



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

E.731

(10/92)

**RED TELEFÓNICA Y RDSI
CALIDAD DE SERVICIO, GESTIÓN
DE LA RED E INGENIERÍA DE TRÁFICO**

**MÉTODOS PARA DIMENSIONAR RECURSOS
QUE FUNCIONAN EN MODO CONMUTACIÓN
DE CIRCUITOS**



Recomendación E.731

PREFACIO

El CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Plenaria del CCITT, que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiarse y aprueba las Recomendaciones preparadas por sus Comisiones de Estudio. La aprobación de Recomendaciones por los miembros del CCITT entre las Asambleas Plenarias de éste es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 2 del CCITT (Melbourne, 1988).

La Recomendación E.731 ha sido preparada por la Comisión de Estudio II y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 2 el 30 de octubre de 1992.

NOTAS DEL CCITT

- 1) En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una Administración de telecomunicaciones como una empresa privada de explotación reconocida de telecomunicaciones.
- 2) En el anexo A, figura la lista de abreviaturas utilizadas en la presente Recomendación.

© UIT 1993

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

**MÉTODOS PARA DIMENSIONAR RECURSOS QUE FUNCIONAN
EN MODO CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS**

(1992)

1 Introducción

Esta Recomendación proporciona métodos para dimensionar recursos que operan en modo conmutación de circuitos en la RDSI.

Propone la utilización de los métodos de dimensionado tradicionales en telefonía complementados con técnicas específicas que deben utilizarse para aquellos aspectos de la RDSI que varían ampliamente con respecto a los modelos de tráfico telefónico tradicionales. Se proporcionan técnicas para los siguientes aspectos de la RDSI.

- conexión multintervalo;
- métodos de protección de servicio;
- negociación de atributos;
- reserva de servicios;
- conexiones multipunto.

2 Evolución de los métodos de dimensionado de redes

2.1 Modelado del tráfico telefónico

Todos los procedimientos de dimensionado de redes telefónicas se basan en modelos matemáticos que se aproximan al comportamiento estadístico del tráfico telefónico de grandes poblaciones. Estos modelos permiten una caracterización sencilla de la demanda de tráfico y un dimensionado fácil de las redes mediante la adopción de hipótesis simplificadoras en los aspectos siguientes:

- carácter estacionario del proceso de tráfico durante el periodo de referencia;
- tiempos entre llegadas de los intentos de llamada;
- tiempos de ocupación de las llamadas;
- relación del usuario ante intentos de llamada bloqueados o demorados;
- dependencia de los intentos de llamada y de los tiempos de ocupación con respecto al estado de la red y a otros intentos de llamada.

Por ejemplo, en la fórmula más comúnmente utilizada, la de Erlang para pérdidas, (o fórmula de llamadas perdidas de Erlang) se hacen las siguientes suposiciones:

- proceso de tráfico estacionario durante el periodo de referencia;
- llegada poissoniana de los intentos de llamada;
- distribución general de los tiempos de ocupación de las llamadas;
- las llamadas bloqueadas no provocan reintentos;
- independencia de los intentos de llamada y los tiempos de ocupación con respecto al estado de la red y a otros intentos de llamada.

Estas suposiciones no son descripciones reales del comportamiento de llamantes individuales, pero dan lugar a patrones estadísticos que se han observado experimentalmente que aproximan fielmente a la agregación de flujos de tráfico en las redes telefónicas reales.

La historia del dimensionado de redes telefónicas puede verse fundamentalmente como la extensión de unos pocos modelos de tráfico básicos a una gama cada vez más amplia de aplicaciones, extensión que incluye el desarrollo de técnicas para sustituir situaciones no totalmente consecuentes con los modelos básicos por situaciones «equivalentes» que permitan continuar aplicando las mismas técnicas.

Las Recomendaciones de la serie E.520 proporcionan métodos de dimensionado de redes telefónicas basados en el modelado tradicional de tráfico.

2.2 *Impacto de la RDSI (modo conmutación de circuitos)*

Las RDSI de banda estrecha evolucionarán a partir de la RTPC, y la estructura básica de la red para el modo conmutación de circuitos será idéntica a la de la RTPC.

Sin embargo, muchas RDSI ofrecerán servicios con conmutación de circuitos con modos de explotación que se aparten de las hipótesis que fundamentan los modelos de tráfico telefónico tradicionales. Por ejemplo los servicios multintervalo requieren diferentes cantidades de recursos de red para diferentes intentos de llamada, aspecto que no se considera en los modelos de tráfico telefónico tradicionales.

Las tecnologías que se están introduciendo conjuntamente con la RDSI pueden dar lugar igualmente a nuevos patrones de tráfico. Por ejemplo, los terminales de repetición automática junto con la señalización rápida de la red pueden dar lugar a una secuencia de intentos de llamada muy poco espaciados y correlacionados, que no pueden ser representados por las hipótesis de independencia de los modelos tradicionales del tráfico telefónico.

2.3 *Evolución del dimensionado de la RDSI*

La RDSI es un concepto abierto y flexible con una amplísima gama de posibilidades de desarrollo. Muchos de los servicios y características actualmente identificados podrían no tener nunca una penetración importante, mientras que nuevos servicios y características aún no descritos podrían predominar en la futura evolución de la RDSI. En esta situación, no deben introducirse nuevos modelos de tráfico hasta que la experiencia real indique que el comportamiento del sistema es así modelado con suficiente aproximación.

Esta Recomendación expone técnicas de dimensionado específicas que deben utilizarse para servicios y características que presentan gran variación con respecto a los modelos de tráfico telefónico tradicionales, y se prevé que afecten al menos a los requisitos de recursos en parte de las RDSI. Las decisiones sobre cuándo y cómo aplicar estas técnicas en las estructuras RDSI en evolución serán un importante desafío para los especialistas de ingeniería de tráfico de las distintas Administraciones.

3 **Conexiones multintervalo**

3.1 *Grupo de circuitos completamente dividido*

Considérese un grupo de circuitos que atiende a M componentes de tráfico independientes, con diferentes tasas de llegada, tiempos de ocupación y velocidades binarias (es decir, con diferentes necesidades de ancho de banda o de número de circuitos por llamada). Una llamada de la componente m necesita d_m circuitos para cursar. El método directo para conseguir los grados de servicio especificados para los distintos componentes de tráfico es dividir el grupo total de circuitos en M partes. Cada parte se dedica a su componente de tráfico correspondiente.

Cada parte debe dimensionar de forma que se cumplan los objetivos de grado de servicio (GOS, *grade of service*) de su componente de tráfico correspondiente. Los métodos tradicionales de dimensionado descritos en las Recomendaciones de la serie E.520 pueden utilizarse para calcular el número necesario circuitos. Este cálculo no debe tener en cuenta el ancho de banda requerido d_m , sino que debe basarse en el tráfico definido como $A'_m = \lambda_m \cdot h_m$, siendo λ_m la tasa de llegada de llamadas y h_m el tiempo de ocupación (véase el § 3.5 de la Recomendación E.712). Por consiguiente, el número de circuitos requerido C_m para la parte m del tráfico se expresa como sigue:

$$C_m = N_m \cdot d_m$$

donde N_m es el valor calculado utilizando los métodos descritos en las Recomendaciones de la serie E.520.

El número total de circuitos C viene dado por la suma de los dedicados a cada componente de tráfico.

$$C = \sum_{m=1}^M C_m$$

3.2 *Grupos de circuitos compartidos*

Considérese un grupo de circuitos que puede acomodar M componentes de tráfico independientes. El grupo total de circuitos se comparte completamente por todas las componentes. En el caso de que no haya tráfico de desbordamiento, las probabilidades de estado tienen la forma producto [1]. A fin de determinar el número mínimo de circuitos necesarios para conseguir los objetivos de GOS especificados para los diferentes componentes de tráfico, la probabilidad de bloqueo de cada componente puede calcularse a partir de las probabilidades de estado. El grupo total de circuitos se debe dimensionar utilizando los métodos descritos en la Recomendación E.526 y en [1], [2], [3], [4], [5] y [6].

Obsérvese que el ahorro en el número de circuitos requeridos que produce la compartición de recursos depende del número de componentes de tráfico diferentes, de su velocidad binaria de la intensidad de tráfico y de los requisitos de GOS. De aquí, que el grupo de circuitos completamente dividido, descrito en el § 3.1 pueda requerir menos circuitos que el grupo compartido si las componentes de tráfico de diferente velocidad binaria tienen requisitos de GOS bastante diferentes.

3.3 *Restricciones en la elección de circuitos*

Para el caso de que se requiera que todos los intervalos de tiempo de una llamada multintervalo estén en un mismo subgrupo de circuitos, por ejemplo, en un mismo agregado múltiplex de velocidad primaria, se muestran en [2], [4], [7] y [8] métodos para calcular los valores de bloqueo cuando no hay tráfico de desbordamiento.

En algunos sistemas las llamadas multintervalo deben ocupar intervalos adyacentes. Con estas restricciones de elección, los cálculos de bloqueo precisos y el dimensionado dependen de cada situación concreta y quedan en estudio.

4 **Métodos de protección del servicio**

4.1 *Métodos disponibles*

Es evidente que en un grupo de circuitos de disponibilidad total, el tráfico con menor velocidad binaria suele tener mejor GOS que el tráfico con velocidad mayor [9]. Para disminuir el bloqueo del tráfico con mayor velocidad binaria, y en general, para controlar el bloqueo de todas las componentes de tráfico, es posible aplicar métodos de protección del servicio. Los siguientes métodos de protección son adecuados para la RDSI y se basan en las partes correspondientes de la Recomendación E.525:

- reserva de circuitos (también denominado limitación por suma), en la que el acceso de cada componente de tráfico no está permitido cuando el número total de circuitos ocupados es superior al umbral que tiene asignado;
- circuitos virtuales (también denominado limitación por clases), en el que el número de circuitos ocupados por cada componente de tráfico no puede ser superior al límite que tiene asignado.

4.2 *Evaluación y dimensionado*

4.2.1 *Reserva de circuitos*

En este tipo de protección de servicio, el número total de circuitos del grupo y los parámetros de reserva de circuitos deben también determinarse de forma que se alcance el objetivo de GOS. En el caso de que no haya desbordamiento, existen algoritmos de cálculo de bloqueo eficaces y métodos para optimizar los valores de los parámetros de reserva [3], [4], [10], [11], [12].

Para grupos de circuitos que cursan tráfico de desbordamiento se indican en [6] algoritmos para calcular los valores de bloqueo de cada componente y teniendo en cuenta algunas estrategias de reserva. Los métodos para el cálculo de los parámetros óptimos de reserva de circuitos quedan en estudio.

4.2.2 *Circuitos virtuales*

En este tipo de protección de servicio, las probabilidades de estado siguen teniendo la forma producto si los procesos de llegada son procesos poissonianos independientes. Existen métodos para el cálculo del número mínimo de circuitos necesarios para alcanzar los criterios de GOS y los parámetros óptimos de circuitos virtuales en el caso de que no exista desbordamiento [13]. El caso de los grupos de circuitos que cursan tráfico de desbordamiento queda en estudio.

4.3 *Características de funcionamiento*

Antes de evaluar las características de funcionamiento de los métodos de protección de servicio para el tráfico RDSI habrá que efectuar estudios adicionales.

5 **Negociación de atributos**

La RDSI ofrece la posibilidad de negociación entre el usuario y el proveedor del servicio o proveedor de red de los atributos del servicio. Algunas Administraciones pueden desear introducir esta facilidad; este punto presenta el modo de evaluar la repercusión de la negociación en el GOS y, para los casos en que esta repercusión es significativa, el modo de revisar el dimensionado. Sólo se considerará la negociación de las características de conexión de una demanda de llamada, es decir, de aquellos atributos de servicio definidos y enumerados en el § 2.2 de la Recomendación E.711 y que son significativos desde el punto de vista del tráfico.

Si la red no puede aceptar el servicio solicitado por el usuario, puede producirse negociación y, como consecuencia, atenderse una llamada, con algunas características de conexión diferentes de las inicialmente solicitadas. Así, la negociación permite que sea atendida una llamada que sin negociación sería bloqueada. Por consiguiente, la negociación aumenta el tráfico cursado por la red y, por tanto, aumenta las probabilidades de bloqueo de todas las llamadas.

La repercusión de la negociación de los servicios por demanda se considera en este punto, y la de los servicios reservados en el § 6.

Los valores de algunas características de conexión, como por ejemplo, la capacidad de transferencia de información, pueden afectar a la elección del grupo de circuitos que ha de utilizar la llamada, como se indica en el § 3.2 de la Recomendación E.712. Por el contrario, el valor de otras características de la conexión, como por ejemplo, la velocidad de transferencia de información, sólo pueden afectar al número requerido de circuitos de un determinado grupo.

5.1 *Características de la conexión que afectan a la elección del grupo de circuitos*

Si una llamada no puede ser cursada por el grupo de circuitos requerido de acuerdo con las características de conexión solicitadas por el usuario, la red puede dar la oportunidad de cursar la llamada por otro grupo de circuitos si el usuario acepta el cambio de características de la conexión que ello supone. Así, la red puede actuar con arreglo a un esquema de desbordamiento, con un grupo de circuitos de primera elección y sus grupos de circuitos de elección subsiguiente para cada conjunto de características de conexión solicitadas. Las probabilidades de que el usuario acepte los cambios de las características de la conexión que supone el desbordamiento a otros grupos de circuitos (o por el contrario, renuncie a la llamada si no puede ser cursada por los grupos de circuitos de elección anterior) tienen que ser consideradas en la evaluación. Una aproximación razonable cuando se desconocen estas probabilidades es considerarlas igual a uno. La evaluación de la repercusión en las probabilidades de bloqueo, y si es necesario, la revisión del dimensionado debe efectuarse con los métodos descritos en las Recomendaciones de la serie E.520.

5.2 *Características de la conexión que afectan al número de circuitos requeridos por una llamada*

Según el § 3.3 de la Recomendación E.712, el número de circuitos requerido por una llamada depende de la velocidad de transferencia de información y de la configuración de la comunicación (punto a punto o multipunto). Se considera aquí la negociación de la velocidad de transferencia de información, mientras que la negociación de la configuración de la comunicación se considera en el § 7.

Considérese un grupo de C circuitos que sirven a M componentes de tráfico independientes, caracterizada cada una de ellas por una tasa de llegada, λ_m , un tiempo de ocupación, h_m , y un número de circuitos requeridos por llamada, d_m . Se admite compartición completa del grupo por todas las componentes del grupo. (En el caso de división completa del grupo de circuitos en subgrupos, con cada subgrupo atendiendo a una componente de tráfico, es aplicable lo expuesto en el § 5.1).

En caso de que no haya tráfico de desbordamiento ni negociación, las probabilidades de estado presentan la forma producto [1] y pueden evaluarse por la fórmula recurrente:

$$Q(n) = \sum_{m=1}^M, \frac{\lambda_m \cdot h_m \cdot d_m}{n} \cdot Q(n - d_m)$$

donde $Q(n)$ es la probabilidad de que estén ocupados n circuitos.

La probabilidad de bloqueo para las componentes m , B_m viene dada por:

$$B_m = \sum_{n=C-d_m+1}^C, Q(n)$$

Considérese ahora que existe negociación. Si se ofrece una llamada de la componente m , y sólo existen k circuitos libres, siendo $k < d_m$, la red da la oportunidad de cursar la llamada con sólo con k circuitos. Definamos $\pi_{m,k}$ como la probabilidad de que el usuario acepte esta oportunidad. (Si se desconoce $\pi_{m,k}$, podría considerarse igual a 1 como aproximación pesimista.) Las probabilidades de estado, $Q'(n)$, con este tipo de negociación pueden estimarse a partir de las probabilidades sin negociación, $Q(n)$, mediante la siguiente fórmula aproximada:

$$Q'(n) = \frac{Q(n)}{1 + EB} \quad \text{para } n < C$$

$$Q'(C) = \frac{Q(C) + EB}{1 + EB}$$

siendo

$$EB = \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{d_m-1} \frac{\lambda_m \cdot h_m \cdot k \cdot \pi_{m,k}}{n} \cdot Q(n - k)$$

Si el cambio de los d_m circuitos solicitados por sólo k circuitos afecta al tiempo de ocupación de la llamada, que pasa a ser $h'_{m,k}$ en lugar de h_m , h_m debe sustituirse por $h'_{m,k}$ en la fórmula anterior.

La probabilidad, B'_m , de que una llamada de la componente m no pueda obtener los d_m circuitos inicialmente solicitados es:

$$B'_m = \sum_{n=C-d_m+1}^C, Q'(n)$$

Obsérvese que B'_m es mayor que B_m ; por tanto, la negociación aumenta la probabilidad de cursar una llamada (con un ancho de banda igual o inferior al solicitado), pero disminuye la probabilidad de cursarla con el ancho de banda inicialmente solicitado. Desde el punto de vista de los usuarios o servicios que no puedan aprovecharse de la negociación (porque no pueden aceptar una reducción de ancho de banda), la probabilidad de bloqueo ha aumentado sin tener ninguna compensación. En principio este aumento debería evitarse pero, según sea el aumento producido en cada caso, la Administración debe decidir si merece la pena revisar el dimensionado.

6 Reserva de servicios

Algunos servicios (videoconferencia, comunicaciones de datos, etc.) pueden proporcionarse, exclusivamente o no, con reserva anticipada: los usuarios reservan previamente los recursos de red necesarios para una llamada programada mediante un diálogo preliminar con un centro de reserva. Tanto el usuario como el proveedor de red pueden tener motivos para utilizar servicios de telecomunicación con reserva anticipada. El primero consigue de este modo un servicio garantizado para llamadas programadas, y el segundo puede ofrecer más fácilmente servicios a alta velocidad binaria ($6, 24$ ó 30×64 kbit/s), que, en muchos casos, no podrían ofrecerse por demanda.

La petición del usuario puede caracterizarse por los siguientes parámetros [3]:

- el instante inicial (T) y la duración (D) del tiempo reservado;
- el ancho de banda requerido (d).

Si el sistema no puede aceptar la reserva tal como es solicitada, podría llevarse a cabo una negociación sobre valores de estos parámetros.

Los recursos requeridos pueden ser dedicados sólo a servicios por reserva o ser también compartidos por los servicios por demanda.

6.1 Recursos dedicados y ausencia de negociación

La antelación del aviso, definido como el periodo comprendido entre el instante de la petición de reserva y el instante de comienzo deseado, es una característica esencial de la reserva. No existen aún especificaciones sobre los requisitos de grado de servicio para los servicios con reserva en las Recomendaciones de la serie E.720. Puede suponerse que las especificaciones estarán relacionadas con los parámetros B y $R(\tau)$ o $R'(\tau)$ definidos como sigue:

B : probabilidad de bloqueo de una llamada cuya reserva ha sido aceptada;

$R(\tau)$: probabilidad de rechazo de una petición de reserva formulada con un intervalo de aviso igual a τ ;

$R'(\tau)$: probabilidad de rechazo de una petición de reserva formulada con un intervalo de aviso mayor que o igual a τ .

En el caso de recursos sólo dedicados a servicios de reserva, B es igual a cero.

La investigación sobre el efecto de la antelación del aviso ha llevado a la conclusión [14] de que la calidad de funcionamiento del sistema es independiente del valor medio del intervalo de aviso (de la población completa de solicitudes). Esto significa que, por ejemplo, dos distribuciones de intervalos de aviso $G_1(x)$ y $G_2(x)$, tales que $G_1(x) = G_2(x - c)$, siendo c una constante, conducen a probabilidades de rechazo de la petición de reserva $R_1(\tau)$ y $R_2(\tau)$ respectivamente tales que $R_1(\tau) = R_2(\tau - c)$.

Sin embargo, el funcionamiento del sistema depende de la varianza del intervalo de aviso. Si el intervalo de aviso es constante, el sistema se comporta como si trabajara con servicios por demanda. Deben utilizarse los mismos métodos de dimensionado para servicios por demanda. Las probabilidades de bloqueo obtenidas utilizando los modelos de servicio por demanda deben interpretarse como probabilidades de rechazo de la petición de reserva, $R(c)$, siendo c el valor constante del intervalo de aviso.

Cuando la varianza de la antelación del aviso no es nula, una llamada puede ser bloqueada por llamadas reservadas previamente pero con un sistema inicial posterior al solicitado para dicha llamada. Este fenómeno de «retrobloqueo» [14] es más apreciable cuanto mayor es la dispersión del intervalo de aviso. No existen modelos disponibles que consideren el efecto de «retrobloqueo». Como primera aproximación, el efecto «retrobloqueo» puede desprejarse si sólo tiene que evaluarse $R'(0)$, la probabilidad global de peticiones de reserva, es decir, la probabilidad media de rechazo de todas las peticiones, sea cual sea su antelación de aviso. Con esta aproximación, pueden utilizarse métodos de dimensionado para servicios por demanda. Las probabilidades de bloqueo obtenidas de estos métodos deben interpretarse como las probabilidades globales de rechazo de peticiones de reservación.

Esta aproximación puede ampliarse para evaluar $R'(\tau)$, la probabilidad de rechazo de peticiones de reserva de servicios solicitados con un intervalo de aviso mayor o igual que τ . Esta evaluación puede efectuarse por los mismos métodos, pero sólo considerando el tráfico correspondiente a las peticiones de reserva formuladas antes del instante $T - \tau$.

Dado que estas aproximaciones desprecian el «retrobloqueo», el valor de probabilidad de rechazo que proporcionan independiente de la duración del tiempo reservado, D . Este valor será una subestimación de la probabilidad de rechazo de llamadas D grande, y una sobrestimación para llamadas con D pequeña. Queda en estudio la cuantificación de estos efectos.

6.2 Recursos compartidos con servicios por demanda (en ausencia de negociación)

Las probabilidades de rechazo de petición de reserva, $R(\tau)$ o $R'(\tau)$, definido en el § 6.1 para los servicios con reserva, no se ven afectadas por compartir los recursos con servicios por demanda. Sin embargo, esta compartición hace que B , la probabilidad de bloqueo de una llamada previamente reservada no sea nula. Esto se debe a que la duración de las llamadas por demanda no es previamente conocida por la red, y una llamada por demanda aceptada cierto tiempo antes del instante del comienzo solicitado, T , de una llamada reservada puede no haber terminado cuando llega el instante T . Queda en estudio la evaluación del tiempo anterior a T en el que las llamadas por demanda no deben ser aceptadas para asegurar un valor bajo de la probabilidad de bloqueo B de las llamadas reservadas.

En [15] se propone un modelo para evaluar el grado de servicio (GOS) proporcionado a las llamadas por demanda en caso de recursos compartidos. El modelo supone que el tráfico de servicios con reserva es de comunicaciones con d intervalos de tiempo reservados para toda la hora cargada. Las llamadas por demanda requieren un solo intervalo de tiempo. El análisis revela que el grado de servicio para llamadas por demanda no es el mismo cualitativamente que con recursos sólo dedicados a servicios por demanda, ya que las probabilidades de bloqueo varían mucho de una hora cargada a otra (según el volumen de recursos reservados para cada hora cargada). Otro resultado es que la capacidad del sistema, es decir, la carga de dimensionado que asegura un cierto GOS para las llamadas por demanda, disminuye cuando aumenta el porcentaje de tráfico de servicios con reserva sobre todo si d tiene un valor elevado. Ambos resultados llevan a la conclusión de que no es adecuada una combinación sin restricciones del tráfico de servicios con reserva y por demanda. Se recomienda usar algún método de protección del servicio que garantice un número mínimo de recursos para los servicios por demanda, asegurando así un cierto grado de servicio para las llamadas por demanda en la hora cargada más desfavorable.

6.3 Negociación de parámetros

La posibilidad de negociación de los parámetros que caracterizan una petición de usuario suele ser inherente al proceso de reserva. Estos parámetros son el instante de comienzo, T , la duración, D , y el ancho de banda requerido, d . Queda en estudio un modelo general que considere la negociación simultánea de los tres parámetros.

La repercusión de la negociación de ancho de banda puede evaluarse combinando los métodos descritos en los § 5.2 y 6.1.

La repercusión de la negociación del instante de comienzo puede modelarse si la negociación sólo incluye la posibilidad de aplazar el instante de comienzo del tiempo reservado. Si no existen recursos disponibles en el tiempo para el que inicialmente se solicita la reserva ($T, T + D$), el instante inicial se aplaza hasta el instante más próximo T' en que existen recursos disponibles en el intervalo ($T', T' + D$). La flexibilidad del usuario para aceptar dicha demora puede modelarse por medio de un intervalo de flexibilidad ($T, T + f$) en el que el usuario acepta comenzar su servicio.

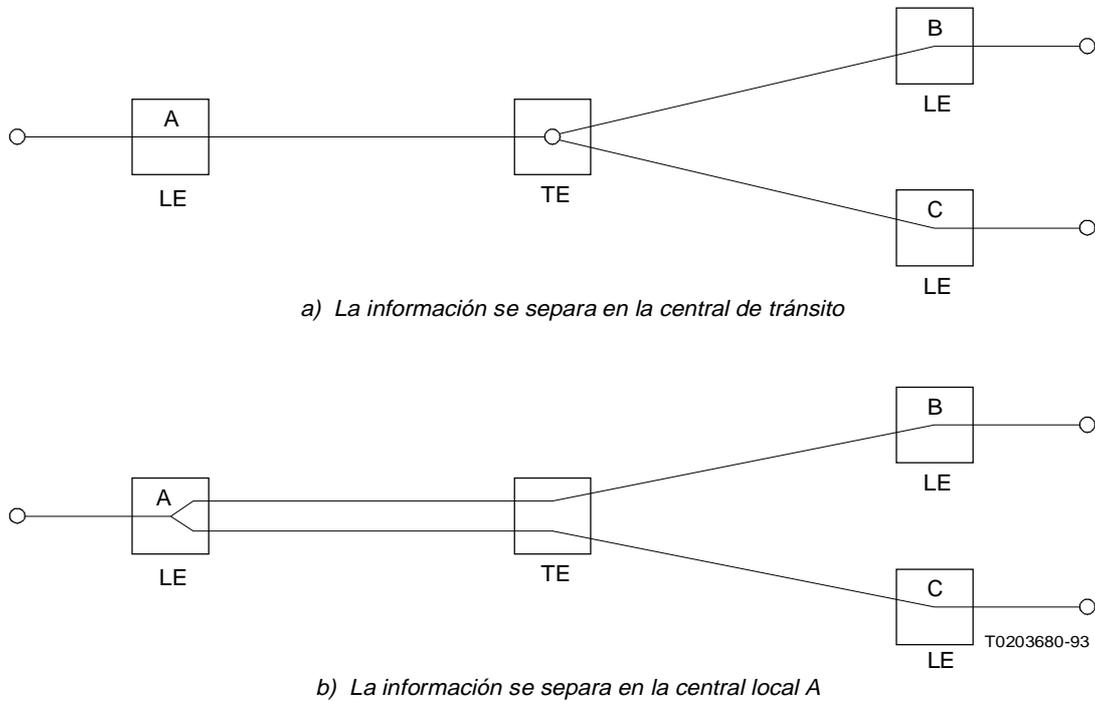
La calidad de funcionamiento del sistema puede ser medida por el tiempo en que la petición es demorada, $T' - T$ y por la probabilidad de rechazo de la petición de reserva, es decir, la probabilidad de que una llamada no pueda comenzar dentro de su intervalo de flexibilidad. Si sólo han de evaluarse parámetros de calidad de funcionamiento global, independientes del intervalo de aviso, y si se desprecia el efecto «retrobloqueo», el sistema puede modelarse como un sistema de espera para servicios por demanda con usuarios impacientes: el tiempo $T' - T$ que se demora el instante inicial puede interpretarse como un tiempo de espera en cola de un servicio por demanda y la situación de una petición de reserva rechazada porque su intervalo de flexibilidad no es suficientemente largo para permitir que la llamada se curse cuando se ha salido de la congestión puede interpretarse como un abandono debido a la impaciencia del usuario ante un tiempo de espera excesivo.

Este modelado de los servicios con reserva y con negociación de los instantes de comienzo por medio de una cola con usuarios impacientes permite aplicar los resultados de la teoría de colas para resolver el problema para una gran variedad de hipótesis sobre leyes de llegada y distribuciones de la duración del tiempo reservado y de la duración del intervalo de flexibilidad del usuario. En particular, se ha resuelto en [16] para las siguientes hipótesis:

- tiempo continuo, es decir, los instantes de comienzo y fin de las reservas no están restringidos a valores discretos;
- llegadas poissonianas de los instantes de comienzo solicitados;
- distribución exponencial de la duración del tiempo reservado;
- distribución exponencial de la duración de los intervalos de flexibilidad del usuario.

7 Conexiones multipunto

Como se indica en el § 3.3 de la Recomendación E.712, en las conexiones multipunto una llamada puede requerir varios recursos del mismo grupo, según donde se separe la información; la figura 1/E.731 da dos ejemplos de una comunicación de tres puntos; si cada conexión simple requiere n intervalos de tiempo, se requieren n recursos en cada grupo de enlaces en el ejemplo a), mientras que en el ejemplo b), se requieren $2 \times n$ recursos en el grupo de enlaces que conecta la central local A y la central de tránsito, y n recursos en cada uno de los otros dos grupos de enlaces.



LE Central local (*local exchange*)
 TE Central de tránsito (*transit exchange*)

FIGURA 1/E.731

Dos ejemplos de realización de una comunicación entre tres puntos

En general, pueden distinguirse tres casos:

- 1) Las conexiones de una conexión multipunto tienen que establecerse a través de grupos de circuitos diferentes e independientes; por ejemplo, conexiones del ejemplo a) o conexiones de TE a LE B y de TE a LE C del ejemplo b).
- 2) Varias conexiones de una conexión multipunto tienen que establecerse a través del mismo grupo de circuitos; por ejemplo, conexión de LE A a TE del ejemplo b).
- 3) Varias conexiones de una conexión multipunto tienen que establecerse a través de diferentes grupos de circuitos de la misma agrupación de grupos de circuitos.

En el caso 1), deben utilizarse en el dimensionado los mismos métodos que en las conexiones punto a punto.

En el caso 2), el grupo de circuitos debe dimensionarse como si la conexión multipunto fuese una conexión multintervalo punto a punto, aplicándose por tanto los métodos descritos en el § 3.2. En el ejemplo b) considerado, esta conexión multipunto en el grupo de enlaces entre LE A a TE debe considerarse como una conexión de $2 \times n$ intervalos para tener en cuenta el carácter multipunto y el carácter multintervalo de la conexión considerada.

El caso 3) queda en estudio.

Puede que sea frecuente la negociación del número de puntos de una conexión multipunto; esta negociación podría ser implícita: si un usuario pide la conexión con, por ejemplo, tres puntos y uno de ellos falla, la red podría establecer la conexión con los otros dos puntos sin una negociación explícita; la reacción del usuario podría ser aceptar la conexión con dos puntos o cortar la comunicación. Desde el punto de vista del tráfico, este proceso debe considerarse como una negociación real. Si un grupo de circuitos tiene que soportar varias conexiones de una conexión multipunto, debe considerarse esta posibilidad de negociación. Su repercusión puede evaluarse por los métodos descritos en el § 5.2.

Referencias

- [1] KAUFMAN, (J.S.): Blocking in a shared resource environment, *IEEE Trans. Comm.* 29, 1981.
- [2] CONRADT, (J.) y BUCHHEISTER, (A.): Considerations on loss probability of multi-slot connections, *Proc. 11th ITC, paper 4.4B-2*, Kyoto, Japón, 1985.
- [3] ROBERTS, (J.W.): Teletraffic models for the Telecom 1 integrated service network, *Proc. 10th ITC, paper 1.1.2*, Montreal, 1983.
- [4] FICHE, (G.), LE GALL, (P.) y RICUPERO, (S.): Study of blocking for multi-slot connections in digital link systems, *Proc. 11th ITC, paper 5.4B-2*, Kyoto, Japón, 1985.
- [5] LE GALL, (P.): Overflow traffic combination and cluster engineering, *Proc. 11th ITC, paper 2.2B-1*, Kyoto, Japón, 1985.
- [6] CHANDRAMOHAN. (J.): An analytic multiservice performance model for a digital link with a wide class of bandwidth reservation strategies, *IEEE-JSAC*, Vol. 9, N.º 2, 1991.
- [7] MIYAKE, (K.): Traffic study on different bit rate calls carried by a trunk group with trunk modularity, *J. of the IEICE, J71-B*, 1988.
- [8] LUTTEN, (J.L.) y ROBERTS, (J.W.): Traffic performance of multi-slot call routing strategies in an integrated services digital network, *Proc. ISS'1984*, Florencia, Italia, 1984.
- [9] GIMPELSON, (L.): Analysis of mixture of wideband and narrow band traffic, *IEEE Trans. on Comm.*, Vol.13, N.º 3, 1965.
- [10] LINDBERGER, (K.): Blocking for multi-slot heterogeneous traffic streams offered to a trunk group with reservation, *Proc. 5th ITC Seminar, Session on services, Part II*, Lago Como, Italia, 1987.
- [11] LINDBERG, (P.), NIVERT, (K.) y SAGERHOLM, (B.): Trunk reservation and grade of service issues in circuit switched integrated networks, *Proc. 12th ITC, paper 5.4A.3.1*, Turín, Italia, 1988.
- [12] TAKAGI, (K.) y SAKITA, (Y.): Analysis of loss probability equalized by trunk reservation for mixtures of several bandwidth traffic, *Proc. 12th ITC, paper 5.1A.5*, Turín, Italia, 1988.
- [13] KASHPER, (A.N.): Bandwidth allocation and network dimensioning for international multiservice networks, *Proc. 5th ITC Seminar, Session on networks, Part II*, Lago Como, Italia, 1987.
- [14] LIANG, (Y.), LIAO, (K.), ROBERTS, (J.W.) y SIMONIAN, (A.): Queueing models for reserved set up telecommunications service, *Proc. 12th ITC, paper 4.4B1*, Turín, Italia, 1988.
- [15] LIAO, (K.) y ROBERTS, (J.W.): Traffic models for telecommunication services with advance capacity reservation, *Proc. 11th ITC, paper 1.3.2*, Kyoto, Japón, 1985.
- [16] GIACOBBO SCAVO, (G.) y TONIETTI, (A.): Design of videoconference networks considering user flexibility, *Proc. 12th ITC, paper 4.4.B.3*, Turín, Italia, 1988.

ANEXO A

(a la Recomendación E.731)

**Lista por orden alfabético de las abreviaturas contenidas
en esta Recomendación**

GOS	Grado de calidad (<i>grade of service</i>)
LE	Central local (<i>local exchange</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RTPC	Red telefónica pública conmutada
TE	Central de tránsito (<i>transit exchange</i>)