



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.1711

(02/2004)

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

Aspectos del protocolo Internet – Operaciones,
administración y mantenimiento

**Mecanismo de operación y administración
para redes con conmutación por etiquetas
multiprotocolo**

Recomendación UIT-T Y.1711

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.1711

Mecanismo de operación y administración para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo

Resumen

Esta Recomendación proporciona mecanismos para la funcionalidad de operación y mantenimiento (OAM) en el plano de usuario de redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo conforme a los requisitos y principios expuestos en la Rec. UIT-T Y.1710. Su principal objetivo es soportar trayectos conmutados por etiquetas (LSP) punto a punto y multipunto a punto con encaminamiento explícito (ER-LSP), con una aplicabilidad limitada para los LSP que recurren a la utilización del penúltimo salto (PHP).

Los mecanismos OAM definidos en la presente Recomendación asumen el envío común de la cabida útil de los LSP y las unidades de datos de protocolo (PDU) de Y.1711. Sin embargo, esto puede no ser cierto, por ejemplo cuando la cabida útil de los LSP está equilibrada en diversos trayectos paralelos, aunque siga manteniendo la apariencia de un único camino entre el ingreso y el egreso. Los LSR que introducen variaciones en la conectividad deben garantizar la preservación de la disponibilidad de Y.1711 en cada par ingreso egreso.

Orígenes

La Recomendación UIT-T Y.1711 fue aprobada el 12 de febrero 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 2004

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

ÍNDICE

		Página
1	Alcance	1
2	Referencias	1
	2.1 Referencias normativas	1
	2.2 Referencias informativas	2
3	Definiciones.....	2
4	Símbolos y abreviaturas.....	3
5	Introducción.....	4
	5.1 Resumen de la funcionalidad.....	6
	5.2 Identificación de los paquetes OAM del tráfico normal del plano de usuario	7
	5.3 Cabida útil de OAM	7
	5.4 Tratamiento de los paquetes OAM con error	7
	5.5 Consideraciones coste/riesgo del diseño	7
	5.6 Consideraciones sobre la compatibilidad con sistemas anteriores	8
6	Mecanismos OAM.....	8
	6.1 Características comunes a todos los paquetes OAM.....	8
	6.2 Verificación de la conectividad (CV).....	10
	6.3 Detección rápida de fallos (FFD, <i>fast failure detection</i>)	10
	6.4 Indicación de defecto hacia adelante (FDI, <i>forward defect indication</i>)	11
	6.5 Indicación de defecto hacia atrás (BDI, <i>backward defect indication</i>).....	12
	6.6 Mecanismos OAM de diagnóstico por demanda.....	13
	6.7 Puntos de código del tipo de defecto	13
	6.8 Criterios de entrada/salida de tipo de defecto y acciones subsiguientes	15
7	Procesamiento del estado de disponibilidad e indisponibilidad	17
	7.1 Interrupciones breves.....	18
	7.2 Definición del estado de disponibilidad/indisponibilidad	19
	7.3 Mediciones de disponibilidad de extremo cercano y de extremo lejano.....	19
	7.4 Diagrama del procesamiento del estado del extremo cercano.....	20
	7.5 Diagrama del procesamiento del estado del extremo lejano	23
	7.6 Representación gráfica del procesamiento del extremo cercano y del extremo lejano correspondientes a los eventos de interrupción breve e indisponibilidad	26
8	Aspectos de seguridad	26
	Apéndice I – Origen de CV y procesamiento en destino	28
	Apéndice II – Indexación de la máquina de estados de disponibilidad del LSP (ASM, <i>availability state machine</i>).....	29
	Apéndice III – Los distintos defectos posibles con la opción FFD OAM	30
	BIBLIOGRAFÍA	31

Recomendación UIT-T Y.1711

Mecanismo de operación y administración para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo

1 Alcance

Esta Recomendación proporciona mecanismos para la funcionalidad de operación y mantenimiento (OAM, *operation and maintenance*) en el plano de usuario de redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo conforme a los requisitos y principios expuestos en la Rec. UIT-T Y.1710. Su principal objetivo es soportar trayectos conmutados por etiquetas (LSP) punto a punto y multipunto a punto con encaminamiento explícito (ER-LSP), con una aplicabilidad limitada para los LSP que recurren a la utilización del penúltimo salto (PHP).

Los mecanismos OAM definidos en la presente Recomendación asumen el envío común de la cabida útil de los LSP y las unidades de datos de protocolo (PDU) de Y.1711. Sin embargo, esto puede no ser cierto, por ejemplo cuando la cabida útil de los LSP está equilibrada en diversos trayectos paralelos, aunque siga manteniendo la apariencia de un único camino entre el ingreso y el egreso. Los LSR que introducen variaciones en la conectividad deben garantizar la preservación de la disponibilidad de Y.1711 en cada par ingreso egreso.

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.

2.1 Referencias normativas

- [1] Recomendación UIT-T I.610 (1999), *Principios y funciones de operaciones y mantenimiento de la RDSI-BA*.
- [2] Recomendación UIT-T G.805 (2000), *Arquitectura funcional genérica de las redes de transporte*.
- [3] Recomendación UIT-T M.20 (1992), *Filosofía de mantenimiento de las redes de telecomunicaciones*.
- [4] Recomendación UIT-T Y.1710 (2002), *Requisitos de la funcionalidad operación, administración y mantenimiento para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo*.
- [5] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture. Category: Standards Track*.
- [6] IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding. Category: Standards Track*.
- [7] IETF RFC 2373 (1998), *IP Version 6 Addressing Architecture. Category: Standards Track*.
- [8] IETF RFC 3270 (2002), *Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services. Category: Standards Track*.

- [9] IETF RFC 3209 (2001), *RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels*. Category: Standards Track.
- [10] IETF RFC 3212 (2002), *Constraint-Based LSP Setup using LDP*. Category: Standards Track.
- [11] IETF RFC 3429 (2002), *Assignment of the 'OAM Alert Label' for Multiprotocol Label Switching Architecture (MPLS) Operation and Maintenance (OAM) Functions*.
- [12] Recomendación UIT-T Y.1712 (2004), *Funcionalidad para el interfuncionamiento de redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo y modo de transferencia asíncrono*.

2.2 Referencias informativas

- [13] IETF RFC 1930 (1996), *Guidelines for creation, selection and registration of an Autonomous System (AS)*.

3 Definiciones

Esta Recomendación introduce nueva terminología, necesaria para la exposición de los componentes funcionales de la red asociados a OAM. Estas definiciones son coherentes con la terminología G.805.

3.1 sentido hacia atrás: El sentido hacia atrás es el opuesto al sentido hacia adelante.

3.2 cliente/servidor (relación entre redes de capas): [2] Término que alude al transporte transparente de una conexión del enlace de la capa cliente (es decir, de la superior) por parte de un camino de red de la capa servidor (es decir, de la inferior).

3.3 defecto: [3] Interrupción de la capacidad que tiene una entidad de transporte (por ejemplo una conexión de red) de transferir información del usuario o de OAM. Esta Recomendación define siete tipos de defectos (cuyas especificaciones detalladas se exponen más adelante en este texto):

- **dLOCV:** Defecto de verificación de pérdida de conectividad.
- **dExcess:** Velocidad de recepción excesiva de CV.
- **dPeerME:** Defecto de la entidad de mantenimiento de la red par.
- **dServer:** Defecto de la capa servidor. Cualquier defecto de la capa servidor provocado por una tecnología de capa no MPLS por debajo de la red de capa MPLS más baja.
- **dTTSI_Mismatch:** Defecto de discordancia del identificador de origen de la terminación del camino.
- **dTTSI_Mismerge:** Defecto de fusión del identificador de origen de la terminación del camino.
- **dUnknown:** Defecto desconocido de la red MPLS.

3.4 fallo: [3] Terminación de la capacidad que tiene una entidad de transporte de transferir información del usuario o de OAM. El fallo puede estar motivado por un defecto persistente.

3.5 sentido hacia adelante: El sentido hacia adelante es el sentido de flujo de paquetes de tráfico y de las PDU OAM orientados hacia el extremo cercano del camino de terminación en un LSP.

3.6 conexión de enlace: Partición de un camino de capa N existente entre dos puntos de conmutación de la red de capa N lógicamente adyacentes.

3.7 subred: [2] Región de topología contigua de una red delimitada por su conjunto de puntos de acceso periféricos, y caracterizada por el posible encaminamiento a través de la subred entre dichos puntos de acceso. La subred más grande es la propia red y la más pequeña es el nodo (al menos en términos físicos de orden práctico, aunque hay subredes de menor tamaño dentro de los nodos).

3.8 camino: [2] Entidad genérica de transporte en la capa N compuesta de un campo de parte útil (que puede transportar un paquete desde una entidad cliente de camino de la capa N – 1 superior) con una tara específica añadida para garantizar la integridad de la entrega de la entidad de transporte del camino en la capa N.

3.9 punto de terminación del camino: [2] Punto de origen o destino de un camino de la capa N, donde se añade o suprime, respectivamente, la tara del camino. El punto de terminación del camino debe disponer de un medio de identificación exclusivo en la red de capas.

3.10 plano de usuario: Se refiere al conjunto de componentes de entrega de tráfico recorridos por el tráfico. Se insertan periódicamente PDU del tipo CV OAM (o del tipo FFD OAM) en el flujo de tráfico para supervisar el buen funcionamiento de dichos componentes de entrega. El plano de usuario recibe algunas veces el nombre de plano de datos (especialmente en el IETF). Obsérvese que los protocolos del plano de control (por ejemplo, los de señalización o encaminamiento) y los del plano de gestión, requieren sus propios planos de usuario que pueden ser congruentes o no (en mayor o menor medida) con el plano de usuario portador del tráfico.

4 Símbolos y abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AIS	Señal de indicación de alarma (<i>alarm indication signal</i>)
AS	Sistema autónomo (<i>autonomous system</i>)
ASM	Máquina en estado de disponibilidad (<i>availability state machine</i>)
BDI	Indicación de defecto hacia atrás (<i>backward defect indication</i>)
BIP	Paridad de entrelazado de bits (<i>bit interleaved parity</i>)
CR-LDP	Protocolo de distribución de etiqueta de encaminamiento basado en restricción (<i>constraint-based routing label distribution protocol</i>)
CV	Verificación de la conectividad (<i>connectivity verification</i>)
DL	Localización de defectos (<i>defect location</i>)
DoS	Denegación de servicio (<i>denial of service</i>)
DT	Tipo de defecto (<i>defect type</i>)
E-LSP	LSP de PSC inferida por EXP (<i>EXP-inferred-PSC LSP</i>)
FDI	Indicación de defecto hacia adelante (<i>forward defect indication</i>)
FFD	Detección rápida de fallo (<i>fast failure detection</i>)
FRR	Reencaminamiento rápido (<i>fast re-route</i>)
LB	Bucle (<i>loopback</i>)
LB-Req	Petición de bucle (<i>loopback request</i>)
LB-Rsp	Respuesta de bucle (<i>loopback response</i>)

LSP	Trayecto conmutado por etiquetas (<i>label switched path</i>)
L-LSP	LSP de PSC inferida sólo por etiqueta (<i>label-only-inferred-PSC LSP</i>)
LSR	Encaminador de conmutación de etiqueta (<i>label switching router</i>)
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo (<i>multi-protocol label switching</i>)
NMS	Sistema de gestión de red (<i>network management system</i>)
OAM	Operaciones y mantenimiento (<i>operation and maintenance</i>)
PHB	Comportamiento por salto (<i>per hop behaviour</i>)
PHP	Utilización del penúltimo salto (<i>penultimate hop popping</i>)
PSC	Clase de planificación del comportamiento por salto (<i>PHB scheduling class</i>)
RSVP	Protocolo de reserva de recursos (<i>resource reservation protocol</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SLA	Acuerdo de nivel de servicio (<i>service level agreement</i>)
TTL	Tiempo de vida (<i>time to live</i>)
TTSI	Identificador de origen de terminación del camino (<i>trail termination source identifier</i>)

5 Introducción

La presente Recomendación contiene técnicas de OAM destinadas a satisfacer los requisitos de OAM definidos en la Rec. UIT-T Y.1710. Se contemplan los siguientes paquetes de OAM resumidos a continuación aunque definidos en detalle más adelante:

Verificación de conectividad: Se definen dos sondas de verificación de la conectividad: CV y FFD. La función de CV es posibilitar el modelo de disponibilidad LSP que se describe en la cláusula 7. FFD se utiliza para aplicaciones tales como la conmutación de protección que requieren una respuesta mucho más rápida. Queda en estudio la utilización de la verificación de la conectividad para aplicaciones que requieran distintos intervalos de inserción.

CV: El flujo CV se genera en el LSR origen del LSP con una frecuencia nominal de 1/s y termina en el LSR destino del LSP. El paquete CV contiene un identificador de red exclusivo (TTSI) para poder detectar todos los tipos de defectos.

FFD: FFD es una opción de detección de fallos para un LSP P2P que es independiente del modelo de disponibilidad basado en CV y no está restringido a la velocidad de inserción del CV. También pueden utilizarse velocidades de inserción de 1/s o superiores para posibilitar el modelo de disponibilidad. A velocidades de inserción más bajas se detectarán constantemente defectos en la capa MPLS, pero no se posibilitará correctamente el modelo de disponibilidad. Una inserción más lenta y la detección correspondiente repercutirá en las capas cliente supervisadas, puesto que la desadaptación temporal de detección de defectos puede desencadenar alarmas adicionales y, posiblemente, causar un ciclo de alarmas erróneo y/o una persistencia de alarmas en las capas cliente. Queda en estudio el efecto de velocidades de inserción más bajas en los criterios de salida de defecto (especialmente para el defecto de fusión y el defecto de discordancia).

La aplicación del FFD en un LSP proporcionará la capacidad de detección rápida de fallos (no se utiliza por defecto el FFD OAM). Se recomienda generar el FFD en el ingreso del LSP a una velocidad de 20 por segundo, que resulta en una detección de fallos en el LSP del orden de cientos de milisegundos. Cuando se aplica el FFD en un LSP, se desactiva la generación de PDU del tipo CV.

Una PDU del tipo FFD contiene la misma información que la PDU del tipo CV. El procesamiento de las PDU en el egreso es similar para CV y FFD, ajustándose a la frecuencia más alta de llegada de las PDU FFD, y teniendo en cuenta la posible aparición de defectos de discordancia y de fusión entre los LSP que utilicen FFD o CV.

Se recomienda que el FFD se utilice únicamente en el LSP de capa más baja (Nivel 1): que no haya nunca LSP de tipo CV sirviendo a un LSP FFD. (El motivo es que si hay un LSP de capa inferior que utiliza el sistema ordinario CV por debajo del LSP FFD, los fallos en el LSP CV o por debajo posiblemente no darán lugar a una FDI en sentido ascendente al LSP FFD a velocidad suficiente para que el FFD no crea que el defecto está efectivamente en el LSP FFD. Esto ocurre porque el LSP del tipo CV ordinario puede tardar hasta 3 s para detectar un defecto e insertar una FDI (a 1/s), mientras que el LSP FFD detectará el defecto en ≤ 150 ms, por lo que actúa más rápidamente.)

FDI: El flujo FDI se genera como respuesta a la detección de defectos (por ejemplo, por parte del flujo CV). Su propósito primordial es la supresión de alarmas en las redes de capas que se encuentran a niveles superiores a aquél en el que tiene lugar el defecto. Se genera:

- i) o bien en el LSR que detecta en primer lugar un defecto dServer/dUnknown, o en
- ii) en el LSR de terminación del LSP para todos los defectos de la capa MPLS.

BDI: El flujo BDI se inyecta en un trayecto de retorno (tal como el LSP de retorno) para informar al LSR hacia el origen (que es el origen del LSP en sentido hacia adelante) de que hay un defecto en el punto destino del LSR del LSP. Por consiguiente el BDI rastrea FDI en cuanto a su periodo de generación. Los paquetes BDI pueden ser útiles en 1:1/N ejemplares de conmutación de protección.

Calidad de funcionamiento: Queda en estudio. No obstante, lo que se pretende es disponer de un método por demanda para la determinación de la pérdida de paquetes/octetos en un LSP para facilitar la localización de averías. No se pretende su utilización como función OAM de orden permanente (a diferencia del flujo CV), aunque podría darse el caso.

Cabe señalar que las funciones de rastreo de trayecto, supervisión de la calidad de funcionamiento y bucle quedan en estudio.

La BDI y el bucle realizan sus transacciones por un trayecto de retorno. Un trayecto de retorno puede ser:

- Un LSP de retorno dedicado.
- Un LSP de retorno compartido por muchos LSP en sentido hacia adelante.
- Un trayecto de retorno no MPLS, tal como un trayecto IP fuera de banda. Esta opción puede tener implicaciones de seguridad. Por ejemplo, el trayecto de retorno podría terminar en una interfaz LSR diferente, y podría darse el caso de que un usuario malintencionado generase una BDI y la enviase al LSR de ingreso. Por consiguiente, deben adoptarse medidas de seguridad suplementarias por la posibilidad de un ataque DoS. Los operadores deben utilizar el campo opcional TTSI en los paquetes BDI para asegurar la autenticación de dichos paquetes de modo que los receptores de paquetes BDI OAM puedan verificar la validez del remitente del paquete.

Todos los paquetes OAM de un flujo de tráfico LSP se identifican por un punto de código de etiqueta conocido y reservado mundialmente (de entre 14). Más adelante se expondrá en detalle la codificación de los paquetes OAM.

Se recomienda encarecidamente la generación de paquetes CV OAM o FFD OAM en cada LSP (a fin de detectar todos los defectos y poder ofrecer protección contra la fuga de tráfico tanto entrante como saliente de los LSP). Se recomienda asimismo la utilización de paquetes FDI OAM para suprimir las avalanchas de alarmas. Los paquetes BDI constituyen una potente herramienta para la supervisión de ambos sentidos desde un solo extremo y asimismo en ciertos casos de conmutación de la protección. No obstante, se trata sólo de recomendaciones, pudiendo los operadores optar por utilizar algunos de los paquetes OAM o todos ellos, a su conveniencia. El apéndice I estudia algunas opciones de generación y procesamiento de los flujos CV.

Las técnicas OAM se aplican a cada LSP individualmente. Si un segmento de un determinado LSP de la capa N hubiera de supervisarse por determinadas circunstancias (por ejemplo, mediante un flujo CV o P) una manera de hacerlo sería creando un nuevo LSP de capa servidor (es decir en la capa N + 1) para cubrir el segmento de la capa N.

5.1 Resumen de la funcionalidad

La función de detección de defectos OAM se basa en la transmisión periódica de paquetes CV o FFD desde el ingreso de un LSP hasta su egreso. La frecuencia de generación de paquetes CV es de un paquete por segundo, mientras que la frecuencia de generación de paquetes FFD recomendada es de 20 por segundo. Cada uno de los paquetes CV y FFD transporta un identificador de origen de terminal del camino (TTSI, *trail termination source identifier*) único, compuesto del identificador del LSR origen y del identificador del LSP.

Un LSP pasa a un estado de defecto cuando se presenta uno de los defectos consignados en la cláusula 3 (que se definen detalladamente más adelante en cuanto a los criterios exactos de entrada y salida y las acciones subsiguientes).

Además del paquete CV, se han definido otros tipos de paquetes OAM que proporcionan las funciones del tratamiento subsiguiente de las averías o de la supervisión de la calidad de funcionamiento. Estos paquetes se definirán más adelante. El tipo de función de los paquetes OAM viene definido por el primer octeto de su parte útil, como se indica a continuación (véase el cuadro 1).

Cuadro 1/Y.1711 – Puntos de código del tipo de función OAM

Punto de código (Hex) del tipo de función OAM	Primer octeto de la cabida útil del paquete OAM Tipo de función y objeto
00	Reservado
01	CV (verificación de la conectividad)
02	FDI (indicador de defecto hacia adelante)
03	BDI (indicador de defecto hacia atrás)
04	Reservado para paquetes de calidad de funcionamiento
05	Reservado para LB-Req (petición de bucle)
06	Reservado para LB-Rsp (respuesta de bucle)
07	FFD (detección rápida de fallos)

Todos los demás puntos de código de tipo de función OAM se reservan para su posible normalización en el futuro.

5.2 Identificación de los paquetes OAM del tráfico normal del plano de usuario

La estructura de etiquetas definida en [6] indica un único campo de etiquetas de 20 bits. Algunos valores del campo de la etiqueta ya están reservados para funciones especiales [6].

La presente Recomendación introduce un nuevo valor de etiqueta reservado mundialmente, denominado de aquí en adelante "etiqueta de alerta OAM". El valor numérico recomendado para la etiqueta de alerta OAM es 14 [11].

5.3 Cabida útil de OAM

La cabida útil de un paquete OAM se compone del tipo de función OAM, los datos específicos del tipo de función OAM y un mecanismo común de detección de errores BIP16.

La cabida útil de los paquetes OAM debe tener una longitud mínima de 44 octetos para facilitar su proceso y para soportar los requisitos de tamaño mínimo de los paquetes de las tecnologías actuales L2 (por ejemplo, Ethernet). Esto se consigue rellenando a ceros el campo de datos específico de tipo de OAM cuando sea necesario. Los bits de relleno quedan en reserva para una eventual normalización en el futuro.

El orden de transmisión es de izquierda a derecha, desde el bit más significativo (MSB, *most significant bit*) hasta el bit menos significativo (LSB, *least significant bit*).

5.4 Tratamiento de los paquetes OAM con error

Los paquetes OAM utilizan BIP16 (en los dos últimos octetos de la cabida útil OAM) para la detección de errores. El resto BIP16 se calcula con todos los campos de la cabida útil OAM, incluidos el tipo de función y las posiciones de los bits del BIP16 (que se fijan inicialmente a cero antes de comenzar los cálculos).

El polinomio generador BIP16 es $G(x) = x^{16} + 1$.

El proceso BIP16 debe realizarse en todos los paquetes OAM antes de que puedan considerarse fiables para someter su cabida útil a un procesamiento ulterior. Deberán rechazarse los paquetes OAM que provoquen una violación BIP16 en el proceso de recepción.

En el caso del flujo de paquetes CV o FFD, la repetición de violaciones BIP16 provocará una verificación de pérdida de conectividad (dLOCV, *loss of connectivity verification*). Esta respuesta es coherente con la naturaleza del defecto realmente producido. No obstante, se recomienda que a nivel del equipo local se notifique de algún modo al sistema de gestión de la red que se están produciendo rechazos BIP16, especialmente si éstos provocan una dLOCV asociada.

Para los demás tipos de paquetes OAM, es decir para los paquetes FDI, BDI y P, se recomienda una vez más que a nivel del equipo local se ofrezca alguna indicación al sistema de gestión de la red de que se están produciendo rechazos BIP16. El umbral a utilizar para grabar o comunicar dicha actividad de rechazo BIP16 de los paquetes OAM debe ser programable y es ajena al propósito de la presente Recomendación.

5.5 Consideraciones coste/riesgo del diseño

Los operadores deben considerar la repercusión de las funciones OAM sobre los recursos de procesamiento nodales y la tara de tráfico de la red que supone la capacidad de detectar todos los fallos en el plano de usuario MPLS.

Para los paquetes CV OAM o FFD OAM, que constituyen la base de detección de defectos, puede establecerse una clara distinción entre las implicaciones de generación en el origen y las implicaciones de procesamiento en destino. Este aspecto se estudia con más detalle en el apéndice I.

5.6 Consideraciones sobre la compatibilidad con sistemas anteriores

Los LSR que no soporten la funcionalidad OAM, ignorarán los paquetes OAM (porque no reconocen la etiqueta de alerta OAM) no teniendo por consiguiente efectos adversos sobre el tráfico en el plano de usuario.

6 Mecanismos OAM

6.1 Características comunes a todos los paquetes OAM

Hay ciertos campos de la cabecera del paquete OAM que se someterán a un tratamiento común en todos los paquetes OAM, que se indican a continuación.

6.1.1 Codificación de pila

Los paquetes OAM se diferencian del tráfico normal del plano de usuario por el incremento de una unidad en la profundidad de la pila de etiquetas en el nivel de LSP específico en el que se insertan. Por consiguiente, mantienen esta diferencia de una unidad en la pila de etiquetas (respecto al tráfico normal del plano de usuario) cuando atraviesan los LSP de servidor de capa inferior.

Etiqueta

La cabecera con etiqueta de alerta OAM se añade antes (es decir por debajo) de la cabecera con etiqueta de entrega del plano de usuario en el punto de origen del camino LSP.

EXP

Los paquetes OAM pueden utilizarse tanto en E-LSP como en L-LSP. La codificación del campo EXP debe consistir en poner la cabecera con etiqueta de alerta OAM a ceros y al valor que corresponda de "PHB de probabilidad de pérdida mínima" en la cabecera de entrega de plano de usuario normal precedente para dicho LSP. Esto se hace para que los paquetes OAM tengan un PHB que permita reducir al mínimo la probabilidad de rechazo [5]. Las capacidades OAM que se definan en el futuro podrían requerir una codificación distinta del campo EXP.

Bit S

El bit S se activa únicamente en la cabecera con etiqueta de alerta OAM.

TTL

El campo TTL debe ponerse a 1 en la cabecera con etiqueta de alerta OAM por los siguientes motivos:

- Los paquetes OAM nunca deben sobrepasar el punto de destino de la terminación del camino LSP en el nivel LSP en el que se generaron originalmente (teniendo en cuenta que no son examinados por LSR intermedios de conmutación de etiquetas y que sólo son observados en los puntos de destino del LSP).
- El TTL de la cabecera de entrega del plano de usuario normal y medianamente anterior se utiliza para atenuar los efectos perniciosos de los paquetes en bucle.

6.1.2 Procesamiento intermedio/penúltimo

Los paquetes OAM son transparentes para los LSR intermedios, incluidos los penúltimos LSR.

6.1.3 Relaciones servidor/cliente

Los paquetes OAM de un determinado LSP no son síncronos respecto a ningún otro paquete OAM de ningún otro LSP (incluidos los LSP anidados y los paquetes OAM del extremo remoto de un LSP a nivel N pero en sentido contrario, cuando se utilizan LSP bidireccionales a nivel N).

6.1.4 Estructura del TTSI (identificador de origen de la terminación del camino)

La estructura del identificador de origen de la terminación del camino LSP (TTSI) se define mediante una dirección de 16 octetos LSR ID IPv6 seguida de un identificador de túnel LSP de 4 octetos. Obsérvese que los dos primeros octetos (los octetos MSB) del identificador de túnel LSP se rellenan actualmente a ceros para permitir la ampliación del campo identificador de túnel en el futuro.

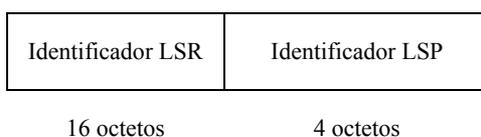


Figura 1/Y.1711 – Estructura del TTSI

Los nodos que no soporten el direccionamiento IPv6, pueden utilizar una dirección IPv4 para el identificador LSR utilizando el formato descrito en RFC 2373 [7]. Es decir:

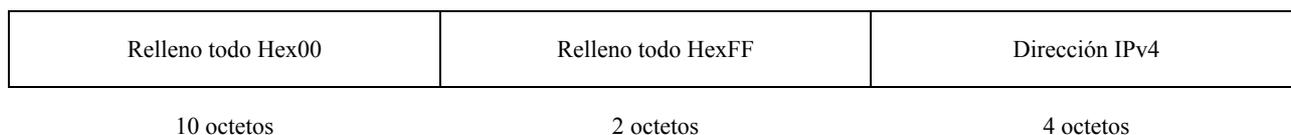


Figura 2/Y.1711 – Estructura del identificador del LSR con una dirección IPv4

El TTSI es el identificador del punto de acceso de un LSP, único en la red. Se ubica en el plano de datos de tráfico y debe ser compatible con las aplicaciones que utiliza el LSP y, a la vez, independiente de ellas y/o de cómo se ha instanciado el LSP (configuración de gestión o señalización).

6.1.5 Configuración y señalización de los TTSI previstos en los puntos de destino del LSP

Al establecer el LSP, el punto destino de terminación del camino LSP debe configurarse con el TTSI previsto. Aunque podría configurarse manualmente, lo ideal sería que se hiciera automáticamente mediante señalización LSP en el instante de establecimiento del LSP (por ejemplo, mediante el mecanismo del plano de control CR-LDP o RSVP). El TTSI (identificador de origen de la terminación del camino) es un identificador del punto de acceso, único en la red, construido a partir del identificador del LSR origen y del identificador del LSP. Quedan en estudio los mecanismos para la señalización/configuración automática del TTSI para la supervisión de CV y FFD en el extremo cercano.

NOTA – Debe subrayarse el hecho de que la activación/desactivación de la funcionalidad CV/FFD/FDI/BDI necesita estar estrechamente vinculada al establecimiento/supresión deliberados de LSP, lo que resulta necesario a fin de lograr la activación/desactivación de las acciones subsiguientes (especialmente alarmas) que procedan. Por ejemplo, es evidente que el procesamiento CV o FFD debe activarse (desactivarse) antes (después) de establecer (suprimir) un LSP.

6.2 Verificación de la conectividad (CV)

La función de verificación de la conectividad se utiliza para detectar/diagnosticar todos los tipos de defectos de conectividad del LSP (que tengan origen por debajo de las redes de capa MPLS o dentro de éstas).

Estructura de la cabida útil

Tipo de función (Hex01)	Reservado (todo Hex00)	Identificador de origen de la terminación del camino LSP	Relleno (todo Hex00)	BIP16
1 octeto	3 octetos	20 octetos	18 octetos	2 octetos

Figura 3/Y.1711 – Estructura de la cabida útil del CV

El apéndice I ofrece más información acerca de las opciones de procesamiento de ingreso/egreso.

6.3 Detección rápida de fallos (FFD, *fast failure detection*)

La función de detección rápida de fallos se utiliza para verificar la conexión a una escala temporal más pequeña que la funcionalidad CV. Además, al igual que la función CV OAM, detecta todos los tipos de defectos de conectividad del LSP (que tengan origen por debajo de las redes de capa MPLS o dentro de éstas).

Estructura de la cabida útil

Tipo de función (07Hex)	Reservado (todo 00Hex)	Identificador de origen de la terminación del camino LSP	Frecuencia	Relleno (todo 00Hex)	BIP16
1 octeto	3 octetos	20 octetos	1 octeto	17 octetos	2 octetos

Figura 4/Y.1711 – Estructura de la cabida útil de FFD

La frecuencia puede ser una de las siguientes:

- 00 reservado;
- 01 10 ms;
- 02 20 ms;
- 03 50 ms (valor por defecto);
- 04 100 ms;
- 05 200 ms;
- 06 500 ms;
- 07-255 reservado.

Si se recibe un valor reservado, el egreso no puede determinar con qué frecuencia se hace una verificación en el ingreso, por lo que dLOCV no es un estado de defecto válido.

6.4 Indicación de defecto hacia adelante (FDI, *forward defect indication*)

La indicación de defecto hacia adelante genera un LSR que detecte un defecto (que se definirá más adelante) y la inserta en las capas cliente afectadas. Los paquetes FDI OAM se generan con la frecuencia nominal de un paquete por segundo. El paquete FDI rastrea hacia adelante y hacia arriba a través de cualquier pila LSP anidada. Su objetivo primordial es suprimir las alarmas producidas en los LSP clientes de nivel superior afectados y (a su vez) en sus capas cliente (donde los clientes de capa superior pueden estar en distinto dominio de gestión que el origen inicial del defecto). Contiene campos que indican la naturaleza del defecto y su posición.

El procesamiento de los defectos en el extremo cercano en los LSP del tipo MPLS o en los enlaces de capa servidora suprimirá la generación de FDI para las capas/niveles de cliente MPLS que puedan tener puntos de fusión más allá y antes del egreso del LSP. En este momento, esto incluye la configuración de LSP utilizando un LDP y la configuración de LSP con un RSVP-TE mejorado con un FRR.

El FDI se envía hacia adelante desde el primer nodo que detecta el defecto. Cuando se trata de fallos de la capa servidor MPLS (o sea en una tecnología de capa inferior tal como SDH) éste sería el primer LSR más allá de la avería de la capa servidor (como consecuencia de la adaptación adecuada cliente/servidor de la señal FDI del servidor). Cuando se trata de fallos de la capa MPLS (o sea fallos interiores de la estructura MPLS) sería el primer punto destino de terminación de camino LSR LSP en el mismo nivel LSP que el fallo)

Estructura de la cabida útil

Tipo de función (Hex02)	Reservado (Hex00)	Tipo de defecto	TTSI (opcional, si no se utiliza poner todo a Hex00)	Posición del defecto	Relleno (todo Hex00)	BIP16
1 octeto	1 octeto	2 octetos	20 octetos	4 octetos	14 octetos	2 octetos

Figura 5/Y.1711 – Estructura de la cabida útil FDI

El campo tipo de defecto se fija en dos octetos, proporcionándose los valores más adelante.

La inclusión del TTSI en el paquete FDI es opcional, y puede ser útil en el caso de utilización del penúltimo salto (PHP, *penultimate hop popping*) que se expone en el apéndice II. Si no se utiliza PHP, el campo TTSI podría codificarse todo a ceros.

La posición del defecto es un campo de 4 bytes. La identidad de la red en la que se ha detectado el defecto debería codificarse en la localización del defecto (DL, *defect location*) en forma de un número de sistema autónomo (AS, *autonomous system*). RFC 1930 [13] define el número AS con una longitud de 2 bytes. No obstante, se asigna un campo de 4 octetos al campo de localización del defecto para permitir la definición de un número AS mayor en el futuro. Para codificar un número AS de 16 bits se utiliza el procedimiento siguiente:

El número AS de 16 bits se codifica en la mitad LSB del campo DL y la mitad MSB del campo DL se pone a cero.

El paquete FDI OAM se traslada recursivamente hacia arriba, mediante un proceso de adaptación cliente/servidor en los puntos destino de terminación del camino LSP, hacia los eventuales LSP de capa cliente superior afectados. Cuando se llega al LSP superior hay que convertirlo en FDI equivalente para cualquier capa cliente que se esté transportando. En el caso de IP (o, por supuesto, de cualquier otra capa cliente) esta conversión es ajena al propósito de la presente Recomendación.

Obsérvese que los LSP de nivel superior afectados un defecto de nivel inferior también detectan defectos (como resultado de la corrupción de su propio flujo CV o FFD) y ven pasar el flujo entrante de paquetes FDI OAM desde el LSP de nivel inferior en el que se detectó inicialmente el defecto. Este comportamiento dinámico permite la identificación correcta del verdadero origen del defecto y se explica en detalle más adelante. Baste por ahora observar que el FDI entrante es necesario para:

- Suprimir las alarmas innecesarias en los LSP de capa superior afectados.
- Proporcionar una indicación a los LSP de nivel superior afectados de que el defecto se encuentra en un LSP de nivel inferior.
- Permitir la codificación BDI adecuada en la capa superior afectada.

Es importante que el punto destino del LSP conozca (durante el tiempo que el LSP esté en servicio) la correspondencia entre etiquetas LSP servidor → cliente que existían antes del defecto. Aunque el método exacto de llevar esto a cabo es ajeno al propósito de la presente Recomendación, se indican a continuación algunos ejemplos de cómo podrían configurarse estas correspondencias de etiquetas de la capa cliente:

- manualmente, por ejemplo a través del NMS;
- automáticamente al establecer el LSP mediante ampliaciones de la señalización LSP;
- por un "proceso de aprendizaje" automático, es decir: si durante el establecimiento de los LSP cliente, la señalización se hace pasar por un túnel de la capa del servidor, entonces el nodo de terminación del camino del servidor podría mantener en memoria la información relativa a los LSP establecidos, conforme estos tienen lugar.

Cuando un FDI ha de pasarse de un LSP de capa servidor a sus LSP de capa cliente (es decir a la función de adaptación cliente/servidor posterior al punto destino de terminación del camino LSP de la capa servidor), el campo de posición del defecto y tipo de defecto debe copiarse del LSP FDI de la capa servidor a los LSP FDI de la capa cliente.

6.5 Indicación de defecto hacia atrás (BDI, *backward defect indication*)

El objeto de la función BDI OAM es informar al extremo de un LSP hacia el origen de un defecto que se observa hacia el destino. No obstante esto exige un trayecto de retorno. La indicación de defecto hacia atrás se genera en un punto origen de terminación del camino del trayecto de retorno como respuesta a un defecto detectado en un punto destino de terminación de camino LSP hacia adelante. La funcionalidad proporcionada por la BDI es útil en aplicaciones tales como mediciones en un solo extremo de la interrupción breve/disponibilidad/calidad de funcionamiento de la red en ambos sentidos, o para proporcionar una indicación de ciertos tipos de conmutación de protección.

Estructura de la cabida útil

Tipo de función (Hex03)	Reservado (Hex00)	Tipo de defecto	TTSI (opcional, si no se utiliza poner todo a Hex00)	Posición del defecto	Relleno (todo Hex00)	BIP16
1 octeto	1 octeto	2 octetos	20 octetos	4 octetos	14 octetos	2 octetos

Figura 6/Y.1711 – Estructura de la cabida útil de la BDI

La BDI se envía desde el punto origen del camino LSP del trayecto de retorno, reflejando la FDI adecuada (véase la nota) en el punto destino del camino LSP del otro sentido. Los campos tipo de defecto y localización del defecto son una correspondencia directa de los obtenidos de esa FDI adecuada (véase la nota) y tiene formatos idénticos a los descritos anteriormente para el paquete FDI OAM.

NOTA – La palabra "adecuada" en este contexto significa que cualquier FDI entrante (es decir procedente de una capa inferior) tiene prioridad sobre cualquier FDI que se haya generado en la capa considerada como consecuencia de la detección de defectos en dicha capa (siendo estos defectos consecuencia, exclusivamente, de un defecto de la capa inferior).

La inclusión del TTSI en el paquete BDI es opcional y puede ser útil en el caso de trayectos de retorno compartidos o fuera de banda para la BDI como se expone en el apéndice II. Para LSP bidireccionales, este campo podría ponerse todo a ceros. Cuando se utiliza el TTSI se le da el valor del TTSI previsto del LSP en sentido directo al que corresponde la BDI.

6.6 Mecanismos OAM de diagnóstico por demanda

Pueden definirse varios mecanismos OAM de diagnóstico por demanda. Estos mecanismos tienen por objeto dotar al personal de explotación de herramientas OAM adicionales, por ejemplo como soporte al diagnóstico de los problemas de la red.

6.6.1 Medidas de la calidad del funcionamiento

Quedan en estudio.

6.2.2 Transacciones de bucle

Quedan en estudio.

6.7 Puntos de código del tipo de defecto

El código del tipo de defecto se codifica con dos octetos. El primer octeto indica la capa y el segundo octeto indica la naturaleza del defecto.

Cuadro 2/Y.1711– Puntos de código de los tipos de defectos en los paquetes FDI/BDI OAM

Tipo de defecto	Código DT (Hex)	Significado
dServer	01 01	Cualquier defecto de capa servidor que surja por debajo de la red de capa MPLS. No se propone la identificación y definición individual de estos defectos para cada tipo de capa servidor, ya que esta función sólo es adecuada para la propia capa servidor. Por consiguiente, sólo se necesita una indicación de que se trata de la capa servidor y no de la capa MPLS. Obsérvese que este defecto no se genera por mecanismos MPLS OAM, sino que se trata de una entrada a MPLS OAM procedente de la capa servidor.
dPeerME	01 02	Cualquier defecto en una entidad de mantenimiento par detectado fuera de la subred MPLS. No se propone la identificación y definición de defectos para cada tipo de red par, por lo que tan sólo se necesita una indicación de que no hay defectos en la subred MPLS. Cabe señalar que este defecto no está generado por los mecanismos MPLS OAM; más bien, es una indicación para las funciones OAM de MPLS, procedente de una función de interfuncionamiento de la red de capa.

Cuadro 2/Y.1711– Puntos de código de los tipos de defectos en los paquetes FDI/BDI OAM

Tipo de defecto	Código DT (Hex)	Significado
dLOCV	02 01	<p>Verificación simple de pérdida de conectividad debida a la falta de paquetes CV OAM o FFD OAM con el TTSI esperado. Obsérvese que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Si la causa de dLOCV es la capa servidor (es decir, que también hay una señal FDI entrante procedente de la capa servidor) entonces se utiliza el punto de código DT Hex 01 01. 2) Si la causa de dLOCV es una entidad de mantenimiento par (es decir que también hay una señal FDI entrante procedente de IWF con un punto de código DT 01 02) entonces se utiliza el punto de código DT Hex 01 02. <p>El punto de código dLOCV Hex 02 01 sólo se utiliza para los fallos de conectividad simples de la capa MPLS.</p>
dTTSI_Mismatch	02 02	<p>El defecto de discordancia del identificador de origen de la terminación del camino se debe a la observación de TTSI inesperados o no esperados en los paquetes CV o FFD OAM. Esto permite detectar conexiones mal configuradas (por ejemplo permutadas). Obsérvese que la condición de defecto dTTSI_Mismatch tiene prioridad sobre la condición de defecto dLOCV cuando ésta también está presente.</p>
dTTSI_Mismerge	02 03	<p>El defecto de discordancia del identificador de origen de la terminación del camino se debe a la observación de TTSI inesperadas o esperadas en los paquetes recibidos CV o FFD OAM. Es una indicación de fallos de bifurcación errónea y de replicación involuntaria. Obsérvese que a diferencia de dTTSI_Mismatch, en este caso no se produce también una condición de defecto dLOCV. No obstante, no debe confundirse este defecto con dExcess. La frecuencia de CV o FFD entrante es superior, pero este aumento no se debe exclusivamente a paquetes CV o FFD con un TTSI esperado.</p>
dExcess	02 04	<p>Un defecto dExcess se detecta por observación de un aumento en la tasa de paquetes CV o FFD OAM con el TTSI esperado, por encima de la tasa nominal de 1/s para los paquetes CV OAM y de 20/s para los paquetes FFD OAM. Esto podría deberse a autodiscordancia, LSR de origen defectuoso, ataque DoS etc.</p>
dUnknown	02 FF	<p>Defecto desconocido detectado en la capa MPLS. Se prevé su utilización en los fallos nodales MPLS que se detecten dentro del nodo (probablemente utilizando medios propios) y afectan al tráfico del plano de usuario. Obsérvese que este defecto no lo detecta MPLS OAM; más bien, es una indicación para las funciones OAM de MPLS.</p>
None	00 00	Reservado
None	FF FF	Reservado

6.8 Criterios de entrada/salida de tipo de defecto y acciones subsiguientes

Hay cuatro defectos de plano de usuario de la capa MPLS, a saber, dLOCV, dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge y dExcess, que se definen más detalladamente.

NOTA 1 – Dado que los flujos de paquetes OAM no están sincronizados en los LSP que se encuentran en niveles jerárquicos diferentes (es decir cuando los LSP están anidados) existe la posibilidad de que un LSP de capa cliente detecte un defecto antes de su LSP de capa servidor. Este error podría durar hasta 1 s debido a las diferencias en los tiempos de llegada de los paquetes CV más alguna incertidumbre adicional debida a los efectos de retardo de la red. Esto podría provocar un error de juicio en cuanto al tipo de defecto presente y por consiguiente en cuanto a las acciones subsiguientes que procediese emprender; en particular, la conveniencia de disparar una alarma local o la determinación de los valores correctos de los puntos de código DL y DT de los paquetes FDI/BDI OAM. Para paliar este efecto, se recomienda que el disparo de una alarma se retrase 2 s como mínimo tras la detección del estado de defecto (el valor exacto queda en estudio). Esto permitirá asimismo que la red pase a un estado estable en lo que se refiere al comportamiento de la detección de defectos.

NOTA 2 – La activación/suspensión de una suma de medidas de la calidad de funcionamiento de la red del plano de usuario del LSP, por ejemplo la métrica de las pérdidas de paquetes/octetos (por ejemplo, si se utiliza el paquete P OAM), depende de si el LSP se encuentra en el estado disponible o no disponible.

NOTA 3 – Para el caso de que se presenten dos o más defectos simultáneamente en un determinado LSP, se propone el orden de prioridad siguiente: dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge, dLOCV y dExcess.

6.8.1 Criterio de paso a dLOCV

El paso a la condición dLOCV, y por consiguiente el paso al estado de defecto en el extremo próximo del colector del camino LSP, se produce cuando:

- En un LSP sin detección rápida de fallos (es decir, sin paquetes FFD OAM), no se han observado paquetes CV OAM esperados en un periodo de 3 s consecutivos.
- En un LSP con detección rápida de fallos (es decir, con paquetes FFD OAM), no se han observado paquetes FFD OAM esperados en un periodo de 3 intervalos x consecutivos, donde $x < 1$ s (queda en estudio $x > 1$ s) es el intervalo de inserción de los paquetes FFD OAM indicado en el campo frecuencia de la PDU FFD o configurado localmente. (Se señala que la ventana $3x$ se mueve hacia adelante con una granularidad de x segundos, y que el valor recomendado para el intervalo de inserción periódica de paquetes FFD OAM (x) es 50 ms, considerando que la frecuencia recomendada es de 20 por segundo.)

En cuanto a las acciones subsiguientes

- Si hay una señal FDI entrante procedente de una capa servidor por debajo de la red MPLS, entonces se hace corresponder al punto de código DP Hex 01 01 en los paquetes FDI OAM enviados hacia adelante y en cualquier paquete BDI OAM que pueda enviarse hacia atrás. El punto de código DL local se inserta asimismo en estos paquetes FDI OAM y BDI OAM. No hay alarmas asociadas a la propia capa MPLS si no sólo a la capa servidor en la que tuvo origen la señal FDI.

De lo contrario

- Si llega una señal FDI procedente de un LSP de nivel inferior de la red MPLS, los puntos de código DL/DT de la señal FDI se trasladan al FDI enviado a otras capas de cliente (es decir, suprime la generación de puntos de código DL/DT FDI a partir de este punto) y se envía el paquete BDI OAM hacia atrás. No se generan alarmas relativas a este LSP (la alarma se asociará al LSP de la capa más baja en la que se originó el defecto).

De lo contrario

- Si no llega señal FDI procedente de la capa servidor o de un LSP de nivel inferior Y no se observan paquetes CV o FFD OAM con un TTSI inesperado, entonces se inserta el punto de código Hex 02 01 en los paquetes FDI OAM enviados hacia el destino y en los eventuales paquetes BDI OAM enviados hacia el origen. En estos paquetes FDI y BDI OAM también se introduce el punto de código DL local. Se dispara la alarma local correspondiente a esta condición de defecto.

6.8.2 Criterios de paso a dTTSI_Mismatch

El paso a la condición dTTSI_Mismatch, y por consiguiente el paso al estado de defecto de extremo próximo del destino del camino LSP, tiene lugar cuando:

- Para un LSP sin detección rápida de fallos (es decir, sin paquetes FFD OAM), se observan paquetes CV OAM o FFD OAM en cualquier periodo de tres segundos consecutivos con TTSI inesperados, y no se observan paquetes CV OAM con un TTSI esperado en el mismo periodo.
- Para un LSP con detección rápida de fallos (es decir, con paquetes FFD OAM) se observan paquetes CV o FFD en cualquier periodo de 3 intervalos x consecutivos con TTSI inesperados, y no se observan paquetes FFD OAM con un TTSI esperado en el mismo periodo.

Debe observarse que el defecto dTTSI_Mismatch anula el defecto dLOCV (como ocurriría, por ejemplo con LSP permutados). Se inserta el punto de código DT Hex 02 02 en los paquetes FDI OAM enviados hacia adelante y en los eventuales paquetes BDI OAM enviados hacia atrás. El DL se inserta asimismo en estos paquetes OAM FDI y OAM BDI. Se dispara la alarma local correspondiente a esta condición de defecto y el TTSI inesperado se registra en el nivel local (que podría enviarse asimismo al NMS como un informe de excepción). Debe suprimirse asimismo la señal de tráfico en sentido descendente.

6.8.3 Criterio de paso a dTTSI_Mismerge

El paso a la condición dTTSI_Mismerge y por consiguiente el paso al estado de defecto de extremo próximo del destino del camino LSP, tiene lugar cuando:

- En un LSP sin detección rápida de fallos (es decir, sin paquetes FFD OAM), hay paquetes CV OAM o FFD OAM con TTSI inesperados y se observan paquetes CV OAM con TTSI esperados en cualquier periodo de 3 segundos consecutivos.
- En un LSP con detección rápida de fallos (es decir, con paquetes FFD OAM), hay paquetes CV OAM o FFD OAM con TTSI inesperados y hay paquetes FFD OAM con TTSI esperados en cualquier periodo de 3 intervalos x consecutivos.

Debe evitarse la confusión entre dTTSI_Mismerge y dExcess, ya que en el primer caso el aumento del número de paquetes CV o FFD recibidos se debe tanto a los paquetes CV o FFD con TTSI esperados como a los que llevan TTSI inesperados, mientras que en el último caso sólo se debe a los paquetes CV o FFD con TTSI esperado. Se inserta el punto de código DT Hex 02 03 en los paquetes FDI OAM enviados hacia adelante y en los eventuales paquetes BDI OAM enviados hacia atrás. El punto de código DL se inserta asimismo en estos paquetes FDI OAM y BDI OAM. Se dispara una alarma local correspondiente a esta condición de defecto y el TTSI inesperado se registra localmente (éste podría enviarse asimismo al NMS como informe de excepción). Opcionalmente podría suprimirse la señal de tráfico hacia el destino.

6.8.4 Criterios de entrada a dExcess

La condición de entrada a dExcess y por tanto la entrada al estado de defecto de extremo próximo del destino del camino LSP, tiene lugar cuando:

- En un LSP sin detección rápida de fallos (es decir, sin paquetes FFD OAM), se observan ≥ 5 paquetes CV OAM en cualquier periodo de tres segundos consecutivos con TTSI esperado en cada uno de ellos.
- En un LSP con detección rápida de fallos (es decir, con paquetes FFD OAM), se observan ≥ 5 paquetes FFD OAM en cualquier periodo de 3 intervalos x consecutivos con TTSI esperado en cada uno de ellos.

Se inserta el punto de código DT Hex 02 04 en los paquetes FDI OAM enviados en sentido directo y en los eventuales paquetes BDI OAM enviados en sentido inverso. Asimismo se inserta el punto de código DL local en estos paquetes FDI OAM y BDI OAM. Se dispara una alarma local correspondiente a esta condición de defecto.

6.8.5 Criterios de salida del defecto

La salida de la condición de defecto dLOCV, dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge o dExcess, y por consiguiente del estado de defecto de extremo próximo del destino del camino LSP tiene lugar en todo un periodo de 3 segundos consecutivos:

- En un LSP sin detección rápida de fallos (es decir, sin paquetes FFD OAM), hay:
 - ≥ 2 y ≤ 4 paquetes CV OAM con un TTSI esperado, y
 - ningún paquete CV OAM o FFD OAM con TTSI inesperado;
- En un LSP con detección rápida de fallos (es decir, con paquetes FFD OAM):
 - se han observado ≥ 2 y ≤ 4 paquetes FFD OAM con el TTSI esperado en una ventana móvil de $3x$ segundos, y
 - no se han observado paquetes CV OAM o FFD OAM con TTSI inesperados.

Todas las acciones subsiguientes se invocaron al entrar en el estado de defecto de extremo cercano del destino del camino LSP (es decir el envío de paquetes FDI y BDI OAM, el disparo de las alarmas locales y la supresión del tráfico) se interrumpen al salir del estado de defecto de extremo cercano del destino del camino LSP.

7 Procesamiento del estado de disponibilidad e indisponibilidad

El principal objeto de la definición de criterios de entrada/salida de defecto, indicados anteriormente, es simplificar notablemente:

- el procesamiento del estado de defecto del destino del camino LSP en el extremo próximo/extremo lejano;
- el procesamiento del estado de disponibilidad de LSP en el extremo próximo/extremo lejano;
- la decisión sobre el momento en que se inician/suspenden las mediciones de calidad de funcionamiento de la red de tráfico del plano de usuario de un LSP (en su caso) para hacer los asientos sucesivos en registros a largo plazo.

En todas las secciones en las que se describe la evaluación de eventos, la técnica de medición se basa en una ventana de desplazamiento con una granularidad de avance de 1 s (y de x segundos en el caso de FFD OAM). Obsérvese que el comienzo de la ventana de deslizamiento es un instante arbitrario decidido por cada uno de los nodos independientemente, no estando sincronizando con los eventos de llegada del paquete OAM en ningún LSP. Esto se considera aceptable para la simplificación del proceso nodal.

Debe observarse que en la presente Recomendación se utiliza la relación tradicional de dependencia funcional entre calidad de funcionamiento y disponibilidad de la red. Es decir:

- La calidad de funcionamiento de la red es una métrica unidireccional, es decir si el objeto de la medición es la calidad de funcionamiento de la red, cada uno de los sentidos debe medirse independientemente.
- La disponibilidad es una métrica bidireccional en el caso de LSP bidireccionales, porque cuando un sentido pasa al estado de no disponible (definido más adelante) entonces ambos sentidos se consideran no disponibles. En el caso de LSP unidireccionales, la disponibilidad sólo puede tener significado unidireccional.
- Deben suspenderse las mediciones de la calidad de funcionamiento de la red (en lo que se refiere a su agregación en registros de estado disponibles de largo plazo) cuando un LSP pase a un estado de indisponibilidad; obsérvese que esto se refiere a las mediciones de la calidad de funcionamiento de la red en ambos sentidos de acuerdo con la definición de métrica de disponibilidad anterior en el caso de LSP bidireccionales.

No obstante, hay que observar que (tanto por razones de orden práctico como para preservar su significado estadístico) la agregación de la métrica de la calidad de funcionamiento de la red se suspende realmente tras detectar un evento de interrupción breve.

El temporizador (T1) del LSP determina cuánto tiempo permanece el LSP en el estado de defecto de extremo próximo antes de declarar el LSP no disponible o de volver al estado sin defecto. Arranca cuando el LSP pasa al estado de defecto de extremo próximo y se detiene cuando el LSP sale del estado de defecto de extremo próximo o pasa al estado de indisponibilidad de extremo próximo. Su valor máximo es de 10 s.

El temporizador (T2) del LSP define cuánto tiempo el LSP permanece en el estado de indisponibilidad de extremo próximo menos 10 s (que es el valor máximo de T1). Arranca cuando el LSP pasa al estado de indisponibilidad de extremo próximo y se detiene cuando el LSP sale del estado de indisponibilidad de extremo próximo más 10 s (periodo de confirmación para quedar sin defecto).

El temporizador (T3) del LSP define cuánto tiempo permanece el LSP en el estado de defecto de extremo lejano antes de declarar la indisponibilidad del LSP o de volver al estado sin defecto de extremo lejano. Arranca cuando el LSP pasa al estado de defecto de extremo lejano y se detiene cuando el LSP sale del estado de defecto de extremo lejano o pasa al estado de indisponibilidad de extremo lejano. Su valor máximo es de 13 s.

El temporizador (T4) del LSP define cuánto tiempo permanece el LSP en el estado de indisponibilidad de extremo lejano menos 13 s (que es el valor máximo de T3). Arranca cuando el LSP pasa al estado de indisponibilidad de extremo lejano y se detiene cuando el LSP sale del estado de indisponibilidad de extremo lejano más 10 s (periodo de confirmación para quedar sin defecto).

7.1 Interrupciones breves

Una interrupción breve es un evento en el que la salida de cualquiera de las condiciones de defecto previamente definidas tiene lugar antes de que expire el temporizador de indisponibilidad del LSP.

La interrupción breve empieza al final del periodo de 3 s, en que el sistema pasa al estado de defecto y termina, al final del periodo de 3 s, en que el sistema sale de dicho estado. La interrupción breve es un estado transitorio que sólo puede existir cuando el LSP se encuentra en el estado disponibilidad.

7.2 Definición del estado de disponibilidad/indisponibilidad

Si el temporizador (T1) del LSP expira, entonces el LSP pasa al estado de indisponibilidad. Se considera que el instante de comienzo del estado de indisponibilidad es el momento del paso al estado de defecto de extremo próximo del destino del camino LSP.

Un LSP vuelve a pasar al estado de disponibilidad tras salir del estado de defecto de extremo próximo del destino del camino LSP y después de un periodo adicional de 10 s consecutivos en el que:

- en un LSP sin detección rápida de fallos (es decir, sin paquetes FFD OAM), se ha producido:
 - ≥ 9 y ≤ 11 paquetes CV OAM con TTSI esperados, y
 - ningún paquete CV OAM o FFD OAM con TTSI inesperados;
- en un LSP con detección rápida de fallos (es decir, con paquetes FFD OAM):
 - se han observado ≥ 9 y ≤ 11 paquetes FFD OAM con TTSI esperados en una ventana de desplazamiento de 10x segundos, y
 - no se han observado paquetes CV OAM o FFD OAM con TTSI inesperados.

Se considera que el instante de comienzo del estado de disponibilidad es el comienzo de este periodo de 10 s consecutivos.

7.3 Mediciones de disponibilidad de extremo cercano y de extremo lejano

El planteamiento anterior corresponde estrictamente al procesamiento de extremo cercano cuando el punto destino de terminación del camino LSP se encuentra en el estado de defecto de extremo cercano del destino del camino LSP indicado anteriormente. Puede medirse asimismo la disponibilidad de extremo lejano (que resulta útil cuando sólo hay un extremo accesible para la medición) utilizando la señal de BDI (cuando se utilizan LSP bidireccionales) puesto que ésta es un reflejo especular hacia el origen de lo que pasa durante el envío del FDI hacia el destino.

Así pues se define el estado de defecto de extremo lejano del destino del camino LSP como el periodo en el que se observan paquetes BDI OAM sometidos a los siguientes criterios de entrada y salida:

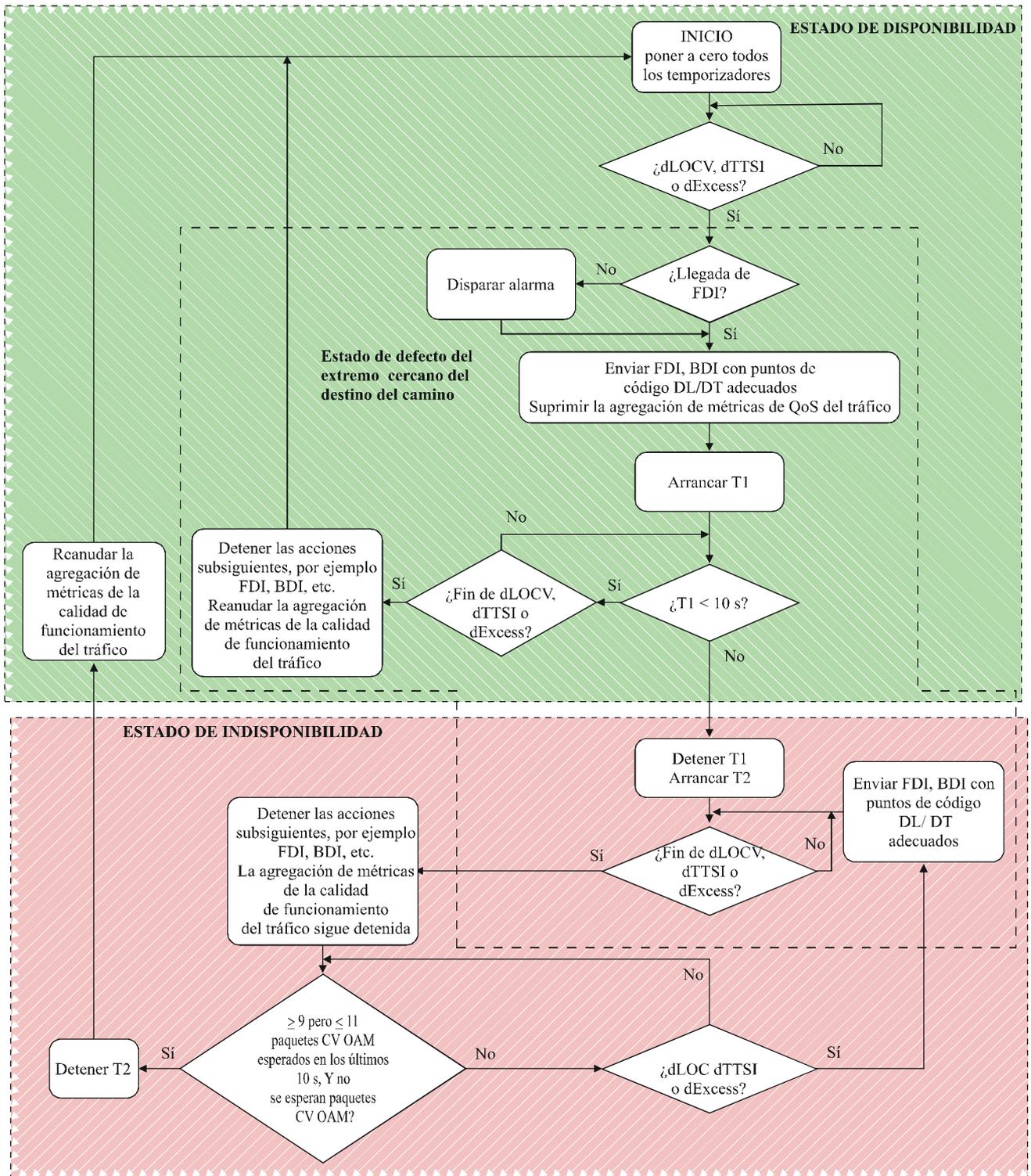
- El paso al estado de defecto de extremo lejano del destino del camino LSP tiene lugar en el primer paquete BDI OAM observado.
- La salida del estado de defecto de extremo lejano del destino del camino LSP tiene lugar transcurrido un periodo de tres segundos consecutivos sin que se reciban paquetes BDI OAM.

Obsérvese que este retardo de 3 s en el procesamiento a la salida sirve para los casos en los que puede perderse un único BDI (debido por ejemplo a la congestión o a otros errores). Su efecto debe tenerse en cuenta en el modelo de estados para el procesamiento de extremo lejano como se expondrá más adelante.

Dado que la duración temporal del estado del extremo lejano está directamente relacionada con el estado del extremo cercano (aunque con un periodo de comprobación de salida de + 3 s), un único extremo puede medir tanto las interrupciones breves como la indisponibilidad en ambos sentidos (ni se utilizan LSP bidireccionales).

7.4 Diagrama del procesamiento del estado del extremo cercano

La figura 7 resume muchos de los puntos relativos al algoritmo de procesamiento del estado del extremo próximo de un LSP con flujo CV. El procesamiento del estado del extremo cercano en un LSP con flujo FFD (en vez de flujo CV) difiere en los criterios de paso al estado de defecto, los criterios de salida del estado de defecto y los criterios de reentrada en el estado de disponibilidad.



Y.1711_F07

Figura 7/Y.1711 – Algoritmo de procesamiento del estado del extremo cercano del LSP

NOTA – El diagrama anterior no representa una realización física concreta (que se deja a criterio del fabricante), sino el flujo lógico del procesamiento y las subsiguientes acciones en los puntos clave. Además, para mayor claridad no se proporcionan todos los detalles en dicho diagrama por lo que ha de consultarse el texto adjunto, por ejemplo dTTSI en el diagrama anterior se refiere tanto a los tipos de defecto de discordancia como de fusión incorrecta.

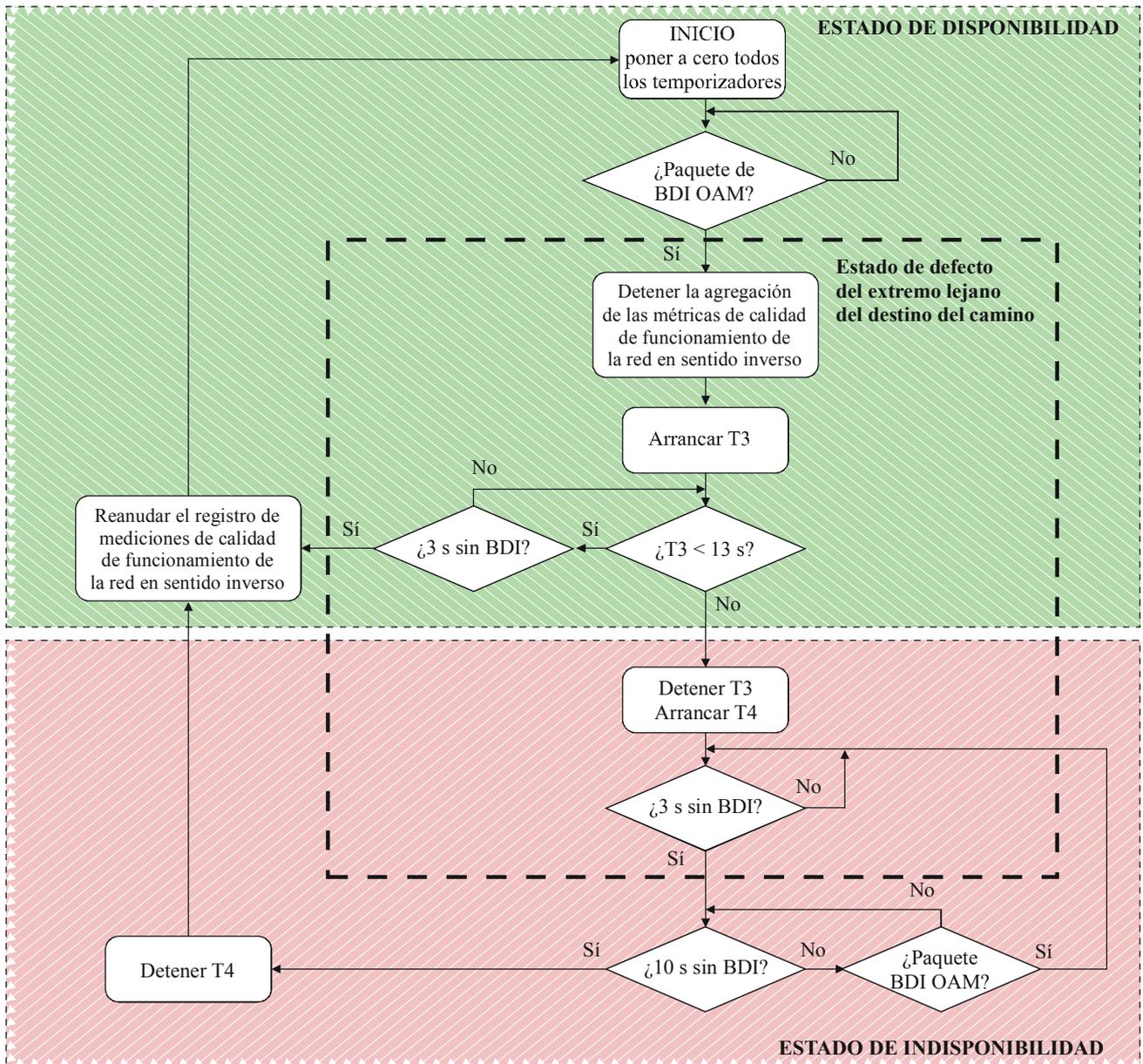
- 1) Se supone que comienza en el estado de disponibilidad en la casilla marcada como "Inicio". Todos los temporizadores (mostrados más adelante) pueden suponerse conceptualmente inicializados en este punto. Si se está midiendo la calidad de funcionamiento de la red (por ejemplo, mediciones de pérdidas de paquetes/octetos del paquete P OAM) se supone activa en este momento.
- 2) El primer punto de decisión es "¿dLOCV, dTTSI o dExcess?". Estos defectos ya se han definido anteriormente. Si no se ha presentado ninguno de estos defectos, esta condición se sigue comprobando, permaneciéndose en el estado de disponibilidad. No obstante, si se presenta uno de estos defectos, el punto de extremo pasa al estado de defecto de extremo cercano del destino del camino.
- 3) Las acciones requeridas subsiguientemente dependen de la naturaleza del defecto observado, y de si llegan FDI de una capa inferior, y deben cumplir las reglas establecidas previamente. Obsérvese no obstante que se dejan de registrar en tiempo disponible los datos de calidad de funcionamiento de la red en registros de largo plazo. Los registros se atrasan 3 s efectivamente en consideración del tiempo de detección del defecto (en esta etapa no puede saberse si el evento será una interrupción breve, y por consiguiente el LSP sigue en el estado de disponibilidad, o si el LSP pasará al estado de indisponibilidad).
- 4) Se arranca el temporizador T1. Este temporizador controla la duración del estado de defecto del extremo cercano y si éste se mantiene durante un tiempo suficiente (por ejemplo durante 10 s adicionales) por lo que se utiliza para bifurcar en el diagrama hacia la región de procesamiento del estado de indisponibilidad.
- 5) Por debajo de (el temporizador) T1, se describe un bucle entorno a los puntos de decisión "¿T1 < 10 s?" y "¿Final de dLOCV, dTTSI o dExcess?". Puede salir de este bucle si termina el estado de defecto (de conformidad con los criterios proporcionados anteriormente) antes de que T1 llegue a 10 s. Dado que el punto extremo se encuentra todavía en el estado de disponibilidad, se reanuda cualquier agregación de mediciones de calidad de funcionamiento de la red en los registros de largo plazo (observando que deben tenerse en cuenta los tres últimos segundos), se detiene la generación de paquetes FDI/BDI OAM y se captura el evento de interrupción breve en los registros locales. Adicionalmente, si el evento se debió a un dTTSI, entonces el punto extremo debe capturar asimismo el TTSI del LSP infractor y cancelar la supresión de tráfico (en su caso). La indicación de tiempo del evento debe ser relativa al comienzo del defecto que la provocó. No obstante, si T1 llega a 10 s, el punto extremo pasa al estado de indisponibilidad. Obsérvese que no es posible pasar al estado de indisponibilidad salvo que el estado de defecto de extremo cercano del destino del camino se haya mantenido durante 10 s como mínimo en el estado de disponibilidad.
- 6) A continuación se registra un evento de paso al estado de indisponibilidad con indicación de fecha/tiempo en los registros locales junto con la información de la naturaleza del defecto que lo provocó. Obsérvese que la indicación de la fecha y del tiempo debe retrasarse 13 s. Opcionalmente, puede enviarse asimismo un informe de excepción al NMS con la indicación de fecha/hora de paso al estado de indisponibilidad indicados anteriormente, junto con cualquier otra información pertinente relativa al defecto que la provocó, por ejemplo en el caso de dTTSI debe incluirse el TTSI del LSP infractor. A continuación se detiene T1 y se arranca T2, cuyo objeto es registrar la duración del estado

de indisponibilidad. Obsérvese que cuando el punto extremo pasa al estado de indisponibilidad sigue permaneciendo en el estado de defecto del extremo lejano del destino del camino.

- 7) A continuación se comprueba la condición "¿Fin de dLOCV, dTTSI o dExcess?", que está justamente debajo del punto en el que se arranca el temporizador T2, y que verifica el final del estado de defecto. Cuando finaliza el defecto (de acuerdo con los criterios suministrados anteriormente) se detiene la generación de paquetes FDI/BDI OAM y el punto extremo sale del estado de defecto de extremo lejano del destino del camino. La agregación de métricas de calidad de funcionamiento de la red siguen suspendidas.
- 8) A continuación se llega al punto de decisión compuesto de las dos casillas " ≥ 9 pero ≤ 11 paquetes CV OAM esperados en los últimos 10 s Y no hay paquetes CV OAM inesperados" y "¿dLOCV, dTTSI o dExcess?". Si se presenta otro defecto antes de satisfacer los criterios de salida del anterior punto de decisión, el punto extremo vuelve a pasar al estado de defecto de extremo cercano del destino del camino y por consiguiente se reanuda la generación de paquetes FDI/BDI OAM (con puntos de código DL/DT y demás acciones subsiguientes correspondientes al defecto específico observado). Sigue inhibida toda agregación métrica de la calidad de funcionamiento de la red. En este caso se vuelve al punto 7) anterior en el estado de procesamiento y se reanuda la comprobación del final del defecto. Obsérvese que el temporizador T2 continúa activo.
- 9) Para salir del estado de indisponibilidad, el punto extremo debe haber salido previamente del estado de defecto de extremo cercano del destino del camino como se ha indicado en el punto 7) anterior, y satisfacer a continuación los criterios del punto de decisión " ≥ 9 pero ≤ 11 paquetes CV OAM esperados en los últimos 10 s Y no hay paquetes CV OAM inesperados?" como se ha indicado en el punto 8) anterior. Obsérvese que los "últimos 10 s" a los que se alude aquí incluyen el intervalo de 3 s necesario para la comprobación del final del estado de defecto de extremo próximo del destino del camino indicado en el punto 7) anterior.
- 10) A continuación se detiene el temporizador T2 y se registra la duración del evento de indisponibilidad en los registros locales. Se reanuda la agregación de las métricas de calidad de funcionamiento de la red y cesan todas las acciones subsiguientes asociadas al estado de indisponibilidad. Obsérvese que T2 registrará una duración de estado de indisponibilidad 3 s inferior al verdadero evento de indisponibilidad. Obsérvese asimismo que los últimos 10 s corresponden al estado de disponibilidad y que por ello cualquier agregación de métrica de calidad de funcionamiento de la red deberá tener en cuenta estos 10 s. Opcionalmente puede enviarse un informe de excepción al NMS con la indicación de fecha/hora de salida del estado de indisponibilidad convenientemente corregida como se ha indicado anteriormente.
- 11) A continuación el proceso vuelve al punto de comienzo del estado de disponibilidad.

7.5 Diagrama del procesamiento del estado del extremo lejano

La figura 8 resume muchos de los puntos clave relativos al algoritmo de procesamiento del estado del extremo lejano para un determinado LSP. Cabe señalar que el procesamiento del estado de defecto del extremo lejano, así como del estado de indisponibilidad, es idéntico para un LSP con CV o FFD.



Y.1711_F08

Figura 8/Y.1711 – Algoritmo de procesamiento del estado del extremo lejano del LSP

NOTA – El diagrama no representa ninguna realización física concreta (que se deja a criterio del fabricante), sino más bien el flujo lógico del proceso y las acciones subsiguientes en los puntos clave. Además, para mayor claridad, no se han indicado todos los detalles en este diagrama de modo que hay que consultar el texto adjunto.

- 1) Se supone que comienza en el estado de disponibilidad en la casilla marcada como "Inicio". Puede suponerse conceptualmente que todos los temporizadores que se muestran más adelante en el diagrama se ponen a cero en este punto. Si se hacen mediciones acumuladas de la calidad de funcionamiento de la red hacia atrás en el LSP en sentido de retorno, habrá un flujo de paquete P OAM separado en el LSP de retorno.

- 2) El primer punto de decisión es "¿paquete BDI OAM?". Si la respuesta es "No", se mantiene el bucle verificando esta condición y permanece en el estado de disponibilidad. Si la respuesta es "Sí", se supone que el proceso del extremo cercano en el otro extremo del LSP (saliente) ha pasado al estado de defecto de extremo cercano del destino del camino. Obsérvese que esto asimismo implica que el defecto ya ha estado presente durante 3 s en el otro extremo de este LSP.
- 3) El punto extremo pasa a continuación al estado de defecto de extremo lejano del destino del camino, quedando prohibida cualquier agregación de mediciones de calidad de funcionamiento de la red hacia atrás. Los registros de calidad de funcionamiento de la red necesitarán corregirse por los 3 s anteriores que no deben agregarse en los contadores de estado de disponibilidad de largo plazo.
- 4) A continuación arranca el temporizador T3, y se ejecuta el bucle compuesto de los puntos de decisión "¿T3 < 13 s?" y "¿3 s sin BDI?". T3 se utiliza para verificar la duración del estado de defecto de extremo lejano del destino del camino. Si T3 no llega a 13 s y el punto extremo queda sin BDI durante 3 s, se reanuda la agregación de las mediciones de la calidad de funcionamiento. Obsérvese que hay que tener en cuenta los últimos 6 s en los registros de agregación de métrica de la calidad de funcionamiento de la red hacia atrás. Esto se debe a que el procesamiento de extremo próximo necesita 3 s para declarar el fin del defecto en el otro extremo del LSP (saliente), y otros 3 s para declarar el fin del estado de defecto de extremo lejano del destino del camino en este extremo del LSP (de retorno), y todo este tiempo debe considerarse en el estado de disponibilidad en este extremo del LSP para verificar la correcta agregación de la métrica de calidad de funcionamiento de la red. Un evento de interrupción breve con indicación de fecha/hora debe registrarse asimismo en los registros locales junto con la información DL/DT del defecto proporcionada por el paquete BDI OAM. Este evento de interrupción breve debe tener una indicación de fecha/hora para un instante 3 s antes del momento en el que se observó el primer paquete BDI OAM. El punto extremo regresa a la posición de comienzo inicial. No obstante, si T3 llega a 13 s, el punto extremo pasa al estado de indisponibilidad de extremo lejano. Obsérvese que no es posible pasar al estado de indisponibilidad salvo que el estado de defecto de extremo lejano del destino del camino se haya mantenido efectivamente durante 13 s como mínimo [lo que significa que el otro extremo del LSP (saliente) se ha mantenido en el estado de defecto de extremo cercano del destino del camino durante 10 s como mínimo] en el tiempo disponible.
- 5) Opcionalmente, puede enviarse un informe de excepción de paso a la indisponibilidad con indicación de fecha/tiempo al NMS que incluya la información pertinente de DL/DT del paquete BDI OAM. Obsérvese que la indicación de fecha/tiempo de dicho informe de excepción deba retrasarse en 16 s (es decir 3 s antes de la observación del primer paquete BDI OAM correspondiente a este evento) para alinear el procesamiento de extremo remoto con el procesamiento de extremo cercano en el otro extremo. A continuación se detiene el temporizador T3 y se arranca el temporizador T4, que tiene por objeto registrar la duración de este evento de indisponibilidad. Obsérvese que cuando el punto extremo pasa al estado de indisponibilidad sigue permaneciendo en el estado de defecto de extremo lejano del destino del camino.

- 6) A continuación se llega al bucle que comprueba durante 3 s si no hay BDI. Se utiliza para sacar el punto extremo del estado de defecto de extremo lejano del destino del camino. Obsérvese que esto no es estrictamente necesario y que esta condición de verificación podría haberse omitido limitándose únicamente a mostrar la siguiente que verifica si hay 10 s continuos (es decir totales) sin BDI. No obstante, se ha mostrado de este modo para armonizar el "aspecto" del procesamiento del estado de defecto del destino del camino del extremo cercano y del extremo lejano.
- 7) Si el punto extremo observa 3 s sin BDI sale del estado de defecto de extremo lejano de destino del camino y recorre un bucle que comprueba si el punto extremo ha estado durante un periodo continuo total de 10 s sin BDI. Si aparecen otros paquetes BDI OAM en este periodo de verificación total de 10 s, vuelve a pasar al estado de defecto de extremo lejano del destino del camino y necesita repetir el proceso desde el paso 6) anterior; pero si no aparecen paquetes de BDI OAM en el periodo de comprobación de 10 s sale del estado de indisponibilidad de extremo lejano.
- 8) Se detiene el temporizador T4 y se registra la duración del evento de indisponibilidad. T4 registrará un tiempo que es 3 s menor que el verdadero evento de indisponibilidad. A continuación debe registrarse en los registros locales un evento de salida de indisponibilidad con una indicación de fecha/tiempo retrasada en 13 s, junto con la duración de la indisponibilidad. Opcionalmente, esta información puede enviarse asimismo al NMS como informe de excepción.
- 9) Después pueden reanudarse el registro acumulado de mediciones de calidad de funcionamiento de la red hacia atrás, observando que los últimos 13 s corresponden a tiempo disponible de modo que los registros agregados deben corregirse consecuentemente.

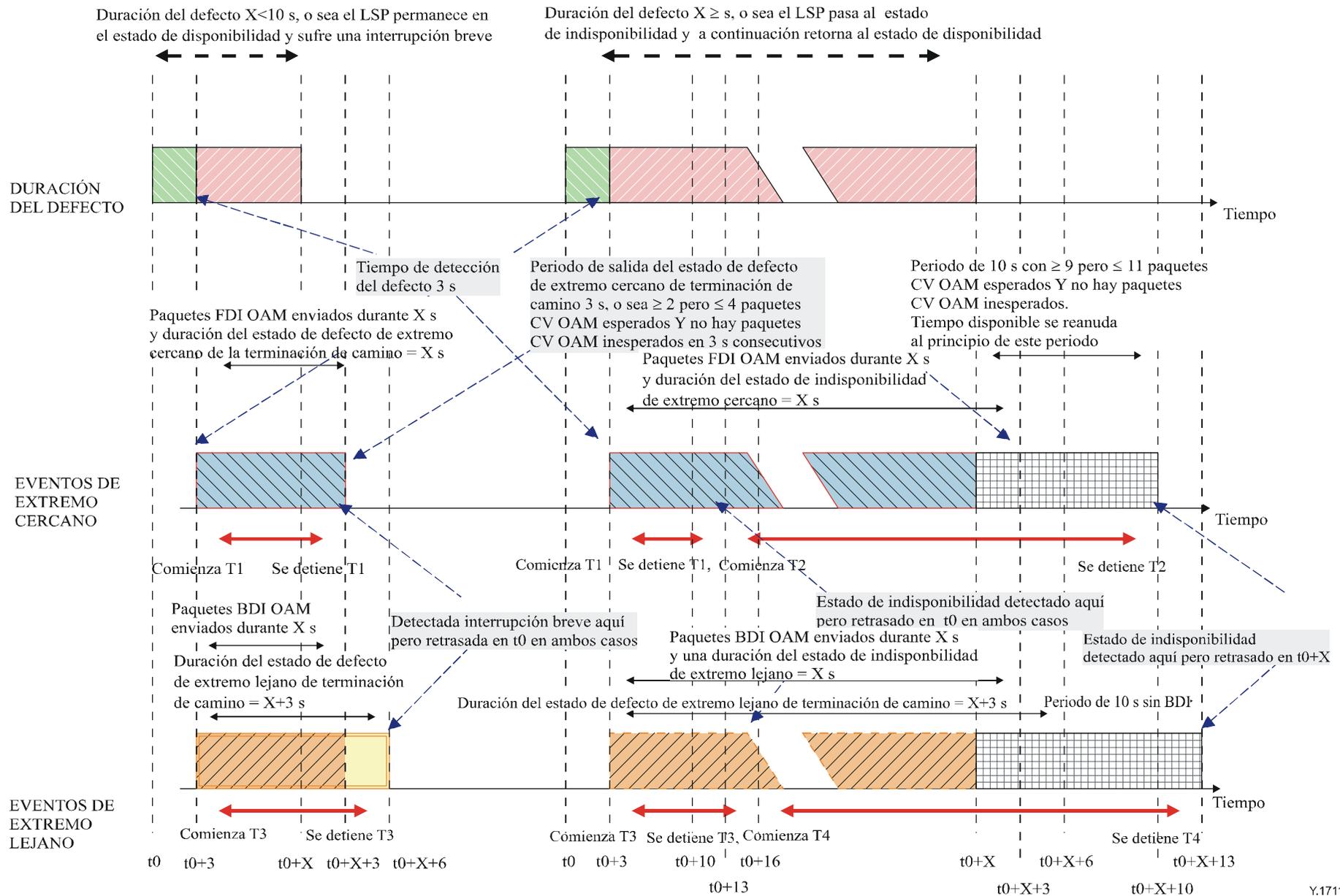
7.6 Representación gráfica del procesamiento del extremo cercano y del extremo lejano correspondientes a los eventos de interrupción breve e indisponibilidad

La figura 9 pretende facilitar la comprensión de las relaciones temporales entre el procesamiento del estado del extremo cercano y del extremo lejano que recogen los diagramas anteriores para un evento de interrupción breve y un evento de indisponibilidad.

8 Aspectos de seguridad

En esta Recomendación no se presentan nuevas cuestiones relativas a la seguridad, además de las ya presentes en la arquitectura MPLS o en la arquitectura de sus protocolos de capa cliente.

Las funciones OAM pueden mejorar la seguridad de las redes MPLS. Por ejemplo, las funciones de verificación de la conectividad (CV) que se definen en esta Recomendación pueden detectar conexiones erróneas y, así, evitar que el tráfico de los clientes sea visible para otros clientes.



Y.1711_F09

Figura 9/Y.1711 – Procesamiento temporal de extremo cercano y extremo lejano correspondiente a un evento de interrupción breve y de indisponibilidad

Apéndice I

Origen de CV y procesamiento en destino

La generación en origen de CV y el procesamiento en destino de CV deben considerarse funciones independientes. Esta separación funcional permite a los operadores utilizar distintos grados de supervisión de LSP individualmente, por ejemplo, entre los LSP considerados "importantes" y los LSP considerados "de menor importancia".

La generación de CV es una función relativamente simple (puesto que nunca varían) y mucho más sencilla que el procesamiento en destino de CV. Por consiguiente, la generación de CV podía estar activa en todos (o la mayor parte) de los LSP, pero el procesamiento de destino podría descomponerse en varias 'clases de grados' por LSP tales como:

- 1) No hay procesamiento de CV. Por consiguiente no se procesan los defectos, no se efectúan las mediciones de disponibilidad ni las mediciones de calidad de funcionamiento de la red.
- 2) Verificación simple de llegadas de CV sin examinar los TTSI (aunque se supone que siguen generándose los TTSI). De este modo no es posible proporcionar la verificación de conectividad totalmente fiable ya que no se pueden detectar determinados defectos, por ejemplo d-Mismerge/d-Mismatch.
- 3) Únicamente una verificación muy simple de la llegada de paquetes CV con TTSI inesperados. Esto podría utilizarse en LSP de menor importancia con un método sencillo de detectar fugas de tráfico LSP importantes (hacia el LSP de menor importancia). No obstante, no se podría llevar a cabo ningún otro procesamiento de defectos (por ejemplo dLOCV) ni mediciones de la disponibilidad.
- 4) Procesamiento completo de defectos pero sin mediciones de la disponibilidad. Obsérvese que si no se llevan a cabo mediciones de la disponibilidad tampoco son posibles, estrictamente hablando, las mediciones de la calidad de funcionamiento de la red (ya que éstas sólo son referenciables cuando el LSP se encuentra en el estado de disponibilidad).
- 5) Procesamiento de defectos y medición de la disponibilidad completos (de este modo se permite además la opción de las mediciones de la calidad de funcionamiento de la red).

Apéndice II

Indexación de la máquina de estados de disponibilidad del LSP (ASM, *availability state machine*)

De acuerdo con la presente Recomendación, cada LSP requiere una máquina de estado en sus LSR de terminación (tanto en los LSR de entrada como en los de salida). Estas máquinas de estado necesitan indexarse con arreglo a la información contenida en los paquetes OAM recibidos. Se pueden utilizar los dos métodos siguientes en los LSR de terminación para indexar la máquina de estado de disponibilidad del LSP (ASM):

- Etiqueta;
- TTSI.

Las ventajas e inconvenientes asociados a cada uno de estos métodos son los siguientes.

Etiqueta

Para indexar el ASM puede utilizarse la etiqueta de usuario que inicia la etiqueta OAM. Éste es el método más sencillo que puede utilizarse y tiene la ventaja de requerir un número relativamente pequeño (20 bits). No obstante, si la etiqueta de usuario se utiliza como índice, no podrían soportarse mp2p, PHP, los trayectos de retornos fuera de banda ni los LSP de trayecto de retorno compartidos. Por los siguientes motivos: en el caso de mp2p, la fusión de LSP se contemplaría como un defecto dExcess; en el caso de PHP, la etiqueta de usuario no existe a la llegada del paquete en el LSR de salida; en el caso de trayecto de retorno fuera de banda no hay etiquetas de usuario y en el caso de LSP de trayecto de retorno compartido, la etiqueta de usuario del trayecto de retorno no puede identificar unívocamente el LSP en sentido directo. Además, no podrían detectarse ciertos tipos de defecto por error de fusión, tal como las fugas de un LSP a otro que termine en la misma interfaz.

TTSI

Puede utilizarse el TTSI incluido en el paquete OAM como índice para el ASM. A pesar de no ser tan sencillo como la utilización de una etiqueta de usuario como índice, este método tiene la ventaja de soportar mp2p, PHP, trayecto de retorno fuera de banda y MSP de trayecto de retorno compartido. Por los siguientes motivos: en el caso de LSP mp2p, cada LSP tendrá su propio TTSI y por consiguiente los LSP mp2p se tratarán eficazmente como un número de LSP p2p desde el punto de vista de la OAM MPLS, en el caso de PHP en TTSI no se desgaja en el penúltimo nodo; en el caso del trayecto de retorno fuera de banda, el TTSI sigue existiendo en el paquete OAM y en el caso de LSP de retorno compartido, el TTSI puede identificar unívocamente el LSP al que pertenece el paquete OAM. No obstante, el TTSI tiene 20 bytes de longitud, lo que requiere compresión/troceado, antes de poder utilizarlo como índice.

Cuando una jerarquía de múltiples LSP con PHP terminan en un LSR común (utilización de múltiples etiquetas de la pila de etiquetas en sentido ascendente desde el LSR de terminación) existe una ambigüedad ya que el origen de los mensajes OAM se pierde en la terminación simultánea en múltiples capas. Esto no afecta al procesamiento CV, si el TTSI se utiliza como un mecanismo de asociación de estados, aunque los FDI PDU deben descartarse discretamente.

NOTA – Cuando se utiliza la dirección IPv4, el valor de TTSI tiene 8 bytes eficaces.

La elección entre estos dos tipos de índices depende del tipo de LSP, de la capacidad de procesamiento, de si se utiliza PHP y del tipo de trayecto de retorno. Para LSP p2p explícitamente

encaminados, sin PHP, puede ser suficiente la indexación sobre etiqueta. No obstante, en el caso de LSP mp2p (con PHP o sin él), o de LSP p2p con PHP, la indexación con TTSI es más adecuada.

Apéndice III

Los distintos defectos posibles con la opción FFD OAM

Se configurará la opción de paquetes FFD OAM en un LSP determinado cuando se desee aplicar la detección rápida de fallos. Cabe señalar que la velocidad de inserción de los paquetes FFD OAM será mayor (más rápida) que la de los paquetes CV OAM (queda en estudio la repercusión de velocidades inferiores en los criterios de salida de defecto). Esto significa que, si x es el intervalo de inserción de paquetes FFD OAM, x es inferior a 1 s (intervalo de inserción de los paquetes CV OAM). También hay que decir que la velocidad de inserción (o intervalo de inserción) en todos los LSP que requieran la detección rápida de fallos en la red es idéntica.

Una vez establecidas estas premisas, pueden darse las siguientes situaciones de fallo:

i) Interrupción de la conectividad de un LSP con FFD OAM

En este caso, no se observan paquetes FFD OAM en un periodo de $3x$, siendo x el intervalo de inserción de los paquetes FFD OAM. Esto causará una condición de fallo de señal y el LSP entrará en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, con lo que se declara una condición de defecto dLOCV.

ii) Configuración errónea de un LSP con FFD OAM (denominado LSP-1) con otro LSP (denominado LSP-2)

Pueden darse dos casos:

- 1) el LSP-2 también está configurado con FFD OAM; y
- 2) LSP-2 no está configurado con FFD OAM.

En el primer caso, LSP-1 y LSP-2 no observarán ningún paquete FFD OAM con TTSI correcto en sus respectivos intervalos de $3x$. No obstante, observarán al menos un paquete FFD OAM procedente del otro LSP con TTSI erróneo durante sus respectivos intervalos de $3x$. Esto originará una condición dTTSI_Mismatch en cada LSP y los dos entrarán en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando la condición de defecto dTTSI_Mismatch.

En el segundo caso, el LSP-1 no observará ninguno de sus paquetes FFD OAM en un intervalo de $3x$. No obstante, durante este mismo intervalo, podrá o no observar paquetes CV OAM procedentes de LSP-2 y entonces declarará un dLOCV (si no ha recibido ningún paquete CV OAM de LSP-2 durante el intervalo de $3x$ o dTTSI_Mismatch (si recibe un paquete CV OAM de LSP-2 durante el intervalo de $3x$). Así, LSP-1 entrará en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando la condición de defecto dLOCV o dTTSI_Mismatch.

En el segundo caso, LSP-2 no observará ninguno de sus paquetes CV OAM en un intervalo de 3 segundos mientras persiste el defecto. No obstante, observará al menos un paquete FFD OAM con TTSI erróneo. Así, LSP-2 entrará en un estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando la condición dTTSI_Mismatch.

iii) Derivación errónea de un LSP con FFD OAM (denominado LSP-1) en otro LSP-2

En el caso más simple de derivación errónea, los paquetes FFD OAM procedentes del LSP-1 se transfieren a LSP-2 (sin que se espere una réplica), por lo que LSP-1 no observará ningún paquete FFD OAM en un intervalo de $3x$. Esto originará una condición de fallo de señal y LSP-1 entrará en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando la condición de defecto

dLOCV. Obsérvese que es posible que LSP-1 vea sus propios paquetes (y no observe ningún defecto), pero que LSP-2 observe los paquetes procedentes de LSP-1 debido a una réplica inesperada de la red.

En el caso de LSP-2, pueden darse dos situaciones distintas:

- 1) LSP-2 también está configurado con paquetes FFD OAM; y
- 2) LSP-2 no está configurado con paquetes FFD OAM.

En el primer caso, LSP-2 observará paquetes FFD OAM con TTSI correcto e incorrecto en un intervalo de $3x$. Esto hará que LSP-2 detecte la derivación errónea y entre en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando una condición de defecto dTTSI_Mismerge.

En el segundo caso, LSP-2 observará que en un intervalo de 3 s está recibiendo paquetes CV OAM con TTSI correcto así como paquetes FFD OAM con TTSI incorrecto. Esto también hará que el LSP-2 detecte la derivación errónea y entre en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando la condición de defecto dTSSI_Mismerge.

iv) Derivación errónea de un LSP sin detección rápida de fallos (denominado LSP-2) en un LSP con FFD OAM (denominado LSP-1)

LSP-1 observará, además de sus paquetes FFD OAM, un paquete CV OAM procedente de LSP-2. (Es necesario indicar que el paquete CV OAM será observado, pero puede no estar dentro del intervalo de $3x$ segundos después de la derivación errónea.) Esto hará que LSP-1 detecte la derivación errónea y entre en estado de defecto del extremo cercano del destino del camino, declarando la condición de defecto dTTSI_Mismerge.

BIBLIOGRAFÍA

ALLAN *et al*: Framework for MPLS user-plane OAM, *draft-allan-mpls-oam-frwk-02.txt*, abril de 2002.

NADEAU THOMAS *et al*: OAM Requirements for MPLS Networks, *draft-ietf-mpls-oam-requirements-01.txt*, junio de 2003.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación