



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

E.360.3

(05/2002)

SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED,
SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL
SERVICIO Y FACTORES HUMANOS

Plan de encaminamiento internacional

**Encaminamiento orientado a la calidad de
servicio y métodos de ingeniería de tráfico
conexos – Métodos de gestión de recursos
orientada a la calidad de servicio**

Recomendación UIT-T E.360.3

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE E
**EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED, SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN
DEL SERVICIO Y FACTORES HUMANOS**

EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES	
Definiciones	E.100–E.103
Disposiciones de carácter general relativas a las Administraciones	E.104–E.119
Disposiciones de carácter general relativas a los usuarios	E.120–E.139
Explotación de las relaciones telefónicas internacionales	E.140–E.159
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.160–E.169
Plan de encaminamiento internacional	E.170–E.179
Tonos utilizados en los sistemas nacionales de señalización	E.180–E.189
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.190–E.199
Servicio móvil marítimo y servicio móvil terrestre público	E.200–E.229
DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL	
Tasación en el servicio internacional	E.230–E.249
Medidas y registro de la duración de las conferencias a efectos de la contabilidad	E.260–E.269
UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS	
Generalidades	E.300–E.319
Telefotografía	E.320–E.329
DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS	
PLAN DE ENCAMINAMIENTO INTERNACIONAL	E.350–E.399
GESTIÓN DE RED	
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	
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.649
Ingeniería de tráfico para redes con protocolo Internet	E.650–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	
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.360.3

Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio

Resumen

Las Recomendaciones de la serie E.360.x describen, analizan y aconsejan métodos que controlan una respuesta de la red a las demandas de tráfico y a otros estímulos, tales como fallos de enlaces o fallos de nodos. Las funciones examinadas y las recomendaciones hechas en relación con la ingeniería de tráfico (TE) son coherentes con la definición que figura en el documento básico del Grupo de Trabajo de Ingeniería de Tráfico (TEWG) del Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (IETF):

La ingeniería de tráfico de Internet se ocupa de la optimización del funcionamiento de redes operacionales. Abarca la medición, modelado, caracterización y control del tráfico Internet, y la aplicación de técnicas para lograr objetivos específicos de calidad de funcionamiento, incluidos el movimiento fiable y expedito del tráfico a través de la red, la utilización eficaz de los recursos de red y la planificación de la capacidad de la red.

Los métodos tratados en las Recomendaciones de la serie E.360.x incluyen el encaminamiento de la llamada y de la conexión, la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, la gestión de las tablas de encaminamiento, el encaminamiento de transporte dinámico, la gestión de capacidad y los requisitos operacionales. Algunos de los métodos propuestos en dicha serie se tratan también en las Recomendaciones UIT-T E.170 a E.179 y E.350 a E.353 sobre encaminamiento, E.410 a E.419 sobre gestión de redes y E.490 a E.780 sobre otros aspectos de la ingeniería de tráfico, o están estrechamente relacionados con los métodos propuestos en dichas Recomendaciones.

Los métodos recomendados se han de aplicar a las redes basadas en el protocolo Internet (IP), en el modo de transferencia asíncrono (ATM) y en la multiplexación por división en el tiempo (TDM), así como al interfuncionamiento entre estas tecnologías de red. Esencialmente todos los métodos recomendados se aplican ya de manera generalizada a escala mundial en redes operacionales, en particular en las redes telefónicas públicas conmutadas (RTPC) que emplean la tecnología basada en TDM. No obstante, estos métodos han demostrado ser extensibles a tecnologías basadas en paquetes, es decir, a tecnologías IP y ATM, y es importante que las redes que evolucionan hacia el empleo de estas tecnologías de paquetes tengan un conocimiento sólido de los métodos que se han de aplicar. Por consiguiente, el propósito es que los métodos indicados en las Recomendaciones de esta serie sirvan de base para los métodos específicos requeridos y, según sea necesario, para el desarrollo de protocolos en las redes IP, ATM y TDM para implementar estos métodos.

Los métodos expuestos en la presente Recomendación comprenden la gestión del tráfico mediante el control de funciones de encaminamiento, que incluyen la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio. Se presentan los resultados de los modelos de análisis que ilustran los compromisos entre diversos métodos. De acuerdo con los resultados de estos estudios y la práctica y experiencia probadas, se recomiendan los métodos que se han de considerar en la evolución de las redes hacia las tecnologías IP, ATM y/o TDM.

Orígenes

La Recomendación UIT-T E.360.3, preparada por la Comisión de Estudio 2 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 16 de mayo de 2002.

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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 1 de la AMNT.

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.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	2
3 Definiciones.....	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Identificación de clase de servicio, obtención de tablas de encaminamiento basado en política y pasos de la gestión de recursos orientada a QoS	2
5.1 Identificación de clase de servicio.....	2
5.2 Obtención de tablas de encaminamiento basado en política	3
5.3 Pasos de la gestión de recursos orientada a QoS.....	4
6 Principios de atribución, protección y reserva dinámicas de anchura de banda.....	5
7 Atribución, protección y reserva de anchura de banda por red virtual.....	8
7.1 Atribución/reserva de anchura de banda por VNET – Caso de red en malla	11
7.2 Atribución/reserva de banda por VNET – Caso de red de baja densidad	15
8 Atribución, protección y reserva de anchura de banda por flujo.....	16
8.1 Atribución/reserva de anchura de banda por flujo – Caso de red en malla....	17
8.2 Atribución/reserva de anchura de banda por flujo – Caso de red de baja densidad.....	18
9 Control de tráfico en el nivel paquetes	20
10 Otras restricciones de la gestión de recursos orientada a QoS	22
11 Gestión de recursos orientada a QoS entre dominios	23
12 Conclusiones/recomendaciones.....	24
Anexo A – Modelado de métodos de ingeniería de tráfico.....	25
A.1 Funcionamiento de los métodos de reserva de anchura de banda.....	25
A.2 Funcionamiento de redes multiservicios: Atribución de anchura de banda por VNET comparada con atribución de anchura de banda por flujo.....	27
A.3 Funcionamiento de redes multiservicios: Topología simple de una zona comparada con topología simple jerárquica de dos niveles de múltiples zonas	30
A.4 Funcionamiento de red multiservicios: Necesidad de MPLS y servicios diferenciados.....	32

Introducción

Las funciones de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio (algunas veces denominado encaminamiento QoS) comprenden la identificación de clase de servicio, la obtención de tablas de encaminamiento, la admisión de conexión, la atribución de anchura de banda, la protección de anchura de banda, la reserva de anchura de banda, el encaminamiento con prioridad, la puesta en cola con prioridad y otras funciones de gestión de recurso conexas. A continuación se hace una clasificación general de estas funciones:

- 1) Controles a nivel de conexión: proporcionan los objetivos requeridos de grado de servicio a nivel de conexión de una manera económica.
- 2) Controles a nivel de paquetes: aseguran los objetivos requeridos de grado de servicio a nivel de paquetes.

Los controles a nivel de conexión se examinan en las cláusulas 5 a 8 y los controles a nivel de paquete en la cláusula 9.

Los métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio se han aplicado satisfactoriamente en redes basadas en TDM [A98] y se están ampliando a redes basadas en IP y en ATM. En un método ilustrativo de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, la anchura de banda es atribuida en cambios discretos a cada una de varias redes virtuales (VNET, *virtual networks*), cada una de las cuales tiene asignada una prioridad correspondiente a servicios clave con alta prioridad, servicios con prioridad normal o servicios de mejor esfuerzo con prioridad baja. Como ejemplos de estos servicios dentro de estas categorías de VNET cabe citar:

- servicios clave con alta prioridad, tales como comunicación vocal para cuestiones de defensa;
- servicios con prioridad normal, tales como servicios vocales sensibles al retardo interactivos a velocidad constante; telefonía IP sensible al retardo, interactiva a velocidad variable y transferencia de ficheros WWW insensible al retardo, no interactiva a velocidad variable; y
- servicios de mejor esfuerzo con prioridad baja, tales como correo vocal, correo electrónico y transferencia de ficheros insensibles al retardo, no interactivos a velocidad variable.

Los cambios de anchura de banda en la capacidad de anchura de banda de VNET pueden ser determinados por nodos de contornos flujo por flujo (conexión por conexión) o se pueden basar en una demanda global de anchura de banda acumulada para la capacidad de VNET (y no a petición, conexión por conexión). En el último caso de atribución de anchura de banda por cada VNET, basada en la demanda de anchura de banda total, los nodos de contorno efectúan cambios discretos periódicos de la atribución de anchura de banda, es decir, aumentan a disminuyen la anchura de banda, como en el caso de trayectos conmutados por etiquetas de encaminamiento con restricciones (CRLSP, *constraint-based routing label switched paths*) que constituyen la capacidad de anchura de banda de VNET.

En el método ilustrativo de gestión de recursos orientada a QoS, se supone en el encaminamiento basado en MPLS, el control de atribución de anchura de banda para cada VNET CRLSP se basa en las necesidades estimadas de anchura de banda, utilización de anchura de banda y estado de los enlaces en el CRLSP. El nodo de contorno o el nodo de origen (ON, *originating node*) determina cuándo hay que aumentar o disminuir la anchura de banda de VNET en un CRLSP, y utiliza un procedimiento ilustrativo de modificación de anchura de banda MPLS CRLSP para ejecutar los cambios necesarios de atribución de anchura de banda en los VNET CRLSP. En el procedimiento de atribución de anchura de banda, se podrían utilizar el protocolo de distribución por etiquetas de encaminamiento con restricciones (CRLDP, *constraint-based routing label distribution protocol*) [J00] o el protocolo de reserva de recursos (RSVP-TE) [AGBLSS00], por ejemplo, para especificar parámetros apropiados en el mensaje de petición de etiqueta:

- a) para pedir cambios de atribución de anchura de banda en cada enlace en el CRLSP; y
- b) para determinar si se puede atribuir anchura de banda en cada enlace en el CRLSP.

Si no se autoriza una atribución de anchura de banda de enlace, un mensaje de notificación con un parámetro de reencaminamiento automático hacia atrás ilustrativo autoriza al ON a buscar una posible atribución de anchura de banda en otro CRLSP. En particular, se ilustra un parámetro facultativo de profundidad de búsqueda (DoS, *depth-of-search*) en el mensaje de petición de etiqueta para controlar la atribución de anchura de banda en cada enlace en un CRLSP. Además, se ilustra un parámetro facultativo de modificación en el mensaje de petición de etiqueta para permitir la modificación dinámica de los parámetros de tráfico asignados (tales como velocidad de datos de cresta, velocidad de datos consignada, etc.) en un CRLSP ya existente. Por último, se ilustra un parámetro de reencaminamiento automático hacia atrás en el mensaje de notificación para que un nodo de contorno pueda buscar CRLSP alternativos adicionales cuando un CRLSP determinado no puede acomodar una petición de anchura de banda.

Por consiguiente, la gestión de recursos orientada a QoS se puede aplicar para cada flujo (o para cada petición de llamada o de conexión), o puede ser aplicada a haces de circuito de tráfico (conocidos también como "conductos de anchura de banda" o "concentración de enlaces virtuales") en forma de CRLSP en redes basadas en IP o de SVP en redes basadas en ATM.

La gestión de recursos orientada a QoS proporciona integración de servicios en una red compartida, para muchas clases de servicio, tales como:

- Servicios CBR que incluyen voz, datos digitales conmutados de la RDSI de banda estrecha a 64, 384 y 1536 kbit/s, tránsito conmutado internacional, comunicación de defensa con prioridad, red privada virtual, 800/llamada gratuita, fibra preferida, y otros servicios.
- Servicios VBR en tiempo real que incluyen telefonía IP, vídeo comprimido y otros servicios.
- Servicios VBR en tiempo no real que incluyen transferencia de ficheros WWW, comprobación de tarjeta de crédito y otros servicios.
- Servicios UBR que incluyen correo vocal, correo electrónico, transferencia de ficheros y otros servicios.

A continuación se ilustran los principios de gestión de recursos orientada a QoS, que comprenden la integración de muchas clases de tráfico, como se indica anteriormente.

Recomendación UIT-T E.360.3

Encaminamiento orientado a la calidad de servicio y métodos de ingeniería de tráfico conexos – Métodos de gestión de recursos orientada a la calidad de servicio

1 Alcance

Las Recomendaciones de la serie E.360.x describen, analizan y aconsejan métodos que controlan una respuesta de la red a las demandas de tráfico y a otros estímulos, tales como fallos de enlaces o fallos de nodos. Las funciones examinadas y las recomendaciones hechas en relación con la ingeniería de tráfico (TE, *traffic engineering*) son coherentes con la definición que figura en el documento básico del Grupo de Trabajo de ingeniería de tráfico (TEWG, *traffic engineering working group*) del Grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet (IETF, *Internet engineering task force*):

La ingeniería de tráfico de Internet se ocupa de la optimización del funcionamiento de redes operacionales. Abarca la medición, modelado, caracterización y control del tráfico Internet, y la aplicación de técnicas para lograr objetivos específicos de calidad funcionamiento, incluidos el movimiento fiable y expedito del tráfico a través de la red, la utilización eficaz de los recursos de red y la planificación de la capacidad de la red.

Los métodos tratados en las Recomendaciones de la serie E.360.x incluyen el encaminamiento de la llamada y de la conexión, la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, la gestión de las tablas de encaminamiento, el encaminamiento de transporte dinámico, la gestión de capacidad y los requisitos operacionales. Algunos de los métodos propuestos en dicha serie se tratan también en las Recomendaciones UIT-T E.170 a E.179 y E.350 a E.353 sobre encaminamiento, E.410 a E.419 sobre gestión de redes y E.490 a E.780 sobre otros aspectos de la ingeniería de tráfico, o están estrechamente relacionados con los métodos propuestos en dichas Recomendaciones.

Los métodos recomendados se han de aplicar a las redes basadas en el protocolo Internet (IP, *Internet protocol*), en el modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*) y en la multiplexación por división en el tiempo (TDM, *time division multiplex*), así como al interfuncionamiento entre estas tecnologías de red. Esencialmente todos los métodos recomendados se aplican ya de manera generalizada a escala mundial en redes operacionales, en particular en las redes telefónicas públicas conmutadas (RTPC) que emplean la tecnología basada en TDM. No obstante, estos métodos han demostrado ser extensibles a tecnologías basadas en paquetes, es decir, a tecnologías IP y ATM, y es importante que las redes que evolucionan hacia el empleo de estas tecnologías de paquetes tengan un conocimiento sólido de los métodos que se han de aplicar. Por consiguiente, el propósito es que los métodos indicados en las Recomendaciones de esta serie sirvan de base para los métodos específicos requeridos y, según sea necesario, para el desarrollo de protocolos en las redes IP, ATM y TDM para implementar estos métodos.

Por tanto, los métodos que figuran en esta serie de Recomendaciones incluyen:

- la gestión de tráfico mediante funciones de control de encaminamiento, que incluyen encaminamiento de la llamada (traducción de número/nombre a dirección de encaminamiento), encaminamiento de la conexión, gestión de recursos orientada a la calidad de servicio, gestión de las tablas de encaminamiento y encaminamiento de transporte dinámico.
- gestión de capacidad, mediante control de diseño de red, incluido el diseño de encaminamiento.
- requisitos operacionales para la gestión del tráfico y de la capacidad, que comprenden la previsión, la supervisión del funcionamiento y el ajuste de la red a corto plazo.

Se presentan los resultados de los modelos de análisis que ilustran los compromisos entre diversos métodos. De acuerdo con los resultados de estos estudios y la práctica y experiencia probadas, se recomiendan los métodos que se han de considerar en la evolución de las redes hacia las tecnologías IP, ATM y/o TDM.

2 Referencias

Véase la cláusula 2/E.360.1.

3 Definiciones

Véase la cláusula 3/E.360.1.

4 Abreviaturas

Véase la cláusula 4/E.360.1.

5 Identificación de clase de servicio, obtención de tablas de encaminamiento basado en política y pasos de la gestión de recursos orientada a QoS

La gestión de recursos orientada a QoS incluye la identificación de clase de servicio, obtención de tablas de encaminamiento, admisión de conexión, atribución de anchura de banda, protección de anchura de banda, reserva de anchura de banda, encaminamiento con prioridad y puesta en cola con prioridad. En esta cláusula se examina la identificación de clase de servicio y la obtención de tablas de encaminamiento.

5.1 Identificación de clase de servicio

La gestión de recursos orientada a QoS conlleva la identificación de clase de servicio y los parámetros de clase de servicio, que pueden abarcar, por ejemplo:

- identidad de servicio (SI, *service identity*);
- red virtual (VNET, *virtual network*);
- capacidad de enlace (LC, *link capability*); y
- parámetros de QoS y de umbral de tráfico.

La SI describe el servicio real asociado con la llamada. La VNET describe la atribución de anchura de banda y los parámetros de tablas de encaminamiento que han de ser utilizados por la llamada. La LC describe las capacidades de soporte lógico de enlace tales como fibra, ondas radioeléctricas, satélite y equipos de multiplexación de circuitos digitales (DCME, *digital circuit multiplexing equipment*) que la llamada debe requerir, preferir o evitar. La combinación de SI, VNET y LC constituyen la clase de servicio, que junto con el número de nodos de red se utiliza para acceder a los datos de la tabla de encaminamiento.

Además de controlar la atribución de anchura de banda, los procedimientos de gestión de recursos orientada a QoS pueden verificar el retardo de transferencia de extremo a extremo, la variación de retardo y aspectos de la calidad de funcionamiento tales como atenuación, eco y ruido, como se examina más adelante en la cláusula 10.

La determinación de la clase de servicio comienza con la traducción en el nodo de origen. El número o nombre es traducido para determinar la dirección de encaminamiento del nodo de destino. Si se utiliza encaminamiento con múltiples ingresos/egresos, se obtienen múltiples direcciones de nodo de destino para la llamada. Otros datos obtenidos de la información de llamada, tales como características del enlace, elementos de información de mensajes Q.931, cifras de intercambio de información e información de encaminamiento de punto de control de red, se utilizan para obtener la clase de servicio para la llamada.

5.2 Obtención de tablas de encaminamiento basado en política

Los parámetros de clase de servicio se obtienen mediante la aplicación del encaminamiento basado en política. Este encaminamiento conlleva la aplicación de reglas a parámetros de entrada para obtener una tabla de encaminamiento y sus parámetros asociados. Los parámetros de entrada para aplicar las reglas basadas en política con el fin de obtener SI, VNET y LC podrán incluir el plan de numeración, el tipo de red de origen/de destino y el tipo de servicio. Después se pueden aplicar las reglas de encaminamiento basado en política a los parámetros SI, VNET y LC obtenidos para determinar la tabla de encaminamiento y parámetros asociados.

En consecuencia, las reglas de encaminamiento basado en política se utilizan en la obtención de SI que, por ejemplo, emplea el tipo de origen, tipo de destino, tipo de servicio de señalización y tipo de servicio de número/nombre marcado para obtener la SI. El tipo de origen se puede obtener normalmente del tipo de enlace entrante al dominio de red conectado, que conecta con una instalación de equipo de cliente conectado directamente (conocido también como nodal), un operador de telecomunicaciones de central local con acceso conmutado, o una ubicación de empresa operadora internacional. De manera similar, de acuerdo con el plan de numeración marcado, se obtiene el tipo de red de destino que puede ser una instalación de cliente conectada directamente (nodal) si se utiliza un plan de numeración privado (por ejemplo, dentro de una red privada virtual), una instalación de cliente con acceso conmutado si se utiliza un número de plan de numeración nacional (NNP, *national numbering plan*) hacia el destino, o una instalación de cliente internacional si se utiliza el plan de numeración E.164 internacional. El tipo de servicio de señalización se obtiene de la capacidad portadora dentro de los mensajes de señalización, de las cifras de información en los códigos de cifras marcados, del plan de numeración u otra información de señalización y puede indicar servicio de larga distancia (LDS, *long-distance service*), servicio de red privada virtual (VPN, *virtual private network*), servicio digital conmutado (SDS, *switched digital service*) RDSI y otros tipos de servicios. Por último, el tipo de servicio de número marcado se obtiene de los códigos de números marcados especiales, tales como los números 800 ó 900 que pueden indicar servicio 800 (llamada gratuita), servicio 900 (anuncios masivos) y otros tipos de servicios. Para obtener la SI, se utiliza el tipo de origen, el tipo de destino, el tipo de servicio de señalización y el tipo de servicio de número marcado.

A continuación se dan ejemplos de la utilización de reglas de encaminamiento basado en política para obtener los parámetros de clase de servicio. La SI de servicio de larga distancia (LDS) se determina a partir de la siguiente información:

- 1) El tipo de red de origen es una empresa operadora de central local con acceso conmutado, porque la llamada se origina desde un nodo de empresa operadora de central local.
- 2) El tipo de red de destino es una empresa operadora de central local con acceso conmutado, de acuerdo con el número marcado NNP.
- 3) El tipo de servicio de señalización es servicio de larga distancia, de acuerdo con el plan de numeración nacional (NNP).
- 4) El tipo de servicio de número marcado no se utiliza para distinguir la SI del servicio de larga distancia.

Por ejemplo, una SI del servicio 800 (llamada gratuita) se obtiene de información similar, salvo que:

- El tipo de servicio de número marcado se basa en el número 800 marcado de "llamada gratuita" para distinguir la SI del servicio 800.

Una SI del servicio VPN, por ejemplo, se obtiene a partir de información similar, salvo que:

- El tipo de servicio de señalización se basa en que el cliente originador tiene acceso a servicios basados en red inteligente (RI) de VPN para obtener la SI del servicio VPN.

La tabla de correspondencia de identidad de servicio se basa en los cuatro datos anteriores para determinar la identidad de servicio. Esta tabla de encaminamiento basado en política puede ser cambiada por las actualizaciones administrativas, en las cuales se puede definir nueva información de servicio sin modificar el soporte lógico del procesamiento del nodo. A partir de la SI y de la capacidad de servicio portador, se utiliza la tabla de correspondencia de SI/servicio portador con red virtual para determinar la VNET.

El cuadro A.1/E.360.2 ilustra la tabla de correspondencia VNET. En este caso, las SI corresponden con redes virtuales individuales. A continuación se examinan más detalladamente los parámetros de encaminamiento para los servicios con prioridad o clave.

La selección de capacidad de enlace permite encaminar las llamadas por enlaces que tienen las características particulares requeridas por estas llamadas. Una llamada puede requerir, preferir o evitar un conjunto de características de enlace, tales como transmisión por fibra, transmisión radioeléctrica, transmisión por satélite o transmisión de voz comprimida. Los requisitos de la capacidad de enlace para la llamada pueden ser determinados por la SI de la llamada o por otra información obtenida del mensaje de señalización o del número de encaminamiento. La lógica de encaminamiento permite que la llamada salte los enlaces que tienen características no deseadas y busquen los que se adaptan mejor a las necesidades de la llamada.

5.3 Pasos de la gestión de recursos orientada a QoS

El método ilustrativo de gestión de recursos orientada a QoS comprende los siguientes pasos:

En el ON, la información de nodo de destino (DN, *destination node*), SI, VNET y gestión de recursos orientada a QoS se determina a través de la base de datos de traducción de número/nombre y otra información de servicio disponible en el ON.

La información de DN y de gestión de recursos orientada a QoS se utiliza para acceder a la VNET apropiada y a la tabla de encaminamiento entre el ON y el DN.

La petición de conexión se establece por el primer trayecto disponible en la tabla de encaminamiento y el recurso de transmisión requerido se selecciona de acuerdo con los datos de gestión de recursos orientada a QoS.

En el primer paso, el ON traduce las cifras marcadas para determinar la dirección del DN. Si se utiliza encaminamiento con múltiples ingresos/egresos, se obtienen las direcciones de múltiples nodos de destino para la petición de conexión. Otros datos obtenidos de la información de petición de conexión son las características del enlace, los elementos de información de mensaje Q.931, las cifras de intercambio de información (II) y la información de encaminamiento de punto de control de servicio (SCP, *service control point*), que se usan para obtener los parámetros de la gestión de recursos orientada a QoS (SI, VNET, LC y QoS/umbrales de tráfico). La SI describe el servicio real asociado con la petición de conexión; la VNET describe la atribución de anchura de banda y los parámetros de tabla de encaminamiento que han de ser utilizados por la petición de conexión, y la LC describe las características del enlace, a saber, fibra, onda radioeléctrica, satélite y compresión de voz, que la petición de conexión debe requerir, preferir o evitar. Cada petición de conexión es clasificada por su SI. A una petición de conexión para un servicio determinado se le atribuye una anchura de banda equivalente igual a EQBW y se encamina por una VNET determinada. Para los servicios CBR, la EQBW es igual a la velocidad binaria promedio o sostenible. Para los servicios VBR, la EQBW se determina en función de la velocidad binaria sostenible, la velocidad binaria de cresta y quizás otros parámetros. Por ejemplo, la EQBW equivale a 64 kbit/s de anchura de banda para conexiones vocales CBR, a 64 kbit/s de anchura de banda para conexiones digitales conmutadas a 64 kbit/s de la RDSI con CBR y a 384 kbit/s de anchura de banda para conexiones a 384 kbit/s digitales conmutadas de la RDSI con CBR. (La anchura de banda equivalente y el control de admisión de conexión se examinan más detalladamente en la cláusula 9.)

En el segundo paso, el valor de SI se utiliza para obtener la VNET. En el caso de multiservicios, la anchura de banda de la red de gestión de recursos orientada a QoS se atribuye a cada VNET que está protegida según sea necesario pero en los demás casos es compartida. En condiciones normales de red sin bloqueo/retardo, todos los servicios comparten plenamente la anchura de banda disponible. Cuando se produce bloqueo/retardo para la VNET *i*, la reserva de anchura de banda actúa para prohibir que el tráfico encaminado alternativamente y el tráfico de otras VNET tome la capacidad atribuida a la VNET *i*. Los parámetros de anchura de banda promedio (*BW_{avg}*, *average bandwidth*) y de anchura de banda máxima (*BW_{max}*, *maximum bandwidth*) están asociados con cada VNET para regir la atribución y protección de la anchura de banda, que se examinan con más detalle en la cláusula 6. Como se indica, la selección de LC permite encaminar las peticiones de conexión por enlaces de transmisión específicos que tienen las características particulares requeridas por una petición de conexión.

En el tercer paso, la tabla de encaminamiento de VNET determina la capacidad de red que está autorizada para ser seleccionada para cada petición de conexión. Al utilizar la tabla de encaminamiento VNET para seleccionar capacidad de red, el ON selecciona un trayecto de primera elección basado en las reglas de selección de la tabla de encaminamiento. Las reglas de gestión de recursos orientada a QoS determinan si es posible o no asignar anchura de banda a la petición de conexión por el trayecto de primera elección. Si no se puede acceder a un trayecto de primera elección, el ON intenta trayectos alternativos determinados por las reglas de selección de trayecto expuestas en la Rec. UIT-T E.360.2. La posibilidad de atribuir o no anchura de banda a la petición de conexión por el trayecto alternativo es determinada también por las mencionadas reglas de la gestión de recursos orientada a QoS.

6 Principios de atribución, protección y reserva dinámicas de anchura de banda

Las funciones de gestión de recursos orientada a QoS comprenden la identificación de clase de servicio, obtención de tablas de encaminamiento, admisión de conexión, atribución, protección y reserva de anchura de banda, encaminamiento con prioridad y puesta en cola con prioridad. En esta cláusula se examina la admisión de conexión y la asignación, protección y reserva de anchura de banda.

Se especifican también los controles de asignación de recursos y los mecanismos de prioridad, así como la información necesaria para soportarlos. En el método de gestión de recursos orientada a QoS ilustrativo, el control de admisión de conexión/atribución de anchura de banda para cada enlace en el trayecto se efectúa en base al estado del enlace. El ON puede seleccionar cualquier trayecto para el cual el primer enlace está autorizado de acuerdo con los criterios de gestión de recursos orientada a QoS. Si el enlace subsiguiente no está autorizado, se utiliza una liberación con reencaminamiento automático hacia atrás/anchura de banda no disponible para retornar al ON y seleccionar un trayecto alternativo. Esta utilización de una selección de trayecto EDR, que conlleva el uso de la liberación con el mecanismo de reencaminamiento automático hacia atrás/anchura de banda no disponible para buscar un trayecto disponible, es una alternativa a la selección de trayecto SDR, que puede entrañar flujo de información de parámetros de estado de enlace que cambian frecuentemente, tales como la velocidad de célula disponible. Los compromisos entre EDR con reencaminamiento automático hacia atrás y SDR con información de parámetros de estado del enlace se examinan más detalladamente en la Rec. UIT-T E.360.6. En particular, cuando se utiliza la selección de trayecto EDR con reencaminamiento automático hacia atrás en lugar de la selección de trayecto SDR con información de parámetros de estado de enlace, la menor frecuencia de flujos de información de parámetros de estado de enlace permite mayores tamaños de grupos de pares, porque el flujo de información de parámetros de estado de enlace puede consumir muchos recursos de procesador y de enlace, desde el punto de vista del procesamiento de los mensajes por los procesadores y de la anchura de banda de enlace consumida por los mensajes transmitidos por los enlaces.

En la presente Recomendación se consideran dos casos de gestión de recursos orientada a QoS: gestión red virtual por red virtual (*per-VNET*, *per-virtual-network*) y gestión flujo por flujo. En el método por VNET, como se ilustra para las redes MPLS basadas en IP, se gestiona anchura de banda LSP total para satisfacer las necesidades globales de anchura de banda de los servicios VNET. En consecuencia se asigna anchura de banda a cada flujo dentro de los CRLSP, cuando la anchura de banda de CRLSP está disponible. En el método por flujo, se atribuye anchura de banda a cada flujo, tal como en el establecimiento de SVC en una red basada en ATM, tomándola de la anchura de banda total, cuando la anchura de banda total está disponible. Un principio fundamental aplicado en estos métodos de atribución de anchura de banda es el uso de técnicas de reserva de anchura de banda. En primer lugar, examinaremos los principios de reserva de anchura de banda y a continuación la asignación de recursos de QoS por VNET y por flujo.

