

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.1050

(11/2005)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Calidad de servicio y de transmisión – Aspectos genéricos
y aspectos relacionados al usuario

**Modelo de red para evaluar la calidad de la
transmisión multimedia por el protocolo Internet**

Recomendación UIT-T G.1050



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATELITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS AL PROTOCOLO ETHERNET SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

Recomendación UIT-T G.1050

Modelo de red para evaluar la calidad de la transmisión multimedia por el protocolo Internet

Resumen

En esta Recomendación se describe un modelo para evaluar la calidad de la transmisión multimedia por una red IP. Se trata de un modelo estadístico en el cual se asignan valores de probabilidad de ocurrencia a todos los elementos y defectos de la red. Los resultados de la prueba mediante este modelo estadístico se expresan en cuanto a la cobertura del modelo de red. Estos resultados son incondicionales, es decir, no dependen de la especificación previa de ningún elemento o defecto de red. La prueba mediante un modelo estadístico completo sugiere el comportamiento de los dispositivos de comunicaciones a través de una red IP desde el punto de vista de la cobertura del modelo de red. Esta Recomendación se centra en la repercusión de los defectos de rendimiento de la capa 3. Con la aplicación de este modelo pueden evaluarse trenes IP de cualquier tipo de dispositivo de red.

Se hace especial hincapié en el hecho de que los fabricantes de equipo de comunicaciones y los proveedores de servicio se interesan en una especificación que permita modelar con precisión las características de la red IP que determinan la calidad de funcionamiento. Los evaluadores desean un conjunto definitivo de pruebas simples que permita medir adecuadamente la calidad de funcionamiento de los dispositivos de comunicaciones de diversos fabricantes. Por consiguiente, el objetivo de esta Recomendación es definir un modelo independiente de la tecnología que sea representativo de la red IP, que pueda simular una complejidad razonable y que facilite tiempos de evaluación prácticos.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.1050 fue aprobada el 29 de noviembre de 2005 por la Comisión de Estudio 12 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 2006

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.....	3
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos	5
5 Descripción del modelo	6
6 Establecimiento del nivel de defectos IP	7
6.1 Perfiles de prueba de servicio.....	7
6.2 Defectos de la red	8
6.3 Establecimiento de la prueba.....	10
6.4 Cuadros de combinación de defectos	10
6.5 Cobertura del modelo de red	16
Apéndice I – Lógica del modelo de red IP.....	20
I.1 LAN inalámbricas	20
I.2 Cableado estructurado	20
I.3 Concentradores y conmutadores.....	21
I.4 Velocidades de acceso.....	21
I.5 Retardos en el encaminador.....	21
I.6 Datos relativos a defectos proporcionados por proveedores de servicio de red IP anónimos.....	22
Apéndice II – Algoritmos de retardo y pérdida de paquetes.....	22
II.1 Modelo de red IP general	22
II.2 Modelo de pérdida de paquetes	22
II.3 Modelo de variación de retardo.....	23
II.4 Reordenamiento de los paquetes del segmento central.....	24
II.5 Salida del modelo	24
II.6 Parámetros de entrada del modelo.....	24
BIBLIOGRAFÍA	26

Introducción

Algunas normas previas relativas a modelos de transmisión de red para evaluar la calidad de funcionamiento de los módems (véase la Bibliografía) han tratado de modelos estadísticos en los que se asignan valores de probabilidad de ocurrencia (LOO, *likelihood of occurrence*) a todos los elementos y defectos de la red. Los resultados de la prueba mediante la aplicación de estos modelos estadísticos se expresan en términos de cobertura de modelo de red (NMC, *network model coverage*). Estos resultados de NMC son incondicionales, es decir, no dependen de la especificación previa de ningún elemento o defecto de la red. Éste es un ejemplo de un modelo estadístico. La prueba mediante un modelo estadístico completo sugiere el comportamiento de los dispositivos de comunicaciones a través de una red IP desde el punto de vista de la cobertura del modelo de red.

A diferencia de modelos previos, enfocados en los defectos de la capa física, esta Recomendación se centra en la repercusión de los defectos del rendimiento de la capa 3. Los trenes IP de cualquier tipo de dispositivo de red pueden evaluarse aplicando este modelo.

Se hace especial hincapié en el hecho de que los fabricantes de equipos de comunicaciones y los proveedores de servicio se interesan en una especificación que permita modelar con precisión las características de la red IP que determinan la calidad de funcionamiento. Los evaluadores desean un conjunto definitivo de pruebas simples que permita medir adecuadamente la calidad de funcionamiento de los dispositivos de comunicaciones de diversos fabricantes. Por consiguiente, el objetivo de esta norma es definir un modelo independiente de la tecnología que sea representativo de la red IP, que pueda simular una complejidad razonable y que facilite tiempos de evaluación prácticos. El modelo de red IP que se presenta aquí representa una foto instantánea de los datos de una red real proporcionados por proveedores de servicio IP y fabricantes de equipo de red IP anónimos durante 2005 y seguirá evolucionando conforme se disponga de información estadística adicional y en la medida en la que evolucione la red IP.

Durante la concepción de este modelo, se efectuaron determinadas hipótesis basándose en la mejor información estadística disponible. Estas hipótesis se presentan en el apéndice I.

El modelo que se describe en esta Recomendación es independiente de la tecnología y se ajusta a diversas redes y dispositivos de comunicaciones IP.

A continuación se presentan parámetros y defectos que afectan la calidad de servicio y la calidad de funcionamiento de la red IP:

- Arquitectura de red.
- Tipos de enlaces de acceso.
- Encaminamiento de borde controlado mediante la calidad de servicio (QoS).
- Algoritmos de codificación.
- Conversión analógico a digital (A/D) y digital a analógico (D/A).
- Tamaño de la unidad de transmisión máxima (MTU).
- Disparidades del protocolo de señalización.
- Averías de la red.
- Fallo del enlace.
- Desplazamiento temporal.
- Variación de la ruta.
- Reordenamiento de paquetes.
- Pérdida de paquetes (pérdida de tramas).
- Retardo en un sentido (latencia).
- Retardos variables (fluctuación de fase).
- Tráfico de carácter general (congestión, anchura de banda, utilización, cargas de red, compartición de cargas).

Recomendación UIT-T G.1050

Modelo de red para evaluar la calidad de la transmisión multimedia por el protocolo Internet

1 Alcance

En esta Recomendación se especifica un modelo de red IP y los casos correspondientes para evaluar y comparar el equipo de comunicaciones conectado a través de una red de área extensa convergente. El modelo de red IP consiste en muchas combinaciones de defectos basadas en cada caso y que varían en función del tiempo. Mediante la utilización de este modelo pueden evaluarse trenes IP de cualquier tipo de dispositivo de red. En los casos de prueba se combinan elementos LAN, de acceso y de la red central de manera realista para crear defectos de red IP de capa 3 que provocan que los paquetes sufran una variación de retardo o pérdidas. Esos casos se basan en datos de redes reales proporcionados por proveedores de servicio IP y fabricantes de equipo de red IP anónimos.

Los ejemplos de los tipos de equipos que pueden evaluarse mediante este modelo incluyen:

- Puntos extremo conectados mediante IP:
 - dispositivos de red IP (tales como: agentes de usuario, agentes de llamada, servidores de medios, controladores de pasarela de medios, controladores de acceso, servidores de aplicaciones, encaminadores de borde, etc.).
 - Vídeo por IP.
 - Teléfonos IP.
 - Facsímil que funciona por Internet (IAF, *Internet aware fax*).
- Dispositivos conectados a la RTPC mediante pasarelas IP:
 - Servicio telefónico ordinario (POTS) mediante pasarelas de voz por IP (VoIP).
 - Dispositivos facsímil T.38 y pasarelas.
 - Pasarelas de módem sobre IP V.150.1 y V.152 (datos en banda vocal, VBD).
 - Pasarelas de teléfono con texto por IP V.151.

En la figura 1 se ilustran estos dispositivos y su interconexión a través de una red IP.

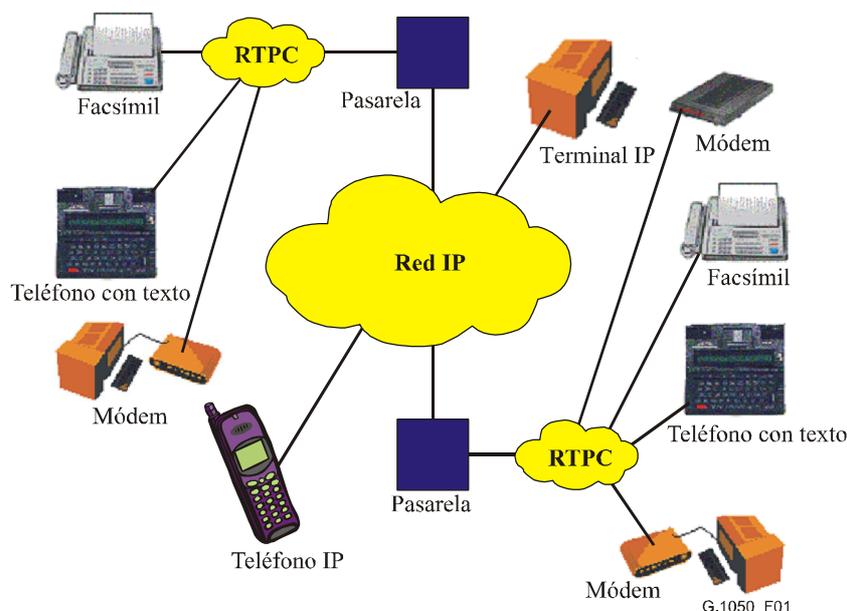


Figura 1/G.1050 – Modelo de red para la evaluación de la calidad de funcionamiento de transmisión multimedia

Los modelos incluyen parámetros que pueden utilizarse para configurar y habilitar equipo emulador apropiado.

En esta Recomendación se incluyen requisitos obligatorios, recomendaciones y opciones; éstas se designan mediante el futuro simple del verbo (futuro de mandato), el condicional del verbo modal "deber" y el presente de indicativo del verbo "poder", respectivamente.

Limitaciones de este modelo:

- Este modelo de red IP no pretende representar ninguna red IP específica. Por el contrario, ofrece una gama de casos de prueba que podrían representar una amplia gama de características de la red IP, tales como las que están disponibles en redes bien gestionadas (redes gestionadas mediante QoS), parcialmente gestionadas (sin QoS) y no gestionadas (Internet).
- Algunas redes pueden emplear la RTPC en uno o ambos extremos de la conexión a través de una pasarela de medios. Este modelo aborda únicamente la porción IP de la red y no la porción RTPC de la conexión extremo a extremo.
- Los modelos de red representados en esta Recomendación no modelizan todas las conexiones posibles que pueden encontrarse entre los dispositivos.
- El modelo de red IP que se presenta aquí se basa en un estudio informal de proveedores de servicio IP y fabricantes de equipos de red IP anónimos realizado durante 2005 y seguirá evolucionando a medida de que se disponga de información estadística adicional y conforme evolucione la red.

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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- Recomendación UIT-T G.107 (2005), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación.*
- Recomendación UIT-T G.114 (2003), *Tiempo de transmisión en un sentido.*
- Recomendación UIT-T T.38 (2005), *Procedimientos para la comunicación facsímil en tiempo real entre terminales facsímil del grupo 3 por redes con protocolo Internet.*
- Recomendación UIT-T V.150.0 (2003), *Módem sobre redes de protocolo Internet: Fundamentos.*
- Recomendación UIT-T V.150.1 (2003), *Módem sobre redes de protocolo Internet: Procedimientos para la conexión de extremo a extremo de los equipos de terminación del circuito de datos de la serie V.*
- Recomendación UIT-T V.152 (2005), *Procedimientos para el soporte de datos en banda vocal en redes IP.*
- Recomendación UIT-T Y.1541 (2002), *Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet.*

3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 pérdida de ráfaga: Una alta densidad de pérdida de paquetes en función del tiempo, o pérdida de paquetes consecutivos, debida a congestión, limitación de anchura de banda o reencaminamiento (retardo traducido en pérdida debido a la implementación) en la red.

3.2 códec: Acrónimo que significa codificador/decodificador que combina funciones de conversión de analógico a digital y de digital a analógico.

3.3 retardo: Tiempo necesario para que un paquete atraviese la red o un segmento de la misma. Véase latencia.

3.4 sentido descendente: Transmisión de un proveedor de servicio a un usuario final.

3.5 red de extremo a extremo: Corresponde a un trayecto completo de un punto extremo a otro. Los criterios de medición pueden hacer referencia a un solo segmento (por ejemplo: retardo de núcleo) o a todo el trayecto (por ejemplo: retardo de red de extremo a extremo).

3.6 modelo E: Modelo basado en normas (Recs. UIT-T G.107 y G.108) relativas a la planificación de la calidad de la transmisión de las redes telefónicas. El resultado del modelo E es un factor de clasificación de transmisión denominado factor R. La escala para el factor R va de 0 a 100, donde 0 corresponde a una calidad de transmisión baja y 100 a una calidad de transmisión alta.

3.7 pasarela: Dispositivo de red que actúa como entrada a otra red. Una de sus funciones es convertir los medios proporcionados en un tipo de red al formato exigido por otro tipo de red. Por ejemplo, una pasarela puede terminar canales portadores de una red con circuitos conmutados (por ejemplo, los DS0) y trenes de medios de una red de paquetes (por ejemplo, trenes RTP en una red IP).

3.8 red IP: Red basada en el protocolo Internet que es un protocolo sin conexión.

3.9 fluctuación de fase: Variación de retardo de los paquetes.

- 3.10 memoria intermedia de fluctuación de fase:** Zona de datos compartidos donde los paquetes pueden ser recopilados, almacenados y enviados al procesador en intervalos espaciados uniformemente a fin de mejorar el servicio al usuario de extremo.
- 3.11 latencia:** Expresión relativa al tiempo necesario para que un paquete de datos se desplace de un punto designado a otro. Véase retardo.
- 3.12 capa 3:** Tercera capa del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) de la Organización Internacional de Normalización (ISO), conocida como capa de red. El IP es un protocolo de capa 3.
- 3.13 fallo de enlace:** Periodo de pérdida de paquetes consecutivo que puede durar varios segundos o algunos minutos. El modelo de red simula el efecto de un fallo de enlace en el segmento central mediante el descarte de paquetes consecutivos durante el fallo del enlace.
- 3.14 intervalo entre fallos de enlace:** Intervalo entre fallos de enlace.
- 3.15 probabilidad de ocurrencia (LOO, *likelihood of occurrence*):** Probabilidad de incidencia; se trata de la probabilidad estimada normalizada, expresada en porcentaje, de que se produzca una combinación de defectos particular en la red IP.
- 3.16 calidad de la conversación mediante la nota media de opinión (MOS-CQ, *mean opinion score conversational quality*):** Una medida de la calidad de una conexión que permite caracterizar la manera en que los usuarios califican la calidad general de una llamada basándose en la calidad de la escucha y en su capacidad para conversar durante una llamada. Esto incluye las dificultades relacionadas con el eco o el retardo que pueden afectar la conversación. Los parámetros se encuentran en la gama de 1-5.
- 3.17 calidad de escucha mediante la nota media de opinión (MOS-LQ, *mean opinion score listening quality*):** Una medida de la calidad de una conexión que permite caracterizar cómo califican los usuarios lo que "escuchan" durante una llamada. Los parámetros se encuentran en la gama de 1-5.
- 3.18 tamaño de la unidad de transmisión máxima (MTU):** Paquete o trama del tamaño más grande, especificado en octetos, que puede enviarse por una red basada en paquetes o tramas como la red internet.
- 3.19 nota de cobertura de modelo de red (NMC):** Valor utilizado en la curva de NMC. Una nota se calcula multiplicando la LOO de las combinaciones de velocidad LAN por la LOO de la severidad. La nota total puede alcanzar hasta el 100% por cada severidad (A, B, C).
$$\text{Nota} = \text{LOO}_{\text{LAN/acceso}} \times \text{LOO}_{\text{Severidad}}$$
- 3.20 ocupación:** Tráfico de carácter general en una LAN, incluida la congestión debida a las colisiones, que no forma parte de la señal del usuario que se está evaluando.
- 3.21 pérdida de paquetes:** El fallo de un paquete cuando trata de pasar por la red a su destino. (Este modelo no tiene en cuenta los descartes debidos a la saturación de la memoria intermedia.)
- 3.22 ocultamiento de la pérdida de paquetes:** Método que permite ocultar el hecho de que algunos paquetes de medios se perdieron al generar paquetes sintéticos.
- 3.23 fluctuación de fase de cresta:** Máxima variación del retardo con relación al retardo medio.
- 3.24 fluctuación de fase de cresta a cresta:** La gama completa de retardos de paquetes desde el máximo valor hasta el mínimo valor.
- 3.25 encaminamiento de borde de QoS:** Encaminamiento entre la red en las instalaciones del cliente y la red del proveedor de servicio basándose en valores de clasificación de calidad de servicio.

3.26 calidad de llamada mediante el factor R (R-CQ, *R-factor call quality*): Medición del factor R que permite caracterizar como califican los usuarios la calidad general de una llamada basándose en la calidad de escucha y en su capacidad para conversar durante una llamada. Esto incluye las dificultades relacionadas con el eco o el retardo que pueden afectar la conversación.

3.27 factor R: Medición objetiva de la calidad de transmisión de las redes telefónicas basándose en el modelo E que se describe en las Recs. UIT-T G.107 y G.108. La escala para el factor R va de 0 a 100, siendo 0 una la calidad de transmisión baja y 100 una calidad de transmisión alta.

3.28 calidad de escucha mediante el factor R (R-LQ, *R-factor listening quality*): Medición del factor R que permite caracterizar cómo califican los usuarios lo que "escuchan" durante una llamada.

3.29 paquetes reordenados: Se trata de paquetes que llegan a su destino con un número de secuencia de paquete inferior al del paquete anterior.

3.30 variación de ruta: Cambios reiterados en un trayecto debido a las actualizaciones de un cuadro de encaminamiento. El modelo de red simula el efecto de las variaciones de ruta al introducir cambios incrementales en los valores de retardo del segmento central.

3.31 retardo total: Retardo acumulado de todos los segmentos en una conexión.

3.32 sentido ascendente: Transmisión de un usuario de extremo a un proveedor de servicio.

4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

ADSL	Línea de abonado digital asimétrica (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
CSMA/CD	Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (<i>carrier sense multiple access/collision detection</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LOO	Probabilidad de ocurrencia (<i>likelihood of occurrence</i>)
MOS	Nota media de opinión (<i>mean opinion score</i>)
MTU	Unidad de transmisión máxima (<i>maximum transmission unit</i>)
NMC	Cobertura de modelo de red (<i>network model coverage</i>)
OSI	Interconexión de sistemas abiertos (<i>open systems interconnection</i>)
PESQ	Evaluación de la calidad vocal por percepción (<i>perceptual evaluation of speech quality</i>)
PLC	Ocultamiento de pérdida de paquetes (<i>packet loss concealment</i>)
POTS	Servicio telefónico ordinario (<i>plain old telephone service</i>)
PSQM	Medición de la calidad vocal por percepción (<i>perceptual speech quality measurement</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RF	Frecuencia radioeléctrica (<i>radio frequency</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SDSL	Línea de abonado digital simétrica (<i>symmetric digital subscriber line</i>)
SLA	Acuerdo de nivel de servicio (<i>service level agreement</i>)

VoIP Voz sobre el protocolo Internet (*voice over Internet protocol*)

VTC Teleconferencia de vídeo (*video teleconferencing*)

5 Descripción del modelo

El modelo de red IP consta de muchas combinaciones de defectos que están basadas en cada caso, defectos de la red IP que varían en función del tiempo y proporcionan una muestra significativa de las condiciones de degradación. Las pruebas mediante la utilización de este modelo pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Los defectos se producen en ambos sentidos. Ya que los enlaces de acceso pueden ser de naturaleza asimétrica y que los paquetes que viajan en un sentido encontrarán secciones del modelo en un orden distinto que los paquetes que viajan en el sentido contrario, los defectos en cada sentido pueden ser diferentes. En la figura 2 se muestran los parámetros y los defectos de red que se aplican a cada sección del modelo:

Parámetros correspondientes al lado A:

Velocidad y tipo de la LAN A, ocupación de la LAN A, velocidades en el acceso A local en cada sentido, ocupación del acceso A, tamaño de la MTU.

Parámetros centrales:

Intervalo con variaciones de ruta, modificación del retardo de variación de ruta, intervalo entre fallos de enlace, duración del fallo de enlace, retardo en un sentido, fluctuación de fase, paquetes reordenados y pérdida de paquetes.

Parámetros correspondientes al lado B:

Velocidad y tipo de la red LAN B, ocupación de la red LAN B, velocidades en el acceso B local en cada sentido, ocupación del acceso B, tamaño de la MTU.

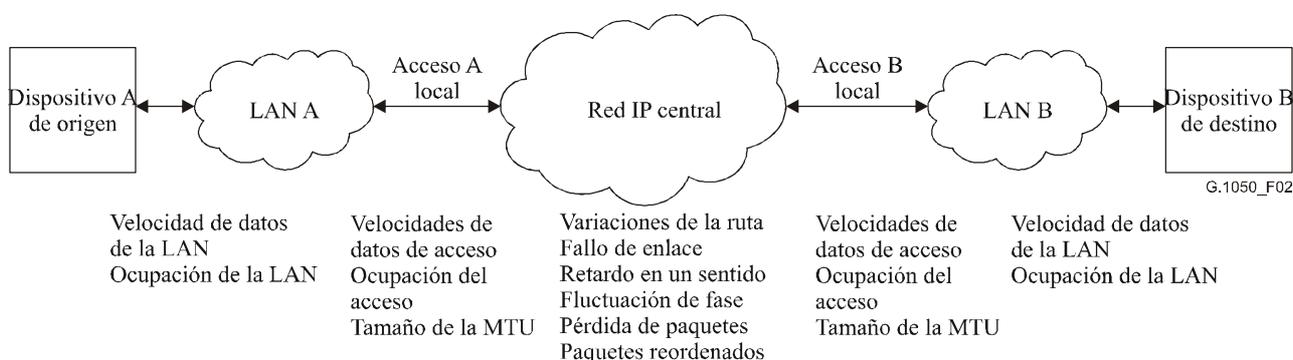


Figura 2/G.1050 – Modelo de defectos de la red IP

En el apéndice I se presenta la justificación de los parámetros y los defectos de red correspondientes al modelo de red IP.

En el apéndice II se especifican los algoritmos relativos al cálculo de retardo, reordenamiento de paquetes y pérdida de paquetes como resultado de los parámetros y los defectos de red en cada sección del modelo.

Los trenes IP de cualquier tipo de dispositivo de red pueden evaluarse utilizando el modelo de red IP que arrojará los resultados correspondientes al tipo de dispositivo o aplicación que se evalúa.

Las pruebas tienen por objeto permitir que se complete un conjunto de pruebas completo en un periodo de 36 horas (con un tiempo de 2 minutos por cada caso de prueba) o menor dependiendo del tipo de prueba que esté en curso. La metodología de la prueba facilita su automatización. La unidad sometida a prueba (UUT, *unit under test*) pasa por cada una de las combinaciones de

defectos. Este método puede considerarse como si se realizara a través de muchos nodos IP individuales con una amplia gama de defectos.

Los elementos exteriores al modelo que afectan el retardo, la fluctuación de fase y la calidad de la aplicación de extremo a extremo incluyen:

- Tamaño del paquete.
- Velocidad de generación de paquetes en el origen – se supone un tren isócrono.
- Algoritmos de compresión.
- Algoritmos de ocultación de pérdida de paquetes.
- Tipo y tamaño de la memoria intermedia que permite corregir la fluctuación de fase.
- Corrección de errores hacia adelante.
- Encaminamiento de borde con QoS.
- Detección de actividad vocal.

6 Establecimiento del nivel de defectos IP

6.1 Perfiles de prueba de servicio

En el cuadro 1 se describen los perfiles de prueba de servicio y las aplicaciones, los mecanismos en los nodos y las técnicas de red asociados con ellos. En la Recomendación UIT-T Y.1541 se emplea un método similar, aunque es probable que no sea posible establecer una correspondencia uno a uno con estos perfiles de servicio.

Cuadro 1/G.1050 – Perfiles de prueba de servicio

Perfiles de prueba de servicio	Aplicaciones (ejemplos)	Mecanismos del nodo	Técnicas de red
Red IP bien gestionada (perfil A)	Vídeo de alta calidad y VoIP, VTC (aplicaciones en tiempo real, sensibles a las pérdidas, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción)	QoS estricta, garantizando que no habrá sobreabonamiento en los enlaces	Encaminamiento y distancia constreñidos
Red IP parcialmente gestionada (perfil B)	VoIP, VTC (aplicaciones en tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, interactivas)	Cola independiente con servicio preferencial, preparación del tráfico	Encaminamiento y distancias menos restringidos

Cuadro 1/G.1050 – Perfiles de prueba de servicio

Perfiles de prueba de servicio	Aplicaciones (ejemplos)	Mecanismos del nodo	Técnicas de red
Red IP no gestionada, Internet (perfil C)	Vídeo de baja calidad y VoIP, señalización, datos de transacciones (altamente interactivas)	Cola independiente, prioridad de descarte	Encaminamiento y distancia restringidos
	Datos de transacciones, interactivas		Encaminamiento y distancia menos restringidos
	Transacciones cortas, datos en grandes cantidades (pérdida baja)	Cola larga, prioridad de descarte	Cualquier ruta/trayecto
	Aplicaciones de Internet tradicionales (redes IP por defecto)	Cola independiente (la más baja prioridad)	Cualquier ruta/trayecto

6.2 Defectos de la red

6.2.1 Perfiles de prueba de servicio

Los siguientes tres perfiles de prueba se utilizan en este modelo de red IP y pueden asociarse con los acuerdos de nivel de servicio (SLA, *service level agreements*):

- Red bien gestionada (perfil A) – red con enlaces en los que no se sobrepasan los compromisos, que emplea encaminamiento de borde con QoS.
- Red parcialmente gestionada (perfil B) – red que reduce al mínimo los enlaces en los que se sobrepasan los compromisos y que tiene uno o varios enlaces sin encaminamiento de borde con QoS.
- Red no gestionada (perfil C) – red no gestionada tal como Internet que incluye enlaces con compromisos excesivos y que tiene uno o varios enlaces sin encaminamiento de borde con QoS.

Estos cuadros representan los niveles de defectos de extremo a extremo, incluyendo la red LAN y la red de acceso. En los cuadros 2, 3 y 4, la pérdida total de paquetes es igual a la suma de la pérdida de paquetes secuencial y la pérdida de paquetes aleatoria. Obsérvese que los SLA de proveedor de servicio garantizan únicamente las características de la sección central de la red.

Cuadro 2/G.1050 – Gamas de defectos para la red bien gestionada (perfil A)

Tipo de defecto	Unidades	Gama (mín. a máx.)
Latencia en un sentido	ms	20 a 100 (regional) 90 a 300 (intercontinental)
Fluctuación de fase (cresta a cresta)	ms	0 a 50
Pérdida de paquetes secuencial	ms	Pérdida aleatoria únicamente (excepto cuando se produce un fallo de enlace)
Velocidad de la pérdida secuencial	seg ⁻¹	Pérdida aleatoria únicamente (excepto cuando se produce un fallo de enlace)
Pérdida de paquetes aleatoria	%	0 a 0,05
Paquetes reordenados	%	0 a 0,001

Cuadro 3/G.1050 – Gamas de defectos para la red parcialmente gestionada (perfil B)

Tipo de defecto	Unidades	Gama (mín. a máx.)
Latencia en un sentido	ms	50 a 100 (regional) 90 a 400 (intercontinental)
Fluctuación de fase (cresta a cresta)	ms	0 a 150
Pérdida de paquetes secuencial	ms	40 a 200
Velocidad de la pérdida secuencial	seg ⁻¹	≤ 10 ⁻³ (nota)
Pérdida de paquetes aleatoria	%	0 a 2
Paquetes reordenados	%	0 a 0,01

NOTA – La pérdida de paquetes secuencial se produce una vez cada 1000 segundos.

Cuadro 4/G.1050 – Gamas de defectos para la red no gestionada (perfil C) (nota 1)

Tipo de defecto	Unidades	Gama (mín. a máx.)
Latencia en un sentido	ms	50 a 500
Fluctuación de fase (cresta a cresta)	ms	0 a 500
Pérdida de paquetes secuencial	ms	40 a 10 000
Velocidad de la pérdida secuencial	seg ⁻¹	≤ 10 ⁻¹ (nota 2)
Pérdida de paquetes aleatoria	%	0 a 20
Paquetes reordenados	%	0 a 0,1

NOTA 1 – Este cuadro representa los niveles para una red no gestionada que funciona normalmente. Los niveles de defectos para la condición de degradación H pueden sobrepasar las gamas de este cuadro para tener en cuenta las condiciones en casos de desastre.

NOTA 2 – La pérdida de paquetes secuencial se produce una vez cada 10 segundos.

6.3 Establecimiento de la prueba

Véase la figura 3.

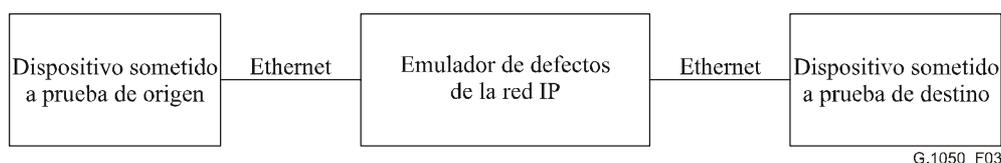


Figura 3/G.1050 – Diagrama de bloques del establecimiento del simulador

6.4 Cuadros de combinación de defectos

Cada uno de los casos de prueba consiste en un conjunto completo de parámetros y defectos. Las velocidades de las LAN y de acceso en cada extremo de la conexión representan el primero de estos parámetros. Estas velocidades indican las velocidades efectivas y varían en función de una diversidad de factores incluyendo la distancia desde la central, el sobreabonamiento, las ofertas de servicio, el número de usuarios simultáneos, los defectos de la planta física y otros factores.

En los cuadros 5 a 8 se enumeran las velocidades típicas en los hogares y las empresas en lugar de las velocidades de oferta de servicio.

Las siguientes combinaciones de ubicación son posibles:

- Hogar a hogar
- Hogar a empresa
- Empresa a hogar
- Empresa a empresa

Cuadro 5/G.1050 – Velocidades de la LAN en los hogares

Velocidad efectiva de la LAN (Mbit/s)	LOO (%)	Representa
4	75	802.11b, 10BaseT hub
20	25	802.11g, 100BaseT hub

Cuadro 6/G.1050 – Velocidades de la LAN en las empresas

Velocidad efectiva de la LAN (Mbit/s)	LOO (%)	Representa
4	20	802.11b, 10BaseT
20	20	802.11g, 100BaseT hub
100	60	100BaseT conmutado, Gbit Ethernet

Cuadro 7/G.1050 – Velocidades de la red de acceso en los hogares

Velocidad de la red de acceso		LOO (%)	Representa
Hacia el centro (kbit/s)	Desde el centro (kbit/s)		
128	768	40	ADSL
384	1536	50	Cable, ADSL
384	3000	10	Cable, ADSL

Cuadro 8/G.1050 – Velocidades de la red de acceso en las empresas

Velocidad de la red de acceso		LOO (%)	Representa
Hacia el centro (kbit/s)	Desde el centro (kbit/s)		
384	1 536	40	Entrada de ADSL
384	3 000	15	ADSL premium
1 536	1 536	40	T1
43 000	43 000	5	T3

Este modelo permite ponderar la preponderancia de las velocidades de las LAN y de las redes de acceso en los hogares y en las empresas en igualdad de condiciones.

El cuadro 9 relativo a la combinación general de velocidades, consiste en todas las combinaciones posibles de ubicaciones, velocidades de la LAN y de la red de acceso. La columna de LOO para cada combinación se calcula multiplicando la LOO de la velocidad de la LAN por la LOO de la velocidad de la red de acceso. Cuando se producen combinaciones de velocidades duplicadas (o combinaciones imagen), éstas se combinan y sus LOO asociadas se suman. Esto da por resultado 133 combinaciones de velocidades únicas con valores de LOO que suman 100%.

Cuadro 9/G.1050 – Combinaciones de las velocidades de las LAN y de las redes de acceso

Caso de prueba #	Velocidad de la LAN A (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en A (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en B (kbit/s)	Velocidad de la LAN B (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en B (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en A (kbit/s)	LOO (%)
1	4	128	768	4	128	768	2,2500
2	4	128	768	20	128	768	1,5000
3	20	128	768	20	128	768	0,2500
4	4	128	1 536	4	384	768	3,4125
5	4	128	1 536	20	384	768	2,6750
6	20	128	1 536	20	384	768	0,5125
7	4	128	3 000	4	384	768	0,7875
8	4	128	3 000	20	384	768	0,6750
9	20	128	3 000	20	384	768	0,1375
10	4	384	768	4	128	1 536	3,4125
11	4	384	768	20	128	1 536	2,6750

Cuadro 9/G.1050 – Combinaciones de las velocidades de las LAN y de las redes de acceso

Caso de prueba #	Velocidad de la LAN A (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en A (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en B (kbit/s)	Velocidad de la LAN B (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en B (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en A (kbit/s)	LOO (%)
12	20	384	768	20	128	1 536	0,5125
13	4	384	1 536	4	384	1 536	5,1756
14	4	384	1 536	20	384	1 536	4,6638
15	20	384	1 536	20	384	1 536	1,0506
16	4	384	3 000	4	384	1 536	1,1944
17	4	384	3 000	20	384	1 536	1,1638
18	20	384	3 000	20	384	1 536	0,2819
19	4	384	768	4	128	3 000	0,7875
20	4	384	768	20	128	3 000	0,6750
21	20	384	768	20	128	3 000	0,1375
22	4	384	1 536	4	384	3 000	1,1944
23	4	384	1 536	20	384	3 000	1,1638
24	20	384	1 536	20	384	3 000	0,2819
25	4	384	3 000	4	384	3 000	0,2756
26	4	384	3 000	20	384	3 000	0,2888
27	20	384	3 000	20	384	3 000	0,0756
28	4	128	1 536	100	384	768	1,8000
29	20	128	1 536	100	384	768	0,6000
30	4	128	3 000	100	384	768	0,6750
31	20	128	3 000	100	384	768	0,2250
32	4	128	1 536	4	768	1 536	0,6000
33	4	128	1 536	20	768	1 536	0,8000
34	4	128	1 536	100	768	1 536	1,8000
35	20	128	1 536	20	768	1 536	0,2000
36	20	128	1 536	100	768	1 536	0,6000
37	4	128	43 000	4	768	43 000	0,0750
38	4	128	43 000	20	768	43 000	0,1000
39	4	128	43 000	100	768	43 000	0,2250
40	20	128	43 000	20	768	43 000	0,0250
41	20	128	43 000	100	768	43 000	0,0750
42	4	384	1 536	100	384	1 536	5,4600
43	20	384	1 536	100	384	1 536	2,4600
44	4	384	3 000	100	384	1 536	1,6538
45	20	384	3 000	100	384	1 536	0,7913
46	4	384	1 536	4	1 536	1 536	0,9100

Cuadro 9/G.1050 – Combinaciones de las velocidades de las LAN y de las redes de acceso

Caso de prueba #	Velocidad de la LAN A (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en A (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en B (kbit/s)	Velocidad de la LAN B (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en B (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en A (kbit/s)	LOO (%)
47	4	384	1 536	20	1 536	1 536	1,3200
48	4	384	1 536	100	1 536	1 536	3,2100
49	20	384	1 536	20	1 536	1 536	0,4100
50	20	384	1 536	100	1 536	1 536	1,7100
51	4	384	43 000	4	1 536	43 000	0,1138
52	4	384	43 000	20	1 536	43 000	0,1650
53	4	384	43 000	100	1 536	43 000	0,4013
54	20	384	43 000	20	1 536	43 000	0,0513
55	20	384	43 000	100	1 536	43 000	0,2138
56	4	384	1 536	100	384	3 000	1,6538
57	20	384	1 536	100	384	3 000	0,7913
58	4	384	3 000	100	384	3 000	0,4725
59	20	384	3 000	100	384	3 000	0,2475
60	4	384	1 536	4	1 536	3 000	0,2100
61	4	384	1 536	20	1 536	3 000	0,3200
62	4	384	1 536	100	1 536	3 000	0,8100
63	20	384	1 536	20	1 536	3 000	0,1100
64	20	384	1 536	100	1 536	3 000	0,5100
65	4	384	43 000	4	3 000	43 000	0,0263
66	4	384	43 000	20	3 000	43 000	0,0400
67	4	384	43 000	100	3 000	43 000	0,1013
68	20	384	43 000	20	3 000	43 000	0,0138
69	20	384	43 000	100	3 000	43 000	0,0638
70	4	384	768	100	128	1 536	1,8000
71	20	384	768	100	128	1 536	0,6000
72	4	384	768	100	128	3 000	0,6750
73	20	384	768	100	128	3 000	0,2250
74	4	768	1 536	4	128	1 536	0,6000
75	4	768	1 536	20	128	1 536	0,8000
76	20	768	1 536	20	128	1 536	0,2000
77	4	768	1 536	100	128	1 536	1,8000
78	20	768	1 536	100	128	1 536	0,6000
79	4	1 536	1 536	4	384	1 536	0,9100
80	4	1 536	1 536	20	384	1 536	1,3200
81	20	1 536	1 536	20	384	1 536	0,4100

Cuadro 9/G.1050 – Combinaciones de las velocidades de las LAN y de las redes de acceso

Caso de prueba #	Velocidad de la LAN A (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en A (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en B (kbit/s)	Velocidad de la LAN B (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en B (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en A (kbit/s)	LOO (%)
82	4	1 536	1 536	100	384	1 536	3,2100
83	20	1 536	1 536	100	384	1 536	1,7100
84	4	1 536	3 000	4	384	1 536	0,2100
85	4	1 536	3 000	20	384	1 536	0,3200
86	20	1 536	3 000	20	384	1 536	0,1100
87	4	1 536	3 000	100	384	1 536	0,8100
88	20	1 536	3 000	100	384	1 536	0,5100
89	4	768	43 000	4	128	43 000	0,0750
90	4	768	43 000	20	128	43 000	0,1000
91	20	768	43 000	20	128	43 000	0,0250
92	4	768	43 000	100	128	43 000	0,2250
93	20	768	43 000	100	128	43 000	0,0750
94	4	1 536	43 000	4	384	43 000	0,1138
95	4	1 536	43 000	20	384	43 000	0,1650
96	20	1 536	43 000	20	384	43 000	0,0513
97	4	1 536	43 000	100	384	43 000	0,4013
98	20	1 536	43 000	100	384	43 000	0,2138
99	4	3 000	43 000	4	384	43 000	0,0263
100	4	3 000	43 000	20	384	43 000	0,0400
101	20	3 000	43 000	20	384	43 000	0,0138
102	4	3 000	43 000	100	384	43 000	0,1013
103	20	3 000	43 000	100	384	43 000	0,0638
104	100	384	1 536	100	384	1 536	1,4400
105	100	384	3 000	100	384	1 536	0,5400
106	100	384	1 536	100	1 536	1 536	1,4400
107	100	384	43 000	100	1 536	43 000	0,1800
108	100	384	1 536	100	384	3 000	0,5400
109	100	384	3 000	100	384	3 000	0,2025
110	100	384	1 536	100	1 536	3 000	0,5400
111	100	384	43 000	100	3 000	43 000	0,0675
112	100	1 536	1 536	100	384	1 536	1,4400
113	100	1 536	3 000	100	384	1 536	0,5400
114	4	1 536	1 536	4	1 536	1 536	0,1600
115	4	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0,3200
116	4	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0,9600

Cuadro 9/G.1050 – Combinaciones de las velocidades de las LAN y de las redes de acceso

Caso de prueba #	Velocidad de la LAN A (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en A (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso A->B en B (kbit/s)	Velocidad de la LAN B (Mbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en B (kbit/s)	Velocidad de la red de acceso B->A en A (kbit/s)	LOO (%)
117	20	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0,1600
118	20	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0,9600
119	100	1 536	1 536	100	1 536	1 536	1,4400
120	4	1 536	43 000	4	1 536	43 000	0,0400
121	4	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0,0800
122	4	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,2400
123	20	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0,0400
124	20	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,2400
125	100	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,3600
126	100	1 536	43 000	100	384	43 000	0,1800
127	100	3 000	43 000	100	384	43 000	0,0675
128	4	43 000	43 000	4	43 000	43 000	0,0025
129	4	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0,0050
130	4	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0150
131	20	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0,0025
132	20	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0150
133	100	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0225

En el cuadro 10 se enumeran ocho niveles de severidad (A a H). Cada uno de ellos consiste en una combinación de defectos desde la ubicación de origen, la red central y la ubicación de destino. Para reducir al mínimo el tiempo de prueba, el encargado de la prueba puede optar por realizar un conjunto de casos de prueba asociado con un SLA particular (perfil A, B o C) como se describe en 6.2.1. Véase el apéndice II por lo que se refiere a la utilización precisa de estos parámetros en los algoritmos de degradaciones.

Cuadro 10/G.1050 – Combinaciones de severidad de defectos

Defecto	Severidad=> Unidades	A	B	C	D	E	F	G	H*
LOO del perfil A	%	50	30	15	5	0	0	0	0
LOO del perfil B	%	5	25	30	25	10	5	0	0
LOO del perfil C	%	5	5	10	15	20	25	15	5
Parámetros de la ubicación de origen (A)									
Ocupación de la LAN A	%	1	2	3	5	8	12	16	20
Ocupación de la red de acceso A	%	0	1	2	4	8	15	30	50
MTU A	Bytes	512	512	1508	1508	1508	1508	1508	1508

Cuadro 10/G.1050 – Combinaciones de severidad de defectos

Defecto	Severidad=> Unidades	A	B	C	D	E	F	G	H*
Defectos de la red central									
Intervalo entre las variaciones de ruta	Segundos	0	3600	1800	900	480	240	120	60
Retardo de la variación de ruta	ms	0	2	4	8	16	32	64	128
Retardo (regional)	ms	4	8	16	32	64	128	256	512
Retardo (intercontinental)	ms	16	32	64	128	196	256	512	768
Fluctuación de fase (cresta a cresta)	ms	5	10	24	40	70	100	150	500
Intervalo entre los fallos de enlace	Segundos	0	3600	1800	900	480	240	120	60
Duración de fallo de enlace	ms	0	64	128	256	400	800	1600	3000
Pérdida de paquetes	%	0	0.01	0.02	0.04	0.1	0.2	0.5	1
Paquetes reordenados	%	0	0,00025	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1
Parámetros de la ubicación de destino (B)									
Ocupación de la red de acceso B	%	0	1	2	4	8	15	30	50
MTU B	Bytes	512	512	1508	1508	1508	1508	1508	1508
Ocupación de la LAN B	%	1	2	3	5	8	12	16	20
* La condición H puede sobrepasar las gamas del cuadro 4 para tener en cuenta las condiciones en casos de desastre.									

La lista completa de los 1064 casos de prueba se etiquetan de la siguiente manera:

- 1A, 1B, 1C...1H combinan la combinación de velocidades 1 con los niveles de severidad A, B, C...H.
- 2A, 2B, 2C...2H combinan la combinación de velocidades 1 con los mismos niveles de severidad A, B, C...H.
- y continúa de la misma manera hasta ...
- 133H completa los $133 \times 8 = 1064$ casos de prueba totales.

6.5 Cobertura del modelo de red

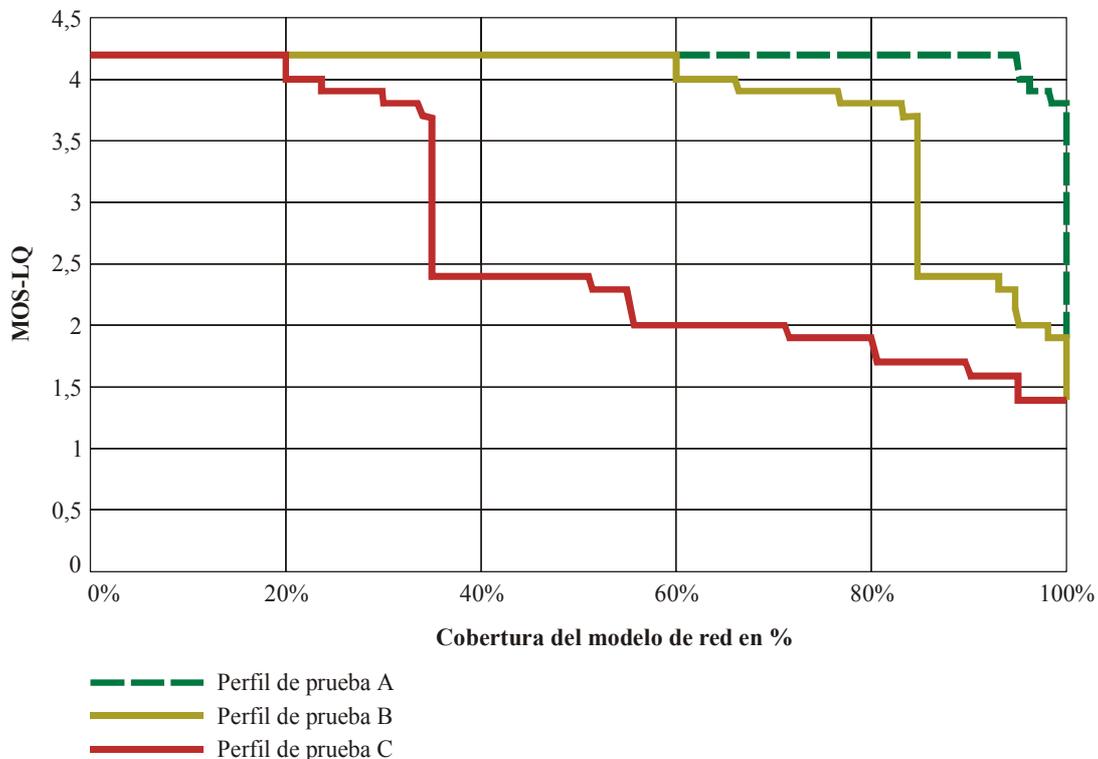
En las figuras 4 a 7 se presentan ejemplos de curvas de NMC correspondientes a una conexión VoIP basándose en un ejemplo de estadísticas de resultados. En las curvas de muestra, los ejes Y indican un parámetro de calidad deseado y los ejes X el porcentaje de la cobertura del modelo de red. Las curvas de NMC se crean mediante el siguiente procedimiento:

- 1) Se ejecutan cada uno de los casos de prueba (cada caso tiene una nota NMC asociada).
- 2) Se realiza la medición de los parámetros deseados (por ejemplo, PESQ, PEAQ, PSQM, MOS, caudal, velocidad de la conexión, medición de la calidad de vídeo, etc.).

- 3) Se clasifican los parámetros medidos junto con las notas NMC asociadas en orden descendente utilizando un programa de hoja de cálculo o un mecanismo similar.
- 4) Se tratan los gráficos de los parámetros medidos sobre el eje Y y la notas NMC asociadas sobre el eje X.
- 5) La curva resultante muestra la calidad de funcionamiento (desde el punto de vista del parámetro medido) como porcentaje del modelo de red.

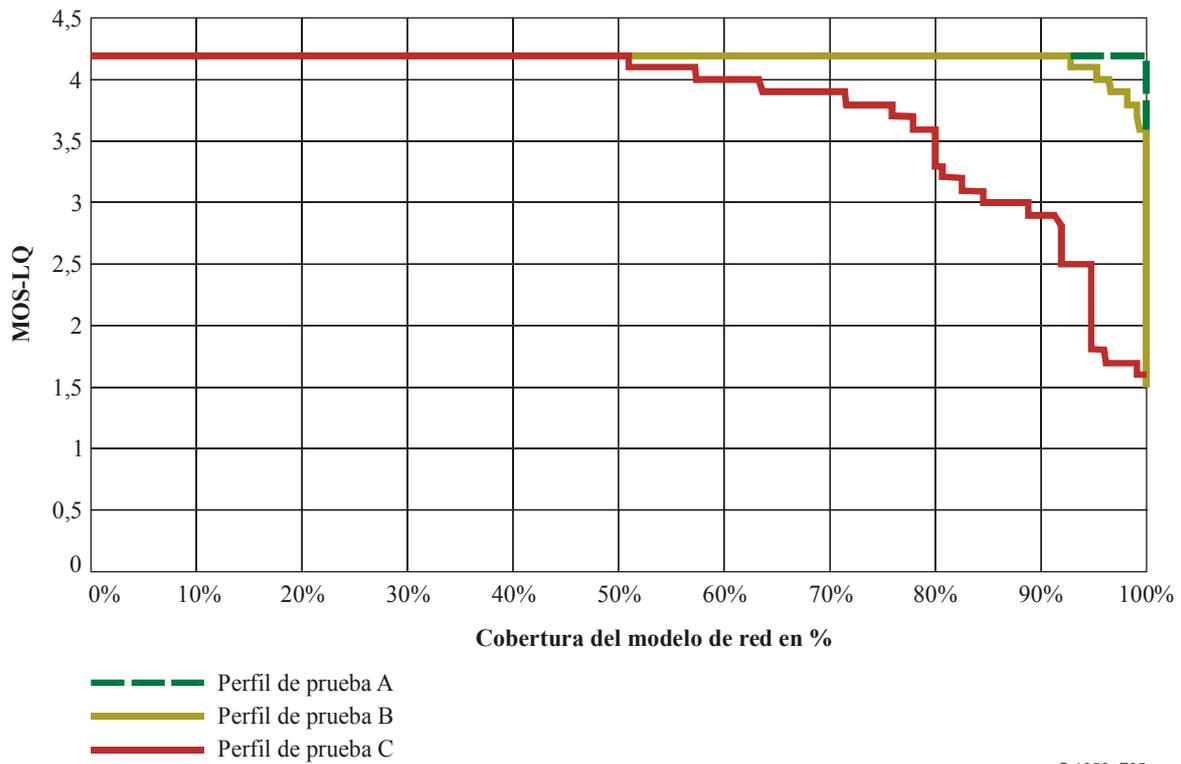
La gráfica resultante se utiliza para comparar la calidad de funcionamiento con la calidad del servicio para diferentes SLA o dispositivos. La Rec. UIT-T G.107 asigna niveles de satisfacción de usuario para el factor R y la nota media de opinión (MOS) – valores de calidad de escucha. El punto donde se cruzan la cobertura NMC (eje X) y una nota (eje Y) indica el porcentaje de usuarios que percibirán ese nivel de satisfacción o un nivel superior.

Estos ejemplos de gráficas ilustran la comparación de las notas de calidad vocal de un dispositivo específico a través de perfiles SLA. No obstante, puede utilizarse cualquier criterio de medición de rendimiento o de calidad sobre el eje X para evaluar la cobertura NMC a través de los perfiles de nivel de servicio o de múltiples dispositivos.



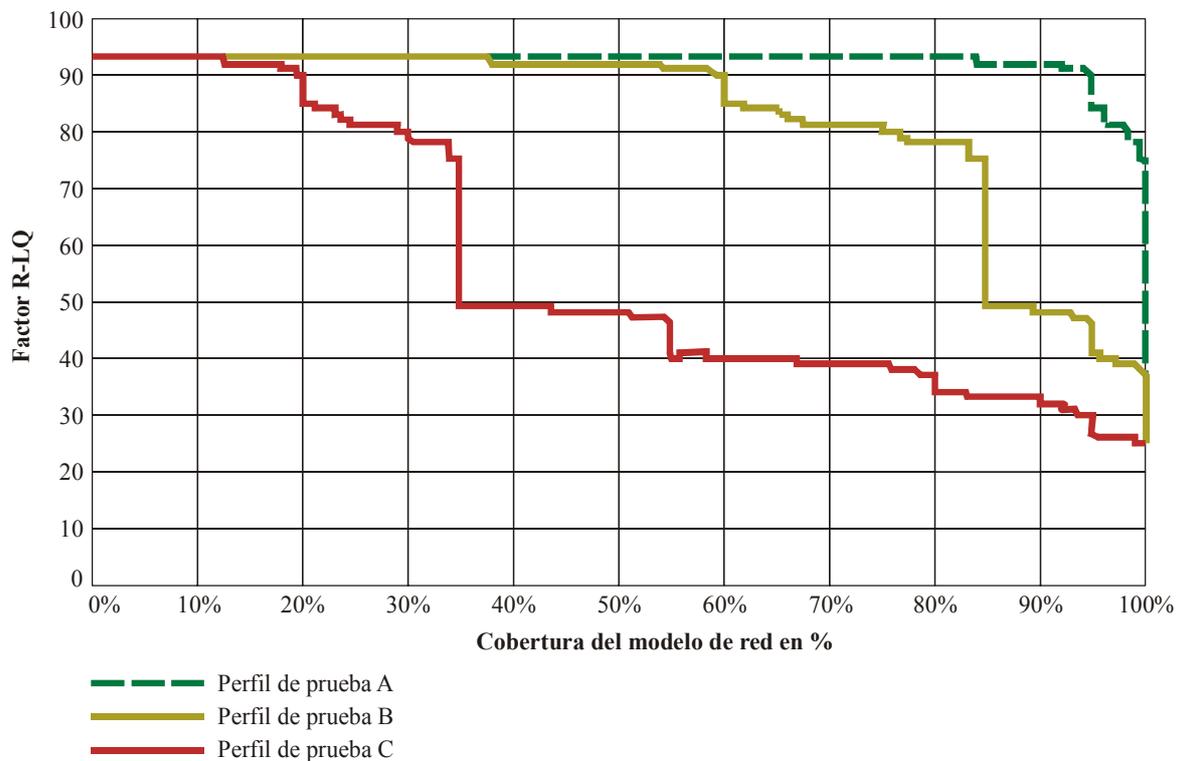
G.1050_F04

Figura 4/G.1050 – Ejemplo de curvas de cobertura de red utilizando MOS – Calidad de la escucha (memoria intermedia de fluctuación de fase de 40 ms)



G.1050_F05

Figura 5/G.1050 – Ejemplo de curvas de cobertura de red utilizando MOS – Calidad de la escucha (memoria intermedia de fluctuación de fase de 100 ms)



G.1050_F06

Figura 6/G.1050 – Ejemplo de curvas de cobertura de red utilizando el factor R – Calidad de la escucha (memoria intermedia de fluctuación de fase de 40 ms)

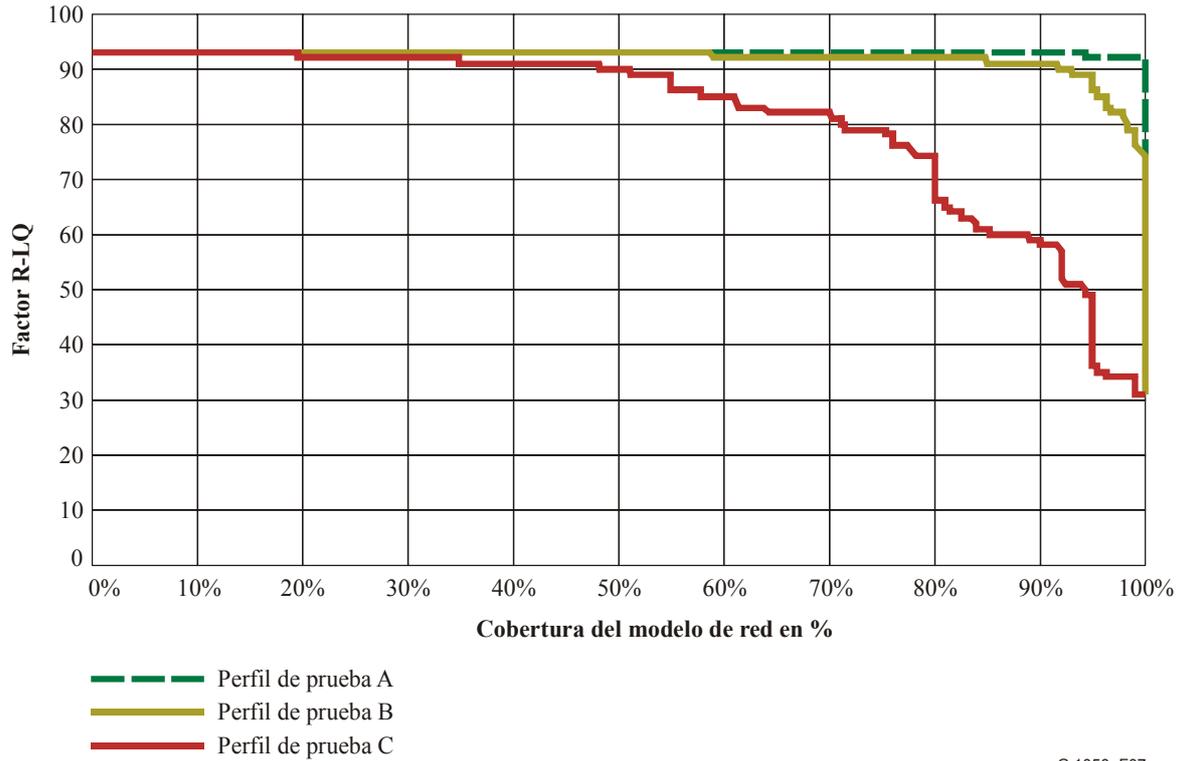


Figura 7/G.1050 – Ejemplo de curvas de cobertura de red utilizando el factor R – Calidad de la escucha (memoria intermedia de fluctuación de fase de 100 ms)

Los valores en los cuadros 11 y 12 representan el porcentaje de usuarios que se encuentran en este nivel de satisfacción o en un nivel superior. Los porcentajes se correlacionan aproximadamente con los valores de los gráficos de las figuras 4 a 7. A partir de estos cuadros y gráficas, puede compararse fácilmente el efecto de la implementación de una memoria intermedia de fluctuación de fase de 40 ms con otra de 100 ms.

Cuadro 11/G.1050 – Ejemplo de cobertura del modelo de red y de las notas de calidad de escucha MOS

MOS – Calidad de escucha	Figura 4 (40 ms)			Figura 5 (100 ms)			Satisfacción del usuario conforme a G.107
	NMC A	NMC B	NMC C	NMC A	NMC B	NMC C	
4,3	95%	60%	20%	100%	93%	51%	Muy satisfecho
4,0	96%	66%	24%	100%	97%	64%	Satisfecho
3,6	100%	85%	35%	100%	100%	80%	Algunos usuarios insatisfechos
3,1	100%	85%	35%	100%	100%	85%	Muchos usuarios insatisfechos
2,6	100%	92%	51%	100%	100%	92%	Casi todos los usuarios insatisfechos
1,0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	No se recomienda

Cuadro 12/G.1050 – Ejemplo de cobertura de modelo de red y notas de calidad de escucha basadas en el factor R

Calidad de escucha – Factor R	Figura 6 (40 ms)			Figura 7 (100 ms)			Satisfacción del usuario conforme a G.107
	NMC A	NMC B	NMC C	NMC A	NMC B	NMC C	
90+	95%	60%	20%	100%	93%	51%	Muy satisfecho
80	98%	77%	30%	100%	98%	72%	Satisfecho
70	100%	85%	35%	100%	100%	80%	Algunos usuarios insatisfechos
60	100%	85%	35%	100%	100%	89%	Muchos usuarios insatisfechos
50	100%	90%	44%	100%	100%	94%	Casi todos los usuarios insatisfechos
<50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	No se recomienda

Apéndice I

Lógica del modelo de red IP

I.1 LAN inalámbricas

Las LAN inalámbricas basadas en las normas de la serie 802.11 del IEEE son las redes más ampliamente instaladas en el hogar debido, principalmente, a la sencillez de los ordenadores que pertenecen a una red cuando se conectan a un acceso de banda ancha mediante DSL o módem de cable.

Las velocidades de la LAN inalámbrica se determinan en primer lugar mediante la tecnología de la capa física y las condiciones de funcionamiento. Actualmente, la LAN más ampliamente instalada en el hogar se basa en la norma 802.11b tradicional del IEEE. El aprovechamiento típico del usuario en cuanto a caudal es de aproximadamente 4 Mbit/s tras las consideraciones de tara y de limitaciones debidas al ruido de RF de otros dispositivos que funcionan a 2,4 GHz y que no tienen licencia y además de la distancia entre el punto de acceso y el módem inalámbrico. Por consiguiente, en el cuadro 5 se utilizó 4 Mbit/s (velocidades LAN en los hogares). La siguiente LAN con velocidad superior se basa en las normas 802.11g y 802.11a del IEEE. Hasta hace poco tiempo, los altos costes limitaban el despliegue anticipado de estas unidades a los primeros en adoptarlas; por consiguiente, no se han instalado ampliamente. El caudal del usuario convencional es de 20 Mbit/s tras las consideraciones de tara de las capas 1-3 de OSI y de las limitaciones debidas al ruido de RF y a la distancia entre el punto de acceso y el módem inalámbrico. Por lo tanto, en el cuadro 5 se utilizó 20 Mbit/s (velocidades LAN en los hogares).

I.2 Cableado estructurado

El Ethernet cableado en las instalaciones del cliente casi siempre permite velocidades de datos superiores que las soluciones inalámbricas. Esto es principalmente el resultado de una tara significativamente inferior de la tecnología Ethernet y además de la resistencia del medio de transporte CAT5/CAT6 a la entrada de ruido de RF. Las velocidades del cableado estructurado incluyen 10BT (10 Mbit/s) y 100BT (100 Mbit/s) en configuraciones centralizadas y conmutadas, y la tecnología Ethernet Gigabit más reciente para los primeros en adoptarlas. Los hogares emplean más a menudo las conexiones Ethernet de 10/100 Mbit/s mientras que las empresas aprovechan por lo general las conexiones Ethernet de 100 Mbit/s o 1 Gbit/s. Por esta razón, en el cuadro 5 se

utiliza 10 Mbit/s (velocidades LAN en los hogares) y en el cuadro 6 se utiliza 100 Mbit/s (velocidades LAN en las empresas).

I.3 Concentradores y conmutadores

Los concentradores, cuando se comparan con los conmutadores, representan un factor limitante en las velocidades de la red. Los niveles de ocupación son más altos en las configuraciones centralizadas debido a las colisiones entre el tráfico. Además, muchos concentradores limitan el transporte de los datos de usuario al modo semidúplex. Los conmutadores, por el contrario, no se ven obstruidos por la colisiones y siempre funcionan en modo dúplex completo.

Si bien la reducción de costes incita a utilizar conmutadores en lugar de concentradores en las redes situadas en las instalaciones de los clientes, hoy en día, aún existe un número significativo de configuraciones centralizadas tradicionales. Para reducir el número de variables relacionadas con la velocidad de datos, se supone que el caudal de usuario de una LAN cableada de 10 Mbit/s es de 4 Mbit/s cuando se utiliza con un concentrador digital; es decir, la misma velocidad de una LAN inalámbrica IEEE 802.11b que emplea un conmutador.

I.4 Velocidades de acceso

Las tecnologías de acceso consisten principalmente en ADSL, módems de cable, SDSL, RDSI, T1, T3/E3 o fibra óptica. De estas tecnologías, las que se despliegan más ampliamente son ADSL y los módems de cable. Los proveedores de cable y telecomunicaciones son muy competitivos y ofrecen velocidades similares. Recientemente, los proveedores de servicio han comenzado a ofrecer 3 Mbit/s en sentido descendente y 384-512 kbit/s en sentido ascendente. Se estima que los caudales de un usuario típico son de 1536 kbit/s en sentido descendente y 384 kbit/s en sentido ascendente tras las consideraciones de tara en las capas 1-2 de OSI, la reducción de velocidad debido a las distancias de servicio y los defectos en la infraestructura. Para reducir el número de variables en el modelo, los caudales se armonizan también con los de T1 y SDSL. La tecnología SDSL a 384 kbit/s se incluye también como una instalación significativa. Esta velocidad es más útil como una extensión de la banda ancha en los bucles alámbricos más allá del alcance de ADSL. A diferencia de las tecnologías ADSL, SDSL y las demás tecnologías simétricas permiten garantizar velocidades con acuerdos de nivel de servicio, lo que ha permitido aumentar su popularidad entre las empresas. Se supone que T3 tiene un caudal efectivo de 43 Mbit/s tras las consideraciones de tara. Estas hipótesis se utilizaron para obtener las velocidades que se muestran en los cuadros 7 y 8.

I.5 Retardos en el encaminador

Véase el cuadro I.1.

Cuadro I.1/G.1050 – Ejemplo de retardos típicos de la contribución debida a los cometidos del encaminador

Cometido	Retardo total promedio (suma de colas y procesamiento)	Variación de retardo
Pasarela de acceso	10 ms	16 ms
Pasarela de interfuncionamiento	3 ms	3 ms
Distribución	3 ms	3 ms
Central	2 ms	3 ms

I.6 Datos relativos a defectos proporcionados por proveedores de servicio de red IP anónimos

Las características de extremo a extremo que se reflejan en los cuadros 2 a 4 se han obtenido de datos relativos a defectos de red proporcionados por proveedores de servicio y fabricantes de equipo de red anónimos e incluyen la contribución de la LAN y de las secciones de acceso.

Apéndice II

Algoritmos de retardo y pérdida de paquetes

II.1 Modelo de red IP general

La red IP se modeliza como una concatenación de 5 segmentos: segmento de LAN local, segmento de enlace de acceso local, segmento de red IP central, segmento de enlace de acceso distante y segmento de LAN distante. Cada segmento introduce una pérdida de paquetes con alguna probabilidad y un retardo variable en el tiempo. La entrada al modelo es un conjunto de parámetros de segmentos (velocidades de las LAN y de las redes de acceso, ocupación y un conjunto de criterios de medición de la red central), tamaño o tamaños de los paquetes, velocidad de los paquetes y número total de paquetes que deben pasar de extremo a extremo. A los intervalos de tiempo de 1 ms se les asigna un valor de retardo y una probabilidad de pérdida mediante los parámetros del modelo. Cuando llega un paquete, se le asigna el valor de retardo y la probabilidad de pérdida del milisegundo en el que llega. La salida es el valor de retardo total de cada paquete y una indicación de si se ha perdido o no un paquete.

II.2 Modelo de pérdida de paquetes

II.2.1 Pérdida de paquetes de tipo ráfaga

Es bien sabido que la pérdida de paquetes en las redes IP tiene una naturaleza de ráfagas. La definición de "ráfaga", dentro del contexto de este modelo, es un periodo de tiempo limitado por paquetes perdidos durante el cual se observa una pérdida de paquetes alta. Esto se distingue de un "periodo de pérdida consecutivo", el cual representa un periodo de tiempo limitado por paquetes perdidos durante el cual todos los paquetes se pierden.

La pérdida de paquetes de tipo ráfaga se modeliza mediante un modelo de dos estados, a saber, un modelo Gilbert-Elliott, que alterna entre un estado de tasa de pérdida elevada (estado HIGH_LOSS) y un estado de tasa de pérdida reducida (estado LOW_LOSS). Este modelo tiene cuatro parámetros por segmento: probabilidad de pérdida en el estado HIGH_LOSS, probabilidad de pérdida en el estado LOW_LOSS, probabilidad de la transición del estado HIGH_LOSS al estado LOW_LOSS y probabilidad de la transición del estado LOW_LOSS al estado HIGH_LOSS. A las tasas de pérdida de la red central se les asignan parámetros. Las tasas de pérdida de los enlaces de las LAN y de las redes de acceso dependen de los parámetros de ocupación del enlace de dichas redes. A continuación se muestra un pseudocódigo para dicho modelo:

```
if rand() < loss_probability[LOSS_STATE]
    loss = TRUE
else
    loss = FALSE
endif
if rand() < transition_probability[LOSS_STATE]
    if LOSS_STATE == HIGH_LOSS
        LOSS_STATE = LOW_LOSS
    else
        LOSS_STATE = HIGH_LOSS
    end
end
```

```
endif
endif
```

II.2.2 Pérdida de paquetes consecutiva

El fallo del enlace representa otra fuente de pérdida en la red central, lo que conduce a una pérdida de paquetes consecutiva durante algún tiempo determinado. Esto se modeliza mediante dos parámetros, una tasa de fallos de enlace periódica así como la duración de la interrupción del enlace una vez que se produce.

II.3 Modelo de variación de retardo

Los modelos de serie temporal se emplean para representar las características de las secuencias que tienen algunas propiedades que varían en función del tiempo. Éstos comprenden típicamente una o varias funciones de filtrado controladas mediante una combinación de ruido y algunas señales o elementos periódicos subyacentes.

La naturaleza "de picos" de los trazos de retardo sugiere que la fluctuación de fase puede modelizarse utilizando una secuencia de ruido impulsivo. El retardo que encuentra un paquete en alguna etapa específica en la red debe ser función del retardo en serie del tráfico interferente y del volumen de tráfico. Por consiguiente, la altura de los impulsos debe ser función del retardo en serie y la frecuencia debe ser función del nivel de congestión. La congestión en la LAN tiende a producirse en ráfagas cortas. Con el algoritmo CSMA/CD de Ethernet un paquete puede verse retardado, sin embargo, el siguiente puede acceder a la LAN inmediatamente; esto sugiere un tiempo de respuesta de filtrado corto. La congestión en el enlace de acceso tiende a estar asociada con variaciones de retardo a corto plazo debidas a la cola durante el relleno del encaminador de borde; esto sugiere un tiempo de respuesta de filtrado más largo. A continuación se muestra un pseudocódigo para la variación de retardo:

```
if rand() < impulse_probability
    i = impulse_height
else
    i = 0
endif
d(n) = d(n-1) * (TC) + i * (1-TC)
```

donde $d(n)$ = retardo del paquete n , y TC representa la constante de tiempo de filtrado.

II.3.1 Fluctuación de fase en el enlace de las redes LAN y de acceso

La fluctuación de fase en los enlaces de las redes LAN y de acceso se modeliza con valores de retardo por cada milisegundo que se crean mediante el paso de impulsos a través de un filtro de un polo. En cada segmento, por cada milisegundo, se introduce al filtro un impulso o un cero basándose en alguna probabilidad. Así, se calcula la salida del filtro y el resultado se convierte en el valor de retardo de ese milisegundo. Los valores de retardo se aplican a los paquetes basándose en los valores actuales en el milisegundo durante el cual llega el paquete, pero se mantiene el orden de la llegada de los paquetes. La amplitud de los impulsos es proporcional al retardo en serie de ese segmento. La probabilidad de la ocurrencia de un impulso es proporcional al nivel de congestión de ese segmento. Para los segmentos de la LAN no se utiliza un filtro; el retardo se obtiene directamente de los impulsos. En el caso de los segmentos del enlace de la red de acceso se emplea un filtro con una constante de tiempo para graduar los valores de los intervalos de 1 ms.

II.3.2 Fluctuación de fase en la red central

La fluctuación de fase en la red central se modeliza de una manera diferente. Por cada paquete se añade un retardo aleatorio que se distribuye uniformemente de 0 al valor del parámetro de fluctuación de fase de la red central.

II.3.3 Retardo básico en la red central y variación de ruta

Un parámetro de retardo básico se asocia con la red central. Otra fuente de variación de retardo es la variación de la ruta en la red central. Esto se modeliza cambiando el retardo básico de la red central. Una tasa de variación de ruta periódica es un parámetro determinado. Cuando se produce una variación de ruta el modelo añadirá o sustraerá el retardo de variación de ruta alcanzado o del retardo de la red central. Por cada variación de ruta, el modelo alterna entre añadir y sustraer el retardo de variación de ruta.

II.4 Reordenamiento de los paquetes del segmento central

En el modelo, sólo el segmento central está autorizado a reordenar los paquetes basándose en los retardos. Cada sector de tiempo tiene un valor de retardo. Cuando llega un paquete, se aplica el valor de retardo actual a ese paquete. El segmento central es el único autorizado al reordenamiento. En los demás segmentos, los paquetes se transmiten en el orden que llegan, independientemente de los valores de retardo asignados.

II.5 Salida del modelo

Si un paquete se marca como perdido en cualquier segmento, ello significa que está perdido.

El retardo total añadido a un paquete es la suma del retardo de cada segmento. Puede haber paquetes fuera de orden debido a las variaciones de retardo. Los enlaces de las LAN y de las redes de acceso no deben provocar el reordenamiento de los paquetes. Por consiguiente, el retardo provocado por los enlaces de las LAN y de las redes de acceso se suma en primera instancia y los retardos se ajustan a fin de mantener los paquetes en orden. A continuación, se añade el retardo debido a la red central. Esto puede dar por resultado paquetes fuera de orden.

II.6 Parámetros de entrada del modelo

A continuación se presenta una lista de los parámetros de entrada del modelo y cómo se utilizan.

II.6.1 Parámetros del segmento LAN local y distante

Parámetros de entrada de los cuadros 5 y 6:

- 1) Velocidad de la LAN. Se utiliza para calcular el retardo del segmento LAN.
- 2) Ocupación de la LAN en porcentaje.

Parámetros obtenidos:

- 1) Probabilidad de pérdida LAN. Un valor de cada estado de pérdida. Valores actuales: para el estado de pérdida baja la probabilidad es 0. Para el estado de pérdida alta es de $0,004 \times$ porcentaje de ocupación.
- 2) Probabilidad de transición del estado de pérdida de LAN. Un valor por cada estado de pérdida. Valores actuales: la probabilidad de pasar del estado de pérdida baja al estado de pérdida alta es de $0,004 \times$ porcentaje de ocupación. La probabilidad de la transición inversa es 0,1.
- 3) Altura del impulso del filtro de fluctuación de fase de LAN. Un valor por cada estado de pérdida. Valores actuales: altura máxima del impulso = (tamaño de la MTU en bits) \times (1 + (ocupación en porcentaje/40)). El valor del estado de pérdida baja es una variable aleatoria distribuida uniformemente de 0 a la altura máxima del impulso. El valor del estado de pérdida alta es la altura máxima del impulso.
- 4) Probabilidad del impulso del filtro de fluctuación de fase de LAN. Valores actuales: el valor para un estado de pérdida baja es 0. El valor para un estado de pérdida alta es 0,5.

- 5) Coeficientes del filtro de fluctuación de fase de LAN. La salida del filtro es el valor de retardo del paquete actual. Este retardo es $A \times (\text{altura del impulso}) + (1 - A) \times (\text{retardo anterior})$. Valores actuales: $A = 1$ (es decir, sin filtrado).

II.6.2 Parámetros del segmento de enlace local y distante

- 1) Velocidad del enlace. Se utiliza para calcular el retardo del segmento de la red LAN.
- 2) Ocupación del enlace en porcentaje.
- 3) Tamaño de la MTU del enlace.
- 4) Probabilidad de transición del estado de pérdida del enlace. Un valor por cada estado de pérdida. Valores actuales: la probabilidad de la transición del estado de pérdida baja al de pérdida alta es de $0,0003 \times (\text{porcentaje de ocupación})$. La probabilidad de la transición inversa es $0,2/(1 + (\text{porcentaje de ocupación}))$.
- 5) Altura del impulso del filtro de fluctuación de fase del enlace. Un valor por cada estado de pérdida. Valores actuales: altura máxima de impulso = $(\text{tamaño de la MTU en bits}) \times (1 + (\text{porcentaje de ocupación}/40))$. El valor del estado de pérdida baja es una variable aleatoria distribuida uniformemente de 0 a la altura máxima del impulso. El valor para un estado de pérdida alta es la altura máxima del impulso.
- 6) Probabilidad del impulso de filtro de fluctuación de fase del enlace. Valores actuales: el valor del estado de pérdida baja es $0,001 + (\text{ocupación en porcentaje})/2000$. El valor para un estado de pérdida alta es $0,3 + 0,4 \times (\text{porcentaje de ocupación})/100$.
- 7) Coeficientes del filtro de fluctuación de fase del enlace. La salida del filtro es el valor de retardo del paquete actual. Este retardo es $A \times (\text{altura de impulso}) + (1 - A) \times (\text{retardo anterior})$. Valores actuales: $A = 0,25$.
- 8) Probabilidad de pérdida del enlace. Un valor por cada estado de pérdida. Valores actuales: para el estado de pérdida baja la probabilidad es 0. Para el estado de pérdida alta es $0,0005 \times \text{porcentaje de ocupación}$.
- 9) Retardo básico del enlace. Éste es el tamaño del paquete en bit. Se supone que el tamaño del paquete es fijo basándose en la aplicación.

II.6.3 Parámetros de segmento de red IP central

- 1) Retardo.
- 2) Pérdida de paquetes. Sólo existe un estado de pérdida. La probabilidad de pérdida es exactamente el parámetro de probabilidad de pérdida de red central determinado.
- 3) Fluctuación de fase. La fluctuación de fase en la red central se modeliza como el retardo añadido distribuido uniformemente entre 0 y el valor del parámetro de fluctuación de fase de la red central.
- 4) Intervalo de la variación de ruta.
- 5) Retardo de la variación de ruta.
- 6) Intervalo del fallo del enlace.
- 7) Duración del fallo del enlace.
- 8) Porcentaje de reordenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- TIA/EIA 496A-1989, *Interface Between Data Circuit Terminating Equipment (DCE) and the Public Switched Telephone Network*, which includes a Network Model for Evaluating Modem Performance.
- TIA/EIA TSB 37A-1994, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*, which became ITU-T Rec. V.56 bis-1995.
- TIA/EIA TSB 38-1994, *Test Procedures for Evaluation of 2-Wire 4 Kiloherz Voice Band Duplex Modems*, which became ITU-T Rec. V.56 ter-1996.
- ANSI/TIA/EIA 3700-1999, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*.
- ANSI/TIA/EIA-793-2001, *North American Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Client and Digitally Connected Server Modems*.
- ANSI/TIA-876-2002, *North American Network Access Transmission Model for Evaluating xDSL Modem Performance*.
- TIA/EIA-810-A-2000, *Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones*.
- TIA-1001-2004, *Transport of TIA-825-A Signals over IP Networks*.
- TIA/EIA TSB-116-2001, *Telecommunications – IP Telephony – Voice Quality Recommendations for IP Telephony*.
- TIA/EIA TSB-122A-2001, *Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Router/Gateway Loss and Level Plan Guidelines*.
- ETSI TIPHON TS 101 329-2, *End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part 2: Definition of Quality of Service (Qos) classes*.
- IEEE 802.11a-1999 (8802-11:1999/Amd.1:2000(E)), *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 1: High-speed physical layer in the 5 GHz band*.
- IEEE 802.11b-1999/Cor1-2001, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 2: Higher-speed physical layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band – Corrigendum 1*.
- IEEE 802.11g-2003, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band*.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
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	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación