



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.959.1

(02/2001)

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

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –
Sistemas de línea digital

**Interfaces de capa física de red de transporte
óptica**

Recomendación UIT-T G.959.1

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
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959

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

Recomendación UIT-T G.959.1

Interfaces de capa física de red de transporte óptica

Resumen

Esta Recomendación se centra en los valores de parámetros ópticos de las interfaces interdominios unicanal y multicanal pre-OTN, y proporciona un marco para las interfaces físicas OTN.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.959.1, preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 9 de febrero de 2001.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2002

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, 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	Términos y definiciones.....	2
3.1	Definiciones	2
3.1.1	Señal de afluente óptica.....	2
3.1.2	Clase de señal de afluente óptica NRZ 2,5G.....	2
3.1.3	Clase de señal de afluente óptica NRZ 10G.....	2
3.1.4	Sección de transmisión óptica de orden 1 (OTS1).....	3
3.1.5	Sección de transmisión óptica de orden n (OTSn).....	3
3.1.6	Pre-OTN	3
3.2	Términos definidos en otras Recomendaciones.....	3
4	Abreviaturas.....	3
5	Clasificación de las interfaces ópticas	5
5.1	Aplicaciones.....	5
5.2	Puntos de referencia.....	6
5.3	Nomenclatura.....	8
5.4	Interfaces interdominios multicanal.....	9
5.4.1	Interfaces interdominios multicanal de corta distancia con amplificación....	10
5.4.2	Interfaces interdominios multicanal intracentral sin amplificación.....	11
5.4.3	Interfaces interdominios multicanal de corta distancia sin amplificación.....	12
5.5	Interfaces interdominios monocanal.....	12
5.6	Implementación de señales de gestión.....	15
6	Compatibilidad transversal	15
7	Definiciones de parámetros	15
7.1	Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema	15
7.2	Parámetros	15
7.2.1	Información general.....	17
7.2.2	Interfaz en el punto MPI-S _M	18
7.2.3	Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S _M al MPI-R _M	19
7.2.4	Interfaz en el punto MPI-R _M	21
7.2.5	Interfaz en el punto S _M -S.....	23
7.2.6	Trayecto óptico del punto S _M -S al R _S -M	23

	Página
7.2.7 Interfaz en el punto R _{S-M}	24
8 Valores de parámetros	24
8.1 IrDI multicanal.....	24
8.2 IrDI monocanal	26
9 Consideraciones de seguridad óptica	31
10 Gestión de nivel de potencia	31
Anexo A – Configuración del método A de evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal	31
A.1 Configuración de referencia.....	31
Anexo B – Características del filtro paso banda óptico y del receptor de referencia del método B, para la evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal.....	32
B.1 Configuración de referencia.....	32
B.2 Filtro paso banda óptico de referencia.....	33
B.2.1 Parámetros del filtro óptico	33
B.3 Receptor de referencia	34
Apéndice I – Interfaces de cliente monocanal con regeneración 3R	35
I.1 Introducción	35
I.2 Descripción de las interfaces de señal de cliente con regeneración 3R.....	35
Apéndice II – Clarificación del uso de puntos de referencia dentro de IrDI e IaDI	37
Apéndice III – Consideraciones sobre las implementaciones de señales de gestión	39
III.1 Implementación de señales de gestión de canal óptico.....	39
III.2 Implementación de señales de gestión de sección múltiplex óptica y de sección de transmisión óptica	39
Apéndice IV – Consideraciones sobre las futuras IaDI	40
IV.1 Interfaces adicionales a considerar	40
IV.2 Parámetros de transferencia de ONE	40
Apéndice V – Aplicación de la relación mínima señal óptica/ruido (OSNFR)	41
V.1 Definición de la relación mínima señal óptica/ruido	41
V.2 Validez del parámetro	42
V.3 Incumplimiento de la especificación de IrDI.....	42
V.4 Métodos de control alternativos.....	43

Recomendación UIT-T G.959.1

Interfaces de capa física de red de transporte óptica

1 Alcance

Esta Recomendación proporciona indicaciones interdominios (IrDI) de capa física pre-OTN para redes ópticas que emplean multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Las especificaciones de capa física son válidas para las IrDI pre-OTN, aunque también se permite su aplicación en IrDI OTN de acuerdo con la Recomendación G.709. En el caso de una IrDI pre-OTN no se requieren las capacidades de gestión OTN. Las IrDI dentro de la red de transporte óptica (OTN) son proporcionadas por sistemas de línea monocanal y multicanal punto a punto unidireccionales. Su finalidad principal es permitir interfaces transversalmente compatibles que salven la demarcación entre los dominios administrativos. Las especificaciones de IrDI incluyen aplicaciones intracentral, de corta distancia y de larga distancia, sin amplificadores de línea.

NOTA – Para los fines de esta Recomendación, se entiende que el término dominio administrativo significa la extensión de los recursos que pertenecen a un actor, tal como un operador de red, el proveedor de un servicio o un usuario de extremo. Los dominios administrativos de diferentes actores no se superponen entre sí.

A fin de proporcionar un marco para la definición de especificaciones de IrDI, la Recomendación incluye los aspectos generales de las consideraciones OTN de capa física. Se presenta un modelo de referencia genérico que define interfaces de capa física entre elementos de red óptica. Las especificaciones se organizan con arreglo a los códigos de aplicación, que tienen en cuenta las muchas posibles combinaciones de cuentas de canales, tipos de señal de afluente óptica, longitud de los tramos, tipos de fibra y configuraciones del sistema. La configuración de referencia y los códigos de aplicación componen el fundamento de la especificación de los parámetros de capa física de interconexión de redes ópticas.

Aunque esta Recomendación inicial se centra en las IrDI punto a punto pre-OTN, también puede aplicarse a las IrDI especificadas en G.709. En la presente Recomendación, sin embargo, no se ha considerado ninguna ganancia posible debida a la utilización de corrección de errores hacia adelante o a la utilización de un canal de supervisión óptico. Futuras versiones de la presente Recomendación y otras nuevas Recomendaciones tratarán con más detenimiento estos aspectos de la OTN, lo que posiblemente implique una reorganización de elementos de red óptica a uno y otro lado de una interfaz de subred óptica, que es más compleja que una configuración punto a punto. Para estas aplicaciones pueden requerirse diferentes parámetros además de los especificados para una configuración punto a punto.

Esta Recomendación supone que las señales de afluentes ópticas transportadas dentro de canales ópticos son digitales más que analógicas. Las especificaciones para sistemas que permiten el transporte de señales de afluentes ópticas seguirán en estudio.

2 Referencias

2.1 Referencias normativas

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás 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 demás 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 demás

referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes.

- UIT-T G.652 (2000), *Características de un cable de fibra óptica monomodo.*
- UIT-T G.653 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.*
- UIT-T G.655 (2000), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión no nula.*
- UIT-T G.664 (1999), *Procedimientos de seguridad óptica y requisitos para sistemas ópticos de transporte.*
- UIT-T G.691 (2000), *Interfaces ópticas para los sistemas monocanal STM-64 y STM-256 y otros sistemas de la jerarquía digital síncrona con amplificadores ópticos.*
- UIT-T G.692 (1998), *Interfaces ópticas para sistemas multicanales con amplificadores ópticos.*
- UIT-T G.709/Y.1331 (2001), *Interfaz para la red de transporte óptico.*
- UIT-T G.872 (1999), *Arquitectura de las redes de transporte ópticas.*
- UIT-T G.957 (1999), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona.*
- CEI 60825-1 (2001), *Safety of laser products. Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide.*
- CEI 60825-2 (2001), *Safety of laser products. Part 2: Safety of optical fibre communication systems.*

2.2 Referencias informativas

Las siguientes Recomendaciones UIT-T contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen otra información pertinente.

- UIT-T G.707/Y.1322 (2000), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona.*
- UIT-T G.871/Y.1301 (2000), *Marco para las Recomendaciones sobre redes de transporte ópticas.*

3 Términos y definiciones

3.1 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes:

3.1.1 señal de afluente óptica: Señal monocanal que se sitúa dentro de un canal óptico para su transporte a través de la red óptica.

3.1.2 clase de señal de afluente óptica NRZ 2.5G: Se aplica a señales digitales continuas con codificación en línea sin retorno a cero de 622 Mbit/s (valor nominal) a 2,67 Gbit/s. En el caso de señales de afluente ópticas OTN, NRZ 2.5G incluye una señal con velocidad binaria OTU1 de acuerdo con UIT-T G.709.

3.1.3 clase de señal de afluente óptica NRZ 10G: Se aplica a señales digitales continuas con codificación en línea sin retorno a cero de 2,4 Gbit/s (valor nominal) a 10,71 Gbit/s. En el caso de señales de afluente ópticas OTN, NRZ 10G incluye una señal con velocidad binaria OTU2 de acuerdo con UIT-T G.709.

3.1.4 sección de transmisión óptica de orden 1 (OTS1, *optical transmission section of orde 1*): Una señal monocanal que provee transporte de un canal óptico entre dos elementos de red óptica.

3.1.5 sección de transmisión óptica de orden n (OTS_n, *optical transmission section of order n*): Señal multicanal que provee transporte de una sección, que a su vez provee transporte de hasta n ($n > 1$) canales ópticos entre dos elementos de red óptica.

3.1.6 pre-OTN: Este término designa los sistemas desplegados con antelación a los futuros sistemas que cumplirán la serie de Recomendaciones relativas a las OTN indicadas en UIT-T G.871. En particular, los sistemas pre-OTN pueden basarse en información de tara específica del cliente para la supervisión de calidad de funcionamiento, la gestión y la conmutación de protección/restablecimiento de las señales de cliente monocanal.

3.2 Términos definidos en otras Recomendaciones

Esta Recomendación utiliza el siguiente término definido en UIT-T G.692:

- Canal de supervisión óptico (OSC, *optical supervisory channel*).

Esta Recomendación utiliza el siguiente término definido en UIT-T G.709:

- OTU_k completamente normalizado (OTU_k, *complete by standardized OTU_k*)

Esta Recomendación utiliza los siguientes términos definidos en UIT-T G.872:

- Interfaz intradominio (IaDI, *intra-domain interface*)
- Interfaz interdominios (IrDI, *inter-domain terface*)
- Canal óptico (OCh, *optical channel*)
- Sección múltiplex óptica (OMS, *optical multiplex section*)
- Sección de transmisión óptica (OTS, *optical transmission section*)
- Regeneración 3R

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas:

2R	(Regeneración) Re-amplificación, reconfiguración (<i>re-amplification, reshaping</i>)
3R	(Regeneración) Re-amplificación, reconfiguración, retiming (<i>re-amplification, reshaping, retiming</i>)
APD	Fotodiodo de avalancha (<i>avalanche photodiode</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
DGD	Retardo diferencial del grupo (<i>differential group delay</i>)
DWDM	Multiplexación por división de longitud de onda densa (<i>dense wavelength division multiplexing</i>)
EA	Electroabsorción (<i>electro-absorption</i>)
EX	Relación de extinción (<i>extinction ratio</i>)
ffs	Queda en estudio (<i>for further study</i>)
IaDI	Interfaz intradominio (<i>intra-domain interface</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
IrDI	Interfaz interdominios (<i>inter-domain interface</i>)

MLM	Modo multilongitudinal (<i>multi-longitudinal mode</i>)
MPI	Interfaz del trayecto principal (<i>main path interface</i>)
MPI-R _M	Punto de referencia de interfaz de trayecto principal de recepción multicanal (<i>multichannel receive main path interface reference point</i>)
MPI-S _M	Punto de referencia de interfaz de trayecto principal de origen multicanal (<i>multichannel source main path interface reference point</i>)
NA	No aplicable (<i>not applicable</i>)
NE	Elemento de red (<i>network element</i>)
NRZ	Sin retorno a cero (<i>non-return to zero</i>)
OA	Amplificador óptico (<i>optical amplifier</i>)
OADM	Multiplexor óptico de adición-supresión (<i>optical add-drop multiplexer</i>)
OCh	Canal óptico (<i>optical channel</i>)
OD	Demultiplexor óptico (<i>optical demultiplexer</i>)
OEO	Óptico-eléctrico-óptico (<i>optical-to-electrical-to-optical</i>)
OM	Multiplexor óptico (<i>optical multiplexer</i>)
OMS	Sección múltiplex óptica (<i>optical multiplex section</i>)
ONE	Elemento de red óptica (<i>optical network element</i>)
OSC	Canal de supervisión óptico (<i>optical supervisory channel</i>)
OSNFR	Relación mínima señal óptica/ruido (<i>optical signal-to-noise floor ratio</i>)
OTN	Red de transporte óptica (<i>optical transport network</i>)
OTS	Sección de transmisión óptica (<i>optical transmission section</i>)
OTS1	Sección de transmisión óptica de nivel 1 (<i>optical transmission section of level 1</i>)
OTS _n	Sección de transmisión óptica de nivel n (<i>optical transmission section of level n</i>)
OTU _k	Unidad k de transporte de canal óptico completamente normalizado (<i>completely standardized optical channel transport unit – K</i>)
PIN	Tipo p-intrínseco-tipo n (<i>P type-intrinsic-n type</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PMD	Dispersión por modo de polarización (<i>polarization mode dispersion</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
RZ	Retorno a cero (<i>return to zero</i>)
R _M	Punto de referencia de recepción multicanal (para los OA de línea) [<i>multichannel receive reference point (for line OAs)</i>]
R _{S-M}	Punto de referencia de recepción monocanal (a multicanal) [<i>single channel (to multichannel) receive reference point</i>]
R _S	Punto de referencia de recepción monocanal (<i>single channel receive reference point</i>)
S _M	Punto de referencia de origen multicanal (para los OA de línea) [<i>multichannel source reference point (for line OAs)</i>]
S _{M-S}	Punto de referencia de origen monocanal (desde multicanal) [<i>single channel (from multichannel) source reference point</i>]

S _s	Punto de referencia de origen monocanal (<i>single channel source reference point</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SLM	Modo monolongitudinal (<i>single-longitudinal mode</i>)
SONET	Red óptica síncrona (<i>synchronous optical network</i>)
VSR	Muy corto alcance (<i>very short reach</i>)
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Clasificación de las interfaces ópticas

5.1 Aplicaciones

Esta Recomendación trata los sistemas ópticos monocanal y multicanal pre-OTN dentro de la red de transporte óptica (OTN, *optical transport network*) y proporciona parámetros y valores de interfaz óptica para una gama de aplicaciones de interfaz interdominios.

Como se indica en UIT-T G.872, se requiere una interconexión normalizada para interconectar dominios administrativos en una configuración punto a punto.

El interfuncionamiento entre diferentes dominios administrativos también requiere la especificación de la información característica que es transferida a través de la interfaz interdominios (IrDI) como se describe en UIT-T G.707, UIT-T G.709 u otras especificaciones. La definición de esta información característica, que incluye la asignación de velocidad binaria, formato y octetos de la señal, está fuera del alcance de esta Recomendación.

El actual estado del desarrollo de la tecnología y del despliegue de sistemas de transporte ópticos proporciona oportunidades algo limitadas de interfuncionamiento entre dominios administrativos en comparación con la arquitectura objetivo descrita en UIT-T G.872. En particular, se prevé que inicialmente se desplegarán islas OTN dentro de un único dominio administrativo. La interconexión entre dominios y la interconexión de la OTN con redes de transporte existentes (por ejemplo, redes PDH y SDH) se obtendrá mediante un tipo simplificado de interfaz IrDI denominada pre-OTN en esta Recomendación. La cláusula 8/G.872 describe la evolución prevista desde esta fase inicial hasta la OTN objetivo.

Desde el punto de vista de transmisión, una conexión óptica presenta un comportamiento analógico (por ejemplo, las degradaciones de transmisión óptica debidas a la atenuación, dispersión, no linealidad de la fibra, emisión espontánea amplificada, etc., se acumulan de manera similar a la acumulación de ruido y otras degradaciones en las redes analógicas). En las redes digitales, la reducción de dichas degradaciones se consigue en puntos de regeneración 3R, situados en el trayecto de transmisión con arreglo a directrices de ingeniería concebidas para conseguir el objetivo requerido de característica de error del enlace. Análogamente, en la OTN, se requiere regeneración 3R en ciertos emplazamientos para mantener los objetivos de característica de error de OTN. Actualmente, el proceso 3R suele basarse en la conversión electroóptica. El uso de regeneración 2R como solución alternativa a la regeneración 3R para determinadas aplicaciones en las IrDI pre-OTN queda en estudio. También queda en estudio la utilización de regeneración 2R/3R totalmente óptica.

La IrDI puede realizarse como una interfaz monocanal o una interfaz multicanal. Las IrDI multicanal requieren equipo adicional de multiplexación y de demultiplexación de longitud de onda y posiblemente amplificadores ópticos, pero utilizan menos fibras que las múltiples IrDI monocanal de capacidad de canal óptico equivalente. La figura 5-7 indica una IrDI monocanal. Las figuras, 5-4, 5-5 y 5-6 indican tres tipos de IrDI multicanal.

Esta Recomendación proporciona los parámetros y valores de capa física para códigos de aplicación correspondientes a las IrDI pre-OTN monocanal y multicanal con regeneradores a ambos lados de la interfaz, como se muestra en las figuras 5-4, 5-5, 5-6 y 5-7.

El método de especificación utilizado en esta Recomendación es un planteamiento de "caja negra", lo que significa que dentro del ámbito de esta Recomendación sólo se especifican las interfaces ópticas con la IrDI. No está destinado a restringir o especificar los elementos internos ni/o las conexiones entre los elementos de la caja negra. Sin embargo hay requisitos funcionales para la caja negra, siendo el importante la inclusión de regeneración 3R.

Se dan especificaciones para interfaces monocanales interdominios con las siguientes características: velocidades binarias de canal correspondientes a 2.5G NRZ y 10G NRZ, distancias de tramos intracentral, cortos y largos, y transmisión unidireccional. En el futuro, se prevén también especificaciones para las IrDI monocanal con una velocidad binaria de aproximadamente 40 Gbit/s. Los parámetros y la codificación de línea óptica para esa velocidad binaria seguirán en estudio.

El apéndice I contiene una descripción más detenida de las interfaces de cliente monocanal.

Se dan también especificaciones para una interfaz multicanal interdominios. Esta interfaz acomoda hasta 16 canales con frecuencias centrales según la rejilla de UIT-T G.692, con velocidades binarias de canal correspondientes a 2.5G NRZ y 10G NRZ, distancias de tramo único de sección múltiplex óptica intracentral y de corta longitud (40 km), transmisión direccional y configuración punto a punto.

En el futuro, se prevén especificaciones para otra aplicación multicanal. Acomoda hasta 16 canales con frecuencias centrales según la rejilla de UIT-T G.692, con velocidades binarias de canal correspondientes a 2.5G NRZ y 10G NRZ, una longitud de tramo única de sección múltiplex óptica sin amplificadores de línea, de larga distancia (80 km), transmisión direccional y configuración punto a punto.

En el futuro, se prevén también especificaciones para las IrDI monocanal con una velocidad binaria de aproximadamente 40 Gbit/s (OTU3). Los parámetros y la codificación de línea óptica para esa velocidad binaria seguirán en estudio.

5.2 Puntos de referencia

La figura 5-1 muestra un conjunto de puntos de referencia "genéricos" para elementos de red óptica (ONEs) en la futura OTN.

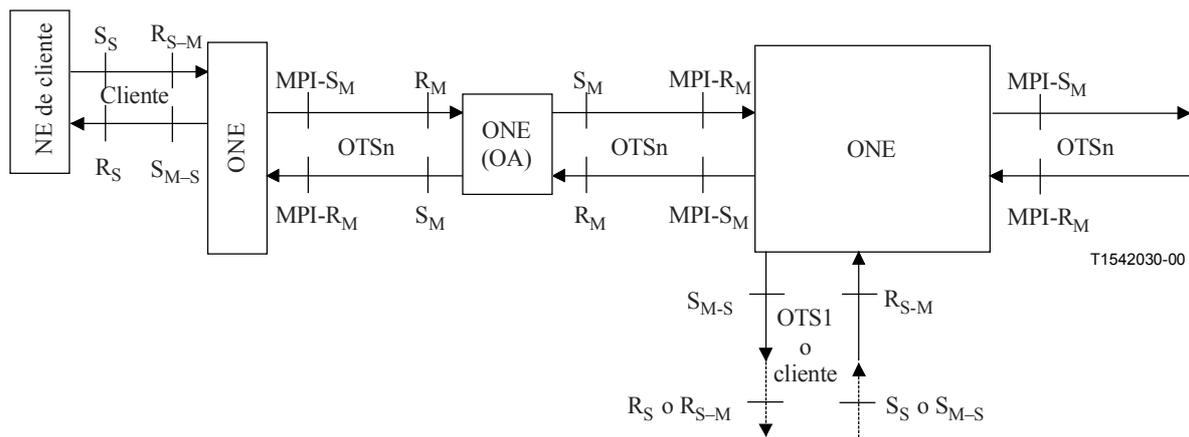


Figura 5-1/G.959.1 – Puntos de referencia genéricos de los elementos de red óptica

Los puntos de referencia de la figura 5-1 se definen como sigue:

- S_S es un punto de referencia (monocanal) en la fibra óptica que sigue inmediatamente a un conector óptico de transmisor de NE de cliente monocanal.

- R_S es un punto de referencia (monocanal) que precede inmediatamente a un conector óptico de receptor de NE de cliente monocanal.
- S_{M-S} es un punto de referencia (monocanal) que sigue inmediatamente a cada uno de los conectores ópticos de salida de la interfaz de afluente de elementos de red óptica (el subíndice "M-S" indica una salida monocanal de un sistema multicanal).
- R_{S-M} es un punto de referencia (monocanal) de la fibra óptica que precede inmediatamente a cada uno de los conectores ópticos de entrada de la interfaz de afluente de elementos de red óptica (el subíndice "S-M" indica una entrada monocanal a un sistema multicanal).
- $MPI-S_M$ es un punto de referencia (multicanal) en la fibra óptica que sigue inmediatamente al conector óptico de salida de la interfaz de transporte de elementos de red óptica.
- $MPI-R_M$ es un punto de referencia (multicanal) en la fibra óptica inmediatamente antes del conector óptico de entrada de la interfaz de transporte de elementos de red óptica.
- S_M es un punto de referencia que sigue inmediatamente al conector óptico de salida del OA multicanal de línea.
- R_M es un punto de referencia en la fibra óptica que precede inmediatamente al conector óptico de entrada del OA multicanal de línea.

Las interfaces de cliente en los puntos de referencia S_S , R_S , y los amplificadores de línea con puntos de referencia S_M y R_M no están dentro del alcance de esta Recomendación.

El término "elemento de red óptica" (ONE, *optical network element*) sirve para ilustrar el caso general de un elemento de red genérico dentro de la red de transporte óptica. En general, un ONE puede tener:

- 1) sólo interfaces multicanal;
- 2) sólo interfaces monocanal; o
- 3) cualquier combinación de interfaces monocanal y multicanal (es decir, los ONE de la figura 5-1 no implican ninguna configuración concreta).

Para el fin de esta Recomendación, que es especificar la IrDI pre-OTN, los puntos de referencia pertinentes aplicables a la IrDI multicanal y a la IrDI monocanal se muestran en las figuras 5-2 y 5-3 respectivamente.

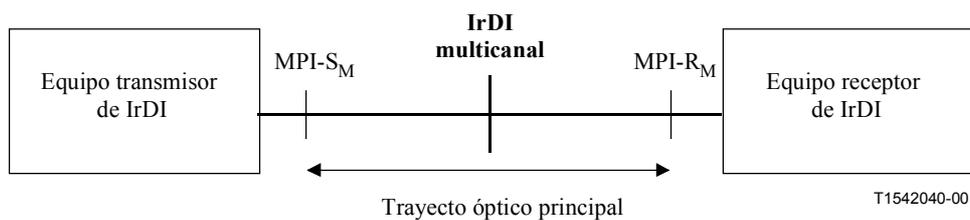


Figura 5-2/G.959.1 – Configuración de referencia de IrDI multicanal

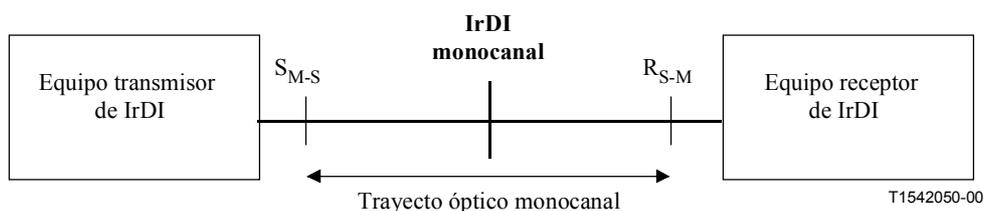


Figura 5-3/G.959.1 – Configuración de referencia de IrDI monocanal

El apéndice II contiene una clarificación más detallada de los puntos de referencia definidos en esta Recomendación y su aplicación a la IrDI y a la IaDI, que se especifican en UIT-T G.872.

5.3 Nomenclatura

El código de aplicación identifica las características de red, de implementación y arquitecturales de una aplicación.

La notación de un código de aplicación se construye como sigue:

$$PnWx-ytz$$

donde:

P cuando aparece, indica un código de aplicación pre-OTN que se aplica a una IrDI

n es el máximo número de canales soportados por el código de aplicación

W es una letra que indica la longitud/atenuación del tramo, tal como:

- **VSR** indica muy corto alcance (la atenuación del tramo queda en estudio).
- **I** indica intracentral (atenuación del tramo hasta 7 dB).
- **S** indica corta distancia (atenuación del tramo 11 dB).
- **L** indica larga distancia (atenuación del tramo 22 dB).
- **V** indica muy larga distancia (atenuación del tramo 33 dB).

x es el número máximo de tramos permitido en el código de aplicación

y indica la clase más alta de señal de afluente óptica soportada:

- **1** indica 2.5G NRZ
- **2** indica 10G NRZ

t es una letra que indica configuración soportada por el código de aplicación, tal como:

- **A** indica un OA utilizado como amplificador elevador (de señal) en el ONE de origen y un segundo OA utilizado como preamplificador en el ONE de terminación
- **B** indica solamente el amplificador elevador.
- **C** que se utiliza sólo el preamplificador.
- **D** indica que no se utiliza ni uno ni otro amplificador.

z es la fuente y el tipo de fibra, como sigue:

- **1** indica fuentes de 1310 nm nominales en fibra G.652
- **2** indica fuentes de 1550 nm nominales en fibra G.652
- **3** indica fuentes de 1550 nm nominales en fibra G.653
- **5** indica fuentes de 1550 nm nominales en fibra G.655

En la actual versión de esta Recomendación se han definido solamente valores de parámetros físicos de las IrDI de un solo tramo (es decir, para $x = 1$).

Un sistema bidireccional, si se introduce, será indicado por la adición de la letra B delante del código de aplicación. Para una aplicación OTN esto sería:

$$BnWx-ytz$$

Para algunos códigos de aplicación monocanal, se añade un sufijo al final del código. Se definen los tres sufijos siguientes:

- **r** para indicar una distancia objetivo reducida. Estos códigos de aplicación están limitados por la dispersión. Pueden también obtenerse las mismas distancias objetivo por otras soluciones técnicas, que quedan en estudio (por ejemplo, método de la interfaz en paralelo).
- **a** para indicar que este código tiene niveles de potencia de transmisor apropiados a los receptores APD.
- **b** para indicar que este código tiene niveles de potencia de transmisor apropiados a los receptores PIN.

Este nivel de notación puede tener que aumentarse cuando se identifican otras alternativas arquitecturales y de implementación. El cuadro 5-1 presenta ejemplos de códigos de aplicación.

Cuadro 5-1/G.959.1 – Ejemplos de códigos de aplicación

Ejemplo de código de aplicación	Pre-OTN u OTN	Número máximo de canales	Atenuación máxima del tramo	Número máximo de tramos	Clase más alta de señal de afluente óptica	Tipo de ONE	Tipo de fibra
P111-1D1	Pre-OTN	1	6 dB	1	2.5G NRZ	Sin amplificador	G.652
P16S1-2C5	Pre-OTN	16	11 dB	1	10G NRZ	Sólo preamplificador	G.655
16S1-2B5	OTN	16	11 dB	1	10G NRZ (OTU2)	Sólo amplificador elevador	G.655

5.4 Interfaces interdominios multicanal

Las interfaces IrDI multicanal descritas en 5.4.1, 5.4.2 y 5.4.3 están destinadas a permitir la compatibilidad transversal (multivendedores). Estas interfaces pueden operar en fibras G.652, G.653 o G.655, transportando simultáneamente hasta 16 canales ópticos, utilizando señales de afluente ópticas a 2.5G NRZ o 10G NRZ, según el código de aplicación concreto. Se aplican los mismos parámetros ópticos a todos los códigos de aplicación indicados en cada columna individual del cuadro 8-1.

En la cláusula 6 se pueden encontrar otros requisitos relacionados con la compatibilidad transversal.

El cuadro 5-2 recapitula los códigos de aplicación de IrDI multicanal, que se estructuran con arreglo a la nomenclatura de 5.3.

Cuadro 5-2/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominios multicanal según la aplicación y con indicación de los códigos de aplicación

Aplicación	Intracentral			De corta distancia		
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1550 (rejilla G.692) ^{b)}			1550 (rejilla G.692) ^{b)}		
Tipo de fibra	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Distancia objetivo (km) ^{a)}	20	2	20	40	40	40
Clase de señal de afluente óptica clase 2,5G NRZ	–	–	–	P16S1-1D2	–	P16S1-1D5
Clase de señal de afluente óptica 10G NRZ	P16I1-2D2	P16I1-2D3	P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2C2	P16S1-2C3	P16S1-2B5 P16S1-2C5

a) – Estas distancias deseadas son para clasificación y no para especificación.
b) – Véase el cuadro 8-1.

5.4.1 Interfaces interdominios multicanal de corta distancia con amplificación

Las IrDI pre-OTN multicanal de corta distancia con amplificación de esta Recomendación se especifican en el cuadro 8-1. Estas especificaciones de interfaces multicanal de corta distancia con amplificación permiten una pérdida en el trayecto óptico de 11 dB. Dicha pérdida en el trayecto óptico está destinada a cubrir una distancia objetivo de 40 km, pero esta distancia objetivo es sólo para clasificación y no para especificación.

Las aplicaciones P16S1-2C2, P16S1-2C3, y P16S1-2C5 son todas ellas especificaciones de IrDI multicanal de corta distancia con amplificación que utilizan preamplificadores ilustrados en la figura 5-4. Las aplicaciones P16S1-2B2 y P16S1-2B5 son todas ellas especificaciones de IrDI multicanal de corta distancia con amplificación que utilizan amplificadores de potencia, y se ilustran en la figura 5-5.

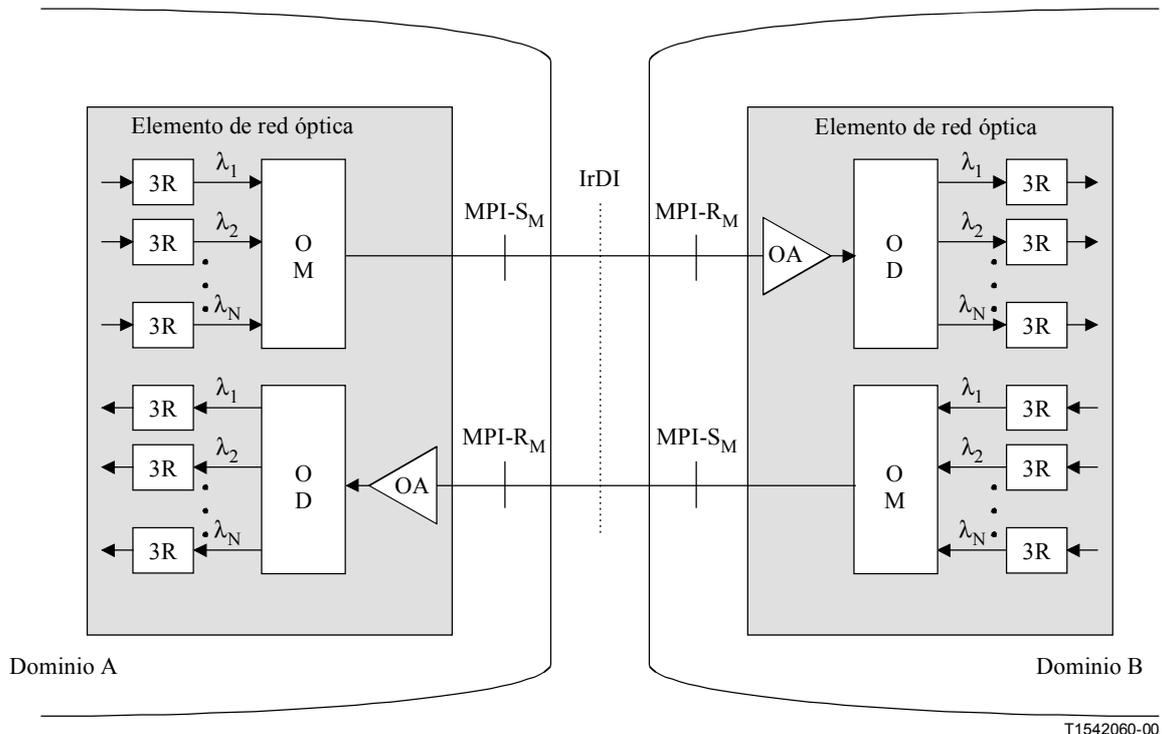


Figura 5-4/G.959.1 – Aplicación de IrDI multicanal de corta distancia utilizando preamplificadores

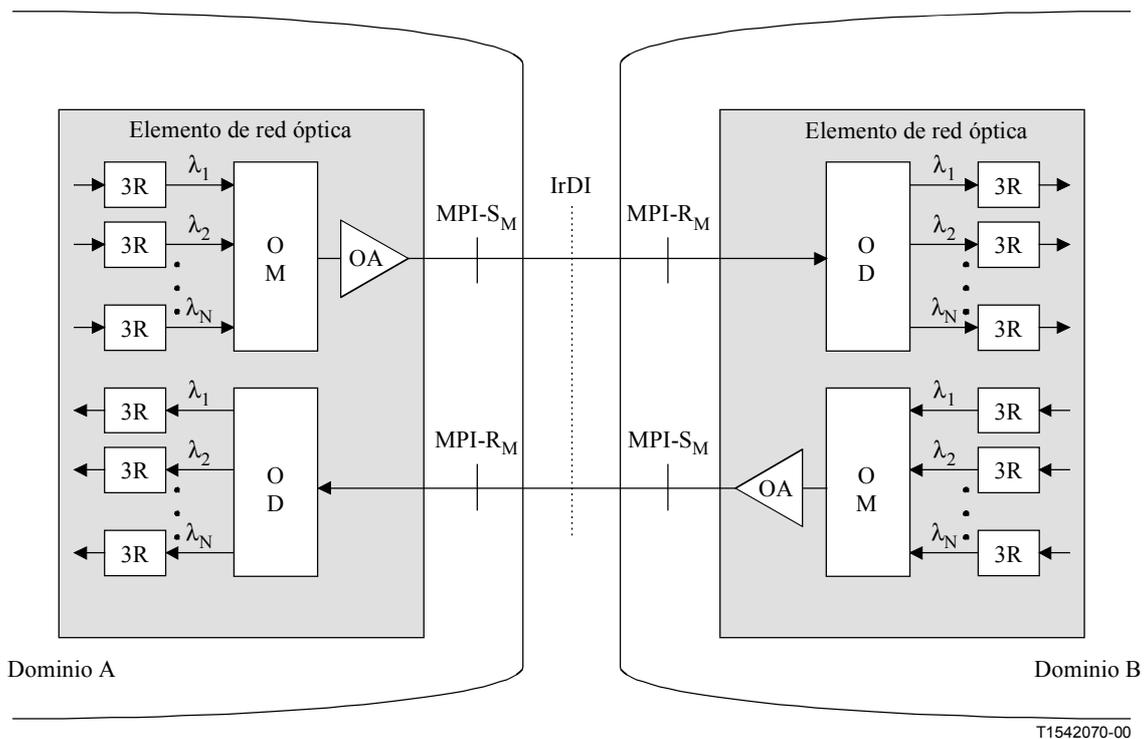


Figura 5-5/G.959.1 – Aplicación de IrDI multicanal de corta distancia utilizando amplificadores elevadores

5.4.2 Interfaces interdominios multicanal intracentral sin amplificación

Las IrDI pre-OTN multicanal intracentral sin amplificación de esta Recomendación se especifican en el cuadro 8-1. Estas interfaces multicanal intracentral se especifican para fibras G.652, G.653 y G.655 para permitir una pérdida óptica en el trayecto de hasta 6 dB. La distancia de transmisión para la interfaz multicanal intracentral en fibra G.653 se recomienda que se mantenga dentro de los 2 km. Si la distancia en fibra G.653 es significativamente superior a 2 km para esta interfaz multicanal intracentral, puede observarse una penalización adicional debido a la mezcla de cuatro ondas, además de la penalización del trayecto óptico.

Las aplicaciones P16I1-2D2, P16I1-2D3 y P16I1-2D5 son todas ellas especificaciones de IrDI multicanal intracentral sin amplificación que se ilustran en la figura 5-6.

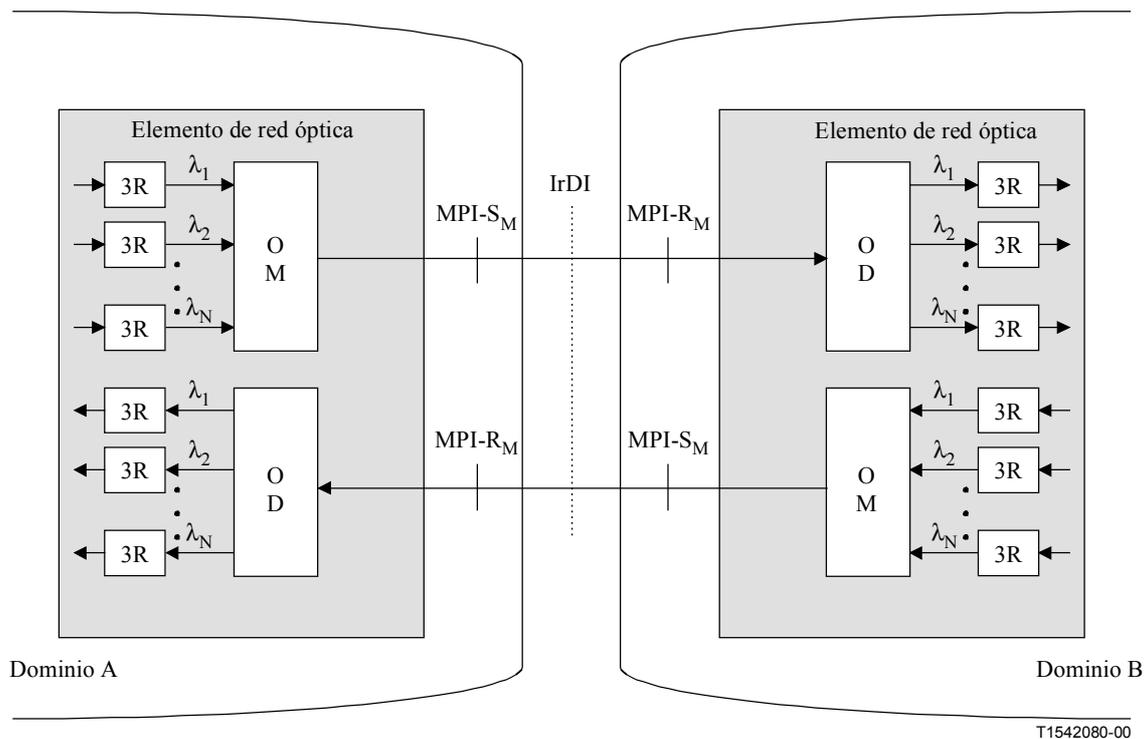


Figura 5-6/G.959.1 – Aplicación de IrDI multicanal intracentral o de corta distancia sin amplificación

5.4.3 Interfaces interdominios multicanal de corta distancia sin amplificación

Las IrDI pre-OTN multicanal de corta distancia sin amplificación de esta Recomendación se especifican en el cuadro 8-1. Estas especificaciones de interfaces multicanal de corta distancia permiten una pérdida en el trayecto óptico de 11 dB. Dicha pérdida en el trayecto óptico está destinada a cubrir una distancia objetivo de 40 km, pero esta distancia objetivo es sólo para clasificación y no para especificación.

Las aplicaciones P16S1-1D2 y P16S1-1D5 son todas ellas especificaciones de IrDI multicanal de corta distancia sin amplificación que se ilustran en la figura 5-6.

5.5 Interfaces interdominios monocanal

Las interfaces interdominios monocanal se ilustran en la figura 5-7.

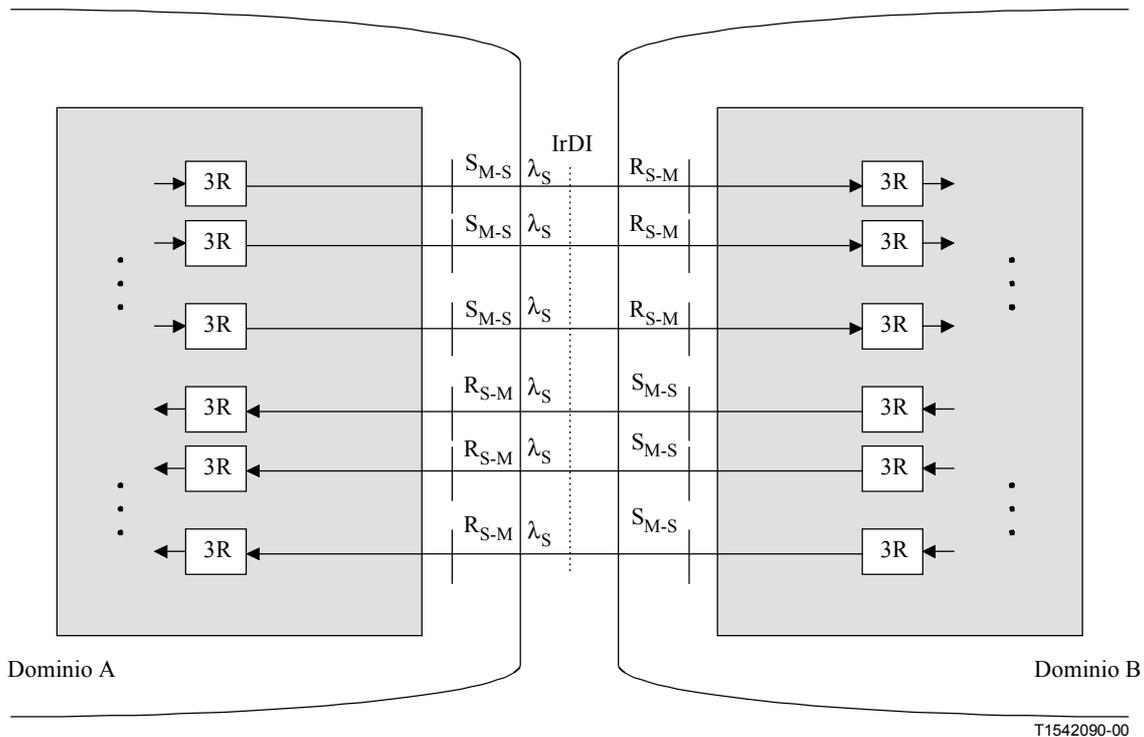


Figura 5-7/G.959.1 – Aplicación de IrDI monocanal intracentral, de corta distancia o de larga distancia

Las aplicaciones IrDI monocanal se especifican para las tres categorías de distancia siguientes:

- intracentral;
- intercentrales de corta distancia;
- intercentrales de larga distancia.

Se define una categoría adicional de distancias, de muy corto alcance. Las especificaciones de las aplicaciones IrDI de muy corto alcance quedan en estudio. Para cada una de estas categorías (intracentral, de corta distancia, de larga distancia) se especifica al menos una aplicación para la clase de señal de afluente óptica 2.5G NRZ y una aplicación para la clase de señal afluente óptica 10G NRZ. Se incluyen aplicaciones que utilizan fuentes de 1310 nm nominales en fibra que cumple UIT-T G.652 y aplicaciones que utilizan fuentes de 1550 nm nominales en fibra que cumple UIT-T G.652, UIT-T G.653 y UIT-T G.655. Las aplicaciones no cubren todas las posibles aplicaciones de categoría de distancia, clase de señal de afluente óptica, longitud de onda nominal de la fuente y tipo de fibra. Las aplicaciones incluidas están destinadas a satisfacer una amplia gama de necesidades de red con implementaciones a bajo costo. El cuadro 5-3 compendia los códigos de aplicación de IrDI monocanal, que se estructuran con arreglo a la nomenclatura de 5.3.

Los valores de parámetros para aplicaciones intracentral, de corta distancia y de larga distancia se indican en 8.2. Para aplicaciones de la clase de señal de afluente óptica 2.5G NRZ, en la mayoría de los casos los valores de 8.2 son similares o iguales a los valores para aplicaciones que figuran en UIT-T G.957, salvo que los valores G.957 se han modificado, en caso necesario, para obtener una tasa de errores de bits inferior o igual a 10^{-12} . Para aplicaciones de la clase de señal afluente óptica 10G NRZ, en la mayoría de los casos los valores de 8.2 son los mismos valores que para las aplicaciones que figuran en UIT-T G.691.

Las especificaciones intracentral permiten una atenuación óptica en el trayecto de hasta 7 dB para interfaces monocanal.

Cuadro 5-3/G.959.1 – Clasificación de las interfaces interdominios monocanal según la aplicación y con indicación de los códigos de aplicación

Aplicación	Muy corto alcance	Intracentral						De corta distancia				De larga distancia	
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1310	1310		1550				1310	1550			1310	1550
Tipo de fibra	G.652	G.652		G.652	G.653	G.655		G.652	G.652	G.653	G.655	G.652	G.652, G.653, G.655
Clase de señal de afluente óptica NRZ 2.5G	P1VSR1-1D1	–	P1I1-1D1	–	–	–	–	P1S1-1D1	P1S1-1D2	–	–	P1L1-1D1	
Distancia objetivo para la clase 2.5G NRZ (km) ^{a)}	En estudio	–	2	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	15	15	15	En estudio	40	80
Clase de señal de afluente óptica 10G NRZ	P1VSR1-2D1	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5	--	P1S1-2D2	P1S1-2D3	P1S1-2D5	P1L1-2D1	
Distancia objetivo para la clase 10G NRZ (km) ^{a)}	En estudio	0,6	2	2	25	25	25	20	40	40	En estudio	40	80
a) – Estas distancias objetivo son para fines de clasificación y no de especificación.													

5.6 Implementación de señales de gestión

Aunque no se requiere ninguna implementación de tara de la actual IrDI pre-OTN, se prevé la necesidad de señales para gestionar las capas de canal óptico, sección múltiple óptica y sección transmisión óptica para la futura realización de la OTN. El apéndice III presenta consideraciones sobre las implementaciones físicas de dichas señales.

6 Compatibilidad transversal

La finalidad de la IrDI de esta Recomendación es especificar parámetros a fin de permitir sistemas de línea compatibles transversales (es decir, multivendedor) para aplicaciones punto a punto de corta distancia y larga distancia.

Las interfaces interdominios se destinan a interconectar dos dominios administrativos diferentes. Dichos dominios pueden constar de equipos de dos vendedores diferentes. Los dos dominios administrativos también pertenecen a dos operadores de red diferentes.

- La compatibilidad transversal (multivendedor) está permitida para todas las IrDI que tienen exactamente el mismo código de aplicación nWx-ytz. Por ejemplo, una interfaz P16S1-2B2 de un vendedor – implementada en el dominio A – puede conectarse con una interfaz P16S1-2B2 de otro vendedor-instalada en el dominio B. Debe también procurarse adaptar la velocidad binaria y el formato de la señal de afluente óptica.
- La interconexión de interfaces con diferentes códigos de aplicación es una cuestión de ingeniería conjunta. Debe extremarse el cuidado particularmente con los parámetros críticos que deben adaptarse, por ejemplo, potencia de salida del MPI-S_M, niveles de potencia del MPI-R_M, dispersión máxima, atenuación mínima/máxima, etc. Por ejemplo, una interfaz P16S1-2B2 (de tipo amplificador elevador de señal) en el dominio A no debe interconectarse con una interfaz P16S1-2C2 (de tipo preamplificador) en el dominio B sin medidas adicionales, por ejemplo, añadiendo un atenuador. En este ejemplo, la potencia de salida del amplificador elevador puede ser +15 dBm (véase el cuadro 8-1) y la atenuación puede ser 0 dB. De este modo, la potencia de entrada a la interfaz de tipo preamplificador es +15 dBm. Sin embargo, la potencia máxima de entrada del receptor de la interfaz de tipo preamplificador no debe superar +5 dBm (véase el cuadro 8-1) y el receptor se sobrecarga hasta 10 dB. Debe también procurarse adaptar la velocidad binaria y el formato de la señal de afluente óptica.

7 Definiciones de parámetros

7.1 Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema

Las gamas de longitudes de onda de funcionamiento para aplicaciones multicanal en esta Recomendación no se limitan necesariamente a las que figuran en UIT-T G.692. Concretamente las gamas de longitudes de onda de funcionamiento pueden ser superiores a las de UIT-T G.692 (por ejemplo, 1525-1625 nm).

Además, no debe excluirse el uso futuro de la gama de amplificación 1285-1330 nm.

Las gamas de longitudes de onda de funcionamiento para aplicaciones monocanal dentro de esta Recomendación no se limitan necesariamente a las de UIT-T G.957 o UIT-T G.691.

7.2 Parámetros

Los parámetros de los cuadros 7-1 y 7-2 se definen en los puntos de interfaz, y las definiciones se hallan en las subcláusulas que siguen. Además, el apéndice IV hace algunas otras consideraciones sobre posibles especificaciones de futuras IrDI.

Cuadro 7-1/G.959.1 – Parámetros de capa física de IrDI multicanal

Parámetro propuesto	Unidades	Definido en
Información general		
Número máximo de canales	–	7.2.1.1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	–	7.2.1.2
Tasa máxima de errores en los bits	–	7.2.1.3
Tipo de fibra	–	7.2.1.4
Interfaz en el punto MPI-S_M		
Potencia media máxima de salida de canal	dBm	7.2.2.1
Potencia media mínima de salida de canal	dBm	7.2.2.2
Potencia media máxima total de salida	dBm	7.2.2.3
Frecuencia central	THz	7.2.2.4
Separación de canales	GHz	7.2.2.5
Desviación máxima de frecuencia central	GHz	7.2.2.6
Relación mínima de extinción de canal	dB	7.2.2.7
Plantilla del diagrama de ojo	–	7.2.2.8
Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S_M al MPI-R_M		
Atenuación máxima	dB	7.2.3.1
Atenuación mínima	dB	7.2.3.2
Dispersión cromática máxima	ps/nm	7.2.3.3
Pérdida óptica mínima de retorno	dB	7.2.3.4
Reflectancia discreta máxima	dB	7.2.3.5
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	7.2.3.6
Interfaz en el punto MPI-R_M		
Potencia media máxima de entrada de canal	dBm	7.2.4.1
Potencia media mínima de entrada de canal	dBm	7.2.4.2
Potencia media máxima total de entrada	dBm	7.2.4.3
Diferencia máxima de potencia de canal	dB	7.2.4.4
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	7.2.4.5
Reflectancia máxima del elemento de red óptico	dB	7.2.4.6

Cuadro 7-2/G.959.1 – Parámetros de capa física de IrDI monocanal

Parámetro propuesto	Unidades	Definido en
Información general		
Número máximo de canales	–	7.2.1.1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	–	6.2.1.2
Tasa máxima de errores en los bits	–	7.2.1.3
Tipo de fibra	–	7.2.1.4
Interfaz en el punto S_{M-S}		
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	7.2.5.1
Tipo de fuente		7.2.5.2
Anchura RMS máxima (σ)	nm	7.2.5.3
Anchura máxima a –20 dB	nm	7.2.5.4
Relación mínima de supresión de modos laterales	dB	7.2.5.5
Potencia media máxima de salida	dBm	7.2.5.6
Potencia media mínima de salida	dBm	7.2.5.7
Relación mínima de extinción	dB	7.2.5.8
Trayecto óptico del punto S_{M-S} al R_{S-M}		
Atenuación máxima	dB	7.2.6.1
Atenuación mínima	dB	7.2.6.2
Dispersión cromática máxima	ps/nm	7.2.6.3
Pérdida óptica mínima de retorno en S _{M-S}	dB	7.2.6.4
Reflectancia discreta máxima entre S _{M-S} y R _{S-M}	dB	7.2.6.5
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	7.2.6.6
Interfaz en el punto R_{S-M}		
Potencia media máxima de entrada	dBm	7.2.7.1
Sensibilidad mínima	dBm	7.2.7.2
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	7.2.7.3
Reflectancia máxima	dB	7.2.7.4

7.2.1 Información general

7.2.1.1 Número máximo de canales

El número máximo de canales ópticos que pueden estar presentes simultáneamente en una interfaz multicanal.

7.2.1.2 Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas

La clase de señales afluentes ópticas NRZ 2.5G se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero, de nominalmente 622 Mbit/s a nominalmente 2,67 Gbit/s. La clase de señales afluentes ópticas NRZ 10G se aplica a señales digitales continuas con codificación de línea sin retorno a cero, de nominalmente 2,4 Gbit/s a nominalmente 10,71 Gbit/s. Para señales de afluente ópticas OTN, NRZ 2.5G incluye la velocidad binaria OTU1 y NRZ 10G incluye la velocidad binaria OTU2 definidas en UIT-T G.709.

NOTA – Aunque esta Recomendación sólo trata actualmente la codificación NRZ, versiones futuras pueden contener otros códigos de línea, por ejemplo RZ.

7.2.1.3 Tasa máxima de errores en los bits

Los parámetros se especifican con relación a un objetivo de diseño de sección óptica de una tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) no peor que el valor especificado por el código de especificación. Este valor se aplica a cada canal óptico en el caso extremo de condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico en cada aplicación. No se ha considerado en la presente versión de esta Recomendación el posible efecto sobre la definición de este parámetro debido a la presencia de corrección de errores hacia adelante (por ejemplo en una OTUk).

7.2.1.4 Tipo de fibra

Los tipos de fibra óptica monomodo se eligen de entre los definidos en UIT-T G.652, UIT-T G.653 y UIT-T G.655.

7.2.2 Interfaz en el punto MPI-S_M

7.2.2.1 Potencia media máxima de salida de canal

La potencia media inyectada de cada canal óptico en el punto de referencia MPI-S_M es la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatoria acoplada a la fibra desde el ONE. Se indica como una gama (máximo y mínimo) para permitir cierta optimización de costos y cubrir márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento normalizadas, degradaciones de los conectores, tolerancias de medición y efectos de envejecimiento.

7.2.2.2 Potencia media mínima de salida de canal

Véase 7.2.2.1.

7.2.2.3 Potencia media máxima total de salida

El valor mínimo de la potencia óptica inyectada media en el punto MPI-S_M.

7.2.2.4 Frecuencia central

Las frecuencias monocanal nominales en las que se modula la información con codificación digital de los canales de longitud de onda óptica considerados se modulan utilizando el código de línea NRZ definido en UIT-T G.957 y UIT-T G.691.

Las frecuencias centrales se basan en la rejilla de frecuencias del anexo A/G.692. Las frecuencias centrales permitidas para la IrDI multicanal se especifican en el cuadro 8-1.

Hay que señalar que el valor de "c" (velocidad de la luz en el vacío) que debe utilizarse para la conversión entre frecuencia y longitud de onda es $2,99792458 \times 10^8$ m/s.

7.2.2.5 Separación de canales

Es la diferencia nominal de frecuencia entre dos canales adyacentes. Todas las posibles tolerancias de frecuencias reales se consideran en 7.2.2.6.

7.2.2.6 Desviación máxima de frecuencia central

Es la diferencia entre la frecuencia central nominal y la frecuencia central real. Están incluidos en la desviación de frecuencia central todos los procesos que afectan al valor instantáneo de la frecuencia central de la fuente en un intervalo de medición apropiado a la velocidad binaria de canal. Estos procesos incluyen la fluctuación de la fuente, la anchura de banda de información, el ensanchamiento debido a la automodulación de fase, y efectos debidos a la temperatura y al envejecimiento.

7.2.2.7 Relación mínima de extinción de canal

El convenio adoptado para los niveles lógicos ópticos es:

- emisión de luz para un "1" lógico;
- ninguna emisión para un "0" lógico.

La relación de extinción (EX) viene dada por:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

donde:

A es el nivel de potencia óptica media en el centro del "1" lógico; y

B es el nivel de potencia óptica media en el centro del "0" lógico.

Esta definición puede aplicarse directamente a los sistemas monocanal. En el caso de la IrDI multicanal pueden utilizarse dos métodos alternativos:

- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocanal son accesibles en el extremo transmisión del enlace para la verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en UIT-T G.957 y UIT-T G.691. La configuración para este método figura en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar las señales transmitidas individuales, seguido por un receptor de referencia. Las características del filtro paso banda óptico de referencia y del receptor de referencia figuran en el anexo B.

7.2.2.8 Plantilla de diagrama de ojo

La definición y los límites de este parámetro figuran en UIT-T G.691. Esta definición puede aplicarse directamente a los sistemas monocanal. En el caso de la IrDI multicanal pueden utilizarse dos métodos alternativos:

- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocanal son accesibles en el extremo transmisión del enlace para la verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en UIT-T G.957 y UIT-T G.691. La configuración para este método figura en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar las señales transmitidas individuales, seguido por un receptor de referencia. Las características del filtro paso banda óptico de referencia y del receptor de referencia figuran en el anexo B.

7.2.3 Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S_M al MPI-R_M

7.2.3.1 Atenuación máxima

Es la atenuación máxima del trayecto cuando el sistema considerado funciona en condiciones de fin de vida a una BER de 10^{-12} (o la dada por el código de aplicación), en el caso más desfavorable de señal y dispersión en el lado transmisión. La definición de los efectos incluidos en la atenuación máxima figura en 6.3.1/G.691. Los valores máximos de atenuación requeridos para las distancias objetivo de la IrDI se basan en la hipótesis de una pérdida de fibra instalada de 0,275 dB/km (incluidos los empalmes y el margen del cable) en la gama 1530-1565 nm, o en la hipótesis de 0,55 dB/km para la IrDI monocanal de 1310 nm. Desde el punto de vista práctico, se definen tramos de atenuación de 11 dB para 40 km y 22 dB para 80 km a 1550 nm y de 11 dB para 20 km y 22 dB para 40 km a 1310 nm, excepto para aplicaciones de muy corto alcance e intracentral. Debe señalarse que este método, que también se utiliza para la definición de otras interfaces a la longitud de onda dada, da un valor teórico. Las pérdidas en los conectores y empalmes, que aparecen en las implementaciones prácticas, pueden producir otras distancias.

7.2.3.2 Atenuación mínima

Es la atenuación mínima que permite el sistema considerado, funcionando en condiciones de lado transmisión del caso más desfavorable, obtener una BER no peor que 10^{-12} (o la dada por el código de aplicación).

7.2.3.3 Dispersión cromática máxima

Este parámetro define el valor máximo de la dispersión cromática del trayecto óptico que el sistema será capaz de tolerar. La tolerancia máxima de dispersión requerida de los sistemas se fija a un valor igual a los tiempos de distancia objetivo 20 ps/nm km para fibra G.652, y 3,3 ps/nm km para fibra G.653 en la región de 1550 nm, así como para fibra G.652 en la región de 1 310 nm. Éste se considera un valor de dispersión del caso más desfavorable para los tipos de fibra pertinentes. El criterio del caso más desfavorable en este parámetro está destinado a dar ciertos márgenes en un parámetro sensible, así como a hacer posible extender las distancias de transmisión para plantas de fibra de baja atenuación.

La penalización permitida del trayecto óptico considera todos los efectos determinísticos debidos a la dispersión cromática así como la penalización debida al retardo máximo de grupo diferencial.

7.2.3.4 Pérdida óptica mínima de retorno

Las reflexiones son causadas por discontinuidades del índice de refracción a lo largo del trayecto óptico. Si no se controlan, pueden degradar el comportamiento del sistema por su efecto perturbador en el funcionamiento de la fuente óptica o del amplificador, o por múltiples reflexiones que producen ruido interferométrico en el receptor. Las reflexiones en el trayecto óptico se controlan especificando:

- la pérdida óptica mínima de retorno de la planta de cable en el punto de referencia de origen (por ejemplo, MPI-S_M, S_{M-S}), incluidos cualesquiera conectores; y
- la reflectancia discreta máxima entre puntos de referencia de origen (por ejemplo, MPI-S_M, S_{M-S}) y puntos de referencia de recepción (por ejemplo, MPI-R_M, R_{S-M}).

La reflectancia designa la reflexión en cualquier punto de reflexión discreto simple, mientras que la pérdida óptica de retorno es la relación de la potencia óptica incidente a la potencia retornada total en la fibra completa, incluidas las reflexiones discretas y la retrodispersión distribuida como es la dispersión Rayleigh.

En el apéndice I/G.957 se describen los métodos de medición de las reflexiones. Para medir la reflectancia y las pérdidas de retorno, se supone que los puntos S_{M-S} y R_{S-M} coinciden con la cara externa de cada enchufe de conector. Se reconoce que esto no incluye la característica de reflexión real de los respectivos conectores en el sistema operacional. Se supone que estas reflexiones tienen el valor nominal de la reflexión para el tipo específico de conectores utilizado.

7.2.3.5 Reflectancia discreta máxima

Véase en 7.2.7.4 la definición de la reflectancia máxima. El número máximo de conectores u otros puntos de reflexión discreta que pueden incluirse en el trayecto óptico (por ejemplo en los repartidores, o componentes WDM) debe ser tal que permita obtener la pérdida óptica total de retorno especificada. Si no puede hacerse utilizando conectores que satisfagan las reflexiones discretas máximas citadas en los cuadros de la cláusula 8, deben emplearse entonces conectores que tengan mejor característica de reflexión. Otra posibilidad debe ser reducir el número de conectores. También puede ser necesario limitar el número de conectores o utilizar conectores que tengan característica de reflectancia mejorada a fin de evitar degradaciones inaceptables producidas por múltiples reflexiones.

En los cuadros de la cláusula 8, el valor -27 dB de reflectancia discreta máxima entre puntos de referencia de origen y puntos de referencia de recepción está destinado a reducir al mínimo los

efectos de múltiples reflexiones (por ejemplo, el ruido interferométrico). El valor de reflectancia máxima del receptor se elige de manera que asegure penalizaciones aceptables producidas por múltiples reflexiones para todas las configuraciones probables de sistema que incluyan múltiples conectores, etc. Los sistemas que emplean menos conectores o conectores de rendimiento superior producen menos reflexiones múltiples, y por consiguiente son capaces de tolerar receptores que presenten una reflectancia superior.

7.2.3.6 Retardo máximo de grupo diferencial

El retardo diferencial del grupo (DGD, *differential group delay*) es la diferencia de tiempo entre las fracciones de un impulso que se transmiten en los dos estados principales de polarización de una señal óptica. Para distancias superiores a varios km, y suponiendo acoplamiento de modo de polarización (fuerte) aleatoria, el DGD en una fibra puede modelarse estadísticamente de manera que tenga una distribución maxwelliana.

En esta Recomendación, el retardo máximo de grupo diferencial es por definición el valor de DGD que el sistema debe tolerar con una degradación máxima de sensibilidad de 1 dB.

Debido a la naturaleza estadística de la dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*), la relación entre el DGD máximo y el DGD medio sólo puede definirse probabilísticamente. La probabilidad de que el DGD instantáneo supere cualquier valor dado puede deducirse de sus estadísticas maxwellianas. Por tanto, si conocemos el DGD máximo que el sistema puede tolerar, podemos obtener el DGD medio equivalente dividiendo por la relación máximo/medio que corresponde a una probabilidad aceptable. El cuadro 7-3 da algunos ejemplos de relaciones.

Cuadro 7-3/G.959.1 – Medias y probabilidades de DGD

Relación máximo/medio	Probabilidad de superar el máximo
3,0	$4,2 \times 10^{-5}$
3,5	$7,7 \times 10^{-7}$
4,0	$7,4 \times 10^{-9}$

7.2.4 Interfaz en el punto MPI-R_M

7.2.4.1 Potencia media máxima de entrada de canal

Es el valor máximo aceptable de la potencia media de canal recibida en el punto MPI-R_M para obtener la BER máxima del código de aplicación.

7.2.4.2 Potencia media mínima de entrada de canal

Es el valor mínimo aceptable de la potencia media de canal recibida en el punto MPI-R_M para obtener la BER máxima del código de aplicación.

7.2.4.3 Potencia media máxima total de entrada

Es la máxima potencia total de entrada aceptable en el punto MPI-R_M.

7.2.4.4 Diferencia máxima de potencia de canal

Es la diferencia entre el valor más grande de la potencia media de entrada de canal y el valor más pequeño de la potencia media de entrada de canal que aparece al mismo tiempo en una anchura de banda de resolución óptica dada independiente del número de canales, dentro de la aplicación.

7.2.4.5 Penalización máxima del trayecto óptico

La penalización del trayecto es la reducción aparente de la sensibilidad del receptor debido a la distorsión de la forma de onda de la señal durante su transmisión por el trayecto. Se manifiesta como un desplazamiento de las curvas BER del sistema hacia niveles de potencia de entrada superiores. Esto corresponde a una penalización del trayecto positiva. Pueden existir penalizaciones del trayecto negativas en algunas circunstancias, pero deben ser pequeñas. (Una penalización del trayecto negativa indica que un diagrama de ojo de transmisor poco menos que perfecto ha sido mejorado parcialmente por las distorsiones dependientes del trayecto.) Teóricamente las curvas de BER sólo deben experimentar una traslación, pero no son infrecuentes las variaciones de forma, lo que puede indicar la aparición de valores mínimos (suelos) de BER. Como la canalización del trayecto es un cambio en la sensibilidad del receptor, se mide a un nivel BER de 10^{-12} .

Se permite una penalización máxima del trayecto de 1 dB en sistemas de baja dispersión, y de 2 dB en sistemas de alta dispersión. Las penalizaciones del trayecto no se hacen proporcionales a las distancias objetivo para evitar el funcionamiento de sistemas con elevadas penalizaciones.

En el futuro pueden introducirse sistemas que empleen técnicas de acomodación de la dispersión basadas en la predistorsión de la señal en el transmisor. En este caso, la penalización del trayecto en el sentido indicado sólo puede definirse entre puntos con señales no distorsionadas. Estos puntos, sin embargo, no coinciden con las interfaces del trayecto principal, por lo que pueden incluso no ser accesibles. Seguirá en estudio la definición de la penalización del trayecto en este caso.

El valor medio de las penalizaciones de dispersión aleatorias debidas a la PMD se incluyen en la penalización permitida del trayecto. A este respecto, se requiere que la combinación transmisor/receptor tolere un DGD real de 0,3 periodos de bit con una degradación de sensibilidad máxima de 1 dB (con 50% de potencia óptica en cada estado principal de polarización). En un receptor bien diseñado, esto corresponde a una penalización de 0,1-0,2 dB para un DGD de 0,1 periodos de bit. El DGD real que puede encontrarse en explotación es una propiedad de la fibra o del cable aleatoriamente variable, y no puede especificarse en esta Recomendación. Este tema se trata más detenidamente en el apéndice I/G.691.

Hay que señalar que una reducción de la relación señal/ruido debida a la amplificación óptica no considera una penalización del trayecto.

Esta definición puede aplicarse directamente a sistemas monocal. Para la IrDI multi canal, este parámetro es un parámetro de diseño de equipo monocal y no se incorpora en el balance de potencia entre MPI-S_M y MPI-R_M. En el caso de la IrDI multicanal, pueden utilizarse dos métodos alternativos.

- El método A puede utilizarse cuando los puntos de referencia monocal son accesibles en el extremo de recepción del enlace para la verificación. En este método se utilizan los procedimientos descritos en UIT-T G.957 y UIT-T G.691. La configuración para este método figura en el anexo A.
- El método B emplea un filtro paso banda óptico de referencia para aislar las señales transmitidas individuales, seguido por un receptor de referencia. La característica del filtro paso banda óptico de referencia y del receptor de referencia figuran en el anexo B.

NOTA – La penalización del trayecto óptico observada en el receptor de referencia puede no ser la misma que la realmente experimentada en el equipo de recepción, dependiendo de la implementación de diseño.

7.2.4.6 Reflectancia máxima del elemento de red óptico

Las reflexiones en el ONE que vuelven a la planta de cable son especificadas por la reflectancia máxima permisible del ONE medida en el punto de referencia MPI-R_M. La reflectancia máxima se define en 7.2.7.4.

7.2.5 Interfaz en el punto S_{M-S}

7.2.5.1 Gama de longitudes de onda de funcionamiento

La gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema depende de las características de la fuente, de las características de la fibra de transmisión (atenuación, dispersión cromática) y de la anchura de banda de ganancia de un amplificador óptico (si se utiliza).

7.2.5.2 Tipo de fuente

Dependiendo de las características de atenuación/dispersión y del nivel jerárquico de cada código de aplicación, posibles dispositivos transmisores son los láseres de modo multilongitudinal (MLM, *multi-longitudinal mode*) y los láseres de modo monolongitudinal (SLM, *single-longitudinal mode*). Para cada una de las aplicaciones, la presente Recomendación indica un tipo de fuente nominal. Se entiende que la indicación de un tipo de fuente nominal en esta Recomendación no es un requisito, y que los tipos SLM pueden ser sustituidos en cualquier aplicación que tenga como tipo de fuente nominal un MLM sin que se produzca ninguna degradación en el comportamiento del sistema.

7.2.5.3 Anchura RMS máxima

La anchura RMS máxima o la desviación típica σ (en nm) de la distribución espectral de un láser MLM considera todos los modos láser, que se encuentran a no más de 20 dB por debajo del modo de cresta. Sólo un sistema con un láser MLM a 1310 nm requiere esta especificación.

7.2.5.4 Anchura máxima a -20 dB

La anchura espectral máxima a -20 dB (en nm) de un láser SLM viene especificada por la anchura total máxima de la cresta de longitud de onda central, medida -20 dB por debajo de la amplitud máxima de la longitud de onda central en condiciones de funcionamiento normalizadas.

7.2.5.5 Relación mínima de supresión de modos laterales

Es el valor mínimo de la relación de la mayor cresta del espectro total del transmisor a la segunda mayor cresta. La resolución espectral de la medición será mejor que la anchura espectral máxima de la cresta, que se define en 7.2.5.4. La segunda mayor cresta puede estar próxima a la cresta principal o muy alejada de ella.

7.2.5.6 Potencia media máxima de salida

Es el valor máximo de la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatoria acoplada a la fibra por el transmisor.

7.2.5.7 Potencia media mínima de salida

Es el valor mínimo de la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatoria acoplada a la fibra por el transmisor.

7.2.5.8 Relación mínima de extinción

Véase 7.2.2.7.

7.2.6 Trayecto óptico del punto S_{M-S} al R_{S-M}

7.2.6.1 Atenuación máxima

Véase 7.2.3.1.

7.2.6.2 Atenuación mínima

Véase 7.2.3.2.

7.2.6.3 Dispersión cromática máxima

Véase 7.2.3.3.

7.2.6.4 Pérdida óptica mínima de retorno en S_{M-S}

Véase 7.2.3.4.

7.2.6.5 Reflectancia discreta máxima S_{M-S} y R_{S-M}

Véase en 7.2.7.4 una definición de la reflectancia máxima, y en 7.2.3.5 una discusión de las reflectancias discretas.

7.2.6.6 Retardo máximo de grupo diferencial

Véase 7.2.3.6.

7.2.7 Interfaz en el punto R_{S-M}

7.2.7.1 Potencia media máxima de entrada

Es el valor máximo aceptable de la potencia media recibida en el punto R_{S-M} para obtener la BER máxima especificada del código de aplicación.

7.2.7.2 Sensibilidad mínima

Es el valor mínimo de la potencia media recibida en el punto R_{S-M} para obtener la BER máxima especificada del código de aplicación. Tiene en cuenta las penalizaciones de potencia causadas por el uso de un transmisor en condiciones de funcionamiento normalizadas con valores del caso más desfavorable de la relación de extinción, tiempos de subida y bajada del impulso, pérdida óptica de retorno en los puntos S_{M-S} , degradaciones del conector, diafonía, ruido del amplificador óptico y tolerancias de medición. No se incluyen las penalizaciones de potencia asociadas con la dispersión, fluctuación de fase o reflexiones en el trayecto óptico; estos efectos se especifican por separado en la asignación de la penalización máxima del trayecto óptico. Obsérvese, no obstante, que la potencia óptica media mínima en el receptor debe ser mayor que la sensibilidad mínima en el valor de la penalización del trayecto óptico. Los efectos de envejecimiento no se especifican por separado. Se especifican valores del caso más desfavorable del final de la vida útil.

7.2.7.3 Penalización máxima del trayecto óptico

Véase 7.2.4.5.

7.2.7.4 Reflectancia máxima

Es la relación máxima de la potencia óptica reflejada que aparece en el punto de referencia a la potencia óptica incidente en ese punto de referencia. El control de las reflexiones se trata extensamente en UIT-T G.957.

8 Valores de parámetros

8.1 IrDI multicanal

Los parámetros y valores de capa física de las interfaces interdominios multicanal se indican en el cuadro 8-1.

Un posible método que en algunos casos puede ser de utilidad al indicar el cumplimiento de las especificaciones de la IrDI del cuadro 8-1 es medir el parámetro de control "relación mínima señal óptica/ruido" (OSNFR) descrito en el apéndice V.

Cuadro 8-1/G.959.1 – Parámetros y valores de capa física para aplicaciones IrDI multicanal

Parámetro ^{a)}	Unidades	P16S1-1D2 P16S1-1D5	P16I1-2D2 P16I1-2D3 ^{c)} P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2B5	P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5
Información general					
Número máximo de canales	–	16	16	16	16
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	–	2.5G NRZ	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ
Tasa máxima de errores en los bits	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Tipo de fibra	–	G.652, G.655	G.652, G.653, G.655	G.652, G.655	G.652, G.653, G.655
Interfaz en el punto MPI-S_M					
Potencia media máxima de salida de canal	dBm	–4	–3	+3	–7
Potencia media mínima de salida de canal	dBm	–10	–6	0	–11
Potencia media máxima total de salida	dBm	+8	+9	+15	+5
Frecuencia central	THz	192,1 + 0,2m, m=0 a 15	192,1 + 0,2m, m=0 a 15	192,1 + 0,2m, m=0 a 15	192,1 + 0,2m, m=0 a 15
Separación de canales	GHz	200	200	200	200
Desviación máxima de frecuencia central	GHz	40	40	40	40
Relación mínima de extinción de canal	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Plantilla del diagrama de ojo	–	STM-16 por G.957	STM-64b por G.691	STM-64b por G.691	STM-64b por G.691
Trayecto óptico (un solo tramo) del punto MPI-S_M al MPI-R_M,					
Atenuación máxima	dB	11	6 ³	11	11
Atenuación mínima	dB	2	0	0	0
Dispersión cromática máxima	ps/nm	800	400	800	800
Pérdida óptica mínima de retorno	dB	24	24	24	24
Reflectancia discreta máxima	dB	–27	–27	–27	–27
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	120	30	30	30

Cuadro 8-1/G.959.1 – Parámetros y valores de capa física para aplicaciones IrDI multicanal (fin)

Parámetro ^{a)}	Unidades	P16S1-1D2 P16S1-1D5	P16I1-2D2 P16I1-2D3 ^{c)} P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2B5	P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5
Interfaz en el punto MPI-R_M					
Potencia media máxima de entrada de canal	dBm	-6	-3	+3	-7
Potencia media mínima de entrada de canal	dBm	-21	-12	-11	-22
Potencia media máxima total de entrada	dBm	+6	+9	+15	+5
Diferencia máxima de potencia de canal	dB	NA	NA	NA	2
Penalización máxima del trayecto óptico ^{b)}	dB	1	2 para G.652, 1 para G.653 ^{c)} , 1 para G.655	2 para G.652, 1 para G.655	2 para G.652, 1 para G.653, 1 para G.655
Reflectancia máxima del elemento de red óptico	dB	-27	-27	-27	-27
<p>a) – Los valores de parámetros de este cuadro pueden no ser aplicables a futuros sistemas que utilicen amplificadores de línea, o a interfaces intradominios (IaDIs).</p> <p>b) – Este parámetro es un parámetro de diseño de equipo monocanal, y no se incorpora en el balance de potencia entre MPI-S_M y MPI-R_M.</p> <p>c) – Para una penalización de trayecto óptico de 1 dB, se recomienda que la distancia de transmisión de las interfaces intracentral multicanal por fibras G.653 no pase de 2 km debido a la no linealidad de la fibra. Si la distancia es superior a 2 km, puede aplicarse otra penalización (además de la penalización del trayecto óptico de 1 dB).</p>					

8.2 IrDI monocanal

Los parámetros y valores de capa física para una interfaz interdominios monocanal se indican en los cuadros 8-2 a 8-4.

Cuadro 8-2/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 2.5G NRZ

Parámetro	Unidades	P1I1-1D1	P1S1-1D1	P1S1-1D2	P1L1-1D1
Información general	–	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)
Número máximo de canales	–	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	–	2.5G NRZ	2.5G NRZ	2.5G NRZ	2.5G NRZ
Tasa máxima de errores en los bits	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652	G.652
Interfaz en el punto S_{M-S}					
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1266-1360	1260-1360	1430-1580	1280-1335
Tipo de fuente		MLM	SLM	SLM	SLM
Anchura RMS máxima (σ)	nm	4	NA	NA	NA
Anchura máxima a –20 dB	nm	NA	1	<1	1
Relación mínima de supresión de modos laterales	dB	NA	30	30	30
Potencia media máxima de salida	dBm	–3	0	0	+3
Potencia media mínima de salida	dBm	–10	–5	–5	–2
Relación mínima de extinción	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Trayecto óptico del punto S_{M-S} al R_{S-M}					
Atenuación máxima	dB	6	11	11	22
Atenuación mínima	dB	0	0	0	10
Dispersión cromática máxima	ps/nm	12	NA	Como en G.957 "S-16.2"	NA
Pérdida óptica mínima de retorno en S _{M-S}	dB	14	14	14	24
Reflectancia discreta máxima entre S _{M-S} y R _{S-M}	dB	–27	–27	–27	–27
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	120	120	120	120
Interfaz en el punto R_{S-M}					
Potencia media máxima de entrada	dBm	–3	0	0	–9
Sensibilidad mínima	dBm	–17	–17	–17	–25
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	1	1	1	1
Reflectancia máxima	dB	–14	–14	–14	–27
NOTA – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en UIT-T G.957.					

Cuadro 8-3/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 10G NRZ

Parámetro	Unidades	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5
Información general	–	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)	(Nota)
Número máximo de canales	–	1	1	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	–	10G NRZ					
Tasa máxima de errores en los bits	–	10 ⁻¹²					
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.652	G.652	G.653	G.655
Interfaz en el punto S_{M-S}							
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1260-1360	1290-1330	1500-1580	1500-1580	1500-1580	1500-1580
Tipo de fuente		MLM	SLM	SLM	SLM con mod. ext.	SLM con mod. ext.	SLM con mod. ext.
Anchura RMS máxima (σ)	nm	3	NA	NA	NA	NA	NA
Anchura máxima a –20 dB	nm	NA	1	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Relación mínima de supresión de modos laterales	dB	NA	30	30	30	30	30
Potencia media máxima de salida	dBm	–1	–1	–1	–1	–1	–1
Potencia media mínima de salida	dBm	–6	–6	–5	–5	–5	–5
Relación mínima de extinción	dB	6	6	8.2	8.2	8.2	8.2

Cuadro 8-3/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 10G NRZ (*fin*)

Parámetro	Unidades	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5
Trayecto óptico del punto S_{M-S} al R_{S-M}							
Atenuación máxima	dB	4	4	7	7	7	7
Atenuación mínima	dB	0	0	0	0	0	0
Dispersión cromática máxima	ps/nm	3.8	NA	40	500	80	En estudio
Pérdida óptica mínima de retorno en S _{M-S}	dB	14	14	24	24	24	24
Reflectancia discreta máxima entre S _{M-S} y R _{S-M}	dB	-27	-27	-27	-27	-27	-27
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	30	30	30	30	30	30
Interfaz en el punto R_{S-M}							
Potencia media máxima de entrada	dBm	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Sensibilidad mínima	dBm	-11	-11	-14	-14	-13	-13
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	1	1	2	2	1	2
Reflectancia máxima	dB	-14	-14	-27	-27	-27	-27
NOTA – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en UIT-T G.691.							

Cuadro 8-4/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 10G NRZ

Parámetro	Unidades	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	P1L1-2D1
Información general	–	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)	(Nota 1)
Número máximo de canales	–	1	1	1	1	1
Velocidad binaria/codificación de línea de señales de afluentes ópticas	–	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ	10G NRZ
Tasa máxima de errores en los bits	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Tipo de fibra	–	G.652	G.652	G.653, G.655	G.653, G.655	G.652
Interfaz en el punto S_{M-S}						
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1290-1320
Tipo de fuente	–	SLM con mod. ext.	SLM con modulador EA	SLM con mod. ext.	SLM con modulador EA	SLM
Anchura máxima RMS (σ)	nm	NA	NA	NA	NA	NA
Anchura máxima a –20 dB	nm	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
Relación mínima de supresión de modos laterales	dB	30	30	30	30	30
Potencia media máxima de salida	dBm	–1	+2	–1	+2	+7
Potencia media mínima de salida	dBm	–5	–1	–5	–1	+4
Relación mínima de extinción	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	6
Trayecto óptico del punto S_{M-S} al R_{S-M}						
Atenuación máxima	dB	11	11	11	11	22
Atenuación mínima	dB	7	3	7	3	17
Dispersión máxima cromática	ps/nm	800	800	130	130	130
Pérdida óptica mínima de retorno en S _{M-S}	dB	24	24	24	24	24
Reflectancia discreta máxima entre S _{M-S} y R _{S-M}	dB	–27	–27	–27	–27	–27
Retardo máximo de grupo diferencial	ps	30	30	30	30	30

Cuadro 8-4/G.959.1 – Parámetros y valores de IrDI monocanal para la clase de señal de afluente óptica 10G NRZ (*fin*)

Parámetro	Unidades	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	P1L1-2D1
Interfaz en el punto R_{S-M}						
Potencia media máxima de entrada	dBm	-8	-1	-8	-1	-10
Sensibilidad mínima	dBm	-18	-14	-17	-13	-19
Penalización máxima del trayecto óptico	dB	2	2	1	1	1
Reflectancia máxima	dB	-27	-27	-27	-27	-27
NOTA 1 – Los valores de parámetros para estos códigos de aplicación se basan en gran medida en UIT-T G.691. NOTA 2 – Los códigos de aplicación con sufijo "a" tienen niveles de potencia de transmisor apropiados a los receptores APD; los códigos de aplicación con sufijo "b" tienen niveles de potencia de transmisor apropiados a los receptores PIN.						

9 Consideraciones de seguridad óptica

Véanse en UIT-T G.664 las consideraciones de seguridad óptica.

NOTA – La reducción automática de potencia (APR, *automatic power reduction*) no es necesaria para los niveles de potencia ópticos especificados en la versión actual de esta Recomendación de conformidad con UIT-T G.664 e ISO 60825-1 e ISO 60825-2. Las versiones futuras de esta Recomendación pueden, sin embargo, contener niveles de potencia que excedan los niveles de seguridad. En este caso, para las aplicaciones pre-OTN, se aplicará el procedimiento ALS definido en G.664 solamente en las interfaces individuales de señal de cliente SDH.

10 Gestión de nivel de potencia

Queda en estudio.

ANEXO A

Configuración del método A de evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal

A.1 Configuración de referencia

En el caso de la IrDI multicanal, pueden utilizarse puntos de referencia monocanal para acceder a las señales transmitidas individuales para evaluar las características monocanal (relación de extinción, plantilla del diagrama de ojo y penalización del trayecto óptico).

Las mediciones de la relación de extinción y de la plantilla del diagrama de ojo se realizan sometiendo la señal monocanal en el punto de referencia S_x al "montaje de medición del diagrama de ojo del transmisor" ilustrado en la figura B.1/G.957.

Para la penalización del trayecto óptico se efectúan dos mediciones que se ilustran en la figura A.1. La primera (medición 1) consiste en medir la potencia necesaria para obtener la BER de referencia

utilizando la señal en S_x , lo que se repite después (medición 2) utilizando la señal en el punto de referencia R_x .

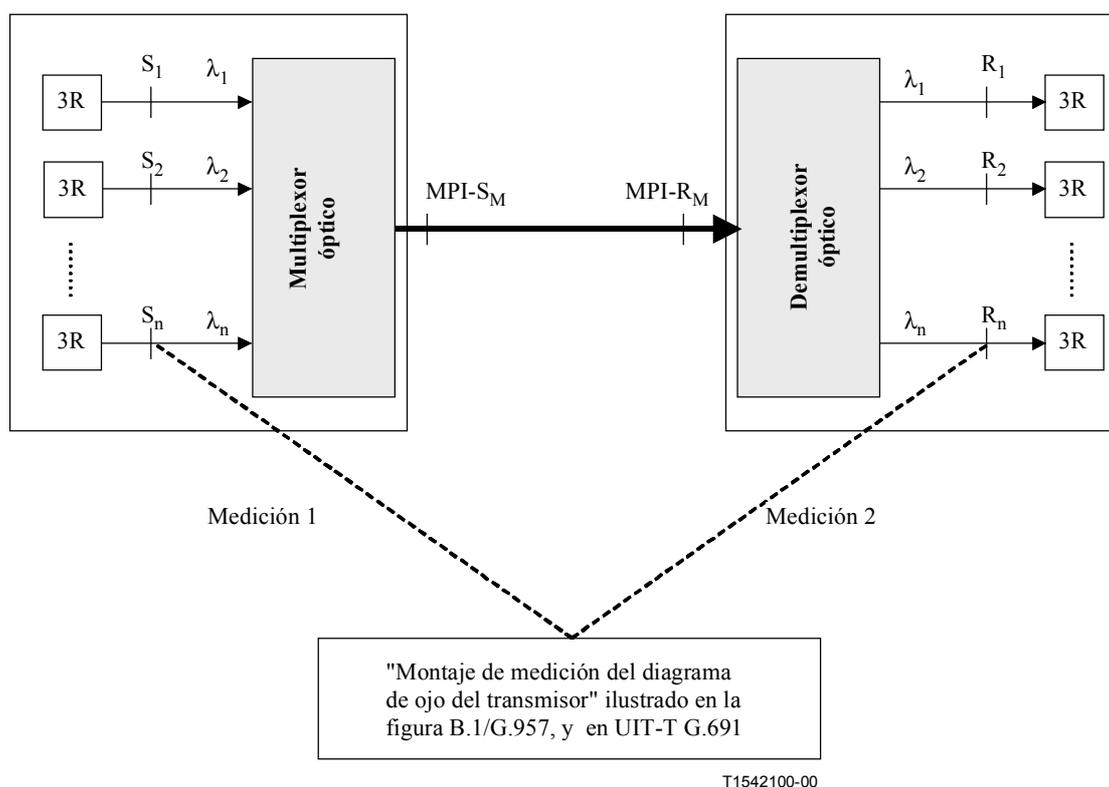


Figura A.1/G.959.1 – Configuración del método A

ANEXO B

Características del filtro paso banda óptico y del receptor de referencia del método B, para la evaluación de las características monocanal en una IrDI multicanal

B.1 Configuración de referencia

En el caso de la IrDI multicanal, puede utilizarse un filtro paso banda óptico de referencia para aislar las señales transmitidas individuales para evaluar las características monocanal (relación de extinción, plantilla del diagrama de ojo y penalización del trayecto óptico) utilizando un receptor de referencia.

Las mediciones de la relación de extinción y de la plantilla del diagrama de ojo se realizan sometiendo la señal en el $MPI-S_M$ al filtro paso banda óptico de referencia y llevando la salida a un receptor de referencia de acuerdo con la configuración indicada en el anexo B/G.957.

En el caso de la penalización del trayecto óptico se efectúan dos mediciones que se ilustran en la figura B.1. La primera (medición 1) consiste en medir la potencia necesaria para obtener la BER de referencia utilizando la señal en $MPI-S_M$, lo que se repite después (medición 2) utilizando la señal en $MPI-R_M$.

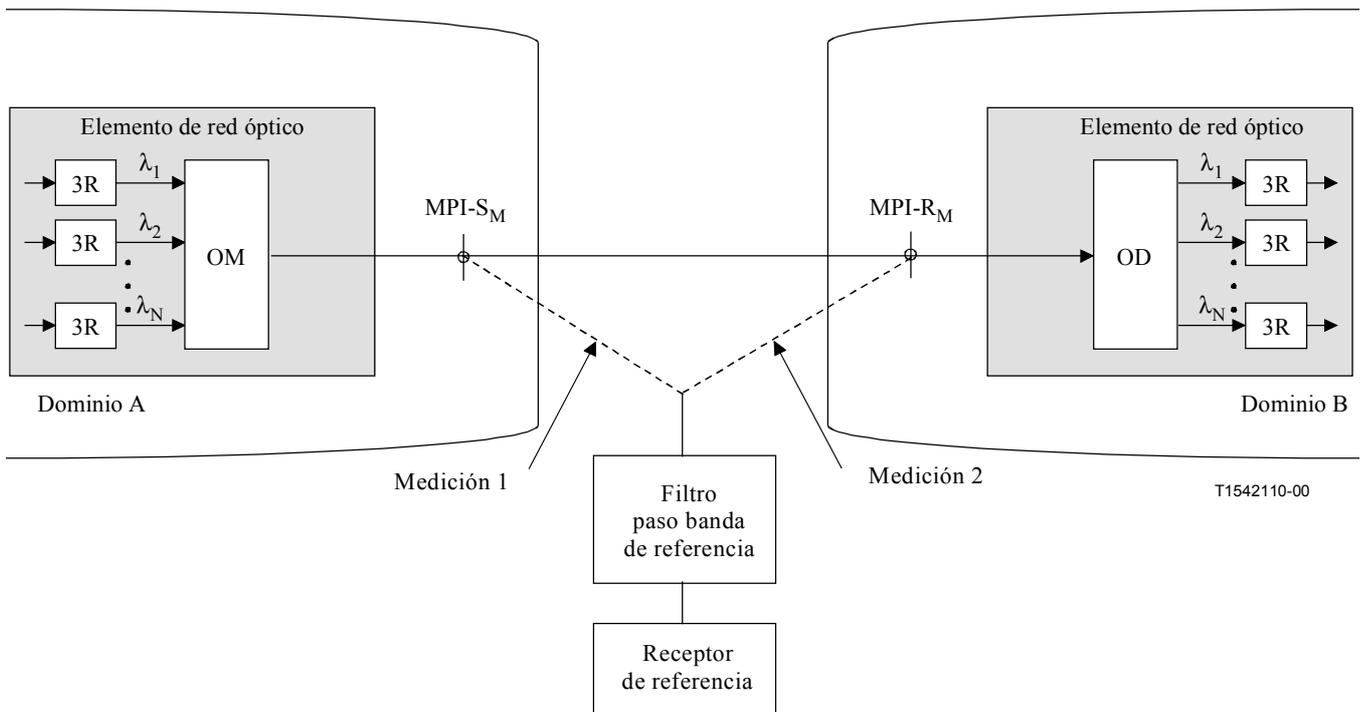


Figura B.1/G.959.1 – Configuración del método B

B.2 Filtro paso banda óptico de referencia

El objetivo del filtro paso banda óptico de referencia es aislar los canales ópticos individuales de la señal multicanal compuesta. Debe tener características adecuadas para asegurar la mínima interferencia producida por canales adyacentes, pero introduciendo una distorsión despreciable en la señal sometida a prueba. En B.2.1 se indica un conjunto mínimo de requisitos.

Hay varias tecnologías disponibles para realizar esta función, por ejemplo, un filtro sintonizable o un demultiplexor.

B.2.1 Parámetros del filtro óptico

Los requisitos de la respuesta de frecuencia del filtro paso banda óptico de referencia se ilustran en la figura B.2. El valor de Y se elige de manera que la relación de la potencia en el canal que se mide a la suma de las potencias de todos los demás canales sea mayor que 20 dB.

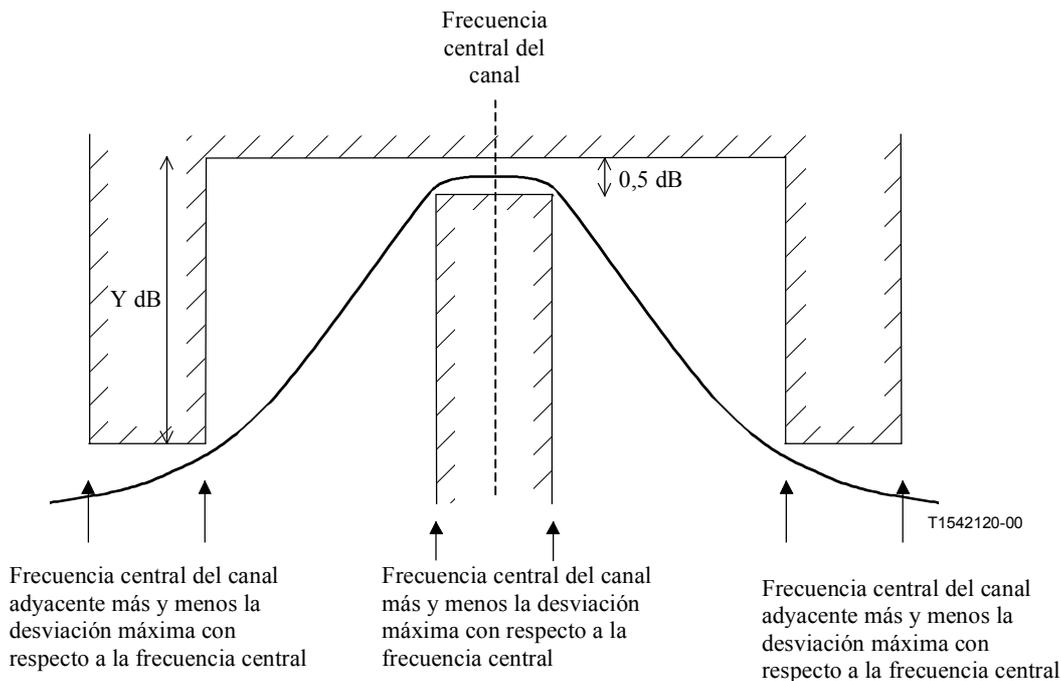


Figura B.2/G.959.1 – Respuesta de frecuencia del filtro paso banda óptico

El diseño del filtro debe elegirse de manera que la velocidad binaria máxima no sufra distorsión considerable debido a la ondulación de la amplitud y de la fase.

B.3 Receptor de referencia

Se trata de un receptor con una respuesta de frecuencia como la que se expone en el anexo A/G.691, es decir, un filtro Bessel-Thomson de cuarto orden con una frecuencia de corte a 0,75 veces la velocidad binaria considerada. Los valores de tolerancia de este filtro se indican en el cuadro A.1/G.691.

En el caso de que el receptor de referencia se utilice para medir la tasa de errores en los bits (BER) para una evaluación de la penalización del trayecto óptico, el umbral de decisión debe ajustarse para la BER más baja en la medición 1 y reoptimizarse luego para la medición 2 a fin de acomodar los requisitos de los diferentes códigos de aplicación y cubrir las diversas implementaciones de diseño que cumplen estos códigos de aplicación.

A fin de efectuar pruebas monocanal en algunos códigos de aplicación, puede ser necesario incluir un preamplificador en el receptor de referencia.

Se requieren diferentes características del receptor de referencia para las diversas velocidades binarias de señal por canal definidas en el anexo A/G.691.

APÉNDICE I

Interfaces de cliente monocanal con regeneración 3R

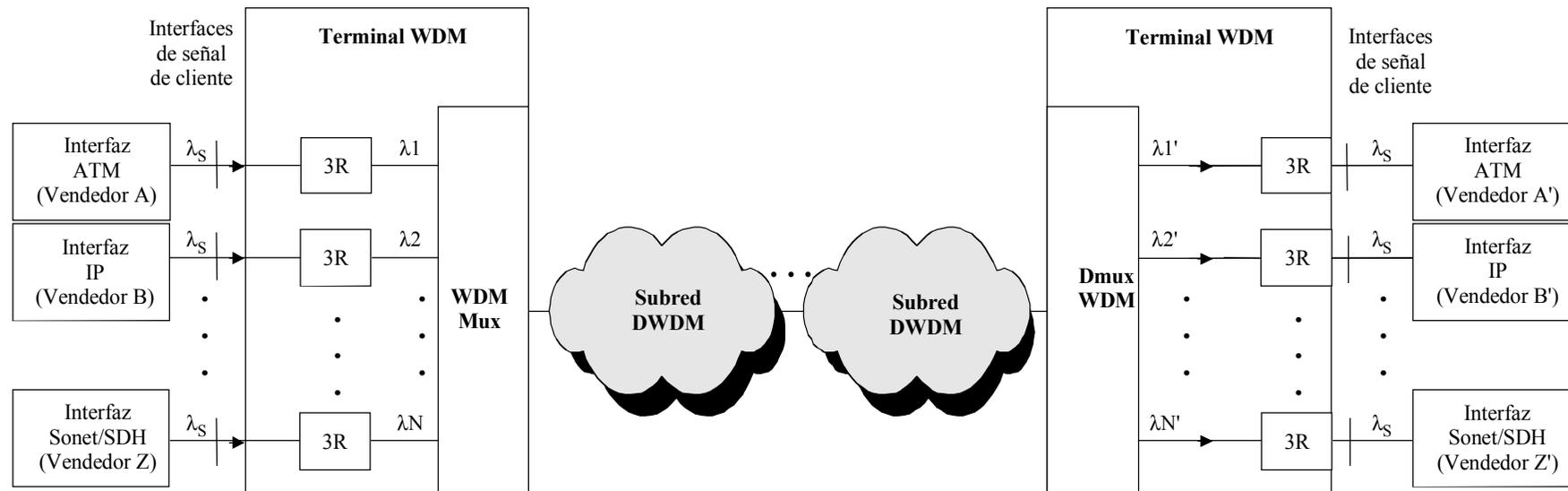
I.1 Introducción

Este apéndice describe el uso de regeneración 3R en las interfaces de señal de cliente a redes ópticas pre-OTN. El uso de regeneración 3R facilitará la interconexión de dichas redes ópticas con las redes de transporte existentes, por ejemplo las redes SDH, y se cree que acelerará el despliegue de la OTN a medida que madure la tecnología de la interconexión de redes ópticas.

I.2 Descripción de las interfaces de señal de cliente con regeneración 3R

Las señales de cliente con características ópticas que cumplen las especificaciones de capa física, por ejemplo longitudes de onda y tolerancias de frecuencia, de las redes ópticas pre-OTN pueden parecer atractivas, ya que dichas redes evitan el costo del procesamiento de óptico-eléctrico-óptico (OEO) en las interfaces de red. Sin embargo, a fin de transportar señales de cliente desde equipos SONET/SDH legados, puede ser necesaria una conversión OEO. Además, a fin de obtener interoperabilidad, el uso de señales de cliente físicamente conformes requerirá ingeniería conjunta hasta el momento en que puedan acordarse las necesarias especificaciones de interfaz óptica de capa física.

Si el procesamiento OEO antes descrito incluye regeneración 3R más cualquier otra adaptación necesaria, por ejemplo conversión de longitud de onda, la especificación de parámetros ópticos de capa física en la interfaz de cliente puede tomarse de las aplicaciones de corto alcance especificadas en UIT-T G.957. Esta interfaz de señal de cliente de corto alcance basada en el uso de regeneración 3R en el lado red de la interfaz puede utilizarse para señales de cliente legadas, así como para transmisores y receptores de señal de cliente más recientes. Esta interfaz es un ejemplo de la interfaz interdominios no-OTN (IrDI no-OTN) descrita en UIT-T G.872: Arquitectura de las redes de transporte ópticas. La interfaz se representa en la figura I.1, donde λ_S designa la longitud de onda utilizada para la interconexión de corto alcance.



T1542130-00

Figura I.1/G.951.1 - Ejemplo de interfaz de señal de cliente con regeneración 3R

APÉNDICE II

Clarificación del uso de puntos de referencia dentro de IrDI e IaDI

En la figura II.1 se da una clarificación adicional de la aplicación de los puntos de referencia OTN genéricos especificados en 5.2.

Las redes ópticas simples pueden configurarse utilizando demultiplexores y multiplexores WDM conectados espalda a espalda formando un multiplexor de adición-sustracción óptico simple (OADM). Se interconectan vía interfaces monocanal. La figura II.1 presenta dicha configuración.

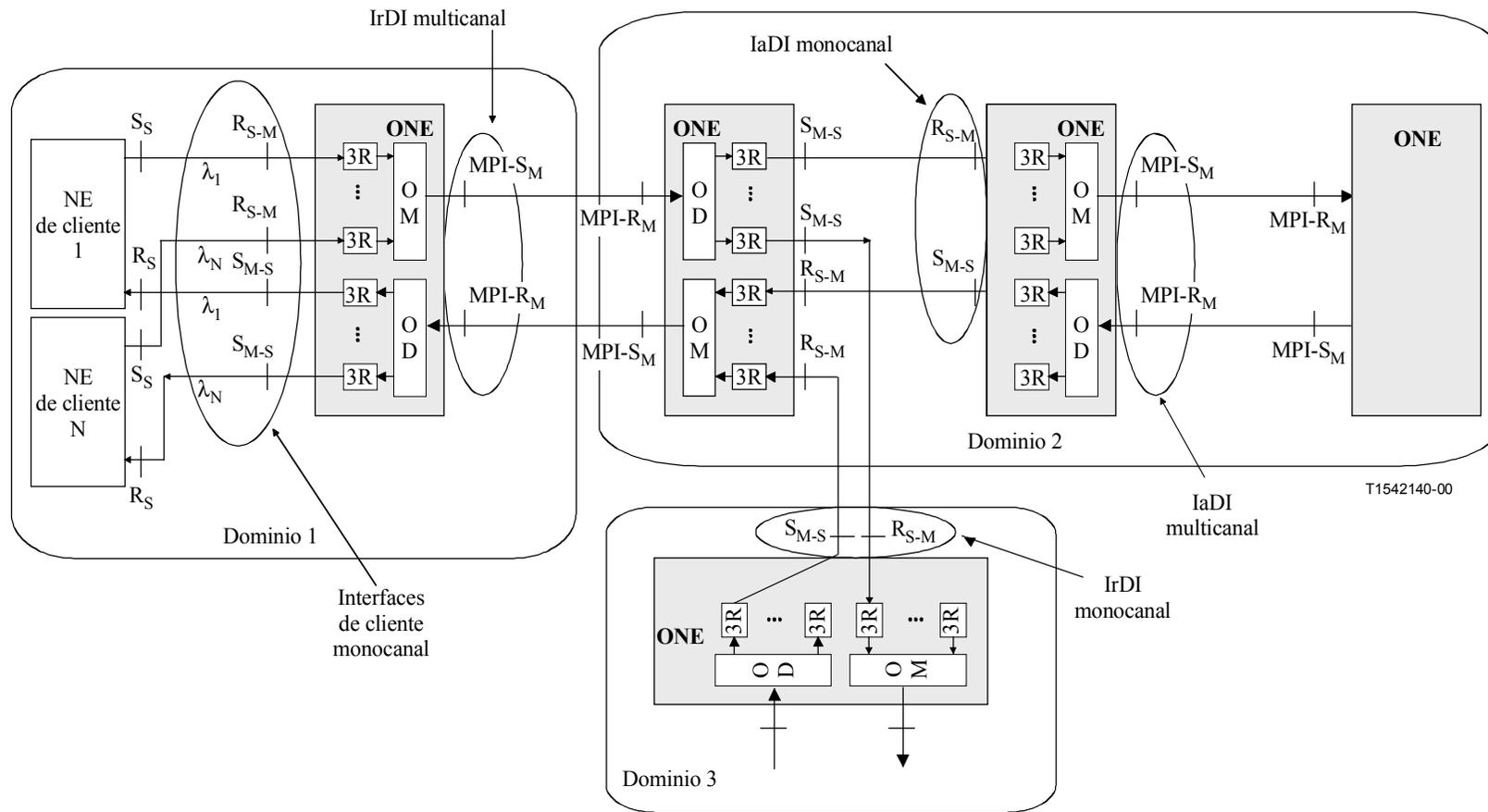


Figura II.1/G.959.1 – Ejemplos de interfaces interdominios e intradominio multicanal y monocanal

APÉNDICE III

Consideraciones sobre las implementaciones de señales de gestión

La presencia de señales para gestionar las capas de canal óptico, de sección múltiple óptica y de sección de transmisión óptica definida para los IaDI de OTN y está prevista para algunos IrDI de OTN futuros. Siguen consideraciones sobre las implementaciones físicas de dichas señales.

III.1 Implementación de señales de gestión de canal óptico

Pueden necesitarse implementaciones de señales de gestión de OCh asociadas al canal y no asociadas al canal.

En UIT-T G.709 se define un enfoque de "envoltura digital" para las señales de gestión asociadas al canal. Este método emplea una estructura de trama digital, que comprende octetos de tara, octetos de cabida útil y octetos de corrección de errores hacia adelante. La posibilidad de relajación de algunos valores de parámetros debido a la presencia de corrección de errores hacia adelante no se ha incorporado en la presente versión de esta Recomendación.

El transporte de tara asociada al OCh por mecanismos (ópticos) no digitales, por ejemplo modulación de subportadora, puede también ser apropiado para ciertas aplicaciones, que han de seguir en estudio. Estas técnicas pueden introducir otras penalizaciones del sistema.

Un canal de supervisión óptico (OSC, *optical supervisory channel*) es el método especificado en UIT-T G.709 para implementar señales no asociadas al canal. Esto se trata más adelante en relación con la implementación de señales de gestión de sección múltiple óptica y de sección de transmisión óptica.

La información de tara OCh para cada canal óptico se origina y termina en la capa OCh de los elementos de red ópticos.

III.2 Implementación de señales de gestión de sección múltiple óptica y de sección de transmisión óptica

El OSC es un canal separado, que transporta información de tara con fines de gestión de red. Los mensajes de gestión para las capas OMS y OTS, junto con los mensajes de gestión para la capa OCh que son transportados vía una implementación no asociada al canal, comparten un OSC. Para supervisar la señal multicanal en las capas OTS y OMS de los elementos de red ópticos, puede proporcionarse un OSC para cada sentido de transmisión. Un OSC se origina y termina en cada elemento de red óptico.

Actualmente, la longitud de onda preferida para el OSC se indica en UIT-T G.692. Deben tenerse en consideración la plena compatibilidad transversal y la redundancia de códigos de aplicación cuando se especifique la longitud de onda del OSC en el futuro.

APÉNDICE IV

Consideraciones sobre las futuras IaDI

Se exponen a continuación algunas consideraciones sobre las posibles especificaciones de las futuras IaDI. Se centran en las interfaces y parámetros adicionales que puede ser necesario tener en cuenta.

IV.1 Interfaces adicionales a considerar

Además de las interfaces y parámetros correspondientes indicados en los cuadros 7-1 y 7-2, puede ser necesario considerar las interfaces enumeradas en el cuadro IV.1.

Cuadro IV.1/G.959.1 – Interfaces adicionales para las consideraciones sobre las IaDI

Interfaz en el punto S_M
Trayecto óptico (múltiples tramos) desde el punto MPI- S_M a R_M , S_M a R_M , o S_M a MPI- R_M
Interfaz en el punto R_M
Elemento de red óptico del punto MPI- R_M a S_{M-S}
Elemento de red óptico del punto MPI- R_M a MPI- S_M
Elemento de red óptico (amplificador óptico) del punto R_M a S_M
Elemento de red óptico del punto R_{S-M} a MPI- S_M
Elemento de red óptico del punto R_{S-M} a S_{M-S}

IV.2 Parámetros de transferencia de ONE

Los parámetros de transferencia de ONE se aplican a las señales que atraviesan el ONE de la interfaz de recepción a la de emisión. Hay tres tipos de interfaces de recepción, a saber MPI- R_M , R_{S-M} , y R_M , y tres tipos de interfaces de emisión, MPI- S_M , S_{M-S} y S_M en un ONE, como se representa en la figura 5-1. Son posibles cinco trayectos de señal desde las interfaces de recepción ONE a las interfaces de emisión ONE. Son éstos:

- MPI- R_M a S_{M-S}
- MPI- R_M a MPI- S_M
- R_{S-M} a MPI- S_M
- R_{S-M} a S_{M-S}
- R_M a S_M

Los tres primeros de estos trayectos se denominan frecuentemente "trayecto de supresión", "trayecto de paso" y "trayecto de adición". Los parámetros de transferencia de ONE se aplican a las señales cuando atraviesan estos cinco trayectos de la interfaz de recepción a la de emisión. Los parámetros de transferencia de ONE podrían tener utilidad en futuras aplicaciones OTN. El cuadro IV.2 contiene algunos parámetros de transferencia que podrían ser aplicables en futuras aplicaciones OTN.

Cuadro IV.2/G.959.1 – Parámetros de transferencia de ONE

Degradación de la relación señal óptica/ruido (dB)
Parámetros relacionados con la diafonía óptica tales como: <ul style="list-style-type: none"> – Relación diafónica dentro de banda (dB) – Relación diafónica fuera de banda (dB)
Parámetros relacionados con la respuesta de frecuencia tales como: <ul style="list-style-type: none"> – Ondulación (dB) – Pérdida de inserción (dB) – Anchura de canal (GHz)
Parámetros relacionados con la polarización tales como: <ul style="list-style-type: none"> – Retardo de grupo diferencial (ps) – Pérdida dependiente de la polarización (dB) – Dispersión cromática (ps/nm)

De los parámetros de los cuadros 7-1 y 7-2 y del cuadro IV.2, sólo han de especificarse los parámetros aplicables a una situación dada o a un determinado ONE. La especificación y la definición de estos parámetros quedan en estudio. Queda en estudio la aplicación de las especificaciones de parámetros, por ejemplo, para fines de diseño o para supervisión en servicio o verificación fuera de servicio.

APÉNDICE V

Aplicación de la relación mínima señal óptica/ruido (OSNFR)

V.1 Definición de la relación mínima señal óptica/ruido

Con relación a la figura V.1, del espectro óptico, la OSNFR se define como sigue:

$$OSNFR = \text{valor mínimo de OSNR} \quad \text{dB} \quad (1)$$

para todos los canales poblados.

OSNR es la relación señal óptica/ruido de cada canal, definida por:

$$OSNR = 10 \text{Log} \frac{P_i}{N_i} + 10 \text{Log} \frac{B_m}{B_r} \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

P_i es la potencia de la señal óptica en vatios en el i -ésimo canal.

N_i es el valor interpolado de la potencia de ruido en vatios medido en la anchura de banda equivalente de ruido, B_m , en el i -ésimo canal:

$$N_i = \frac{N(v_i - \Delta v) + N(v_i + \Delta v)}{2} \quad (3)$$

Δv es el desplazamiento de interpolación igual a la mitad de la separación de canales (en el caso de una separación de canales de 200 GHz, $\Delta v = 100$ GHz),

B_r es la anchura de banda óptica de referencia. (B_m y B_r pueden expresarse en unidades de frecuencia o de longitud de onda, pero deben ser consecuentes.) La anchura de banda óptica de referencia suele ser 0,1 nm.

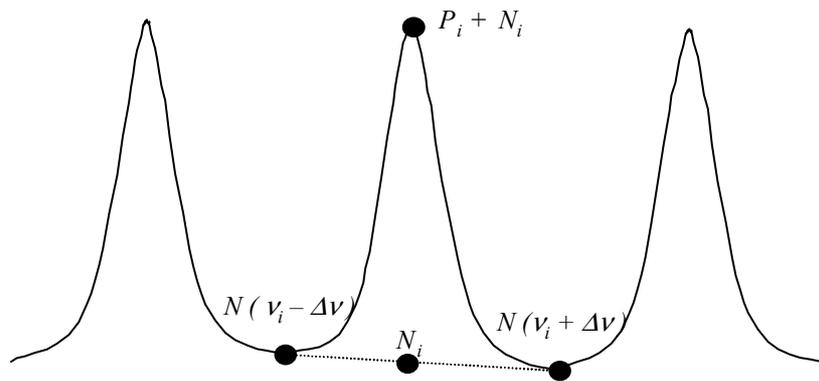


Figura V.1/G.959.1 – La OSNFR para cada canal poblado se obtiene de mediciones directas del espectro óptico

V.2 Validez del parámetro

El parámetro relación mínima señal óptica/ruido *no* es un parámetro de diseño; es un posible parámetro de control – aunque no es necesariamente suficiente por sí mismo – que debe utilizarse para indicar que un operador conectante cumple las especificaciones de IrDI. Más específicamente, el parámetro está relacionado con la generación de ruido en los amplificadores ópticos, y puede dar información acerca de la correcta utilización de los amplificadores ópticos en el sistema. Obsérvese que aún cuando la OSNFR se cumpla en un determinado canal óptico, la acumulación de diversas degradaciones de señal (como, por ejemplo, los efectos no lineales) podría significar que la calidad de la señal es insatisfactoria. Para asegurar una calidad de señal satisfactoria, la BER es el parámetro adecuado que hay que tratar.

V.3 Incumplimiento de la especificación de IrDI

La OSNFR puede en algunos casos indicar si las especificaciones de IrDI han sido o no cumplidas por un operador conectante. Éste será el caso típico del amplificador elevador de señal, ya que el operador conectante no debería estar utilizando un amplificador en el lado transmisor para los casos sin amplificación o con preamplificación.

Las siguientes violaciones de la IrDI pueden ser detectadas por la OSNFR:

Solución del amplificador elevador:

- Las potencias de entrada ópticas al amplificador elevador son demasiado bajas.
- Se ha añadido un amplificador óptico en el lado transmisor.
- El láser de bombeo se degrada, en tanto que la señal sigue estando dentro de la gama dinámica de potencia óptica de entrada.

Soluciones con preamplificador o sin amplificador:

- Se ha añadido un amplificador en el lado transmisor.

Es posible que se haya producido una violación sin que sea reflejada por la OSNFR, como se ilustra a continuación.

- Por filtrado adecuado de la señal WDM (o los canales individuales), un operador conectante puede enmascarar la inclusión de un amplificador ilegal en el lado transmisor.
- Un canal con historial de transmisión puede añadirse en el elemento de red transmisor en paralelo con canales de generación "reciente". Este canal puede haber sido distorsionado por

efectos no lineales y puede sufrir dispersión hasta un grado en el que la calidad de señal sea inaceptable sin que quede rastro alguno de ello en la OSNFR.

V.4 Métodos de control alternativos

La OSNFR no es una solución perfecta para verificar la parte de la IrDI perteneciente al operador conectante, pero es la mejor solución práctica conocida hoy día. Si aparece una solución mejor, debería sustituirse este método.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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