el gran potencial de ahorro de recursos debido a la técnica de conmutación de paquetes. También se observan las características tan diferentes de las clases de tráfico interactivo y masivo, que requerirá una consideración cuidada de su mezcla.

Observando las características de una llamada virtual y sus variables asociadas, se infiere que los indicadores convencionales de grado de servicio no cubren las especificaciones de red y de sistema necesarias para asegurar la transmisión de información con éxito. Los siguientes parámetros pueden ser añadidos con este objetivo:

- $t_{CPD}$  - demora de un paquete de control debida a la red (o al nodo), dada en valor medio y en valor que no se exceda con cierta probabilidad.
- $t_{IPD}$  - demora de un paquete de información debida a la red (o al nodo), dada en valor medio y en valor que no se exceda con cierta probabilidad.
- $t_{DL,DC}$  - demora de ida y vuelta de un paquete de información o de control respectivamente, que es el tiempo transcurrido entre el envío del último bitio de un paquete y la recepción del primer bitio de su correspondiente acuse de recibo.

Ya que la velocidad de línea, la clase de caudal seleccionada y el tamaño de ventana ocasionan un impacto impor-

Tabla 2 - Características globales típicas para dos clases de tráfico

|                             | Interactivo | Masivo      |
|-----------------------------|-------------|-------------|
| $\tau \rho^{-1}$            | 0,35 a 0,75 | 0,15 a 0,40 |
| $\gamma \rho^{-1}$          | 0,65 a 0,25 | 0,85 a 0,60 |
| Volumen de bits por llamada | 1 500       | 102.400     |
| Paquetes por llamada        | 2,5         | 100         |

tante en estas demoras, el grado de servicio puede variar para la misma red si el usuario selecciona diferentes parámetros de flujo. Se deduce que el grado de servicio debe estar asociado a las clases diferentes de caudal y tamaños de ventana o bien estar referidos a un conjunto estándar.

La sección siguiente contiene un análisis de la contribución del protocolo al incremento de la información original de usuario a ordenador. Uno de los objetivos de este análisis es la obtención de los tráficos ofrecidos a los recursos de la red para realizar su dimensionado.

**Eficiencia de protocolo: conceptos y definiciones**

La sección previa identifica varios de los muchos parámetros que tiene una contribución en el tiempo de la llamada virtual. Se puede observar que un tiempo considerable del tiempo de línea de usuario transcurre sin utilizar el circuito virtual.

A partir del diagrama de tiempos de la llamada virtual, hemos encontrado interesante clasificar los parámetros de contribución en el tiempo total de ocupación de la llamada en niveles diferentes  $TL_i$ . Esto facilita su tratamiento de una forma ordenada:

- $TL_0$  - tiempo de transmisión de la información de usuario, que es el tiempo utilizado para transmitir el campo de información de los paquetes de datos en el canal lógico en estudio.
- $TL_1$  - tiempo de transmisión para la información añadida del nivel 3 del protocolo X.25, que es el tiempo transcurrido en la transmisión de los paquetes de nivel 3 de dicho protocolo.

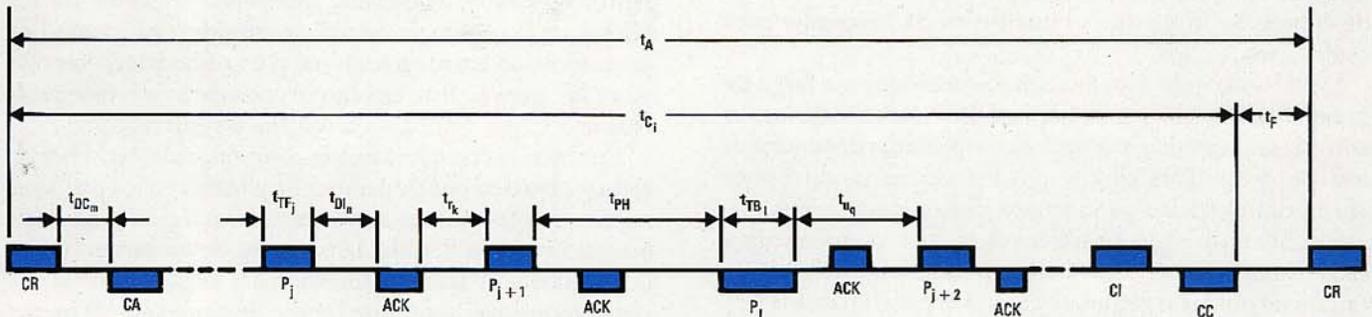


Fig. 5 Diagrama de tiempo de una llamada virtual.

- $t_A$  - tiempo entre llegadas de dos llamadas consecutivas
- $T_{C_i}$  - duración total, o tiempo de ocupación de la llamada  $i$
- $t_{rk}$  - tiempo de reacción de usuario desde la recepción de un acuse de recibo al envío del paquete siguiente, considerando que éste está disponible
- $t_{PH}$  - tiempo de procesamiento del ordenador
- $t_{TFj}$  - tiempo de transmisión de un paquete en sentido directo (dependiente del tamaño del paquete directo  $j$ )

- $t_{TB1}$  - tiempo de transmisión de un paquete en sentido inverso para el paquete inverso  $l$
- $t_{Dln}$  - tiempo de ida y vuelta en la red, que incluye el procesamiento de nodo y composición del acuse de recibo para los paquetes de información
- $t_{DCm}$  - tiempo de ida y vuelta en la red para paquetes de control
- $t_{uq}$  - tiempo de reflexión del usuario
- $t_F$  - tiempo libre de usuario

$TL_2$  - tiempo de transmisión para la información añadida por el nivel 2 del protocolo X.25, que es el tiempo de transmisión añadido por el formato de la trama mencionada previamente.

$TL_3$  - demora introducida por la red en las fases de establecimiento y desconexión del nivel 3 en el protocolo X.25. Este componente es debido al tiempo de respuesta de la red (procesamiento, reacción, etc.) asociados a los paquetes de petición de llamada y petición de liberación en una llamada virtual.

$TL_4$  - demora debida al control de flujo durante la fase de datos. Este tiempo depende fuertemente de la demora de ida y vuelta de cada paquete, que es dependiente de la red, y del tamaño de ventana para cada sentido de la comunicación.

$TL_5$  - demora de usuario, que incluye los tiempos de reflexión y procesamiento de usuario.

Estos niveles de tiempos permiten la estratificación del tiempo de ocupación de la llamada para la evaluación de las diferentes eficiencias. Una llamada virtual incluye otros factores que utilizan tiempo y que no están considerados previamente. Un ejemplo típico es la demora introducida por la retransmisión de paquetes en caso de error. Como la tasa de errores es baja en las redes actuales, su contribución al tiempo total de ocupación de la llamada se considera despreciable en el análisis que nos ocupa. También se considera que no existen paquetes que superen su temporización.

Teniendo en cuenta los factores que influyen en el tiempo de ocupación de la llamada, uno de los más importantes es el protocolo. Cada nivel de tiempo introduce un factor de eficiencia sobre el tiempo de transmisión de información. La eficiencia de protocolo en un determinado nivel se define como la relación del tiempo de transmisión de información de usuario al tiempo de ocupación de cada nivel parcial definido previamente.

$$EL_i = TL_0 \left( \sum_{j=0}^i TL_j \right)^{-1}$$

La referencia básica al tiempo neto de usuario  $TL_0$  permitirá la comparación de diferentes protocolos o técnicas de conmutación ya que es una demanda invariante para cualquiera de ellos.

Debido a la gran distribución de funciones a lo largo de la red y sus nodos y a su implementación en estratos, es conveniente estudiar asignaciones específicas de funciones a dispositivos. Para ello, se pueden asociar las diferentes eficiencias al tráfico cursado por dichos dispositivos.

El tráfico ofrecido a cada nivel, y consecuentemente a cada dispositivo, se obtiene multiplicando la eficiencia de cada nivel por la carga global  $\rho$  definida para la llamada virtual.

$$\tau_i = EL_5 (EL_i)^{-1} \rho$$

De las definiciones de eficiencia se deduce que:

$$\frac{1}{EL_i} = \frac{1}{EL_{i-1}} + \frac{TL_i}{TL_0}$$

donde  $TL_0 (TL_i)^{-1}$  es la eficiencia marginal ( $M_i$ ) de nivel  $i$ .

Tabla 3 - Parámetros que influyen en las eficiencias marginales

| Eficiencia marginal $M_i$            | Sensible                                      |                                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                      | Parámetros de protocolo                       | Parámetros de red                                                   |
| $M_1$                                | Longitud del campo de información del paquete | -                                                                   |
| $M_2$                                | Longitud del campo de información del paquete | -                                                                   |
| $M_3$ (demora de control de llamada) | -                                             | Demora de ida y vuelta de la petición de llamada y de la liberación |
| $M_4$ (control de flujo)             | Tamaño de ventana                             | Demora de ida y vuelta del paquete de datos                         |
| $M_5$ (usuario)                      | -                                             | Tiempo de reflexión del usuario                                     |

Las eficiencias marginales así definidas son sensibles a los parámetros de protocolo y de red. La tabla 3 resume dicha influencia.

Cada eficiencia de nivel también está influenciada por la clase de tráfico de datos. Debido a las diferentes características del tráfico interactivo y masivo, las eficiencias variarán de forma diferente para cada clase. Por lo tanto la eficiencia de cada nivel será sensible a la mezcla interactivo-masivo, dada en volumen de información.

### Evaluación de eficiencia para una llamada virtual X.25

Es este apartado se dan las hipótesis de tráfico utilizadas para la modelación y evaluación de las eficiencias definidas anteriormente, así como se obtienen resultados para valores típicos de los parámetros envueltos.

#### Hipótesis de tráfico

Para analizar las eficiencias de protocolo para los diferentes niveles de eficiencia, independientemente de los efectos de la topología de red, se considera un camino de comunicación entre un terminal y un ordenador, como se ve en la figura 6. Este camino se considera en estado estacionario y que tiene asignación fija de enlace.

También se considera que la comunicación está libre de errores, los tiempos de demora originados en los paquetes no exceden las temporizaciones de protección y no cambian el orden de llegada de paquetes de un mismo tipo.

El modelo de tráfico utilizado para el análisis de la eficiencia considera al terminal como un generador de fuente finita con una red cerrada, que representa la realimentación del protocolo y la red sobre las actividades del usuario. No se tiene en cuenta el posible comportamiento diferente de los paquetes inicial y final. Este modelo nos permite al cálculo del tiempo básico del ciclo de paquete  $t_{pc}$ , que se utiliza para obtener la eficiencia relacionada con el control de flujo. Este tiempo se define como el tiempo entre el envío de un paquete por un nodo y la terminación del

Fig. 6 Camino de comunicación, entre un terminal y un ordenador, utilizado para el análisis de eficiencias.



procesamiento por el mismo nodo del acuse de recibo extremo a extremo. El tiempo de ciclo del paquete obtenido es la suma de la demora de ida y vuelta del paquete, del tiempo de transmisión y de la demora introducida por el usuario en el procesamiento de acuse de recibo.

Para evaluar el tiempo de ciclo del paquete, los nodos de conmutación y los enlaces del camino de comunicación se sustituyen por nodos equivalentes en el sentido directo e inverso de la comunicación, con tiempo de procesamiento igual a la convolución de los tiempos básicos de demora de los nodos y los tiempos de transmisión de los enlaces. El tiempo de ciclo del paquete se obtiene así aplicando las leyes operacionales dadas en [12] para el caso interactivo. Los componentes básicos de los tiempos de procesamiento de los nodos equivalentes, se calculan de un análisis independiente, usando una descomposición jerárquica en nodos, enlaces y subsistemas, que a su vez son modelados con sus estructuras de colas asociadas.

Para simplificar los resultados de la eficiencia del control de flujo, se sustituye la distribución real del tiempo de ciclo del paquete por una función distribución más simple con los mismos primer y segundo momentos.

Para la evaluación de la eficiencia de usuario, se considera que los paquetes son producidos por el terminal a la velocidad asociada con su correspondiente clase de caudal.

Sensibilidad de las eficiencias  $EL_1$  y  $EL_2$  al tamaño del paquete

Aquí, las eficiencias  $EL_1$  y  $EL_2$  se calculan en función de la longitud del campo de datos y de la mezcla de tráfico interactivo-masivo  $I/B$ . La tabla 4 resume la longitud del paquete por tipo así como el número de tipos de paquetes

por llamada para aplicaciones típicas interactivas y masivas.

Aplicando la definición de eficiencia dada previamente para  $EL_1$  y  $EL_2$ , y considerando que  $TL_1$  y  $TL_2$  son los tiempos de transmisión de la información añadida por los niveles 2 y 3 del protocolo X.25 respectivamente, y utilizando los valores dados en la tabla 4, se obtienen las siguientes fórmulas:

$$EL_1 = U(U + 48P + 376C)^{-1}$$

$$EL_2 = U(1,03125U + 213,5P + 715,75C)^{-1}$$

donde

$$U = L_a N_a (1 + R_b R_a^{-1})^{-1}$$

$$P = N_a (1 + L_a L_b^{-1} R_b R_a^{-1})^{-1}$$

$$C = 1 + L_a N_a (L_b N_b)^{-1} R_b R_a^{-1}$$

y  $R_a, R_b$  los porcentajes de volumen de información interactivos y masivo respectivamente, que vienen dados por:

$$R_a R_b^{-1} = L_a N_a \lambda_a (L_b N_b \lambda_b)^{-1}$$

donde  $\lambda_a$  y  $\lambda_b$  son las tasas medias de llamadas interactivas y masivas respectivamente.

El criterio de inserción de ceros en el nivel 2 de X.25 se considera con probabilidad  $2^{-5}$ .

Para los resultados que se dan a continuación, consideramos que  $L_a N_a = 1500$  bitios y  $L_b N_b = 1024 \times 100 = 102.400$  bitios como vimos anteriormente, y que el máximo campo de datos alcanzado para tráfico interactivo es de 600 bitios. En la figura 7 se representa la sensibilidad de  $EL_1$  a la máxima longitud de campo de datos usando mezclas típicas de tráfico interactivo-masivo. La figura 8 mues-

Tabla 4 - Tamaño de paquete y número de paquetes por llamada

| Tipo de paquete            | Llamada interactiva  |                                | Llamada de trafico masivo |                                | Longitud adicional de X.25 nivel 2* |
|----------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|                            | Paquetes por llamada | Longitud X.25 nivel 3 (bitios) | Paquetes por llamada      | Longitud X.25 nivel 3 (bitios) |                                     |
| Peticion de llamada        | 1                    | 288                            | 1                         | 288                            | 32 + F                              |
| Aceptacion de llamada      | 1                    | 24                             | 1                         | 24                             | 32 + F                              |
| Paquete de datos           | $N_a$                | $L_a + 24$                     | $N_b$                     | $L_b + 24$                     | 32 + F                              |
| RR nivel 3                 | $N_a$                | 24                             | $N_b$                     | 24                             | 32 + F                              |
| Indicacion de liberacion   | 1                    | 40                             | 1                         | 40                             | 32 + F                              |
| Confirmacion de liberacion | 1                    | 24                             | 1                         | 24                             | 32 + F                              |
| RR nivel 2**               | $2N_a + 4$           | -                              | $2N_b + 4$                | -                              | 32 + F                              |

\* F-bandera (8 bitios)

\*\* Considerando las tramas RR sin cabalgamiento

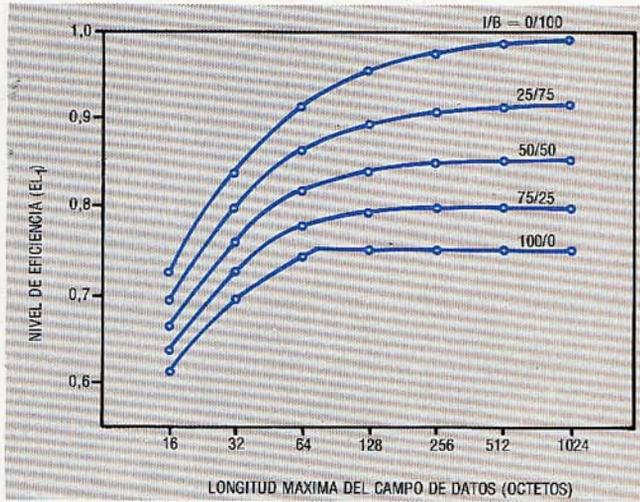


Fig. 7 Sensibilidad de la eficiencia  $EL_1$  a la longitud máxima del campo de datos para cinco mezclas típicas de tráfico interactivo-masivo.

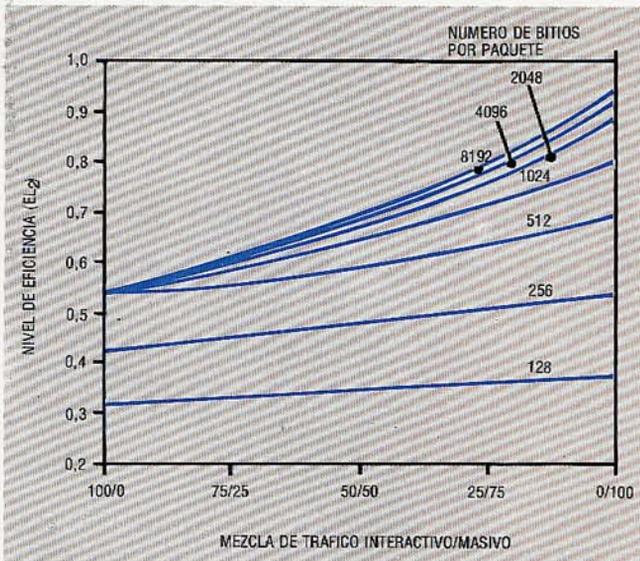


Fig. 8 Sensibilidad de la eficiencia  $EL_2$  a la mezcla de tráfico interactivo-masivo para siete longitudes del campo de datos. La longitud más típica es de 1024 bits por paquete.

tra la sensibilidad de  $EL_2$  a la mezcla interactivo-masivo para las longitudes del campo de información recomendadas por el CCITT (la longitud de campo más típica es de 1024 bits).

**Sensibilidad de  $M_3$  a los tiempos de ciclo de los paquetes de establecimiento y liberación**

El parámetro de la red que tiene mayor influencia en la eficiencia marginal  $M_3$ , debido a los tiempos de establecimiento y liberación, es el tiempo de ciclo, previamente definido, para los paquetes correspondientes. Hay muchos factores que influyen en el tiempo de ciclo de un paquete; los más importantes son:

- velocidad en las líneas envueltas en la comunicación,
- tiempos de procesamiento de los paquetes en los nodos que atraviesan,

- tiempo de reacción (espera + procesamiento) en los dos extremos de la comunicación (usuario y ordenador),
- la carga y la disciplina de servicio de cada recurso de la red,
- número de saltos en el camino de la comunicación,
- longitud del campo de información en el paquete de datos.

De las definiciones dadas en el apartado anterior, la eficiencia marginal  $M_3$  viene dada por:

$$M_3 = TL_0(TL_3)^{-1}$$

donde

$TL_0$  es el cociente entre el volumen total de bits de datos por llamada  $V$  y la velocidad de línea  $S$  del enlace donde se genera el paquete, y  $TL_3 = PC_E + PC_D$  donde  $PC_E$  y  $PC_D$  son los tiempos de ciclo de paquete medios para establecimiento y liberación de llamada respectivamente (excluyendo el tiempo de transmisión en la línea del usuario).

Aplicando las hipótesis dadas anteriormente,  $TL_3$  consiste en tiempos de demora en nodos y tiempos de transmisión en líneas, obteniéndose la fórmula:

$$M_3 = V \left( S_1 \sum_{i=1}^h \left[ l_{pi} \sum_{j=2}^h S_j^{-1} + \sum_{k=1}^n t_{pik} \right] \right)^{-1}$$

donde

- $i$  - el tipo de paquete de control de la llamada (para una llamada normal tenemos: petición de llamada, llamada aceptada, petición de liberación y confirmación de liberación).
- $l_p$  - es la longitud de trama en bits para las tramas correspondientes a los paquetes de control de la llamada.
- $h$  - es el número de saltos en el camino de comunicación.
- $S_j$  - es la velocidad de línea del salto  $j$ .
- $n$  - es el número total de nodos envueltos en el camino de comunicación (incluyendo como tales al terminal y al ordenador).
- $t_{pik}$  - es el tiempo de demora medio introducido por el nodo  $k$  cuando trata el paquete  $i$ .

La figura 9 da  $M_3V^{-1}$  como función del tiempo de procesamiento por nodo. Se considera una velocidad de 64 kbit/s para los enlaces entre nodos de la red.

**Influencia de los parámetros de red y flujo en  $M_4$**

Para la evaluación de la eficiencia marginal de control de flujo, los factores identificados en el apartado anterior correspondiente al tiempo de ciclo del paquete son también importantes, aunque referidos a los paquetes de información de usuario en lugar de los paquetes de control de llamada. Además de éstos, existen otros parámetros importantes de control de flujo, como el tamaño de ventana  $w$  y la clase de caudal  $TC$ .

De las definiciones de la sección anterior, la eficiencia marginal de control de flujo viene dada por:

$$M_4 = TL_0(TL_4)^{-1}$$

Considerando que la ventana se actualiza después de recibir  $w$  acuses de recibo y que la velocidad real de información del usuario es igual a la clase de caudal requerida, el

valor de  $TL_4$ , en el caso de actualización  $w$ , se puede estimar utilizando la fórmula:

$$TL_4 = \left[ \frac{N}{w} \right]^+ \cdot \int_{t_c}^{\infty} (t_{pc} - t_c) p(t_{pc}) dt_{pc}$$

donde:

- $N$  - es el número total de paquetes de información por llamada
- $t_c$  - es el tiempo de crédito del paquete =  $L(TC)^{-1}$ , donde  $TC$  está expresado en bit/s.
- $p(t_{pc})$  - es la función densidad de probabilidad del tiempo de ciclo del paquete.

Utilizando la función distribución simplificada del tiempo de ciclo del paquete, y considerando una distribución Erlang- $k$  para  $p(t_{pc})$ , se obtiene la fórmula siguiente:

$$TL_4 = \left[ \frac{N}{w} \right]^+ \bar{t}_{pc} e^{-kb} \left[ (1-b) \sum_{r=0}^{k-1} \frac{1}{r!} (kb)^r + \frac{1}{k!} (kb)^k \right]$$

dónde:

- $b = \bar{t}_c (t_{pc})^{-1}$
- $\bar{t}_{pc} = (t_{pu} + T_{NF} + T_{NB} + t_{wu}) = w t_p u^{-1}$
- $t_{pu}$  = es el tiempo de procesamiento del usuario
- $t_{wu}$  = es el tiempo de espera del usuario

$$T_{NF} = l_f \sum_{j=1}^h S_j^{-1} + \sum_{k=2}^n t_{pik}$$

$$T_{NB} = l_b \sum_{j=1}^h S_j^{-1} + \sum_{k=2}^n t_{pbk} - z \frac{z^w}{w!} z \sum_{j=0}^w \frac{z^j}{j!}$$

$$u = 1 - e^{-z}$$

$$z = (T_{NF} + T_{NB}) (t_{pu})^{-1}$$

Se obtiene un resultado similar cuando se considera actualización total de la ventana para cada acuse de recibo del paquete. Las fórmulas que se obtienen para este caso (actualización = 1) son:

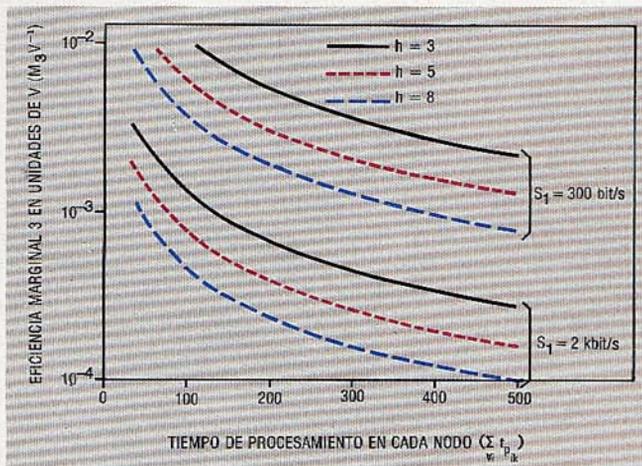


Fig. 9 Valor de  $M_3 V^{-1}$  en función del tiempo de procesamiento de nodos  $\sum_{i=1}^n t_{pik}$  para velocidades de línea diferentes  $S_1$  y diferente número de saltos  $h$ .

$$\frac{TL_4}{\bar{t}_{pc}} = \sum_{i=1}^N \int_{t_c(i)}^{\infty} (t_{pc} - t_c(i)) p(t_{pc}) dt_{pc}$$

considerando una distribución Erlang- $k$  se obtiene:

$$\frac{TL_4}{\bar{t}_{pc}} = \sum_{i=1}^N \frac{T(i)}{\bar{t}_{pc}} + e^{-kb} \left[ (1-b) \sum_{r=0}^{k-1} \frac{(kb)^r}{r!} + \frac{(kb)^k}{k!} \right]$$

donde

$$\frac{T(i)}{\bar{t}_{pc}} = e^{-kb(i)} \left[ (1-b(i)) \sum_{r=0}^{k-1} \frac{(kb(i))^r}{r!} + \frac{(kb(i))^k}{k!} \right]$$

$$b(i) = bw + \sum_{j=i-w+1}^{i-1} \frac{T(j)}{\bar{t}_{pc}}$$

y  $T(i)$  o  $T(j)$  es el tiempo de control de flujo asociado a un paquete.

En la figura 10 se representa  $TL_4$  como función del tiempo de crédito del paquete  $t_c$  para actualización de la ventana después de  $w$  paquetes. Se representa la clase de tráfico interactivo con un volumen total de información de 1500 bits por llamada. La figura 11 da resultados similares a la figura 10, pero para clase de tráfico masivo con un total de 102.400 bits por llamada.

Las figuras 12 y 13 dan curvas similares de  $TL_4$  para el caso de actualización total (actualización = 1).

### Comentarios sobre los resultados de eficiencias

En este apartado se resumen algunos resultados representados en las figuras anteriores sobre las eficiencias marginales. Se recordará que las eficiencias acumuladas para cada nivel de tiempo se pueden obtener fácilmente utilizando la fórmula iterativa previamente dada:

$$\frac{1}{EL_i} = \frac{1}{EL_{i-1}} + \frac{1}{M_i}$$

La figura 7 muestra que la longitud máxima del campo de paquetes de datos seleccionada y la mezcla interactivo-masivo tienen un impacto importante en la eficiencia  $EL_1$  de la información añadida por el nivel 3 de X.25 (las eficiencias varían entre 0,61 y 0,99 en los casos presentados). La importancia de la mezcla de tráfico interactivo-masivo es mayor para tamaños más grandes de paquetes (32% de diferencia para 8192 bits) que para los tamaños menores (18% de diferencia para 128 bits).

Se puede ver en la figura 8 (que presenta el nivel de eficiencia 2 ( $EL_2$ ) en forma complementaria a la figura anterior) que  $EL_2$  tienen un comportamiento similar a  $EL_1$ . Para una mezcla práctica de tráfico interactivo-masivo (por ejemplo 50% en volumen de bits de usuario), la ganancia marginal debida al incremento del tamaño del paquete es mayor para tamaños menores y es muy reducida para los paquetes más grandes, por ejemplo: un incremento en el tamaño de 1024 bits a 8192 bits produce solamente un incremento en la eficiencia de un 6%.

De la fórmula que da la eficiencia marginal  $M_3$  (eficiencia de control de llamada), se puede observar una variación amplia, dependiendo de la información total de la llamada y de las demoras asociadas a los paquetes de control de llamada. Utilizando los resultados de  $M_3$  en la fórmula iterativa, se pueden observar los puntos siguientes:

- La contribución de  $M_3$  en  $EL_3$  para aplicaciones con un volumen de información grande, es despreciable en la mayoría de los casos. Solamente cuando la velocidad en la línea de usuario y  $TL_3$  tienen valores elevados ( $S \times TL_3$  muy grande),  $M_3$  podría ser apreciable; para

un aplicación donde  $V = 10^5$  bitsios y  $S = 9,6$  kbit/s, el nivel de tiempo debido a control de llamada  $TL_3$  debería ser mayor de 10 segundos para poder tener un impacto apreciable en la eficiencia total  $EL_3$ .

- Para aplicaciones con un volumen de información bajo, el valor de  $M_3$  es un factor dominante para la estimación de  $EL_3$ . En el caso particular de una velocidad de usuario de 1200 bit/s y un tiempo de control de llamada  $TL_3$  de 6

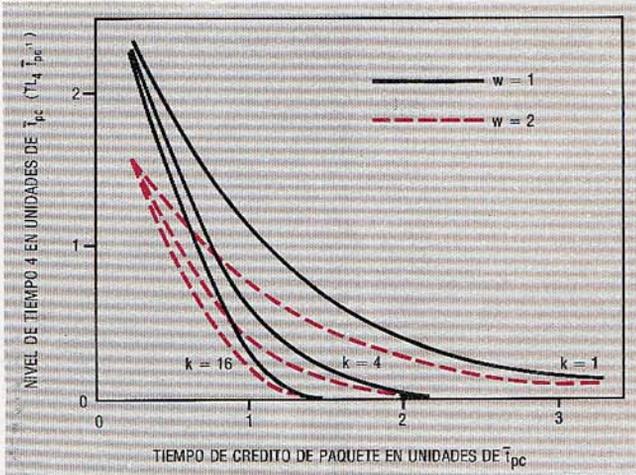


Fig. 10 Tiempo de control flujo ( $TL_4$ ) en función del tiempo de crédito del paquete ( $t_c$ ), dados en unidades de  $\bar{T}_{pc}$ , para tráfico interactivo con actualización después de  $w$  paquetes.

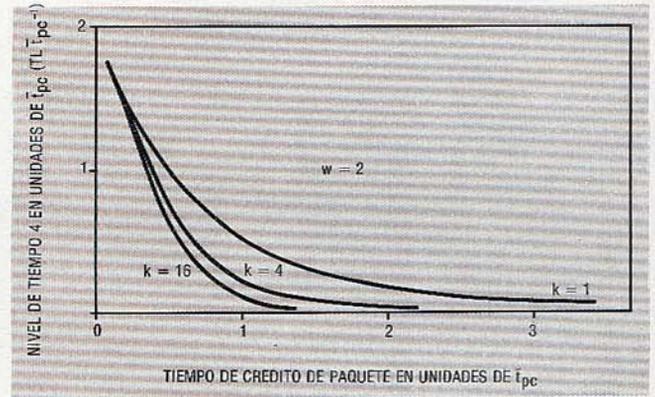


Fig. 12 Tiempo de control de flujo  $TL_4$  en función del tiempo de crédito del paquete  $t_c$ , dados en unidades de  $\bar{T}_{pc}$ , para tráfico interactivo con actualización total.

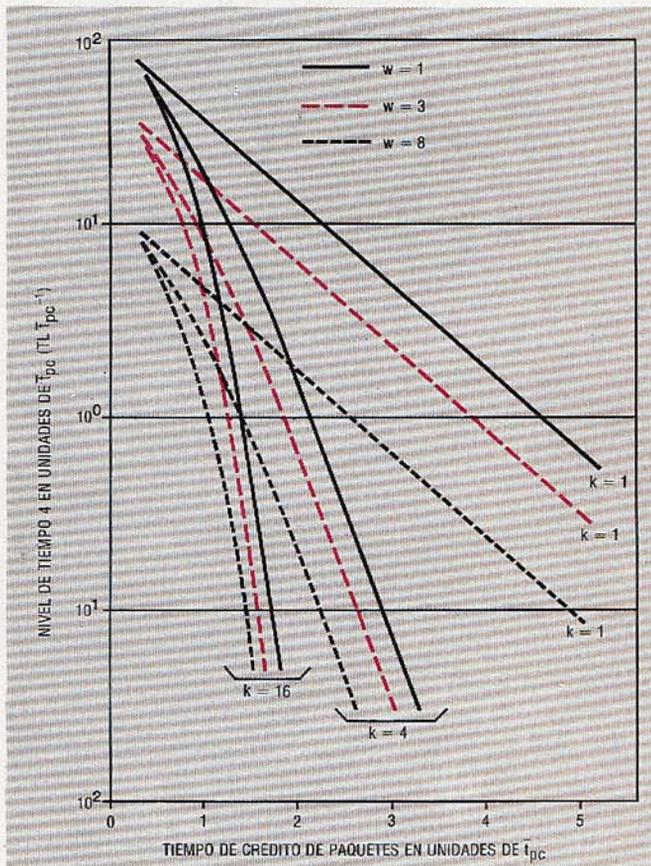


Fig. 11 Tiempo de control de flujo  $TL_4$  en función del tiempo de crédito del paquete  $t_c$ , dados en unidades de  $\bar{T}_{pc}$ , para tráfico masivo con actualización después de  $w$  paquetes.

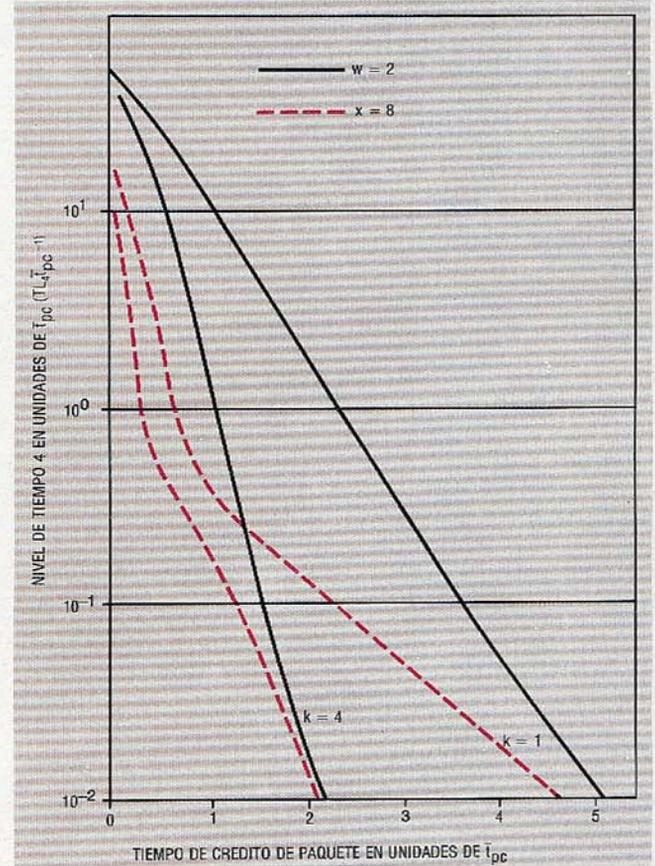


Fig. 13 Tiempo de control de flujo  $TL_4$  en función del tiempo de crédito del paquete  $t_c$ , dados en unidades de  $\bar{T}_{pc}$ , para tráfico masivo con actualización total.

segundos, el valor de  $M_3$  es  $1,4 \times 10^{-2}$ , lo que le hace un componente dominante en la fórmula iterativa para las eficiencias acumuladas.

Se dan casos intermedios, que producen eficiencias  $M_3$  del mismo orden de magnitud del nivel previo  $EL_2$ , cuando existen simultáneamente una velocidad de línea alta y volumen de información elevado, o una velocidad de línea baja con un volumen de información también bajo.

Referente a las figuras 10 y 11, tres parámetros influyen en la eficiencia marginal de control de flujo,  $M_4$ : el tamaño de ventana  $w$ , la relación entre el tiempo de crédito y el tiempo medio del ciclo del paquete  $b$ , y el coeficiente de variación del tiempo de ciclo del paquete  $1/k$ . El valor de  $M_4$  es más sensible al tamaño de ventana que a  $k$  para valores pequeños de la relación tiempo de crédito a tiempo medio de ciclo del paquete ( $b < 1$ ). Por otra parte, cuando los tiempos de crédito son mayores que el tiempo medio de ciclo del paquete ( $b > 1$ ),  $M_4$  es más sensible a  $1/k$  que a  $w$ .

Las figuras 12 y 13 muestran un comportamiento similar de la eficiencia pero con valores menores de  $TL_4$  debido a la utilización de los períodos de ciclo el envío de nuevos paquetes. Como ejemplo de la interrelación entre parámetros de protocolo y de tráfico de la figura 11 para una clase de tráfico masiva y un coeficiente de variación correspondiente a  $k = 4$ , podemos hacer las observaciones siguientes:

Una duplicación potencial de  $t_{pc1}$  (debida por ejemplo a un camino mayor o a una carga mayor en los nodos) y para un valor inicial de  $b = 1$ ,  $TL_4$  variará de  $9,7 t_{pc}$ , a  $50,4 T_{pc}$ , (5,2 veces mayor), considerando un valor fijo del tamaño de ventana  $w = 2$ . Inversamente para mantener el mismo valor de  $TL_4$ , será necesario incrementar  $w$  a 11. Esto demuestra la importancia de los parámetros de control de flujo para obtener una eficiencia adecuada para una red y unas cargas de tráfico dadas.

La eficiencia marginal de usuario es  $M_5 = TL_0(TL_5)^{-1}$ , donde  $TL_5$  es el tiempo total de respuesta al usuario y/o el tiempo de procesamiento del ordenador por llamada. Consecuentemente, la eficiencia marginal  $M_5$  es función del comportamiento del usuario y del número de interacciones por llamada.

La eficiencia del camino de comunicación debida a la técnica de conmutación de paquetes puede estar representada por el cuarto nivel de eficiencia  $EL_4$ , que viene dada por la fórmula iterativa:

$$EL_4 = \left[ 1 + \sum_{i=1}^4 M_i^{-1} \right]^{-1}$$

Para ver la contribución de cada nivel de eficiencia en  $EL_4$ , en la tabla 5 están resumidos dos niveles de eficiencia para dos casos típicos, interactivo y masivo.

De las sensibilidades de las eficiencias marginales descritas anteriormente se podría concluir que cada  $M_i$  tiene un margen de variación muy diverso y consecuentemente un impacto diferente en la eficiencia global obtenida por cada componente. De esta forma, una estimación de la eficiencia global debe estar basada en las eficiencias marginales más relevantes.

Tabla 5 - Valores de eficiencias para dos casos típicos

| Clase de tráfico                           | Caso 1<br>Interactivo | Caso 2<br>Masivo |       |
|--------------------------------------------|-----------------------|------------------|-------|
| Volumen de información de llamada (bitios) | 1500                  | 102.400          |       |
| Tamaño medio de paquete (bitios)           | 600                   | 1.024            |       |
| Velocidad de línea (bit/s)                 | 300                   | 2.400            |       |
| Tiempo de ciclo del paquete (s)            | 3,0                   | 2,0              |       |
| Tamaño de ventana                          | 2                     | 8                |       |
| Tiempo de control de llamada (s)           | 1,5                   | 1,5              |       |
| $b$                                        | 1,0                   | 1,0              |       |
| $k$                                        | 4                     | 4                |       |
| $EL_1$                                     | 0,75                  | 0,95             |       |
| $EL_2$                                     | 0,54                  | 0,80             |       |
| $M_3$                                      | 3,3                   | 28,2             |       |
| $EL_3$                                     | 0,46                  | 0,78             |       |
| $M_4$                                      | { Actualización = $w$ | 4,27             | 8,53  |
|                                            | { Actualización = 1   | 7,94             | 109,4 |
| $EL_4$                                     | { Actualización = $w$ | 0,42             | 0,71  |
|                                            | { Actualización = 1   | 0,44             | 0,77  |

### Conclusiones

La evaluación de las eficiencias marginales por niveles de tiempo, ha sido un procedimiento útil para relacionar los diferentes factores que tienen influencia en la ocupación de los recursos en una red de conmutación de paquetes.

El cálculo de las eficiencias marginales para casos típicos ha mostrado un margen amplio de variación en función de los parámetros de tráfico y de protocolo, como tamaño de paquete, volumen de información por llamada, velocidad en línea, tamaño de ventana, clase de caudal y tiempo de ciclo del paquete. Puesto que estos parámetros tienen un fuerte impacto en las eficiencias de comunicación, la consideración de las variables asociadas de tráfico y la selección adecuada de los parámetros de protocolo tendrán gran importancia para que los recursos de red puedan ser utilizados eficientemente.

Para calcular la capacidad de tráfico y para evaluar el grado de servicio de un sistema de conmutación de paquetes trabajando con un protocolo X.25, es fundamental la consideración de los parámetros mencionados. Será necesario realizar posteriores investigaciones y medidas para obtener más detalles acerca de los componentes de la llamada.

Del impacto de los componentes básicos de la llamada, como paquetes, tramas, etc., en la capacidad de los nodos y de la red, y la operación de control de flujo en base a paquetes, puede deducirse la necesidad de un concepto diferente del de hora cargada usado en telefonía.

### Referencias

- [1] W. W. Chu: Optimal Message Block Size for Computer Communications with Error Detection and Retransmission Strategies; Institute of Electrical & Electronics Engineers Transactions on Communications, octubre 1974, volumen COM-22, n° 10, págs. 1516-1525.
- [2] J. C. Majithia y R. Bhar: Analysis of Overheads in Packet-Switched Data Networks; Institution of Electrical Engineers Proceedings, noviembre 1974, volumen 21, n° 11, págs. 1375-1376.
- [3] G. Fayolle, E. Gelenbe y G. Pujolle: An Analytic Evaluation of the Performance of the "Send and Wait" Protocol; Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Communications, marzo 1978, volumen COM-28, n° 3, págs. 313-319.

