



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.1541

(05/2002)

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET

Aspectos del protocolo Internet – Calidad de servicio y
características de red

**Objetivos de calidad de funcionamiento de red
para servicios basados en el protocolo Internet**

Recomendación UIT-T Y.1541

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN	
Generalidades	Y.100–Y.199
Servicios, aplicaciones y programas intermedios	Y.200–Y.299
Aspectos de red	Y.300–Y.399
Interfaces y protocolos	Y.400–Y.499
Numeración, direccionamiento y denominación	Y.500–Y.599
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.600–Y.699
Seguridad	Y.700–Y.799
Características	Y.800–Y.899
ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET	
Generalidades	Y.1000–Y.1099
Servicios y aplicaciones	Y.1100–Y.1199
Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos	Y.1200–Y.1299
Transporte	Y.1300–Y.1399
Interfuncionamiento	Y.1400–Y.1499
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899

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

Recomendación UIT-T Y.1541

Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet

Resumen

En esta Recomendación se definen las clases de calidad de servicio de la red (QoS), y se especifican unos objetivos provisionales para los parámetros de calidad de funcionamiento de redes con protocolo Internet. Estas clases tienen por objetivo establecer las bases para los acuerdos entre los proveedores de servicios de red, y entre los usuarios de extremo y sus proveedores de servicios de red.

En el apéndice I se indica cómo podría el ATM soportar la calidad de funcionamiento en la capa IP. En el apéndice II se discuten alternativas para definir la variación del retardo IP. El contenido del apéndice II se incorporará probablemente a la Rec. UIT-T Y.1540. En el apéndice III se presentan los trayectos de referencia ficticios con los que se probó la factibilidad de los objetivos de QoS Y.1541. En el apéndice IV se dan ejemplos de cálculo de la variación del retardo de los paquetes. En el apéndice V se discuten los temas que se deben considerar siempre que se efectúen mediciones de IP. En el apéndice VI se describe la relación entre esta Recomendación y el mecanismo definido por el IETF para la gestión de QoS. En el apéndice VII se discute el objetivo del retardo de transferencia de los paquetes y su relación con otras Recomendaciones. En el apéndice VIII se presenta una bibliografía. En el apéndice IX se discuten las aplicaciones potenciales de las redes IP.

Orígenes

La Recomendación UIT-T Y.1541, preparada por la Comisión de Estudio 13 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 7 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 2002

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	1
3 Abreviaturas.....	2
4 Capacidad de transferencia, acuerdos de capacidad y aplicabilidad de las clases de QoS	4
5 Objetivos de calidad de funcionamiento de la red.....	5
5.1 Discusión general de QoS	5
5.2 Trayecto de referencia para la QoS de UNI a UNI	6
5.3 Clases de QoS de red.....	7
5.3.1 Naturaleza de los objetivos de calidad de funcionamiento de red.....	8
5.3.2 Intervalos de evaluación y requisitos de los informes.....	9
5.3.3 Tamaño del paquete para la evaluación.....	9
5.3.4 Calidad de funcionamiento no especificada (sin límites).....	10
5.3.5 Discusión de los objetivos de IPTD	10
5.3.6 Directriz sobre la utilización de clase.....	10
6 Objetivos de disponibilidad	11
7 Logro de los objetivos de calidad de funcionamiento	11
Apéndice I – Soporte de QoS IP con la QoS de red ATM.....	11
Apéndice II – Consideraciones para la definición del parámetro de variación de retardo IP..	12
Apéndice III – Ejemplo de trayectos de referencia ficticios para validar los objetivos de calidad de funcionamiento IP	14
III.1 Cantidad de nodos IP en el HRP	14
III.2 Ejemplo de cálculos para soportar el retardo de clase 0 y clase 1 extremo a extremo	16
III.3 Ejemplo de cálculo de retardo de la clase 1 extremo a extremo	19
III.4 Ejemplos de cálculos para soportar el retardo clase 4 extremo a extremo	20
III.5 Carga dentro del HRP.....	20
III.6 Satélites geoestacionarios dentro del HRP	20
Apéndice IV – Ejemplo de cálculos de la variación de retardo de los paquetes IP	21
IV.1 Contribuyentes a la variación de retardo de los paquetes IP.....	21
IV.2 Modelos y procedimientos de cálculo para establecer un límite superior en el IPDV	21
IV.2.1 Variación de retardo debida a la consulta de encaminamiento	21
IV.2.2 Variación de retardo debido a los paquetes sensibles a las variaciones	22
IV.2.3 Variación de retardo debida a un paquete insensible a las variaciones.....	23

	Página
IV.2.4 Variación de retardo agrupada para los paquetes sensibles a las variaciones.....	23
IV.3 Ejemplos de cálculos	24
IV.3.1 Ejemplo con enlaces STM-1	24
IV.3.2 Ejemplo con enlaces de interconexión E3.....	24
IV.3.3 Ejemplo con enlaces de acceso con baja velocidad.....	24
IV.3.4 Resumen de los ejemplos y conclusiones.....	25
Apéndice V – Material pertinente para los métodos de medición de calidad de funcionamiento IP.....	26
Apéndice VI – Aplicabilidad de los servicios diferenciados IETF a las clases QoS IP	26
Apéndice VII – Percepción del usuario de los efectos de la QoS de red en la calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo	27
Apéndice VIII – Bibliografía	28
Apéndice IX – Discusión del vídeo digital con calidad de radiodifusión en las redes IP	29

Recomendación UIT-T Y.1541

Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet

1 Alcance

En esta Recomendación se especifican los valores de calidad de funcionamiento del IP aceptables en todo el mundo para cada uno de los parámetros de calidad de funcionamiento definidos en la Rec. UIT-T Y.1540. Algunos de estos valores dependen de la clase de calidad de servicio de red (QoS, *quality of service*) acordada entre los usuarios de extremo y los proveedores de servicios de red. En esta Recomendación se definen seis diferentes clases de QoS de red. Esta Recomendación se aplica a los trayectos internacionales de red IP extremo a extremo. Las clases de QoS de red definidas aquí tienen por objetivo establecer las bases de los acuerdos entre los usuarios de extremo y los proveedores de servicios de red, y entre los proveedores de servicio. Las clases continuarán utilizándose cuando los acuerdos estáticos den paso a las peticiones dinámicas soportadas por los protocolos de especificación de QoS.

A pesar del número limitado de clases de QoS definidas aquí, se puede soportar un amplio rango de aplicaciones, incluyendo las siguientes: la telefonía en tiempo real, la conferencia multimedios y la transferencia interactiva de datos. Aunque las necesidades de calidad de funcionamiento de estas aplicaciones sean ampliamente suficientes para la mayoría de las aplicaciones, puede haber otras que requieran nuevas clases o clases revisadas. Si se desea introducir nuevas clases, se debe tener en cuenta que la implementación sea factible, y la cantidad de clases debe ser tal que las implementaciones puedan acomodarse en las redes globales.

Los objetivos de QoS son aplicables cuando las velocidades del enlace de acceso sean equivalentes a la T1 o E1, y superiores.

En esta Recomendación se presentan las clases de QoS de red necesarias para soportar categorías QoS orientadas a los usuarios. Siendo así, esta Recomendación es coherente con el marco de trabajo general para la definición de la calidad de los servicios de comunicaciones en la Rec. UIT-T G.1000, y con las categorías QoS multimedios de usuario de extremo necesarias para soportar las aplicaciones de usuario dadas en la Rec. UIT-T G.1010.

NOTA – En esta Recomendación se utilizan parámetros definidos en la Rec. UIT-T Y.1540 (anteriormente Rec. UIT-T I.380) que se pueden utilizar para caracterizar el servicio IP suministrado utilizando el protocolo IPv4; queda pendiente para un estudio ulterior su aplicabilidad o extensión a otros protocolos (por ejemplo IPv6).

2 Referencias

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

- [1] Recomendación UIT-T G.114 (2000), *Tiempo de transmisión en un sentido*.
- [2] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*.

- [3] Recomendación UIT-T G.826 (1999), *Parámetros y objetivos de las características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionan a la velocidad primaria o a velocidades superiores.*
- [4] Recomendación UIT-T I.113 (1997), *Vocabulario de términos relativos a los aspectos de banda ancha de las redes digitales de servicios integrados.*
- [5] Recomendación UIT-T I.350 (1993), *Aspectos generales de calidad de servicio y de calidad de funcionamiento en las redes digitales incluidas las redes digitales de servicios integrados.*
- [6] Recomendación UIT-T Y.1540 (1999), *Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes de protocolo Internet.*
- [7] IETF RFC 791 (STD-5) 1981, *Internet Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification.*
- [8] Recomendación UIT-T Y.1231 (2000), *Arquitectura de red de acceso de protocolo Internet.*
- [9] Recomendación UIT-T E.651 (2000), *Conexiones de referencia para ingeniería de tráfico de redes de acceso con protocolo Internet.*
- [10] Recomendación UIT-T G.1000 (2001), *Calidad de servicio de las comunicaciones: Marco y definiciones.*
- [11] Recomendación UIT-T G.1010 (2001), *Categorías de calidad de servicios para los usuarios de extremo de servicios multimedios.*
- [12] Recomendación UIT-T Y.1221 (2002), *Control de tráfico y control de congestión en las redes basadas en el protocolo Internet.*
- [13] Recomendación UIT-T G.107 (2002), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- [14] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación.*
- [15] *Guías de los Implementadores N.º 1 y N.º 2 para la Recomendación G.114.*

3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AF	Reenvío asegurado (<i>assured forwarding</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
CBR	Velocidad binaria constante (<i>constant bit rate</i>)
CDV	Variación del retardo de célula (<i>cell delay variation</i>)
CER	Tasa de errores de células (<i>cell error ratio</i>)
CLR	Tasa de pérdida de células (<i>cell loss ratio</i>)
CS	Sección de circuito (<i>circuit section</i>)
DS	Servicios diferenciados (<i>differentiated services</i>)
DST	Computador principal de destino (<i>destination host</i>)
E1	Transmisión jerárquica digital a 2,048 Mbit/s (<i>digital hierarchy transmission at 2.048 Mbit/s</i>)

E3	Transmisión jerárquica digital a 34 Mbit/s (<i>digital hierarchy transmission at 34 Mbit/s</i>)
EF	Reenvío expeditado (<i>expedited forwarding</i>)
FIFO	Primero en entrar, primero en salir (<i>first-in, first-out</i>)
FTP	Protocolo de transferencia de ficheros (<i>file transfer protocol</i>)
GW	Encaminador de pasarela (<i>gateway router</i>)
HRE	Punto extremo de referencia ficticia (<i>hypothetical reference endpoint</i>)
HRP	Trayecto ficticio de referencia (<i>hypothetical reference path</i>)
HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto (<i>hypertext transfer protocol</i>)
IETF	Grupo de tareas especiales de Ingeniería en Internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPDV	Variación de retardo del paquete IP (<i>IP packet delay variation</i>)
IPER	Tasa de errores en los paquetes IP (<i>IP packet error ratio</i>)
IPLR	Tasa de pérdida de paquetes IP (<i>IP packet loss ratio</i>)
IPOT	Caudal de paquetes IP basado en octetos (<i>octet based IP packet throughput</i>)
IPPT	Caudal de paquetes IP (<i>IP packet throughput</i>)
IPRE	Evento de referencia de transferencia de paquetes IP (<i>IP packet transfer reference event</i>)
IPTD	Retardo de transferencia de paquetes IP (<i>IP packet transfer delay</i>)
ISP	Proveedor de servicio Internet (<i>Internet service provider</i>)
LL	Capas inferiores, protocolos y tecnologías que soportan la capa IP (<i>lower layers</i>)
M _{av}	Número mínimo de paquetes recomendado para evaluar el estado de disponibilidad (<i>the minimum number of packets recommended for assessing the availability state</i>)
MP	Punto de medición (<i>measurement point</i>)
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo (<i>multi-protocol label switching</i>)
MTBISO	Tiempo medio entre interrupciones del servicio IP (<i>mean time between IP service outages</i>)
MTTISR	Tiempo medio de restablecimiento del servicio IP (<i>mean time to IP service restoral</i>)
N	Número de paquetes en una sonda de caudal de tamaño N
NS	Sección de red (<i>network section</i>)
NSE	Conjunto de secciones de red (<i>network section ensemble</i>)
NSP	Proveedor de servicio de red (<i>network service provider</i>)
OSPF	Primer trayecto más corto abierto (<i>open shortest path first</i>)
PDB	Comportamiento por dominio (<i>per domain behavior</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiosynchronous digital hierarchy</i>)
PHB	Comportamiento por salto (<i>per hop behavior</i>)
PIA	Porcentaje de disponibilidad de servicio IP (<i>percent IP service availability</i>)

PIU	Porcentaje de indisponibilidad de servicio IP (<i>percent IP service unavailability</i>)
pkt	Datagramas IP (paquetes IP) [<i>IP datagram (IP packet)</i>]
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
R	Encaminador (<i>router</i>)
RFC	Peticiones de comentario (<i>request for comment</i>)
RSVP	Protocolo de reservación de recursos (<i>resource reservation protocol</i>)
RTP	Protocolo de transporte en tiempo real (<i>real-time transport protocol</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SPR	Tasa de paquetes no esenciales (<i>spurious packet ratio</i>)
SRC	Computador principal de origen (<i>source host</i>)
STD	Norma (<i>standard</i>)
T1	Transmisión jerárquica digital a 1,544 Mbit/s (<i>digital hierarchy transmission at 1.544 Mbit/s</i>)
T3	Transmisión jerárquica digital a 45 Mbit/s (<i>digital hierarchy transmission at 45 Mbit/s</i>)
T _{av}	Duración mínima del tiempo de disponibilidad de IP, duración mínima del tiempo de indisponibilidad de IP (<i>minimum length of time of IP availability; minimum length of time of IP unavailability</i>)
TBD	Por determinar (<i>to be determined</i>)
TCP	Protocolo de control de transmisión (<i>transmission control protocol</i>)
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access</i>)
T _{max}	Retardo máximo de paquete IP a partir del cual se considera que el paquete se ha perdido (<i>maximum IP packet delay beyond which the packet is declared to be lost</i>)
ToS	Tipo de servicio (<i>type of service</i>)
TTL	Tiempo para vivir (<i>time to live</i>)
UDP	Protocolo de datagrama de usuario (<i>user datagram protocol</i>)
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user network interface</i>)

4 Capacidad de transferencia, acuerdos de capacidad y aplicabilidad de las clases de QoS

En esta cláusula se trata el tema de la capacidad de transferencia de la red (la velocidad binaria efectiva entregada a un flujo en un intervalo de tiempo), y su relación con los parámetros de calidad de servicio (QoS) de la transferencia de paquetes definidos en la Rec. UIT-T Y.1540, y los objetivos allí especificados.

La capacidad de transferencia es un parámetro fundamental de QoS que tiene una influencia primordial sobre la calidad de funcionamiento percibida por los usuarios de extremo. Muchas de las aplicaciones de usuario tienen requisitos mínimos de capacidad, que deben considerarse cuando se discuten los acuerdos de servicio. En la Rec. UIT-T Y.1540 no se define un parámetro para la capacidad, aunque se define el parámetro de pérdida de paquetes. Los bits u octetos perdidos se

pueden restar del total enviado a fin de determinar provisionalmente la capacidad de la red. Queda en estudio una definición independiente de la capacidad.

Se supone que el usuario y el proveedor de servicios de red han acordado la capacidad máxima que estará disponible para uno o más flujos de paquetes, en una clase QoS específica. Un flujo de paquetes es el tráfico asociado con un tren de bits con conexión o sin conexión determinado, que tiene el mismo computador principal de origen (SRC, *source host*), computador principal de destino (DST, *destination host*), clase de servicio e identificación de sesión. En otros documentos se pueden utilizar los términos microflujo o subflujo para referirse a trenes de tráfico con este grado de clasificación. Inicialmente, las partes que establecen el acuerdo pueden emplear cualesquiera especificaciones de capacidad que consideren apropiadas, siempre que permitan tanto el cumplimiento como la verificación. Por ejemplo, puede resultar suficiente la velocidad binaria de cresta (incluyendo la tara de la capa inferior). El proveedor de servicios de red acuerda transferir paquetes a la capacidad especificada de conformidad con la clase QoS acordada.

Cuando se disponga de protocolos y sistemas que soporten las peticiones dinámicas, el usuario negociará un contrato de tráfico, en el que se especificarán uno o varios parámetros de tráfico (tal como aquellos definidos en la Rec. UIT-T Y.1221 [12], o según el RSVP) y la clase de servicio, y que se aplicará a un flujo específico.

Pueden dejar de ser aplicables los objetivos de calidad de funcionamiento de la red cuando la cantidad de paquetes que se pretende transmitir exceda el acuerdo de capacidad o el contrato de tráfico negociado. Si se observa un exceso de paquetes, la red está autorizada para suprimirlo. Los paquetes suprimidos no se cuentan como paquetes perdidos al evaluar la calidad de funcionamiento IPLR de la red.

Es un privilegio de la red definir su respuesta a los flujos con paquetes en exceso, posiblemente basándose en el número de paquetes excedentes observados. Cuando un flujo incluye paquetes excedentes, no es necesario respetar los compromisos de calidad de funcionamiento de la red. No obstante, la red puede ofrecer compromisos de calidad de funcionamiento de red modificados.

5 Objetivos de calidad de funcionamiento de la red

En esta cláusula se discuten objetivos para la calidad de funcionamiento de transferencia de información del usuario de los servicios IP públicos. Estos objetivos se establecen en términos de los parámetros de calidad de funcionamiento de capa IP definidos en la Rec. UIT-T Y.1540. En el cuadro 1 se presenta un resumen de los objetivos junto con sus notas generales asociadas. Todos los valores en el cuadro 1 son provisionales y no es necesario que se cumplan hasta que se revisen (hacia arriba o hacia abajo) basándose en las experiencias de explotación reales.

NOTA – Desde la perspectiva de un usuario, las clases QoS de red son sólo parte de la calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo, percibida por él (calidad boca a oído). En el apéndice VII se presentan directrices con respecto a las Recomendaciones apropiadas a este respecto.

5.1 Discusión general de QoS

Las definiciones de las clases QoS dadas en el cuadro 1 presentan límites en la calidad de funcionamiento de red entre las interfaces usuario-red (UNI, *user network interface*). Mientras que los usuarios (y las redes individuales) no excedan la especificación de capacidad acordada o el contrato de tráfico, y se disponga de un trayecto (como se define en la Rec. UIT-T Y.1540), los proveedores de servicio de red deberán soportar colaborativamente estos límites UNI a UNI durante la vida útil del flujo.

En la práctica la QoS de red ofrecida a un flujo dado dependerá de la distancia y la complejidad del trayecto cursado. A menudo será mejor que los límites incluidos en las definiciones de clase QoS en el cuadro 1.

Es posible implementar los acuerdos de clase QoS estáticos asociando marcas de paquetes (por ejemplo, bits de precedencia de tipo de servicio o punto de código Diff-Serv) con una clase específica.

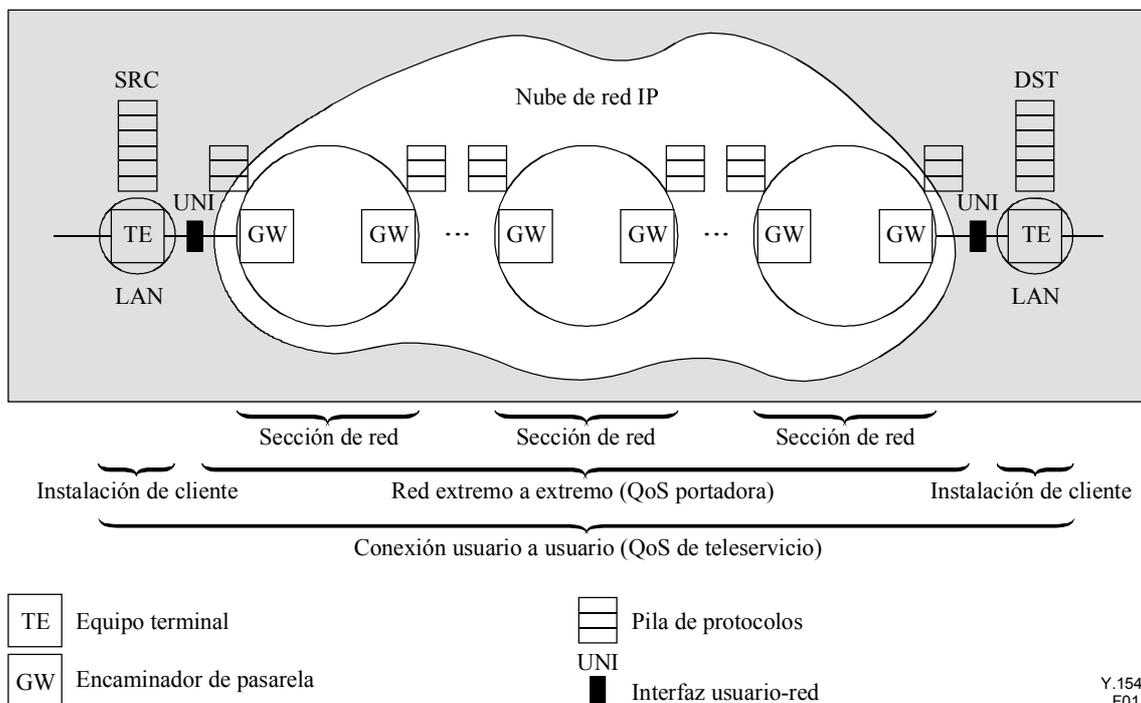
Se encuentran en estudio los protocolos para soportar las peticiones QoS dinámicas entre los usuarios y los proveedores de servicios de red, y entre los proveedores de servicios de red. Cuando se implementen estos protocolos y los sistemas de soporte, los usuarios o las redes podrán solicitar y recibir diferentes clases de QoS flujo por flujo. En esta modalidad, se podrán comunicar, evaluar y acusar recibo (o rechazar, o modificar) de las distintas necesidades de calidad de funcionamiento de los diferentes servicios y aplicaciones.

5.2 Trayecto de referencia para la QoS de UNI a UNI

Cada paquete en un flujo sigue un trayecto específico. Se puede considerar que cualquier flujo (con uno o más paquetes en un trayecto) que satisface los objetivos de calidad de funcionamiento de esta cláusula cumple totalmente con las Recomendaciones normativas de Y.1541.

NOTA – La expresión "extremo a extremo" tiene un significado diferente en las Recomendaciones relativas a las clases QoS de los usuarios, donde significa boca a oído. Dentro del contexto de esta Recomendación, extremo a extremo, sin embargo, se debe comprender como de UNI a UNI.

Se definen los objetivos de calidad de funcionamiento de UNI a UNI para los parámetros de calidad de funcionamiento IP que corresponden a los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE). En la figura 1, los objetivos de calidad de funcionamiento IP UNI a UNI se aplican de la interfaz usuario-red a la interfaz usuario-red. El trayecto de red IP UNI a UNI incluye el conjunto de secciones de red (NS, *network sections*) y los enlaces interredes que proporcionan el transporte de los paquetes IP transmitidos de la UNI, en el lado SRC, a la UNI en el lado DST; los protocolos inferiores, incluida la capa IP (capa 1 a capa 3), también pueden considerarse parte de una red IP. Las NS son sinónimos de los dominios de operador, y pueden incluir arquitecturas de red de acceso IP como se describe en las Recomendaciones UIT-T E.651 e Y.1231. Este trayecto de referencia es una adaptación del modelo de calidad de funcionamiento Y.1540.



NOTA – El equipo de instalación del cliente (área sombreada) se muestra solamente para propósitos ilustrativos.

Figura 1/Y.1541 – Trayecto de referencia UNI a UNI para los objetivos QoS de la red

La instalación de cliente incluye todos los equipos terminales (TE, *terminal equipment*), tales como un computador principal y cualquier encaminador o LAN presentes. Algunas aplicaciones serán utilizadas solamente por una persona. Es importante observar que las especificaciones para el TE y la conexión usuario a usuario están fuera del alcance de esta Recomendación. Las pasarelas que se conectan al equipo terminal se conocen también como pasarelas de acceso.

Los trayectos de referencia tienen los siguientes atributos:

- 1) Las nubes IP pueden soportar las conexiones usuario a usuario, conexiones usuario a computador principal, y otras variaciones de punto de extremo.
- 2) Las secciones de red se pueden representar como nubes con encaminadores de pasarela en sus extremos, y cierta cantidad de encaminadores interiores con diversas funciones.
- 3) El número de secciones de red en un trayecto determinado puede depender de la clase de servicio ofrecida, junto con la complejidad y la extensión geográfica de cada sección de red.
- 4) El alcance de esta Recomendación permite una o más secciones de red en un trayecto.
- 5) Las secciones de red que soportan los paquetes en un flujo pueden modificarse durante su vida.
- 6) La conectividad IP se extiende a través de fronteras internacionales, pero no sigue las convenciones de la conmutación de circuitos (por ejemplo, es posible que no haya pasarelas identificables en una frontera internacional si se utiliza la misma sección de red en ambos lados de la frontera).

5.3 Clases de QoS de red

En esta subcláusula se describen las clases de QoS de red definidas actualmente. Cada clase de QoS de red crea una combinación específica de límites en los valores de la calidad de funcionamiento. En esta subcláusula se incluyen directrices sobre hasta cuándo se podría utilizar cada clase de QoS de red, pero no se obliga a utilizar ninguna en particular en ningún contexto especial.

Cuadro 1/Y.1541 – Objetivos provisionales para definiciones de clases de QoS y calidad de funcionamiento de redes IP

Parámetro de calidad de funcionamiento de red	Tipo de objetivo de calidad de funcionamiento de red	Clases de QoS					
		Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5 no especificada
IPTD	Límite superior en el IPTD medio (Nota 1)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Límite superior en el cuantil $1 - 10^{-3}$ de IPTD menos el IPTD mínimo (Nota 2)	50 ms (Nota 3)	50 ms (Nota 3)	U	U	U	U
IPLR	Límite superior en la probabilidad de pérdida de paquetes	1×10^{-3} (Nota 4)	1×10^{-3} (Nota 4)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	U
IPER	Límite superior	1×10^{-4} (Nota 5)					U

Cuadro 1/Y.1541 – Objetivos provisionales para definiciones de clases de QoS y calidad de funcionamiento de redes IP

<p>Notas generales:</p> <p>Los objetivos se aplican a las redes IP públicas. Se considera que los objetivos son alcanzables en las implementaciones de red IP comunes. El compromiso del proveedor de servicios de red ante el usuario es tratar de entregar los paquetes de modo que se alcancen cada uno de los objetivos aplicables. La gran mayoría de los trayectos IP que ofrecen conformidad con la Rec. UIT-T Y.1541 deberían satisfacer estos objetivos. Para algunos parámetros, la calidad de funcionamiento en trayectos más cortos y/o menos complejos puede ser significativamente mejor.</p> <p>Se sugiere provisionalmente un intervalo de evaluación de un minuto para IPTD, IPDV, e IPLR, y en todos los casos se debe informar el valor de éste.</p> <p>Los proveedores de servicios de red pueden decidir ofrecer compromisos de calidad de funcionamiento mejores que los de estos objetivos.</p> <p>"U" significa "no especificado" o "sin límites". Cuando la calidad de funcionamiento relativa a un parámetro particular se identifica como "U", el UIT-T no establece objetivo para este parámetro y se puede ignorar cualquier objetivo Y.1541 por defecto. Cuando se establece el objetivo para un parámetro como "U", la calidad de funcionamiento con respecto a ese parámetro puede, a veces, ser arbitrariamente deficiente.</p> <p>Todos los valores son provisionales y las redes no tienen necesidad de cumplirlos hasta que se corrijan incrementándolos o disminuyéndolos basándose en la experiencia real de explotación.</p> <p>NOTA 1 – Cuando los tiempos de propagación sean muy largos no se cumplirán objetivos de bajo retardo extremo a extremo. En éstas y algunas otras circunstancias, que todo proveedor experimentará, tarde o temprano, no siempre se podrán cumplir los objetivos de IPTD en las clases 0 y 2 y, en su lugar, se podrán utilizar los objetivos para el IPTD del cuadro 1 que representan clases de QoS factibles. Los objetivos de retardo de una clase no impiden que un proveedor de servicios de red ofrezca servicios con compromisos de retardo más cortos. De acuerdo con la definición de IPTD en la Rec. UIT-T Y.1540, se incluye el tiempo de inserción del paquete en el objetivo IPTD. En esta Recomendación se sugiere un campo de información de paquetes máximo de 1500 octetos para la evaluación de estos objetivos.</p> <p>NOTA 2 – Se encuentra en estudio la definición y el tipo de objetivo IPDV. Para mayores detalles véase el apéndice II.</p> <p>NOTA 3 – Este valor depende de la capacidad de los enlaces interredes. Son posibles variaciones más pequeñas cuando todas las capacidades son mayores que la velocidad primaria (T1 o E1), o cuando los campos de información de paquetes en competencia son menores que 1500 octetos (véase el apéndice IV).</p> <p>NOTA 4 – Los objetivos de clase 0 y 1 para IPLR están basados parcialmente en estudios que muestran que las aplicaciones y los códecs voz de alta calidad no se verán afectados esencialmente por un IPLR de 10^{-3}.</p> <p>NOTA 5 – Este valor asegura que la pérdida de paquetes es la fuente dominante de los defectos presentados a las capas superiores, y es factible con un transporte IP sobre ATM.</p>

5.3.1 Naturaleza de los objetivos de calidad de funcionamiento de red

Se aplican los objetivos del cuadro 1 a las redes IP públicas, entre los MP que delimitan la red IP extremo a extremo. Se considera que estos objetivos se pueden lograr en las implementaciones comunes de redes IP.

En la parte izquierda del cuadro 1 se indica la naturaleza estadística de los objetivos de calidad de funcionamiento que aparecen en las filas subsiguientes.

Los objetivos de calidad de funcionamiento para el retardo de transferencia de los paquetes IP son límites superiores para su valor IPTD medio subyacente para el flujo. Aunque muchos paquetes individuales tengan un retardo de transferencia superior a este límite, el IPTD promedio durante la vida útil del flujo (un estimador estadístico de la media) será, en general, menor que el límite aplicable del cuadro 1.

Los objetivos de calidad de funcionamiento para la variación del retardo de los paquetes IP de dos puntos se basan en un límite superior en el cuantil $1 - 10^{-3}$ de la distribución de IPTD subyacente para el flujo. El cuantil $1 - 10^{-3}$ permite intervalos de evaluación cortos (por ejemplo, una muestra con 1000 paquetes es la mínima necesaria para evaluar este límite). Además, esto permite mayor

flexibilidad en el diseño de la red cuando la ingeniería de las memorias intermedias de inserción de retardo y las longitudes de las colas de los encaminadores deban alcanzar un objetivo IPLR completo del orden de 10^{-3} . La utilización de valores cuantiles inferiores resultará en subestimaciones del tamaño de la memoria intermedia del defluctor de fase, y la pérdida efectiva de los paquetes excederá el objetivo IPLR total (por ejemplo, un cuantil superior de $1 - 10^{-2}$ puede tener una pérdida total de paquetes de 1,1%, con $IPLR = 10^{-3}$). Se encuentran en estudio otras técnicas y definiciones estadísticas para IPDV, como se describe en el apéndice II, y en el apéndice IV se discute la estimación de la calidad de funcionamiento de IPDV.

Los objetivos de calidad de funcionamiento para las tasas de pérdidas de paquetes IP son límites superiores para la pérdida de paquetes IP en el flujo. Aunque se perderán paquetes individuales, la probabilidad subyacente de que se pierda cualquier paquete individual durante el flujo debería ser menor que el límite aplicable del cuadro 1.

Los objetivos para los resultados de la transferencia de los paquetes menos frecuentes y sus parámetros asociados, tales como la tasa de paquetes no esenciales (SPR, *spurious packet ratio*) definida en la Rec. UIT-T Y.1540, quedan en estudio.

5.3.2 Intervalos de evaluación y requisitos de los informes

Los objetivos del cuadro 1 no pueden evaluarse instantáneamente. Los intervalos de evaluación producen subconjuntos de la población de los paquetes de interés (como se define en la Rec. UIT-T Y.1540). Idealmente, estos intervalos son:

- Suficientemente largos para incluir bastantes paquetes del flujo deseado, con respecto a las tasas y cuantiles especificados.
- Suficientemente largos para reflejar un periodo de uso típico (vida útil del flujo), o la evaluación del usuario.
- Suficientemente cortos para asegurar un balance de la calidad de funcionamiento aceptable a través de cada intervalo (se deberían identificar los intervalos de calidad de funcionamiento deficiente, sin ocultarlos dentro de un intervalo de evaluación muy largo).
- Suficientemente cortos para tratar los aspectos prácticos de la medición.

Para las evaluaciones asociadas con la telefonía, es necesario un intervalo mínimo del orden de 10 a 20 segundos con velocidades de paquetes convencionales (50 a 100 paquetes por segundo), y los intervalos deberían tener un límite superior del orden de minutos. Se sugiere provisionalmente un valor de un minuto y, en cualquier caso, se debe informar el valor utilizado, junto con cualesquiera intervalos supuestos y confidenciales. Las metodologías de estimación aceptable mínimas están orientadas a las revisiones futuras de esta Recomendación. Quedan en estudio los métodos para verificar el logro de los objetivos.

5.3.3 Tamaño del paquete para la evaluación

El tamaño del paquete puede influir en los resultados de la mayoría de los parámetros de calidad de funcionamiento. Será apropiada una gama de tamaños de paquete ya que muchos flujos tienen una variación de tamaño considerable. Sin embargo, se simplifica la evaluación con un solo tamaño de paquete cuando se trata de la IPDV, o cuando tiene por objetivo los flujos que soportan fuentes de velocidad binaria constante, y por lo tanto se recomienda un tamaño de campo de información fijo. Se sugieren campos de información de 160 ó 1500 octetos, y se debe informar el tamaño del campo utilizado. Además, se recomienda un campo de información de 1500 octetos para la estimación de la calidad de funcionamiento de los parámetros IP cuando se utilizan pruebas de capas inferiores, tales como las mediciones de errores en los bit.

5.3.4 Calidad de funcionamiento no especificada (sin límites)

En algunas clases de QoS de red se designa el valor de algunos parámetros de calidad de funcionamiento como "U". En estos casos, el UIT-T no establece objetivos con relación a estos parámetros. Los operadores de red pueden elegir unilateralmente asegurar algún nivel mínimo de calidad para los parámetros no especificados, aunque el UIT-T no recomendará ningún mínimo de este tipo.

Los usuarios de estas clases de QoS deben ser conscientes de que la calidad de funcionamiento de los parámetros no especificados puede, a veces, ser arbitrariamente deficiente. Ahora bien, se espera que el IPTD medio no sea mayor de un segundo.

NOTA – La expresión "no especificado" puede tener un significado diferente en las Recomendaciones relativas a la señalización RDSI-BA.

5.3.5 Discusión de los objetivos de IPTD

Cuando los tiempos de propagación sean muy largos no se podrán cumplir los objetivos de bajo retardo UNI a UNI, por ejemplo, en casos de distancias geográficas muy grandes o cuando se empleen satélites geoestacionarios. En éstas y en algunas otras circunstancias, no siempre será posible lograr los objetivos de IPTD en las clases 0 y 2. Cabe observar que los objetivos de retardo de una clase no impiden a un proveedor de servicios de red ofrecer servicios con compromisos de retardo más cortos. Se debería establecer explícitamente cualquier compromiso de este tipo. Véase el apéndice III para un ejemplo de cálculo de IPTD en una ruta global. Cada proveedor de servicios de red encontrará estas circunstancias (ya sea en una red simple, o cuando trabaje en cooperación con otras redes para suministrar el trayecto UNI a UNI), y la gama de objetivos IPTD del cuadro 1 es una alternativa para las clases QoS de red, factible de lograr. A pesar de los diferentes encaminamientos y las consideraciones de distancia, las clases relacionadas (por ejemplo, clase 0 y 1) se implementarían, en general, utilizando los mismos mecanismos de nodo.

De acuerdo con la definición de IPTD en la Rec. UIT-T Y.1540, se incluye el tiempo de inserción de paquete en los objetivos de IPTD. En esta Recomendación se sugiere un campo de información de paquete máximo de 1500 octetos para la evaluación de los objetivos.

5.3.6 Directriz sobre la utilización de clase

En el siguiente cuadro se presentan algunas directrices para la aplicabilidad y la ingeniería de las clases de QoS de red.

Cuadro 2/Y.1541 – Directriz para las clases QoS IP

Clase de QoS	Aplicaciones (ejemplos)	Mecanismos de nodo	Técnicas de red
0	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, VTC)	Cola separada con servicio preferencial, preparación del tráfico	Encaminamiento y distancia limitados
1	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, interactivas (VoIP, VTC).		Encaminamiento y distancia menos limitados
2	Datos transaccionales, altamente interactivas (señalización)	Cola separada, prioridad por supresión	Encaminamiento y distancia limitados
3	Datos transaccionales, interactivas		Encaminamiento y distancia menos limitados
4	Sólo pérdida baja (transacciones cortas, datos en grandes cantidades, flujo continuo de vídeo)	Cola larga, prioridad por supresión	Cualquier ruta/trayecto
5	Aplicaciones tradicionales de redes IP por defecto	Cola separada (prioridad inferior)	Cualquier ruta/trayecto

También se pueden aplicar en los nodos de red las políticas y/o la conformación del tráfico.

En el apéndice IX puede encontrarse la discusión del transporte de televisión con calidad de radiodifusión sobre IP.

6 Objetivos de disponibilidad

En esta cláusula se incluirá información relativa a los objetivos de disponibilidad basándose en el parámetro de disponibilidad definido en la Rec. UIT-T Y.1540. Los objetivos requieren mayor estudio, ya que las opciones de diseño de la red fundamental cambian muy rápidamente.

7 Logro de los objetivos de calidad de funcionamiento

Se requieren estudios para determinar cómo lograr estos objetivos de calidad de funcionamiento cuando intervienen múltiples proveedores de servicios de red.

Apéndice I

Soporte de QoS IP con la QoS de red ATM

En este apéndice se presenta un análisis de la correspondencia de los parámetros de calidad de funcionamiento IP con los objetivos de clase de QoS ATM, como se especifica en la Rec. UIT-T I.356. El propósito de este análisis es estimar la calidad de funcionamiento del nivel IP obtenida cuando se utiliza ATM como el modo de transporte subyacente. Debido a que no se consideran encaminadores en este análisis, los valores de calidad de funcionamiento IP indicados son los mejores que se pueden esperar. En escenarios donde existen encaminadores intermedios, será peor la calidad de funcionamiento IP.

Cuadro I.1/Y.1541 – Valores de la tasa de pérdida de paquetes IP (IPLR) correspondientes a las clases 1 y 2 de servicio QoS APM (tamaño de paquete IP de 40 octetos; se suponen perdidos todos los paquetes con errores)

Clase QoS ATM	CER ATM entregada	CLR ATM entregada	IPLR resultante
1	4,00 E-06	3,00 E-07	4,30 E-06
2		1,00 E-05	1,40 E-05

Cuadro I.2/Y.1541 – Valores de retardo de transferencia de paquetes IP (IPTD) para un flujo en una porción nacional y un flujo extremo a extremo

Porción de red	IPTD resultante de la clase 1 de QoS ATM (sin retardo en los encaminadores IP)
Porción nacional	~27,4 ms
Extremo a extremo	400 ms

Obsérvese que no se puede cumplir con el IPTD medio para la clase 0 y clase 2 en la conexión de referencia de 27 500 km de I.356.

El valor de la tasa de errores de células (CER, *cell error ratio*) en las clases ATM es 4×10^{-6} . Si los paquetes IP son largos (1500 octetos) y las células con errores provocan paquetes IP con errores, el valor de la tasa de errores de paquetes IP será de aproximadamente 10^{-4} .

La tasa de inserción errónea de células (CMR, *cell misinsertion ratio*) se especifica actualmente como 1/día. Las implicaciones de la CMR sobre la SPR quedan en estudio.

Apéndice II

Consideraciones para la definición del parámetro de variación de retardo IP

En este apéndice se discuten las consideraciones para la definición de la IPDV y la utilización de métodos estadísticos optativos para el objetivo de IPDV.

A fin de proporcionar una directriz a los diseñadores de la memoria intermedia de fluctuación de fase en el equipo en el borde, el(los) parámetro(s) debe(n) reproducir los efectos en la IPDV de:

- La congestión de rutina en la red (variaciones de IPTD de alta frecuencia).
- El comportamiento de ventanas TCP (variaciones de IPTD de baja frecuencia).
- Las variaciones periódicas y aperiódicas en la carga promedio de red (variaciones IPTD de baja frecuencia).
- Los efectos de actualización de encaminamiento en IPTD (cambios instantáneos (y posiblemente grandes) en IPTD).

La definición vigente de la variación de retardo IP es:

$$IPDV = IPTD_{upper} - IPTD_{min}$$

donde:

- $IPTD_{upper}$ es el cuantil $1 - 10^{-3}$ de IPTD en el intervalo de evaluación.
- $IPTD_{min}$ es el IPTD mínimo en el intervalo de evaluación.

La definición de IPDV se basa en los eventos de referencia dados en el apéndice II/Y.1540. Aquí, el retardo nominal se basa en el paquete con el retardo unidireccional mínimo (como una opción al primer paquete, o el promedio de la población como el retardo nominal).

La especificación del cuantil $1 - 10^{-3}$ (equivalente al percentil 99,9º) está influenciada por el tamaño de la muestra del paquete en un intervalo de medición de un minuto, y el objetivo $IPLR \leq 10^{-3}$, lo que resulta en un objetivo de tasa de pérdida total de aproximadamente 10^{-3} . Cuantiles más pequeños añadirán mayores pérdidas, como se muestra a continuación.

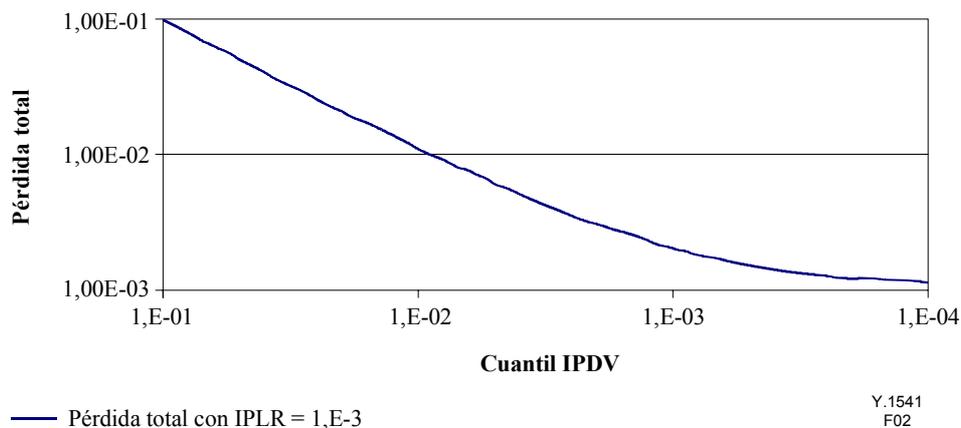


Figura II.1/Y.1541 – Efecto de diferentes cuantiles de IPDV sobre la pérdida total cuando IPLR = 0,001

A continuación, se presenta una definición optativa de ejemplo de la variación de retardo IP. Se puede definir la variación de retardo IP como el IPTD máximo menos el IPTD mínimo durante un intervalo corto de medición determinado.

$$IPDV = IPTD_{max} - IPTD_{min}$$

donde:

- $IPTD_{max}$ es el IPTD máximo registrado durante un intervalo de medición.
- $IPTD_{min}$ es el IPTD mínimo registrado durante un intervalo de medición.

Se miden varios valores de IPDV durante un intervalo de tiempo largo, que comprenden varios intervalos de medición cortos. Se espera que el percentil 95º de estos valores de IPDV cumplan un objetivo deseado. Éste es un método simple y bastante preciso para calcular IPDV en tiempo real. Queda pendiente para estudio ulterior el valor real del intervalo de medición. El intervalo de medición tiene influencia sobre la capacidad de la métrica para resolver las variaciones de bajas y altas frecuencias en el comportamiento del retardo del paquete IP.

Apéndice III

Ejemplo de trayectos de referencia ficticios para validar los objetivos de calidad de funcionamiento IP

En este apéndice se presentan los trayectos de referencia ficticios considerados al validar la factibilidad de los objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo presentados en la cláusula 5. Estos trayectos ficticios de referencia (HRP, *hypothetical reference path*) son ejemplos solamente. El material en este apéndice no es normativo y no recomienda o aboga por ninguna arquitectura de trayecto particular.

Cada paquete en un flujo sigue un trayecto específico. Cualquier flujo (con uno o más paquetes en un trayecto) que satisface los objetivos de calidad de funcionamiento de la cláusula 5 puede considerarse que cumple totalmente con las Recomendaciones normativas de Y.1541.

Se definen los objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo para los parámetros de calidad de funcionamiento IP que corresponden a los eventos de referencia de transferencia de paquetes IP (IPRE). La red IP extremo a extremo incluye el conjunto de secciones de red (NS) y los enlaces interredes que proporcionan el transporte de los paquetes IP transmitidos del SRC al DST; los protocolos inferiores incluida la capa IP (capa 1 a capa 3) dentro del SRC y del DST se pueden considerar también parte de una red IP.

NOTA – Véase el apéndice VII por lo que se refiere a la información relativa a los efectos en la calidad extremo a extremo percibida por el usuario de los valores de retardo dados por los trayectos de referencia ficticios presentados.

III.1 Cantidad de nodos IP en el HRP

Los HRP tienen atributos similares al trayecto de referencia de la cláusula 5.

Las secciones de red pueden representarse como nubes con encaminadores de pasarela en sus bordes, y cierto número de encaminadores interiores con distintas funciones. En este caso, los HRP son equivalentes al "compendio de trayectos" de RFC 2330.

Cada NS puede estar compuesta de nodos IP que llevan a cabo las funciones de acceso, distribución, y las centrales, como se ilustra en la figura III.1.

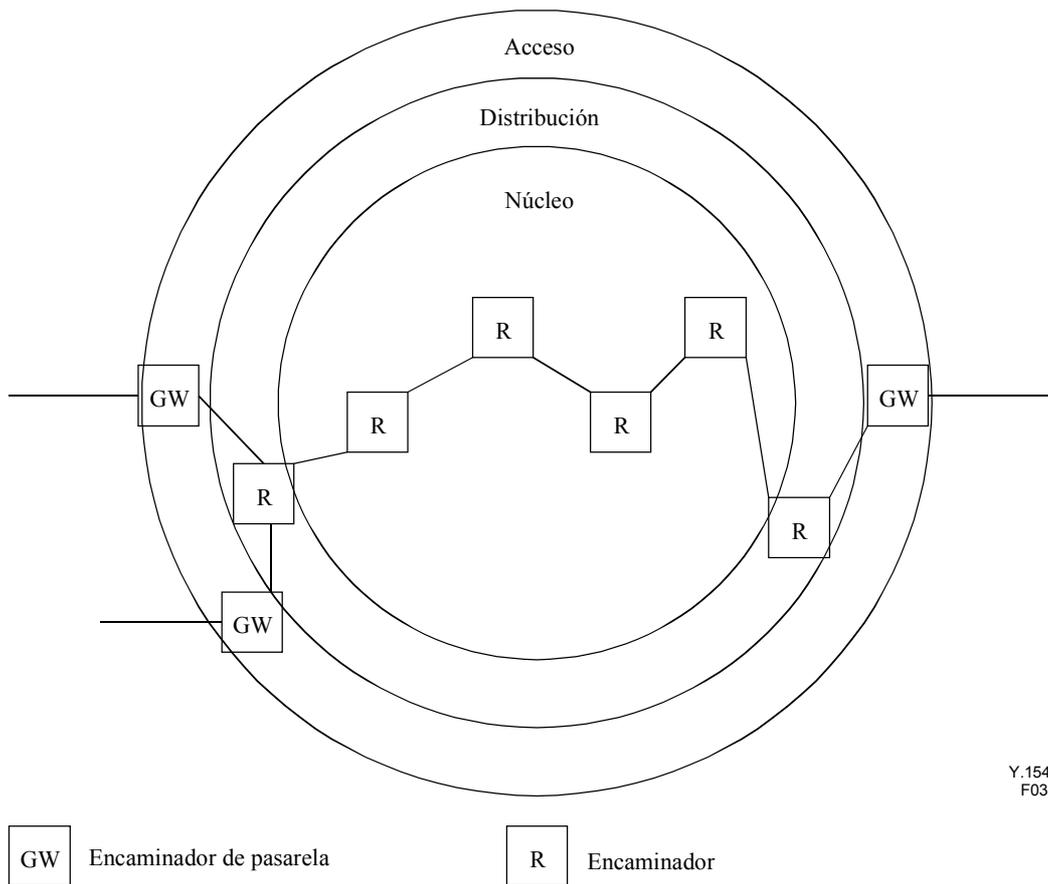


Figura III.1/Y.1541 – Función de los nodos IP en una sección de red

Observe que se necesitan uno o más encaminadores para completar cada función, y el trayecto central (Núcleo) ilustrado tiene cuatro encaminadores en cascada. Un trayecto a través de una NS puede encontrar como mínimo tres encaminadores, o como máximo ocho en este ejemplo.

La contribución de los encaminadores a los distintos parámetros puede variar de acuerdo a su función.

Cuadro III.1/Y.1541 – Ejemplos de contribución de retardo convencional por la función del encaminador

Función	Retardo total promedio (suma de colas y procesamientos)	Variación de retardo
Pasarela de acceso	10 ms	16 ms
Pasarela de interfuncionamiento	3 ms	3 ms
Distribución	3 ms	3 ms
Núcleo	2 ms	3 ms

NOTA – Las pasarelas de interfuncionamiento generalmente tienen características de calidad de funcionamiento diferentes que las pasarelas de acceso.

Una de las aplicaciones clave de esta Recomendación es el soporte de voz sobre el IP.

A continuación se muestra, por ejemplo, un punto extremo de referencia ficticia (HRE, *hypothetical reference endpoint*) de telefonía para medios. Los flujos de información del hablante van hacia abajo a través de la pila de protocolos en la izquierda, a través del HRP, y hacia arriba en la pila de protocolos a la derecha hasta el oyente (sólo se muestra una dirección de transmisión).

Hablante		Oyente
Codificador G.711		Decodificador G.711, ocultación de pérdida de paquetes del apéndice I
Tamaño de cabida útil de 20 ms de RTP		Memoria intermedia de fluctuación de fase de 60 ms
UDP		UDP
IP		IP
	(capas interiores)	

Figura III.2/Y.1541 – Ejemplo de un punto de extremo de referencia ficticio

Cálculo de la longitud de la ruta

Si el componente basado en la distancia es proporcional a la distancia terrenal real, más una tolerancia proporcional para una relación convencional de ruta física a distancia real. El cálculo de la longitud de la ruta que se utiliza se basa en la Rec. UIT-T G.826, y sólo para las distancias largas consideradas aquí. Si D_{km} es la distancia aérea de la ruta entre los dos MP que limitan la porción, en ese caso el cálculo de la longitud de la ruta es:

- si $D_{km} > 1200$, $R_{km} = 1,25 \times D_{km}$

Lo anterior no se aplica cuando la porción contiene un salto de satélite.

III.2 Ejemplo de cálculos para soportar el retardo de clase 0 y clase 1 extremo a extremo

Cálculo del retardo de red de clase X (X = 0 hasta 4)

En esta cláusula se calcula el IPTD para cualquier porción de trayecto que soporte un flujo con QoS clase X. Cuando una porción del flujo no contiene un salto de satélite, su IPTD viene dado por (utilizando el retardo para el transporte óptico determinado en la Rec. UIT-T G.114):

$$\text{IPTD (en microsegundos)} \leq (R_{km} \times 5) + (N_A \times D_A) + (N_D \times D_D) + (N_C \times D_C) + (N_I \times D_I)$$

En esta fórmula:

- R_{km} representa la suposición de la longitud de la ruta calculada anteriormente.
- $(R_{km} \times 5)$ es una tolerancia para la "distancia" dentro de la porción.
- N_A , N_D , N_C , y N_I representan el número de nodos de pasarela de acceso IP, de distribución, de núcleo y de pasarelas interredes, respectivamente. Lo anterior es coherente con el ejemplo de la sección de red en la figura III.1.
- D_A , D_D , D_C , y N_I representan el retardo de los nodos de pasarela de acceso IP, de distribución, de núcleo y de pasarelas interredes, respectivamente. Lo anterior es coherente con los valores para la clase X (por ejemplo, cuadro III.1).

El IPDV máximo se puede calcular de forma similar.

Como un ejemplo de este cálculo, considere el siguiente HRP. Este trayecto contiene el número mínimo de redes IP (dos) y un punto interredes.

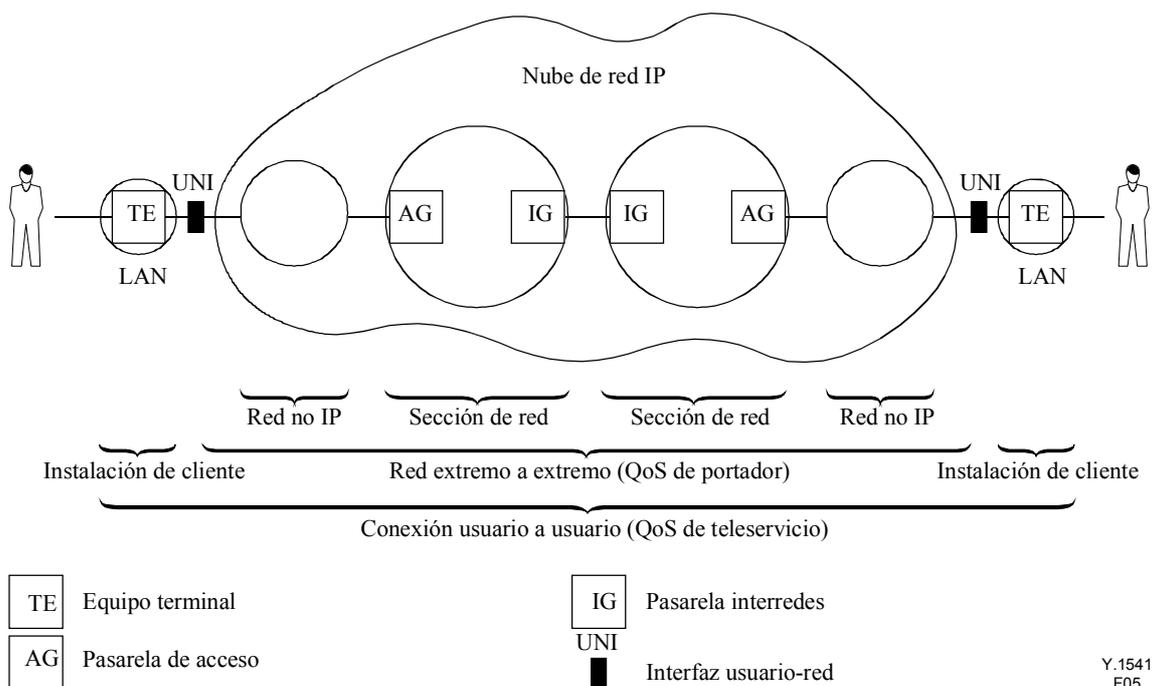


Figura III.3/Y.1541 – Trayecto de referencia hipotético para la clase 0 de QoS

No se muestran las configuraciones de los encaminadores interiores en el trayecto ficticio de referencia (HRP) de la figura 4. El número de encaminadores núcleo y de distribución se presenta en el cuadro III.2.

Suposiciones:

- 1) La distancia utilizada es aproximadamente igual entre Daytona Beach y Seattle (diagonal en los EE.UU., mayor que la de Lisboa a Moscú).
- 2) Los enlaces de acceso tienen capacidad T1, y otros son más largos que T1 (por ejemplo, OC-3).
- 3) El tamaño del paquete más grande es de 1500 octetos, y el tamaño del paquete VoIP es de 200 octetos.
- 4) Se necesitan redes no IP entre la NI y la GW de acceso.

Cuadro III.2/Y.1541 – Análisis del ejemplo del trayecto clase 0

Elemento	Unidad	Unidad IPTD	IPTD promedio	Unidad IPDV	IPDV máxima
Distancia	4070 km				
Ruta	5087,5 km		25		
Tiempo de inserción	200 octetos (1500 octetos)		1 (8)		
Red 1 no IP			15		0
Red 1 IP					
Acceso, N_A	1	10	10	16	16
Distribución, N_D	1	3	3	3	3
Núcleo, N_C	2	2	4	3	6
GW interredes, N_I	1	3	3	3	3

Cuadro III.2/Y.1541 – Análisis del ejemplo del trayecto clase 0

Elemento	Unidad	Unidad IPTD	IPTD promedio	Unidad IPDV	IPDV máxima
Red 2 IP					
Acceso, N_A	1	10	10	16	16
Distribución, N_D	1	3	3	3	3
Núcleo, N_C	4	2	8	3	12
GW interredes, N_I	1	3	3	3	3
Red 2 no IP			15		0
Total, ms			100		62

En el cuadro III.2 se presenta la configuración HRP en términos del número y tipo de encaminadores, distancia, y contribución de todos los componentes HRP al retardo (IPTD) y a la variación de retardo (IPDV). Observe que el cálculo de la IPDV máxima es muy pesimista (suponiendo la adición del caso más desfavorable de cada nodo), y por lo tanto es mayor que la especificación de IPDV en esta Recomendación.

Utilizando el punto extremo de referencia ficticia de la figura III.3, el retardo del punto de extremo es como sigue.

Cuadro III.3/Y.1541 – Análisis del retardo del punto extremo

	Retardo, ms	Notas
Formación del paquete	40	tamaño de trama doble más indagación 0
Memoria intermedia de fluctuación de fase, promedio	30	centro de la memoria intermedia de 60 ms
Ocultación de la pérdida de paquetes	10	Una "trama" PLC
Total, ms	80	

El retardo promedio total para el trayecto usuario a usuario de 4070 km es $100 + 80 = 180$ ms.

Es posible una instalación de cliente de 50 ms (transmisión y recepción en un sentido) con un tiempo de formación de paquete de 10 ms y una memoria intermedia de fluctuación de fase. Los retardos del IPTD del trayecto clase 0 y de la instalación del cliente se suman al tiempo de transmisión boca a oído en un sentido (150 ms), para satisfacer las necesidades de la mayoría de las aplicaciones (de acuerdo con la Rec. UIT-T G.114).

	Retardo, ms	Notas
Formación del paquete	20	tamaño de trama doble más indagación 0
Memoria intermedia de defluctuación de fase, promedio	25	centro de la memoria intermedia de 50 ms
Ocultación de la pérdida de paquetes	0	"Repetir previo" no requiere retardo adicional
Otros equipos	5	
Total, ms	50	

Se debe observar que una contribución de la memoria intermedia de defluctuación de fase al retardo boca-oído se basa en el tiempo promedio que los paquetes permanecen en la memoria intermedia, y no en el tamaño de cresta de ésta. Los paquetes que encuentran el retardo de transferencia mínimo tendrán que esperar el máximo de tiempo en la memoria intermedia de defluctuación de fase antes de que se emitan como un tren síncrono, mientras que lo inverso es cierto para los paquetes con el retardo de transferencia acomodado máximo (esos paquetes permanecen el mínimo de tiempo en la memoria intermedia de defluctuación de fase). De esta manera, la memoria intermedia de defluctuación de fase compensa las variaciones de retardo de transferencia y garantiza que los paquetes se pueden suprimir de acuerdo con un reloj de emisión síncrona.

III.3 Ejemplo de cálculo de retardo de la clase 1 extremo a extremo

La clase 1 está disponible para soportar longitudes más largas de trayecto y trayectos de red más complejos. Utilizando las suposiciones descritas en los cuadros III.2 y III.3, pero con una distancia de 12 000 km, el IPTD medio será de 150 ms y es posible un valor R de aproximadamente 83.

En un segundo ejemplo, se añade una sección de red IP de tránsito, para un total de 3 NS.

Cuadro III.4/Y.1541 – Ejemplo de cálculo para el trayecto clase 1

Elemento	Unidad	Unidad IPTD	IPDT promedio	Unidad IPDV	IPDV máxima
Distancia	km				
Ruta	27 500 km		138		
Tiempo de inserción	200 octetos (1500 octetos)		1 (8)		
Red 1 no IP			15		0
Red 1 IP					
Acceso, N_A	1	10	10	16	16
Distribución, N_D	1	3	3	3	3
Núcleo, N_C	2	2	4	3	6
GW interredes, N_I	1	3	3	3	3
Red 2 IP					
Distribución, N_D	2	3	6	3	6
Núcleo, N_C	4	2	8	3	12
GW interredes, N_I	2	3	6	3	6
Red 3 IP					
Acceso, N_A	1	10	10	16	16
Distribución, N_D	1	3	3	3	3
Núcleo, N_C	4	2	8	3	12
GW interredes, N_I	1	3	3	3	3
Red 2 no IP			15		0
Total, ms			233		86

En el cuadro III.4 se presenta la configuración HRP en términos del número y tipo de encaminadores, distancia, y contribución de todos los componentes HRP al retardo (IPTD) y la variación de retardo (IPDV).

Si se utilizan las mismas suposiciones y el punto extremo del trayecto ficticio de referencia del cuadro III.3, el retardo promedio total para el trayecto usuario a usuario de 27 500 km es $233 + 80 = 313$ ms.

III.4 Ejemplos de cálculos para soportar el retardo clase 4 extremo a extremo

Si se sigue la misma metodología de cálculo anterior, se puede incrementar el número de NS con las contribuciones de retardo dadas en el cuadro III.1, o se pueden aumentar las contribuciones como sigue:

Cuadro 5/Y.1541 – Contribución de retardo clase 4 por la función del encaminador

Función	Retardo total promedio (Suma de colas y procesamientos)
Pasarela de acceso	200 ms
Pasarela interredes	64 ms
Distribución	64 ms
Núcleo	3 ms

En este caso, con una longitud de ruta de 27 500 km, el retardo promedio en un sentido sería de 884 ms (si se utiliza el HRP con la configuración de nodo descrita en el cuadro III.2).

III.5 Carga dentro del HRP

La fracción de cada enlace de transmisión ocupado por paquetes activos es uno de los factores que se deben considerar en los HRP. Los niveles de carga en los cuales funcionará continuamente la red es otro factor.

III.6 Satélites geoestacionarios dentro del HRP

Se consideró la utilización de satélites geoestacionarios durante el estudio de los HRP. Se puede utilizar un solo satélite geoestacionario dentro de los HRP y aun así lograr los objetivos extremo a extremo, bajo la suposición de que sustituye una distancia terrenal significativa, múltiples nodos IP y/o secciones de red de tránsito.

No se consideró la utilización de satélites en órbita terrenal baja y mediana en conexión con estos HRP.

Cuando un trayecto contiene un salto de satélite, esta porción requerirá un IPTD de 320 ms, para reflejar el ángulo de sección de la estación terrenal baja, los sistemas TDMA de baja velocidad, o ambos. En el caso de un satélite que dispone de capacidades de procesamiento a bordo, se necesita un IPTD de 330 ms, a fin de considerar el procesamiento a bordo y los retardos en las colas de los paquetes.

Se espera que la mayoría de los HRP que incluyen un satélite geoestacionario lograrán un IPTD por debajo de 400 ms. No obstante, en algunos casos se puede exceder el valor de 400 ms. En trayectos muy largos hacia zonas distantes, los proveedores de servicios de red pueden necesitar establecer acuerdos bilaterales adicionales para mejorar la probabilidad del logro del objetivo de 400 ms.

Apéndice IV

Ejemplo de cálculos de la variación de retardo de los paquetes IP

En este apéndice se presenta material para facilitar el cálculo de la variación del retardo de los paquetes IP (IPDV) para aquellas clases QoS IP donde se especifica un valor más estricto para el IPDV, es decir, las clases 0 y 1 de QoS IP.

En este caso se supone, para los cálculos, que un operador de red ofrece una selección de diferentes clases de QoS IP incluyendo además clases QoS para las cuales no se especifican objetivos IPDV. Esta mezcla de propiedades motiva la noción de flujos con "retardo sensible a la variación" (por ejemplo, las clases 0 y 1 de QoS) y flujos con "retardo insensible a la variación" (por ejemplo, las clases 2, 3, 4, y 5 de QoS). Se supone además que un operador que ofrece tal mezcla de clases de QoS, hace un esfuerzo razonable para separar los flujos sensibles de los insensibles a la variación, mediante, en especial, una estrategia de programación de paquetes y medidas de control de tráfico adicional. Para los cálculos en este apéndice se supone que los paquetes de los flujos sensibles a las variaciones se programan con una prioridad no preferente sobre los paquetes de los flujos insensibles a las variaciones y que la programación dentro de cada una de estas dos categorías es FIFO.

NOTA – Esta simple suposición sirve solamente para el propósito de llegar a un modelo "calculable". No se excluyen otras estrategias de programación de paquetes (tales como la gestión equitativa de las colas con ponderación) o las medidas de control del tráfico. Se supone además que la calidad de funcionamiento de otros métodos es ya sea mejor o no mucho peor que la calidad de funcionamiento del utilizado para estos cálculos.

IV.1 Contribuyentes a la variación de retardo de los paquetes IP

Se consideran los siguientes factores como los contribuyentes más significativos a la variación de retardo de los paquetes IP (IPDV) para los flujos sensibles a las variaciones.

- Retardo variable debido a que el retardo de procesamiento para la decisión del reenvío de los paquetes (consulta de encaminamiento) no es un valor fijo único sino que puede variar de paquete a paquete.
- Retardo variable porque el paquete tiene que esperar atrás de otros paquetes sensibles a la variación que llegaron antes.
- Retardo variable porque el paquete tiene que esperar la conclusión del servicio de un paquete insensible a las variaciones que llegó antes y que ya está en servicio.

IV.2 Modelos y procedimientos de cálculo para establecer un límite superior en el IPDV

IV.2.1 Variación de retardo debida a la consulta de encaminamiento

Para un paquete que llega, el encaminador necesita establecer, basándose en la dirección IP, el puerto de salida al cual se debe reenviar el paquete. El tiempo requerido para esta decisión de reenvío puede variar de paquete a paquete.

Los encaminadores de alta calidad de funcionamiento pueden ocultar las direcciones IP utilizadas recientemente para acelerar este proceso con los paquetes subsiguientes. En consecuencia, todos los paquetes de un flujo, excepto el primero, deben experimentar un corto retardo de consulta y una variación muy pequeña entre ellos. Aunque, estrictamente, el retardo más largo del primer paquete contribuye al IPDV, el retardo excepcional del primer paquete se descarta en estos cálculos porque es un evento "único en su género" y su efecto desaparecerá en los flujos con una duración relativamente más larga (por ejemplo, un flujo VoIP).

Se espera que la variación paquete a paquete en el retardo de consulta de encaminamiento no sea mayor que unas pocas decenas de microsegundos en cada encaminador. Para los cálculos se supone que la variabilidad es menor de 30 μ s por encaminador.

Dado que existe poca información disponible con respecto a la distribución de este componente de retardo, la variabilidad sumada en varios encaminadores en cascada se toma como igual a la suma de las variabilidades individuales, es decir, se desprecian los efectos estadísticos para este componente de IPDV.

IV.2.2 Variación de retardo debido a los paquetes sensibles a las variaciones

Un paquete sensible a las variaciones tendrá que esperar a que se atiendan otros paquetes similares que llegaron antes (disciplina FIFO). Cada flujo sensible a las variaciones se modela como un flujo continuo de paquetes con variación despreciable de retardo de paquete IP de un punto comparable al "CDV despreciable" utilizado para un tren CBR de células ATM (véase la Rec. UIT-T E.736).

Para los cálculos se supone además que todos los paquetes sensibles a las variaciones tienen un tamaño fijo de 1500 octetos. Esto permite aplicar el modelo de colas M/D/1 bien conocido (véase la Rec. UIT-T E.736) para el cálculo de este componente en la variación de retardo de los paquetes. El tiempo de servicio fijo se determina por el tamaño del paquete fijo supuesto (1500 octetos) y la velocidad del enlace de salida del encaminador, por ejemplo, 80,13 μ s en un enlace STM-1.

Para la adición de esta componente de retardo a través de varios encaminadores en cascada, se debe utilizar la convolución de las distribuciones de retardo pertinentes, tomando en cuenta diferentes velocidades de enlace de salida cuando sea aplicable. Se supone que el cuantil inferior es cero, y el cuantil superior es $(1 - 10^{-3})$ se puede aproximar en forma precisa utilizando la teoría de grandes desviaciones, en particular la estimación Bahadur-Rao, como se resuelve en [IFIP].

En la figura IV.1 se ilustra el resultado de tales cálculos, que muestran el cuantil de variación de retardo $(1 - 10^{-3})$ para el componente de retardo agrupado debido a la interferencia del tráfico sensible a las variaciones, para diferentes niveles de carga del tráfico sensible a las variaciones y para diferentes números de saltos de encaminamiento en cascada.

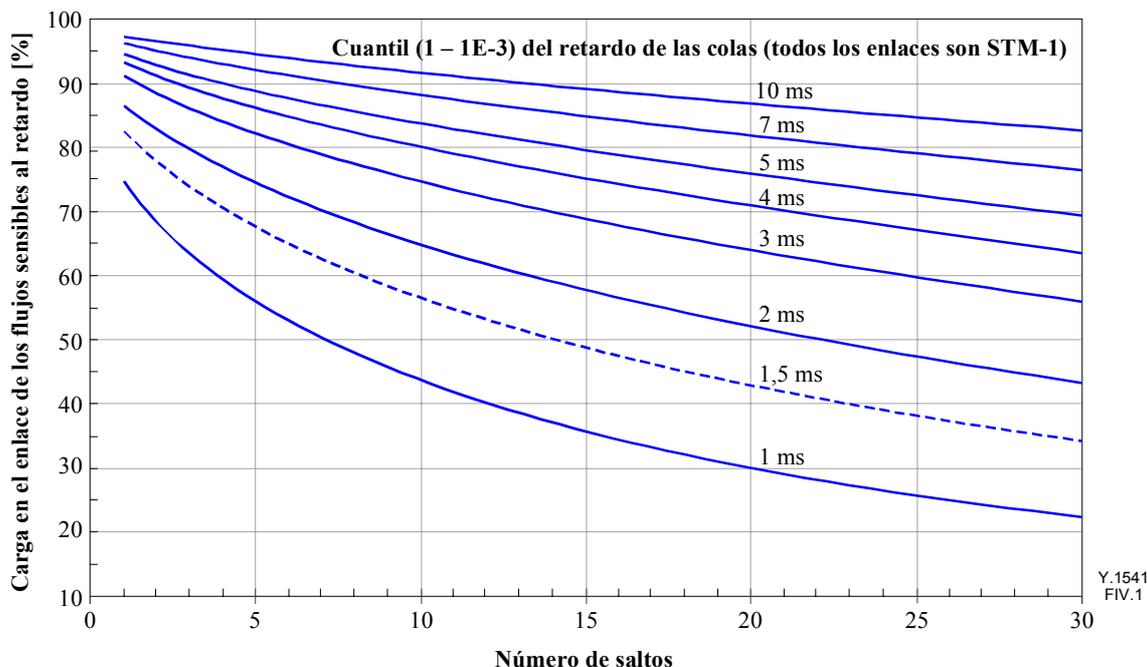


Figura IV.1/Y.1541 – El cuantil $(1 - 10^{-3})$ del componente de retardo de colas agrupado debido al tráfico sensible a las variaciones para diferentes niveles del tráfico sensible a las variaciones y para diferentes números de saltos de encaminamiento en cascada

En la figura IV.1 se supone que todos los enlaces en la red son STM-1 y que todos los enlaces muestran el mismo nivel de carga para el tráfico sensible a las variaciones. Si uno o más enlaces tienen una capacidad superior a STM-1, el retardo extremo a extremo resultante será menor; si hay enlaces con capacidad menor, el retardo extremo a extremo resultante será mayor. Estos efectos se pueden calcular (véase IV.2.4) pero no se pueden reflejar fácilmente en la figura IV.1.

Finalmente, se supone que en una red que soporta ambos tipos de tráfico sensible e insensible a las variaciones, la carga del tráfico sensible a las variaciones en un enlace no es mayor de 50% del enlace, a fin de reflejar la tendencia observada hacia "más datos que voz". En consecuencia, de la figura IV.1 se puede concluir que esta componente de retardo no contribuye en más de aproximadamente 2,48 ms al IPDV en el trayecto, aun si éste cruza una gran cantidad de saltos de encaminamiento STM-1 (25 en el ejemplo).

IV.2.3 Variación de retardo debida a un paquete insensible a las variaciones

Un paquete sensible a las variaciones que llega no establece preferencia en el servicio de un paquete insensible a las variaciones que llegó antes. Consecuentemente, el paquete sensible a las variaciones puede experimentar un componente de cola de espera en cada encaminador determinado por el tiempo necesario para atender un paquete insensible a las variaciones.

Para los cálculos se supone que cada paquete sensible a las variaciones experimenta un retardo aleatorio debido a un paquete insensible a las variaciones, que se distribuye uniformemente entre cero y el tiempo de servicio del paquete insensible a las variaciones de tamaño máximo (1500 octetos), a la velocidad del enlace de salida pertinente. En un enlace de salida STM-1, esto corresponde a un retardo distribuido uniformemente entre 0 y 80,13 μ s en cada encaminador.

Para la suma de esta componente de retardo sobre varios encaminadores en cascada, se puede utilizar la convolución de las distribuciones de retardo pertinentes, tomando en cuenta diferentes velocidades de enlace de salida cuando sea aplicable. Se supone que el cuantil inferior es cero, y el cuantil superior ($1 - 10^{-3}$) se puede calcular exactamente. En la mayoría de los casos se logra una buena aproximación al utilizar una aproximación de distribución normal (Gausiana) o el caso más desfavorable, el que tenga el valor más pequeño. El cuantil ($1 - 10^{-3}$) se encuentra en $(\mu + 3,72 \cdot \sigma)$.

IV.2.4 Variación de retardo agrupada para los paquetes sensibles a las variaciones

Se determina un límite superior para el IPDV en un HRP al sumar los valores calculados para cada una de las tres componentes en IV.2.1 a IV.2.3.

NOTA – Se espera que el valor así calculado sea mayor que el valor experimentado en una red real. Se deben observar los siguientes factores:

- La adición de tres valores de cuantil establece un valor más alto que el cuantil de retardo real.
- Se espera que el tamaño real de los paquetes sensibles a las variaciones (tales como los paquetes VoIP) sea mucho menor que el tamaño supuesto (1500 octetos). Además, se espera que la carga con el tráfico sensible a las variaciones en la mayoría de los enlaces sea más pequeño que el 50% supuesto. Por lo tanto, el retardo real de las colas de espera debido a la interferencia con el tráfico sensible a las variaciones deberá ser menor que el calculado.
- La distribución real de los paquetes insensibles a las variaciones (por ejemplo, los acuses de recibo TCP) contiene también paquetes que son (mucho) más pequeños que el tamaño supuesto (1500) octetos. Además, se espera que la carga total (tráfico sensible más tráfico insensible a las variaciones) en la mayoría de los enlaces sea generalmente más pequeño que el 100% supuesto. Por lo tanto, el retardo real de las colas de espera debido a la interferencia con el tráfico insensible a las variaciones deberá ser menor que el calculado.

IV.3 Ejemplos de cálculos

A continuación se presentan tres ejemplos de cálculo del IPDV inducido en un HRP usuario a usuario (véase la figura II.1).

- Un ejemplo donde todos los enlaces son relativamente de alta velocidad (STM-1 o superior).
- Un ejemplo donde los enlaces entre los clientes y la red y los enlaces entre las secciones de red tienen una baja velocidad (E3 o T3).
- Un ejemplo donde los enlaces entre los clientes y la red son de baja velocidad (por ejemplo, 1,544 Mbit/s, T1).

IV.3.1 Ejemplo con enlaces STM-1

En este ejemplo se supone que todos los enlaces son STM-1. El HRP entre las interfaces de red de la nube de red IP (véase la figura III.3) consta de 12 saltos de encaminamiento. Así, los factores que contribuyen al IPDV de ese trayecto se pueden calcular como sigue.

- Variación de retardo de consulta de encaminador (véase IV.2.1): $12 \times 30 \mu\text{s} = 0,36 \text{ ms}$.
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (véase la figura IV.1 para una carga de 50% y 12 saltos STM-1): $\approx 1,36 \text{ ms}$.
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (véase IV.2.3): $\approx 9,01 \times 80,13 \mu\text{s} = 0,72 \text{ ms}$.

Así, puede esperarse que el IPDV en este trayecto de velocidad de enlace superior sea menor de **2,44 ms**.

IV.3.2 Ejemplo con enlaces de interconexión E3

En este ejemplo se supone que todos los enlaces son STM-1 excepto los enlaces usuario-red y los enlaces entre las secciones de red que se supusieron como E3 (34 Mbit/s). El HRP entre las interfaces de red de la nube de red IP (véase la figura III.3) consta de 12 saltos de encaminamiento, de los cuales dos saltos tienen la velocidad binaria E3 inferior. Así, los factores que contribuyen al IPDV en este trayecto se pueden calcular como sigue.

- Variación de retardo de consulta al encaminador (véase IV.2.1): $12 \times 30 \mu\text{s} = 0,36 \text{ ms}$.
- Variación de colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (para una carga de 50% y 10 saltos STM-1 más 2 saltos E3): $\approx 2,92 \text{ ms}$.
- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (para 10 saltos STM-1 más 2 saltos E3): $\approx 1,19 \text{ ms}$.

Así, puede esperarse que el IPDV en este trayecto de velocidad de enlace mixta sea menor de **4,47 ms**.

IV.3.3 Ejemplo con enlaces de acceso con baja velocidad

En este ejemplo se supone que todos los enlaces son STM-1 excepto los enlaces usuario-red los cuales se suponen de aproximadamente 1,5 Mbit/s, es decir T1. El HRP entre las interfaces de red de la nube de red IP (véase la figura III.3) consta de 12 saltos de encaminamiento, de los cuales uno tiene la velocidad binaria más baja. En este caso se trata separadamente la contribución del enlace de acceso. Los factores de contribución al IPDV en la parte de velocidad superior de este trayecto se pueden calcular como sigue.

- Variación de retardo de consulta a encaminador (véase IV.2.1): $12 \times 30 \mu\text{s} = 0,36 \text{ ms}$.
- Variación de retardo en colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (para una carga de 50% y 11 saltos STM-1): $\approx 1,29 \text{ ms}$.

- Variación de retardo de colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (para 11 saltos STM-1): $\approx 8,364 \times 80,13 \mu\text{s} = 0,67 \text{ ms}$.

Así, se puede esperar que el IPDV en este trayecto núcleo de enlace superior sea menor que **2,32 ms**.

En los enlaces de acceso, la contribución de retardo debida a la interferencia con los paquetes insensibles a las variaciones puede ser tan grande como 15,6 ms, cuando se atienden dos paquetes de 1500 octetos antes de un paquete sensible a las variaciones (uno de estos paquetes puede ser parte del flujo sensible al retardo). La contribución a la IPDV debida a la interferencia con otros flujos sensibles a las variaciones depende en gran medida del número de estos flujos y de los tamaños de los paquetes reales utilizados.

Se debe observar que el número de flujos sensibles a las variaciones y el tamaño de los paquetes relacionados en el enlace de acceso de baja velocidad queda determinado por las aplicaciones seleccionadas por los usuarios de extremo. Sin alguna influencia, el operador de la red se verá en una posición difícil para comprometerse a un valor riguroso para el objetivo de calidad de funcionamiento de red IPDV en presencia de un enlace de acceso de baja velocidad.

Si el tráfico sensible al retardo tiene un tamaño de paquete constante (cada uno contiene 20 ms de voz codificada G.711, coherente con el apéndice III), y no ocupa más del 50% del enlace de acceso, en ese caso el retardo puede estimarse como sigue. Habrá hasta 9 flujos de voz de 50 paquete/s, cada uno con una cabida útil de 160 octetos más 40 octetos de los encabezamientos RTP, UDP e IP (cada uno con un total de 80 kbit/s).

- Variación de retardo en colas de espera debida al tráfico sensible a las variaciones (para una carga de 46,9% y un salto T1); al utilizar el modelo de colas de espera M/D/1 muestra que la contribución de retardo debida a esos paquetes sensibles a las variaciones relativamente pequeños en el enlace de acceso es de 5,12 ms.
- Variación de retardo en colas de espera debida al tráfico insensible a las variaciones (para un salto T1): 7,81 ms.

De esta manera, la contribución a la variación de retardo en el enlace de acceso se suma a los 12,93 ms dando un total de 15,25 ms. En este caso la contribución del enlace de acceso domina la IPDV.

IV.3.4 Resumen de los ejemplos y conclusiones

Los ejemplos de cálculo muestran que un operador de red que hace un esfuerzo moderado para soportar ambos tipos de tráfico, sensible e insensible a las variaciones, puede comprometerse a respetar valores rigurosos de la IPDV en un HRP largo, en el que todos los enlaces tienen una velocidad razonablemente alta (por ejemplo, una mezcla de STM-1 y E3/T3 o superior). El compromiso para un valor de IPDV del orden de 10 ms deja un amplio espacio para enlaces adicionales de baja velocidad (E3/T3) o para una sección de red adicional.

Si hay un enlace de baja velocidad (T1 de 1,5 Mbit/s, o E1), resulta difícil un compromiso a un valor bajo de IPDV. El operador de red tiene poco o ningún control sobre los valores reales de la cantidad de flujos y el tamaño de paquetes sensibles a las variaciones. Por lo tanto, los compromisos de IPDV acordados por el operador de red en este caso serán dominados por el enlace de acceso, y tendrán que ser considerablemente mayores que 10 ms, como se muestra en el cuadro 1. En el enlace de acceso, el usuario de extremo tiene control sobre el número y tipo de los flujos designados para una clase sensible al retardo, y por lo tanto sobre la IPDV resultante. Bajo la suposición de que el enlace de acceso está sólo modestamente cargado (<50%) con tráfico sensible a las variaciones y que el tamaño dominante de esos paquetes será pequeño en comparación con el tamaño máximo de 1500 octetos, puede ser suficiente una tolerancia adicional de **20 ms** para un enlace de acceso de baja velocidad.

Apéndice V

Material pertinente para los métodos de medición de calidad de funcionamiento IP

En este apéndice, que se encuentra en estudio, se describirán temas importantes a considerar conforme se desarrollen los métodos de medición de calidad de funcionamiento IP. El mismo describirá los efectos de las condiciones externas a las secciones bajo prueba, incluyendo consideraciones de tráfico en la calidad de funcionamiento medida.

Durante las mediciones de calidad de funcionamiento IP se deberían especificar y controlar:

- 1) las secciones exactas bajo medición:
 - SRC y DST para las mediciones extremo a extremo;
 - los MP que limitan un NSE bajo medición.
NOTA – No es necesario medir entre todos los pares MP o todos los pares SRC y DST, a fin de caracterizar la calidad de funcionamiento.
- 2) el tiempo de medición:
 - durante cuánto tiempo se recopilaron muestras;
 - cuándo se llevó cabo la medición.
- 3) las características exactas del tráfico:
 - velocidad a la cual está ofreciendo tráfico el SRC;
 - patrón de tráfico SRC;
 - tráfico en competencia en el SRC y DST;
 - tamaño del paquete IP.
- 4) el tipo de medición:
 - en servicio o fuera de servicio;
 - activa o pasiva.
- 5) los resúmenes de los datos medidos:
 - medias, caso más desfavorable, cuantiles empíricos.
 - resumen del periodo:
 - periodo corto (por ejemplo, 1 minuto);
 - periodo largo (por ejemplo, una hora, un día, una semana, un mes).

Apéndice VI

Aplicabilidad de los servicios diferenciados IETF a las clases QoS IP

En este apéndice se trata la aplicabilidad de los servicios diferenciados definidos por el IETF para soportar las clases de QoS definidas. No se especifican objetivos QoS en las definiciones de esas capacidades IETF. Sin embargo, los modelos de servicio indican que los usuarios del servicio pueden confiar en características QoS determinadas.

Cuando la nube de red IP de la figura 1 es una región Diffserv (DS) (IETF RFC 2474), en ese caso, las clases de QoS especifican los objetivos de calidad de funcionamiento extremo a extremo para

esa región. Una región DS puede contener uno o más dominios DS (secciones de red), que tienen conformidad con los comportamientos por dominio (PDB, *per domain behavior*) (IETF RFC 3086), con especificaciones de nivel de servicio borde a borde medibles. Las especificaciones PDB se encuentran en desarrollo. Se pueden combinar uno o más comportamientos por salto (PHB, *per hop behavior*) con otras herramientas Diffserv (tales como acondicionadores de tráfico), para construir los comportamientos por dominio. Los PHB de servicios diferenciados definidos actualmente son reenvíos asegurados (AF, *assured forwarding*) (IETF RFC 2597) y reenvíos acelerados (EF) (IETF RFC 2598). La especificación AF define un grupo de 4 clases AF que deberían tratarse en forma independiente.

En el cuadro VI.1 se asocian las clases de QoS Y.1541 a los servicios integrados y diferenciados. Se supone que todos los paquetes IP están dentro del perfil, cuando se especifica tal perfil de tráfico para el tren de paquetes IP.

Cuadro VI.1/Y.1541 – Posible asociación de las clases de QoS /Y.1541 con los servicios diferenciados

Servicio de transferencia IP	Clase de QoS IP	Observaciones
PDB con mejor servicio posible	Clase 5 de QoS no especificada	Un servicio IP heredado, que cuando funciona en una red ligeramente cargada puede alcanzar un buen nivel de QoS IP
PDB basados en reenvío asegurado	Clases 2, 3, 4 de QoS	El objetivo IPLR se aplica solamente a los paquetes IP en los niveles de prioridad superior de cada clase AF. El IPTD se aplica a todos los paquetes
PDB basados en reenvío acelerado	Clases 0 y 1 de QoS	

Apéndice VII

Percepción del usuario de los efectos de la QoS de red en la calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo

Aunque se considera que los objetivos presentados en esta Recomendación permiten, de acuerdo con la percepción de los usuarios, el logro de una alta calidad de funcionamiento de transmisión vocal extremo a extremo, se debería tomar en cuenta el material incluido en las Recomendaciones de la serie G.100.

Las Recomendaciones UIT-T G.107, G.108, G.109, G.113 y G.114 junto con sus dos guías del implementador son los documentos clave requeridos para estimar la calidad vocal, boca a oído, que se puede lograr con los valores de las clases de QoS de red pertinentes.

En la Rec. UIT-T G.114 se presentan los límites extremo a extremo y las atribuciones para el retardo medio en un sentido, independiente de otras degradaciones de transmisión. La necesidad de considerar los efectos combinados de todas las degradaciones en la calidad de transmisión total se trata en la Rec. UIT-T G.107, el denominado modelo E como el modelo de determinación de índices de transmisión común de la UIT-T el cual es el método recomendado por este Sector para la planificación de transmisión vocal extremo a extremo. En la Rec. UIT-T G.108 se dan ejemplos detallados de utilización del modelo para evaluar la calidad de funcionamiento de transmisión de las conexiones que incorporan varias degradaciones, incluyendo el retardo; y en la Rec. UIT-T G.109

se hacen corresponder las predicciones de evaluación de la transmisión del modelo con las categorías de la calidad de transmisión vocal. Así, mientras que la Rec. UIT-T G.114 presenta información útil relativa al retardo medio en un sentido, como parámetro en sí, se debería utilizar la Rec. UIT-T G.107 (y sus compañeras Rec. UIT-T G.108 y Rec. UIT-T G.109) para evaluar los efectos del retardo en conjunto con otras degradaciones (por ejemplo, las distorsiones debidas al procesamiento vocal).

Además, actualmente se desarrolla una revisión básica de la Rec. UIT-T G.101 (el plan de transmisión) y las Recomendaciones relativas.

Apéndice VIII

Bibliografía

- IETF RFC 768 (STD-6) (1980), *User Datagram Protocol*.
- IETF RFC 792 (STD-5) (1981), *Internet Control Message Protocol*.
- IETF RFC 793 (STD-7) (1981), *Transmission Control Protocol – DARPA Internet program Protocol specification*.
- IETF RFC 919 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams*.
- IETF RFC 922 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets*.
- IETF RFC 959 (STD-9) (1985), *File Transfer Protocol (FTP)*.
- IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure (updates RFC 792)*.
- IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (v3) – Specification, Implementation and Analysis*.
- IETF RFC 1786 (1995), *Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry*.
- IETF RFC 1812 (1995), *Requirements for IP Version 4 Routers*.
- IETF RFC 2018 (1996), *TCP Selective Acknowledgment Options*.
- IETF RFC 2330 (1998), *Framework for IP performance metrics*.
- IETF RFC 2474 (1998), *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*.
- IETF RFC 2475 (1998), *An Architecture for Differentiated Services*.
- IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group*.
- IETF RFC 2598 (1999), *An Expedited Forwarding PHB*.
- IETF RFC 2679 (1999), *A One-way Delay Metric for IPPM*.
- IETF RFC 2680 (1999), *A One-way Packet Loss Metric for IPPM*.
- IETF RFC 2681 (1999), *A Round-trip Delay Metric for IPPM*.
- IETF RFC 3086 (2001), *Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviors and Rules for their Specification*.
- ETSI TIPON TR 101 329 – Part 2, *Quality of Service (QoS) Classes*.
- Recomendación UIT-T P.911 (1998), *Métodos de evaluación subjetiva de la calidad audiovisual para aplicaciones multimedios*.

- Contribución Tardía D15 de la Comisión de Estudio 12: The effect of Packet Losses on Speech Quality, C. Karlsson, *Telia AB*, febrero de 2001.
- Contribución Tardía D22 de la Comisión de Estudio 12: A Framework for Setting Packet Loss Objectives for VoIP, J. Rosenbluth, *AT&T*, octubre de 2001.
- T1 Standard T1.522-2000, Quality of Service for Business Multimedia Conferencing.
- IFIP: MANDJES (Michel), VAN DER WAL (Kees), KOOIJ (Rob), BASTIAANSEN (Harrie): End-to-end delay models for interactive services on a large-scale IP network, *Proceedings* (edited by Guido H. Petit) of the seventh IFIP workshop on Performance Modelling and Evaluation of ATM Networks: IFIP ATM'99, Paper 42, Antwerp, Belgium, June 1999.
- PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), KUROSE (J.): Modelling TCP Reno Performance: A Simple Model and its Empirical Validation, *IEANEP*, Vol. 8, No. 2, pp. 133-145, April 2000.

Apéndice IX

Discusión del vídeo digital con calidad de radiodifusión en las redes IP

Las clases en el cuadro 1 pueden cubrir una amplia gama de aplicaciones para las cuales se conocen los requisitos de transporte. Ejemplos de las aplicaciones no cubiertas por estas clases son el transporte de la distribución de televisión por radiodifusión, de audioprogramas, de cine digital, y de HDTV comprimida, donde se puede necesitar una pérdida muy baja, y posiblemente un bajo retardo de red.

Al momento de la publicación, se necesitaban mayores estudios para definir los requisitos de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes para el transporte de vídeo digital a muy altas velocidades, al utilizar aplicaciones con baja tolerancia a las degradaciones, para una comunidad de usuarios extremadamente demandante.

El Foro de servicios de vídeo (VSF, *video services forum*) ha comenzado a recopilar las expectativas para la calidad de la televisión a través de una gama de aplicaciones de transporte de vídeo. En el apéndice B/P.911 se presentan ejemplos en una serie de cuadros de los niveles de calidad de transporte de televisión y multimedios. El trabajo de VSF amplía las categorías TV1 y TV2 a varios ejemplos específicos de transporte de vídeo.

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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
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