



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.1561

(05/2004)

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

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

**Parámetros de calidad de funcionamiento y
disponibilidad para redes con conmutación por
etiquetas multiprotocolo**

Recomendación UIT-T Y.1561

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y
**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET Y
 REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

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
REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN	
Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicio y calidad de funcionamiento	Y.2100–Y.2199
Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios	Y.2200–Y.2249
Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de próxima generación	Y.2250–Y.2299
Numeración, denominación y direccionamiento	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599
Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899

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

Recomendación UIT-T Y.1561

Parámetros de calidad de funcionamiento y disponibilidad para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo

Resumen

Esta Recomendación define parámetros que pueden utilizarse en la especificación y evaluación de la calidad de funcionamiento desde el punto de vista de la velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento, y disponibilidad de la transferencia de paquetes a través de un trayecto conmutado por etiquetas en una red con conmutación por etiquetas multiprotocolo (MPLS, *multi-protocol label switching*). Los parámetros definidos son aplicables a un trayecto conmutado por etiquetas de extremo a extremo punto a punto y multipunto a punto, y a cualquier dominio MPLS que preste, o contribuya a prestar, servicios de transferencia de paquetes.

Se consideran dos categorías de redes MPLS:

- 1) TE-LSP: trayecto conmutado por etiquetas de ingeniería de tráfico, o LSP configurado. Son trayectos punto a punto.
- 2) LSP basado en LDP (protocolo de distribución de etiquetas): Incluye LSP punto a punto y multipunto a punto.

Orígenes

La Recomendación UIT-T Y.1561 fue aprobada el 7 de mayo de 2004 por la Comisión de Estudio 13 (2001-2004) 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 2005

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	3
5 Modelo de referencia de protocolo estratificado en capas y modelo de calidad de funcionamiento para MPLS	4
5.1 Componentes de red	5
5.2 Enlaces de central y secciones de red.....	7
5.3 Punto de medición (MP) y secciones mensurables	7
5.4 Eventos de referencia de transferencia de paquetes (PRE)	8
5.5 Resultados de la transferencia de paquetes	10
6 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes	14
6.1 Poblaciones de interés	14
6.2 Retardo de transferencia de paquete (PTD, <i>packet transfer delay</i>).....	14
6.3 Tasa de errores de paquete (PER, <i>packet error ratio</i>).....	17
6.4 Tasa de pérdida de paquetes (PLR, <i>packet loss ratio</i>).....	17
6.5 Velocidad de aparición de paquetes espurios (SPR, <i>spurious packet rate</i>) ...	18
6.6 Tasa de graves pérdidas de bloques de paquetes (PSLBR, <i>packet severe loss block ratio</i>)	18
6.7 Tiempo de recuperación	18
7 Disponibilidad	18
7.1 Función de disponibilidad para servicios con conexión.....	18
7.2 Parámetros de disponibilidad	19
8 Seguridad	19
BIBLIOGRAFÍA	20

Recomendación UIT-T Y.1561

Parámetros de calidad de funcionamiento y disponibilidad para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo

1 Alcance

Esta Recomendación define parámetros que pueden utilizarse en la especificación y evaluación de la calidad de funcionamiento desde el punto de vista de la velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes (etiquetados o no etiquetados; en este último caso, la supresión del último salto (PHP) puede causar la pérdida de la identidad de trayectos conmutados por etiquetas (LSP) en los bordes de la red) a través de un LSP en una red con comunicación por etiquetas multiprotocolo (MPLS). Los parámetros definidos son aplicables a un trayecto conmutado por etiquetas de extremo a extremo, punto a punto y multipunto a punto, y a cualquier dominio MPLS que preste, o contribuya a prestar, servicios de transferencia de paquetes de acuerdo con las referencias normativas especificadas en la cláusula 2.

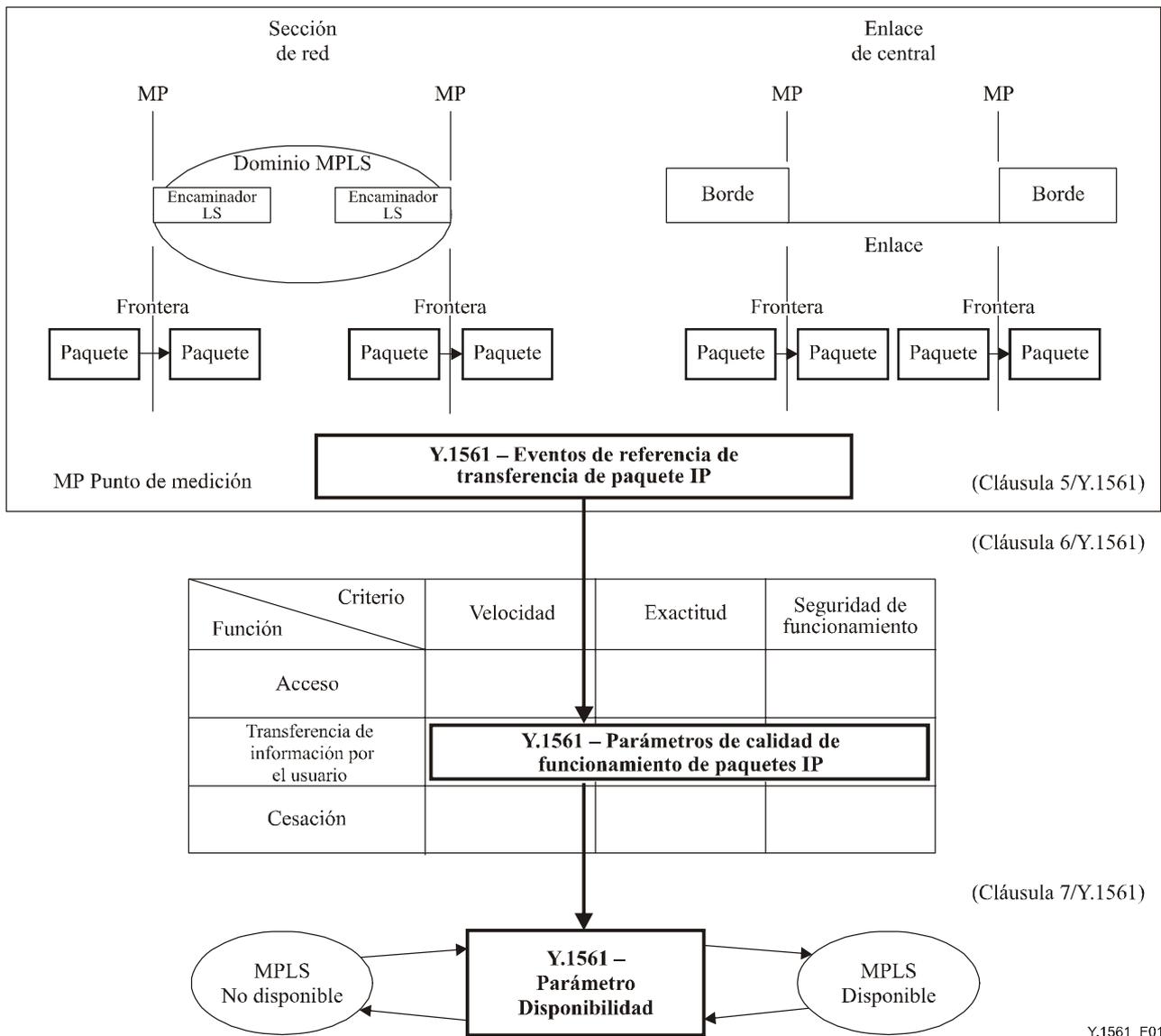


Figura 1/Y.1561 – Alcance de esta Recomendación

El alcance de esta Recomendación se resume en la figura 1. Los parámetros de calidad de funcionamiento de la red MPLS están definidos atendiendo a eventos de referencia de transferencia de paquete que pueden observarse en puntos de medición (MP) con fronteras funcionales y jurisdiccionales. Los puntos de medición pueden estar en los extremos de un LSP. Para facilitar las comparaciones y con miras a una exposición más completa, la calidad de funcionamiento de la red MPLS se considera en el contexto de la matriz 3×3 de calidad de funcionamiento definida en la Rec. UIT-T I.350. La matriz comprende tres funciones de comunicación independientes del protocolo: acceso, transferencia de información de usuario y cesación. Cada función se considera con respecto a tres "criterios de calidad de funcionamiento": velocidad, exactitud y seguridad de funcionamiento. Un modelo asociado, basado en dos estados, sirve de base para describir la disponibilidad de la red MPLS.

La calidad de funcionamiento de las redes MPLS que proporcionan funciones de acceso y cesación (por ejemplo, protocolo de reserva de recursos-ingeniería de tráfico (RSVP-TE, *resource reservation protocol-traffic engineering*) y soportan capacidades (por ejemplo, protocolo de distribución de etiquetas (LDP, *label distribution protocol*), descrito en RFC 3036) puede tratarse en Recomendaciones aparte.

En la presente Recomendación se consideran dos categorías de redes MPLS:

- 1) TE-LSP: Trayecto conmutado por etiquetas de ingeniería de tráfico, o LSP configurado. Son trayectos punto a punto. Estos trayectos son "con conexión", encaminados explícitamente, y fijos.
- 2) LSP basado en LDP: Incluye LSP punto a punto y multipunto a punto. Estos trayectos se comportan más bien como IP y utilizan un protocolo de pasarela interior (IGP, *interior gateway protocol*), como abrir primero el trayecto más corto (OSPF) o sistema intermedio – sistema intermedio (IS-IS) para encaminamiento. Los LSP son trayectos "sin conexión".

Las topologías punto a punto y multipunto a punto son englobadas en el concepto de *poblaciones de interés*, definido en 6.1. El caso de PHP que causa la pérdida de la identidad de un LSP se trata específicamente en 5.4, en la que se exponen tres criterios facultativos para eventos de referencia de transferencia de paquete. La correspondencia entre eventos de referencia de ingreso y egreso se ha tratado en la presente Recomendación siguiendo la pauta de otras Recomendaciones (por ejemplo, la Rec. UIT-T Y.1540), en 5.5.2.

En esta Recomendación, el término genérico *paquete* se utiliza en el sentido de un paquete IP con campos de encabezamiento y de información, o de paquetes de otros protocolos en que se utilicen combinaciones de campos de encabezamiento y de información, siempre que exista una norma que describa la encapsulación como un paquete MPLS.

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 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*.

- Recomendación UIT-T I.353 (1996), *Eventos de referencia para definir los parámetros de calidad de funcionamiento de la red digital de servicios integrados (RDSI) y de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.
- Recomendación UIT-T Y.1540 (2002), *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*.
- Recomendación UIT-T Y.1711 (2004), *Mecanismo de operación y administración para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo*.
- IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
- IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding*.
- IETF RFC 3036 (2001), *LDP Specification*.
- IETF RFC 3107 (2001), *Carrying Label Information in BGP-4*.
- IETF RFC 3429 (2002), *Assignment of the 'OAM Alert Label' for Multiprotocol Label Switching Architecture (MPLS) Operation and Maintenance (OAM) Functions*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los siguientes términos.

3.1 clase de equivalencia para el reenvío (FEC, *forwarding equivalence class*): Categoría de paquetes IP que reciben el mismo tratamiento de reenvío.

3.2 trayecto conmutado por etiquetas (LSP, *label switched path*): Trayecto a través de uno o más encaminadores con conmutación por etiquetas en un nivel de la jerarquía seguido por paquetes de una determinada FEC.

3.3 utilización del penúltimo salto (PHP, *penultimate hop popping*): Característica facultativa de la MPLS en virtud de la cual la pila de etiquetas puede suprimirse en el penúltimo encaminador con conmutación de etiquetas del LSP, y no en el egreso LSP.

4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

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

CE	Encaminador de borde de cliente (<i>customer edge router</i>)
CR-LDP	Protocolo de distribución de etiquetas de encaminamiento basado en restricción (<i>constraint-based routing – label distribution protocol</i>)
DSCP	Punto de código de servicios diferenciados (<i>differentiated services code point</i>)
DST	Destino
EL	Enlace de central (<i>exchange link</i>)
EXP	Experimental
FEC	Clase de equivalencia para el reenvío (<i>forwarding equivalence class</i>)
IGP	Protocolo pasarela interior (<i>interior gateway protocol</i>)
IP	Protocolo Internet
IS-IS	Sistema intermedio – sistema intermedio (<i>intermediate system to intermediate system</i>)
LDP	Protocolo de distribución de etiquetas (<i>label distribution protocol</i>)
LSP	Trayecto conmutado por etiquetas (<i>label switched path</i>)

LSR	Encaminador de conmutación de etiquetas (<i>label switching router</i>)
MP	Punto de medición (<i>measurement point</i>)
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo (<i>multi-protocol label switching</i>)
NS	Sección de red (<i>network section</i>)
NSE	Ensamblado de secciones de red (<i>network section ensemble</i>)
OSPF	Primer trayecto más corto abierto (<i>open shortest path first</i>)
PDV	Variación del retardo de paquetes (<i>packet delay variation</i>)
PE	Encaminador con conmutación de etiquetas en el borde del proveedor (<i>provider edge label switching router</i>)
PER	Tasa de errores de paquete (<i>packet error ratio</i>)
PHP	Utilización del penúltimo salto (<i>penultimate hop popping</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>)
PLR	Tasa de pérdida de paquetes (<i>packet loss ratio</i>)
PRE	Evento de referencia de transferencia de paquete (<i>packet transfer reference event</i>)
PSLRB	Tasa de graves pérdidas de bloques de paquetes (<i>packet severe loss block ratio</i>)
PTD	Retardo de transferencia de paquete (<i>packet transfer delay</i>)
RSVP-TE	Protocolo de reserva de recursos – ingeniería de tráfico (<i>resource reservation protocol – traffic engineering</i>)
RTPTD	Retardo de transferencia de paquete de ida y vuelta (<i>round trip packet transfer delay</i>)
SLB	Graves pérdidas de bloques de paquetes (<i>severe loss block</i>)
SPR	Velocidad de aparición de paquetes espurios (<i>spurious packet rate</i>)
SRC	Origen; fuente (<i>source</i>)
TLV	Tupla tipo-longitud-valor (<i>type-length-value-tuple</i>)
ToS	Tipo de servicio (<i>type of service</i>)
TTL	Tiempo de vida (<i>time to live</i>)
UDP	Protocolo de datagrama de usuario (<i>user datagram protocol</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user network interface</i>)

5 Modelo de referencia de protocolo estratificado en capas y modelo de calidad de funcionamiento para MPLS

La figura 2 ilustra la naturaleza estratificada del servicio de transporte MPLS. La calidad de funcionamiento proporcionada a las capas por encima de MPLS depende de la calidad de funcionamiento la capa MPLS y de las capas inferiores a ésta:

- Capas inferiores que soportan transporte con conexión o transporte que soporta la capa MPLS.
- Capa MPLS que transporta paquetes. Esta capa tiene sentido a través de (de los) dominio(s) MPLS y proporciona el trayecto conmutado por etiquetas. Cuando se emplea supresión en el penúltimo salto, la pila de etiquetas se retorna a la profundidad de ingreso que existía en el penúltimo nodo.

- Capas superiores, incluida la capa IP, que permiten asimismo la comunicación de extremo a extremo.

Esta cláusula define un modelo genérico de calidad de funcionamiento de red de transporte MPLS, compuesto de secciones de red y enlaces de central que interconectan secciones de red. Los parámetros de calidad de funcionamiento aquí definidos pueden aplicarse a la transferencia unidireccional de paquetes en una sección de red, o a través de un solo dominio MPLS, como se define más adelante (este es el ámbito de las mediciones OAM, como las definidas en la Rec. UIT-T Y.1711). Los parámetros pueden también aplicarse a combinaciones de secciones de red y enlaces de central, cuando la correspondencia entre etiquetas y rutas se ha distribuido entre AS de acuerdo con protocolos normalizados, como los definidos en RFC 3107. Los parámetros de calidad de funcionamiento se basan en eventos de referencia y resultados de transferencia de paquete, que también se definen más adelante.

En particular, la figura 2 ilustra uno de los desafíos de las arquitecturas MPLS, donde la capa MPLS puede no existir a través de la totalidad del trayecto de medición.

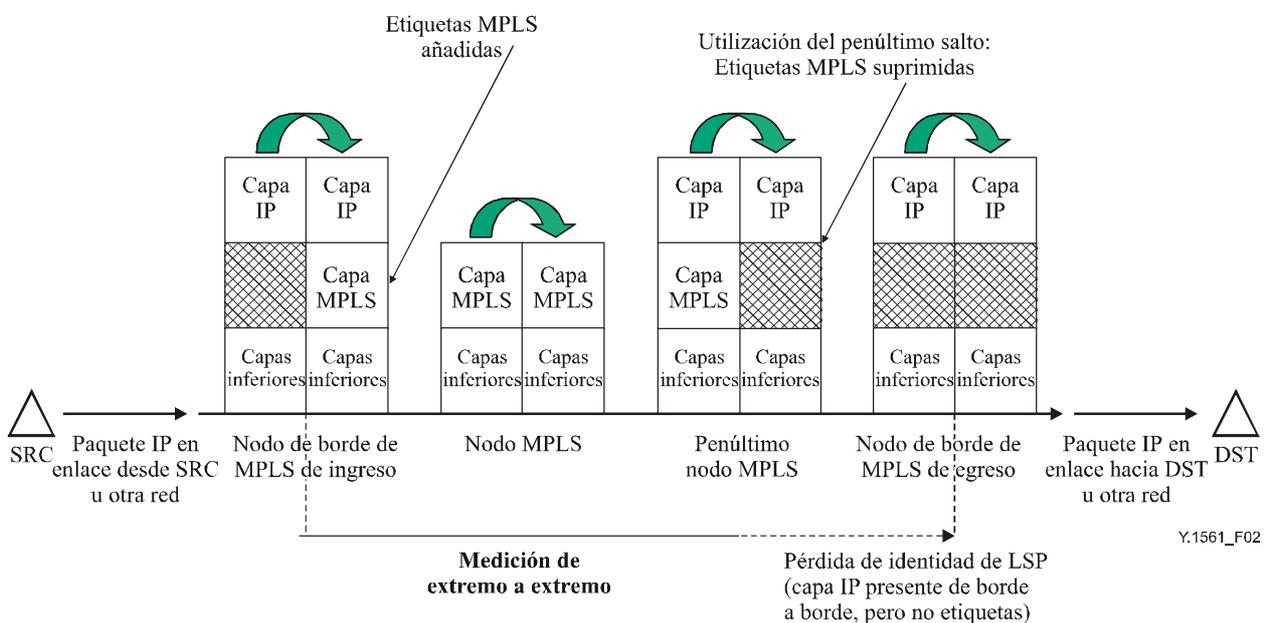


Figura 2/Y.1561 – Modelo estratificado de calidad de funcionamiento para MPLS

Como se ha dicho antes, los paquetes que utilizan protocolos distintos del IP pueden encapsularse con etiquetas MPLS y transportarse por redes, pero no se utilizaría la opción PHP y estarán presentes etiquetas de red de extremo a extremo. En algunos casos, las redes MPLS pueden proporcionar transporte entre interfaces usuario-red (UNI), y ofrecer servicio de transporte de extremo a extremo a protocolos de capas superiores.

5.1 Componentes de red

Los componentes fundamentales de las redes IP se definen en la Rec. UIT-T Y.1540.

Los siguientes componentes se han definido en RFC 3031:

5.1.1 encaminador de conmutación de etiqueta (LSR, label switching router): Nodo MPLS apto para reenviar paquetes L3 nativos.

NOTA – Tanto aquí como en las definiciones que siguen, L3 alude a la capa IP.

5.1.2 dominio MPLS: Conjunto de nodos contiguos que efectúan encaminamiento y reenvío MPLS y que también están en un dominio de encaminamiento o administrativo.

5.1.3 nodo de borde MPLS: Nodo MPLS que conecta un dominio MPLS con un nodo que está fuera del dominio, porque no ejecuta MPLS, y/o porque está en un dominio diferente. Obsérvese que si un LSR tiene un anfitrión vecino que no está ejecutando MPLS, ese LSR es un nodo de borde MPLS.

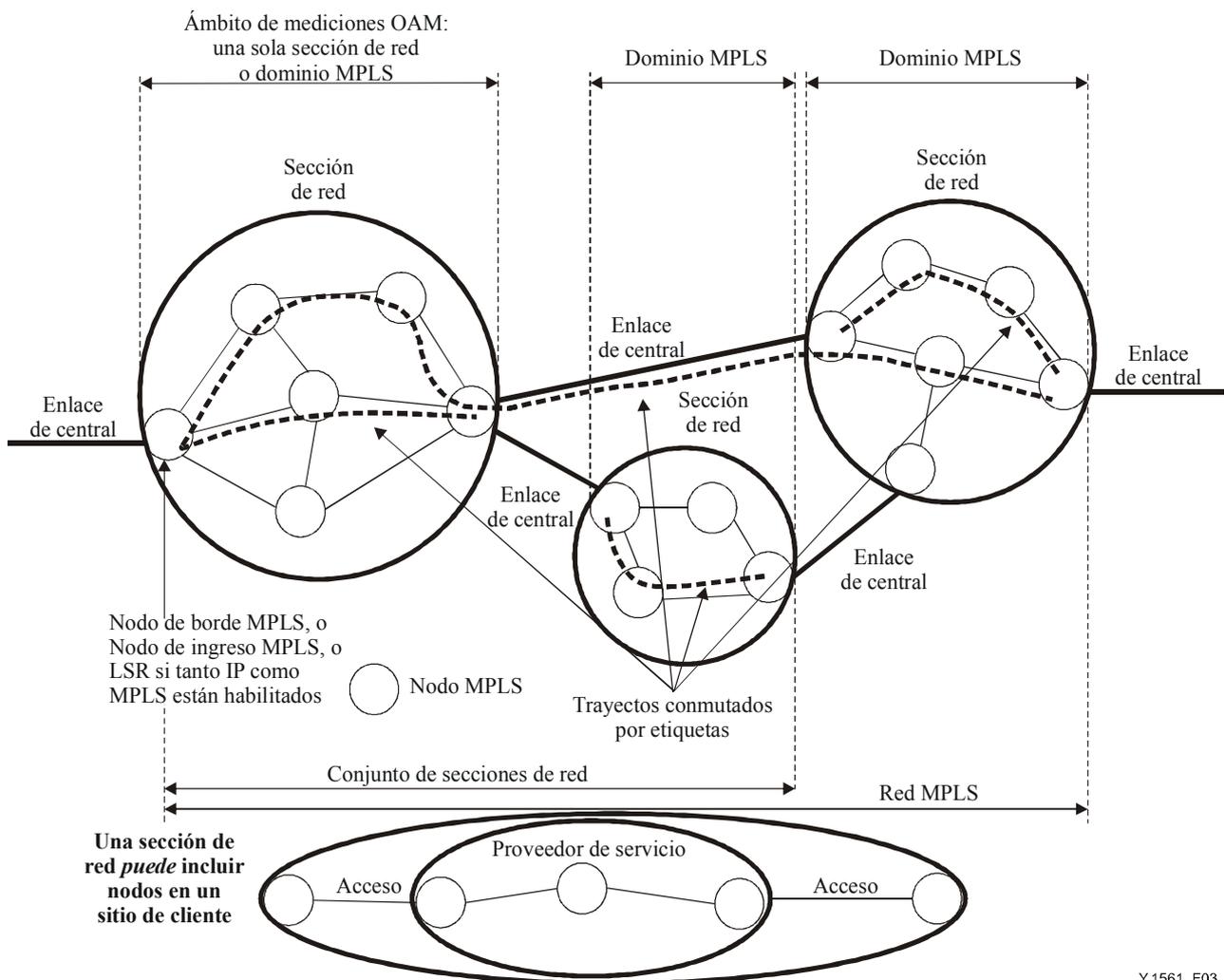
5.1.4 nodo de egreso MPLS: Nodo de borde MPLS en su cometido de manejo del tráfico cuando éste sale de un dominio MPLS.

5.1.5 nodo de ingreso MPLS: Nodo de borde MPLS en su cometido de manejo del tráfico cuando éste entra en un dominio MPLS.

5.1.6 nodo MPLS: Nodo que está ejecutando MPLS. Un nodo MPLS será sensible a protocolos de control MPLS, trabajará con uno o más protocolos de encaminamiento L3, y podrá reenviar paquetes basados en etiquetas. Un nodo MPLS puede también, facultativamente, reenviar paquetes L3 nativos.

Esta Recomendación define también:

5.1.7 red MPLS: Red que consta de uno o más dominios MPLS, y que tienen uno o más LSP desde el nodo de ingreso de red hasta el nodo de egreso de red.



Y.1561_F03

Figura 3/Y.1561 – Conectividad de red MPLS

En el cuadro 1 se indica la relación jerárquica de la terminología relativa a los nodos.

Cuadro 1/Y.1561 – Terminología relativa a los nodos

Nodo MPLS					
Nodo de borde			Nodo interior		
Ingreso		Egreso			
LSR(IP)	No LSR	LSR(IP)	No LSR		

5.2 Enlaces de central y secciones de red

5.2.1 Enlace de central (EL, *exchange link*)

Enlace que conecta:

- 1) un anfitrión (o encaminador) de origen o destino con su encaminador adyacente, que puede estar en otra jurisdicción, al que a veces se alude como un enlace de acceso, enlace de ingreso o enlace de egreso; o
- 2) un encaminador en una sección de red con un encaminador en otra sección de red.

Obsérvese que la responsabilidad del enlace de red, su capacidad, y su calidad de funcionamiento suelen estar compartidas entre las partes componentes.

NOTA – "Enlace de central" es equivalente al término "salto conmutado por etiqueta" definido en RFC 3031.

5.2.2 Sección de red (NS, *network section*)

Conjunto de nodos MPLS y con todos los sus enlaces que los interconectan que, juntos, forman la totalidad o parte de la red MPLS entre un nodo de ingreso y un nodo de egreso, y están bajo una sola responsabilidad jurisdiccional (o relación de colaboración). Algunas secciones de red consisten en un solo anfitrión sin ningún enlace de interconexión. La NS de origen y la NS de destino son casos particulares de secciones de red. Pares de secciones de red son interconectadas por enlaces de central.

NOTA – "Sección de red" es sinónimo del término "dominio MPLS" definido en RFC 3031.

5.3 Punto de medición (MP) y secciones mensurables

5.3.1 Punto de medición (MP)

Demarcación entre un anfitrión o nodo de borde MPLS y un enlace adyacente en la que pueden observarse y medirse eventos de referencia de calidad de funcionamiento. De acuerdo con la Rec. UIT-T I.353, todo protocolo Internet normalizado puede observarse en puntos de medición.

NOTA – La ubicación exacta de MP MPLS dentro de la pila de protocolos queda en estudio.

Una sección o una combinación de secciones es mensurable si está limitada por un conjunto de MP. En esta Recomendación, las siguientes secciones son mensurables.

5.3.2 Sección básica

EL, NS, SRC, o DST. Las secciones básicas están delimitadas por MP.

La calidad de funcionamiento de cualquier EL o NS es mensurable con relación a cualquier red MPLS unidireccional de extremo a extremo. Los *MP de ingreso* son el conjunto de MP atravesados por paquetes de una FEC cuando entran en una sección básica. Los *MP de egreso* son el conjunto de MP atravesados por paquetes de esa FEC cuando salen de una sección básica.

5.3.3 Transporte MPLS de extremo a extremo en un trayecto conmutado por etiqueta

Conjunto de EL y NS que proporcionan el transporte de paquetes transmitidos de nodo de borde MPLS a nodo de borde MPLS en una red MPLS. Los MP que delimitan la red MPLS de extremo a

extremo son los MP en el nodo de ingreso del primer dominio MPLS y el nodo de egreso del último dominio MPLS que forman el trayecto conmutado por etiqueta (LSP).

La calidad de funcionamiento de la red MPLS de extremo a extremo es mensurable con relación a cualquier trayecto unidireccional conmutado por etiqueta. Los *MP de ingreso* son los MP atravesados por paquetes de una FEC cuando entran en el LSP. Los *MP de egreso* son los MP atravesados por paquetes de esa FEC cuando salen de ese LSP.

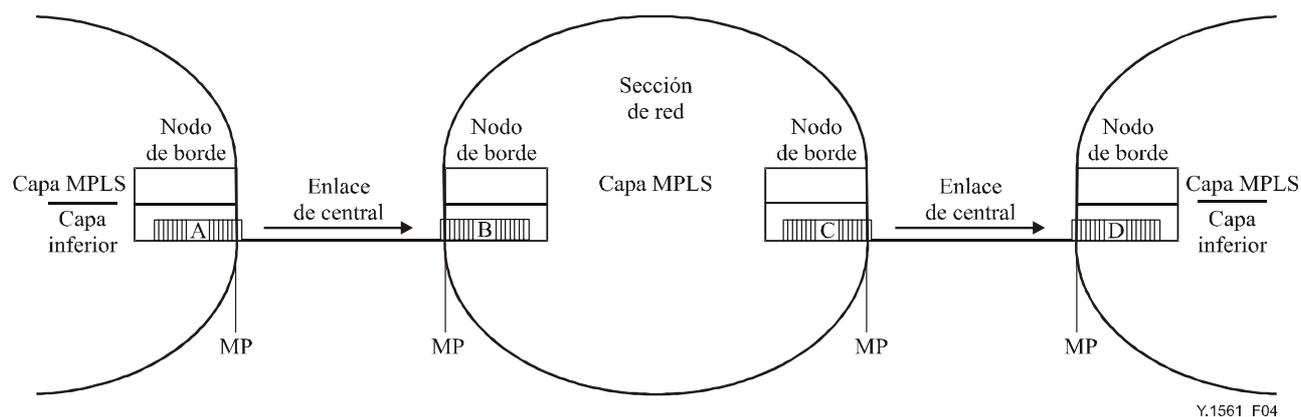
5.3.4 Ensamblado de secciones de red (NSE, *network section ensemble*)

Por un NSE ha de entenderse cualquier subconjunto de NS conectadas conjuntamente, con todos los EL que las conectan. El término NSE puede utilizarse para hacer referencia a una sola NS, dos NS, o cualquier número de NS y los EL que las conectan. Pares de NSE distintos se conectan por enlaces de central. El término NSE puede utilizarse también para representar el transporte MPLS completo de extremo a extremo. Los NSE están delimitados por MP.

La calidad de funcionamiento de cualquier NSE es mensurable con relación a cualquier trayecto unidireccional conmutado por etiqueta proporcionado por el NSE. Los *MP de ingreso* son el conjunto de MP atravesados por paquetes de un servicio cuando entran en un NSE. Los *MP de egreso* son el conjunto de MP atravesados por paquetes de ese servicio cuando salen de ese NSE.

5.4 Eventos de referencia de transferencia de paquetes (PRE)

En el contexto de esta Recomendación, las siguientes definiciones son aplicables a una red MPLS de extremo a extremo especificada. Los términos definidos se ilustran en la figura 4.



NOTA 1 – Eventos de salida de paquete para los paquetes A y C.
 NOTA 2 – Eventos de entrada de paquete para los paquetes B y D.

Figura 4/Y.1561 – Ejemplo de eventos de referencia de transferencia de paquete

Se produce un evento de transferencia de paquete cuando:

- un paquete atraviesa un punto de medición (MP);
- procedimientos normalizados confirman que el encabezamiento del paquete es válido, por ejemplo, se aplican procedimientos MPLS para validar la etiqueta o etiquetas, u otros procedimientos de encabezamiento que sean apropiados;
- y el paquete forma parte de la FEC de interés, lo que se determina cuando:
 - el valor contenido en la etiqueta es el valor esperado y el TTL no es cero;
 - o (los casos que siguen son aplicables cuando PHP suprime la etiqueta que contiene la identidad del LSP)

- en el caso de un paquete en el flujo de verificación de conectividad (CV) OAM de la Rec. UIT-T Y.1711, la carga útil del paquete contiene el punto de código de tipo de función OAM, la carga útil OAM consistente con el tipo de función, y el campo de identificador de la fuente de terminación de camino contiene el ID de LSP y la dirección IP de la SRC esperada; o
- los campos de dirección de origen y de destino en el encabezamiento de paquete IP representa direcciones IP del SRC y DST esperados (dentro de la FEC). La información en la cabida útil (por ejemplo, insertada por un sistema de medición) puede complementar la información del encabezamiento; o
- en el caso de paquete LSP-PING, el paquete de petición MPLS debe estar bien formado (ser válido) en todas las capas de soporte, incluida la capa UDP y el formato de petición en la cabida útil UDP con la tupla Tipo-Longitud-Valor (TLV) requerida de la pila FEC.

NOTA 1 – La aplicabilidad de mensajes OAM Y.1711 con PHP se especifica en RFC 3429. En resumen, el último nodo que recibe el paquete OAM tiene que ser un LSR MPLS que interprete correctamente la etiqueta y la cabida útil Y.1711. Si el último nodo no tiene medios de consultar o procesar la etiqueta MPLS, la Rec. UIT-T Y.1711 no es aplicable.

NOTA 2 – La etiqueta MPLS contiene 3 bits EXP y el encabezamiento de paquete IP contiene información que incluye el tipo de servicio (ToS) el punto de código de servicios diferenciados (DSCP). Esta información puede afectar la calidad de funcionamiento relativa a la transferencia de paquetes, y hay que especificarla si se utiliza (se fija a un valor diferente del valor por defecto).

Los eventos de referencia de transferencia de paquetes se definen sin tener en cuenta la fragmentación del paquete. Se producen para cada paquete que atraviesa cualquier MP cualquiera que sea el valor contenido en la "bandera más fragmentos ". Si la fragmentación es necesaria, un LSR puede descartar silenciosamente el paquete (como se especifica en RFC 3032).

Se definen cuatro tipos de eventos de transferencia de paquetes:

5.4.1 Evento de entrada de paquete en un nodo

Se produce un evento de entrada de paquete en un nodo cuando un paquete atraviesa un MP y entra en un nodo (nodo de borde LSR o MPLS) y sale del EL asociado.

5.4.2 Evento de salida de paquete de un nodo

Se produce un evento de salida de paquete en un nodo cuando un paquete atraviesa un MP y sale de un nodo (nodo de borde LSR o MPLS) y entra en el EL asociado.

5.4.3 Evento de ingreso de paquete en una sección básica o NSE

Se produce un evento de ingreso de paquete en una sección básica o NSE cuando un paquete atraviesa un MP de ingreso y entra en una sección básica o NSE.

5.4.4 Evento de egreso de paquete de una sección básica o NSE

Se produce un evento de egreso de paquete de una sección básica o NSE cuando un paquete atraviesa un MP de egreso de una sección básica o NSE.

NOTA 1 – Los eventos de entrada y salida de paquete siempre representan, respectivamente, la entrada en un nodo o la salida de un nodo. Los eventos de ingreso y egreso de paquete siempre representan el ingreso en una sección o NSE o el egreso de una sección o NSE. Para precisar esta noción, obsérvese que un ingreso en un EL crea un evento de salida del nodo precedente, en tanto que un ingreso en una NS un evento de entrada porque, por definición, las NS siempre tiene nodos en sus bordes.

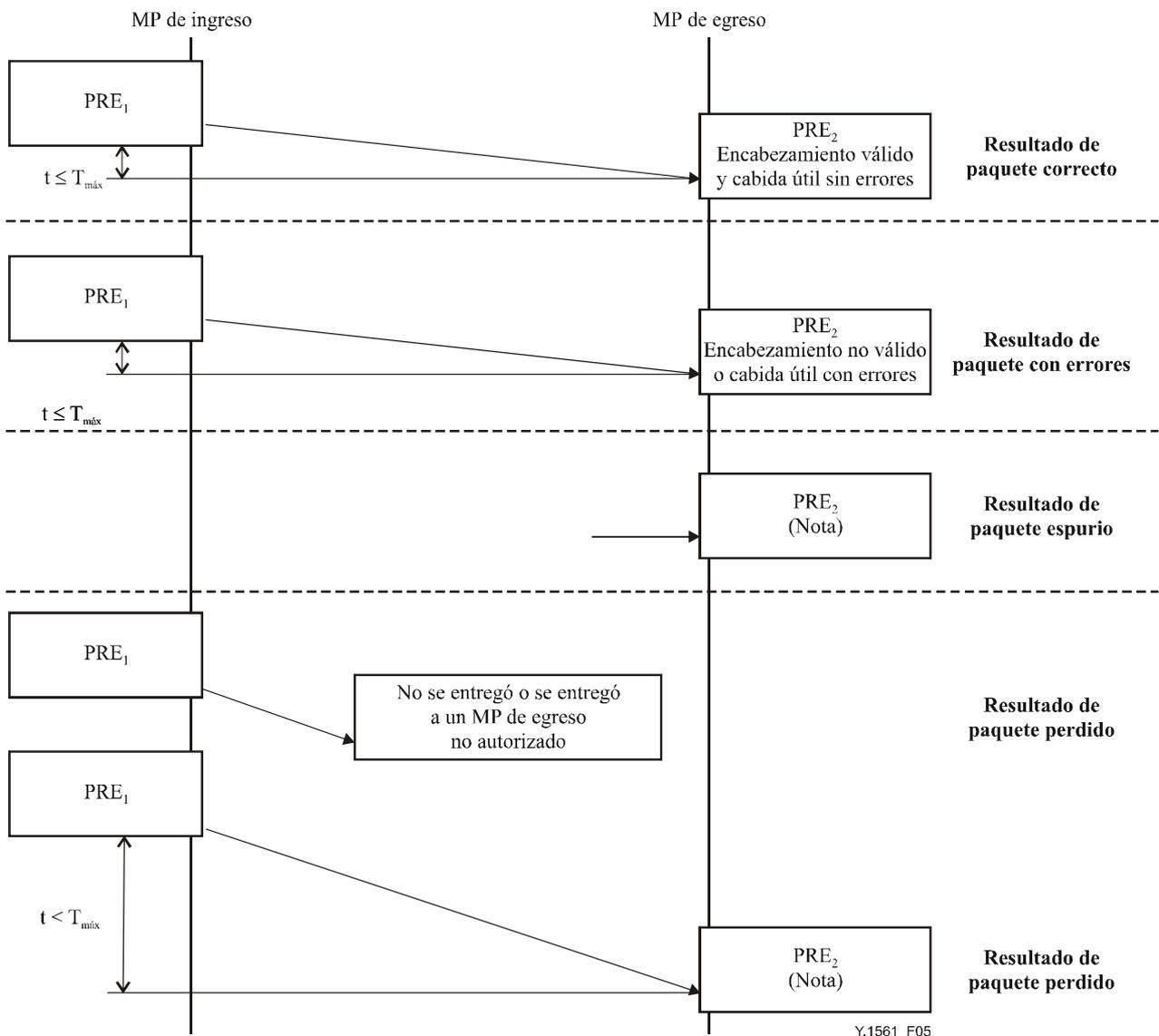
NOTA 2 – A los efectos de mediciones en la práctica, los eventos de referencia de transferencia de paquetes no es necesario observarlos dentro de la pila de protocolos del nodo. En cambio, el instante de aparición de estos eventos de referencia puede determinarse aproximadamente observando los paquetes que atraviesan una interfaz física asociada. Sin embargo, esta interfaz física debe estar lo más cerca posible del MP deseado.

Cuando los eventos de referencia son supercísados en una interfaz física, el instante de aparición de un evento de salida de un anfitrión se determina aproximadamente observando el primer bit del paquete que sale del anfitrión o equipo de prueba. El instante de aparición de un evento de entrada in un anfitrión se determina aproximadamente observando el último bit del paquete que entra en el anfitrión o equipo de prueba.

5.5 Resultados de la transferencia de paquetes

Atendiendo a los eventos de referencia de transferencia de paquetes puede definirse cierto número de resultados posibles de la transferencia de un paquete destinado a atravesar una sección básica o un NSE. Un paquete que ha sido transmitido *se transfiere con éxito*, o *se transfiere con errores*, o *se pierde*. Un paquete que ha sido entregado y no corresponda a ningún paquete ofrecido se conoce por un paquete *espurio*. La figura 5 ilustra los resultados de la transferencia de paquetes.

Las definiciones de los resultados de la transferencia de paquetes se basan en los conceptos de *MP de ingreso permisible*, *MP de egreso permisible* y *paquetes correspondientes*.



NOTA – El resultado es independiente del contenido del paquete.

Figura 5/Y.1561 – Resultados de la transferencia de paquetes

5.5.1 Información de encaminamiento global y enlaces de salida permisibles

Todos los paquetes (y fragmentos de paquetes) que salen de una sección básica sólo deben reenviarse a otras secciones básicas tal como lo *permite* la información de encaminamiento global disponible.

A los efectos de la calidad de funcionamiento, el transporte de un paquete IP por un NSE sólo se considera exitoso cuando el NSE reenvía el contenido íntegro del paquete a otras secciones básicas según lo permita la información de encaminamiento global disponible en ese momento. Si la dirección de destino corresponde a un anfitrión conectado directamente al NSE en cuestión, la única acción de salida exitosa permitida es el reenvío del paquete al anfitrión de destino.

NOTA – Los procedimientos de protocolo de encaminamiento incluyen la actualización de la información de encaminamiento global. Una NS que era permisible puede haber dejado de serlo después de una actualización de la información de encaminamiento compartida entre las NS. Por otro lado, una NS que no era permisible puede haberse vuelto permisible después de una actualización de la información de encaminamiento global.

En un instante dado, y con relación a una red MPLS de extremo a extremo y una sección básica o NSE determinados:

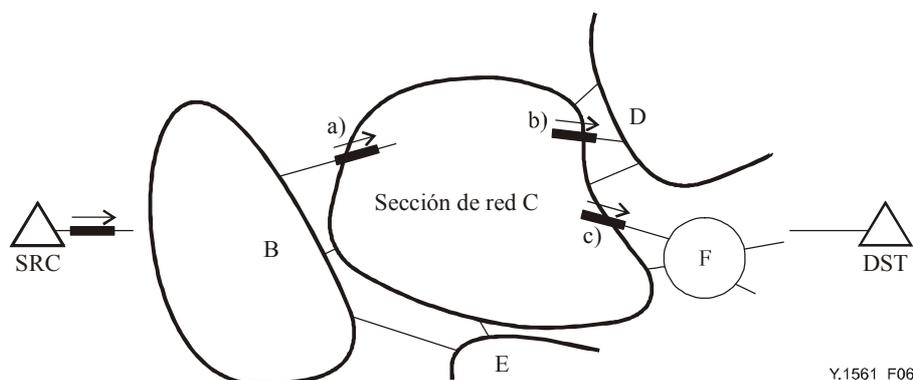
- un MP de ingreso es un *MP de ingreso permisible* si el paso por este MP para entrar en la sección básica o NSE está permitido por la información de encaminamiento global;
- un MP de egreso es un *MP de egreso permisible* si el paso por este MP conduce a otra sección básica que está permitida por la información de encaminamiento global.

5.5.2 Eventos correspondientes

Para el análisis de la calidad de funcionamiento es necesario asociar los paquetes que atraviesan un MP con los que atravesaron un MP distinto MP. Encaminamiento sin conexión significa que un paquete puede salir de una sección básica por cualquiera de los (posiblemente) varios MP de egreso permisibles. Fragmentación de paquete significa que un paquete que entra en una sección básica puede salir descompuesto en fragmentos y posiblemente entrar en varias otras secciones básicas diferentes. Por último, el encaminamiento sin conexión puede incluso enviar un paquete o fragmento en retorno a una sección básica que ya ha atravesado (posiblemente como consecuencia de una actualización de las tablas de encaminamiento).

Se dice que un evento de egreso *corresponde* a un anterior evento de ingreso si ambos fueron creados en el "mismo" paquete. Este concepto se aplica tanto si el paquete en el MP de egreso está completo, como si se trata de un fragmento del paquete original. La figura 6 ilustra un caso en el que un paquete entra en la NS C desde NS B y es dividido en dos fragmentos en NS C. Uno de los fragmentos se envía a NS D y el otro a NS F. Estos dos eventos de egreso *corresponden* a un solo evento de ingreso. Para evitar confusiones cuando unos paquetes vuelven a entrar en el NSE, este concepto de *correspondencia* requiere también que esta sea la primera vez (desde su ingreso) que este contenido dado ha salido del NSE.

Para determinar en cada caso si los eventos de referencia son o no correspondientes se atiende generalmente a distintos aspectos concretos tales como las direcciones, la información de encaminamiento global, el campo de identificación del paquete, y otras informaciones contenidas en el encabezamiento y en el propio paquete (por ejemplo, la capa LSP-PING UDP y el formato de petición en la cabida útil UDP con la tupla TLV de la pila FEC Stack TLV, o la cabida útil de CV de la Rec. UIT-T Y.1711).



Un paquete que parte de SRC y se dirige a DST entra en la sección de red C, ocasiona un evento de ingreso, es fragmentado, y ocasiona dos eventos de egreso correspondientes, b) y c).

Figura 6/Y.1561 – Eventos correspondientes cuando se produce una fragmentación

5.5.3 Notas sobre las definiciones de resultados de paquete exitoso, con errores, perdido y espurio

Las definiciones de los distintos resultados de los paquetes se basan en la observación de eventos de referencia de paquetes en puntos de medición MPLS. Seleccionando los puntos de medición adecuados, cada definición puede utilizarse para evaluar la calidad de funcionamiento de un determinado EL, una determinada NS, un determinado NSE, y las definiciones pueden así aplicarse a la calidad de funcionamiento de redes de extremo a extremo.

Los resultados se definen sin que estén condicionados a un tipo dado de paquete (EXP, ToS, DSCP, protocolo, etc.). La calidad de funcionamiento de la red MPLS será diferente para cada tipo de paquete.

En cada definición, la posibilidad de fragmentación de los paquetes se tiene en cuenta incluyendo la posibilidad de que un solo evento de referencia de paquete pueda ocasionar varios eventos subsiguientes. Obsérvese que si se pierde cualquier segmento de un paquete se considera que se ha perdido el paquete completo original. Si no se pierde ningún fragmento pero uno más fragmentos contienen errores se considera que el paquete completo original contiene. Para que la entrega del paquete original se considere exitosa, cada fragmento tiene que haberse entregado con éxito a uno de los EL de salida permisibles.

5.5.4 Resultado de transferencia de paquete exitoso

Se produce un resultado de transferencia de paquete exitoso cuando un solo evento de transferencia de paquete en un MP de ingreso permisible, MP_0 , ocasiona uno o más eventos de referencia correspondientes en uno o más MP de egreso, MP_i , todos los cuales se producen dentro de un período de tiempo, $T_{m\acute{a}x}$, especificado a partir del evento de ingreso original; y:

- 1) todos los MP_i de egreso en que se produjeron los eventos de referencia son permisibles; y
- 2) El contenido completo del paquete original observado en el MP_0 está incluido el paquete o los paquetes entregados; y
- 3) el contenido binario del (de los) campo(s) de información del paquete entregado es exactamente conforme con el del paquete original, y
- 4) el (los) campo(s) del encabezamiento de (de los) paquete(s) entregado(s) es (son) válido(s).

NOTA – El valor de $T_{m\acute{a}x}$ se ha fijado provisionalmente en 3 segundos. Algunos trayectos de extremo a extremo globales pueden requerir un mayor valor de $T_{m\acute{a}x}$. El valor de 3 segundos se ha utilizado en la práctica.

5.5.5 Resultado de paquete con errores

Se produce un resultado de paquete con errores cuando un solo evento de transferencia de paquete en un MP_0 de ingreso permisible ocasiona uno (o más) eventos de referencia correspondientes en uno o más MP_i de egreso, todos ellos dentro de un tiempo $T_{m\acute{a}x}$ a partir del evento de referencia original y:

- 1) todos los MP_i de egreso donde se produjeron los correspondientes eventos de referencia son permisibles; y
- 2) el contenido completo del paquete original observado en MP_0 está incluido en el (los) paquete(s) entregado(s); y
- 3) o bien:
 - el contenido binario del (de los) campo(s) de información del paquete entregado no son exactamente conformes con el del paquete original; o
 - uno o más de los campos de la etiqueta o el encabezamiento de (de los) paquetes entregado(s) está(n) corrompidos.

NOTA – La mayor parte de los paquetes con etiquetas erróneas serán descartados o redireccionados por otros procedimientos de la capa MPLS (por ejemplo, basados en que el valor de la etiqueta o de otros campos está corrompido). Cuando proceda, los paquetes con encabezamiento IP que no hayan sido detectados por la suma de control del encabezamiento en la capa IP serán descartados o redireccionados por otros procedimientos de la capa IP. Como resultado esto, no se producen eventos de referencia para los protocolos de capa superior que esperan recibir este paquete. Al no haber evento de referencia, estos intentos de transferencia de paquete se clasificarán con resultados de paquete perdido. Las etiquetas o encabezamiento con errores que no den lugar a descartes o direccionamientos incorrectos se clasificarán con resultados de paquetes con errores.

5.5.6 Resultado de paquete perdido

La definición de un resultado de paquete perdido se declara en una definición de *paquete mal direccionado*.

Se produce un paquete mal redireccionado cuando un solo evento de transferencia de paquete en un MP_0 de ingreso permisible ocasiona uno o más eventos de referencia en uno o más MP_i , de egreso, todos ellos dentro de un tiempo $T_{m\acute{a}x}$ especificado con respecto al evento de referencia original reference event y:

- 1) el contenido completo del paquete original observado en MP_0 está incluido en el (los) paquete(s) entregado(s); pero
- 2) uno o más de los MP_i de egreso donde se produjeron los correspondientes eventos de referencia no son MP de egreso permisibles.

Se produce un resultado de paquete perdido cuando un solo evento de transferencia de paquete en un MP_0 de ingreso permisible ocasiona un resultado de paquete mal direccionado o cuando el contenido total o parcial de ese paquete no ocasiona un evento de transferencia de paquete en ningún MP de egreso dentro del tiempo $T_{m\acute{a}x}$.

5.5.7 Resultado de paquete espurio

Se produce un resultado de paquete espurio para una sesión básica, un NSE, de extremo a extremo, cuando un solo paquete produce un evento de egreso para el cual no existe un evento de ingreso correspondiente.

5.5.8 Resultado de graves pérdidas de bloques de paquetes

Se produce un resultado de graves pérdidas de bloques de paquetes (SLB, *severe loss block*) con respecto a un bloque de paquetes observados durante un intervalo de tiempo T_{lb} en un MP_0 de

ingreso cuando la razón de los paquetes perdidos en MP_i de egreso al número total de paquetes en el bloque es superior a $s1$.

El valor de intervalo de tiempo T_{lb} se ha fijado provisionalmente en 1 segundo. El valor de umbral $s1$ se ha fijado provisionalmente en 0,15. Las evaluaciones de los bloques (respectivamente, de los intervalos de tiempo) sucesivos no deben superponerse unas a otras.

NOTA – Los valores son susceptibles a cambios basados en futuros estudios y en la experiencia. Los actuales valores de T_{lb} y $s1$ permiten captar eventos de red que pueden afectar el funcionamiento de aplicaciones sensibles a la conectividad. Por ejemplo, la degradación de aplicaciones de vídeo y audio pueden estar estrechamente correlacionadas el resultado de SLB aquí definido.

El número mínimo de paquetes que deben utilizarse en la evaluación del resultado de graves pérdidas de bloques de paquetes es M_{lb} , y estos paquetes deben estar distribuidos en un intervalo de tiempo T_{lb} . El valor de M_{lb} queda en estudio.

5.5.9 Resultado de SLB consecutivos

Cuando las condiciones requeridas para un resultado de graves pérdidas de bloques de paquetes (SLB) se cumplen en intervalos de tiempo T_{lb} sucesivos (sin superposiciones) en el MP_0 de ingreso, se produce un resultado de SLB consecutivos.

6 Parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes

Esta cláusula define un conjunto de parámetros de calidad de funcionamiento de la transferencia de paquetes utilizando los resultados de transferencia de paquetes definidos en 5.5. Para determinar los valores de estos parámetros pueden realizarse estimaciones mediante observaciones realizadas en el MP a que se conecta el equipo de prueba en la sección básica o el NSE.

6.1 Poblaciones de interés

La mayor parte de los parámetros de calidad de funcionamiento se definen para conjuntos de paquetes llamados *poblaciones de interés*. En el *caso extremo a extremo*, la población de interés suele ser el conjunto completo de paquetes que atraviesan el trayecto conmutado por etiquetas. Los puntos de medición en el caso extremo a extremo son el MP en el (los) nodos de egreso MPLS donde los paquetes entran en el LSP y el nodo de egreso MPLS donde los paquetes salen del LSP.

Para una sección básica o NSE y en relación con un LSP dado, población de interés en un determinado MP de ingreso permisible es el conjunto de paquetes que atraviesan el LSP y que son encaminados hacia la sección básica o NSE a través de ese MP específico. Esto se llama el *caso de ingreso específico*, y se aplica a cualquier LSP punto a punto, como los creados para proporcionar los LSP MPLS-TE/RSVP-TE.

El total de la población de interés para una sección básica o NSE en relación con un LSP dado es el conjunto completo de paquetes que atraviesan el LSP y que entran en la sección o NSE a través de cualquiera de sus MP de ingreso permisibles. Esto se llama el *caso de ingreso independiente*, y no se aplica con MPLS-TE punto a punto. Esta población se presta más a la caracterización de la topología LSP multipunto a punto.

Cada uno de estos parámetros de calidad de funcionamiento se define sin hacer referencia a un determinado tipo de paquete (EXP, ToS, DSCP, protocolo, etc.) La calidad de funcionamiento será diferente según el tipo de paquete y todo enunciado relativo a la calidad de funcionamiento medida debe incluir información sobre el tipo o los tipos de paquetes que se incluyeron en la población.

6.2 Retardo de transferencia de paquete (PTD, *packet transfer delay*)

El retardo de transferencia de paquete se define para todos los resultados de paquetes transferidos con éxito o con errores a través de una sección básica o un NSE. PTD es el tiempo ($t_2 - t_1$) que transcurre entre los instantes en que se producen dos eventos de transferencia de paquete

correspondientes, el evento de ingreso PRE_1 en el instante t_1 y el evento de egreso PRE_2 en el instante t_2 , donde $(t_2 > t_1)$ y $(t_2 - t_1) \leq T_{\max}$. Si el paquete se fragmenta dentro de, t_2 es el instante en que se produce el evento de egreso correspondiente final. El retardo de transferencia de paquete de extremo a extremo es el retardo en un solo sentido de transmisión entre el MP en los extremos opuestos del LSP como se ilustra en la figura 7.

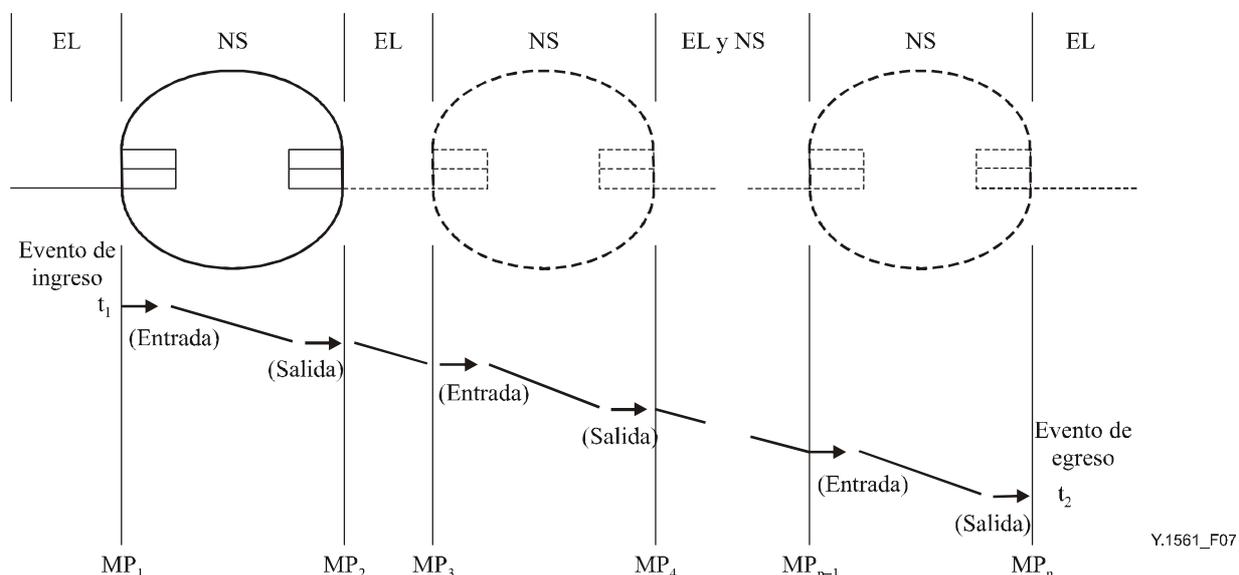


Figura 7/Y.1561 – Eventos de retardo de transferencia de paquete (representa la transferencia de un solo paquete a través de un LSP, de extremo a extremo)

6.2.1 Retardo medio de transferencia de paquete

El retardo medio de transferencia de paquete es la media aritmética de los retardos de transferencia de paquete para una población de interés.

6.2.2 Variación del retardo de paquete de extremo a extremo entre dos puntos

Las variaciones del retardo de paquete son también importantes. Las aplicaciones basadas en flujos continuos pudieran utilizar información sobre la gama total de variación del retardo para evitar el desbordamiento y la subutilización de las memorias tampón. Las variaciones del retardo de transferencia de paquete provocarán un aumento de los umbrales del temporizador de retransmisión TCP y puede también provocar demoras en las retransmisiones de paquetes o retransmisiones innecesarias de los mismos.

Las variaciones del retardo de transferencia de extremo a extremo entre dos puntos se definen en base a observaciones de llegadas correspondientes de paquetes a MP de ingreso y de egreso (por ejemplo MP_{DST} , MP_{SRC}). Estas observaciones caracterizan la variabilidad del patrón de eventos de referencia de llegada de paquetes en el MP de ingreso.

La variación del retardo de paquete entre dos puntos (v_k) para un paquete k entre SRC y DST es la diferencia entre el retardo de transferencia de paquete absoluto (x_k) del paquete y un retardo de transferencia de paquete de referencia definido, $d_{1,2}$, entre esos dos mismos MP (véase la figura 8): $v_k = x_k - d_{1,2}$.

El retardo de transferencia de paquete de referencia, $d_{1,2}$, es el retardo de transferencia de paquete absoluto experimentado por el primer paquete entre esos dos MP (en este ejemplo se permiten otros retardos de referencia).

Valores positivos del PDV entre dos puntos corresponden a retardos de transferencia de paquete mayores que los experimentados por el paquete de referencia; valores negativos del PDV entre dos

puntos corresponden a retardos de transferencia de paquete menores que los experimentados por el paquete de referencia. La distribución de las PDV entre dos puntos es idéntica a la distribución de retardos de transferencia de paquete absolutos desplazada por un valor constante igual a $d_{1,2}$.

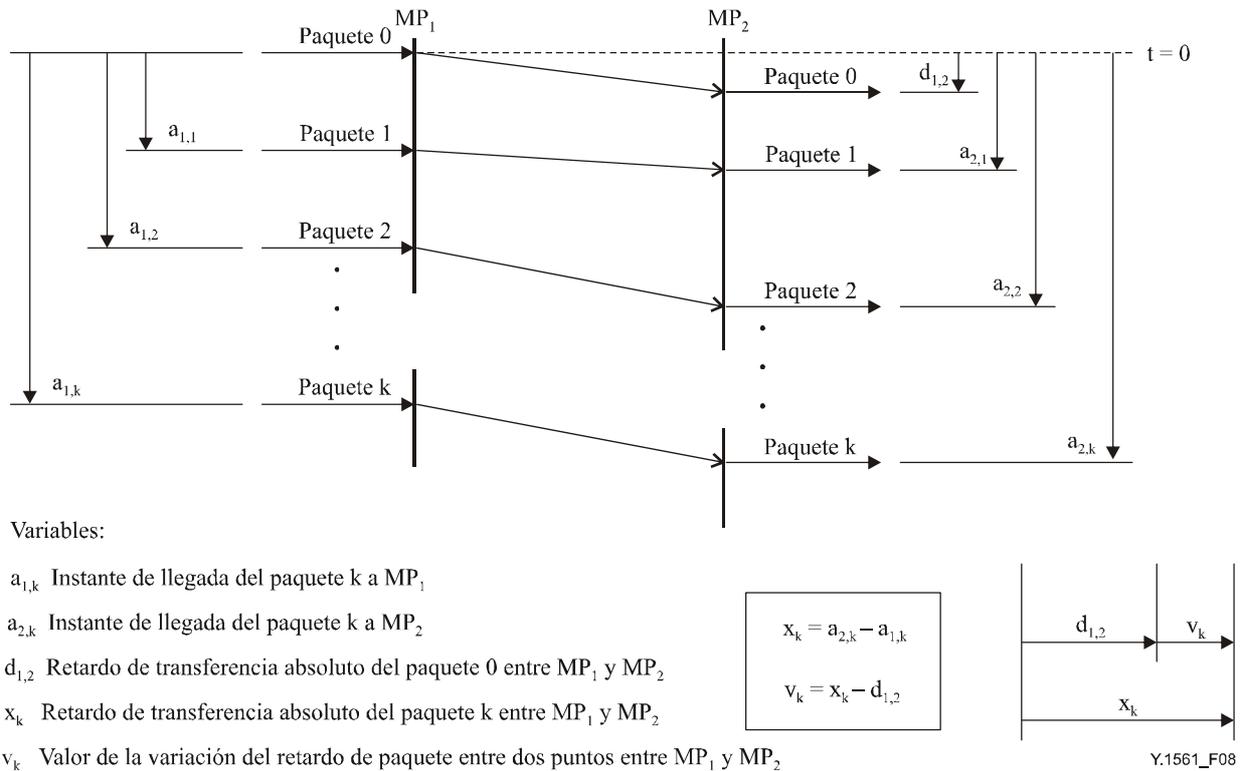


Figura 8/Y.1561 – Variación del retardo de paquete entre dos puntos

6.2.2.1 Utilización del retardo máximo o del retardo medio como base para la variación del retardo

Como se muestra en la figura 8, la variación del retardo de un solo paquete se define naturalmente como la diferencia entre el retardo real experimentado por el paquete y el retardo nominal (esperado). Una alternativa a la utilización del retardo del primer paquete como el retardo nominal es utilizar el retardo medio de la población de paquetes como el retardo nominal. Esto tiene el efecto de centrar la distribución de los valores de variación del retardo en cero (cuando la distribución es simétrica).

Para simplificar el análisis de la gama de variación del retardo se toma como referencia el retardo del paquete con retardo mínimo, y esta es una alternativa reconocida.

6.2.2.2 Límites a la variación del retardo de paquete basados en intervalo

Un método para resumir la variación del retardo de paquete experimentado por una población de paquetes consiste en especificar previamente un intervalo de variación del retardo, por ejemplo ± 30 milisegundos, y observar el porcentaje de las variaciones del retardo de paquete que caen dentro y fuera de ese intervalo. Si se utilizara el intervalo de ± 30 milisegundos, una aplicación con memorias de tamaño fijo de unos 60 milisegundos sabría entonces, aproximadamente, cuántos paquetes provocarían el desbordamiento o la subutilización de las memorias tampón.

NOTA – Si se utiliza este método para resumir la variación del retardo de paquete, la variante de retardo de paquetes aislados debe calcularse utilizando la definición (en la que se utiliza como nominal el retardo medio) en 6.2.2.1, en lugar de la definición de 6.2.2. Cuando se utiliza la definición de 6.2.2, el intervalo preseleccionado (por ejemplo ± 30 milisegundos) podría ocasionalmente centrarse en un valor insólitamente grande o pequeño.

Un objetivo para la variación del retardo de paquete podía establecerse eligiendo un límite inferior para el porcentaje de variaciones aisladas del retardo de paquete que caen dentro de un intervalo previamente especificado, utilizando el retardo mínimo como nominal. Por ejemplo, " $\geq 95\%$ de las variaciones del retardo de paquete deben caer dentro del intervalo [0 ms, +30 ms]".

6.2.2.3 Límites de la variación del retardo de paquete basado en cuantiles

Una alternativa para resumir la variación del retardo de una población de paquetes consiste en seleccionar un cuantil superior y un cuantil inferior de la distribución de la variación del retardo y medir la distancia entre esos cuantiles. Por ejemplo, selecciona 99,9% como cuantil superior y 0,1 como cuantil inferior, se hacen mediciones, y se observa la diferencia los valores de variación del retardo en esos dos cuantiles. Este ejemplo ayudaría a los diseñadores de aplicaciones a realizar diseños en los cuales el desbordamiento y la subutilización de las memorias tampón no es superior al 1% de la capacidad total.

Un objetivo para la variación del retardo de paquete podría establecerse eligiendo un límite superior para la diferencia entre cuantiles previamente especificados de la distribución de la variación del retardo. Por ejemplo, "La diferencia entre el cuantil 99,1% y el cuantil 0,1% de la variación del retardo de paquete no debe ser mayor que 100 milisegundos".

6.2.2.4 Parámetros secundarios para la variación del retardo de paquete

Puede ser útil disponer de uno o más parámetros que capten el efecto de las variaciones del retardo de paquete sobre diferentes aplicaciones. Puede ser conveniente diferenciar las variaciones del retardo de paquete a paquete (que suelen ser pequeñas) de las discontinuidades en el retardo que pueden producirse por un cambio de encaminamiento, que pueden ser más grandes. En el apéndice II/Y.1540 se describen parámetros adicionales de la variación del retardo.

6.2.3 Retardo de transferencia de paquete de ida y vuelta

El retardo de transferencia de paquete de ida y vuelta (RTPTD, *round trip packet transfer delay*) se define como la suma de los retardos en un solo sentido de transmisión (PTD) para dos LSP. El par de LSP tiene que existir entre dos MP en los extremos opuestos de una sección básica o NSE.

Puesto que el PTD es el tiempo, ($t_2 - t_1$), que transcurre entre los instantes en que se producen dos eventos de referencia de paquete correspondientes, el RTPTD sólo incluye el tiempo de transferencia de paquete en cada sentido de transmisión. El tiempo requerido para generar o regenerar un paquete no puede incluirse. En la práctica, para solucionar esta cuestión se han añadido múltiples indicaciones de tiempo en paquetes de prueba (véase, por ejemplo, el formato de petición/respuesta de indicación de tiempo en RFC 792).

6.3 Tasa de errores de paquete (PER, *packet error ratio*)

La tasa de errores de paquete es la razón del número total de resultados de paquete con errores a la suma del número de resultados de transferencia de paquete exitosa más el número de resultados de paquete con errores, en una población de interés.

6.4 Tasa de pérdida de paquetes (PLR, *packet loss ratio*)

La tasa de pérdida de paquetes es la razón del número total de resultados de paquete perdido al número total de paquetes transmitidos, en una población de interés.

6.5 Velocidad de aparición de paquetes espurios (SPR, *spurious packet rate*)

La velocidad de aparición de paquetes espurios en un MP de egreso es el número total de paquetes espurios observados en el MP de egreso durante un intervalo de tiempo especificado dividido por la duración del intervalo e tiempo (equivale al número de paquetes espurios por segundo de servicio).¹

6.6 Tasa de graves pérdidas de bloques de paquetes (PSLBR, *packet severe loss block ratio*)

La tasa de graves pérdidas de bloques de paquetes es la razón del número de resultados de graves pérdidas de bloques de paquetes al número total de bloques de paquetes en una población de interés.

NOTA – Este parámetro puede identificar cambios del trayecto debidos a actualizaciones de encaminamientos incorrectos, puede causar degradaciones en aplicaciones de los usuarios.

6.7 Tiempo de recuperación

La cuenta de intervalos de tiempo T_{lb} sucesivos que forma un resultado de SLB consecutivos en MP_0 de ingreso se define como el tiempo de recuperación.

NOTA – Como su nombre lo implica, este parámetro tiende a captar toda forma de evento transitorio que interrumpe la transferencia de paquetes en un LSP durante más de un segundo. Tales eventos pueden producirse cuando mecanismos de recuperación "rápida" no restablecen la conectividad con una tasa de pérdidas suficientemente baja.

7 Disponibilidad

La disponibilidad del servicio MPLS es aplicable al servicio de extremo a extremo, secciones básicas y NSE.

La función de disponibilidad (definida más adelante) sirve para clasificar el tiempo total de servicio calendarizado para un servicio MPLS en periodos disponibles y no disponibles (o indisponibles). Sobre la base de esta clasificación se definen la disponibilidad porcentual de la MPLS y la indisponibilidad porcentual de la MPLS. Por último, sobre la base de un modelo de servicio MPLS con dos estados, se definen parámetros de disponibilidad conexos.

NOTA – A menos que el proveedor de servicio indique otra cosa, se supone que el tiempo de servicio calendarizado para el servicio MPLS es 24 horas al día, siete días a la semana.

Esta función del servicio evalúa la disponibilidad para las siguientes utilizaciones:

- Servicios de transferencia de paquetes con conexión.
- Aplicaciones en tiempo real basadas en flujo continuo, como voz y vídeo.
- Servicios interactivos de gran volumen basados en paquetes, en los que una suspensión de la transferencia de paquetes puede hacer que el equipo del cliente intente el restablecimiento utilizando redes alternas.

Se ha observado que, incluso en las redes de transferencia de paquetes sin conexión, una fracción del tráfico total puede ser tráfico con conexión. Por tanto, se ha definido una sola función de disponibilidad.

7.1 Función de disponibilidad para servicios con conexión

Los servicios con conexión requieren una mayor continuidad de la transferencia de paquetes que otros servicios de paquetes. Se ha definido un resultado de graves pérdidas de bloques de paquetes

¹ Puesto que cabe esperar que los mecanismos que causan paquetes espurios no tendrán gran influencia en el número de paquetes transmitidos a través de las secciones sometidas a prueba, este parámetro de calidad de funcionamiento no se expresa como una tasa, sino sólo como una velocidad de aparición.

(SLB, *severe loss block*) donde el valor del intervalo de tiempo T_{lb} se ha fijado (provisionalmente) en 1 segundo, y el valor del umbral de pérdida s_1 se ha fijado provisionalmente en 0,15. En la evaluación de bloques (intervalos de tiempo) sucesivos no debe haber superposiciones.

Con relación a un determinado par de nodo de ingreso y egreso MPLS, la disponibilidad de *una sección básica o un NSE en el caso de ingreso específico*, se evalúa de la manera siguiente:

La indisponibilidad comienza cuando se producen diez SLB consecutivos. Estos diez segundos forman parte del tiempo indisponible. Un periodo de indisponibilidad termina cuando transcurren diez segundos consecutivos, ninguno de los cuales es SLB. Estos diez segundos forman parte del tiempo disponible. Los criterios de diez segundos son soportados mediante una ventana deslizante con una granularidad de un segundo.

7.2 Parámetros de disponibilidad

7.2.1 Porcentaje de indisponibilidad del servicio MPLS (PIU, *percent MPLS service unavailability*)

Porcentaje del total de tiempo de servicio calendarizado que se caracteriza como indisponible mediante la función de disponibilidad de la MPLS.

7.2.2 Porcentaje de disponibilidad del servicio MPLS (PIA, *percent MPLS service availability*)

Porcentaje del total de tiempo de servicio calendarizado que se caracteriza como disponible mediante la función de disponibilidad de la MPLS.

$$PIU = 100 - PIA$$

NOTA – Dado que, típicamente, la PLR aumenta cuando aumenta la carga ofrecida de SRC a DST, la probabilidad de que se rebase el umbral s_1 aumenta cuando aumenta la carga ofrecida. Por tanto, es probable que los valores PIA sean menores cuando aumente la demanda de capacidad entre SRC y DST.

8 Seguridad

Esta Recomendación no especifica un protocolo. En consecuencia, hay pocos aspectos en los que puedan plantearse cuestiones de seguridad y todos se relacionan con la implementación de parámetros de calidad de funcionamiento en sistemas de medición.

Los sistemas de medición que evalúan la calidad de funcionamiento de las redes de acuerdo con los parámetros definidos en esta Recomendación deben limitar el tráfico de medición a niveles adecuados para evitar el uso abusivo (por ejemplo, ataque por denegación de servicio).

Los sistemas que supervisan tráfico de usuario con fines de medición tienen que mantener la confidencialidad de la información de usuario.

Los sistemas que tratan de efectuar mediciones pueden emplear técnicas (por ejemplo, troceado criptográfico) para determinar si un atacante, que aparenta formar parte de la población de interés, ha insertado tráfico adicional.

BIBLIOGRAFÍA

- IETF RFC 792: Internet Control Message Protocol, *J. Postel*, septiembre de 1981.
- Detecting MPLS Data Plane Failures, *Trabajo del IETF en curso*.

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, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación