

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Serie G
Suplemento 43
(11/2006)

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

**Transporte de 10G base-R IEEE en redes
ópticas de transporte**

Recomendaciones UIT-T de la serie G – Suplemento 43



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

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

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

Suplemento 43 a las Recomendaciones UIT-T de la serie G

Transporte de 10G Base-R IEEE en redes ópticas de transporte

Resumen

En este Suplemento se describen varias metodologías para el transporte de 10G LAN PHY a través de redes de transporte SDH y OTN. Puesto que en algunas de dichas metodologías se emplean velocidades, formatos y correspondencias que no se definen en las Recomendaciones del UIT-T, en este Suplemento se analizan varios de sus atributos, a fin de orientar acerca de su utilización en los diferentes contextos de red.

Este Suplemento se relaciona con [UIT-T G.872], [UIT-T G.709/Y.1331], [UIT-T G.798], [UIT-T G.707/Y.1322], [UIT-T G.8010/Y.1306], [UIT-T G.8012/Y.1308], [UIT-T G.959.1] y [UIT-T G.696.1].

Orígenes

El Suplemento 43 a las Recomendaciones UIT-T de la serie G fue aceptado el 10 de noviembre de 2006 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T.

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 publicación, 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 publicación es voluntaria. Ahora bien, la publicación 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 publicación 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 publicaciones.

En la fecha de aprobación de la presente publicación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta publicación. 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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones.....	2
3.1 Términos definidos en otras Recomendaciones	2
3.2 Términos definidos en este Suplemento.....	2
4 Abreviaturas, siglas o acrónimos	2
5 Convenios	2
6 Correspondencias normalizadas	2
6.1 10G base-W (WAN PHY) a través del STM-64	2
6.2 Correspondencia GFP-F de cabida útil 10G BASE-R (LAN PHY) únicamente en la OPU2	3
7 Correspondencias no normalizadas	3
7.1 Correspondencia transparente a los bits entre la señal 10G base-R y la OPU2e	3
7.2 Correspondencia transparente a los bits entre la señal 10G base-R y la OPU1e	4
7.3 Transporte de cabida útil y preámbulo transparente a la información y conforme a la velocidad binaria G.709.....	5
8 Características de las correspondencias alternativas	6
8.1 Conforme a la velocidad binaria G.709.....	7
8.2 Interfaces entre dominios/dentro de dominios	8
8.3 Temporización y sincronización.....	8
8.4 Características ópticas	8
8.5 Multiplexación, multiservicios	8
8.6 Transparencia	9
8.7 Supervisión de la BER.....	10

Suplemento 43 a las Recomendaciones UIT-T de la serie G

Transporte de 10G Base-R IEEE en redes ópticas de transporte

1 Alcance

En este Suplemento se describen varias metodologías para el transporte de señales 10G Base-R en redes ópticas de transporte (OTN, *optical transport network*) a través de formatos de trama ODU2 o del tipo ODU2 no normalizado (esto es, cuyas velocidades, formatos y correspondencias no se definen en las Recomendaciones del UIT-T). Se describen varios atributos de las posibles soluciones, con miras a orientar acerca de cuáles metodologías son las más adecuadas para cada entorno de red.

El hecho de haber incluido en este Suplemento una correspondencia que no está normalizada actualmente, no excluye que un futuro se la tenga en cuenta en una norma.

2 Referencias

- [UIT-T G.694.1] Recomendación UIT-T G.694.1 (2002), *Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de frecuencias con multiplexación por división de longitud de onda densa.*
- [UIT-T G.696.1] Recomendación UIT-T G.696.1 (2005), *Aplicaciones de la multiplexación por división en longitud de onda densa en el intradominio longitudinalmente compatibles.*
- [UIT-T G.707/Y.1322] Recomendación UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- [UIT-T G.709/Y.1331] Recomendación UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces para la red óptica de transporte.*
- [UIT-T G.798] Recomendación UIT-T G.798 (2006), *Características de los bloques funcionales del equipo de la jerarquía de la red óptica de transporte.*
- [UIT-T G.870/Y.1352] Recomendación UIT-T G.870/Y.1352 (2004), *Términos y definiciones para redes ópticas de transporte.*
- [UIT-T G.872] Recomendación UIT-T G.872 (2001), *Arquitectura de las redes ópticas de transporte, más corrigendum 1 (2005).*
- [UIT-T G.959.1] Recomendación UIT-T G.959.1 (2006), *Interfaces de capa física de red óptica de transporte.*
- [UIT-T G.8001/Y.1354] Recomendación UIT-T G.8001/Y.1354 (2006), *Términos y definiciones para las tramas Ethernet por redes de transporte.*
- [UIT-T G.8010/Y.1306] Recomendación UIT-T G.8010/Y.1306 (2004), *Arquitectura de redes de capa Ethernet, más enmienda 1 (2006).*
- [UIT-T G.8012/Y.1308] Recomendación UIT-T G.8012/Y.1308 (2004), *Interfaces usuario-red para Ethernet y red-red para Ethernet, más enmienda 1 (2006).*
- [UIT-T G.8251] Recomendación UIT-T G.8251 (2001), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en la red óptica de transporte.*

[IEEE 802.3] IEEE 802.3 (2005), *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications.*

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otras Recomendaciones

Este Suplemento utiliza los términos siguientes definidos en otras Recomendaciones.

3.1.1 preámbulo: Véase [IEEE 802.3]. 7 octetos que anteceden al delimitador de inicio de trama (SFD) antes de un paquete Ethernet/unidad de tráfico. Se empleaba originalmente para la detección de colisión en interfaces Ethernet semidúplex que funcionan a velocidades menores o iguales que 100 Mbit/s.

3.1.2 intervalo entre paquetes (IPG, *inter-packet gap*): Véase [IEEE 802.3]. Retraso de paquetes CSMA/CD o intervalo de tiempo transcurrido entre ellos, que tiene como fin proporcionar tiempo de recuperación entre tramas para otras subcapas CSMA/CD y para el medio físico.

3.1.3 delimitador de inicio de trama (SFD, *start of frame delimiter*): Véase [IEEE 802.3]. El campo SFD tiene la secuencia 10101011. Viene inmediatamente después del patrón de preámbulo e indica el inicio de una trama.

3.2 Términos definidos en este Suplemento

Ninguno.

4 Abreviaturas, siglas o acrónimos

En este Suplemento se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

CBR10G: Véase [UIT-T G.870/Y.1352].

CBR2.5G: Véase [UIT-T G.870/Y.1352].

IaDI: Véase [UIT-T G.870/Y.1352].

IrDI: Véase [UIT-T G.870/Y.1352].

OCC, OCCr: Véase [UIT-T G.870/Y.1352].

5 Convenios

Ninguno.

6 Correspondencias normalizadas

6.1 10G base-W (WAN PHY) a través del STM-64

En [IEEE 802.3] se define una interfaz WAN para la compatibilidad con el transporte SDH/SONET. En el dominio Ethernet, esta interfaz se soporta mediante una subcapa de interfaz WAN (cláusula 50 de [IEEE 802.3]) que limita la velocidad efectiva de datos en XGMII de 10 Gbit/s a 9,95328 Gbit/s, antes de la codificación 64B/66B y la inserción en una trama de formato SDH/SONET. En el anexo F de [UIT-T G.707/Y.1322] se ilustra la correspondencia de estos datos con la trama de una SDH STM-64 (VC-4-64c).

Aun si la interfaz sólo proporciona una precisión de reloj de ± 20 ppm, que requiere la cláusula 50 de [IEEE 802.3], en lugar de las tolerancias de reloj SDH ($\pm 4,6$ ppm), puede ser transportada en la ODU2, conforme a la correspondencia especificada en la cláusula 17.1.2 de [UIT-T G.709/Y.1331].

6.2 Correspondencia GFP-F de cabida útil 10G BASE-R (LAN PHY) únicamente en la OPU2

Es posible efectuar una correspondencia transparente de cabida útil, según la cláusula 7.3 de [UIT-T G.709/Y.1331], utilizando los siguientes procesos:

- Terminar (sumidero) el código de línea 64B/66B, el preámbulo, el SFD y el IPG conforme a lo especificado en [IEEE 802.3].
- Aplicar el procedimiento de entramado genérico con correspondencia de trama (GFP-F).
- Codificar en una OPU2, conforme a la cláusula 7.3 de [UIT-T G.709/Y.1331].

Suponiendo que las tramas MAC no rebasan, en promedio, el tamaño máximo especificado en [IEEE 802.3] (1518 octetos, sin contar el preámbulo ni el SFD, ni el IPG), la velocidad binaria requerida, para una señal que es +100 ppm diferente de la nominal, es aproximadamente 9 922 968,791 kbit/s.

Si se utilizan tramas extendidas de tamaño máximo, la velocidad binaria requerida, para una señal que es +100 ppm diferente de la nominal, es aproximadamente 9 995 002,399 kbit/s.

Cabe observar que en la correspondencia de tramas GFP en la OPU_k, que se especifica en la cláusula 7.3 de [UIT-T G.709/Y.1331], se dispone de toda la zona de cabida útil OPU2 de 9 995 277 kbit/s (en otras palabras, no están presentes los bytes de relleno fijo de la correspondencia CBR10G). En el caso de una OPU2 que funciona a una velocidad binaria que es -20 ppm diferente de la nominal, este valor se reduce a 9 995 077,058 kbit/s.

De haber una terminación conforme a la norma 802.3, esta correspondencia permite transportar completamente cada unidad de tráfico ETH_CI de una señal 10G base-R a través de una OPU2. En el cuadro V.4 de [UIT-T G.7041/Y.1303] se especifica una caracterización del caudal (sin incluir la tara) de señales 10G base-R como función de las correspondencias GFP. El caudal MAC de una interfaz 10G base-R, en el supuesto de que se tenga la peor situación posible, esto es tramas extendidas de 9618 bytes, es igual a 9 986 502 bit/s. El caudal MAC de la correspondencia GFP de las mismas tramas MAC en una ODU2 es 9 986 970 bit/s, que es mayor que el requerido para transportar toda la cabida útil MAC de una señal 10G base-R.

7 Correspondencias no normalizadas

Se trata de velocidades, formatos y correspondencias que no se definen completamente en las Recomendaciones del UIT-T.

7.1 Correspondencia transparente a los bits entre la señal 10G base-R y la OPU2e

Esta correspondencia se sirve del esquema de correspondencia de señal CBR10G en OPU2, definido en la cláusula 17.1.2 de [UIT-T G.709/Y.1331]. La señal de cliente, 10GbE LAN PHY, con bytes de relleno fijos, se pone en una señal de tipo OPU, luego en una de tipo ODU y por último en una de tipo OTU, que se denominan OPU2e, ODU2e y OTU2e, respectivamente. Cuando se utiliza esta correspondencia, hay que sincronizar la señal OTU2e a una velocidad binaria nominal de 11,0957 Gbit/s, que es diferente de la velocidad binaria nominal OTU2 normalizada, es decir de 10,709225316 Gbit/s. De otra parte, puesto que la señal se forma tras superponer una señal con la tolerancia de reloj de la señal Ethernet subyacente (± 100 ppm), en lugar de la de la normalizada para la señal norma OTU2 (± 20 ppm), no se pueden aplicar los métodos normalizados para el control de la fluctuación de fase ni de la fluctuación lenta de fase especificados en [UIT-T G.8251].

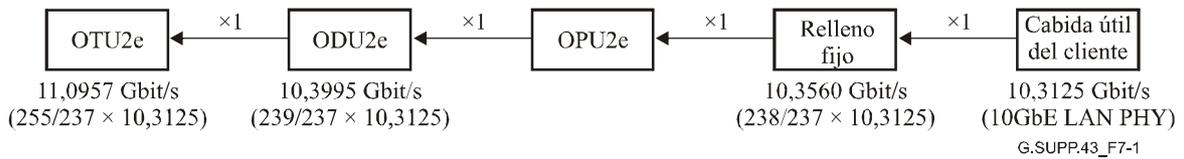


Figura 7-1 – Estructura de correspondencia con relleno fijo

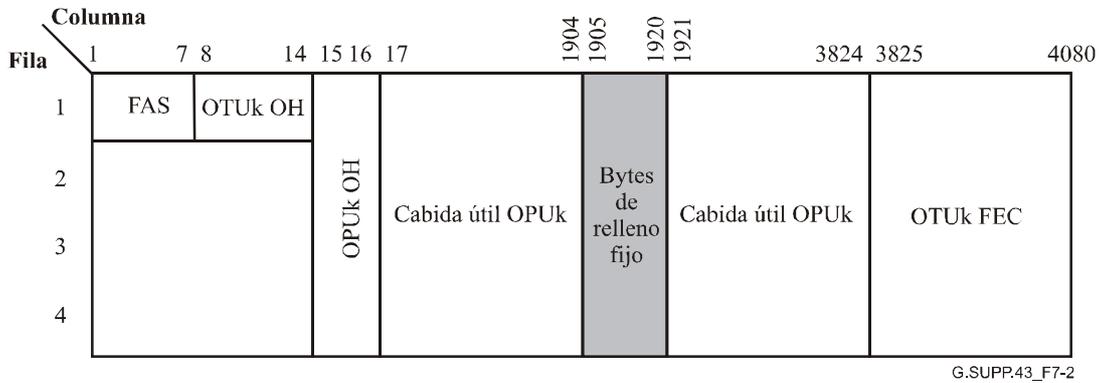


Figura 7-2 – Trama de correspondencia con bytes de relleno fijo

7.2 Correspondencia transparente a los bits entre la señal 10G base-R y la OPU1e

Esta correspondencia utiliza la correspondencia de señal CBR2G5 con la OPU1, que se define en la cláusula 17.1.1 de [UIT-T G.709/Y.1331]. Si bien posee los mismos atributos que la correspondencia de la cláusula 7.1, dado que los bytes de relleno fijo de la correspondencia CBR10G no se dejan libres la velocidad binaria general es un poco menor (11,0491 Gbit/s en lugar de 11,0957 Gbit/s). Tal como ocurre en el caso de la cláusula 7.1, vale la tolerancia de reloj de la señal Ethernet subyacente (± 100 ppm) en lugar de la de la normalizada para la señal norma OTU2 (± 20 ppm), con lo cual no se pueden aplicar los métodos normalizados para el control de la fluctuación de fase ni de la fluctuación lenta de fase especificados en [UIT-T G.8251].

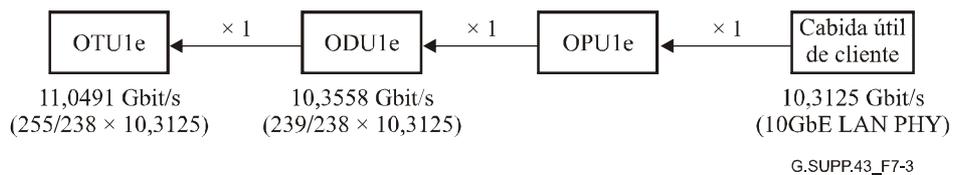


Figura 7-3 – Estructura de correspondencia sin relleno fijo

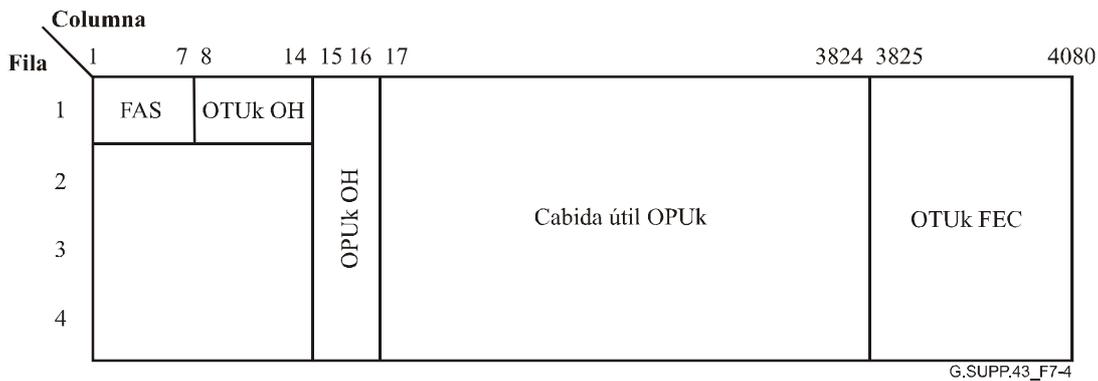


Figura 7-4 – Trama de correspondencia con bytes de relleno fijo

7.3 Transporte de cabida útil y preámbulo transparente a la información y conforme a la velocidad binaria G.709

Se utiliza la información 64B/66B para delimitar datos y conjuntos ordenados

Una señal 10 GbE LAN se compone de varias capas, como se muestra en la figura 7-5.

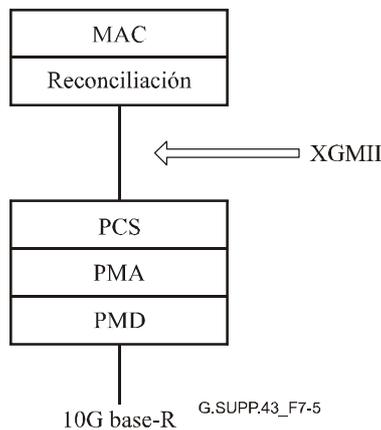


Figura 7-5 – 10 Modelo GbE LAN

En la cláusula 49 de [IEEE 802.3] se describe la subcapa PCS.

Encapsulado GFP-F

Se encapsulan los datos de usuario mediante un encabezamiento GFP-F de 8 bytes.

Los conjuntos ordenados se encapsulan utilizando un encabezamiento GFP-F de 8 bytes. El primer byte del conjunto ordenado tiene los cuatro bits más significativos puestos a todo ceros, y los cuatro menos significativos iguales al código O. De esta manera, se pueden transferir tanto los conjuntos ordenados de secuencia como los de señal. Los tres bytes siguientes contienen los tres bytes de datos del conjunto ordenado.

El encabezamiento de 8 bytes está compuesto por:

- 2 bytes – Indicador de longitud PDU (PLI, *PDU length indicator*)
- 2 bytes – cHEC
- 2 bytes – Tipo GFP
- 2 bytes – tHEC

En la figura 6-5 de [UIT-T G.7041/Y.1303] se muestra el campo Tipo GFP.

El campo UPI indica que se trata de datos o conjuntos ordenados. Los demás campos son estáticos.

- PTI = 000 (datos de cliente)
- PFI = 0 (sin FCS)
- EXI = 0000 (encabezamiento de extensión nulo)
- UPI = privado (1111 1101 preferido (nuevo código para datos codificados 64B/66B para 10GbE))
= privado (1111 1110 preferido (nuevo código para conjuntos ordenados 64B/66B para 10GbE))

NOTA – No se transfieren los códigos de control, como Idle y Error, ni los reservados. Los puntos de código UPI forman parte del intervalo reservado para utilización privada, conforme a [UIT-T G.7041/Y.1303].

Correspondencia con OPU2

La señal 10GbE LAN no transmite información de temporización ni de sincronización, con lo cual no hace falta relleno. Los bits "específicos de la correspondencia y la concatenación" de la tara OPU (bytes 1, 2, y 3 de la columna 15, y toda la columna 16) sirven para transportar datos.

El tipo de cabida útil (privado, 1000 0111 preferido) que se denomina "correspondencia 64B/66B de tramas GFP-F", del intervalo de códigos de utilización privada atribuido por [UIT-T G.709/Y.1331], se emplea para distinguir esta correspondencia del entramado normalizado GFP-F que se describe en la cláusula 6.2.

8 Características de las correspondencias alternativas

En el cuadro 8-1 se resumen las características y la aplicabilidad de cada una de las correspondencias. En las cláusulas señaladas allí se proporciona más información sobre cada una de ellas.

Cuadro 8-1 – Características de las correspondencias alternativas

Correspondencia	Cláusula 6.1	Cláusula 6.2	Cláusula 7.1	Cláusula 7.2	Cláusula 7.3
Conforme a la velocidad binaria G.709 (véase 8.1)	Sí	Sí	No	No	Sí
IrDI/IaDI (véase 8.2)	Ambas	Ambas	Sólo IaDI	Sólo IaDI	Ambas
Tolerancia de reloj de señal Ethernet de cliente (véase 8.3)	±20 ppm (Nota 1)	±100 ppm	±100 ppm	±100 ppm	±100 ppm
Tolerancia de reloj de señal ODUxx (véase 8.3)	±20 ppm	±20 ppm	±100 ppm	±100 ppm	±20 ppm
Fluctuación de fase/Fluctuación lenta de fase conforme a [UIT-T G.8251] (véase 8.3)	Sí	Sí	No	No	Sí
Clase afluente óptica G.959.1 (véase 8.4)	NRZ/RZ 10G	NRZ/RZ 10G	NRZ/RZ 40G	NRZ/RZ 40G	NRZ/RZ 10G
Clase de cliente G.696.1 (véase 8.4)	10G	10G	40G	40G	10G
Múltiplex a 40G conforme a [UIT-T G.709/Y.1331] (véase 8.5)	Sí	Sí	No	No	Sí
Cabida útil de velocidad completa de transporte (véase 8.6)	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Preámbulo y cabida útil de velocidad completa de transporte (véase 8.6)	Sí	No	Sí	Sí	Sí
IPG de transporte (véase 8.6)	Sí	No	Sí	Sí	No
Transparencia completa a los bits (véase 8.6)	Sí	No	Sí	Sí	No
Soporte de la utilización privada confidencial de subcapa MAC o PCS (véase 8.6)	Sí	No	Sí	Sí	Sí (Nota 2)
Supervisión BER basada en PCS (véase 8.7)	Sí	No	Sí	Sí	No
<p>NOTA 1 – En [IEEE 802.3] se especifica un valor de ±20 ppm para la tolerancia de reloj en una interfaz 10G base-W. En [UIT-T G.707/Y.1322] se indica que se pueden transportar las señales 10G base-W con una tolerancia de reloj más estricta, esto es ±4,6 ppm, como STM64 en una red SDH. No obstante, la correspondencia con ODU2 soporta cualquier señal CBR10G, incluidas STM64 y 10G base-W, cuya tolerancia de reloj sea ±20 ppm.</p> <p>NOTA 2 – Se soporta la utilización privada del preámbulo, mas no del IPG.</p>					

8.1 Conforme a la velocidad binaria G.709

La velocidad binaria G.709 que se suele emplear para transportar señales de 10 Gbit/s es OPU2. La velocidad binaria nominal de una cabida útil OPU2 es 9 995 276,962 kbit/s, con lo cual es posible transportar señales directamente utilizando correspondencias como GFP-F, o a través del STM-64 con la correspondencia CBR10G especificada en la cláusula 17.1.2 de [UIT-T G.709/Y.1331]. Las correspondencias conformes a la velocidad binaria G.709 constituyen señales que se pueden transmitir en las redes, con arreglo a la arquitectura OTN especificada en [UIT-T G.872].

8.2 Interfaces entre dominios/dentro de dominios

En [UIT-T G.872] se especifican dos tipos de interfaces que se pueden utilizar en la red óptica de transporte. Las interfaces entre dominios (IrDI, *inter-domain interfaces*) son interfaces normalizadas que se pueden utilizar en los puntos de traspaso entre operadores o entre equipos de diferentes fabricantes en el dominio de un mismo operador. Las interfaces dentro de dominios (IaDI, *intra-domain interfaces*) se suelen aplicar solamente dentro de la porción de un mismo fabricante en una red de operador, a fin de permitir la utilización de la tecnología óptica, la gestión de dispersión, etc. en el contexto de sistemas de línea óptica de larga distancia.

Las correspondencias de señales 10G base-R a través de la OPU2e y la OPU1e son, conforme a las cláusulas 7.1 y 7.2, inherentemente interfaces entre dominios. No son señales con velocidad binaria G.709 normalizada. No interfuncionan con las correspondencias normalizadas de Ethernet, por ejemplo, mediante la GFP-F. Los dos mecanismos sobresincronizados no interfuncionan entre sí. De esta manera, dichas señales sólo se utilizan, por lo general, en configuraciones punto a punto entre equipos que tienen la misma correspondencia.

8.3 Temporización y sincronización

La tolerancia de temporización de señales G.709 es ± 20 ppm. La tolerancia de temporización de señales Ethernet 10G base-R es ± 100 ppm. Aquellas correspondencias en las que simplemente se comprime la señal Ethernet en una trama del tipo G.709 (por ejemplo, las que se describen en las cláusulas 7.1 y 7.2) derivan su temporización de la señal Ethernet, y por lo tanto poseen una precisión de temporización de ± 100 ppm.

En [UIT-T G.8251] se trata con detalle el control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en señales G.709 cuya precisión de temporización es ± 20 ppm. No se ha efectuado un análisis equivalente para el caso de señales basadas en el Ethernet con precisión de temporización de ± 100 ppm. Por lo general, sólo conviene emplear señales con precisión ± 100 ppm en situaciones punto a punto, donde no sea un problema la acumulación de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase.

8.4 Características ópticas

En [UIT-T G.959.1] se especifican clases de afluentes ópticos para el funcionamiento 10G que se pueden aplicar a señales desde 2,4 Gbit/s hasta 10,71 Gbit/s. Las señales por encima de 10,71 Gbit/s, incluidas las dos correspondencias sobresincronizadas, sólo entran en la gama 40G que va de 9,9 Gbit/s a 43,02 Gbit/s. En [UIT-T G.696.1] se especifica un conjunto similar a similar de gamas para las clases de cliente de 10G y 40G. Dado que las señales conformes a 7.1 y 7.2 se salen del intervalo para 10G, las características espectrales van más allá de la norma de canal 10G, que debería tenerse en cuenta al escoger la malla apropiada de frecuencias para el transporte de dichas señales.

8.5 Multiplexación, multiservicios

En [UIT-T G.709/Y.1331] se trata la multiplexación de señales de 10 Gbit/s desde una ODU2 a una ODU3. Gracias a esta jerarquía de multiplexación es posible una utilización óptima de la capacidad de la fibra, al transportar la mayor cantidad de bits por longitud de onda.

Siempre que se utilicen en la red señales con velocidad binaria normalizada es fácil efectuar la multiplexación a 40 Gbit/s, como se especifica en la cláusula 19 de [UIT-T G.709/Y.1331]. Es posible contar con multiservicios en la red: no es necesario que todas las ODU2 a 10 Gbit/s transporten el mismo tipo de señal. Las señales ODU2 que transportan cabidas útiles diversas, como STM-64, Ethernet con correspondencia GFP-F, o a su vez la multiplexación de cuatro señales ODU1 de 2,5 Gbit/s, se pueden combinar en la misma longitud de onda de 40 Gbit/s.

No obstante, este mecanismo de multiplexación se aplica a señales con velocidad binaria (10 037 273,924 kbit/s) y tolerancia de temporización (± 20 ppm) normalizadas. No se especifica en el caso de las velocidades binarias no normalizadas (por ejemplo, la ODU2e (10,3995 Gbit/s) y la ODU1e (10,3558 Gbit/s) que se describen en las cláusulas 7.1 y 7.2, respectivamente, las cuales no pueden multiplexarse con ninguna señal de velocidad binaria normalizada o entre ellas mismas. Asimismo, se indican las oportunidades de relleno del mecanismo de multiplexación G.709, basándose en el supuesto de que la tolerancia de temporización fuera ± 20 ppm.

8.6 Transparencia

Ethernet es una tecnología basada en paquetes. En la cláusula 6 de [UIT-T G.8010/Y.1306] se señala que la información característica de una Red de capa Ethernet es un flujo no contiguo de unidades de tráfico ETH_CI, cada una de las cuales se compone de una dirección de destino, una dirección de origen y una Unidad de datos de servicio MAC, delimitadas por encabezamientos y colas que dependen del enlace.

8.6.1 Transparencia de la información

En todas las correspondencias sobre las que trata este Suplemento se transporta el flujo de unidades de tráfico ETH_CI y, por consiguiente, son transparentes a la información característica de red de capa Ethernet.

8.6.2 Transparencia de trama MAC

En el cuadro 8-2 se resumen los encabezamientos y las colas específicas del enlace, que se emplean en las unidades de tráfico ETH_CI transportadas mediante las correspondencias descritas en este Suplemento.

Cuadro 8-2 – Encabezamientos y colas ETH_CI utilizadas en varias correspondencias

Correspondencia (cláusula)	Formato de encabezamiento	Formato de cola	Relleno entre tramas
6.1	Preámbulo + SFD	MAC FCS	IPG
6.2	Encabezamiento GFP	MAC FCS	GFP Idle
7.1	Preámbulo + SFD	MAC FCS	IPG
7.2	Preámbulo + SFD	MAC FCS	IPG
7.3	Encabezamiento GFP + Preámbulo + SFD	MAC FCS	GFP Idle

En [IEEE 802.3] se consideran como taras no como cabidas útiles los preámbulos, los SFD y los IPG. Éstos no transitan por un puente o un repetidor en ninguna tecnología Ethernet dúplex normalizada. En principio, se los puso en formato de trama a fin de soportar la detección de colisiones en interfaces Ethernet semidúplex a velocidades menores o iguales que 100 Mbit/s. Dado que se genera efectivamente un "espacio libre" para interfaces dúplex, ha habido casos en los que se han empleado el preámbulo y el IPG para transmitir datos a efectos privados y confidenciales.

En ocasiones, se ha indicado que tanto el preámbulo como el IPG deberían transportarse intactos a través de una red de transporte. Para satisfacer este requisito de transporte de Ethernet no normalizado, a veces es necesario recurrir en la red de transporte a correspondencias no normalizadas.

8.6.3 Transparencia completa de velocidad

Como ya se dijo, Ethernet es una tecnología basada en paquetes. Hay interfaces Ethernet para muchas velocidades. Se pueden emplear varias velocidades o interfaces diferentes en la misma red Ethernet, en la que los flujos de paquetes se encaminan hacia sus destinos a través de puentes en la red.

Tratándose Ethernet de una tecnología de paquetes en lugar de una de circuitos, no se puede garantizar que el ancho de banda sea suficiente para transportar todos los paquetes encaminados a través de un enlace determinado. Lo anterior puede deberse a que hay varias velocidades de enlace en la red, o simplemente porque los paquetes pueden llegar a un puente a través de muchos enlaces diferentes encaminados al mismo enlace, con lo cual se rebasa la capacidad de dicho enlace. Esta congestión puede provocar retardos y que se descarten paquetes cuando se supera la capacidad de la memoria intermedia en el puente. Todo lo anterior forma parte del funcionamiento normal de Ethernet.

Con todo, en algunas ocasiones es importante transportar todos los paquetes de una interfaz 10G Ethernet base-R a través de una red de transporte.

La correspondencia que se describe en la cláusula 6.1 se logra gracias a una interfaz 10G base-W (10G WAN PHY) en un puente Ethernet. El funcionamiento normal de puente Ethernet provocará un flujo máximo de paquetes a través de ese enlace que es aproximadamente 3% menos que el máximo posible cuando se utiliza una interfaz 10G base-R (10G LAN PHY).

La correspondencia descrita en la cláusula 6.2 permite transportar con la velocidad completa de una interfaz 10G base-R, aun si la velocidad binaria en serie de que se dispone en la OPU2 es inferior. Los motivos para que se pueda soportar el mismo flujo de paquetes a una velocidad inferior son:

- La utilización del aleatorizador OTN (cláusula 11.2 de [UIT-T G.709/Y.1331]) en lugar de la codificación 64B/66B, con el fin de garantizar las transiciones requeridas para el entramado de la señal recibida.
- La utilización de GFP para la delimitación de paquetes en lugar del entramado MAC. El encabezamiento GFP emplea el mismo número de octetos que el preámbulo y el SFD, pero en el caso del entramado MAC se requiere un IPG (mínimo 12 octetos) después del MAC FCS.

Las correspondencias no normalizadas (cláusulas 7.1 y 7.2) sólo son necesarias si se pretende obtener tanto la velocidad de paquete completa 10G base-R como la transparencia de trama MAC (véase la cláusula 8.6.2), que pudieran permitir la utilización no normalizada del preámbulo y del IPG, o de la subcapa PCS.

8.7 Supervisión de la BER

En [UIT-T G.709/Y.1331] se proporciona la estructura de trama ODUk para la supervisión BER, independientemente de la señal de cliente transmitida, mediante una prueba de paridad BIP-8. Se dispone de ella en el trayecto (ODUk) y en la capa de sección (OTUk), además de hasta en seis capas de supervisión de conexión en cascada.

De otra parte, las correspondencias que transportan codificación 64B/66B de la subcapa PCS puede efectuar la supervisión BER desde la terminación MAC hasta la terminación MAC dentro de la capa del cliente propiamente dicha, a través de la detección de palabras de código 66B no válidas.

Si bien las correspondencias que decodifican 64B/66B antes de transmitir los paquetes (por ejemplo, la de la cláusula 6.2 con entramado GFP-F) pueden seguir utilizando esta codificación para la supervisión BER, a través de los segmentos del trayecto, gracias a una interfaz física 10G base-R, deberían emplear el BIP-8 dentro de la tara ODU2 para la supervisión de la BER en segmentos OTN del trayecto.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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