La reserva de anchura de banda (la terminología en las redes TDM es "reserva de haces de circuitos") da prioridad al tráfico preferido permitiéndole tomar cualquier anchura de banda en reposo en un enlace, mientras que sólo permite al tráfico no preferido tomar anchura de banda si hay un nivel mínimo de anchura de banda en reposo disponible, donde el umbral de anchura de banda mínimo se denomina el nivel de reserva. P. J. Burke [Bur61] analizó primero el comportamiento de reserva de anchura de banda desde el punto de vista de la solución de ecuaciones de nacimiento-muerte para el modelo de reserva de anchura de banda. El modelo de Burke mostró el nivel de tráfico perdido relativo para tráfico preferido, que no está sujeto a restricciones de reserva de anchura de banda, comparado con el tráfico no preferido, que está sujeto a las restricciones. La figura 1 ilustra el porcentaje perdido de tráfico preferido y no preferido en un enlace típico con un 10% de sobrecarga de tráfico. Se observa que el tráfico preferido perdido está cerca de cero, mientras que el tráfico no preferido perdido es mucho más alto, y esta situación se mantiene a través de una amplia variación del porcentaje de la carga de tráfico preferido. En consecuencia, la protección de reserva de anchura de banda es robusta para las variaciones del tráfico y proporciona una protección dinámica importante de determinados trenes de tráfico.

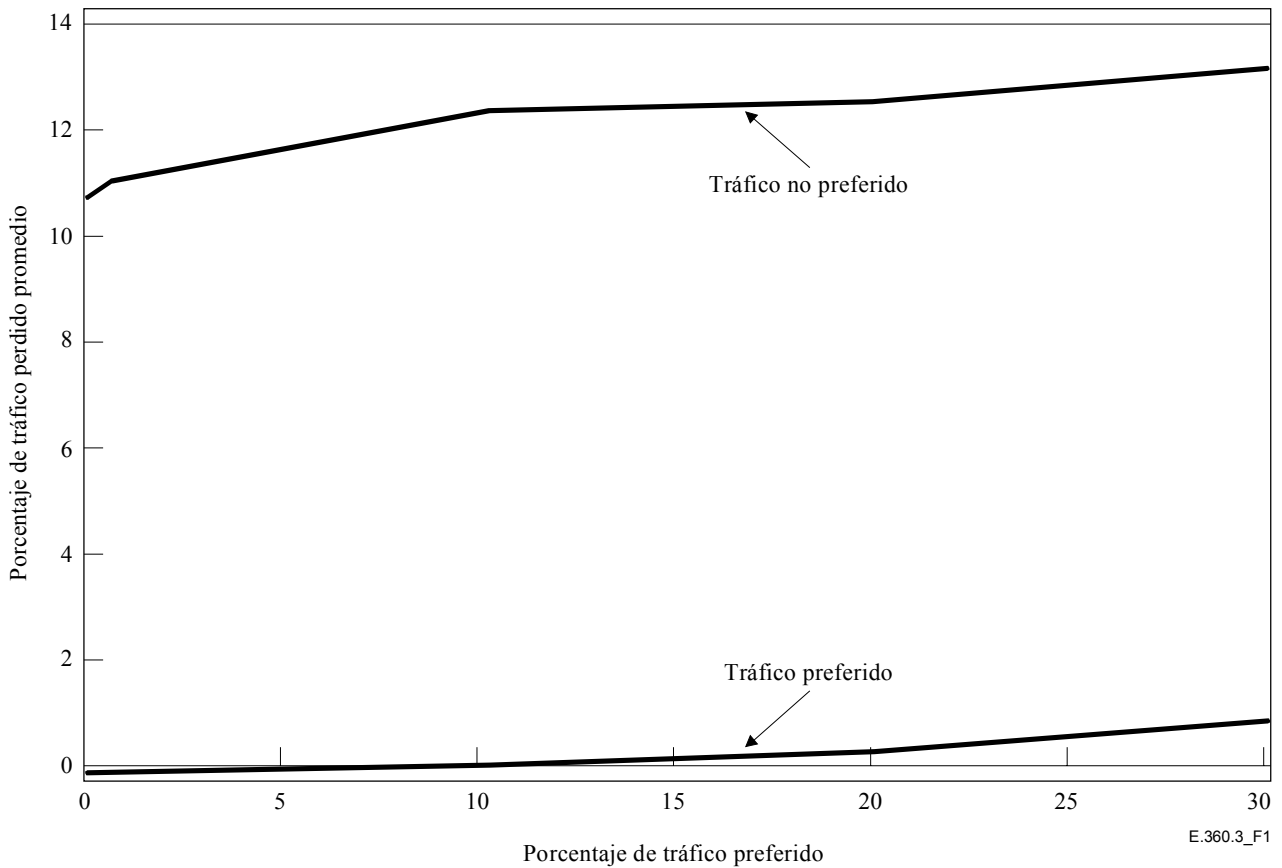


Figura 1/E.360.3 – Funcionamiento de la reserva dinámica de anchura de banda con sobrecarga de 10%

La reserva de anchura de banda es una técnica crucial utilizada en redes no jerárquicas para impedir la "inestabilidad" que puede reducir gravemente el caudal en periodos de congestión, quizás hasta el 50% de la capacidad de transporte de tráfico de una red [E.525]. El fenómeno de inestabilidad tiene una solución matemática interesante para las ecuaciones de flujos de red, que ha sido presentado en varios estudios [NaM73], [Kru82], [Aki84]. En estos estudios se muestra que las redes no jerárquicas presentan dos estados estables, o biestabilidad, en condiciones de congestión y que las redes pueden cambiar entre estos estados estables en una condición de congestión que ha sido demostrada en estudios de simulación. Una simple explicación de cómo se produce este fenómeno biestable es que, cuando hay congestión, a menudo una red no puede completar una petición de conexión por el trayecto más corto primario, que en este ejemplo consiste en un solo enlace. Si se permite encaminamiento alternativo, tal como por trayectos multienlaces más largos, que en este ejemplo se supone que consisten en dos enlaces, la petición de conexión pudiera ser completada por un trayecto de dos enlaces seleccionado entre un gran número de opciones de trayectos de dos enlaces, solamente uno de los cuales tiene que utilizar anchura de banda en reposo suficiente en ambos enlaces para encaminar la conexión. Como esta conexión de dos enlaces ocupa los recursos que quizás pudieran ser utilizados para completar dos conexiones de un enlace, ésta es una utilización menos eficaz de los recursos de red en condiciones de congestión. Cuando no se pueda completar una gran fracción de todas las conexiones por el enlace directo pero que ocupan en cambio trayectos de dos enlaces, la capacidad total de caudal de red se reduce por la mitad porque la mayoría de las conexiones toman dos veces los recursos necesarios. Éste es un estado estable, es decir, la mayoría o todas las conexiones utilizan dos enlaces. El otro estado estable es que la mayoría o todas las conexiones utilizan un enlace, que es la condición deseada.

La reserva de anchura de banda se utiliza para impedir este comportamiento inestable de modo que el tráfico preferido por un enlace sea el tráfico directo por el trayecto más corto primario y que el

tráfico no preferido, sujeto a restricciones de reserva de anchura de banda como se describe anteriormente, sea el tráfico encaminado alternativamente por trayectos más largos. De esta manera, el tráfico encaminado alternativamente no puede seleccionar trayectos alternativos más largos cuando no se dispone de suficiente capacidad de haces de circuito en reposo en todos los enlaces de una conexión encaminada alternativamente, que es la condición probable cuando hay congestión de red y de enlaces. Matemáticamente, los estudios de comportamiento de red biestable han demostrado que la reserva de anchura de banda utilizada de esta manera para favorecer las conexiones más cortas primarias elimina el problema de biestabilidad en redes no jerárquicas y permite que estas redes mantengan una utilización eficaz de sus recursos en condiciones de congestión, favoreciendo la compleción de las conexiones por el trayecto más corto. Por este motivo, la reserva dinámica de anchura de banda se aplica universalmente en las redes no jerárquicas basadas en TDM [E.529] y a menudo en redes jerárquicas [Mum76].

Sin embargo, hay diferencias en cuanto a cómo y cuándo se aplica la reserva de anchura de banda, es decir, si la reserva de anchura de banda para las conexiones encaminadas por el trayecto primario se aplica en todos los momentos o si es activada dinámicamente para ser utilizada sólo en condiciones de congestión de red o de enlaces. Éste es un aspecto complejo del compromiso de caudal de red, porque la reserva de anchura de banda puede producir cierta pérdida del caudal en condiciones normales y con congestión baja. Esta pérdida de caudal se produce porque si se reserva anchura de banda para conexiones por el trayecto primario, pero estas peticiones de conexión no llegan, la capacidad está reservada innecesariamente cuando pudiera ser utilizada para completar tráfico encaminado alternativo, que de otra manera pudiera ser bloqueado. No obstante, con congestión de red, el uso de reserva de anchura de banda es crítico para impedir la inestabilidad de la red, como se explica anteriormente [E.525], [E.529], [E.731].

Es provechoso incluir las técnicas de reserva de anchura de banda en métodos de encaminamiento basados en IP y en ATM, con el fin de asegurar el uso eficaz de los recursos de red especialmente en condiciones de congestión. Los métodos de selección de trayecto recomendados actualmente, tales como los métodos para múltiples trayectos optimizados para ingeniería de tráfico en redes MPLS basadas en IP [V99] o selección de trayectos en redes PNNI basadas en ATM [ATM960055], no dan orientaciones sobre la necesidad de utilizar técnicas de reserva de anchura de banda. Esta orientación es esencial para el funcionamiento aceptable de las redes [E.737].

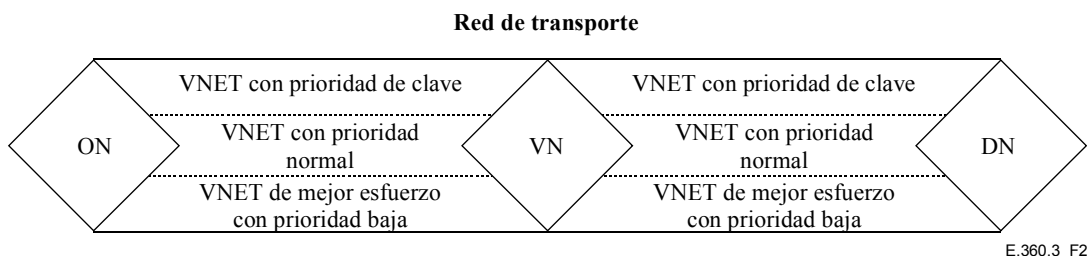
En la presente Recomendación se dan ejemplos de técnicas de reserva de anchura de banda activada dinámicamente, es decir la reserva de anchura de banda es activada solamente en condiciones de congestión de red. Estos métodos demuestran ser efectivos para lograr un equilibrio entre la protección de los recursos de red en situación de congestión y asegurar que los recursos estén disponibles para compartición cuando las condiciones lo permiten. En la cláusula 6 se ilustra el fenómeno de la inestabilidad de red a través de estudios de simulación y se demuestra la efectividad de la reserva de anchura de banda para eliminar la inestabilidad. Se muestra también que la reserva de anchura de banda es una técnica eficaz para compartir la capacidad de anchura de banda entre servicios integrados por un trayecto primario, cuando en este caso la reserva se invoca para preferir la capacidad de enlace por el trayecto primario para una clase de servicio determinada en oposición a otra clase de servicio cuando se encuentran condiciones de congestión de red y de enlace. Estos dos aspectos de la reserva de anchura de banda, es decir, para evitar la inestabilidad y para compartir la capacidad de anchura de banda entre servicios, se ilustran en las cláusulas 6, 7 y 8.

7 Atribución, protección y reserva de anchura de banda por red virtual

Con la aplicación de técnicas de atribución y reserva de anchura de banda y de control de congestión, la gestión de recursos orientada a QoS puede proporcionar una calidad de funcionamiento de la red adecuada en condiciones normales y anómalas para todos los servicios que comparten la red integrada. Estos métodos han sido analizados en la práctica para las redes basadas en TDM [A98] y en estudios de modelado para redes basadas en IP [ACFM99]. En esta

Recomendación se describen los métodos de gestión de recursos orientada a QoS en redes basadas en IP. Sin embargo, el propósito aquí es ilustrar los principios generales de la gestión de recursos orientada a QoS y no recomendar una realización específica.

Como se muestra en la figura 2, en la red de gestión de recursos orientada a QoS para multiservicios, la anchura de banda es asignada a cada VNET (VNET de servicios clave con alta prioridad, VNET de servicios con prioridad normal y VNET de servicios de mejor esfuerzo con baja prioridad).



- Método distribuido aplicado red virtual por red virtual.
 - El ON atribuye anchura de banda a cada red virtual (VNET) de acuerdo con la demanda.
 - Para aumentar la anchura de banda de VNET:
 - ❖ El ON decide el umbral de modificación de anchura de banda del enlace (P_i) basándose en:
 - la anchura de banda en uso (BWIP);
 - la prioridad de encaminamiento (clave, normal, de mejor esfuerzo);
 - BWavg de atribución de anchura de banda;
 - el trayecto primero/alternativo.
 - ❖ El ON lanza un mensaje de petición de etiqueta CRLDP con ruta explícita, bandera de modificación, parámetros de tráfico y umbral P_i (transportados en la prioridad de establecimiento).
 - Los VN mantienen el estado de enlace local de anchura de banda de enlace en reposo (ILBW), que incluye levemente cargado (LL), fuertemente cargado (HL), reservado (R) y ocupado (B).
 - Los VN comparan el estado del enlace con el umbral P_i .
 - Los VN envían un mensaje de notificación reencaminamiento automático hacia atrás/anchura de banda no disponible a ILSR si no se cumple el umbral P_i .
- ON Nodo de origen
 DN Nodo de destino
 VN Nodo intermedio
 ◇ Nodo

Figura 2/E.360.3 – Gestión de anchura de banda de red virtual (VNET)

Esta anchura de banda atribuida está protegida por los métodos de reserva de anchura de banda, según sea necesario, pero en los demás casos es compartida. Cada ON supervisa el uso de anchura de banda de VNET en cada VNET CRLSP y determina cuándo esta anchura de banda tiene que ser aumentada o disminuida. Los cambios de la capacidad de anchura de banda VNET son determinados por los ON en base a la demanda global de anchura de banda acumulada para la capacidad de VNET (y no a petición por cada conexión). De acuerdo con la demanda de anchura de banda total, estos ON efectúan cambios discretos periódicos de la atribución de anchura de banda, es decir, la aumentan o disminuyen en los CRLSP que constituyen la capacidad de anchura de banda de VNET. Por ejemplo, si se hacen peticiones de conexión para anchura de banda de VNET CRLSP que rebasan la atribución de anchura de banda CRLSP vigente, el ON inicia una petición de modificación de anchura de banda en los CRLSP apropiados. Esta petición de modificación de anchura de banda puede conllevar el aumento de la anchura de banda de CRLSP vigente por un incremento discreto de anchura de banda indicado aquí como delta de anchura de banda (DBW). Esta DBW es un cambio de anchura de banda suficientemente grande para que las peticiones de modificación sean relativamente poco frecuentes. Asimismo, el ON supervisa periódicamente el uso de anchura de banda de CRLSP, una vez cada minuto, y si el uso de anchura de banda cae por debajo de la atribución vigente del CRLSP, el ON inicia una petición de

modificación de anchura de banda para disminuir dicha atribución por una unidad de anchura de banda, tal como DBW.

Al efectuar una modificación de atribución de anchura de banda de VNET, el ON determina los parámetros de gestión de recursos orientada a QoS que incluyen los umbrales de atribución de anchura de banda de VNET con prioridad (servicios clave, normales o de mejor esfuerzo), la anchura de banda en uso de VNET y si el CRLSP es un trayecto de primera elección o alternativo. Estos parámetros se emplean para acceder a una tabla de búsqueda de profundidad (DoS) de VNET con el fin de determinar el umbral de estado de carga DoS (Pi) o la "profundidad" a la cual la capacidad de red puede ser asignada para la petición de modificación de anchura de banda VNET. Al utilizar el umbral DoS para atribuir capacidad de anchura de banda de VNET, el ON selecciona un CRLSP de primera elección basado en las reglas de selección de la tabla de encaminamiento.

La selección de trayecto en esta ilustración de red IP puede abrir el primer trayecto más corto abierto (OSPF, *open shortest path first*) para el encaminamiento intradominio. En el encaminamiento de capa 3 basado en OSPF, mostrado en la figura 3, el ON A determina una lista de trayectos más cortos aplicando, por ejemplo, el algoritmo de Dijkstra.

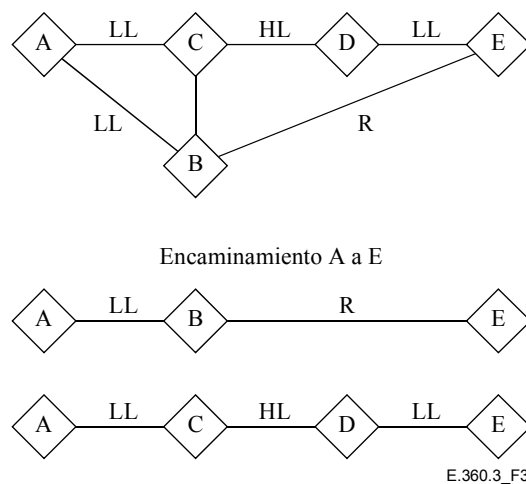


Figura 3/E.360.3 – Selección de trayecto conmutado con etiqueta para petición de modificación de anchura de banda

Esta lista de trayectos podrá ser determinada de acuerdo con las ponderaciones administrativas de cada enlace, que son comunicadas a todos los nodos dentro del dominio de sistema autónomo (AS, *autonomous system*). Estas ponderaciones administrativas pueden ser fijadas, por ejemplo, a $[1 + \text{epsilon} \times \text{distancia}]$, donde epsilon es un factor que da un peso relativamente más pequeño a la distancia en comparación con el cómputo de tramos. El ON selecciona un trayecto de la lista basado, por ejemplo, en la selección de trayecto FR, TDR, SDR o EDR, como se indica en la Rec. UIT-T E.360.2.

Por ejemplo, al utilizar el primer CRLSP A-B-E de la figura 3, el ON A envía un mensaje de petición de etiqueta MPLS al VN B, que a su vez retransmite el mensaje de petición de etiqueta al DN E. Los VN B y DN E son transferidos en el parámetro de encaminamiento explícito (ER, *explicit routing*) contenido en el mensaje de petición de etiqueta. Cada nodo en el CRLSP lee la información ER, y transfiere el mensaje de petición de etiqueta al siguiente nodo enumerado en el parámetro ER. Si el primer trayecto está bloqueado en cualquiera de los enlaces del trayecto, se devuelve un mensaje de notificación MPLS con un parámetro reencaminamiento automático al ON A que puede entonces intentar el trayecto siguiente. Si se utiliza FR, este trayecto es el siguiente en la lista de trayectos más cortos, por ejemplo, el trayecto A-C-D-E. Si se utiliza TDR, el siguiente trayecto es el siguiente en la tabla de encaminamiento para el periodo de tiempo vigente. Si se utiliza SDR, el OSPF aplica un método distribuido de flujo de información de estado del enlace, que

es activado periódicamente y/o por rebasamiento de valores de umbral del estado de carga. Este método de distribuir información del estado del enlace puede requerir muchos recursos y puede no ser más eficaz que los métodos de selección de trayecto más simples, tales como EDR. Si se utiliza EDR, el siguiente trayecto es el último trayecto satisfactorio, y si ese trayecto es insatisfactorio, se busca otro trayecto alternativo de acuerdo con el método de selección de trayectos EDR.

Por consiguiente, al utilizar el CRLSP seleccionado, el ON envía la ruta explícita, los parámetros de tráfico solicitados (velocidad de datos máxima, velocidad de datos comprometida, etc.), un parámetro DoS y un parámetro modificación en el mensaje de petición de etiqueta MPLS a cada VN y el DN en el CRLSP seleccionado. Cada VN que aplica las reglas de gestión de recursos orientada a QoS determina si se puede atribuir o no anchura de banda a la petición de modificación de anchura de banda en el CRLSP de primera elección. Estas reglas suponen que el VN determina los estados de enlace de CRLSP, basado en el uso de anchura de banda y en la anchura de banda disponible, y compara el estado de carga del enlace con el umbral DoS P_i enviado en los parámetros de señalización MPLS, como se explica más adelante. Si el CRLSP de primera elección no puede admitir el cambio de anchura de banda, un VN o DN devuelve el control al ON utilizando el parámetro reencaminamiento automático hacia atrás en el mensaje de notificación MPLS. En ese momento, el ON puede intentar un CRLSP alternativo. La determinación de si se puede atribuir o no anchura de banda a la petición de modificación de anchura de banda por el trayecto alternativo se basa en la comparación del umbral DoS con el estado de carga del enlace CRLSP en cada VN. Se aplica la puesta en cola con prioridad durante el tiempo que el CRLSP está establecido, y en cada enlace se mantiene la disciplina de puesta en cola, de modo que se dé prioridad a los paquetes de acuerdo con la prioridad del tráfico VNET.

La determinación de los estados de carga de los enlaces del CRLSP es necesaria para la gestión de recursos orientada a QoS con el fin de seleccionar capacidad de red en el CRLSP de primera de elección o en los CRLSP alternativos. Se distinguen cuatro estados de carga del enlace: levemente cargado (LL, *lightly loaded*), fuertemente cargado (HL, *heavily loaded*), reservado (R) y ocupado (B, *busy*). La gestión de la capacidad de CRLSP utiliza el modelo de estado de enlace y el modelo DoS para determinar si una petición de modificación de anchura de banda puede ser aceptada en un CRLSP dado. El umbral de estado de carga DoS autorizado, P_i , determina si se puede aceptar una petición de modificación de anchura de banda en un enlace dado a una "profundidad" de anchura de banda disponible. Al establecer la petición de modificación de anchura de banda, el ON codifica el umbral de estado de carga DoS permitido en cada enlace en el parámetro de DoS P_i , que es transportado en la petición de etiqueta MPLS. Si se encuentra un enlace CRLSP en un VN en el cual la anchura de banda de enlace en reposo y el estado de carga del enlace están por debajo del umbral P_i de estado de carga DoS permitido, el VN envía un mensaje de notificación MPLS con el parámetro reencaminamiento automático hacia atrás al ON, que puede entonces encaminar la petición de modificación de anchura de banda a un CRLSP alternativo. Por ejemplo, en la figura 3 el CRLSP A-B-E puede ser el primer trayecto intentado cuando el enlace A-B está en el estado LL y el enlace B-E está en el estado R. Si el estado de carga DoS autorizado es $P_i = HL$ o mejor, la petición de modificación de anchura de banda de CRLSP en el mensaje de petición de etiqueta MPLS es encaminada por el enlace A-B pero no será admitida por el enlace B-E, en el cual la petición de modificación de anchura de banda CRLSP será reencaminada automáticamente hacia atrás en el mensaje de notificación MPLS al nodo de origen A para intentar el trayecto CRLSP A-C-D-E alternativo. En este caso, la petición de modificación de anchura de banda de CRLSP tiene éxito porque todos los enlaces tienen un estado HL o mejor.

7.1 Atribución/reserva de anchura de banda por VNET – Caso de red en malla

Para la reserva de atribución de anchura de banda, se ilustran dos métodos: uno aplicable a topologías de red en malla y el otro aplicable a topologías de baja densidad. En redes en malla, un mayor número de enlaces lógico resulta en un menor volumen de tráfico transportado por enlace, y las funciones tales como reserva de anchura de banda tienen que ser controladas más

cuidadosamente que en una red de baja densidad, en la cual el tráfico está concentrado en un número mucho menor de enlaces lógicos más grandes, y la reserva de anchura de banda no tiene que ser gestionada cuidadosamente. En consecuencia, en la red en malla, es provechoso utilizar funciones tales como la activación y desactivación automáticas de la reserva de anchura de banda, que dependen del nivel de congestión de enlaces/red. Sin embargo, en la red de baja densidad, la complejidad de tal activación automática no es esencial y la reserva de anchura de banda puede estar habilitada permanentemente sin degradar la calidad del funcionamiento.

A continuación se examina un ejemplo de atribución/reserva de anchura de banda en una red en malla y en 7.2 se examina el caso de la red de baja densidad.

El umbral de estado de carga DoS depende de la anchura de banda en uso, de la prioridad VNET y de los umbrales de atribución de anchura de banda, como sigue:

Cuadro 1/E.360.3 – Determinación de umbral de estado de carga con profundidad de búsqueda (DoS) (Atribución de anchura de banda por VNET, red en malla)

Estado de carga permitida _i	VNET con prioridad clave	VNET con prioridad normal		VNET con prioridad de mejor esfuerzo
		CRLSP de primera elección	CRLSP alternativo	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	No permitido	Nota
HL	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	Nota
LL	Todos $BWIP_i$	Todos $BWIP_i$	Todos $BWIP_i$	Nota

donde:

$BWIP_i$ = anchura de banda en uso en la VNET i

BW_{avg_i} = anchura de banda garantizada mínima requerida para que la VNET i transporte la carga de anchura de banda ofrecida promedio

BW_{max_i} = anchura de banda requerida para que la VNET i satisfaga el objetivo de grado de servicio de probabilidad de bloqueo/retardo para peticiones de atribución de anchura de banda de CRLSP

= $1,1 \times BW_{avg_i}$

NOTA – A los CRLSP para VNET con prioridad de mejor esfuerzo se asigna anchura de banda cero; la puesta en cola de servicios diferidos admite paquetes de mejor esfuerzo solamente si hay anchura de banda disponible en un enlace.

Obsérvese que $BWIP$, BW_{avg} y BW_{max} se especifican por cada par ON-DN, y que el método de gestión de recursos orientada a QoS proporciona una VNET con prioridad clave, una VNET con prioridad normal y una VNET con prioridad de mejor esfuerzo. Los servicios clave admitidos por un ON en la VNET con prioridad clave reciben un tratamiento de encaminamiento con prioridad más alta permitiendo DoS de selección de trayecto mayor que los servicios normales admitidos por la VNET con prioridad normal. Los servicios de mejor esfuerzo admitidos en la VNET de mejor esfuerzo reciben un tratamiento de encaminamiento con prioridad más baja permitiendo una DoS de selección de trayecto menor que en el caso normal. Obsérvese que estas designaciones de prioridad clave, normal y de mejor esfuerzo son prioridades a nivel de conexión, mientras que las prioridades a nivel de paquete se examinan en la cláusula 9. Las magnitudes BW_{avg_i} se calculan periódicamente, por ejemplo cada semana, w , y pueden ser promediadas exponencialmente durante un periodo de varias semanas, como sigue:

$$BW_{avg_i}(w) = ,5 \times BW_{avg_i}(w - 1) + ,5 \times [BWIP_{avg_i}(w) + BWOV_{avg_i}(w)]$$

$BWIP_{avg_i}$ = anchura de banda en uso promedio a través de un periodo fijado de carga en la VNET i

$BWOV_{avg_i}$ = petición de atribución de anchura de banda promedio rechazada (o desbordamiento) a través de un periodo fijado de carga en la VNET i

donde todas las variables se especifican por cada par ON-DN, y donde $BWIP_i$ y $BWOV_i$ son promediadas a través de varios periodos de carga, a saber, promedios de mañana, tarde y noche para día laborable, sábado y domingo, con el fin de obtener $BWIP_{avg_i}$ y $BWOV_{avg_i}$.

Cuadro 2/E.360.3 – Determinación del estado de carga del enlace (Redes en malla)

Estado de carga del enlace		Condición
Ocupado	B	$ILBW_k < DBW$
Reservado	R	$ILBW_k \leq Rthr_k$
Fuertemente cargado	HL	$Rthr_k < ILBW_k \leq HLthr_k$
Levemente cargado	LL	$HLthr_k < ILBW_k$
donde: $ILBW_k$ = anchura de banda de enlace en reposo en el enlace k DBW = requisito de delta de anchura de banda para una petición de atribución de anchura de banda $Rthr_k$ = umbral de reserva de anchura de banda para el enlace k = $N \times ,05 \times TBW_k$ para nivel de reserva de anchura de banda N $HLthr_k$ = umbral de anchura de banda muy cargado para el enlace k = $Rthr_k + ,05 \times TRBW_k$ $TRBW_k$ = anchura de banda total requerida en el enlace k para satisfacer el objetivo de grado de servicio de probabilidad de bloqueo/retardo para peticiones de atribución de anchura de banda en su CRLSP de primera elección		

La gestión de recursos orientada a QoS implementa la lógica de reserva de anchura de banda para favorecer el encaminamiento de las conexiones por el CRLSP de primera elección en situaciones de congestión de enlaces. Si se detecta congestión de enlaces (o bloqueo/retardo), la reserva de anchura de banda es activada inmediatamente y se fija el nivel de reserva N para el enlace de acuerdo con el nivel de congestión del enlace. De esta manera, las peticiones de atribución de anchura de banda que intentan obtener un trayecto alternativo por un enlace congestionado están sujetas a reserva de anchura de banda, y se favorecen las peticiones de CRLSP de primera elección para ese enlace. Al mismo tiempo, los umbrales de estado de enlace LL y HL se establecen en consecuencia para acomodar la capacidad de anchura de banda reserva N para la VNET. La figura 4 ilustra la atribución de anchura de banda y los mecanismos por los cuales ésta es protegida mediante reserva de anchura de banda. En condiciones normales de atribución de anchura de banda, la anchura de banda es plenamente compartida, pero en condiciones de sobrecarga de demanda, la anchura de banda es protegida por los mecanismos de reserva, y cada VNET puede utilizar su anchura de banda atribuida. Sin embargo, en condiciones de fallo, los mecanismos de reserva funcionan para dar a la VNET con prioridad clave su anchura de banda atribuida antes de que la VNET con prioridad normal obtenga su atribución de anchura de banda. Como se indica en el cuadro 1, no se atribuye

anchura de banda ni se reserva anchura de banda para la VNET de mejor esfuerzo con prioridad baja. En la cláusula 7 figuran otras ilustraciones de la robustez de la reserva dinámica de anchura de banda para proteger las peticiones de anchura de banda preferidas a través de amplias variaciones de las condiciones de tráfico.

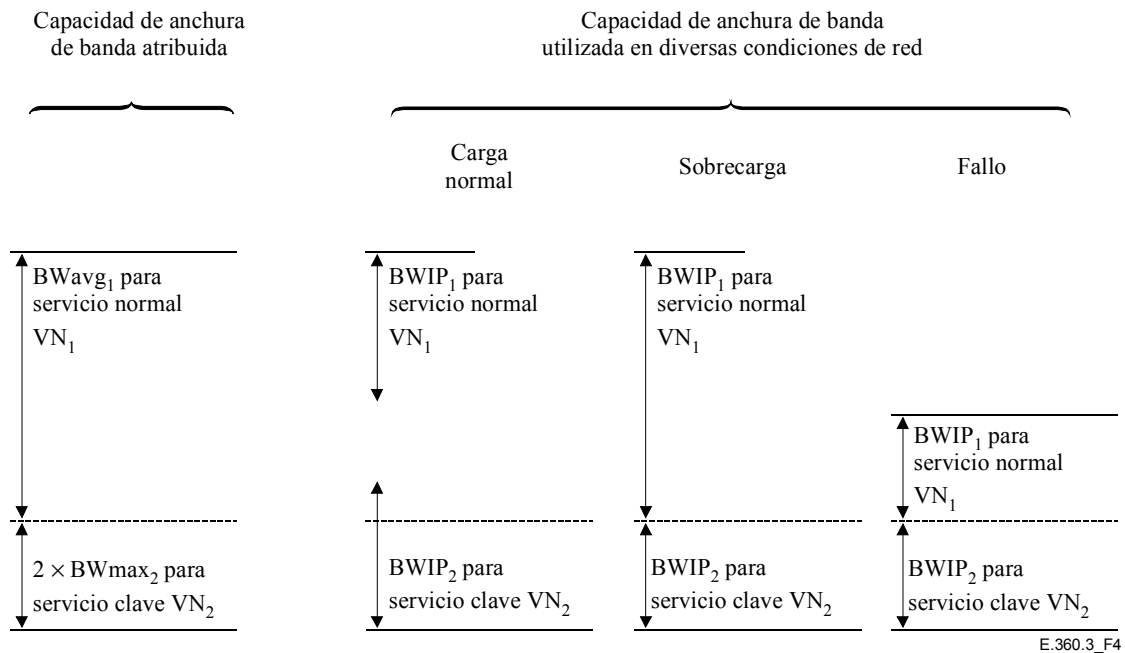


Figura 4/E.360.3 – Asignación y protección de anchura de banda y encaminamiento con prioridad

El nivel de reserva N (por ejemplo, N puede tener de uno a cuatro niveles) se calcula para cada enlace k basado en el nivel de bloqueo/retardo del enlace de peticiones de atribución de anchura de banda. El nivel de bloqueo/retardo del enlace es igual a la atribución de anchura de banda de enlace solicitada total pero rechazada (o desbordada) (medida en anchura de banda total), dividida por la atribución de anchura de banda de enlace solicitada total, durante el último intervalo de actualización periódica, que es, por ejemplo, cada tres minutos. Es decir:

$BWOV_k$ = atribución de anchura de banda solicitada total rechazada (o desbordada) por el enlace k

$BWOF_k$ = atribución de anchura de banda solicitada u ofrecida total por el enlace k

LBL_k = nivel de bloqueo/retardo por el enlace k
 = $BWOV_k/BWOF_k$

Si LBL_k rebasa un valor umbral, el nivel de reserva N se calcula en consecuencia. La anchura de banda reservada y los estados del enlace se calculan en base a la anchura de banda de enlace total requerida en el enlace k, $TRBW_k$, que se calcula en línea, por ejemplo, cada intervalo de un minuto m, y aproximada como sigue:

$$TRBW_k(m) = ,5 \times TRBW_k(m - 1) + ,5 \times [1,1 \times TBWIP_k(m) + TBWOV_k(m)]$$

TBWIP_k = suma de la anchura de banda en uso (BWIP_i) para todas las VNET i para peticiones de anchura de banda en su CRLSP de primera elección por el enlace k

TBWOV_k = suma de desbordamiento de anchura de banda (BWOV_i, *bandwidth overflow*) para todas las VNET i para peticiones de anchura de banda en su CRLSP de primera elección por el enlace k

Por consiguiente, el nivel de reserva y los umbrales de frontera de estado de carga son proporcionales a la carga de anchura de banda requerida estimada, lo que significa que la anchura de banda reservada y la anchura de banda requerida para constituir un enlace levemente cargado disminuyen con la carga de anchura de banda, como intuitivamente debieran.

7.2 Atribución/reserva de banda por VNET – Caso de red de baja densidad

Se examina ahora un ejemplo de atribución/reserva de anchura de banda en una red de baja densidad. En este caso se ilustra un método más sencillo que aprovecha la concentración de tráfico por un número menor de enlaces principales con capacidad más alta. Se utiliza un nivel fijo pequeño de reserva de anchura de banda que está permanente habilitado en cada enlace, como se indica a continuación:

También en este caso el umbral de estado de carga DoS depende de la anchura de banda en progreso, de la prioridad de la VNET y de los umbrales de atribución de anchura de banda, aunque sólo se utilizan los estados reservado (R) y no reservado (NR), como sigue:

Cuadro 3/E.360.3 – Determinación de umbral de estado de carga con profundidad de búsqueda (DoS) (atribución de anchura de banda por VNET, red de baja densidad)

Estado de carga permitida _i	VNET con prioridad clave	VNET con prioridad normal		VNET con prioridad de mejor esfuerzo
		CRLSP de primera elección	CRLSP alternativo	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	No permitido	Nota
NR	Si $2 \times BW_{max_i} < BWIP_i$	Si $BW_{avg_i} < BWIP_i$	Si $BW_{avg_i} < BWIP_i$	Nota

donde:

BWIP_i = anchura de banda en uso en la VNET i

BW_{avg}_i = anchura de banda garantizada mínima requerida para que la VNET i transporte la carga de anchura de banda ofrecida media

BW_{max}_i = anchura de banda requerida para que la VNET i satisfaga el objetivo de grado de servicio de probabilidad de bloqueo/retardo para las peticiones de atribución de anchura de banda de CRLSP

$$= 1,1 \times BW_{avg_i}$$

NOTA – A los CRLSP para la VNET con prioridad de mejor esfuerzo se atribuye una anchura de banda cero; la puesta en cola de servicios diferenciados admite paquetes de mejor esfuerzo solamente si hay anchura de banda disponible en un enlace.

La correspondiente tabla de estados de carga para la red de baja densidad es como sigue:

Cuadro 4/E.360.3 – Determinación de estado de carga del enlace (red de baja densidad)

Estado de carga del enlace		Condición
Ocupado	B	$ILBW_k < DBW$
Reservado	R	$ILBW_k - RBW_{r_k} < DBW$
No reservado	NR	$DBW \leq ILBW_k - RBW_{r_k}$
donde:		
$ILBW_k$ = anchura de banda de enlace en reposo en el enlace k DBW = requisito de delta de anchura de banda para una petición de atribución de anchura de banda RBW_{r_k} = anchura de banda reservada para el enlace k = $,01 \times TLBW_k$ $TLBW_k$ = anchura de banda de enlace total en el enlace k		

Obsérvese que el nivel de reserva es fijo y no depende de ningún cálculo del nivel de bloqueo de enlace (LBL, *link blocking level*) o de anchura de banda requerida total (TRBW, *total required bandwidth*). Por tanto, no se requiere la supervisión de LBL y TRBW en este ejemplo de método de atribución/protección de anchura de banda.

8 Atribución, protección y reserva de anchura de banda por flujo

Los métodos de gestión de recursos orientada a QoS por flujo se han aplicado satisfactoriamente en redes basadas en TDM, donde la atribución de anchura de banda es determinada por los nodos de contorno en base a la demanda de anchura de banda para cada petición de conexión. De acuerdo con la demanda de anchura de banda, estos nodos de contorno efectúan cambios de la atribución de anchura de banda utilizando, por ejemplo, un método de gestión de recursos orientada a QoS basado en SVC y que se ilustra en esta cláusula. También en este caso, se utiliza la determinación de los estados de carga del enlace para la gestión de recursos orientada a QoS con el fin de seleccionar capacidad de red por el trayecto de primera elección o por trayectos alternativos. Asimismo, el umbral de estado de carga DoS permitido determina si una petición de conexión puede ser admitida en un enlace dado a una "profundidad" de anchura de banda disponible. Al establecer cada petición de conexión, el ON codifica el umbral de estado de carga DoS permitido en cada enlace en el IE de establecimiento de la conexión. Si un enlace se encuentra en un VN en el cual la anchura de banda de enlace en reposo y su estado de carga de enlace están por debajo del umbral de estado de carga DoS permitido, el VN envía un IE de reencaminamiento automático hacia atrás/anchura de banda no disponible al ON, que puede entonces encaminar la petición de conexión a un trayecto alternativo. Por ejemplo, en la figura 3 el trayecto A-B-E puede ser el primer trayecto intentado cuando el enlace A-B está en el estado LL y el enlace B-E está en el estado R. Si el estado de carga DoS permitido es HL o mejor, la petición de conexión es encaminada por el enlace A-B pero no será admitida por el enlace B-E en el cual la petición de conexión será reencaminada automáticamente hacia atrás al nodo de origen A para intentar el trayecto alternativo A-C-D-E. En este caso, la petición de conexión tiene éxito porque todos los enlaces tienen un estado HL o mejor.

8.1 Atribución/reserva de anchura de banda por flujo – Caso de red en malla

En este caso se ilustran también dos métodos de atribución/reserva de anchura de banda: uno aplicable a topologías de red en malla y el otro aplicable a topologías de baja densidad. En las redes en malla, el mayor número de enlaces resulta en un menor volumen de tráfico transportado por cada enlace y las funciones tales como reserva de anchura de banda tienen que ser controladas más cuidadosamente que en una red de baja densidad. En una red de baja densidad, el tráfico se concentra en un número mucho menor de enlaces más grandes y la reserva de anchura de banda no requiere una gestión cuidadosa (tal como la activación y desactivación automáticas de reserva de anchura de banda, dependientes del nivel de congestión de enlaces/red).

A continuación se examina un ejemplo de atribución/reserva de anchura de banda de red en malla y en 8.2 se examina el caso de una red de baja densidad.

El umbral de estado de carga DoS ilustrativo depende de la anchura de banda en uso, de la prioridad de servicio y de los umbrales de atribución de anchura de banda, como sigue:

Cuadro 5/E.360.3 – Determinación de umbral de estado de carga con profundidad de búsqueda (DoS) (Atribución de anchura de banda por flujo, red en malla)

Estado de carga permitida _i	Servicio clave	Servicio normal		Servicio de mejor esfuerzo
		Servicio de mejor esfuerzo	Trayecto alternativo	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	No permitido	No permitido
HL	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	No permitido
LL	Todos $BWIP_i$	Todos $BWIP_i$	Todos $BWIP_i$	Todos $BWIP_i$

donde:

$BWIP_i$ = anchura de banda en uso en la VNET *i*

BW_{avg_i} = anchura de banda garantizada mínima requerida para que la VNET *i* transporte la carga de anchura de banda ofrecida media

BW_{max_i} = la anchura de banda requerida para que la VNET *i* satisfaga el objetivo de grado de servicio de probabilidad de bloqueo/retardo

= $1,1 \times BW_{avg_i}$

Obsérvese que todos los parámetros especifican por cada par ON-DN, y que el método de gestión de recursos orientada a QoS prevé el servicio con prioridad clave y el servicio de mejor esfuerzo. Los servicios con prioridad clave reciben tratamiento de encaminamiento con prioridad más alta permitiendo mayor DoS de selección de trayecto que los servicios con prioridad normal. Los servicios de mejor esfuerzo reciben un tratamiento de encaminamiento con prioridad más baja permitiendo una DoS de selección de trayecto menor que en el caso de servicios con prioridad normal. Las magnitudes BW_{avg_i} se calculan periódicamente, a saber cada semana, *w*, y pueden ser promediadas durante un periodo de varias semanas, como sigue:

$$BW_{avg_i}(w) = ,5 \times BW_{avg_i}(w - 1) + ,5 \times [BWIP_{avg_i}(w) + BW_{OV_{avg_i}}(w)]$$

$BWIP_{avg_i}$ = anchura de banda en uso media a través de un periodo de carga en la VNET *i*

$BW_{OV_{avg_i}}$ = desbordamiento de anchura de banda medio a través de un periodo de carga

donde $BWIP_i$ y BW_{OV_i} son promediadas a través de varios periodos de carga, tales como promedios de mañana, tarde y noche para día laborable, sábado y domingo, con el fin de obtener

BWIP_{avg_i} y BWOV_{avg_i}. En el cuadro 2 se muestran valores ilustrativos de los umbrales para determinar los estados de carga de enlace.

El método de gestión de recursos orientada a QoS ilustrativo implementa la lógica de reserva de anchura de banda para favorecer las conexiones encaminadas por el trayecto de primera elección en situaciones de congestión de enlaces. Si se detecta bloqueo/retardo de enlaces, la reserva de anchura de banda es activada inmediatamente y se fija el nivel de reserva N para el enlace de acuerdo con el nivel de congestión de enlace. De esta manera, el tráfico que intenta obtener una ruta alternativa por un enlace congestionado está sujeto a reserva de anchura de banda, y se favorece el tráfico de trayecto de primera elección por ese enlace. Al mismo tiempo, los umbrales de estado de enlace LL y HL se aumentan en consecuencia para acomodar la capacidad de anchura de banda reservada para la VNET. El nivel de reserva N (por ejemplo, N puede tener de 1 a 4 niveles), se calcula para cada enlace en base al nivel de bloqueo/retardo del enlace y el tráfico de enlace estimado. El nivel de bloqueo/retardo del enlace es igual al cómputo de desbordamiento de anchura de banda equivalente dividido por el cómputo de anchura de banda equivalente durante el último intervalo de actualización periódico, que suele ser tres minutos. Es decir:

$BWOV_k$ = cómputo de desbordamiento de anchura de banda equivalente en el enlace k

$BWPC_k$ = cómputo de anchura de banda equivalente en el enlace k

LBL_k = nivel de bloqueo/retardo en el enlace k
 $= BWOV_k / BWPC_k$

Si LBL_k rebasa un valor umbral, el nivel de reserva N se calcula en consecuencia. La anchura de banda reservada y los estados de enlace se calculan basados en la anchura de banda de enlace total requerida en el enlace k, TBW_k , que se calcula en línea, por ejemplo, en cada intervalo de un minuto m, y se aproxima como sigue:

$TBW_k(m) = ,5 \times TBW_k(m - 1) + ,5 \times [1,1 \times TBWIP_k(m) + TBWOV_k(m)]$

$TBWIP_k$ = suma de la anchura de banda en uso ($BWIP_i$) para todas las VNET i para conexiones en su trayecto de primera elección por el enlace k

$TBWOV_k$ = suma de desbordamiento de anchura de banda ($BWOV_i$) para todas las VNET i para conexiones en su trayecto de primera elección por el enlace k

Por tanto, el nivel de reserva y los umbrales de frontera de estado de carga son proporcionales a la carga de tráfico de anchura de banda requerida, lo que significa que la anchura de banda reservada y la anchura de banda requerida para constituir un enlace ligeramente cargado aumentan y disminuyen con la carga de tráfico como intuitivamente debieran.

8.2 Atribución/reserva de anchura de banda por flujo – Caso de red de baja densidad

Se examina ahora un ejemplo de atribución/reserva de anchura de banda en una red de baja densidad. En este caso, se ilustra un método más sencillo que aprovecha la concentración de tráfico por un número menor de enlaces principales de mayor capacidad. Se utiliza un nivel fijo pequeño de reserva de anchura de banda en cada enlace, como sigue:

También en este caso el umbral de estado de carga DoS depende de la anchura de banda en uso, de la prioridad de la VNET y de los umbrales de atribución de anchura de banda, aunque sólo se utilizan los estados reservado (R) y no reservado (NR), como sigue:

**Cuadro 6/E.360.3 – Determinación de umbral de estado de carga de profundidad de búsqueda (DoS)
(Atribución de anchura de banda por flujo, red de baja densidad)**

Estado de carga permitida _i	VNET con prioridad clave	VNET con prioridad normal		VNET con prioridad de mejor esfuerzo
		Trayecto de primera elección	Trayecto alternativo	
R	Si $BWIP_i \leq 2 \times BW_{max_i}$	Si $BWIP_i \leq BW_{avg_i}$	No permitido	Nota
NR	Si $2 \times BW_{max_i} < BWIP_i$	Si $BW_{avg_i} < BWIP_i$	Si $BW_{avg_i} < BWIP_i$	Nota

donde:

$BWIP_i$ = anchura de banda en uso en la VNET i

BW_{avg_i} = anchura de banda garantizada mínima requerida para que la VNET i transporte la carga de anchura de banda ofrecida media

BW_{max_i} = anchura de banda requerida para que la VNET i satisfaga el objetivo de grado de servicio de probabilidad de bloqueo/retardo

= $1,1 \times BW_{avg_i}$

NOTA – A los CRLSP para la VNET con prioridad de mejor esfuerzo se asigna anchura de banda cero; la puesta en cola de servicios diferenciados admite paquetes de mejor esfuerzo solamente si hay anchura de banda disponible en un enlace.

La correspondiente tabla de estados de carga para la red de baja densidad es como sigue:

Cuadro 7/E.360.3 – Determinación de estado de carga de enlaces (red de baja densidad)

Estado de carga del enlace	Condición
Ocupado B	$ILBW_k < EQBW$
Reservado R	$ILBW_k - RBW_{r_k} < EQBW$
No reservado NR	$EQBW \leq ILBW_k - RBW_{r_k}$

donde:

$ILBW_k$ = anchura de banda de enlace en reposo en el enlace k

$EQBW$ = requisito de anchura de banda equivalente para una petición de atribución de anchura de banda

RBW_{r_k} = anchura de banda reservada para el enlace k

= $,01 \times TLBW_k$

$TLBW_k$ = la anchura de banda de enlace total en el enlace k

Obsérvese que el nivel de reserva es fijo y no depende de ningún cálculo del nivel de bloqueo (LBL) ni de la anchura de banda requerida total (TRBW). Por tanto, en este ejemplo no se requiere la supervisión de LBL y de TRBW.

9 Control de tráfico en el nivel paquetes

Los controles de tráfico pueden ser distinguidos según su función sea habilitar garantías de calidad de funcionamiento en el nivel paquetes (por ejemplo, proporción de pérdida de paquetes) o en el nivel de conexión (por ejemplo, probabilidad de bloqueo de conexión). Los controles a nivel de conexión se tratan ya en las cláusulas 5 a 8.

En una red con conexión, cada petición de conexión es especificada por un descriptor de tráfico, la tolerancia a la variación del retardo y los requisitos de QoS. El descriptor de tráfico de origen es una lista de parámetros de tráfico que deben:

- a) ser comprensibles y ser posible la conformidad con los mismos;
- b) ser utilizados en la asignación de recursos que satisfagan los requisitos de calidad de funcionamiento de la red; y
- c) que puedan ser cumplidos mediante el control de parámetros de utilización y el control de parámetros de red.

Los parámetros de tráfico pueden estar relacionados explícitamente con características de tráfico de conexión, tales como la velocidad de datos máxima, o implícitamente definir estas características por referencia a un tipo de servicio. Los criterios de QoS en el nivel paquetes de extremo a extremo utilizan los siguientes parámetros de calidad de funcionamiento:

- a) retardo de transferencia;
- b) variación de retardo;
- c) tasa de pérdida.

Los objetivos de calidad de funcionamiento de extremo a extremo pertinentes a la ingeniería de tráfico son:

- a) retardo máximo de puesta en cola de extremo a extremo;
- b) retardo de puesta en cola promedio;
- c) tasa de pérdida de paquetes.

Estos objetivos de calidad de funcionamiento deben ser distribuidos proporcionalmente entre los diversos elementos de red que contribuyen a la degradación de la calidad de funcionamiento de una conexión dada, de modo que se satisfagan los criterios de QoS de extremo a extremo.

Cuando se solicita el establecimiento de una nueva conexión, la red debe decidir si tiene recursos suficientes para aceptarla sin infringir los requisitos de GoS del nivel paquetes para todas las conexiones establecidas y para la nueva conexión. Ésta es la función del control de admisión de conexión (CAC) que determina si una conexión de enlace o de trayecto es capaz o no de tratar la conexión solicitada. A veces esta decisión puede ser hecha asignando recursos a conexiones específicas o grupos de conexiones y rechazando nuevas peticiones cuando los recursos disponibles son insuficientes. Obsérvese que la asignación es generalmente lógica: no se atribuye ningún recurso físico particular a una conexión específica. Los recursos en cuestión son típicamente la anchura de banda y el espacio en memoria intermedia. Se supone que los recursos son atribuidos independientemente para cada conexión de enlace o trayecto, y se decide separadamente para cada sentido de transmisión de una conexión. Sólo se establecerá una conexión si hay recursos disponibles en cada enlace de su trayecto, en ambos sentidos. Se podrá aplicar control de transmisión a la asignación de velocidad máxima cuando una entidad operadora de red puede elegir aplicar un factor de reserva en exceso. Es posible basar el control de admisión en una anchura de banda equivalente: se atribuye a la conexión i una anchura de banda equivalente $EQBW_i$ y se admiten conexiones mientras $\sum EQBW_i < c$, donde c es la anchura de banda del enlace. Si el único requisito de calidad de funcionamiento es garantizar una anchura de banda mínima, se puede fijar $EQBW_i$ a esta anchura de banda mínima. (Como se examina en la Rec. UIT-T E.736, cuando hay más de una prioridad en el nivel paquetes para diferentes servicios, habría múltiples restricciones

para las diferentes anchuras de banda equivalentes, con una constricción para cada nivel de prioridad. En la práctica, cuando se aplica este modelo a una red con prioridades clave, normal y de mejor esfuerzo, se puede hacer la siguiente simplificación. Suponiendo que el tráfico con prioridad clave no consume una porción importante de la anchura de banda y la anchura de banda equivalente es cero para el tráfico de menor esfuerzo, la fijación de tres constricciones para los tres niveles de prioridad se puede reducir a una sola constricción, $\sum EQBW_i < c.$)

El control de tráfico en el nivel paquetes abarca los procedimientos de control que permiten cumplir los objetivos de GoS en el nivel paquetes [E.736]. Cuando un flujo es admitido a través de las funciones de control de admisión de conexión (CAC), el control en el nivel paquetes:

- a) asegura mediante la política de tráfico (por ejemplo, control de parámetros de utilización) que el usuario de hecho emite tráfico de conformidad con los parámetros de tráfico declarados;
- b) asegura mediante la gestión de prioridad y puesta en cola de paquetes que la red proporciona la diferenciación de calidad de servicio de acuerdo con los requisitos del servicio.

Si la conexión es aceptada, se define implícitamente un contrato de tráfico, por el cual el operador de red proporciona la calidad de servicio solicitada a condición de que el usuario emita el tráfico de conformidad con el descriptor de tráfico declarado; éste es el cometido del control de parámetros de utilización. Cuando más de una red participan en una conexión, corresponde también a cada red verificar que el tráfico que recibe de la red vecina es conforme; éste es el control de parámetros de red. Uno de los requisitos impuestos a los parámetros de tráfico es que deben poder ser aplicados por el control de parámetro de utilización y el control de parámetros de red. Esto ha resultado en una definición de parámetros de tráfico: velocidad máxima, velocidad sostenible y tolerancia intrínseca a ráfagas, que permiten determinar la conformidad del usuario mediante el algoritmo de contador dinámico genérico.

Los usuarios o las redes pueden introducir retardos de paquetes suplementarios para conformar las características de un flujo dado. Al uniformizar las variaciones de velocidad de paquetes, la conformación permite en general aumentar la utilización de los recursos de red con mayores ganancias de multiplexación. Por otra parte, la conformación puede introducir retardos no despreciables y se ha de asignar una parte del objetivo de GoS de extremo a extremo al conformador. La conformación puede ser efectuada por el usuario para asegurar el cumplimiento de los parámetros de tráfico declarados y la tolerancia de variación de retardo. El operador de red puede emplear la conformación a la entrada de la red, dentro de la red o a la salida de la red (para satisfacer restricciones impuestas a las características del tráfico de salida). La conformación es una opción de los usuarios y de las redes. Un ejemplo particular de conformación es la reducción de la variación del retardo por medio del espaciado de paquetes. El espaciador trata de producir un tren de paquetes con un tiempo entre paquetes consecutivos al menos igual a la inversa de la velocidad de datos máxima imponiendo un retardo variable a cada paquete.

Examinaremos ahora la puesta en cola con prioridad como un método ilustrativo de calendario de tráfico, suponiendo además que se emplea una función de política de tráfico, como se indica anteriormente, tal como un modelo de algoritmo de contador dinámico, para determinar el comportamiento del tráfico fuera de contrato y marcar apropiadamente los paquetes para el posible abandono en caso de congestión. Estos mecanismos de calendario y política complementan los mecanismos de admisión de conexión descritos en las cláusulas anteriores para asignar apropiadamente anchura de banda en enlaces de la red.

Obsérvese que la puesta en cola con prioridad se utiliza como un mecanismo de programación ilustrativo, aunque es posible utilizar otros métodos. Los servicios diferenciados no requieren aplicar un mecanismo determinado de puesta en cola para lograr QoS EF, AF, etc. Por tanto, la puesta en cola utilizada para los servicios diferenciados podrá ser la puesta en cola equitativa

ponderada (WFQ, *weighted fair queuing*), la puesta en cola con prioridad (PQ, *priority queuing*) u otro mecanismo de puesta en cola, dependiendo de la elección en la implementación. En el análisis, PQ se utiliza para ilustración, aunque con WFQ u otros mecanismos de puesta en cola se obtendrían resultados iguales o comparables.

Además del procedimiento de gestión de anchura de banda QoS para las peticiones de atribución de anchura de banda, se utiliza una prioridad de QoS de capacidad de puesta en cola de servicios mientras las conexiones son establecidas en cada una de las tres VNET. En cada enlace se mantiene una disciplina de prueba de modo de dar prioridad a los paquetes servidos en el siguiente orden: servicios VNET con prioridad clave, servicios VNET con prioridad normal y servicios VNET de mejor esfuerzo. Después del establecimiento de la atribución de anchura de banda MPLS CRLSP y la aplicación de las reglas de gestión de recursos orientada a QoS, hay que enviar el parámetro prioridad de servicio y el parámetro etiqueta en cada paquete IP, como se ilustra en la figura 5. El parámetro prioridad de servicio puede ser incluido en el parámetro tipo de servicio (ToS, *type of service*), o servicios diferenciados (DiffServ, *differentiated services*) [RFC2475] y [LDVKCH00], [ST98] ya en el encabezamiento de paquete IP. Otra alternativa posible es que el parámetro prioridad de servicio pueda ser asociado con la etiqueta MPLS anexada al paquete IP [LDVKCH00]. En ambos casos, a partir de los parámetros de prioridad de servicio, el nodo IP puede determinar el tratamiento QoS basado en las reglas de gestión de recursos orientada a QoS (puesta en cola con prioridad) para los paquetes VNET con prioridad clave, paquetes VNET con prioridad normal y paquetes VNET con prioridad de mejor esfuerzo. A partir del parámetro de etiqueta, el nodo IP puede determinar el siguiente nodo al que ha de encaminar el paquete IP según lo definido por el protocolo MPLS. De esta manera, los nodos principales pueden tener un procesamiento paquete por paquete muy simple para aplicar la gestión de recursos orientada a QoS y el encaminamiento MPLS.

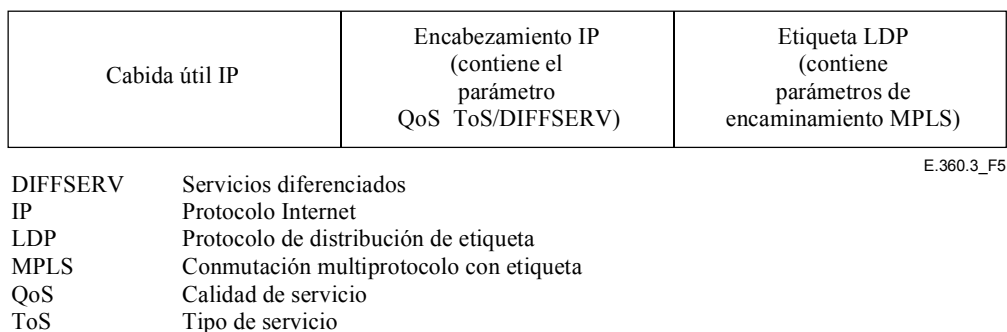


Figura 5/E.360.3 – Estructura de paquete IP en la conmutación MPLS

10 Otras restricciones de la gestión de recursos orientada a QoS

En los métodos de gestión de recursos orientada a QoS y de selección de encaminamiento hay que tener en cuenta otras restricciones además de la atribución y protección de la anchura de banda y el encaminamiento con prioridad. Estas restricciones comprenden el retardo de transferencia de extremo a extremo, la variación de retardo [G99a] y las consideraciones relativas a la calidad de transmisión, tales como atenuación, eco y ruido [D99], [G99a] y [G99b]. Además, la selección de capacidad de enlace (LC) permite encaminar las peticiones de conexión por medios de transmisión específicos que tienen las características particulares requeridas por estas peticiones de conexión. En general, una petición de conexión puede requerir, o evitar un conjunto de características de transmisión, tales como transmisión por fibra óptica u ondas radioeléctricas, por satélite o terrenal, o transmisión con compresión o sin compresión. La lógica de las tablas de encaminamiento permite que la petición de conexión salte los enlaces que tienen características no deseadas y busque una mejor concordancia con los requisitos de la petición de conexión. Para cualquier SI, se especifica un

conjunto de preferencias de selección de LC para la petición de conexión. Las preferencias de selección de LC pueden anular el orden normal de selección de trayectos. Si se requiere una característica de LC, se evita cualquier trayecto con un enlace que no tenga esa característica. Si se prefiere una característica, se utilizan primero los trayectos que tienen todos los enlaces con esa característica. Los trayectos que tienen enlaces sin las características preferidas serán utilizados después. Se fija una preferencia de LC para la presencia o ausencia de una características. Por ejemplo, si se requiere transmisión por fibra óptica, sólo se utilizan los trayectos con enlaces que tienen fibra óptica = Sí. Si se prefiere la presencia de transmisión por fibra óptica, se utilizan primero los trayectos que tienen todos los enlaces con fibra óptica = Sí, y después los trayectos que tienen algunos enlaces con fibra óptica = No.

11 Gestión de recursos orientada a QoS entre dominios

En la práctica actual, los protocolos de encaminamiento entre dominios generalmente no incorporan selección de trayecto normalizada o gestión de recursos orientada a QoS por clase de servicio. Por ejemplo, en redes basadas en IP se utiliza BGP [RL00] para el encaminamiento entre dominios pero no incorporan la asignación de recursos por clase de servicio como se describe en esta cláusula. Asimismo, las técnicas MPLS no han sido tratados aún para las aplicaciones entre dominios. Por consiguiente, las extensiones de los métodos de encaminamiento entre dominios examinados en esta cláusula pueden ser consideradas para ampliar los conceptos de encaminamiento de llamada y de encaminamiento de la conexión al encaminamiento entre dominios de red.

Para el encaminamiento entre dominios es posible aplicar también los conceptos de encaminamiento por clase de servicios descritos en la cláusula 5 y aumentar la flexibilidad de encaminamiento para el encaminamiento entre dominios. Los principios examinados en la cláusula 5 para la obtención de tablas de encaminamiento basadas en clase de servicio y política se aplican también en el caso de la gestión de recursos orientada a QoS entre dominios. Como se describe en la Rec. UIT-T E.360.2, el encaminamiento entre dominios funciona sinérgicamente con encaminamiento con múltiples ingresos/egresos y encaminamiento alternativo a través de dominios de tránsito. El encaminamiento entre dominios puede utilizar información de estado de enlace en combinación con el registro histórico de compleción de llamadas para seleccionar trayectos y puede aplicar también técnicas dinámicas de reserva de anchura de banda, como se indica en las cláusulas 6 a 8.

El encaminamiento entre dominios puede utilizar el concepto de red virtual que permite la integración de servicios atribuyendo anchura de banda para servicios y utilizando controles dinámicos de reserva de anchura de banda. Estos conceptos de red virtual han sido descritos en la presente Recomendación y pueden ser ampliados directamente al encaminamiento entre dominios. Por ejemplo, los enlaces conectados a los nodos pasarela del dominio de origen, tales como los enlaces OGN1-DGN1, OGN2-DGN1, OGN1-VGN1, OGN1-VGN2 y OGN2-VGN2 en la figura 5/E.360.2, pueden definir métodos de atribución, protección y reserva de anchura de banda y de encaminamiento, exactamente como se indica en las cláusulas 6 a 8. De esta manera, la anchura de banda puede ser totalmente compartida entre redes virtuales en ausencia de congestión. Cuando una determinada red virtual encuentra congestión, se reserva la anchura de banda para asegurar que la red virtual alcanza su anchura de banda atribuida. El encaminamiento entre dominios puede emplear capacidades de encaminamiento por clase de servicio, que incluyen protección de servicios con prioridad clave, control de flujo direccional, capacidad de selección de enlace, atribución de anchura de banda con variación temporal actualizada automáticamente y capacidad de encaminamiento alternativo mediante el uso de trayectos de desbordamiento y parámetros de control, tales como periodos de carga de encaminamiento entre dominios. La capacidad de selección de enlace permite seleccionar con preferencia características de enlace específicas, tales como transmisión por fibra. En consecuencia, el encaminamiento entre dominios puede mejorar el funcionamiento y reducir el costo de la red entre dominios con capacidades flexibles de encaminamiento, como se describe en la Rec. UIT-T E.360.2.

De manera similar al encaminamiento intradominio, el encaminamiento entre dominios puede incluir los siguientes pasos para el establecimiento de la llamada:

- En el nodo pasarela de origen (OGN, *originating gateway node*), la información relativa al nodo pasarela de destino (DGN, *destination gateway node*), SI, VNET y gestión de recursos orientada a QoS es determinada mediante la base de datos de traducción de número/nombre y otra información de servicio disponible en el OGN.
- La información de DGN y de gestión de recursos orientada a QoS se utiliza para acceder a la VNET y a la tabla de encaminamiento apropiadas entre el OGN y el DGN.
- La petición de conexión se establece por el primer trayecto disponible en la tabla de encaminamiento seleccionando el recurso de transmisión requerido de acuerdo con los datos de gestión de recursos orientada a QoS.

Las reglas para seleccionar el trayecto primario y los trayectos alternativos entre dominios para una llamada pueden ser determinadas por la disponibilidad de anchura del trayecto primario, la congestión entre nodos y la capacidad de enlaces, como se describe en las cláusulas 6 a 8. La secuencia de trayectos consiste en el trayecto más corto primario, los trayectos alternativos ligeramente cargados, los trayectos alternativos muy cargados y los trayectos alternativos reservados, en los que estos estados de carga son refinados aún más combinando la información de estado de carga de enlaces con la información de estado de congestión de trayectos. Los trayectos alternativos entre dominios que incluyen nodos en el dominio de origen y en el dominio de terminación se seleccionan antes que los trayectos alternativos que incluyen nodos en dominios de tránsito. Como se describe en las cláusulas 7 y 8, se permite una mayor profundidad de selección de trayecto si se detecta congestión hacia el dominio de red de destino, porque más trayectos alternativos sirven para reducir la congestión. Durante periodos sin congestión, la capacidad no requerida por una red virtual se pone a disposición de otras redes virtuales que están experimentando cargas por encima de su asignación.

Por ejemplo, el nodo pasarela puede calcular automáticamente las atribuciones de anchura de banda una vez por semana y puede utilizar una asignación diferente para distintos periodos de carga, a saber, cada uno de 36 periodos de carga de dos horas: 12 días laborables, 12 sábados y 12 domingos. La atribución de la anchura de banda se puede basar en un promedio de la carga de tráfico para cada una de las redes virtuales a cada nodo de destino, en cada uno de los periodos de carga. En condiciones de red normales, cuando no hay congestión, todas las redes virtuales comparten plenamente toda la capacidad disponible. Sin embargo, con sobrecarga de llamadas, se reserva la anchura de banda de enlace para asegurar que cada red virtual obtiene toda la anchura de banda atribuida. El resultado de esta reserva dinámica de anchura de banda durante periodos de sobrecarga es que el funcionamiento de la red es análogo al funcionamiento con atribución de anchura de banda de enlace entre los dos nodos dedicados para cada VNET.

12 Conclusiones/recomendaciones

Se presentan las siguientes conclusiones/recomendaciones:

- Se recomienda la gestión de recursos orientada a la calidad de servicio y se muestra que es eficaz para lograr objetivos de grado de servicio a nivel de conexión y a nivel de paquetes, así como la diferenciación de servicio clave, servicio normal y servicio de mejor esfuerzo.
- Se recomienda el control de admisión que es la base que permite aplicar la mayoría de los otros controles descritos en esta Recomendación.
- Se recomienda la reserva de anchura de banda y es crítica para el funcionamiento estable y eficaz de los métodos TE en una red, así como para asegurar el funcionamiento adecuado de la atribución y protección de anchura de banda multiservicios, y el tratamiento con prioridad.

- Se recomienda la atribución de anchura de banda VNET por VNET, que equivale esencialmente a la atribución de anchura de banda flujo por flujo para obtener el funcionamiento eficaz de la red. Debido a las necesidades mucho menores de tara para la gestión de las tablas de encaminamiento, como se examina en la Rec. UIT-T E.360.4, se prefiere la atribución de anchura de banda por VNET a la atribución por flujo.
- Se recomienda la gestión de calidad de servicio y anchura de banda MPLS y la gestión de la puesta en cola con prioridad de servicios diferenciados, que son importantes para asegurar que se cumplen los objetivos de funcionamiento de las redes multiservicios en una gama de condiciones de red. Ambos mecanismos funcionan juntos para asegurar que se aplican los mecanismos de asignación de recursos orientados a la calidad de servicio (atribución y protección de anchura de banda, y puesta en cola con prioridad).

Anexo A

Modelado de métodos de ingeniería de tráfico

En este anexo se utiliza de nuevo el modelo de red nacional a escala completa elaborado en la Rec. UIT-T E.360.2 para estudiar diversos escenarios compromisos de TE. El modelo nacional de 135 nodos se ilustra en la figura A.1/E.360.2, el modelo de demanda de tráfico multiservicios se resume en el cuadro A.1/E.360.2 y el modelo de costos en el cuadro A.2/E.360.2.

A.1 Funcionamiento de los métodos de reserva de anchura de banda

Como se indica en las cláusulas 6, 7 y 8, se puede utilizar la reserva dinámica de anchura de banda para favorecer una categoría de tráfico con respecto a otra. Un ejemplo sencillo del uso de este método es reservar anchura de banda para preferir tráfico por los trayectos primarios más cortos con respecto al tráfico que utiliza trayectos alternativos más largos, lo que se logra más eficazmente aplicando un método que reserva anchura de banda sólo cuando existe congestión en los enlaces de la red. A continuación figuran ilustraciones de este método y se compara el funcionamiento de una red cuando se utiliza reserva de anchura de banda en condiciones de congestión y cuando no se utiliza.

En el ejemplo, el tráfico es encaminado primero por el trayecto más corto, y después autorizado a una ruta alternativa por trayectos más largos si el trayecto primario no está disponible. Cuando se utiliza reserva de anchura de banda, el 5% de la anchura de banda está reservada para tráfico por el trayecto primario cuando se presenta congestión en el enlace.

El cuadro A.1 ilustra el funcionamiento de los métodos de reserva de anchura de banda para un patrón de un día de elevada carga de red. Éste es el caso del encaminamiento por trayectos multienlaces que se utiliza para establecer el CRLSP flujo por flujo en una topología de red de baja densidad.

Cuadro A.1/E.360.3 – Funcionamiento de los métodos de reserva dinámica de anchura de banda para el establecimiento de CRLSP – Porcentaje de tráfico perdido/retardado en condición de sobrecarga (Encaminamiento de trayectos multienlaces flujo por flujo en topología de red de baja densidad; modelo de red multiservicios de 135 nodos)

Factor de sobrecarga	Sin reserva de anchura de banda	Con reserva de anchura de banda
7	11,94	3,86
8	22,85	9,66
10	37,74	24,78

De los resultados del cuadro A.1 se observa que el funcionamiento mejora cuando se aplica la reserva de anchura de banda. El motivo del funcionamiento deficiente sin reserva de anchura de banda se debe a la falta de capacidad reservada para favorecer el tráfico encaminado por los trayectos primarios más directos en condiciones de congestión de red. Sin reserva de anchura de banda, las redes no jerárquicas pueden presentar un comportamiento inestable en el cual esencialmente todas las conexiones son establecidas por trayectos alternativos más largo en vez de por trayectos primarios más cortos, lo que reduce considerablemente el caudal de la red y aumenta la congestión [Aki84], [Kru82], [NaM73]. Con el mecanismo de reserva de anchura de banda, se mejora considerablemente la calidad de funcionamiento de la red.

En el cuadro A.2 se da otro ejemplo, donde se utiliza SDR de dos enlaces en una topología de red en malla. En este caso, se aumentaron uniformemente en un 30% las cargas de un día laborable promedio para un modelo de red nacional de 65 nodos [A98]. El cuadro A.2 indica el tráfico perdido promedio por hora debido al bloqueo de admisiones de conexión en las horas 2, 3 y 5, que corresponden a las dos primeras horas cargadas de la mañana y de la tarde.

Cuadro A.2/E.360.3 – Funcionamiento de los métodos de reserva dinámica de anchura de banda – Porcentaje de tráfico perdido con 30% de sobrecarga (SDR de dos enlaces flujo por flujo en topología de red en malla; modelo de red de 65 nodos)

Hora	Sin reserva de anchura de banda	Con reserva de anchura de banda
2	12,19	0,22
3	22,38	0,18
5	18,90	0,24

También en este caso, según los resultados del cuadro A.2 se observa que la calidad de funcionamiento mejora considerablemente cuando se utiliza reserva de anchura de banda. Se produce una inestabilidad evidente cuando no se utiliza reserva de anchura de banda, porque cuando hay congestión predomina un estado de red en el cual virtualmente todo el tráfico ocupa dos enlaces en vez de uno. Cuando se utiliza reserva de anchura de banda es mucho más probable que los flujos sean encaminados por un trayecto de un enlace, porque el mecanismo de reserva de anchura de banda hace menos probable que se puede hallar un trayecto de dos enlaces en el cual ambos enlaces tengan capacidad en reposo en exceso del nivel de reserva.

En el cuadro A.3 se presenta una comparación de la calidad de funcionamiento en el caso de fallo de un enlace en un diseño de 135 nodos promediado en cinco horas cargadas de la red, sin y con reserva de anchura de banda. Evidentemente, el uso de reserva de anchura de banda protege la calidad de funcionamiento de cada categoría de clase de servicio de red virtual.

Cuadro A.3/E.360.3 – Funcionamiento de métodos de reserva dinámica de anchura de banda – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con 50% de sobrecarga general (STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Sin reserva de anchura de banda	Con reserva de anchura de banda
Voz comercial	2,42	0,00
Voz consumidor	2,33	0,02
Internacional saliente	2,46	1,33
Internacional entrante (clave)	2,56	0,00
Voz prioridad clave	2,41	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s	2,37	0,10
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	2,04	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	12,87	0,00
Voz VBR-RT	1,25	0,07
Multimedios con VBR-NRT	1,90	0,01
Multimedios con UBR	24,95	11,15

A.2 Funcionamiento de redes multiservicios: Atribución de anchura de banda por VNET comparada con atribución de anchura de banda por flujo

En este caso se utiliza el modelo de 135 nodos para compararlo la gestión de recursos orientada a QoS con el método de atribución de anchura de banda por red virtual, que se describe en la cláusula 7 y los métodos de atribución por flujo que se describen en la cláusula 8. Estos dos casos se presentan en la figura A.1, que ilustra el caso de atribución de anchura de banda de CRLSP por red virtual y el caso de atribución de anchura de banda de CRLSP por flujo. Las dos figuras comparan la calidad de funcionamiento desde el punto de vista del tráfico perdido o retardado en un escenario de sobrecarga centralizada en Oakbrook (OKBK), nodo IL (como pudiera ocurrir, por ejemplo, con ofrecimiento de llamadas entrantes radioeléctricas). El volumen de la sobrecarga centralizada se ha variado de la carga normal (caso 1×) a 10 veces la sobrecarga del tráfico a OKBK (caso 10×). Se ha utilizado una atribución de anchura de banda de CRLSP con encaminamiento fijo (FR, *fixed routing*) para ambos casos de atribución de anchura de banda de CRLSP por flujo y por red virtual. Los resultados muestran que el funcionamiento de la atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual es similar, aunque es muy evidente el funcionamiento mejorado del tráfico con prioridad clave y del tráfico con prioridad normal en relación con el tráfico con prioridad de mejor esfuerzo.

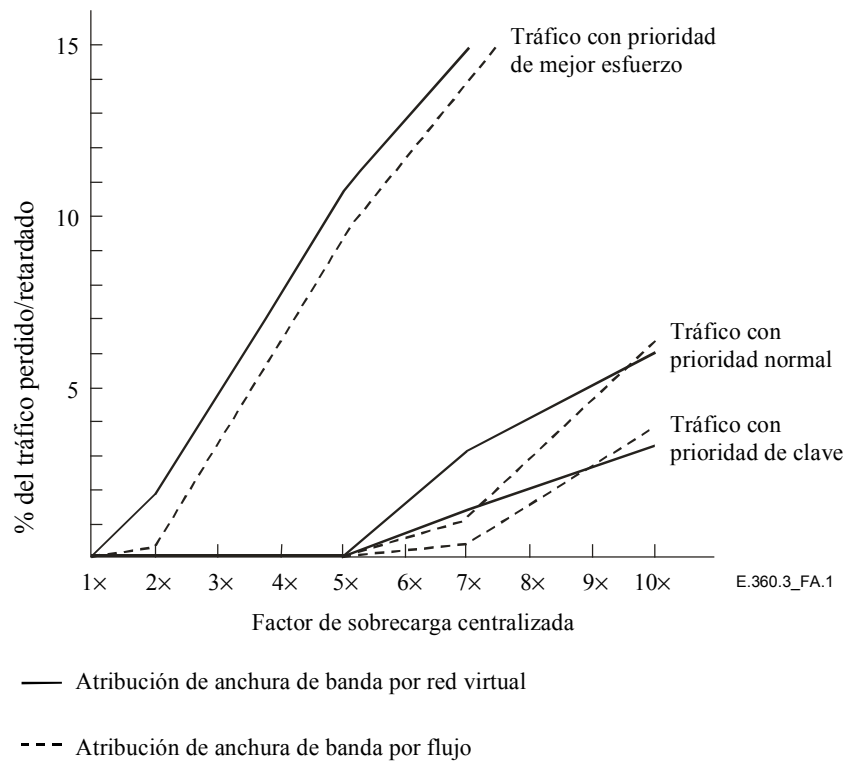


Figura A.1/E.360.3 – Funcionamiento en condición de carga centralizada en el nodo OKBR

Se examinan ahora los análisis de funcionamiento con sobrecargas y fallos para la atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual, en las cuales se utiliza encaminamiento dependiente de evento (EDR, *event dependent routing*) con selección de trayecto satisfactorio hasta el final (STT, *success-to-the-top*). Estas simulaciones incluyen también el control de admisión de llamada con gestión de recursos orientada a QoS, en la cual se distinguen los servicios con prioridad clave, con prioridad normal y con prioridad de mejor esfuerzo indicados en los cuadros siguientes. El cuadro A.4 muestra los resultados de calidad de funcionamiento con un 30% de sobrecarga general, el cuadro A.5 para una sobrecarga séxtuple en un solo nodo de red y el cuadro A.6 muestra los resultados para un fallo de enlace de transporte. Los resultados de los análisis del funcionamiento muestran que las opciones de atribución de anchura de banda por flujo con STT-EDR de multienlaces y por red virtual funcionan de manera similar en condiciones de sobrecargas y fallos.

Cuadro A.4/E.360.3 – Funcionamiento de la atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con 30% de sobrecarga general (Topología de red simple de una zona; encaminamiento STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Atribución de anchura de banda por flujo	Atribución de anchura de banda por red virtual
Voz comercial	0,00	0,00
Voz consumidor	0,00	0,00
Internacional saliente	0,00	0,00
Internacional entrante (clave)	0,00	0,00
Voz prioridad clave	0,00	0,00
SDS a 64 kbit/s	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	0,00	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	0,00	0,00
Voz VBR-RT	0,00	0,00
Multimedios con VBR-NRT	0,00	0,00
Multimedios con UBR	4,15	3,94

Cuadro A.5/E.360.3 – Funcionamiento de la atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con sobrecarga centralizada sextuplicada en OKBK (Topología de red simple de una zona; encaminamiento STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Asignación de anchura de banda por flujo	Atribución de anchura de banda por red virtual
Voz comercial	0,00	0,01
Voz consumidor	0,00	0,01
Internacional saliente	0,00	0,01
Internacional entrante (clave)	0,00	0,00
Voz prioridad clave	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	0,00	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	0,00	0,00
Voz VBR-RT	0,00	0,00
Multimedios con VBR-NRT	0,00	0,01
Multimedios con UBR	12,46	12,30

Cuadro A.6/E.360.3 – Funcionamiento de la atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con fallo en el enlace CHCG-NYCM (Topología de red simple de una zona; encaminamiento STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Asignación de anchura de banda por flujo	Atribución de anchura de banda por red virtual
Voz comercial	0,00	0,00
Voz consumidor	0,00	0,00
Internacional saliente	0,00	0,00
Internacional entrante (clave)	0,00	0,00
Voz prioridad clave	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	0,00	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	0,00	0,00
Voz VBR-RT	0,00	0,00
Multimedios con VBR-NRT	0,00	0,00
Multimedios con UBR	0,17	0,17

A.3 Funcionamiento de redes multiservicios: Topología simple de una zona comparada con topología simple jerárquica de dos niveles de múltiples zonas

Se ha investigado también la calidad de funcionamiento de los diseños de redes jerárquicas, que representan la configuración topológica que cabe esperar con redes de múltiples zonas [o múltiples sistemas autónomos (múltiples AS, *multi-autonomous-system*) o multidominios]. En la figura A.5/E.360.2 se muestra el modelo considerado, que consiste en 135 nodos de contorno cada uno relacionado con uno de 21 nodos de ruta principal. Generalmente, los nodos de contorno pueden ser agrupados en zonas o sistemas autónomos separados, y los nodos de ruta principal en otra zona o sistema autónomo. Dentro de cada zona existe una topología de encaminamiento simple aunque entre las zonas de contorno y la zona de ruta principal existe una relación de encaminamiento jerárquico. Esta jerarquía de encaminamiento se modela para los ejemplos de atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual y los resultados se muestran en los cuadros A.7 a A.9 para 30% de sobrecarga general, sobrecarga centralizada sextuplicada y fallo de enlace, respectivamente. Se puede observar que la calidad de funcionamiento del caso de red jerárquica es mucho peor que el modelo de red simple, que modela una sola zona o sistema autónomo formado por 135 nodos.

Cuadro A.7/E.360.3 – Funcionamiento de topología de red jerárquica de dos niveles y múltiples zonas – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con 30% de sobrecarga general Atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual (Encaminamiento STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Atribución de anchura de banda por flujo	Atribución de anchura de banda por red virtual
Voz comercial	0,00	0,00
Voz consumidor	0,00	0,00
Internacional saliente	0,00	0,00
Internacional entrante (clave)	0,00	0,00
Voz prioridad clave	0,00	0,00
SDS a 64 kbit/s	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	0,00	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	0,00	0,00
Voz VBR-RT	0,00	0,00
Multimedios con VBR-NRT	0,00	0,00
Multimedios con UBR	9,88	9,06

Cuadro A.8/E.360.3 – Funcionamiento de topología de red jerárquica de dos niveles y múltiples zonas – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con sobrecarga centralizada sextuplicada en OKBK Atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual (Encaminamiento STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Atribución de anchura de banda por flujo	Atribución de anchura de banda por red virtual
Voz comercial	1,64	1,70
Voz consumidor	2,27	2,22
Internacional saliente	1,11	0,89
Internacional entrante (clave)	0,00	0,00
Voz prioridad clave	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s	0,40	0,27
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	0,00	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	0,00	0,00
Voz VBR-RT	0,94	0,93
Multimedios con VBR-NRT	1,85	1,80
Multimedios con UBR	12,86	12,88

Cuadro A.9/E.360.3 – Funcionamiento de topología de red jerárquica de dos niveles y múltiples zonas – Porcentaje de tráfico perdido/retardado con fallo en el enlace CHCG-NYCM Atribución de anchura de banda por flujo y por red virtual (Encaminamiento STT-EDR de multienlaces; modelo de red de 135 nodos)

Red virtual	Atribución de anchura de banda por flujo	Atribución de anchura de banda por red virtual
Voz comercial	0,00	0,00
Voz consumidor	0,00	0,00
Internacional saliente	0,00	0,00
Internacional entrante (clave)	0,00	0,00
Voz prioridad clave	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s	0,00	0,00
Datos RDSI a 64 kbit/s (clave)	0,00	0,00
Datos RDSI a 384 kbit/s	0,00	0,00
Voz VBR-RT	0,00	0,00
Multimedios con VBR-NRT	0,00	0,00
Multimedios con UBR	1,22	1,38

A.4 Funcionamiento de red multiservicios: Necesidad de MPLS y servicios diferenciados

Se ilustra el funcionamiento de MPLS y servicios diferenciados en el modelo de red multiservicios con algunos ejemplos. En el primero se supone que hay 10 Mbit/s de tráfico con prioridad normal y 10 Mbit/s de tráfico con prioridad de mejor esfuerzo que son transportados en la red entre los nodos A y B. El tráfico de mejor esfuerzo es tratado en el modelo como tráfico con UBR y no se le asigna ninguna anchura de banda. Por consiguiente, el tráfico de mejor esfuerzo no obtiene ninguna atribución de anchura de banda de CRLSP y no es tratado como tráfico de clase de equivalencia hacia adelante (FEC, *forward equivalence class*) MPLS. Como tal, el tráfico de mejor esfuerzo será encaminado por el protocolo de pasarela interior, o IGP, tal como el OSPF. En consecuencia, no se puede denegar atribución de anchura de banda al tráfico de mejor esfuerzo como un medio de reducir dicho tráfico en el encaminador de borde, lo que se puede hacer con el tráfico con prioridad normal y con prioridad clave (es decir, se podría denegar atribución de anchura de banda al tráfico con prioridad normal y prioridad clave). La única manera de que el tráfico de mejor esfuerzo sea abandonado/perdido es dejarlo en las colas, porque es esencial que el tráfico que tiene atribuida anchura de banda en los CRLSP tenga prioridad más alta en las colas que el tráfico de mejor esfuerzo. Por consiguiente, en el modelo las tres clases de tráfico obtienen estas marcas de servicios diferenciados: el tráfico de mejor esfuerzo no obtiene marcación de servicios diferenciados, lo que asegura que obtendrá el tratamiento de puesta en cola con prioridad de mejor esfuerzo. El tráfico con prioridad normal obtiene la marca de reenvío asegurada (AF, *assured forwarding*) de servicios diferenciados que es un nivel de prioridad medio de tratamiento de puesta en cola, y el tráfico con prioridad clave obtiene la marca de servicios diferenciados con reenvío expedito (EF, *expedited forwarding*), que es el nivel de puesta en cola con prioridad más alta.

Se supone después que hay 30 Mbit/s de anchura de banda disponible entre A y B y que todo el tráfico con prioridad normal y de mejor esfuerzo está siendo transferido. Se supone que el tráfico con prioridad normal y el tráfico de mejor esfuerzo aumenta a 20 Mbit/s. El tráfico con prioridad normal solicita y obtiene un aumento de atribución de anchura de banda de CRLSP a 20 Mbit/s en el CRLSP A a B. Sin embargo, el tráfico de mejor esfuerzo, como no tiene asignado ningún CRLSP ni tampoco anchura de banda, es enviado por la red a 20 Mbit/s. Como sólo hay 30 Mbit/s de anchura de banda disponible de A a B, la red debe abandonar 10 Mbit/s de tráfico de mejor esfuerzo para dejar lugar a los 20 Mbit/s de tráfico con prioridad normal. La manera en que esto se hace en el

modelo es mediante los mecanismos de puesta en cola regidos por las fijaciones de prioridad de servicios diferenciados en cada categoría de tráfico. Mediante la marca de servicios diferenciados, los mecanismos de puesta en cola en el modelo descartan aproximadamente 10 Mbit/s de tráfico de mejor esfuerzo en las colas de prioridad. Si no se utilizasen marcas de servicios diferenciados, el tráfico con prioridad normal y el tráfico de mejor esfuerzo competirían igualmente en las colas de primero en llegar/primeros en ser servidos (FIFO, *first-in/first-out*), y quizás pasaría 15 Mbit/s de cada uno, que no es la situación deseada.

Ampliando este ejemplo, si se aumenta a 40 Mbit/s el tráfico con prioridad normal y el tráfico de mejor esfuerzo, el tráfico con prioridad normal trata de obtener un aumento de atribución de anchura de banda de CRLSP a 40 Mbit/s. Sin embargo, lo máximo que puede obtener es 30 Mbit/s, dado que 10 Mbit/s son rechazados para el tráfico con prioridad normal en el procedimiento de encaminamiento basado en restricciones MPLS. Al efectuar marcas de servicios diferenciados de AF en el tráfico con prioridad normal y no hacerlas en el tráfico de mejor esfuerzo, esencialmente todo el tráfico de mejor esfuerzo es abandonado en las colas porque al tráfico con prioridad normal tiene asignados y obtiene los 30 Mbit/s de anchura de banda de A a B. Si no se efectuasen marcas de servicios diferenciados, quizás 15 Mbit/s de tráfico con prioridad normal y de mejor esfuerzo pasaría. Ahora bien, en este caso, quizás se transporta un volumen mayor de tráfico de mejor esfuerzo que de tráfico con prioridad normal, porque los 40 Mbit/s de tráfico de mejor esfuerzo son enviados a la red y sólo 30 Mbit/s de tráfico con prioridad normal son enviados a la red, y las colas FIFO recibirán más presión para el tráfico de mejor esfuerzo que para el tráfico con prioridad normal.

Se hacen algunas observaciones generales sobre el funcionamiento de MPLS y servicios diferenciados en los modelos TE multiservicios:

- 1) En un entorno de red multiservicios, con tráfico con prioridad de mejor esfuerzo (tráfico WWW, correo electrónico ...), tráfico con prioridad normal (voz CBR, telefonía IP, servicios digitales conmutados ...) y tráfico con prioridad clave (800-gold, internacional entrante ...) que comparten la misma red, se necesita la atribución de anchura de banda MPLS y además el mecanismo de servicios diferenciados/puesta en cola con prioridad. En los modelos, el tráfico con prioridad normal y el tráfico con prioridad clave utilizan MPLS para recibir atribución de anchura de banda, mientras que el tráfico de mejor esfuerzo no obtiene atribución de anchura de banda. Cuando hay congestión (por ejemplo, por sobrecargas o fallos), los mecanismos de servicios diferenciados/puesta en cola con prioridad empujan al tráfico con prioridad de mejor esfuerzo en las colas, de modo que el tráfico con prioridad normal y con prioridad clave puede pasar en la anchura de banda de CLRSP atribuida a MPLS.
- 2) En una red multiservicios, donde el tráfico con prioridad normal y con prioridad clave utiliza MPLS para recibir atribución de anchura de banda y no hay tráfico con prioridad de mejor esfuerzo, la atribución de anchura de banda MPLS asegura más o menos que las colas no desborden. En este caso, se utilizará aún el método de servicios diferenciados/puesta en cola con prioridad para asegurar la calidad de funcionamiento en el nivel paquetes.
- 3) A medida que la anchura de banda es más abundante/menos costosa, el punto en el cual los mecanismos MPLS y servicios diferenciados tienen un efecto importante en condiciones de sobrecarga de tráfico pasa a un umbral cada vez más alto. Por ejemplo, los modelos muestran que el factor de sobrecarga en el cual se produce congestión se hace más grande a medida que los módulos de anchura de banda son mayores (es decir, OC3 a OC12 a OC48 a OC192, etc.). Sin embargo, siempre se alcanzará el punto de congestión cuando se producen fallos y/o sobrecargas suficientemente grandes que requieren los mecanismos MPLS/servicios diferenciados.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: 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, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para 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 Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación