



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

E.716

(10/96)

SERIE E: RED TELEFÓNICA Y RDSI

Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de tráfico – Ingeniería de tráfico – Ingeniería de tráfico de RDSI

Modelado de la demanda de usuario en la red digital de servicios integrados de banda ancha RDSI-BA

Recomendación UIT-T E.716

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES DE LA SERIE E DEL UIT-T
RED TELEFÓNICA Y RDSI

EXPLOTACIÓN, NUMERACIÓN, ENCAMINAMIENTO Y SERVICIO MÓVIL	
EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES	E.100–E.229
DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL	E.230–E.299
UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS	E.300–E.329
DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS	E.330–E.399
CALIDAD DE SERVICIO, GESTIÓN DE LA RED E INGENIERÍA DE TRÁFICO	
GESTIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL	E.400–E.489
Estadísticas relativas al servicio internacional	E.400–E.409
Gestión de la red internacional	E.410–E.419
Comprobación de la calidad del servicio telefónico internacional	E.420–E.489
INGENIERÍA DE TRÁFICO	E.490–E.799
Medidas y registro del tráfico	E.490–E.505
Previsiones del tráfico	E.506–E.509
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación manual	E.510–E.519
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática	E.520–E.539
Grado de servicio	E.540–E.599
Definiciones	E.600–E.699
Ingeniería de tráfico de RDSI	E.700–E.749
Ingeniería de tráfico de redes móviles	E.750–E.799
CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN: CONCEPTOS, MODELOS, OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO	E.800–E.899
Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación	E.800–E.809
Modelos para los servicios de telecomunicación	E.810–E.844
Objetivos para la calidad de servicio y conceptos conexos de los servicios de telecomunicaciones	E.845–E.859
Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la planificación de redes de telecomunicaciones.	E.860–E.879
Recopilación y evaluación de datos reales sobre la calidad de funcionamiento de equipos, redes y servicios	E.880–E.899

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

RECOMENDACIÓN UIT-T E.716

MODELADO DE LA DEMANDA DE USUARIO EN LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA RDSI-BA

Resumen

La presente Recomendación se ocupa de determinar las características de la demanda de usuario tal como se manifiestan en la interfaz usuario/red (UNI). Esta Recomendación se centra en aquellos aspectos del modelado de la demanda de usuario específicos de la RDSI de banda ancha utilizando el modo de transferencia asíncrono (ATM), y resume la Recomendación E.711 (que comprende el modelado de la demanda de usuario en la RDSI) en los aspectos comunes para la RDSI de banda estrecha y banda ancha.

Orígenes

La Recomendación UIT-T E.716 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 2 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 8 de octubre de 1996.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la 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 Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

© UIT 1997

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.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias.....	1
3 Definiciones	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Introducción	3
6 Modelado de una demanda de llamada.....	4
6.1 Generalidades.....	4
6.2 Atributos de llamada.....	4
6.3 Patrón de llamada y variables de tráfico	5
6.3.1 Variables de tráfico de llamada	6
6.3.2 Variables de tráfico de célula	6
6.3.3 Relación entre variables de tráfico de célula y parámetros de descriptor de tráfico fuente.....	10
7 Caracterización del usuario.....	11
7.1 Generalidades.....	11
7.2 Caracterización de un conjunto de usuarios de CPE	11
7.3 Caracterización de una población de conjuntos de usuarios de CPE.....	12
8 Historial	12

Recomendación E.716

MODELADO DE LA DEMANDA DE USUARIO EN LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA RDSI-BA

(Ginebra, 1996)

1 Alcance

La Recomendación E.716 trata de la caracterización de la demanda del usuario manifestada en la interfaz usuario/red (UNI, *user/network interface*), se centra en los aspectos del modelado de la demanda de los usuarios que son específicos de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA) que utiliza el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) y resume la Recomendación E.711 (que trata el modelado de la demanda de los usuarios en la RDSI), en aquellos aspectos que son comunes a las RDSI de banda estrecha y de banda ancha.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones del UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación E.711 del CCITT (1992), *Modelado de la demanda de los usuarios*.
- Recomendación UIT-T E.735¹, *Marco para el control de tráfico y el dimensionado en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.
- Recomendación UIT-T E.736¹, *Métodos para el control del tráfico a nivel de célula en la RDSI-BA*.
- Recomendación UIT-T E.737¹, *Métodos de dimensionado para la RDSI-BA*.
- Recomendación UIT-T I.150 (1995), *Características funcionales del modo de transferencia asíncrono de la RDSI-BA*.
- Recomendación UIT-T I.210 (1993), *Principios de los servicios de telecomunicación soportados por una RDSI y medios para describirlos*.
- Recomendación UIT-T I.311 (1996), *Aspectos generales de red de la RDSI-BA*.
- Recomendación UIT-T I.361 (1995), *Especificación de la capa modo de transferencia asíncrono de la RDSI-BA*.
- Recomendación UIT-T I.371 (1996), *Control de tráfico y control de congestión en la RDSI-BA*.

¹ Actualmente en estado de proyecto.

3 Definiciones

Para especificar los conceptos clave (por ejemplo, atributos de llamada y patrón de llamada) en las siguientes cláusulas de esta Recomendación, es útil aclarar el uso en la misma de los términos "conexión ATM" y "llamada". Una "conexión ATM" se refiere a una conexión de canal virtual (VCC) o a una conexión de trayecto virtual (VPC), véase la Recomendación I.150. Una VCC y una VPC puede ser punto a punto o punto a multipunto. Una VCC o una VPC es una conexión con comunicación unidireccional, es decir, solamente un sentido de transmisión².

Una llamada consiste por lo menos en dos conexiones ATM: una VCC en cada sentido de la comunicación o una VPC en cada sentido de la comunicación. Una llamada puede tener múltiples conexiones ATM en cada sentido de una configuración punto a punto, o en cada extremo de una configuración multipunto. Por ejemplo, una llamada multimedios puede utilizar, en cada sentido, una conexión ATM para una teleconferencia vídeo y otra para el transporte de ficheros de datos.

4 Abreviaturas

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas.

ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
CAC	Control de admisión de la conexión (<i>connection admission control</i>)
CLP	Prioridad de pérdida de células (<i>cell loss priority</i>)
CPE	Equipo en las instalaciones del cliente (<i>customer premise equipment</i>)
NPC	Control de parámetro de red (<i>network parameter control</i>)
PU-RDSI-BA	Parte de usuario de RDSI-BA
QOS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
STD	Descriptor de tráfico de la fuente (<i>source traffic descriptor</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user-network interface</i>)
UPC	Control de parámetros de utilización (<i>usage parameter control</i>)
VC	Canal virtual (<i>virtual channel</i>)
VCC	Conexión de canal virtual (<i>virtual channel connection</i>)
VCI	Identificador de canal virtual (<i>virtual channel identifier</i>)
VP	Trayecto virtual (<i>Virtual Path</i>)
VPC	Conexión de trayecto virtual (<i>Virtual Path Connection</i>)

² Se señala que, como se especifica en la Recomendación I.150, en una interfaz RDSI-BA hay dos sentidos de transmisión. Cuando se asigna un valor de campo de encaminamiento [un identificador de trayecto virtual (VPI) para un VPC o un identificador de trayecto virtual/identificador de canal virtual (VPI/VCI) para un VCC] para un enlace de trayecto virtual (VP) o de canal virtual (VC), se asigna el mismo valor para cada sentido de transmisión. Las características de tráfico y los recursos asignados para cada sentido de la comunicación pueden ser los mismos o ser diferentes. El ancho de banda en un sentido puede ser igual a cero (comunicación unidireccional sin ninguna información de retorno). Además, el ancho de banda en un sentido puede ser únicamente el necesario para llevar información de gestión de capa ATM (comunicación unidireccional con información de gestión de retorno).

5 Introducción

La Recomendación E.711 trata del modelado de la demanda de los usuarios en la RDSI. La presente Recomendación se centra principalmente en aquellos aspectos del modelado de la demanda de los usuarios específicos de la RDSI-BA basada en el modo de transferencia asíncrono (ATM) y resume la Recomendación E.711 en aquellos aspectos que son comunes a las RDSI de banda estrecha y de banda ancha.

El término "demanda de usuario" significa las demandas de servicios de telecomunicación hechas a través de la red para satisfacer las necesidades de transferencia de información de los usuarios. Comprende no sólo las peticiones hechas por el usuario sino también las peticiones recibidas por el usuario que fueron hechas por otros que intentan comunicar con dicho usuario. Por medio de los equipos en las instalaciones del cliente (CPE) y de los CPE de los otros usuarios que participan en la comunicación, la demanda de los usuarios se manifiesta en su interfaz usuario-red (UNI) de una manera que dependerá también de las características de los CPE participantes.

La presente Recomendación trata de la caracterización de la demanda de los usuarios manifestada en la UNI. A los efectos del modelado, la demanda de los usuarios en la UNI se considerará como un proceso de llegada de "demandas de llamada" de diferentes tipos³. Por consiguiente, la caracterización de la demanda de los usuarios requiere:

- caracterizar los tipos de demandas de llamada que genera, lo cual se trata en la cláusula 6;
- caracterizar el proceso de llegada de demandas de llamada de tipos diferentes, lo cual se trata en la cláusula 7.

La presente Recomendación identifica los parámetros que han de utilizarse para la caracterización anterior. Los parámetros elegidos son aquellos que tienen un impacto importante en la calidad de funcionamiento de la red y son, por ello, pertinentes para modelar el tráfico ofrecido por el usuario a la red, en particular a la capa ATM en el plano de usuario y a la capa de señalización (capa 3 para la Recomendación Q.2931 y capa 4 para la parte usuario de la RDSI-BA) y a las capas más bajas en el plano de control.

El objetivo de esta Recomendación es presentar parámetros que son importantes para la definición de métodos de dimensionado y algoritmos de control de tráfico (en particular, algoritmos de control de admisión de conexión). La presente Recomendación da orientaciones a los operadores de red sobre los parámetros de demanda de los usuarios que es preciso estimar, mediante mediciones o por otros medios, para utilizarlos como datos de entrada en el dimensionado o para controles de tráfico. La utilización, a tales efectos, de los parámetros identificados no se trata en la presente Recomendación sino en las Recomendaciones de las series E.730 y E.740.

³ Se considera que una demanda de llamada es la manifestación **básica** de la demanda de los usuarios, en vez de una llamada o un intento de llamada que es lo que se ha considerado tradicionalmente. En contraste con una llamada, una demanda de llamada incluye cuantos reintentos se necesiten en la fase de establecimiento de la llamada. Una secuencia de reintentos sucesivos que finalmente resulta infructuosa se considera también una demanda de llamada.

6 Modelado de una demanda de llamada

6.1 Generalidades

Una demanda de llamada es la manifestación básica de la demanda de los usuarios en la UNI. Una demanda de llamada consiste en:

- 1) la secuencia de intentos de llamada efectuado por el usuario o por su CPE, y
- 2) la llamada subsiguiente, si se establece finalmente.

A los efectos de la ingeniería de tráfico, una demanda de llamada se define por un conjunto de atributos de llamada y por un patrón de llamada⁴:

- los atributos de llamada son aquellos atributos de la demanda de llamada que identifican los recursos que necesita dicha demanda en la red, tanto en el plano de usuario como en el plano de control. Los atributos de llamada describen las conexiones requeridas y cómo se establecen. La mayoría de las características de los atributos de llamada concuerdan con los atributos definidos en la Recomendación I.210;
- el patrón de llamada se define en términos de la secuencia de eventos en la interfaz usuario-red y de los tiempos transcurridos entre esos eventos.

El patrón de llamada, junto con los atributos de llamada, debe ser suficiente para definir el impacto de la llamada en la calidad de funcionamiento de red y para cuantificar los recursos que han de asignarse a la llamada y la duración de esta asignación.

6.2 Atributos de llamada

Como se indica en 6.1, los atributos de llamada se definen mediante un conjunto de valores de atributos que identifican los recursos que la demanda de llamada necesita. Los atributos de llamada son:

- el establecimiento de la comunicación (por funciones del plano de control o por funciones del plano de gestión; semipermanente, a petición o por reserva);
- la configuración de la comunicación (punto a punto, multipunto, o en difusión, número de puntos y ubicación de los mismos);
- el número de conexiones ATM en cada sentido, entre cada par de puntos;
- la utilización de conexiones de canal virtual (VCC) o conexiones de trayecto virtual de usuario a usuario (VPC)⁵;
- asociados con cada conexión ATM, los componentes del contrato de tráfico (véase la Recomendación I.371), que son:
 - 1) el descriptor de tráfico de la fuente;

⁴ El término "atributos de llamada" tiene el mismo significado que el término "características de conexión" utilizado en la Recomendación E.711. La finalidad del cambio es destacar que son características o atributos de toda la demanda de llamada, no de una de sus conexiones. Para más simplicidad, se utiliza "atributos de llamada" y "patrón de llamada" en vez de "atributos de demanda de llamada" y "patrón de demanda de llamada". Por el mismo motivo, si se ha establecido la llamada, se utilizará frecuentemente el término "llamada" en vez de "demanda de llamada".

⁵ Cuando se establece una VPC de usuario a usuario, las VCC establecidas por el usuario dentro de esta VPC no son consideradas por la red como conexiones adicionales, y el tráfico del usuario por una VCC se considera como parte del tráfico de la VPC. Así pues, en este caso y en el contexto de la presente Recomendación, se considerará que la llamada está constituida por las VPC de usuario a usuario participantes mientras que las VCC individuales no se considera que constituyan una llamada.

- 2) tolerancia a la variación del retardo de célula; y
- 3) la clase de calidad de servicio;
- el protocolo de acceso de señalización, capas 1/3. (Actualmente sólo hay un protocolo de acceso de señalización, Recomendación Q.2931);
- los servicios suplementarios. La lista de servicios suplementarios que son importantes para la ingeniería de tráfico queda en estudio.

En la práctica, cuando se efectúa el modelado de la demanda de llamadas para una tarea de ingeniería de tráfico específica, sólo son significativos algunos de los atributos mencionados anteriormente.

6.3 Patrón de llamada y variables de tráfico

Como se menciona en 6.1, el patrón de llamada de una demanda de llamada se define desde el punto de vista de las secuencias de eventos en la interfaz usuario-red y los tiempos transcurridos entre estos eventos.

El patrón de llamada es descrito por un conjunto variables de tráfico, que se expresan como variables estadísticas (es decir, como variables aleatorias o como parámetros relacionados con la distribución de variables aleatorias). Esto permite que una gran variedad de demandas de llamadas sean modeladas por el mismo patrón de llamada. Las demandas de llamada con los mismos tipos de eventos pero con diferente número de dichos eventos (por ejemplo, diferente número de reintentos) o diferentes tiempos transcurridos entre ellos (por ejemplo, diferentes tiempos de retención), se podrán modelar por el mismo patrón de llamada.

Cabe distinguir dos clases de variables de tráfico: variables de tráfico de llamada y variables de tráfico de célula⁶. Ambas describen secuencias de eventos en la interfaz usuario-red y el tiempo transcurrido entre estos eventos, pero la definición de evento es diferente en cada caso:

- Para las variables de tráfico de llamada, un evento es la transmisión, a través de la interfaz usuario-red, de una célula ATM que completa un mensaje de señalización de las fases de establecimiento, renegociación o liberación de la llamada; el evento no es definido solamente por el tiempo de llegada de la célula sino también por el contenido del mensaje de señalización.
- Para las variables de tráfico de célula, un evento es la transmisión a través de la interfaz usuario-red de cualquier célula ATM; el evento es definido por: el tiempo de llegada de la célula, la conexión de la llamada a la cual pertenece la célula, el tipo de cabida útil y el bit CLP.

NOTAS

1 La definición de las variables de tráfico de llamada en relación con la transmisión de los mensajes de señalización a través de la UNI sólo se aplica a llamadas establecidas por funciones del plano de control. La definición para llamadas establecidas por funciones del plano de gestión queda en estudio.

2 En caso de congestión de la red, a nivel de llamada o a nivel de célula, o en el caso de controles de realimentación desde los nodos dentro de la red, el patrón de llamada dependerá no sólo de la demanda del usuario sino también de las condiciones de la red. La manera de caracterizar la repercusión de la demanda del usuario en el patrón de la llamada en estas situaciones requiere ulterior estudio.

⁶ Variables de tráfico de célula es el nombre específico de las variables de tráfico de transacción para la RDSI de banda ancha basada en ATM, utilizado en la Recomendación E.711 como nombre común para las RDSI de banda estrecha y de banda ancha.

6.3.1 Variables de tráfico de llamada

En las demandas de llamada en las que los atributos de llamada no cambian durante la llamada (es decir, demandas de llamada en las que el establecimiento y la liberación de todas las conexiones ATM son solicitadas simultáneamente y no hay renegociaciones), las variables de tráfico de llamada más importantes son:

- Variables que definen el proceso de llegadas de los intentos de llamada:
 - el número medio de reintentos de llamada en caso de no completarse la llamada;
 - el tiempo medio transcurrido entre intentos de llamada.
- Tiempo medio de duración total de la llamada.

Para las demandas de llamada en las cuales los atributos de llamada cambian durante la llamada, es necesario complementar las variables de tráfico de llamada mencionadas anteriormente. Para un atributo de llamada dado, las variables de tráfico adicionales, útiles para dimensionar los recursos del plano de control, son:

- número medio de demandas de cambio del atributo de llamada por llamada;
- variables que definen el proceso de llegada de intentos de cambio para cada demanda de cambio del atributo de llamada:
 - número medio de intentos cuando no se completa la llamada,
 - tiempo medio entre intentos.

En el caso de atributos de llamada estrechamente relacionados cuyo cambio suele solicitarse simultáneamente y requieren la misma acción del plano de control (por ejemplo, diferentes parámetros del STD), las variables de tráfico mencionadas no se referirán a un solo atributo de llamadas sino al grupo de atributos estrechamente relacionados.

Como consecuencia de las peticiones de cambio, el conjunto de atributos de llamada varía durante la llamada. Para cada conjunto de atributos de llamada que la llamada tiene durante su existencia, las variables de tráfico adicionales, útiles para dimensionar los recursos del plano de usuario son:

- tiempo medio en el cual se ha dado a cada llamada un conjunto dado de atributos de llamada.

La definición más completa de las variables de tráfico de llamada queda en estudio.

6.3.2 Variables de tráfico de célula

Las variables de tráfico de célula se utilizan para describir cualquier proceso de llegada de las células en una conexión ATM de una llamada.

En el caso de llamadas establecidas por funciones del plano de control, una de las secuencias de eventos del patrón de llamada es la transmisión de células por canales virtuales de señalización (véanse las Recomendaciones I.311 e I.361) creados para el establecimiento, la renegociación y la liberación de las conexiones de los datos de usuario.

Para una conexión ATM de datos de usuario, la secuencia de eventos de interés primordial en la presente Recomendación es la transmisión de células de datos de usuario, es decir, para las VCC, células con tipos de cabida útil de 0 a 3 y para las VPC, células con VCI mayores que 31. Si en una conexión se generan células de datos de usuario con alta prioridad [bit de prioridad de pérdida de células (CLP, *cell loss priority*) igual a cero, véase la Recomendación I.371] y con baja prioridad (CLP=1), las secuencias pertinentes de eventos pueden ser:

- 1) la transmisión de células de datos de usuario con CLP=0;
- 2) la transmisión de células de datos de usuario con CLP=1; y
- 3) la transmisión del conjunto (CLP=0 o CLP=1).

En la presente edición de la Recomendación E.716 tienen un interés secundario las secuencias de eventos de células de operación y mantenimiento (OAM, *operation and maintenance*) (células con cabida útil de tipos 4 y 5 o células con valores de VCI de 3 ó 4) y de células de gestión rápida de recursos (células con cabida útil de tipo 6).

El término "proceso de llegada de células" se utiliza aquí para la secuencia de eventos del patrón de llamada de las células de un tipo determinado en una conexión ATM dada durante un periodo de tiempo determinado (normalmente, la duración de la conexión o el tiempo entre renegociaciones, pero, en caso de conexiones de duración muy larga, la caracterización deberá hacerse durante periodos más cortos, como por ejemplo, el periodo de referencia utilizado para la ingeniería de la red). Los conceptos utilizados para caracterizar el proceso de llegada de células se basan, en buena medida, en las células de datos de usuario, pero también pueden aplicarse a células de otros tipos.

Las variables de tráfico de células deben identificar todas las características del proceso de llegada de células que son significativas para evaluar su repercusión en el funcionamiento de la red. Obsérvese, no obstante, que las variables de tráfico de célula pueden no ser significativas para la ingeniería de tráfico en ciertas condiciones. Para más detalles, véase 6.3.3.

A continuación se presentan diferentes enfoques para las variables de tráfico de célula⁷. Es necesario continuar los estudios para determinar la utilidad de cada enfoque, así como su pertinencia para tipos de servicio específicos.

6.3.2.1 Variables relacionadas con la estructura de ráfaga del tren de células

Para determinados tipos de flujos de células, conviene distinguir una alternancia de "ráfagas", o periodos de actividad en los que las células se emiten a una tasa prácticamente constante, y periodos de "silencio" o inactividad en los que la fuente se mantiene en estado de quietud. En términos más generales, la fuente puede tener diferentes niveles de actividad, estando cada nivel definido por la intensidad de la llegada de células.

Si el tráfico de la fuente es tratado mediante multiplexores con una memoria tampón pequeña (a saber, en torno a 100 células), la única información necesaria para caracterizar la fuente es la velocidad de llegada de células en cada estado junto con la probabilidad de que la fuente se encuentre en ese estado en un instante arbitrario. Esta información se denomina distribución de la velocidad instantánea de células. Si no puede conocerse la distribución entera, el conocimiento de la velocidad máxima y de la media y, si es posible, la varianza de la velocidad, constituyen una valiosa información para evaluar la repercusión de la fuente en la calidad de funcionamiento de la red [1].

Cuando las memorias tampón del multiplexor son grandes, la distribución de la velocidad instantánea debe complementarse con información sobre el proceso estocástico que determina la forma en que la fuente varía de un estado a otro. La descripción de este proceso estocástico puede ser muy compleja.

La descripción puede ser más sencilla en el caso de una fuente "activa/inactiva", es decir, una fuente que tiene únicamente dos estados: uno activo en el que se emiten células a una tasa constante, y uno inactivo en el que no se emite célula alguna. Si el comportamiento de la fuente permite suponer que las duraciones de las ráfagas y los silencios sucesivos son independientes, el proceso estocástico vendrá determinado por la velocidad de células de la ráfaga y las distribuciones de la duración de las ráfagas y de los silencios. Aproximadamente, las distribuciones de la duración de las ráfagas y los silencios pueden describirse sucintamente por su media y varianza (en el caso de la duración del silencio, incluso puede bastar una descripción basada únicamente en la media si hay muchas fuentes

⁷ Estos enfoques se aplican para caracterizar el proceso de llegada de células durante periodos finitos de tiempo. En los casos teóricos de periodos infinitos de tiempo, es preciso suponer que el proceso de llegada de células es estacionario.

multiplexadas). Si la velocidad durante el estado activo tiene ligeras variaciones que no permiten considerarla constante, podrá utilizarse para completar la caracterización una variable relacionada a $q(r)$, como se explica en 6.3.2.4, siendo r ligeramente mayor que en la velocidad media.

No obstante, si los periodos sucesivos activo/inactivo de la fuente guardan dependencia, es necesario asimismo especificar la índole de esa correlación (a saber, las propias ráfagas pueden producirse en ráfagas). En este caso, así como en el caso de que la fuente tenga muchos estados, resultará más sencillo utilizar las variables de tráfico presentadas en las subcláusulas siguientes.

6.3.2.2 Variables relacionadas con el número de llegadas de células en intervalos de tiempo

En este enfoque, las variables de tráfico de célula caracterizan la distribución del número $N(t)$ de llegadas de células en un intervalo de duración t tomado aleatoriamente dentro del periodo en el que se efectúa la caracterización. Si se conociese la distribución completa de $N(t)$ para cualquier valor t , podría caracterizarse la fuente con precisión (aunque la caracterización no sería completa)⁸. Dado el elevado volumen de información que ello requeriría, algunos autores [2], [3], [4], [5], [6], [7], [10] y [11] han propuesto utilizar los primeros momentos de la función de distribución de $N(t)$.

La cola de la distribución de $N(t)$ es la parte más importante para evaluar la repercusión de la fuente en la calidad de funcionamiento de la red. Si se conoce la forma funcional de la distribución de $N(t)$ de la fuente, la cola de la distribución se podrá deducir de los primeros momentos. En ese caso, es adecuado basar la caracterización en los primeros momentos de $N(t)$. Es arriesgado adoptar una hipótesis general sobre la distribución de $N(t)$ (por ejemplo, gaussiana), dado que podría ser inadecuada para determinadas fuentes. Cuando se conoce el tipo de distribución de $N(t)$, una caracterización basada en los primeros momentos para determinados valores de t puede ser suficiente.

El primer momento, es decir, el número medio de llegadas de células en un intervalo de duración t , es igual a la velocidad de llegada de las células (el valor inverso del tiempo medio entre llegadas) multiplicada por el valor de t . Así pues, cualquier valor de t es aplicable para este primer momento.

Para el segundo momento, deben considerarse varios valores de t para tener en cuenta la correlación. Los valores pertinentes de t guardan relación con las longitudes de cola de interés en los multiplexores por los que se cursa la conexión (y además con la velocidad y la carga de los multiplexores) [7], [10] y [11]. Determinadas mediciones efectuadas en redes de datos [8], [12] y sobre la salida de códecs VBR [9] demuestran que presentan el comportamiento denominado autosimilar, es decir, que la varianza de $N(t)$ puede expresarse como sigue:

$$\text{var}[N(t)] = k t^c$$

Siendo k ($k > 0$) y c ($1 \leq c \leq 2$) constantes que definen la fuente. Con tráfico autosimilar $c > 1$. Para aquellas fuentes en las que rige la expresión mencionada, bastaría conocer el segundo momento con dos valores de t para deducir su expresión con cualquier otro valor de t .

Ciertos autores [3] y [4] proponen asimismo la utilización del tercer momento de $N(t)$. Su utilidad depende del tipo de distribución que puede suponerse para $N(t)$.

⁸ Aunque la fuente pueda ser caracterizada con precisión, no está totalmente caracterizada por la distribución de $N(t)$. En general, para conseguir una caracterización completa se necesita conocer todas las distribuciones conjuntas de dimensión finita de $N(t)$ en distintos intervalos.

6.3.2.3 Variables relacionadas con los tiempos entre llegadas de células

Según este enfoque las variables de tráfico de células describen la distribución de $S(k)$, la suma de k tiempos entre llegada de células consecutivas [2], [13] y [14]. Dado que $S(k)$ está relacionado con $N(t)$, presentado en 6.3.2.2, por la expresión siguiente:

$$\frac{d}{dt} \Pr\{N(t) > k\} = \lambda (\Pr\{S(k+1) > t\} - \Pr\{S(k) > t\})$$

donde λ es la velocidad media de llegada, la caracterización efectuada con $S(k)$ puede ser equivalente a la efectuada con $N(t)$.

No obstante, dado que la distribución de $N(t)$ para una superposición de fuentes es más fácil de obtener a partir de la distribución de $N(t)$ de las fuentes individuales que en el caso de $S(k)$, el enfoque basado en $S(k)$ ha sido menos estudiado.

6.3.2.4 Variables relacionadas con el número de llegadas de células que supera una cierta tasa

Según este enfoque, el proceso de llegada de células de una fuente está caracterizado por el comportamiento observado en una cola alimentada únicamente por esa fuente [15], [16] y [17]. De forma más precisa, considérese un sistema con un tiempo de servicio determinístico $1/r$ (es decir, velocidad de salida r células por unidad de tiempo) y tamaño de cola infinito, alimentado únicamente por la fuente. Sea $q(r)$ el trabajo no terminado en el sistema⁹. Estas variables de tráfico de células describen la distribución de $q(r)$. Si se conociese la distribución completa de $q(r)$ correspondiente a cualquier valor de r , la fuente estaría caracterizada con precisión (aunque no completamente caracterizada). Sin embargo, a efectos de uso práctico, para obtener una caracterización aceptable de la fuente puede ser suficiente el conocimiento de la velocidad media de la célula junto con algunos cuantiles de las distribuciones de $q(r)$ para valores particulares de r .

A continuación se expone un ejemplo de una selección de valores de r y de cuantiles de la distribución de $q(r)$ [15]:

$$\begin{aligned} \Pr\{q(r_1) > b_1\} &= P_1 \\ \Pr\{q(r_2) > b_2\} &= P_1 \\ \Pr\{q(r_2) > b_3\} &= P_2 \end{aligned}$$

donde:

- P_1 es una probabilidad insignificante comparado con los requisitos de pérdida de células de la red;
- r_1 es una tasa que, excepto para variaciones en escalas de tiempo pequeñas, puede considerarse como la velocidad máxima de la fuente, lo que implica que b_1 será pequeño;
- r_2 está comprendida entre la velocidad media de la célula y r_1 ;
- P_2 es una probabilidad del orden de 0,05 a 0,5.

Si se necesita una caracterización más precisa, podrían utilizarse varios valores de P_2 (para el mismo r_2) o incluso varios valores de r_2 .

⁹ El trabajo no terminado se mide por el número de células existentes en la cola más la fracción correspondiente al trabajo pendiente de la célula en servicio.

6.3.3 Relación entre variables de tráfico de célula y parámetros de descriptor de tráfico fuente

De acuerdo con la Recomendación I.371, el usuario declara durante la fase de establecimiento de la llamada (o durante la fase de renegociación) un conjunto de parámetros de tráfico que describen las características de tráfico de la conexión solicitada. Este conjunto de parámetros constituye el descriptor de tráfico de la fuente (STD, *source traffic descriptor*). El STD es utilizado por la función de control de admisión de conexión (CAC) de la red para decidir si se acepta o rechaza la conexión. La conexión se acepta solamente si se dispone de suficientes recursos para establecer la llamada con la calidad de servicio (QOS, *quality of service*) requerida y para mantener la QOS acordada de las llamadas existentes. Durante la conexión, la red supervisa y controla los parámetros declarados mediante el control de parámetros de utilización/red (UPC/NPC, *usage parameter control/network parameter control*).

Existe una estrecha relación entre variables de tráfico de célula y parámetros del STD, puesto que tanto unas como otros describen el tráfico. Sin embargo, hay diferencias fundamentales:

- Los parámetros del STD necesitan una definición operacional (es decir, algorítmica o basada en una regla), ya que en todo momento, durante la llamada, el usuario y el operador de red deben ser capaces de determinar si las células presentadas son conformes al STD. Por el contrario, las variables de tráfico de las células tienen definición estadística.
- Los valores del STD se determinan cuando se establece la conexión (y posiblemente se renegocian durante la conexión) y se aplican en la realización dada del proceso de llegada de células. Las variables de tráfico de célula no necesariamente tienen que ser aplicables en una determinada realización.
- Los parámetros del STD representan un límite determinístico al comportamiento de la fuente, ya que si el tráfico sobrepasa los parámetros declarados pueden realizarse acciones contra la conexión, mientras que, las variables de tráfico de célula representan un comportamiento probabilístico de la fuente y pueden proporcionar una caracterización más completa del tráfico de la fuente.

Como se dijo en la cláusula 5, la identificación de parámetros que tienen una repercusión importante en la calidad de funcionamiento de la red sirve para definir los métodos de dimensionado y los algoritmos de control de tráfico. En el caso de variables de tráfico de célula, sirven para definir algoritmos de control de admisión de conexión (CAC) y, en particular, nuevos parámetros del STD. No obstante, su utilidad en la definición de métodos de dimensionado, o más aún, la necesidad de que los operadores estimen los valores de las variables de tráfico de célula (de las conexiones ATM para datos de usuarios) depende del CAC adoptado. A estos efectos, los procedimientos de CAC se pueden dividir en tres clases:

- 1) La información sobre el proceso de llegada de la célula utilizado por el CAC para aceptar o rechazar una conexión es sólo el STD declarado para las conexiones nuevas y establecidas. Este CAC no asigna recursos de acuerdo con las características del tráfico de las conexiones, sino suponiendo las características del tráfico del "caso más desfavorable"¹⁰ compatibles con los STD declarados. Con esta política de CAC, para el dimensionado es necesario estimar los STD (que declararán los usuarios) pero no las variables de tráfico de célula de las conexiones.

¹⁰ Por el caso más desfavorable se entiende aquellas características de tráfico compatibles con el descriptor de tráfico declarado que requiere la mayor asignación de recursos para satisfacer los requisitos de calidad de servicio.

NOTA – Un caso importante es una conexión ATM para la cual el usuario solicita un servicio a velocidad binaria constante. Para estas conexiones, el operador de red asignará probablemente recursos para toda la anchura de banda solicitada, con independencia del proceso de llegada de células en las conexiones.

- 2) Aparte de los STD declarados, el CAC toma también en consideración las características del tráfico previsto o de las conexiones nuevas y establecidas en ese momento. Por ejemplo, el CAC asignará recursos de acuerdo con las características del tráfico previsto de las conexiones basadas en mediciones históricas que correlacionan el STD declarado con variables de tráfico de células para la conexión. Como otro ejemplo, el CAC pudiera asignar recursos basados en los STD declarados y en factores de ingeniería de tráfico. Estos últimos podrán obtenerse a partir de mediciones históricas. De este modo, según las características de esta clase de CAC, para el dimensionado puede ser necesario estimar las variables de tráfico de célula de las conexiones.
- 3) Aparte de los STD declarados, el CAC toma en consideración las mediciones en tiempo real de las conexiones establecidas en ese momento. Por consiguiente, las características de tráfico de las conexiones influyen en la política del CAC. En consecuencia, para el dimensionado es necesario estimar el STD y las variables de tráfico de célula de las conexiones.

7 Caracterización del usuario

7.1 Generalidades

Desde el punto de vista de la ingeniería de tráfico, los usuarios que comparten un CPE no deben ser caracterizados individualmente, sino como un conjunto denominado conjunto de usuarios de CPE. Se considera que el conjunto de usuarios de CPE es el usuario o conjunto de usuarios que comparten, a través de un solo CPE, las líneas de acceso a la red.

Hay que caracterizar al usuario para cada conjunto de usuarios de CPE, con miras a dimensionar sus líneas de acceso a la red, y para cada población de conjunto de usuarios CPE que puedan compartir recursos de red.

7.2 Caracterización de un conjunto de usuarios de CPE

Un conjunto de usuarios de CPE se caracteriza por el proceso generador de sus demandas de llamada originadas y recibidas. En la fase inicial, este proceso puede ser aproximado por la tasa de demandas de llamada de cada tipo durante un periodo de referencia. El tipo de una demanda de llamada de acuerdo con 6.1, viene dado por las siguientes características:

- conjunto de atributos de llamada;
- patrón de llamada.

Cada diferencia en los atributos de llamada o variables de tráfico podrá producir un tipo diferente. Sin embargo, según la tarea de ingeniería de tráfico específica, algunos de los atributos de llamada y variables de tráfico pueden no ser pertinentes, y no tienen que ser considerados para distinguir tipos de demandas de llamada (por ejemplo, el número de reintentos puede no ser pertinente para dimensionar los recursos del plano de usuario). Incluso las demandas de llamada con diferentes valores de un determinado atributo de llamada o variable de tráfico se pueden considerar como sólo de un tipo, caracterizado, por ejemplo, por el valor medio de este atributo o variable (número medio de conexiones ATM, o velocidad de célula media por llamada). Asimismo, las demandas de llamada con valores similares de un atributo de llamada o de una variable de tráfico se pueden acumular como de tipo un solo (por ejemplo, todas las llamadas entrantes en una central sin diferenciar el

origen de las llamadas, o todas las llamadas con velocidad de célula de cresta de sus conexiones comprendida dentro de una determinada gama). De esta manera, se puede obtener una lista con un número moderado de tipos de demanda de llamadas. Esta lista dependerá de cada tarea específica de ingeniería de tráfico; por consiguiente, la presente Recomendación no puede especificar ninguna lista particular.

Un procedimiento práctico para caracterizar al conjunto de usuarios de CPE es determinar los servicios de telecomunicación que solicita y proceder, para cada servicio de telecomunicación, de la manera siguiente:

- estimar la tasa de demanda de llamadas para el servicio de telecomunicación durante el periodo de referencia;
- definir los tipos de demanda de llamada para este servicio de telecomunicación;
- estimar la proporción de demandas de llamada para el servicio de telecomunicación que corresponde a cada uno de los tipos definidos, durante el periodo de referencia;
- calcular a partir de los resultados anteriores, por una sencilla multiplicación, la tasa para cada tipo de demanda de llamada durante el periodo de referencia.

7.3 Caracterización de una población de conjuntos de usuarios de CPE

Una población de conjuntos de usuarios de CPE se caracteriza promediando en la población la tasa de demanda de llamadas por cada conjunto de usuarios CPE para cada tipo de demanda de llamada durante el periodo de referencia. Para cada tipo de demanda de llamada j , esta tasa de demanda de llamada promediada se indica $r(j)$. Un procedimiento práctico para esta caracterización es el siguiente:

- dividir la población de conjuntos de usuarios de CPE en clases de conjunto de usuarios de CPE, cada clase formada por los conjuntos usuarios de CPE con comportamiento de tráfico similar. Como ejemplos de conjunto de usuarios de CPE cabe citar: residencias y empresas pequeñas, medianas y grandes;
- estimar P_i , el número de conjuntos de usuarios de CPE de clase i dividido por el número total de conjuntos de usuarios de CPE en toda la población;
- caracterizar cada clase i de conjunto de usuarios de CPE, es decir, estimar para cada clase i de conjunto de usuarios de CPE (siguiendo un procedimiento análogo al indicado en 7.2), el valor promedio, en los conjuntos de usuario de CPE de la clase i , de la tasa de demanda de llamadas por conjunto de usuario de CPE para cada tipo de demanda de llamada j durante el periodo de referencia. Denomínese $r_i(j)$;
- promediar en toda la población mediante la fórmula:

$$r(j) = \sum_{\forall i} P_i \cdot r_i(j)$$

8 Historial

Esta Recomendación E.716 se publica por primera vez.

Referencias

- [1] ANDRADE (J.): "ATM Source Traffic Descriptor Based on the Peak, Mean and Second Moment of the Cell Rate, *ITC 14: The fundamental role of teletraffic in the evolution of telecommunication networks*, Vol. 1b, Elsevier, 1994.

- [2] GUSELLA (R.): Characterizing the Variability of Arrival Processes with Indexes of Dispersion, *IEEE JSAC*, Vol. 9, No. 2, febrero de 1991.
- [3] HEFFES (H.), LUCANTONI (D.), MARKOV (A.): Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance, *IEEE JSAC*, Vol. SAC-4, No. 6, septiembre de 1986.
- [4] OKUDA (T.), AKIMARU (H.), SAKAI (M.): A Simplified Performance Evaluation for Packetized Voice Systems, *The Transactions of the IEICE*, Vol. E 73, No. 6, junio de 1990.
- [5] LINDBERGER (K.): Analytical Methods for the Traffical Problems with Statistical Multiplexing in ATM Networks, *ITC 13*, Copenhagen, 1991.
- [6] YAMADA (H.), SUMITA (S.): A Traffic Measurement Method and its Application for Cell Loss Probability Estimation in ATM Networks, *IEEE JSAC*, Vol. 9, No. 3, abril de 1991.
- [7] ANDRADE (J.), JESÚS MARTINEZ-PASCUA (M.): Use of the IDC to characterize LAN traffic, *2nd IFIP Workshop on Performance Modelling and Evaluation of ATM Networks*, Bradford, 4 a 7 de julio de 1994.
- [8] ERRAMILI (A.), WILLINGER (W.): Fractal Properties in Packet measurement in *Proceedings of St. Petesburg Regional ITC Seminar*, 1993.
- [9] BERAN (J.), SHERMAN (R.), TAQQU (M.S.), WILLINGER (W.): Variable Bit-Rate Video Traffic and Long-Term Dependence, que se publicará en *ACM/IEEE Trans. on Networking*.
- [10] ADDIE (R.G.), ZUKERMAN (M.), NEAME (T.): Fractal Traffic: Measurements, Modelling and Performance Evaluation, *Proceedings of IEEE INFOCOM*, 1995.
- [11] FENDICK (K.), WHITT (W.): Measurements and approximations to describe the offered traffic and predict the average workload in a single-server queue, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, No. 1, páginas 171-194, 1989.
- [12] MEIER-HELLSTERN (K.), WIRTH (P.), YAN (Y-L.), HOEFLIN (D.): Traffic Models for ISDN Data Users: Office Automation Application, *Proceedings of ITC 13*, 1991.
- [13] SRIRAM (K.), WHITT (W.): Characterizing Superposition Arrival Process in Packet Multiplexers for Voice and Data", *IEEE JSAC*, Vol. Sac-4, No. 6, septiembre de 1986.
- [14] FONTANA (B.), GUERRERO (A.): Packet Traffic Characterization Arrival Laws and Waiting Times, *ITC 12*, Turín, 1988.
- [15] ANDRADE (J.), SÁNCHEZ-CAÑABATE (M.F.), VILLÉN-ALTAMIRANO (M.): ATM Cell Traffic Description Based on Queuing Performance", *International Teletraffic Seminar*, Bangkok, 28 de noviembre -1 de diciembre de 1995.
- [16] WHITT (W.): Approximating a point process by a renewal process: the view through a queue, an indirect approach, *Management Science*, Vol. 27, No. 6, junio de 1981.
- [17] GÜN (L.): An approximation method for capturing complex traffic behaviour in high-speed networks, *Performance Evaluation 19*, 5-23, 1994.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Red telefónica y RDSI
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión
Serie H	Transmisión de señales no telefónicas
Serie I	Red digital de servicios integrados (RDSI)
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas y de televisión
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Mantenimiento: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Equipos terminales y protocolos para los servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Z	Lenguajes de programación