- [4] A. Danthine y E. Eschenauer: Influence on the Node Behavior of the Node-to-Node Protocol of a Packet-Switched Network; Bulletin Scientifique de L'Association des Ingenieurs Electriciens Sortis de l'Institut Electrotechnique, volumen 45.
- [5] A. Shaheen y J. C. Majithia: Comparison of Overhead Factors in Message-Switched and Packet-Switched Networks; Electronics Letters, 8 enero 1976, volumen 12, n° 1, págs. 20-21.
- [6] H. Okada, Y. Tezuka e Y. Yamasaki: Analysis of the Behavior of Packet ACK in Packet-Switching Computer Networks; Electronics and Communications in Japan, 1975, volumen 58-A, n° 2.
- [7] C. A. Sunshine: Factors in Interprocess Communication Protocol Efficiency for Computer Networks: Proceedings of the National Computer Conference, Nueva York, 7-10 junio 1976, págs. 571-576.
- [8] International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT): Provisional Recommendations X.3, X.25, X.27 y X.29 on Packet-Switched Data Transmission Services: Ginebra, International Telecommunication Union, 1978.
- [9] A. L. Dudick, E. Fuchs y P. E. Jackson: Data Traffic Measurements for Inquiry-Response Computer Communication System; Information Processing 71, Proceedings of the International Federation for Information Processing Congress, Ljubljana, 23-28 agosto 1971, volumen 1, págs. 634-641, Amsterdam, North-Holland Publishing Co., 1972.
- [10] P. E. Jackson y C. D. Stubbs: A Study of Multiaccess Computer Communications; Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, Boston, 14-16 mayo 1969, volumen 34, págs. 491-504.
- [11] Eurodata, PAIM Consultants; S.Q.S. Corporation, 1973.
- [12] P. J. Denning y J. P. Buzen: The Operational Analysis of Queueing Network Models; Computing Surveys, septiembre 1978, volumen 10, n° 3, págs. 225-261.

**Oscar González Soto** nació en León, España, en 1947. Se graduó en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid en 1969. Desde 1970 trabaja en el Centro de Investigación IIT de Standard Eléctrica, S.A. (CIISE) en el área de modelación de tráfico, análisis y optimización de sistemas SPC. Actualmente dirige un grupo dedicado al análisis de tráfico en sistemas de datos y en redes digitales con integración de servicios.

**Luis Martínez Míguez** nació en Madrid en 1948. Se graduó en 1972 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. En 1974 ingresó en el Centro de Investigación IIT de Standard Eléctrica, S.A., donde está actualmente trabajando en estudios de tráfico de datos.

# Periféricos telefónicos de la PABX UNIMAT 4080

Las unidades periféricas del sistema UNIMAT\* 4080 constituyen el nivel superior de la configuración del equipo. Tanto la estructura como el modo de funcionamiento de estas unidades depende de las facilidades que proporciona el control por procesador.

H. D. SIEBEL

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart  
República Federal de Alemania

## Introducción

La gama de los PABX UNIMAT [1 a 5] aprovecha la moderna tecnología de componentes con integración en gran escala, y los progresos en las técnicas del control por programa almacenado, para proporcionar un sistema sofisticado y flexible, capaz de satisfacer los requisitos de los usuarios en todo el mundo. Entre las características del sistema, las más importantes son la red de conmutación espacial de estado sólido y el control por programa almacenado a base de microprocesadores.

Junto con la construcción modular, las anteriores características han dado lugar a un sistema de PABX que proporciona un amplio margen de facilidades y cubre toda la gama de pequeñas a grandes capacidades de líneas. Otras ventajas son su pequeño volumen, su funcionamiento silencioso y la facilidad de instalación, puesta en servicio, ampliación en el campo y mantenimiento.

La configuración del equipo de la PABX UNIMAT 4080 se divide en tres niveles: dos de control y uno de peri-

féricos telefónicos [5]. Este tercer nivel se divide asimismo en tres grupos de equipos: la matriz de conmutación, los periféricos (circuitos de línea, enlaces, receptores de teclado, etc.) y las consolas de operadora.

La construcción y el funcionamiento de estas partes del sistema están considerablemente condicionadas por las características del control por procesador con programa almacenado. Toda la lógica del equipo periférico reside en los programas de control, lo que permite utilizar circuitos simples y económicos como periféricos telefónicos.

## Periferia telefónica

La figura 1 muestra la configuración del sistema periférico y la interconexión de los dispositivos periféricos con la matriz de conmutación.

La matriz de conmutación es una red espacial a tres etapas totalmente electrónica. Las etapas A, B y C de conexión de los circuitos de conversación constituyen una red plegada, lo que significa que todos los periféricos telefóni-

\* Marca registrada del Sistema ITT

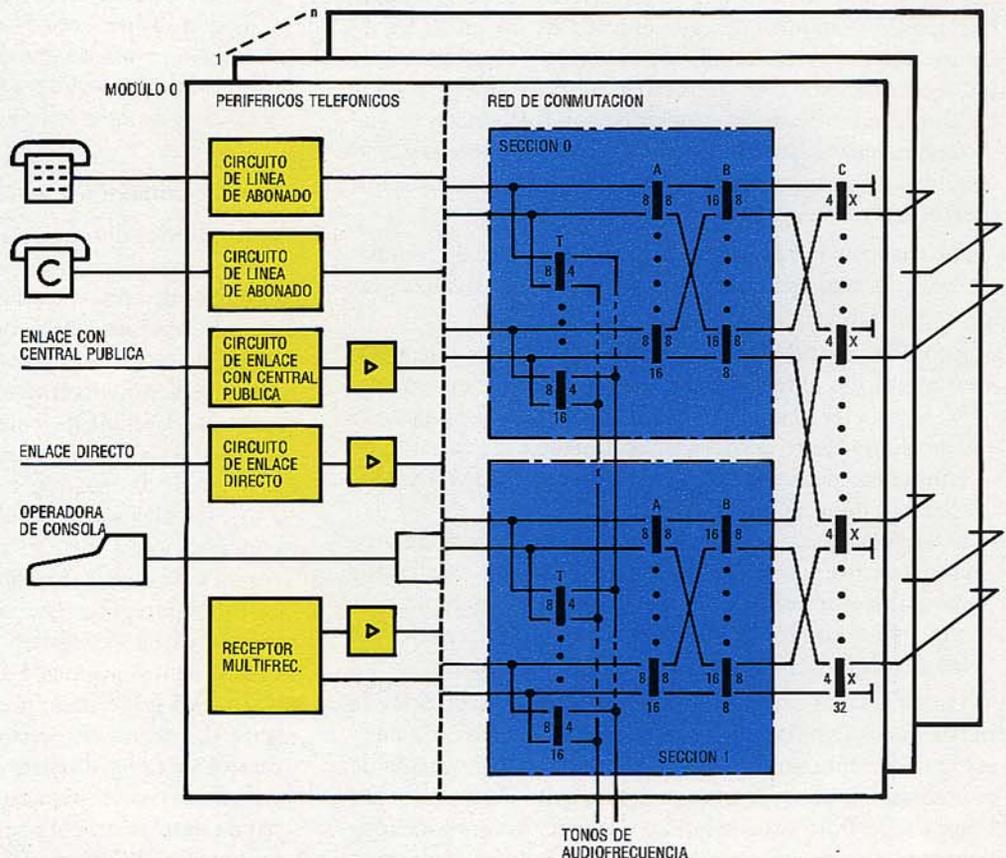


Fig. 1 Red de conexión de la PABX UNIMAT 4080 mostrando la interconexión entre los periféricos y la matriz de conmutación.

cos están conectados a un lado de la red, en concreto a las entradas de la etapa A. El lado opuesto forma la superficie reflectante, (es decir, las salidas de la etapa C constituyen los puntos de reflexión o de repliegue en los que se refleja cada conexión entre dos entradas). Por tanto, cada conexión pasa por seis etapas de conmutación o seis puntos de cruce (A-B-C-C-B-A).

Para permitir la extensión económica del sistema a la gama de PABX's grandes se divide la red de conmutación en unidades de 256 entradas cada una. La estructura de la red en cada unidad es fija e independiente de la configuración de la instalación. Estas unidades se conectan mediante cables enchufables a las salidas de la etapa C. Determinadas salidas fijas de la etapa C, sin cablear externamente, constituyen los puntos de repliegue para las interconexiones dentro de cada unidad en particular (indicadas a trazos en la Fig. 1).

En las etapas de conmutación A y B cada unidad de conmutación está dividida en dos secciones, cada una de ellas con 128 entradas. La interconexión entre los conmutadores A y B no comprende ninguna vía de interconexión entre secciones: sólo a la salida de la etapa B se mezclan todas las mallas de ambas secciones en la etapa C asignada a la unidad.

El tamaño y el número de las matrices de conmutación son diferentes en cada etapa como muestra la figura 1. Hay cuatro salidas de las matrices de conmutación de la etapa C en la configuración más pequeña, que puede ampliarse en dos fases a ocho o doce salidas.

Además de las tres etapas de conmutación para la interconexión de las vías de conversación, cada sección tiene una etapa T para la inserción de tonos audibles. Las entradas a esta etapa se conectan en paralelo con las entradas de la etapa A de modo que cada entrada de las unidades de conmutación aparece también en la etapa T. Las salidas de los conmutadores T se conectan a líneas de audiofrecuencia alimentadas desde un generador con frecuencias de audio o avisos hablados. Los puntos de cruce conectan y desconectan las señales de audio, y su ciclo de conmutación determina las cadencias de las frecuencias.

Los dispositivos periféricos, junto con la red de conmutación, forman la parte telefónica del sistema. Realizan las siguientes tareas:

- Acoplamiento de líneas exteriores: todas las líneas conectadas del exterior, tales como extensiones, enlaces externos y enlaces directos, se acoplan al sistema de la central mediante periféricos apropiados. La función de estos consiste en manejar las señales entre la PABX y los aparatos conectados a la línea.
- Desarrollo de tareas internas: las características de funcionamiento y servicio de la PABX exigen en algunos casos dispositivos especiales, de los que el ejemplo más importante son los receptores de teclado que reciben las señales de los aparatos de abonado con teclado.

Todos los dispositivos periféricos están conectados a la red de conmutación por pares de hilos metálicos. En ciertos casos su función exige más de un acceso al sistema de conmutación, como es el caso del receptor de teclado. De acuerdo con la división modular de la red de conmutación, los periféricos se reparten también en módulos. Por consi-

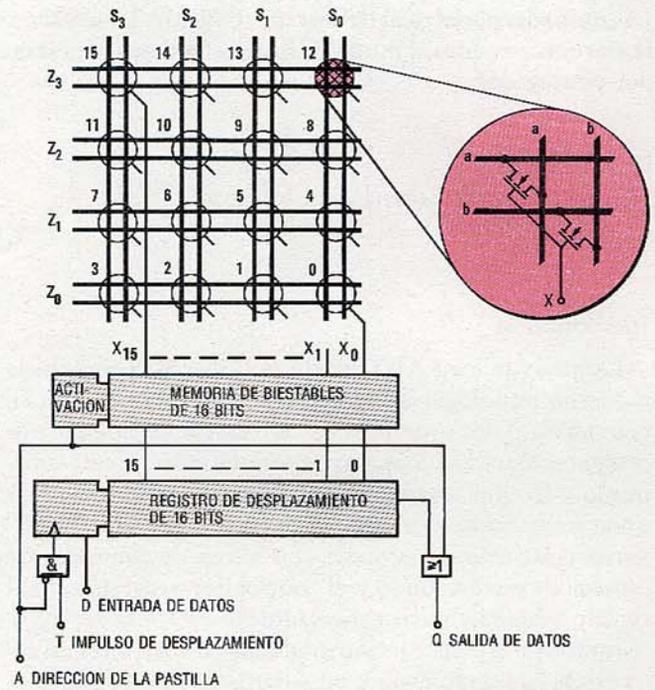


Fig. 2 Esquema de la pastilla con matriz de puntos de cruce MOS con integración en gran escala utilizada en la PABX UNIMAT 4080.

guiente, cada módulo del sistema consta de una unidad de conmutación y un grupo de dispositivos periféricos.

Las consolas de operadora son periféricas con funciones particularmente complejas: sus hilos de conversación se conectan también a la entrada de la red de conmutación.

Todos los periféricos de un módulo del sistema se conectan, a través de canales de control, al controlador de submódulo y operadora (CSO) adecuado, que gobierna la secuencia de operaciones telefónicas dentro del módulo.

### Vías de conexión y sistema de conmutación

La red de conmutación espacial de la PABX UNIMAT 4080 consta de matrices de conmutación que conectan los circuitos de conversación simétricamente a dos hilos. Los puntos de cruce están constituidos por parejas de transistores MOS que, junto con sus circuitos lógicos de control, están realizados con técnicas de integración a gran escala (pastillas LSI-MOS, como se ve en la Fig. 2).

En una pastilla de puntos de cruce, 16 de estos forman una matriz de cuatro entradas ( $Z_0$  a  $Z_3$ ) y cuatro salidas ( $S_0$  a  $S_3$ ); las filas y columnas están formadas por los hilos de conversación  $a$  y  $b$ . El circuito de control consta de un registro de desplazamiento de 16 bits y una memoria de 16 bits integrados en la misma pastilla. La información contenida en el registro de desplazamiento determina el estado de los puntos de cruce; el almacenamiento en el registro está gobernado por el CSO a través de la entrada en serie. La memoria conserva los estados existentes de los puntos de cruce durante este intercambio de información; cuando se ha completado, los nuevos contenidos del registro de desplazamiento se pasan a la memoria que controla los puntos de cruce. Se consiguen mayores matrices de

conmutación conectando entre sí varias pastillas de puntos de cruce. Por ejemplo, la configuración de una red de conmutación de  $8 \times 8$  está constituida por cuatro pastillas. Los hilos de conversación están conectados formando una matriz de ocho filas y ocho columnas. Esta disposición está controlada por un registro de desplazamiento de 64 bits (que corresponden a los 64 puntos de cruce) constituido por la conexión en serie de los registros de 16 bits de los cuatro conjuntos.

Los transistores MOS junto con las células de la memoria intermedia estática forman puntos de cruce con retención. Esta característica, y el control de la red (búsqueda y selección de caminos) por el procesador, permite que la red sea del tipo plegado, lo que ofrece varias ventajas. Como todas las entradas del sistema de conmutación son idénticas, no hay limitaciones en cuanto a su conexión a los periféricos. Por ello puede adaptarse la mezcla de los periféricos a cualquier necesidad específica, garantizando así la flexibilidad. Además, todos los tipos de conexiones (internas o externas, terminales o de tránsito) requieren el mismo tratamiento de control, eliminando la necesidad de procedimientos distintos.

El control de la red de conmutación (establecimiento y reposición de las conexiones) implica procesos en tres niveles de control. Los programas de control central son todos procesos de prioridad, tales como búsqueda de caminos, reserva de caminos y designación de estados. El control central envía los datos precisos para establecer y reponer las conexiones al CSO adecuado, que los procesa entonces para obtener la información de direccionamiento y actuación. Esta se pasa entonces al decodificador de direcciones del submódulo, que procesa la información recibida para obtener órdenes discretos de direccionamiento y actuación, y así controla las matrices de conmutación.

En la figura 3 se muestra la disposición de las vías de control de una unidad de conmutación. Las secciones 0 y 1 junto con la etapa C forman tres zonas de control separadas, cada una con un decodificador de direcciones (DEC) y su propio interfaz con el CSO asociado.

Las entradas y las salidas de los registros de desplazamiento de todas las etapas de conmutación están conectadas en paralelo y unidas al registro de desplazamiento central de 8 bits del CSO de tal forma que este registro, junto con los registros de las matrices de conmutación conectados en paralelo, forma un bucle cerrado por el que puede circular el contenido del registro como secuencias de bits en serie. De esta manera, el procesador del CSO controla las matrices de conmutación y actúa los puntos de cruce de la conexión deseada.

La configuración del circuito de conversación, junto con sus terminales, viene determinada esencialmente por las exigencias de transmisión y por las propiedades de los puntos de cruce electrónicos. La más importante de éstas es la resistencia en conducción de los transistores MOS (es decir, de los puntos de cruce establecidos) ya que las señales transmitidas se ven atenuadas por la resistencia total de los seis puntos de cruce de cada conexión de conversación. Sin embargo, debido a las cortas distancias de las conexiones internas, la resistencia total queda por debajo del límite permisible. Como el nivel fónico de las conexiones inter-

nas es más alto que el de las externas, se emplean circuitos adicionales en la red de conmutación para atenuar las conexiones internas, salvo cuando intervienen extensiones con líneas de abonado especialmente largas. En las conexiones internas el circuito de conversación está terminado en ambos extremos con transformadores que aíslan también los circuitos electrónicos de las líneas exteriores.

En las conexiones externas las resistencias de los puntos de cruce dan lugar a pérdidas de inserción indebidamente altas, especialmente en las conexiones a centrales públicas. Para contrarrestar esto se lleva a cabo una compensación de atenuación mediante dos impedancias negativas autorregulables que forman parte de la unidad amplificadora. Esta termina las entradas de la red de conmutación en los puntos en que se conectan líneas exteriores tales como enlaces o líneas directas. Se insertan entre la entrada de la red de conmutación y el circuito de enlace, como se ve en la figura 1.

La unidad amplificadora incorpora una impedancia negativa regulable para cada hilo de conversación; mide la resistencia del hilo en una conexión y ajusta la impedancia negativa para que la resistencia total de bucle sea cero, compensando las resistencias de los puntos de cruce. Este procedimiento compensa no sólo las resistencias de transmisión en sí sino también sus tolerancias, al estar cada conexión controlada individualmente. Siempre se realiza la compensación en un extremo de circuito de conexión; el otro extremo tiene terminación pasiva. Para garantizar que este procedimiento se aplica en todas las conexiones (incluso en el caso de conexiones de tránsito, en las que se conectan dos enlaces equipados cada uno con unidades amplificadoras) se equipan circuitos que desconectan y conectan el amplificador [4].

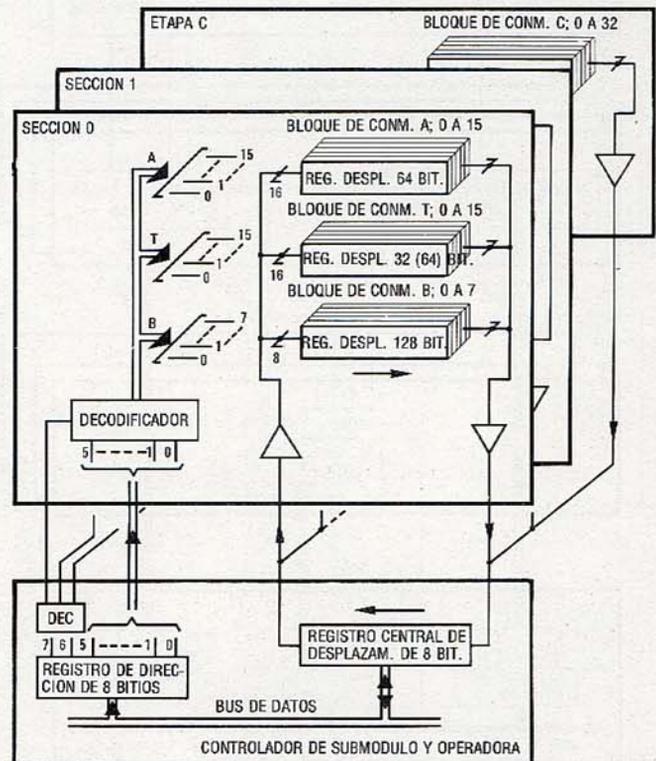


Fig. 3 Sistema de control de una unidad de conmutación.

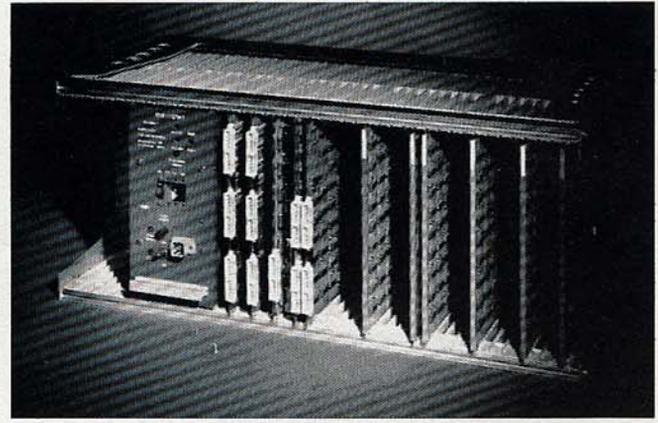
El empleo de puntos de cruce electrónicos y control automático de ganancia ha permitido tener una red de conversación con todas las ventajas de los componentes electrónicos y con una calidad de funcionamiento al menos igual al de las redes convencionales.

**Los dispositivos periféricos y su control**

La progresión lógica de todos los procesos en los periféricos y de los relacionados con su coordinación está controlada por los programas del CSO (Fig. 4). Con este objeto se supervisa el estado del circuito de cada periférico en los puntos de exploración y, si es preciso, se le modifica a través de los puntos de distribución. Estos puntos de exploración y de distribución dan acceso al canal de control que conecta cada dispositivo con el CSO a través de un distribuidor de señales. La misión de este distribuidor consiste en reunir los puntos de exploración y de distribución en palabras de datos direccionables de 8 bits que pueden recibirse y procesarse en el CSO a través de su bus de datos.

El intercambio de señales entre los periféricos y el CSO sigue los procesos de exploración y distribución. En el primero, el CSO explora los puntos de exploración de todos los dispositivos a intervalos fijos para detectar su estado. En el proceso de distribución, los dispositivos periféricos reciben órdenes en correspondencia con los procesos de los programas del CSO.

El circuito de señalización de los procesos de control consta de tres canales, todos procedentes del bus de datos de 8 bits del CSO (Fig. 4). El procesador se comunica con la periferia a través de un registro de entrada/salida que



Armazón que contiene los periféricos telefónicos de la UNIMAT 4080.

divide al bus común bidireccional en tres canales periféricos direccionales:

- El canal de direccionamiento, por el que el CSO determina el origen o el destino de la información de control intercambiada en octetos con los dispositivos periféricos.
- El canal de exploración, por el que el CSO recibe la información de los estados desde la periferia.
- El canal de distribución, para la transmisión de órdenes.

El principio de control de los dispositivos periféricos pretende minimizar el número de elementos lógicos de cada dispositivo. Estos periféricos contienen sólo detectores de línea explorados y circuitos de recepción de órdenes, que son independientes entre sí. Como resultado de este principio de control y del almacenamiento de las funciones lógicas en los programas de control, se ha reducido considerablemente el elevado coste de los dispositivos periféricos de las PABX's convencionales, que es una parte importante del coste del sistema.

**Consola de operadora**

Los procesos manuales de la central son realizados por las operadoras de la PABX. Según la configuración del sistema puede haber una o varias posiciones de operadora.

La consola de operadora UNIMAT 4080 es un dispositivo periférico electrónico controlado por procesador que puede instalarse y trabajar independientemente del equipo de la central. Cada consola está conectada al sistema por un canal de conversación y un canal de control. Las conexiones para la conversación que precisa la operadora se establecen a través de la red de conmutación; como resultado, se ha eliminado el bloque de conmutación de operadoras que necesitan la mayor parte de los sistemas convencionales. Los datos se intercambian entre el sistema y la consola de operadora a través del canal de control.

Entre los requisitos que debe cumplir la consola tiene particular importancia la comodidad de la operadora. El diseño prestó especial atención a este punto. La foto de la derecha muestra la consola de operadora de la PABX UNIMAT 4080. Para facilitar su empleo, los elementos

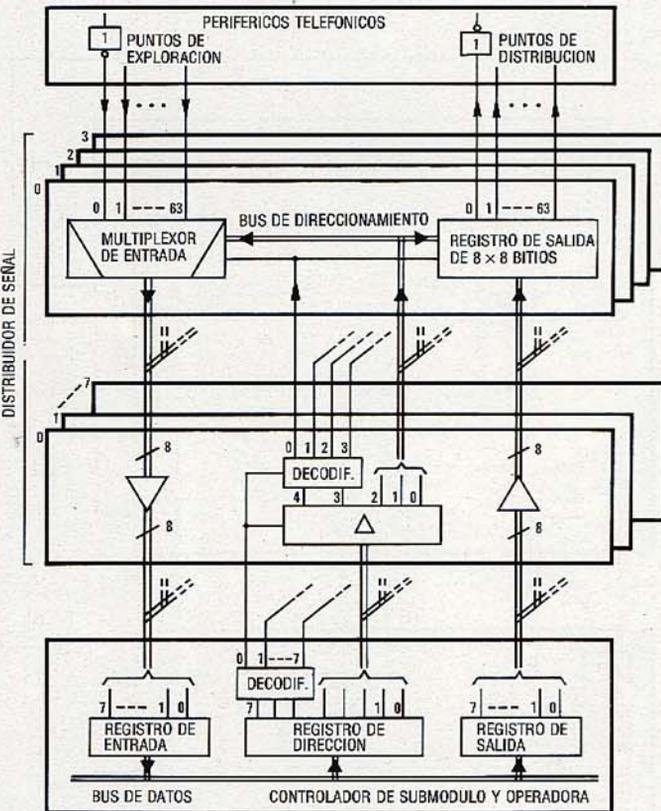


Fig. 4 Sistema de control de los dispositivos periféricos.

operacionales están concentrados en una zona determinada y están reunidos en bloques para mayor claridad; así, la posición ofrece una gran superficie de trabajo para material adicional.

El conjunto principal de la zona operacional es el módulo central de teclado que contiene todos los controles para contestar y prolongar llamadas. Además, pueden equiparse 15 ó 30 teclas de numeración abreviada y 15 ó 30 pulsadores de respuesta para líneas especiales. El panel visual alfanumérico y los indicadores de carga están situados en la parte superior de la mesa y son claramente visibles. A la derecha de la consola hay un cajón para los efectos personales de la operadora; tras él se encuentra la unidad de control de operadora.

Estas características agrupadas proporcionan una moderna consola de diseño ergonómico en la que se puede trabajar largo tiempo sin fatiga.

El segundo factor que hace agradable trabajar en la consola es la simplicidad de los procesos operativos. Por ejemplo, utiliza interrogación concentrada con distribución de llamadas, por la cual se concentra todo el tráfico entrante en una aparición por posición de operadora, distribuyéndose cada nueva llamada sobre una posición libre. Las llamadas se distribuyen automáticamente por orden de llegada y de acuerdo con prioridades previamente establecidas.

Toda la información que necesita una operadora para prolongar una llamada aparece en el panel alfanumérico.

La parte literal del panel tiene dos funciones: en la fase de aviso de llamada indica el tipo de llamada (por enlace, por línea directa, interna, rellamada, etc.); después de la prolongación, indica el estado del destino (por ejemplo abonado libre u ocupado, congestión). La parte numérica del panel indica toda la información numérica, como número de guía marcado, identidad de la extensión o la línea, categoría, información de cómputo, etc.

Otros indicadores visuales importantes son los indicadores de llamadas en espera y de carga de enlaces. El primero consiste en cuatro diodos luminiscentes, cada uno de los cuales se asigna a un tipo particular de llamada; indican cuándo se ha excedido un nivel preestablecido y hay llamadas sin atender esperando. De manera similar, cada indicador de carga de enlaces tiene también cuatro diodos luminiscentes; cada indicador está asignado a un haz de enlaces y el número de diodos iluminados indica la carga del haz.

Equipando módulos especiales puede adaptarse la consola de operadora para su manejo por ciegos. En este caso se substituyen o complementan los indicadores visuales por indicadores táctiles, y los diodos luminiscentes por varillas individuales de contacto. La zona de presentación visual se reemplaza por otra de caracteres táctiles que proporcionan la información en Braille.

El equipo electrónico de la consola de operadora (Fig. 5) consta del controlador de posición de operadora (CPO), un distribuidor de señales, el conjunto de elementos ope-



Consola de operadora para la UNIMAT 4080 PABX. Al diseñar esta consola ITT puso especial cuidado en factores humanos tales como comodidad de la operadora, claridad de la presentación de la información y facilidad de los controles. Estas características garantizan que la consola puede ser operada durante largos períodos sin excesiva fatiga.

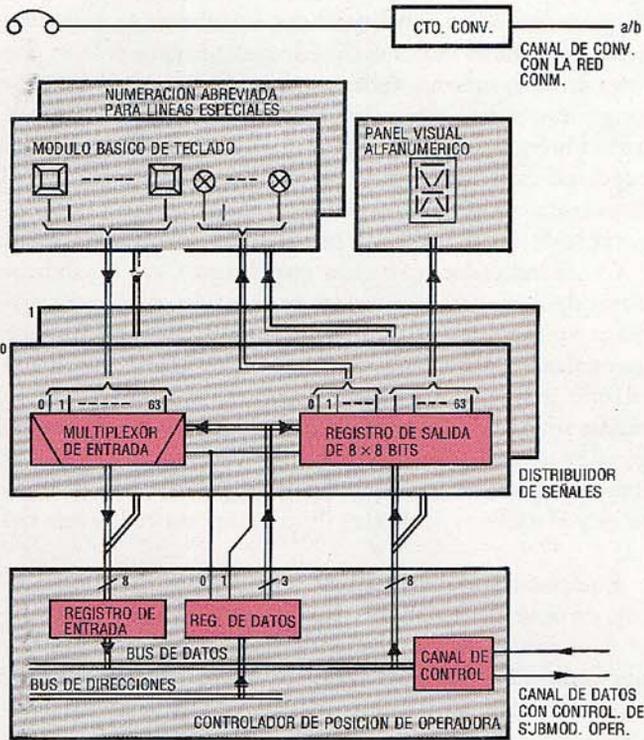


Fig. 5 Esquema de bloques del sistema de control de la consola de operadora.

racionales y el circuito de conversación. Este último proporciona, por un lado, un terminal para el canal de conversación con la red de conmutación y, por otro, un enchufe para conectar el microteléfono de la operadora. El CPO reconoce sin ambigüedad las actuaciones de las teclas, las convierte en señales y las envía por el canal de datos al CSO. En el sentido opuesto, el CPO recibe señales de CSO y las procesa, controlando así, mediante el distribuidor de señales, las señales visuales y audibles de la consola. Utilizando un procesador de control exterior e in-

formación de preprocesamiento, se ha concentrado y simplificado el intercambio de datos entre la consola de operadora y el sistema de control.

### Conclusiones

Como resultado del diseño de los periféricos telefónicos que hacen amplio uso de componentes electrónicos y control por programa almacenado, la PABX UNIMAT 4080 representa un importante paso hacia adelante en la tecnología de centrales de conmutación. Es perfectamente capaz de satisfacer todos los requisitos que los usuarios y las compañías telefónicas exigen de las centrales modernas. Se cumplen totalmente las estipulaciones de las "Normas básicas para centrales telefónicas grandes con equipo del tipo 2", establecidas por la Administración Postal Alemana, así como los requisitos correspondientes de ingeniería de centrales y transmisión. Ya se hallan en servicio a plena satisfacción un buen número de instalaciones en locales de los clientes.

### Referencias

- [1] W. Bezdel: La gama de sistemas PABX UNIMAT de ITT; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 3, págs. 212-218.
- [2] L. Gasser: Modelos de transmisión preferidos en PABX modernas; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 3, págs. 219-224.
- [3] D. A. L. Jenkins y J. M. Perry: Funciones de explotación en una central privada automática con control por programa almacenado; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 3, págs. 225-229.
- [4] H. Faigle, K. Szechenyi, G. van de Ven y J. Zanzig: Calidad de transmisión en las centrales privadas automáticas UNIMAT; Comunicaciones Eléctricas, 1978, volumen 53, n° 4, págs. 309-318.
- [5] H. Heitmann y H. D. Siebel: UNIMAT 4080, das Fernsprechvermittlungssystem in neuer Technik; Elektrisches Nachrichtenwesen, 1978, volumen 53, n° 3, págs. 225-230.

Hans Dieter Siebel nació en Siegen, Westphalia. Estudió tecnología de comunicaciones en la Universidad Técnica de Karlsruhe, donde recibió el diploma final en 1962. Este año ingresó en SEL, Stuttgart, como ingeniero de desarrollo en el campo de la tecnología de telefonía pública (sistemas especiales). Desde 1965 ha estado trabajando en el desarrollo de PABX's y en 1974 se confió a su cargo la Sección de Desarrollo de Circuitos.

# Sistema de radar Zephyr para medidas meteorológicas

Este sistema de radar móvil de pequeño peso puede medir de forma precisa velocidades del viento y otras características importantes de los niveles inferiores de la atmósfera terrestre. Los resultados pueden representarse como datos en bruto o procesarse fuera de línea para proporcionar información en la forma requerida por el usuario.

J. ISNARD  
M. KRASS  
P. STOLL

Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy, Francia

## Introducción

En muchos campos de actividad [1] es esencial el conocimiento de las características físicas de las diversas capas de la atmósfera terrestre. Entre estos campos puede citarse el estudio científico de la atmósfera para previsiones meteorológicas; medida de la dispersión de las emanaciones procedentes de las estaciones de energía nuclear o térmica y predicción de las trayectorias balísticas (artillería convencional, misiles).

La medida de estas características se realiza de una manera rápida utilizando radares modernos sofisticados tales como el sistema Zephyr. Consta de globos sonda, un radar de seguimiento y un ordenador. Puede utilizarse para medir la velocidad del viento y los principales datos atmosféricos en cualquier punto a lo largo de la trayectoria del globo sonda. Debido a su escaso peso y diseño modular, el radar Zephyr puede organizarse como una estación móvil de fácil manejo, adaptable a una amplia variedad de requisitos. El sistema Zephyr ha sido ya adoptado por el Servicio Meteorológico Francés y está siendo valorado en diversos países tanto para aplicaciones civiles como militares.

## Fundamento del sistema

La historia del sistema Zephyr es la típica del desarrollo de un producto complejo basado en un equipo básico sencillo pero altamente prometedor. El primer radar ha sido construido por el Laboratoire Central de Télécommunications, una compañía francesa de ITT, en 1972, mediante contrato con el Service d'Equipement des Champs de Tir del Ministerio de Defensa Francés. La petición se refería a un radar móvil de peso ligero y fácil manejo para el seguimiento de precisión de un globo sonda en las proximidades del punto de lanzamiento de misiles. Este equipo se benefició de la experiencia ganada por LCT en el desarrollo de radares de vigilancia terrestre (RATAC, RASIT). Entró en servicio operacional en 1973 en el Centre d'Essais des Landes (CEL). Los parámetros del viento se evaluaron con la ayuda de las potentes facilidades de computación disponibles en CEL [2, 3].

La eficiencia de este equipo básico condujo a LCT al desarrollo de la posibilidad de un proceso de datos, basado en ordenador, alrededor del sensor de radar para obtener un sistema autocontenido para analizar los parámetros del viento en las capas inferiores de la atmósfera. Este radar de segunda generación, conocido como sistema Zephyr A, fue entregado en 1977 al Etablissement d'Etudes et de Recherches de la Météorologie Nationale (EERM) y al departamento de investigación de Electricidad de Francia (EdF).

Los sistemas Zephyr A están en funcionamiento continuo en estos establecimientos, donde han demostrado una alta fiabilidad [4].

Más recientemente, a finales de 1978, el Centre Technique de la Météorologie (CTM) cursó una orden para un sistema Zephyr B de tercera generación. Además de sus facilidades de computación, éste tiene un alcance incrementado y nuevas facilidades para la captación del blanco. Resulta adecuado para analizar las altas capas de la atmósfera y puede manejar datos atmosféricos diferentes de los parámetros del viento.

## Sistema Zephyr

Básicamente, el sistema Zephyr consta de sensores, un ordenador y dispositivos periféricos como se muestra en la figura 1. El sensor principal es el radar Zephyr que suministra de forma continua las coordenadas (elevación, acimut y alcance) del globo sonda que se está siguiendo. Además del reflector del radar, este globo puede llevar una radiosonda que continuamente transmite datos de presión,

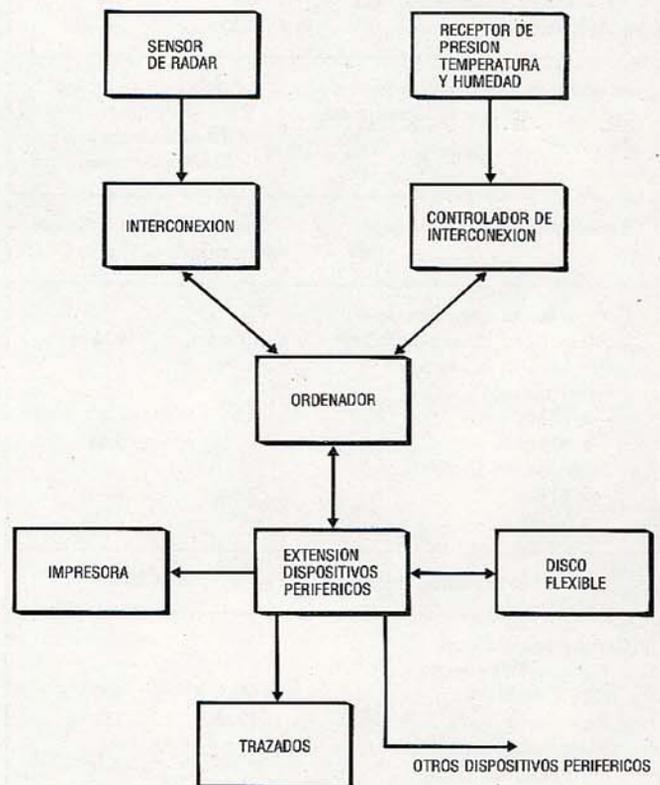


Fig. 1 Esquema de bloques del sistema de radar Zephyr.

Tabla 1 - Características principales de los sistemas de radar Zephyr

|                                                                                                            | Zephyr A                                                                                      | Zephyr B     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Antena de haz giratorio</b>                                                                             |                                                                                               |              |
| Diámetro                                                                                                   | 80 cm                                                                                         | 90 cm        |
| Ganancia                                                                                                   | 32 dB                                                                                         | 33 dB        |
| <b>Transmisor</b>                                                                                          |                                                                                               |              |
| Frecuencia                                                                                                 | 9375 MHz                                                                                      |              |
| Potencia de pico                                                                                           | 7 kW                                                                                          |              |
| Duración del impulso                                                                                       | 0,22 $\mu$ s                                                                                  | 0,65 $\mu$ s |
| Frecuencia de repetición del impulso                                                                       | 3660 Hz                                                                                       | 1500 Hz      |
| <b>Receptor</b>                                                                                            |                                                                                               |              |
| Frecuencia intermedia                                                                                      | 60 MHz                                                                                        |              |
| Factor de ruido                                                                                            | 8 dB                                                                                          | 3,5 dB       |
| Oscilador local                                                                                            | Generador Gunn controlado en frecuencia (CAG)                                                 |              |
| <b>Servosistema</b>                                                                                        |                                                                                               |              |
| Tipo                                                                                                       | Tipo de dos ejes: elevación/orientación                                                       |              |
| Margen de acimut                                                                                           | Rotación continua                                                                             |              |
| Margen de elevación                                                                                        | 0 a + 89°                                                                                     |              |
| Velocidad máxima                                                                                           | 8°/s                                                                                          |              |
| Frecuencia de corte                                                                                        | 0,5 ó 0,1 Hz (conmutación automática respecto al alcance)                                     |              |
| Codificación angular                                                                                       | 13 bits                                                                                       |              |
| Integración dual, con compensación de ganancia del amplificador de orientación dependiendo de la elevación |                                                                                               |              |
| <b>Seguimiento</b>                                                                                         |                                                                                               |              |
| Margen de velocidad                                                                                        | 0 a 140 m/s                                                                                   |              |
| Frecuencia de corte                                                                                        | 1 ó 0,1 Hz (conmutación automática respecto del alcance)                                      |              |
| Cuanto de codificación                                                                                     | 5 m                                                                                           | 6 m          |
| Alcance máximo                                                                                             | 40 km                                                                                         | 100 km       |
| <b>Información disponible para el ordenador externo y dispositivos periféricos</b>                         | Palabra de elevación<br>Palabra de orientación<br>Palabra de inclinación<br>Palabra de tiempo |              |
| <b>Representación de datos</b>                                                                             | Tubos de rayos catódicos normalizado 625 líneas CCIR                                          |              |
| <b>Características operacionales</b>                                                                       |                                                                                               |              |
| Alcance con blanco de 350 m <sup>2</sup>                                                                   | 40 km                                                                                         | 90 km        |
| Precisión de la dirección (error típico)                                                                   |                                                                                               |              |
| - a 40 km                                                                                                  | 0,1°                                                                                          | 0,1°         |
| - a 80 km                                                                                                  | -                                                                                             | 0,15°        |
| Precisión del alcance                                                                                      |                                                                                               |              |
| - a 40 km                                                                                                  | 10 m                                                                                          | 10 m         |
| - a 80 km                                                                                                  | -                                                                                             | 20 m         |
| <b>Alcance de captación mínimo</b>                                                                         | 20 a 80 m                                                                                     |              |
| <b>Características físicas</b>                                                                             |                                                                                               |              |
| Consumo de energía (220 V/50 Hz)                                                                           | 350 VA                                                                                        | 400 VA       |
| Peso                                                                                                       | 100 kg                                                                                        | 120 kg       |
| Margen de temperatura                                                                                      |                                                                                               |              |
| - en funcionamiento                                                                                        | -15 a +55 °C                                                                                  |              |
| - en almacenamiento                                                                                        | -40 a +50 °C                                                                                  |              |

temperatura y humedad (PT Hu) al receptor terrestre. De este modo, la velocidad del viento y los principales datos atmosféricos se miden en todos los puntos a lo largo de la trayectoria del globo sonda. Puesto que la estructura del sistema es independiente de los datos atmosféricos medidos por radiosonda, pueden realizarse también otros tipos de medidas tales como composición atmosférica, densidades isotópicas, etc.

El ordenador proporciona control del sistema en tiempo real, aceptando datos procedentes de los sensores, convirtiéndolos en salida para los dispositivos periféricos y almacenándolos en discos flexibles. El software incluye capacidad conversacional para ayudar al operador en la selección de la configuración del sistema. El proceso fuera de línea de los datos almacenados permite analizar los resultados con mayor detalle.

Los dispositivos periféricos (impresora, trazador, disco flexible, etc.) mejoran considerablemente las posibilidades del sistema. Por ejemplo, una presentación sintética de la trayectoria y/o de la velocidad del viento en función de la altitud proporciona rápidamente una comprensión general del fenómeno que puede analizarse más tarde, con mayor detalle, fuera de línea.

## Descripción general

Los principales componentes del sistema Zephyr son: - Sensor de radar, que está dividido en dos partes: antena, unidad transmisora - receptora y mecanismo de elevación; y la unidad de servo y seguimiento.

- Conjunto de procesador y de presentación situado de 15 a 150 m de distancia del radar en una caseta o sala de operaciones; este conjunto incluye una unidad de control remoto, ordenador científico y dispositivos periféricos del ordenador.

No se muestran las unidades que lleva el globo (reflector pasivo y radiosonda) ni tampoco el receptor terrestre de la radiosonda. Estas unidades las utiliza ordinariamente y las ha normalizado el Servicio Meteorológico Nacional francés.

El equipo pesa alrededor de 120 kg y puede desmontarse en unidades individuales con un peso máximo cada una de 50 kg. El máximo consumo total, a 200 V/50 Hz, es de 400 VA. En la tabla 1 se resumen las principales características de los radares Zephyr.

## Sensor del radar

El sensor del radar se utiliza para captar y seguir el blanco y para obtener sus coordenadas polares (elevación, acimut y alcance o distancia) en tiempo real. Su radar de seguimiento tridimensional utiliza exploración cónica, considerada como la más adecuada para la cinemática del blanco. El ángulo que forma el blanco con el eje de la exploración puede determinarse más fácilmente que con un sistema monoimpulso ya que necesita únicamente un solo canal receptor, en contraste con los tres necesarios con una unidad monoimpulso.

La figura 2 es un diagrama de bloques del sensor de radar que muestra los componentes principales: antena, transmisor-receptor con su mecanismo de elevación y la unidad de servomecanismo y seguimiento.

La antena Cassegrain consta de una fuente de radiación primaria formada por un radiador de bocina, un reflector secundario hiperbólico y un reflector principal parabólico. El reflector secundario, que está inclinado con relación al eje óptico del sistema, gira alrededor de este eje a 1500 rpm, haciendo que el haz de la antena describa un cono.

El transmisor-receptor está rígidamente conectado a la antena, formando con él una masa oscilante que puede ajustarse, mediante el servomotor, a un ángulo de elevación dado; la información angular correspondiente se utiliza mediante un codificador óptico. El transmisor incorpora un magnetrón pulsado por un circuito de estado sólido que incorpora rectificadores con control rápido. El

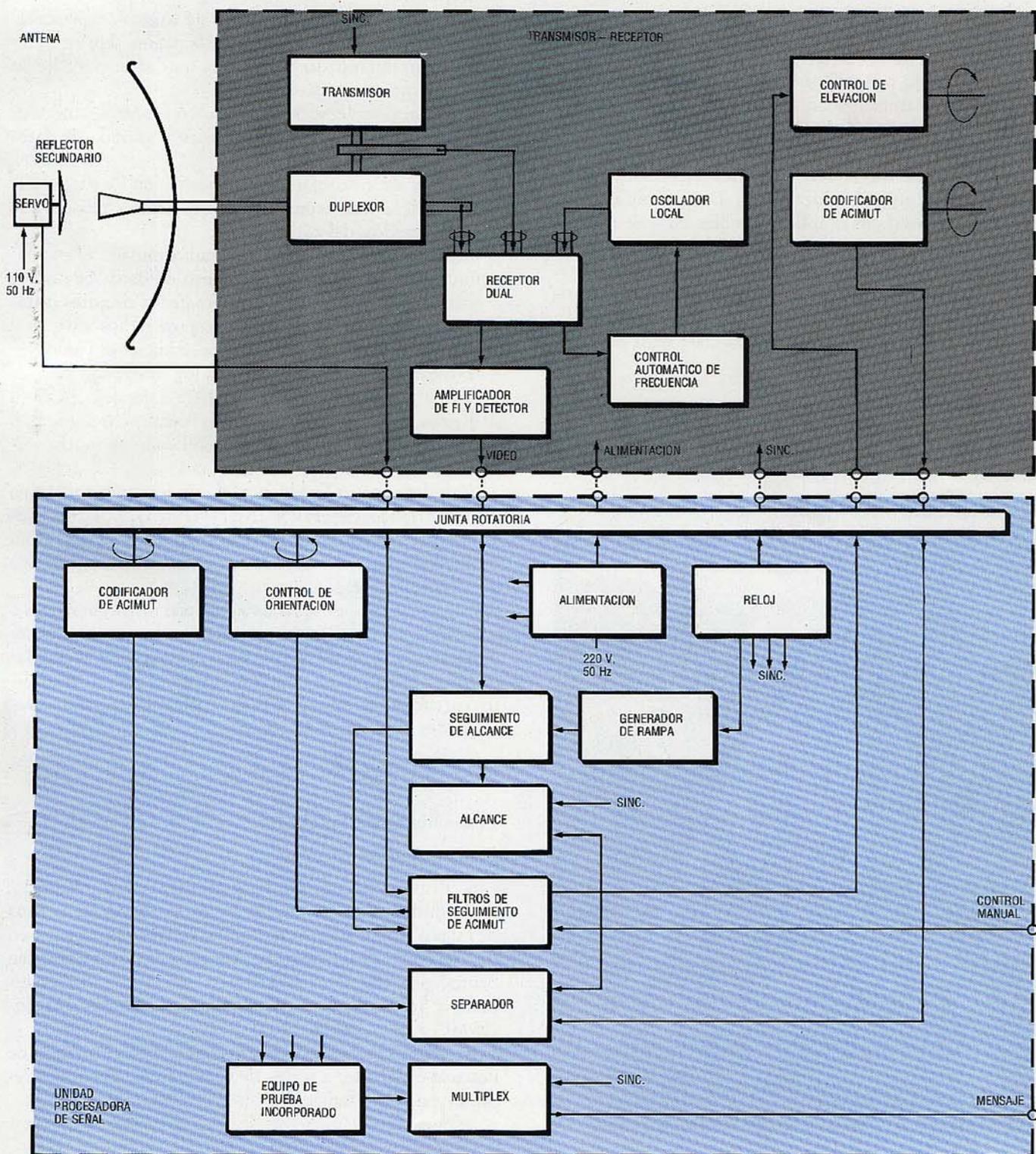


Fig. 2 Esquema de bloques del sensor de radar Zephyr mostrando los componentes principales.

receptor incluye un amplificador FET de bajo ruido, un mezclador gobernado por un oscilador local de diodo Gunn y un amplificador de frecuencia intermedia seguido de un detector. La frecuencia del oscilador local se sincroniza a la frecuencia del magnetrón mediante un circuito de control de frecuencia automática que mantiene una diferencia constante de frecuencia entre el oscilador local y el magnetrón.

La unidad de servo y seguimiento comprende:

- un detector síncrono que determina errores de ángulo en elevación y en orientación
- amplificadores del servosistema de elevación y orientación
- mecanismo de orientación y un codificador óptico que proporciona información del ángulo de orientación
- circuitos de seguimiento de alcance radial
- circuitos de validación del seguimiento.

Los datos de la trayectoria del blanco (elevación, acimut y alcance) se representan localmente. Después de ser multiplexados, estos datos se aplican también en serie a la unidad de control e interconexión situada en la caseta o sala de operaciones. Las funciones del sensor de radar se supervisan de manera continua mediante una facilidad de auto-comprobación. En el mensaje se inserta una información de alarma que se representa de forma clara en la pantalla.



El sensor del radar móvil Zephyr A mostrando la antena, unidad transmisora-receptora y mecanismo de elevación, debajo del cual se encuentra la unidad de servo y seguimiento.

### Conjunto de proceso/representación

Este conjunto realiza el intercambio de instrucciones y datos con el sensor de radar y de adquisición de datos a partir del sensor de radar u otros sensores. También se utiliza para cálculos en línea o fuera de línea sobre los datos adquiridos y para representar la información.

La figura 3 muestra el conjunto de proceso/representación, incluyendo la interconexión, pantalla de representación y unidad de control, el ordenador y los dispositivos periféricos.

La última versión de la unidad de control, representación e interconexión (Ver foto de la página siguiente) incorpora un microprocesador. Esta unidad dispone de las siguientes características:

- interconexión del sensor de radar con control remoto de las funciones principales del radar y entrada de datos procedentes del radar
- monitor de video para la representación de datos tales como elevación, acimut, alcance y tiempo transcurrido
- interconexión del ordenador
- interconexión del receptor de radiosonda
- microprocesador para tratamiento de datos que opera sobre los datos recibidos, a través de los circuitos de interconexión, del radar y del receptor radiosonda
- función de verificación de la representación video
- transmisión de datos al ordenador utilizando uno de cuatro protocolos (IEEE 488-1975); paralelo BCD (6 dígitos, coma flotante); paralelo binario (16 dígitos), o RS 232 C); esto asegura compatibilidad con muchos tipos de ordenadores.

El ordenador utilizado por el servicio meteorológico nacional francés es el HP 9825 o el HP 9835. Los dispositivos periféricos consisten principalmente en una impresora de alta velocidad, un trazador de cuatro colores y mando del disco flexible.

Pueden incorporarse fácilmente otras interconexiones o acoplamientos (p. ej. teleimpresor) para atender necesidades especiales. El sistema Zephyr incluye también el acoplamiento RS 232 C para conectar cualquier tipo de dispositivo periférico que utilice este modo de comunicación a velocidades de 110 a 9600 baudios.

### Posibilidades del software

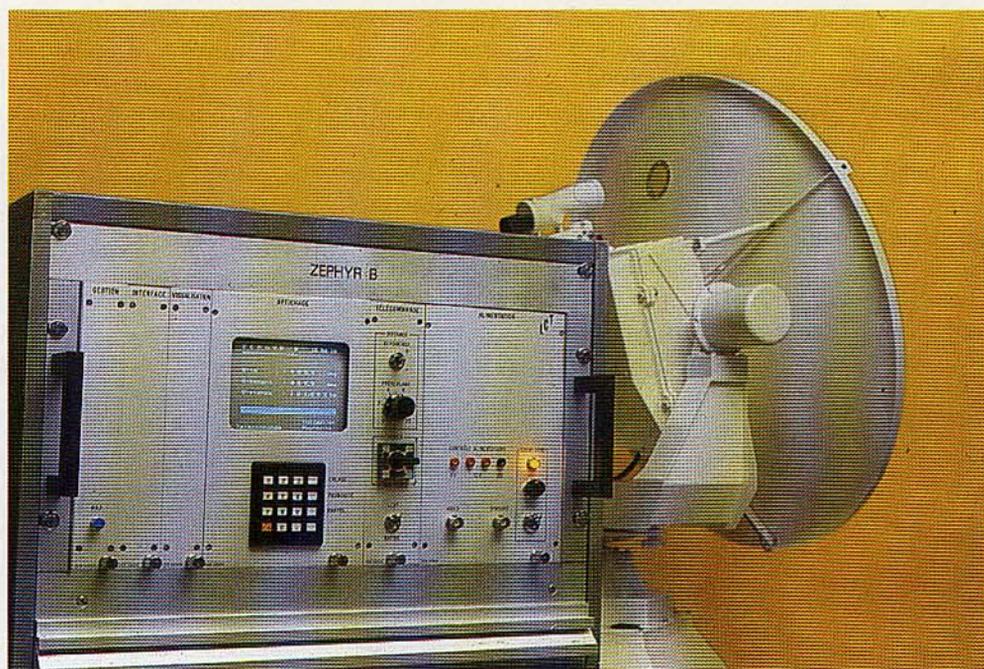
#### Funcionamiento en tiempo real

Se dispone de tres configuraciones: radar solamente, radiosonda solamente, y radar y radiosonda. Para cada una de estas configuraciones, el software de funcionamiento en tiempo real facilita el registro cronológico de los datos "en bruto" procedentes del radar y/o de la radiosonda, editando y procesando los datos del radar (trayectoria y velocidad).

El radar Zephyr suministra los siguientes cuatro tipos de datos al ordenador a través de las unidades de control remoto y de representación:

- acimut
- elevación
- distancia
- tiempo (tiempo Zephyr).

Unidad de control, representación e interconexión: la versión más reciente de este equipo incorpora un microprocesador.



La estación radiosonda suministra los siguientes cuatro tipos de datos al ordenador a través de la unidad de interconexión de registro cronológico de datos de PT Hu:

- presión
- temperatura
- humedad
- tiempo (tiempo PT Hu).

A partir de estos datos sin procesar y utilizando el software de funcionamiento en tiempo real, el ordenador puede calcular las coordenadas cartesianas de la posición del blanco y la proyección horizontal de su velocidad. También puede trazar los siguientes datos:

- altitud en función del módulo de la proyección de la velocidad
- altitud en función de la proyección de la distancia en el plano horizontal
- proyección de la trayectoria del blanco en el plano horizontal.

Otras funciones del software incluyen la impresión de los datos sin procesar, los resultados de cálculos y el almacenamiento de los datos sin procesar del Zephyr y de PT Hu en la unidad de disco flexible.

### Operación fuera de línea

Como se ha explicado anteriormente, el proceso en tiempo real (en línea) almacena los datos de radar obtenidos durante el seguimiento del blanco en la unidad de disco flexible. El software fuera de línea facilita un proceso cómodo y completo de estos datos.

El sistema es completamente conversacional y puede preguntar al usuario cuestiones tales como "¿desea utilizar esta función?" El usuario sencillamente introduce una respuesta si/no, mediante teclas especiales. Después de que ha

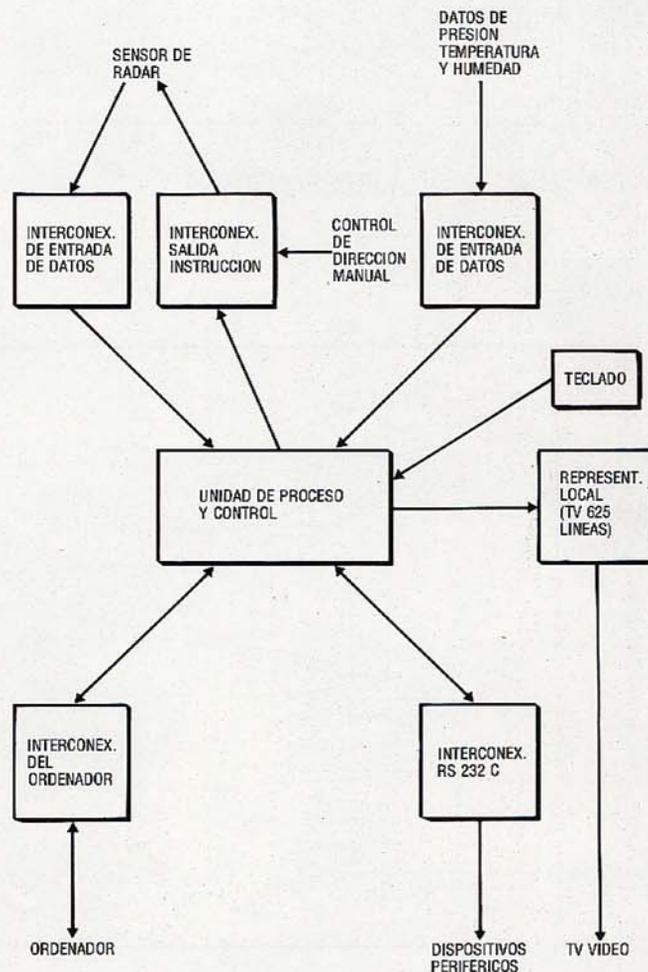
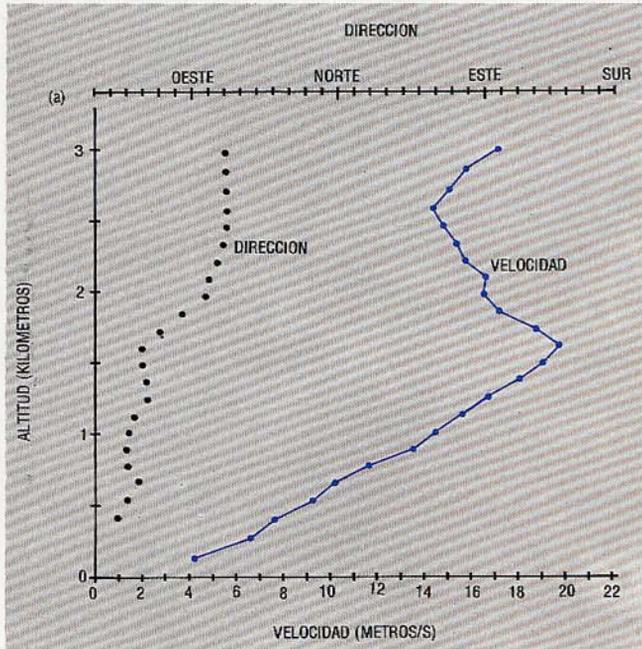


Fig. 3 Unidad de control remoto y de interconexión del ordenador para el sistema Zephyr.

seleccionado una función, el operador especifica ciertos parámetros de funcionamiento; en la mayor parte de los casos, la naturaleza y las unidades de estos parámetros están claramente indicados en la pantalla del ordenador o en el papel impreso.

Inicialmente, el sistema da salida a una tabla donde se indican la naturaleza y el volumen de los datos almacenados en el disco flexible. El operador selecciona luego el fichero de datos que se ha de utilizar introduciendo el número apropiado mostrado en la primera columna. Puede seleccionar una de las cuatro funciones:

- Lista de datos sin procesar. Cuando se selecciona esta función el operador puede introducir un intervalo de tiempo, en cuyo caso la impresora solamente lista los datos adquiridos durante este intervalo de tiempo.
- Trazado de la velocidad del viento en función de la altitud. El operador responde a preguntas procedentes del sistema introduciendo varios datos: escala, intervalo de tiempo para promedio de velocidad, etc. Para cada capa de altitud, el sistema calcula las características del vector velocidad: magnitud y dirección (Figs. 4a y 4b).
- Trazado de la altitud en relación con el alcance. La figura 5 muestra un trazado típico de esta función para el globo sonda.
- Proyección de la trayectoria del blanco sobre el suelo. Este trazado permite al operador determinar el punto de impacto aproximado de la radiosonda.



**Tecnología**

Se utiliza tecnología triplaca para los componentes de radiofrecuencia de la sección de recepción. La sección de transmisión utiliza guíasondas debido a la alta potencia transmitida. Las unidades de proceso utilizan circuitos integrados montados en circuitos impresos multicapa.

En el equipo se utilizan solamente dos tubos: el magnetrón y el tubo de rayos catódicos para representación.

**Mantenimiento**

El equipo consta de unidades separables o tarjetas impresas; su diseño modular lo hace de fácil mantenimiento.

Los sistemas de prueba incorporados evitan la necesidad de instrumentos auxiliares en los dos primeros niveles de mantenimiento.

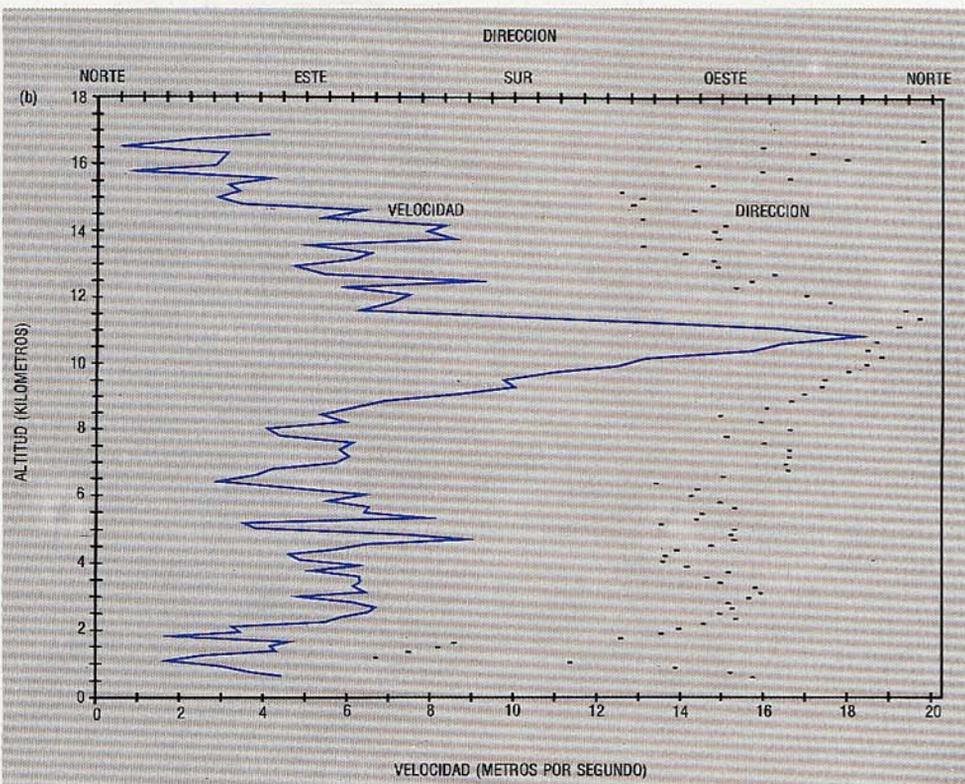


Fig. 4 Trazados de la velocidad y dirección del viento en función de la altitud medidas y calculadas utilizando el sistema Zephyr.

- a) curva típica
- b) cambio rápido en la dirección del viento.

## Fiabilidad y disponibilidad

El tiempo medio calculado entre fallos (MTBF) es de 2.500 horas, valor que ha sido confirmado desde las primeras experiencias con el sistema. Debido a esta alta fiabilidad y a las facilidades de mantenimiento, la disponibilidad del equipo es superior al 99%.

## Aplicación

La combinación de sensores de radar (u otros), ordenador y dispositivos periféricos apropiados ha dado lugar a un sistema con excepcionales posibilidades y suficientemente flexible para manejar una variedad de requisitos de funcionamiento. Posibilita la recuperación de todos los datos recogidos con la presentación más adecuada para cada aplicación [5].

El radar Zephyr es el componente primario del sistema, ya que da de manera continua la posición geográfica del punto en el espacio donde se hace la medida, así como información de la velocidad (velocidad del viento si el blanco es un globo).

El funcionamiento automático hace posible iniciar con facilidad el funcionamiento sin la intervención del operador para realizar medidas en cualquier caso inesperado y transmitir los resultados a un lugar remoto (a 1 kilómetro de distancia aproximadamente) a través de la facilidad de control remoto. Como se ha mencionado anteriormente, el radar puede encontrarse a más de 150 m de la interconexión y de la unidad de control remoto.

Desde estas facilidades hacen al sistema Zephyr particularmente útil siempre que deba hacerse una medida en un punto del espacio exactamente determinado.

Finalmente, el usuario del sistema puede utilizar los sensores y el ordenador independientemente unos de otros.

## Reconocimiento

Los autores quieren agradecer a los servicios del Etablissement Technique Central de l'Armement, Météorologie Nationale y Electricité de France (Direction des Etudes et Recherches, Direction Météorologie Appliquée Pollution Atmosphérique) por su cooperación durante el diseño y desarrollo del sistema Zephyr.

## Referencias

- [1] S. Raghavan: Primary and Secondary Radars for Measurements of Winds; Journal of the Institution of Engineers (India), Electronics and Telecommunication Engineering Division, septiembre 1971, volumen 52.
- [2] D. Béguin: Aplicaciones del radar a la meteorología (Nota de Investigación y Desarrollo); Comunicaciones Eléctricas, 1977, volumen 52, n° 1, págs. 93-94.
- [3] Le Radar Zephyr de Poursuite Automatique de Ballons Sondes; L'Aéronautique et L'Astronautique, 1974, n° 45, págs. 64-65.

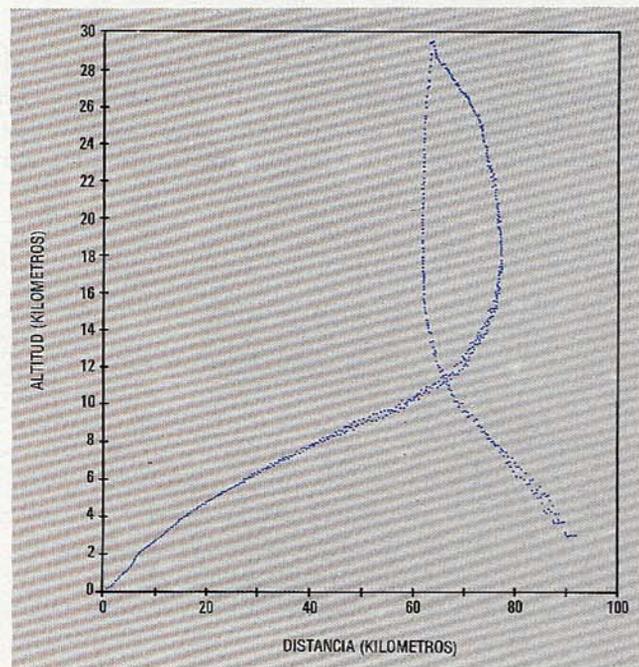


Fig. 5 Trazado del alcance del globo sonda en función de la altitud.

- [4] La Station Mobile Radar: Document de la Direction des Etudes et Recherches de L'Électricité de France, 1978.
- [5] P. J. Bacon: The Accuracies and Relative Costs of Upper Wind Data Obtained Using Radiotheodolites, Radar and Navaid Retransmission Systems: WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation, Hamburgo, julio 1977.

Jean Isnard se graduó en la Universidad de Nancy. Con certificado de la Universidad de Karlsruhe, fue luego al Institut für Hochfrequenztechnik und Hochfrequenzphysik. Se incorporó a LCT en 1965 para trabajar en el grupo de antenas y luego en el programa RATAAC. Desde 1973 ha tenido a su cargo el grupo de proceso de la señal y síntesis de forma de onda de la División de Radar. Jean Isnard es Ingeniero-Diplomado de la Ecole Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique (ENSEM).

Michel Krass nació en 1935. Ingresó en LCT en 1964 donde participó en el diseño y desarrollo del radar RATAAC/TPS58 para los servicios gubernamentales de Francia, Alemania y América. Desde 1975 se ha especializado en proceso de datos y diseño de equipos de prueba incorporados. Michel Krass es actualmente jefe del grupo de microprocesadores del Departamento de Radar de LCT. Es graduado del Instituto de Programación de la Universidad de París.

Pierre Stoll nació en París en 1930. Se graduó como Licenciado en Ciencias en la Universidad de París y se incorporó a LCT en 1959 donde trabajó en el desarrollo de amplificadores paramétricos para las bandas L y S. Comenzando en 1961, participó en el desarrollo del RATAAC/TPS58 y fue jefe de proyecto para el programa del radar RASIT. Como jefe del Departamento de Desarrollo Avanzado de la División de Radar desde 1976, es responsable del desarrollo de radares meteorológicos y de vigilancia terrestre de medio alcance.

# Sistemas de acceso múltiple de asignación según demanda para redes urbanas dispersas

Pueden conseguirse centrales telefónicas de tamaños entre pequeño y medio que den acceso virtualmente a cualquier parte de un país utilizando un respondedor situado en un satélite y un número de pequeñas estaciones terrestres de un solo canal por portadora provistas de equipo de acceso múltiple de asignación según demanda. Un sistema de este tipo optimizado para aplicaciones en rutas de escaso tráfico tiene numerosas ventajas económicas.

M. MOONS

T. TACK

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

## Introducción

En todas las redes domésticas, una parte esencial del tráfico tiene lugar entre los grandes centros urbanos con suficientes facilidades de conmutación. Estas rutas interurbanas principales que llevan una carga significativa del tráfico pueden tratarse de la manera más económica utilizando el modo de preasignación con tal de que los modems preasignados trabajen a su máxima capacidad de tráfico. Si no se acepta tiempo de espera, un modem preasignado puede manejar 0,9 E, mientras que un modem de asignación según demanda puede manejar un tráfico inferior a 0,85 E, cuya diferencia se debe al tiempo necesario para establecer la llamada.

En relación con la matriz de tráfico para una estación particular, los destinos con un factor de tráfico que exceden de 0,8 E es ventajoso cursarlos utilizando uno o más canales preasignados. El resto del tráfico para el mismo destino, juntamente con el tráfico para las demás direcciones, debe cursarse a través de modems de asignación según llamada.

Aparte de unas pocas rutas principales interurbanas, la mayor parte de las situaciones de rutas rurales de escaso tráfico (rutas dispersas) se caracterizan por un gran número de posibles destinos, en algunos casos varios centenares, cada una con una carga media de tráfico, en la hora cargada, de una fracción de Erlang por dirección. En esta situación, no existe otra alternativa que el uso simultáneo de preasignación SCPC (Single Channel Per Carrier = un solo canal por portadora) y asignación según demanda SCPC para cursar este tipo específico de tráfico de una manera económica.

El acceso múltiple de asignación según demanda (DAMA del inglés Demand Assignment Multiple Access) se reserva con frecuencia para introducirlo en una etapa posterior en el crecimiento de la red, pero esta solución no es válida para redes de rutas dispersas. La combinación única de un amplio número de abonados y una multiplicidad de destinos de bajo tráfico arbitrariamente distribuidos, conduce por sí misma al sistema DAMA. Es importante tener un sistema que haga uso óptimo de la potencia y anchura de banda disponibles del respondedor, no en términos de número de canales sino de número de Erlangs de tráfico cursado por el sistema. Para este tipo de red, el número total de modems es mayor que el número de pares de

frecuencias SCPC disponibles en el respondedor, lo que lleva a la necesidad de concentración. Esta varía dependiendo de la estrategia utilizada en la planificación del sistema pero típicamente está entre dos y cinco.

## Acceso múltiple de asignación según demanda o de preasignación

Deben tenerse en cuenta cuatro factores cuando se haga la elección entre acceso múltiple de asignación según demanda o de preasignación:

- coste del equipo de modems
- coste del equipo central de control
- ocupación reducida de las ranuras o intervalos de frecuencia
- no existe necesidad de secciones vía satélite en serie.

En el sistema en discusión, la diferencia de coste entre la asignación según demanda y el equipo preasignado iguala aproximadamente el precio del modem básico. Por tanto, con un factor de concentración modesto, de solamente dos, no se necesita inversión alguna adicional para la misma capacidad de manejo de tráfico utilizando asignación según demanda o preasignación; para una situación de equivalencia de costes, la inversión no repetible para el equipo de control central debe compensarse por la reducción recurrente en el espacio del respondedor.

El compromiso depende de la separación de canales seleccionada, pero incluso para una separación de 22,5 kHz la inversión puede recuperarse en un corto período de tiempo, debido a la escasa complejidad y, por tanto, al bajo coste de la circuitería del control central.

En la mayor parte de los casos, una pequeña red que requiera sólo cuatro o cinco pares de frecuencias justifica el uso de un sistema DAMA. Puede lograrse un considerable ahorro introduciendo este sistema incluso para pequeñas redes industriales consistentes en sólo cuatro terminales. El punto de cruce entre la asignación según demanda y la preasignación depende de la naturaleza y cantidad de tráfico.

## Comparación del DAMA

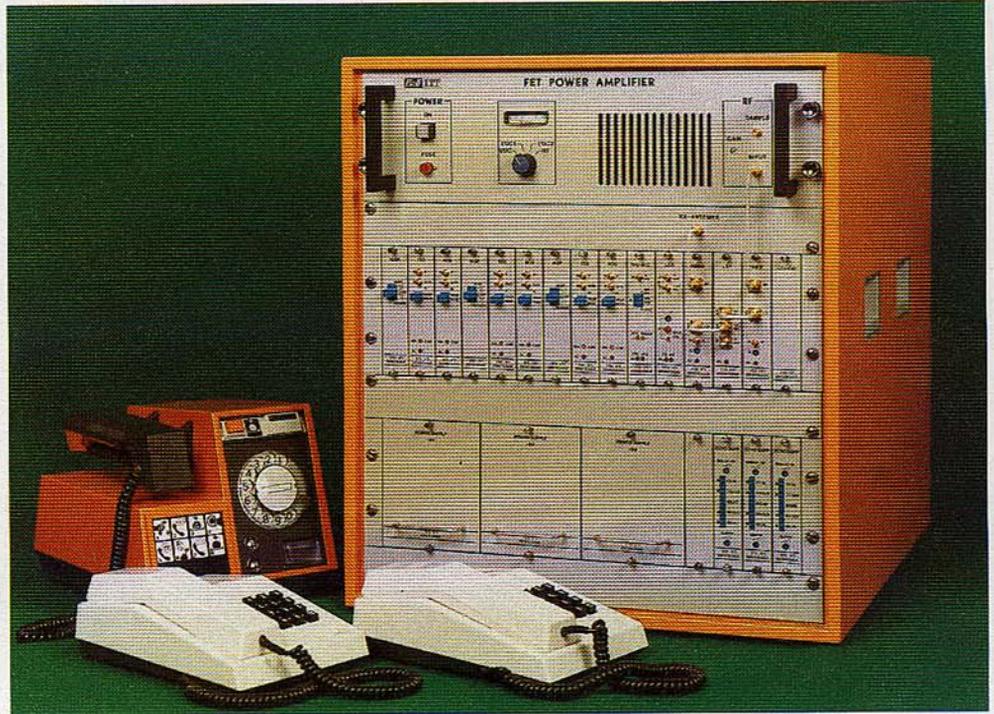
En la actualidad, existen varios sistemas DAMA diferentes, algunos de los cuales está en funcionamiento mientras que otros se están instalando o están en desarrollo. Con excepción del sistema SPADE (equipo de asignación por demanda, acceso múltiple, PCM y un canal por portadora) utilizado en la red Intelsat, estos sistemas DAMA se han diseñado para servir redes domésticas vía satélite.

Este artículo está basado en un informe presentado al 3<sup>er</sup> Foro de Telecomunicación mundial, celebrado en Ginebra del 20 al 26 de septiembre de 1979.

Una evaluación comparativa de los sistemas DAMA requiere la definición cuidadosa de la aplicación, para tener en cuenta los adecuados factores de ponderación para todos los parámetros involucrados en pro o en contra. El sistema DAMA que aquí se describe se ha optimizado intencionalmente para redes domésticas vía satélite de rutas dispersas. Además, permanece competitivo en redes con una

sistemas de señalización, frecuentemente anticuados. Debido al gran número de destinos, que exceden ampliamente el número de canales disponibles por estación, el sistema DAMA se ha convertido en una necesidad para la mayor parte de los canales. Los equipos de canales preasignados que proporcionan los llamados interfaces o interconexiones para la posterior adición del equipo DAMA

Sistema DAMA optimizado para redes dispersas que emplea comunicación por satélite.



combinación de tráfico elevado, medio y de rutas dispersas.

### Requisitos de una red de rutas dispersas

Una red puede denominarse "de rutas dispersas" cuando se caracteriza por un alto grado de diseminación. En otras palabras, cuando la red está formada por un gran número de terminales, cada uno con un pequeño número de canales de un solo canal por portadora. Valores típicos de una ruta dispersa están en la región de un centenar o más terminales con uno a seis canales por terminal. La dispersión de una red puede expresarse adecuadamente mediante el factor de dispersión  $D$ , definido como el número de terminales de una red dividido por el número medio de canales por terminal. Por tanto, las redes concentradas tienen un factor de dispersión de aproximadamente uno. Un modelo de red, utilizado para determinar los parámetros del sistema DAMA en consideración, contenía hasta 440 estaciones con un total de 1800 canales, teniendo la mayor parte de los terminales una capacidad de tres canales. En este caso, de alta dispersión,  $D$  es mayor que 100.

Una segunda característica de una red de rutas dispersas que está directamente relacionada con su dispersión, es su conexión con los niveles jerárquicos inferiores de la red terrestre. Como resultado, el equipo de canales de la estación terrestre debe ser capaz de funcionar con diferentes

para mejorar las características del sistema, normalmente carecen de una capacidad completa de señalización.

En una red de rutas dispersas, la densidad de tráfico es pequeña. Las cargas medias de tráfico en la hora cargada para una dirección específica rara vez exceden de 0,2 E, ordinariamente debido a que los pequeños pueblos, los abonados aislados, los lugares gubernamentales o industriales remotos están atendidos con pequeña o ninguna concentración prioritaria de tráfico a través de centrales rurales o estructuras de conmutación tales como PABX. Por tanto, el factor de concentración de asignación según demanda (es decir, el número de terminales de canal equipados en un sistema dividido por el número de canales disponibles simultáneamente en el respondedor del satélite) puede fácilmente estar entre dos y cinco.

Una peculiaridad de las estaciones terrestres de las rutas que afecta a los requisitos del sistema DAMA es que no son atendidas. Esto significa que han de proveerse todas las características relacionadas con fiabilidad, autoverificación y supervisión central.

### Funciones del sistema DAMA

Las funciones que ha de realizar el sistema DAMA en una red servida por un satélite doméstico son similares a las ejecutadas por una central de conmutación interurbana o

de tránsito. Las estaciones terrestres o terminales que están enlazadas con la red telefónica convencional, conectada cada una de ellas a una central de conmutación, son el equivalente a troncales o enlaces interurbanos en ambas direcciones. El proceso, dentro del sistema DAMA, que controla la asignación de las frecuencias del respondedor y que provee, por tanto, un camino para las llamadas entrantes a través del sistema hacia sus destinos, constituye la conmutación real.

En un sistema DAMA optimizado, es importante definir el punto correcto dentro del sistema en el que cada función será físicamente implementada ya que el equipo está físicamente extendido sobre todo el país. Por tanto, es lógico que las funciones relacionadas con el enlace interurbano estén físicamente implementadas en los terminales, mientras que las relacionadas con la conmutación y supervisión sean las adecuadas para implementación centralizada.

Las diferencias más importantes entre los sistemas DAMA actuales tienen su origen en el grado de variación mediante el que se realizan las funciones específicas por el equipo centralizado. Por consiguiente, los sistemas DAMA se clasifican en centralizados o descentralizados. Un sistema descentralizado se caracteriza por el idéntico nivel de control de todos los terminales en lo que se refiere al funcionamiento de la red normal. Todos los terminales tienen que mantener un seguimiento de la ocupación real de frecuencias de manera que puedan definir un camino para sus llamadas entrantes. Cada terminal debe enviar información acerca de las últimas frecuencias asignadas para actualizar las tablas de estado de todos los demás terminales. La complejidad de estos terminales resulta evidente. Además, no hay necesidad funcional de tener un duplicado de la situación de la red en cada estación. Un considerable ahorro resulta con la centralización de control de asignación de las rutas en una estación principal que sea capaz de informar a los demás terminales de sus decisiones de direccionamiento cuando sea preguntada.

En el sistema desarrollado por Bell Telephone Manufacturing Company, una compañía belga de ITT, las funciones de la estación central están reducidas al accionamiento y control de la red, mientras que la inteligencia terminal es

suficientemente alta para manejar todas las situaciones de llamada posibles independientemente. En la tabla 1 se relacionan las funciones centralizadas y descentralizadas. El resultado de esta solución es una clara separación entre las funciones de la estación central y las funciones terminales, con un paso mínimo de información a través de estos límites. Por tanto, el establecimiento o desconexión de una llamada puede efectuarse intercambiando un simple mensaje entre las estaciones de control y remota. El tratamiento completo de una llamada requiere 240 bits de información de los cuales más de la mitad se dedican solamente a funciones de sincronización y de corrección de errores.

### Funciones descentralizadas

Las siguientes funciones operacionales las realizan los terminales mientras se realiza el procesado de la llamada. La secuencia se ilustra en la figura 1.

- En cualquier momento, el terminal es capaz de imitar un enlace como si estuviese conectada una central en vez de un enlace. Por tanto, la central telefónica conectada al terminal puede tomar el terminal, el cual proporcionará entonces el adecuado proceso de respuesta. Por consiguiente, la central que llama recibe una secuencia de señalización normal. El terminal simula funciones de señalización de línea (tales como señal de invitación a transmitir, congestión o indicación de bloqueo), envía señal de marcar e inicia la información de selección.
- En el momento en que se ha reunido toda la información necesaria para el adecuado direccionamiento de la llamada, el terminal transmite un mensaje de demanda de servicio a la estación central. Normalmente, la información de direccionamiento necesaria está contenida en el código del área del número marcado, en tanto que el código del área define exactamente una parte de la red territorial a la que puede accederse a través de uno o más terminales de redes vía satélite. La estación central responde con un mensaje dirigido al terminal que llama indicando disponibilidad de canal y de frecuencia en el terminal de destino, truncamiento del número marcado (no retransmisión del prefijo o parte de él, se requerirá en el futuro), indicación de tarifa de facturación y frecuencias de recepción y transmisión del canal terminal asignadas a la petición. Un mensaje similar indicando las frecuencias de transmisión y recepción, se envía hacia el terminal de destino. Al recibir el mensaje de asignación, ambos terminales involucrados se sintonizan a las frecuencias indicadas y realizan una rápida prueba de cumplimiento de todo el programa para verificar que el enlace ha quedado establecido.
- Ambos terminales están todavía simulando una central. El terminal que llama actúa como una central llamada con respecto a la central peticionaria. El terminal llamado, hasta ahora normalmente en reposo, comienza la simulación de una central llamante tomando la central a la que está conectada. Una vez establecido un enlace, el terminal que llama es conocedor del desarrollo del procedimiento de señalización en el lado de destino y a su tiempo repite la información de señalización ya expedida por la central que llama. La repetición tiene lugar a

Tabla 1 - Funciones centralizadas y descentralizadas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Funciones descentralizadas</i></p> <p>Simulación y protocolo de señalización<br/>Supervisión del canal de control y decodificación del mensaje<br/>Generación de mensajes<br/>Control sintetizador del equipo SCPC<br/>Autocomprobación</p>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p><i>Funciones centralizadas</i></p> <p>Operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- generación y decodificación de mensajes</li> <li>- determinación del encaminamiento y destino</li> <li>- asignación de frecuencias</li> <li>- cálculo de la tarifa de facturación</li> </ul> <p>Vigilancia, supervisión e intervención del operador</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- configuración de la red dinámica</li> <li>- análisis y vigilancia del tráfico</li> <li>- comprobación</li> </ul> |

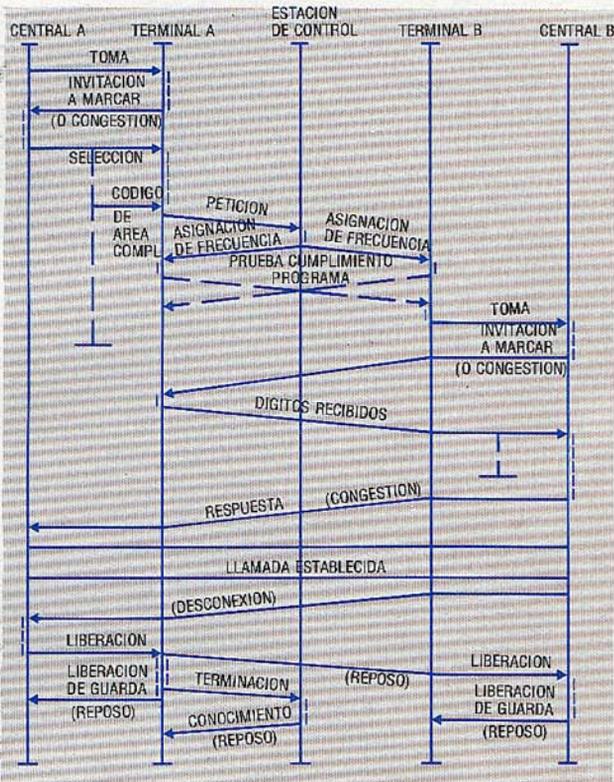


Fig. 1 Procedimiento para establecer la llamada en el sistema DAMA de BTM.

la máxima velocidad permisible y continúa hasta que las señalizaciones a ambas centrales están completamente sincronizadas. A partir de este momento, el enlace vía satélite es virtualmente transparente.

- Al final de la llamada, el enlace vía satélite queda liberado. Ambos terminales simulan los procedimientos correctos de desconexión y se envía un mensaje de terminación a la estación central.

Aparte de estas funciones relacionadas con la llamada, el equipo DAMA terminal realiza continuamente auto comprobaciones, mantiene seguimiento de los mensajes internos de la red y comprueba la autorización de acceso al canal de mensaje.

### Funciones centralizadas

En el sistema que consideramos, las funciones centralizadas son de dos clases. En primer lugar están las funciones relacionadas con el funcionamiento normal de la red. Debido a la alta capacidad de decisión de los terminales, éstas son, más o menos, funciones de utilidad general. A requerimiento de un terminal, la estación central puede investigar la disponibilidad de un canal de frecuencia, determinar la correspondencia de destino del prefijo del área contenido en sus tablas de memoria y verificar la disponibilidad del canal terminal de destino. Además, puede calcular el factor de tarifa de facturación asociado con el enlace.

Un segundo grupo de funciones está relacionado con la vigilancia de la red y la intervención y supervisión del operador. Tales funciones incluyen la asignación de diferentes prioridades a grupos de terminales, poner fuera de servicio a los terminales en casos de emergencia, como mal funcio-

namiento del terminal o saturación de la red, y la comprobación del funcionamiento correcto del terminal investigando las condiciones del bloqueo y alarma. Puesto que la cantidad de centralización es suficiente para proporcionar todos los datos de tráfico posibles, la estación central hace posible el análisis de tráfico de la red en funcionamiento. Especialmente durante las primeras etapas de ajuste de la red, estos resultados pueden contribuir a la optimización de la red final. La modularidad del equipo DAMA permite realizar cambios sin problemas en la distribución de canales.

### Canal de control de la red

La información que se ha de transferir de una estación a otra, tal como estado de la estación, demandas de servicio y asignaciones, mensajes de preparación previa y de control e indicación de señalización de línea antes del establecimiento del enlace de una llamada a las frecuencias asignadas ocupa una cierta anchura de banda del respondedor que difiere de un sistema DAMA a otro. Algunos sistemas utilizan una frecuencia portadora preasignada, en cuyo caso el canal de control de la red se denomina frecuentemente canal de señalización común. Otros sistemas utilizan diversas ranuras o intervalos de frecuencias para la transferencia de control de la red.

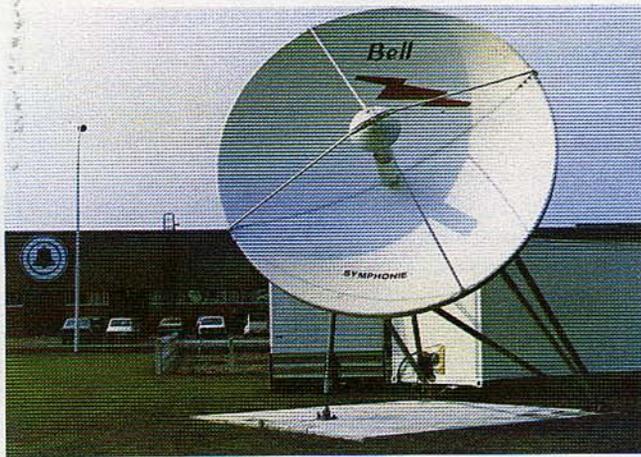
En contraste con otros sistemas, en el sistema DAMA de BTM no se prevé equipo alguno de canal de control común en los terminales. Todos los canales terminales tienen idéntico equipo que es completamente independiente. El equipo de canal de control se sustituye por un equipo de canal normal sintonizado a la frecuencia de reposo, que es una de las frecuencias de control de canal. De hecho, cada canal no asignado se sintoniza a su frecuencia de reposo que es una de las frecuencias de control de canal de la red. En esta situación, mantiene un seguimiento del flujo de la información entre los otros terminales y la estación central. Puede, en el instante adecuado, insertar sus propios mensajes y siempre detectar los mensajes que le son dirigidos. Cuando, durante el establecimiento de una llamada, el canal se asigna a frecuencias dedicadas, abandona la frecuencia de reposo, resultando insensible a toda información transferida en esa frecuencia. Normalmente, la terminación de una llamada inicia el retorno a la frecuencia de reposo. Después de un corto proceso de sincronización, el canal está de nuevo actualizado, prevaleciendo la situación de canal de control.

### Tratamiento de la información de control de la red

La manera más común de manejar la información de control de la red es sobre la base de acceso múltiple por división en tiempo. Un problema es que la duración de ciclo de invitación a transmitir o recibir depende del número de canales o terminales de la red que han de ser interrogados. Para una red con 1800 canales, la trama es excesivamente larga. Como la mayor parte de la información permanece invariable durante el ciclo y sólo hay que comunicar los cambios a las otras estaciones, no existen problemas. En un sistema de esta naturaleza, la dispersión en los retardos de propagación debido a las diferentes ubicaciones geográ-

ficas de los terminales debe tenerse en cuenta para la correcta sincronización.

En el sistema de BTM, el método de interrogación a las estaciones se sustituye por un método de interrupción y escucha entre señales. Aunque la velocidad del sistema no es extremadamente alta y está influida por la densidad de tráfico, es independiente del número de canales de la red. No se transfiere información ficticia alguna. Las interrupciones se generan con una cadencia determinada solamente por los terminales que están dispuestos para transmitir un mensaje y que están libres de condiciones de inhibición. Se hace necesario un procedimiento especial para regular el acceso o transmitir la autorización de una frecuencia de canal de control para evitar perturbaciones o deformaciones del mensaje por la transmisión simultánea desde diferentes terminales. El problema estriba en que un terminal particular sólo conoce la transmisión de un mensaje cuando se ha recibido, después de un tiempo correspondiente al re-



Antena utilizada con el sistema DAMA optimizado.

tardo de un bucle. Por tanto, cada terminal tiene que calcular todos los períodos posibles de ocupación del canal de control. Debe seguirse un procedimiento de sincronización para permitir que un terminal deduzca esto de su conocimiento de los hechos pasados.

### Estructuración de las funciones DAMA

Como se ha indicado anteriormente, el equipo terminal DAMA tiene una tarea relativamente compleja. Desde un punto de vista económico, puede parecer ilógico que no existan circuitos comunes para todos los canales terminales por lo que se refiere a las funciones DAMA. Por el contrario, cada canal tiene un controlador DAMA idéntico y completamente autocontenido. El único enlace entre canales es una señal que evita la transmisión de un canal averiado. Esta falta de equipo común aumenta la fiabilidad y modularidad del terminal. Por otra parte, cualquier equipo común necesitaría duplicación, que es una ventaja cuantificable para terminales equipados con hasta seis canales. Utilizando controladores DAMA independientes, cada canal puede utilizar un canal de control de red diferente, superando así eventuales problemas de saturación

local o de mal funcionamiento en cualquier frecuencia de control dada. En el peor caso, solamente un canal del terminal quedaría inactivo.

Por lo que respecta al número de canales en un terminal dado, la modularidad hace posible la elección por canal de preasignación o de asignación según demanda, sin modificación alguna. Un canal terminal previsto para funcionamiento DAMA puede convertirse a funcionamiento preasignado bien por control central del modo de canal o por extracción de la unidad DAMA.

Los circuitos DAMA específicos interaccionan con los circuitos de sólo preasignación mediante control remoto de los sintetizadores y por control y supervisión de la señalización de red tanto terrestre como vía satélite. Su función principal, además de la simulación de la condición de señalización y la interpretación de la señalización entrante, es el tratamiento de la información de control de la red.

El equipo DAMA consta principalmente de un microprocesador y un modem por desplazamiento de frecuencia. El microprocesador maneja hasta 60 señales de entrada/salida. El programa en tiempo real, compacto (con microprogramación cableada) y multioperacional, está contenido en 4 koctetos. Todas las características de canal pueden ajustarse mediante miniconmutadores en una tarjeta de circuito impreso. El modem por desplazamiento de frecuencia facilita la transmisión y recepción de los mensajes de control de la red. El hardware del sistema DAMA es fijo, independientemente del sistema telefónico terrestre. La modularidad dentro de programa DAMA permite el cambio de un sistema a otro con sólo reprogramar un simple chip de memoria.

### Conclusiones

El sistema DAMA desarrollado por BTM es poco convencional en sus soluciones, como son los pequeños terminales de apertura SCPC en los que está estructurado, ya que se asemejan a un transmisor de estado sólido. Se tiene la convicción de que tal sistema ofrece muchas ventajas, a pesar de su simplicidad. Su modularidad, bajo coste y fiabilidad lo hacen adecuado para funcionamiento no atendido o para uso en configuraciones dinámicas de redes. Su bajo coste de la estación central inicial que puede recuperarse ampliamente, su elevada capacidad de canales y su velocidad de servicio, que es independiente del tamaño de la red, lo hace adecuado tanto para redes grandes como para redes pequeñas. Sin embargo, su principal ventaja reside en su optimización para redes de rutas dispersas. Si este sistema prueba su mérito en los ambientes competitivos actuales, resultará ciertamente atractivo en el futuro ya que está concebido para aplicaciones venideras.

### Referencias

- [1] D. E. Weese: The Canadian Domestic Satellite Communication System - Present and Future: Proceedings of Intelcom 77 - 1st International Telecommunication Exposition, Atlanta, 9-15 octubre 1977, volumen 1, págs. 157-159.
- [2] W. P. Osborne, R. L. Smith y H. J. Stapor: SUDOSAT, the National Satellite Communications Systems for the Government of the Democratic Republic of the Sudan: Proceedings of Intelcom 77 - 1st International Telecommunication Exposition, Atlanta, 9-15 octubre 1977, volumen 1, págs. 160-168.

- [3] A. P.H. Djiwatampu: The Indonesian Satellite Communication System: Proceedings of Intelcom 77 - 1st International Exposition, Atlanta, 9-15 octubre 1977, volumen 1, págs. 170-189.
- [4] H. J. Gustin: Small Aperture Satellite Earth Stations for Domestic Thin-Route Applications: Proceedings of Intelcom 77 - 1st International Telecommunication Exposition, Atlanta, 9-15 octubre 1977, volumen 1, págs. 256-261, volumen 2, págs. 629-630.
- [5] V. K. Batra: Two Approaches to Demand Assignment of Telephone Channels in Satellite Communications: Proceedings of Intelcom 77 - 1st International Telecommunication Exposition, Atlanta, 9-15 octubre 1977, volumen 1, págs. 311 A-311 D.
- [6] W. H. Wolfe y W. P. Osborne: A DAMA System for Use in National Satellite Communication Systems: Proceedings of Intelcom 77 - 1st International Telecommunication Exposition, Atlanta, 9-15 octubre 1977, págs. 312-317.

Marc Moons nació en Amberes, Bélgica, en 1944. En 1970 se diplomó como ingeniero de telecomunicación en una escuela técnica de Amberes. Al año siguiente ingresó en la División de Transmisión de Radio de BTM

como ingeniero de desarrollo, donde se dedicó al diseño de circuitos de FI para equipos de radioenlaces de alta capacidad por microondas. En 1976 comenzó el desarrollo de estaciones terrestres SCPC de pequeña capacidad. En la actualidad tiene a su cargo el grupo de ventas de la compañía de estaciones terrestres para satélites domésticos.

Tom Tack nació en Amberes, Bélgica, en 1947. En 1971 se graduó en electrónica en la Universidad de Gante, donde luego fue profesor ayudante en el centro de ordenadores analógicos y del laboratorio para control automático. Después ingresó en Control Data Corporation como ingeniero de ventas para programas de aplicación y configuración de ordenador. En 1973 se incorporó a BTM donde trabajó en el departamento espacial. Después de participar en el proyecto Ariane como ingeniero de diseño, se le asignó al grupo de diseño de un simulador de transmisión para el sistema de comunicaciones MCDS. Luego pasó a ser miembro del grupo del laboratorio espacial antes de convertirse en jefe de proyecto del ISEE-B. Después de terminado este proyecto, en 1976, se hizo responsable, como ingeniero de sistemas, del diseño y estructuración del sistema DAMA para pequeñas estaciones terrestres de BTM para comunicaciones domésticas vía satélite.

## Oficinas Editoriales

La correspondencia relacionada con los diferentes versiones de Electrical Communication debe dirigirse al editor correspondiente:

Michael Deason  
Electrical Communication  
Great Eastern House  
Edinburgh Way  
Harlow, Essex  
England

René Thévin  
Revue des Télécommunications  
18-20 rue Grange Dame Rose  
78 140 Vélizy-Villacoublay  
France

Otto Grewe  
Elektrisches Nachrichtenwesen  
Hellmuth-Hirth-Straße 42  
7000 Stuttgart 40  
Deutsche Bundesrepublik

Juan Antonio Gómez García  
Comunicaciones Eléctricas  
José Ortega y Gasset, 22  
Madrid-6  
España

## Nuevas realizaciones

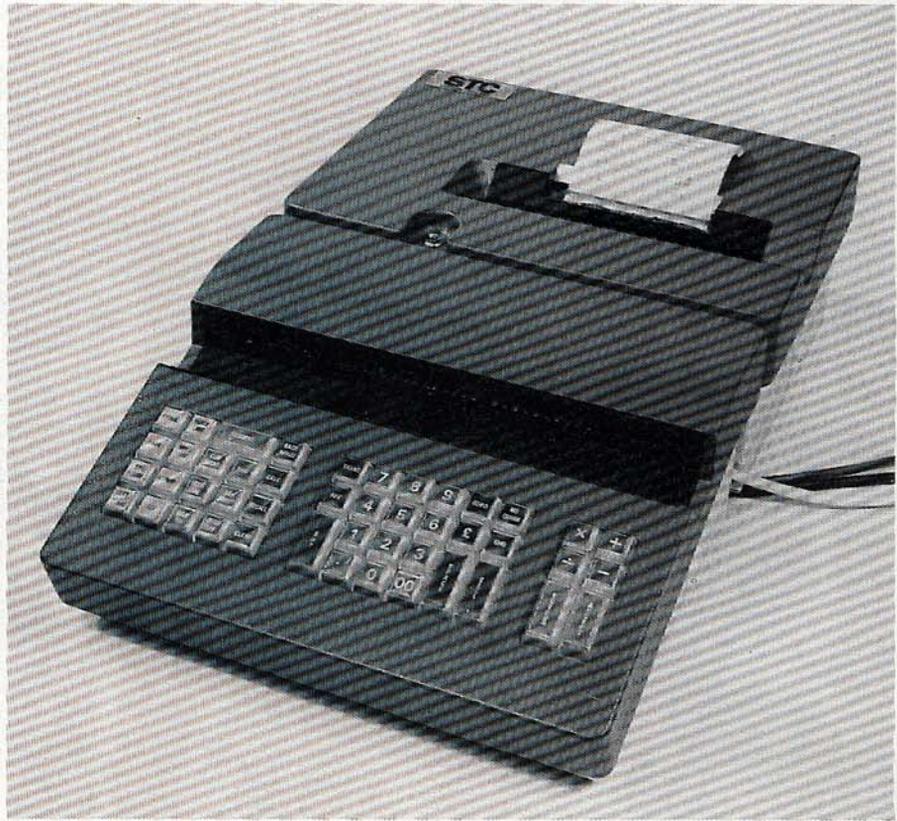
### Terminal para cambio de divisas en el aeropuerto de Heathrow

Hemos recibido recientemente, procedente de Ferranti, un pedido de 35 de nuestros nuevos terminales de transacciones e impresores, controlados por microprocesador. Estos equipos se utilizarán en dos avanzados sistemas de cambio de moneda extranjera que serán suministrados al Banco Barclays para la sucursal del aeropuerto de Heathrow, de Londres.

El sistema, en conjunto, comprende instalaciones independientes para tráfico de llegadas y salidas, en cada caso con un conjunto de 15 terminales, interconectados a través de un interfaz de 1200 bit/s con un ordenador Argus, serie 700, de Ferranti. Los terminales están controlados por un microprocesador Intel 8085 con 4 koctetos de memoria programable de sólo lectura y 1 kocteto de memoria de acceso aleatorio.

Este nuevo terminal de cambio de moneda puede operar con un máximo de 200 monedas diferentes, con transacciones en dinero, cheques o cheques de viaje. Las características de diseño incluyen:

- procedimiento automático de comienzo de operación/fin de operación para el terminal del cajero, e identificación,
- entrada de datos de transacción en libras esterlinas o en otra moneda,
- posibilidad de transacción múltiple,
- presentación en el terminal de los cambios de las monedas, balances y otros detalles,
- posibilidad de transferencia de divisas entre cajas,



El nuevo terminal de cambio de divisas desarrollado por STC que es un paso importante en la actual tendencia mundial hacia una "sociedad sin dinero".

- calculadora de cuatro funciones,
- alarma visual y sonora de clave ilegal,
- posibilidad de impresión externa.

La impresión se realiza por medio de una impresora que puede funcionar en modo unidireccional o bidireccional, de acuerdo con las exigencias de velocidad de impresión, con una máxima anchura de línea de 40 caracteres y copia duplicada con fines de referencia interna.

En general, el terminal está diseñado para simplificar el procedimiento contable y de cambio de moneda, con beneficios tanto para el cliente como para el cajero. Esta es la primera serie de producción de una serie de terminales que conducirán al cajero "sin dinero", permitiendo la transferencia electrónica de fondos, de forma rápida, exacta y fácil.

*Standard Telephones and Cables,  
Reino Unido*

### Sistema de intercomunicación para locales de negocios y viviendas

ITT Terryphone, de U.K., está comercializando ahora un nuevo sistema de intercomunicación barato, que actúa además como sistema de seguridad y de alarma, tanto para locales de negocios como para viviendas. El sistema consta de una unidad principal y de una a nueve subunidades, y puede instalarse fácilmente en diversas configuraciones. La unidad principal se conecta a la red, y las subunidades se conectan a ella utilizando solamente un

destornillador, que se suministra. Ambas unidades están acabadas en pintura color aluminio y negro, con tacos autoadhesivos en la base para permitir que las unidades puedan ser fijadas de forma permanente al pupitre, mesa o pared.

Tanto en la unidad principal como en las subunidades, es posible hablar sin más que pulsar un único pulsador. Cada subunidad puede ser llamada independientemente desde la unidad principal, o bien pueden llamarse todas las subunidades de forma simultá-

nea. Al apretar el botón de seguridad de autoenganchamiento, los ruidos no usuales producidos por el equipo, intrusos, niños, y otros, son registrados y transmitidos a otras partes de los locales. En pequeños negocios tales como edificios públicos, hoteles, tiendas y oficinas, el sistema de intercomunicación puede actuar además como un sistema de seguridad tras las horas de trabajo. En los hogares puede usarse también como una alarma de niños.

*ITT Terryphone, Reino Unido*

### Primer sistema de cable telefónico submarino en el Océano Indico

Nuestra División de Sistemas Submarinos ha recibido un importante contrato para el primer sistema de cable telefónico submarino que será tendido en el Océano Indico. Este sistema, de unos 2500 km (1350 millas náuticas), proporcionará 480 circuitos telefónicos entre Madras en la India y Penang en Malasia.

El enlace por cable Madras - Penang es la fase inicial del Indian Ocean Commonwealth Cable System (Sistema por Cable de la Commonwealth del Océano Indico) planificado por siete administraciones de telecomunicación de la Commonwealth: Overseas Communications Service (India), Jabatan Telekom (Malasia), Cable and

Wireless (Reino Unido), Overseas Telecommunications Commission Service (Sri Lanka), Overseas Telecommunications Commission (Australia), The Telecommunication Authority of Singapore (Singapur) y Teleglobe (Canadá).

Las factorías de Greenwich y Southampton de la División de Sistemas Submarinos de Standard Telephones and Cables son los responsables del diseño, fabricación e instalación del sistema completo. El sistema comprende 2500 km (1350 millas náuticas) de cable coaxial ligero de 2,51 cm (0,99 pulgadas), con 173 repetidores y 11 ecualizadores situados en el cable a intervalos regulares a lo largo de su longitud, y los equipos terminales asociados. La construcción del cable está basada en un miembro resis-

tente central de cable de acero, al que se forra a presión con el conductor interno de cobre. Sobre éste se construye un dieléctrico de polietileno que se rebaja hasta obtener el diámetro exacto. Alrededor del cable se pliega longitudinalmente el conductor externo de aluminio, que se cubre entonces con una cubierta exterior de polietileno extruido.

Para los tramos de aguas poco profundas, donde existe riesgo de daño, el cable ligero se recubre con hilos de acero galvanizado arrollados y colocados entre capas de polipropileno y compuestos bituminosos.

Este será el sistema número 21 de este tipo que instalará STC.

*Standard Telephones and Cables, Reino Unido*

### Pupitre de prueba de enlaces controlado por microprocesador

La Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques (CGCT) ha desarrollado un sistema de prueba de enlaces, independiente del sistema, para las centrales interurbanas METACONTA\* 11A de Bagnolet y Reims.

\* Marca registrada del sistema ITT

Una vez conectado el enlace a probar, el equipo es capaz de iniciar y supervisar distintos tipos de llamadas de prueba, dependiendo del tipo de enlace. Durante el proceso de llamada el equipo mide diferentes parámetros eléctricos de la línea. La llamada de prueba puede ser completamente automática o puede realizarse paso a paso bajo el control de un operador. Los parámetros de la llamada son fija-

dos previamente por el operador utilizando un diálogo hombre-máquina de alto nivel.

Este nuevo pupitre de prueba está controlado por un microprocesador que utiliza una programación en tiempo real, lo que le permite incorporar nuevos sistemas de señalización y otras características a medida que son necesarias. Los sistemas de señalización ya incluidos en el equipo son R2, CCITT n° 4 y 5 y Socotel.

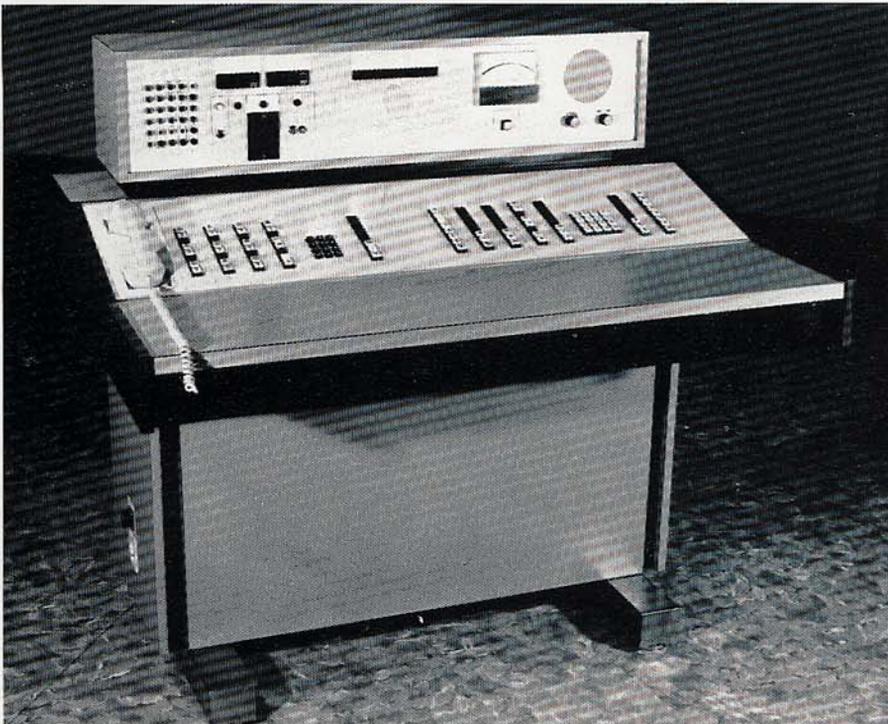
Entre las acciones y medidas que pueden llevarse a cabo en la línea se encuentran:

- envío de una o varias frecuencias de señalización a diferentes niveles,
- medidas de nivel de señales de CC y CA,
- envío de impulsos de señalización (secuencias programables),
- medidas de impulsos de señalización (polaridad, tensión, duración).

Un altavoz proporciona una indicación sonora de lo que ocurre en la línea. Desde el panel de operación puede accederse a todos los hilos del enlace que se está probando, para conectar equipos de medida especializados adicionales. Hasta un máximo de 10 líneas telefónicas están reservadas al operador para llamadas de servicio.

Todos los circuitos necesarios para realizar estas funciones están montados en la base del pupitre.

*Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia*



El nuevo pupitre de prueba de enlaces controlado por microprocesador desarrollado por CGCT.

**Quinta central METACONTA 11A para Finlandia**

La Vaasa Telephone Company nos ha encargado otra central METACONTA\* 11A; esta nueva central tendrá una capacidad de 8000 líneas de abonado y dará servicio a la ciudad de Huutoniemi. En la actualidad estamos instalando una ampliación de 320 enlaces para una central METACONTA 11A que fue puesta en servicio en mayo de 1977 para la misma compañía.

La central de Huutoniemi proporcionará diferentes categorías de abonados, y les ofrecerá todas o algunas de la amplia gama de facilidades disponibles en las centrales METACONTA 11A. Su puesta en servicio está programada para julio de 1981, en que se convertirá en la quinta central de este tipo que entrará en servicio en Finlandia.

*Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia*

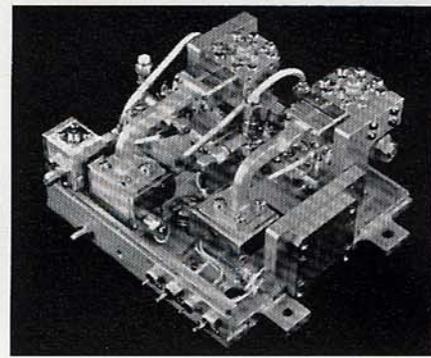
\* Marca registrada del sistema ITT

**Amplificador paramétrico para el Spacelab**

Hemos entregado recientemente un amplificador paramétrico diseñado para el experimento de captación remota de microondas que se va instalar en el Spacelab. Este amplificador paramétrico, cuya temperatura está controlada por un dispositivo de efecto Peltier, consta de dos etapas paramétricas en cascada.

Las principales características del amplificador son:

|                                                                   |                          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Frecuencia central                                                | 9,65 GHz                 |
| Anchura de banda a 1 dB                                           | > 300 MHz                |
| Temperatura de ruido                                              | < 160 K                  |
| Ganancia                                                          | 30 ± 0,5 dB              |
| Variación del retardo de grupo en 50 MHz                          | ≤ + 0,5 ns               |
| Punto de compresión (definido para variación de ganancia de 1 dB) | > -53 dBm                |
| Sobrecarga admisible                                              | > + 20 dBm onda continua |



Amplificador paramétrico para el experimento de captación remota de microondas que está programado para inclusión en el Spacelab.

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Consumo de potencia | 10 W              |
| Dimensiones         | 130 × 125 × 75 mm |
| Masa                | 1,6 kg            |

Este amplificador paramétrico ha sido completamente cualificado para su utilización en el espacio, incluyendo vibraciones (senoidales y aleatorias) y aceleración centrífuga.

*Laboratoire Central de Télécommunications, Francia*

**Generadores de ondas milimétricas de diodos Gunn**

Mediante la utilización de diodos Gunn es posible diseñar generadores de microondas de pequeño tamaño, de frecuencias superiores a 50 GHz. Nosotros hemos utilizado este principio en el desarrollo de osciladores que

funcionan en la banda de 25 a 50 GHz (longitud de onda entre 12 y 6 mm).

Un oscilador Gunn incorpora un diodo Gunn situado en una cavidad de cobre metalizado en oro. Esta cavidad contiene un tornillo con contratuerca para la sintonía mecánica de la frecuencia; en algunos modelos, un

diodo de reactancia variable permite la sintonía electrónica de la frecuencia de oscilación. El margen típico de frecuencia con sintonía mecánica es de ± 250 MHz, y con sintonía electrónica de ± 100 MHz.

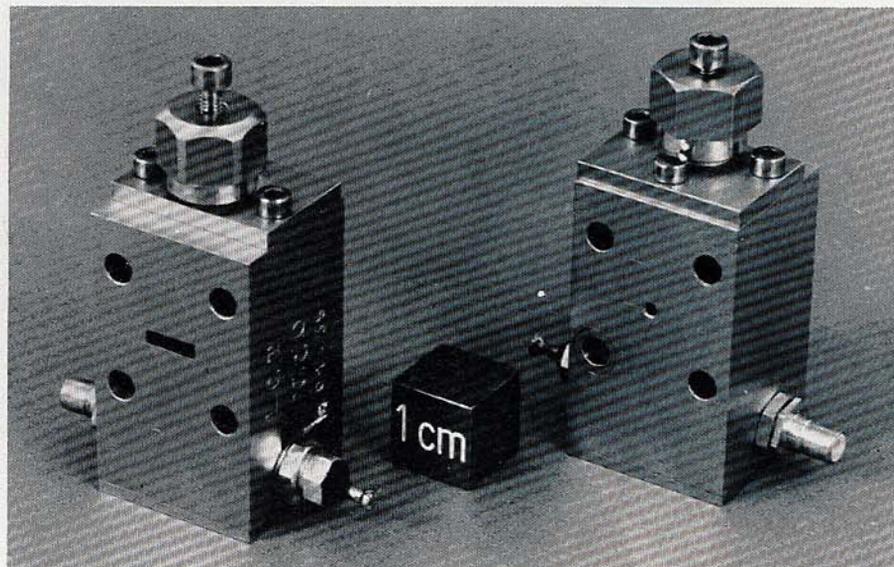
El tamaño de los osciladores varía de 15 a 30 cm<sup>3</sup> dependiendo de la frecuencia central, mientras que la potencia disponible puede variar de decenas a centenares de milivatios.

Estos generadores Gunn pueden utilizarse en una gran variedad de aplicaciones civiles o militares, entre las que se encuentran:

- osciladores locales para cualquier tipo de mezcladores,
- generadores de bombeo para amplificadores paramétricos,
- transmisores FM-PM (sólo con sintonía electrónica),
- dispositivos de enclavamiento de fase (sólo con sintonía electrónica),
- generadores de laboratorio.

El montaje mecánico ha sido especialmente diseñado para que cumpla con las especificaciones militares y espaciales.

*Laboratoire Central de Télécommunications, Francia*

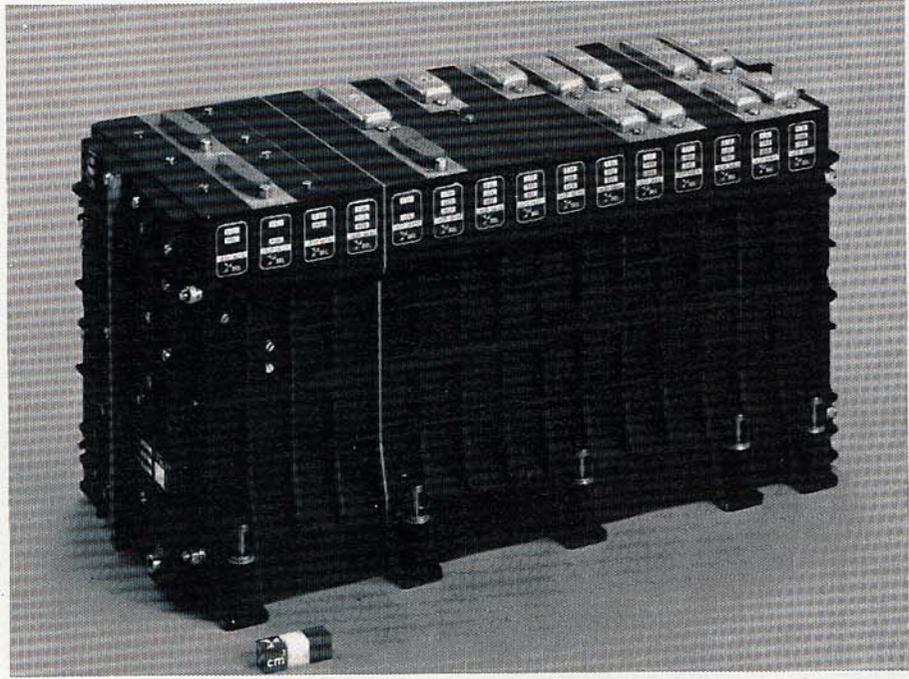


Nuevos osciladores Gunn, sintonizados electrónicamente, que funcionan en la banda de 25 a 50 GHz.

## Unidad de captación remota homologada para el Spacelab

Dentro del programa Spacelab que se está realizando por diversos países europeos en nombre de la Administración Europea del Espacio (ESA = European Space Administration), nosotros hemos desarrollado y fabricado la unidad de captación remota que conecta la carga útil y los subsistemas con el sistema de dirección de datos y órdenes.

Bajo el control de un procesador central, la unidad de captación remota capta datos o distribuye órdenes a través de un bus dedicado. Las señales captadas por la unidad de captación remota se presentan al procesador central a través de un segundo bus. Las señales analógicas y digitales pueden ser procesadas y transferidas a la salida, ya sea individualmente o en bloques, a través de 128 entradas flexibles. 64 órdenes estáticas de encendido/apagado pueden utilizarse para conmutar las facilidades de la carga útil. Una ampliación de la unidad de captación remota, especialmente prevista para los experimentos del Spacelab, proporciona cuatro canales de transmisión de datos en serie en cada dirección. El reloj de temporización del usuario entrega un impulso de reloj de alta estabilidad a cuatro usuarios, para proporcionar una referencia de tiempo exacta para diversos procesos experimentales. La unidad de captación remota funciona a partir de una



La unidad de captación remota desarrollada por SEL para el programa Spacelab; esta unidad ha completado recientemente de forma satisfactoria las pruebas de cualificación.

fuente de 28 V y consume entre 15 y 35 W, dependiendo del modo de funcionamiento.

Como estará expuesta a condiciones espaciales y en algunas misiones del Spacelab estará montada cerca de los reactores de aceleración del Space Shuttle (lanzador espacial), la unidad de captación remota tuvo que someterse a las correspondientes severas pruebas ambientales. Estas pruebas de cualificación, que incluyen una prueba

de vibración de alta energía de una hora de duración, se han completado ahora satisfactoriamente.

Hasta el momento se han fabricado 16 unidades de captación remota para el primer modelo de vuelo del Spacelab; se están construyendo unidades adicionales para posteriores modelos de vuelo.

Standard Elektrik Lorenz,  
República Federal de Alemania

## Concentrador de líneas de abonado

El PTT francés nos ha adjudicado un contrato de desarrollo para el diseño de un nuevo concentrador de líneas de abonado. El equipo, que está controlado mediante un microprocesador, puede concentrar hasta 160 líneas (de 0,08 E) sobre 28 enlaces. Está basado en una red de conversación a 2 etapas, con concentración espacial, utilizando el miniconmutador METABAR\*.

Este concentrador de líneas funciona con todos los tipos de aparatos de abonado (de disco, de teclado, de baja corriente, etc.) y es completamente transparente a la central a la que se conecta. El extremo distante se ali-

menta remotamente desde el extremo local. La utilización de un microprocesador permite visualizar una amplia gama de datos operacionales (estadísticas de llamada, etc.) y proporciona poderosos programas de pruebas que permiten localizar los fallos a nivel de placa en la mayor parte de los casos.

El prototipo se entregará para pruebas en mayo 1980, estando programada la producción para finales de este año.

*Compagnie Générale de Construction Téléphoniques, Francia*

## Nuevos contratos para Dakar

Recientemente hemos puesto en servicio en Dakar, Senegal, una central combinada local/tránsito nacional.

Esta central, con 18.000 abonados y 800 circuitos interurbanos, es uno de los más importantes complejos telefónicos de África.

La puesta en servicio de la central, que comprendió la conexión de 14.000 abonados de centrales ya existentes, el cambio del esquema de numeración de 5 a 6 cifras, la modificación del sistema de señalización y la introducción de tarificación por tiempo para las llamadas locales, se realizó sin ninguna interrupción importante del servicio.

Esta última central eleva a 20.500 el número de líneas que hemos instalado en Senegal. Los pedidos actualmente existentes aumentarán este número en 3000 líneas en los dos próximos años.

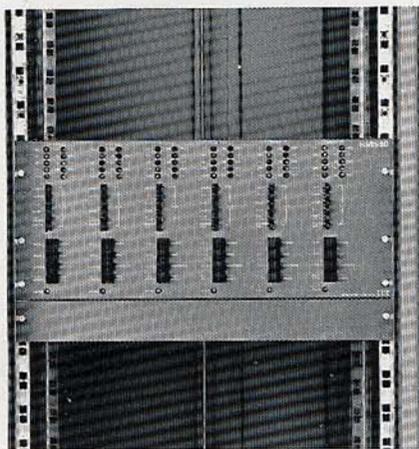
*Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia*

\* Marca registrada del sistema ITT

### Modems de datos montados en un bastidor, RMS 80

En espacios limitados para máquinas de oficina en los que es necesario utilizar muchos modems, la ubicación de los modems puede ser un problema importante. Para salvar este problema, hemos desarrollado un sistema sencillo, desmontable y que ahorra espacio, para los modems de datos 2082, 2083 y 2084. Este sistema consiste en un armario con espacio para seis modems que puede montarse en un bastidor estándar de 19 pulgadas o en uno de nuestros armarios para modems (ver fotografía).

Una ventaja importante del sistema es que se utilizan modems estándar.



Armario de modems de SRT equipado con un solo armazón que contiene seis modems.

Las unidades enchufables de los modems se introducen verticalmente en el armazón por la parte posterior. La parte frontal del armazón posee unas ventanas por las que sobresalen los conmutadores de control, los conmutadores de pruebas y los indicadores LED cuando el modem está completamente insertado.

Los armazones de 19 pulgadas pueden montarse en bastidores de diferentes alturas para un máximo de tres, cuatro o seis armazones. El acceso a las unidades se consigue fácilmente por medio de puertas frontales y posteriores bloqueables.

*Standard Radio & Telefon, Suecia*

### Enlace transatlántico de telecomunicaciones TAT-7

Hemos recibido un importante contrato para la fabricación de más de 2800 millas náuticas (unos 5195 km) de cable submarino y los equipos terminales para el sistema de cable submarino de telecomunicaciones TAT-7, que se va a tender entre Europa y Estados Unidos de América. Este sistema ha sido encargado por 20 naciones: Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y otras 17 naciones europeas.

El sistema TAT-7 (sistema transatlántico número 7) cuya terminación está programada para 1983, conectará Lands End, en la costa inglesa, con Tuckerton, Nueva Jersey, En los Estados Unidos; una distancia de 3410 millas náuticas (unos 6327 km). Tendrá una capacidad de 4200 conexiones simultáneas para transmitir llamadas telefónicas, datos de ordenadores y mensajes télex. Este nuevo cable transatlántico es necesario para cubrir el continuo crecimiento, del 15-20% anual, del tráfico de telecomunicación entre Estados Unidos y Europa, y en especial entre los Estados Unidos e Inglaterra, la ruta transoceánica de telecomunicación más ocupada del mundo.

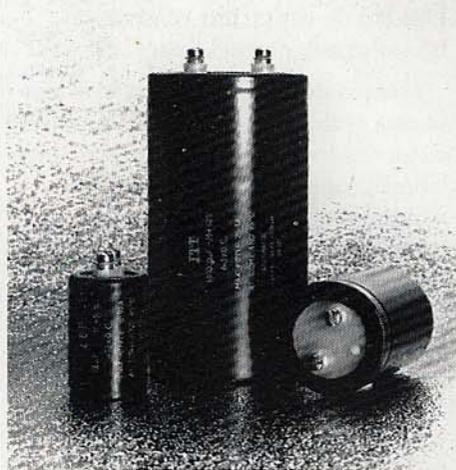
El cable será fabricado en nuestra fábrica de cables submarinos de Southampton, que es la mayor del mundo. Será cargado directamente en el barco cablero Long Lines en los muelles de Southampton.

*Standard Telephones and Cables, Reino Unido*

### Condensador electrolítico de aluminio de técnica ultramoderna

Acabamos de lanzar al mercado el más avanzado condensador electrolítico de aluminio tipo I, actualmente disponible. Es el primer condensador de nuestra nueva fábrica de Wrexham.

La gama ITT KS 10A cumple totalmente con la especificación BS 9078 F0009 que es más exigente que la especificación BS 9078 N002.



Condensadores típicos de la nueva gama de avanzados condensadores electrolíticos KS 10A tipo I, recientemente lanzado al mercado por ITT Components Group.

La gama de estos condensadores alcanza hasta 330.000  $\mu\text{F}$ , con tensiones hasta 450 V.

La introducción de esta nueva gama de condensadores tipo I significa que ya no es necesario, para los ingenieros de diseño, buscar compromisos al seleccionar condensadores electrolíticos de alta calidad. Estos nuevos condensadores han sido probados con corriente rectificadora sin filtrar aplicada a la tensión de régimen, a 85 °C, durante más de 2000 horas. Al final de este período, el cambio de capacidad fue inferior al 15%, la tangente de pérdidas permaneció dentro de 1,3 veces el límite inicial, y la fuga de continua permaneció dentro del límite especificado.

Los condensadores KS 10A tipo I se suministran en catorce tensiones normalizadas que van desde 6,3 V a 450 V CC, todos ellos con una gama de temperaturas de funcionamiento que van de -40 a +85 °C. Poseen una construcción totalmente soldada, cumpliendo las exigencias de corriente del British Post Office, y una expectativa de vida mínima de 10.000 horas. El aislamiento resistirá 1000 V aplicados entre el manguito de aislamiento y los terminales.

*ITT Components Group Europa, Reino Unido*