

DEFINICION DE CRITERIOS DE DISEÑO PARA REDES OPTICAS DWDM.

**ANEXO B
GESTIÓN DE REDES ÓPTICAS**



**ALEIDA RODRÍGUEZ MANCILLA
LIDA MARGOTH ANACONA IPIA**

Trabajo Final de Grado para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

**Director:
ing. LUIS FELIPE CADENA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES**

**POPAYÁN
2004**

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. POSIBILIDADES DE GESTION EN LA RED 100% ÓPTICA.....	1
1.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE RED ÓPTICA. NMS ÓPTICO.....	2
1.2 FUNCIONES DE GESTION DE UNA RED OPTICA.....	3
1.2.1 Protocolos de gestión de red.....	5
1.3 GESTION DE LA CONFIGURACIÓN DE RED.....	6
1.3.1 Gestión de equipos.....	6
1.3.2 Gestión de conexiones.....	7
1.3.2.1 Gestión distribuida de conexiones.....	7
1.3.2.2 Interacción con otras capas.....	8
1.3.3 Gestión de adaptación.....	11
2. GESTIÓN DE PRESTACIONES Y FALLOS.....	10
2.1 Medida de la tasa de error (BER).....	11
2.2 Concepto de traza óptica.....	11
2.3 Gestión de alarmas.....	12
2.4 Overheads de la capa óptica.....	13
2.4.1 Tono piloto o subportadora.....	14
2.4.2 Canal Óptico de Supervisión (OSC).....	14
2.4.3 Preservación de la velocidad.....	14
2.4.3.1 Uso de los bytes no asignados del overhead SDH para el overhead óptico.....	16
2.4.4 Encapsulamiento Digital.....	20
2.5 Recomendación g.709 red óptica de transporte (OTN).....	20
2.5.1 Propiedades de la OTN.....	21
2.5.2 Estándares ITU-G 709 para la OTN.....	22
2.5.3 Cabecera TDM (Tandem Connection Monitoring) del ODU.....	28
2.5.4 Cabecera del OTU y Alineación de la Trama.....	31
2.5.5 Forward Error Correction (FEC).....	32
2.5.6 Aplicaciones de medida del FEC.....	34
2.5.7 Pruebas de Estímulos.....	35
 3. GLOSARIO DE TERMINOS.....	 39
4. BIBLIOGRAFÍA.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Sistema de Gestión de red.....	5
Figura 1.2 Overlay.....	8
Figura 1.3 Overlay +.....	9
Figura 1.4 Peer.....	9
Figura 1.5 Overlay aumentado.....	9
Figura 1.6 λ s que se pueden emplear en sistemas DWDM.....	10
Figura 2.1 Señales FDI y BDI de la capa óptica.....	12
Figura 2.2 Overhead de la capa óptica.....	13
Figura 2.3 Implementación de un nodo OXC con procesamiento de overhead Óptico.....	15
Figura 2.4 Ejemplo de una λ dedicada para llevar información de overhead OTS y OMS.....	15
Figura 2.5 Sistema DWDM transportando diferentes señales STM-n sobre 4 canales ópticos.....	16
Figura 2.6 Overhead STM-16	17
Figura 2.7 Overhead STM-4.....	17
Figura 2.8 Overhead STM-1.....	17
Figura 2.9 Estructura Básica OTN.....	22
Figura 2.10 Subestructura del canal Óptico.....	22
Figura 2.11 Interfaces de Red definidas en la recomendación G.872 ITU-T.....	23
Figura 2.12 Estructura en capas de la Red OTN.....	24
Figura 2.13 Estructura del Canal Óptico.....	26
Figura 2.14 Overhead de OPU.....	26
Figura 2.15 Estructura del Overhead del ODU.....	27
Figura 2.16 Estructura de la cabecera TCM y PM.....	27
Figura 2.17 Estructura TCM en OTN.....	29
Figura 2.18 Estructura FTFL.....	30
Figura 2.19 Estructura de la Señal de Alineación de Trama y la OTU.....	30
Figura 2.20 Sección de Monitorización OH.....	31
Figura 2.21 Código Reed-Solomon RS(255/239) Recomendación 709 ITU-T...	32
Figura 2.22 Formación del chequeo de paridad.....	32
Figura 2.23 Efecto de usar FEC con diferentes algoritmos.....	33
Figura 2.24 Pruebas de Estímulos.....	35
Figura 2.25 Prueba de Mapeo y Desmapeo.....	35
Figura 2.26 Pruebas del FEC.....	36

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Enlace entre datos de mensajes TNM y la capa óptica.....	18
Tabla 2. Resumen de los bytes del overhead óptico.....	19

1. POSIBILIDADES DE GESTION EN LA RED TOTALMENTE OPTICA

Un plano de gestión de una red óptica tiene como función principal la realización de peticiones de establecimiento y eliminación de conexiones ópticas, y permite la integración en un futuro de funciones de monitorización de los planos de control y transporte. El plano de gestión tiene dos ejes básicos: (i) una estructura de información de gestión basada en protocolos de gestión (ii) una interfaz de comunicación entre el plano de gestión y el de control (NMI), que utiliza SNMP como protocolo de transferencia de información de gestión y la DCN para el intercambio de mensajes de gestión. El plano de gestión contempla la arquitectura funcional de gestión genérica por lo que está formado por un NMS¹ que contiene un bloque gestor para el plano de control del anillo óptico (cuyo diseño modular permitirá la incorporación de funciones de monitorización de los planos de control y transporte), está conectado a dicho plano de control por la DCN, y realiza funciones de sistema de operaciones, transformación y estación de trabajo, que permiten la petición de establecimiento y eliminación de canales ópticos y la interpretación de información de gestión. Los elementos funcionales del plano de gestión son:

- En el plano de gestión: un entorno de introducción de parámetros de caracterización del establecimiento o eliminación de canales ópticos (la petición de conexiones depende del factor humano) y de interpretación de mensajes (respuestas a dichas peticiones, notificaciones y alarmas) y una interfaz de comunicación entre los planos de gestión y de control del anillo óptico que permita al NMS óptico dar al primer nodo óptico (OCC) la orden de establecer / eliminar un canal óptico entre dos puntos de la red (NMI basada en el protocolo de gestión SNMP), ambos elementos contenidos en la aplicación NMS óptico.
- En el plano de control: acceso y almacenamiento de la información de gestión contenida en los OCCs del plano de control y una interfaz de comunicación entre los planos de gestión y de control (NMI mediante protocolo SNMP), ambos elementos

¹ NMS: Sistema de Gestión de Red.

contenidos en el bloque agente SNMP de los OCCs del plano de control. Los OCCs deben disponer de información actualizada sobre sí mismos (clientes de cada nodo óptico, mapeo entre puertos, etc.), sus condiciones de funcionamiento, su vecindario (OCCs y enrutadores activos, averías, estadísticas, etc.) y las conexiones ópticas activas, esta información debe ser almacenada y será accedida por el NMS óptico en las peticiones de establecimiento y eliminación de conexiones ópticas.

1.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE RED ÓPTICA. NMS ÓPTICO

Es la aplicación de gestión de la red óptica, responsable del diálogo con los OCCs para el inicio del establecimiento y eliminación de conexiones ópticas. La arquitectura NMS está formada por una función principal, que puede ser accedida de forma gráfica, que está a la escucha de acciones de gestión, ya sea el envío o recepción de mensajes genéricos SNMP o la realización de peticiones de establecimiento o eliminación de conexiones ópticas. Para realizar una petición de establecimiento de una conexión óptica, NMS óptico requiere la selección de ocho parámetros, agrupados en dos tipos: caracterización del agente SNMP al que se envía la petición (nodo origen de la conexión óptica a establecer) y caracterización de la conexión óptica (OCC destino, tipo de tráfico, velocidad, bidireccionalidad, continuidad, ruta explícita y tipo de conmutación). Dichos parámetros configuran los objetos identificadores del mensaje que será enviado al agente SNMP. El mensaje de respuesta a una petición de establecimiento, enviado por el agente SNMP, contiene el resultado de la acción solicitada (éxito en caso de establecimiento de la conexión y motivo en caso de fallo). En caso de éxito, NMS óptico almacena y muestra las características de la conexión establecida y, en caso de imposibilidad de establecimiento, muestra el motivo del fallo. En cuanto a la eliminación de conexiones ópticas previamente establecidas, NMS óptico requiere la selección de una conexión establecida, que está asociada en la base de datos local del NMS con su OCC origen, al que el NMS enviará un mensaje SNMP con el objeto identificador correspondiente a la conexión a eliminar y un mensaje SNMP de petición de eliminación. El OCC, eliminará la conexión óptica solicitada, vaciará la entrada de su MIB indexada con el valor del objeto identificador recibido y devolverá un mensaje de respuesta al NMS, que en caso de éxito eliminará el identificador de la conexión del menú gráfico y de la base de datos local.

Una de las principales ventajas ofrecidas por la tecnología SONET es la capacidad de los canales de comunicaciones de datos (DCC). Usados por las funciones de operación, los DCCs pueden generar alarmas, enviar datos de administración, información de control de la señal, y mensajes de mantenimiento. Cuando SONET se transporta sobre DWDM, los DCCs continúan realizando estas funciones entre los elementos de la red SONET. Además un sistema DWDM puede tener su propio canal de gestión a nivel óptico. Para la gestión fuera de banda, una longitud de onda adicional se puede usar como canal de supervisión óptica. Para la gestión dentro de banda, una pequeña cantidad de ancho de banda, por ejemplo 8 Khz., se pueden reservar para gestión en una base por canal.

1.2 FUNCIONES DE GESTION DE UNA RED OPTICA

La Gestión de una red es un aspecto fundamental si esta ha de implementarse en la práctica, con independencia de que la tecnología que emplee sea más o menos atractiva y poderosa. En la mayoría de los casos, el factor dominante en el costo de una red. La gestión de una red implica diferentes funciones:

- Gestión de configuración
- Gestión de la calidad que proporciona
- Gestión frente a fallos
- Gestión de seguridad (datos y física)
- Gestión de contabilización

La gestión de calidad y prestaciones se ocupa de la supervisión y gestión de los diversos parámetros que miden las prestaciones y la calidad de una red, permite a los operadores de red garantizar una determinada calidad de servicio, permite verificar que los clientes cumplen los requisitos impuestos por el operador o proveedor de servicios, proporciona información valiosa a otras funciones: Gestión de fallos al detectarse condiciones anómalas en la red. La gestión frente a fallos se ocupa de la detección de fallos cuando estos ocurren, de aislarlos y de restaurar el tráfico que puede haber sido afectado, para ello se emplean técnicas de protección que consisten en proporcionar cierta capacidad redundante dentro de la red para re-encaminar el tráfico afectado en caso de fallo. En las redes DWDM se pueden tener fallos en:

- Enlaces: por cortes de fibras
- En nodos: pérdidas de suministro eléctrico, fallos en equipos.
- En canales: fallos de equipos asociados

La gestión de la configuración se ocupa de las funciones orientadas a gestionar de forma ordenada los cambios que se producen en la red. Se tienen tres tipos:

- Gestión de conexiones: Establecimiento, supervisión y liberación de conexiones en la red.
- Gestión de equipos: Verificación de su estado y gestión de su incorporación (incluyendo re-enrutamiento)
- Gestión de adaptación: Conversión de señales cliente externas a la capa óptica a un formato compatible con ella.

La gestión de la seguridad incluye funciones administrativas como autenticación de usuario y fijación de atributos: permisos de lectura / escritura. La red se parte en dominios verticales y horizontales. En los dominios verticales se permite a algunos usuarios acceder a algunos elementos de red y no a otros. Con dominios horizontales algunos usuarios pueden acceder a algunos parámetros de todos los elementos de la red. La gestión de seguridad también proporciona protección de datos frente a accesos no permitidos (cifrados). La gestión de la contabilización es la responsable de tareas como facturación, desarrollo de históricos sobre elementos y componentes de la red. Finalmente hay una gestión de la seguridad física, necesaria para asegurar que la radiación óptica se encuentre dentro de los límites de seguridad para el ojo humano. En la Recomendación UIT-T G.874, "Aspectos de gestión del elemento de red de transporte óptica", se especifica las aplicaciones, funciones y requisitos del equipo de gestión de interfuncionamiento óptico que utiliza sistemas de soporte de operaciones (OSS). La Recomendación abarca aspectos de la gestión de configuración, la gestión de averías y la gestión de calidad en lo que concierne a los elementos de cliente de la red óptica.

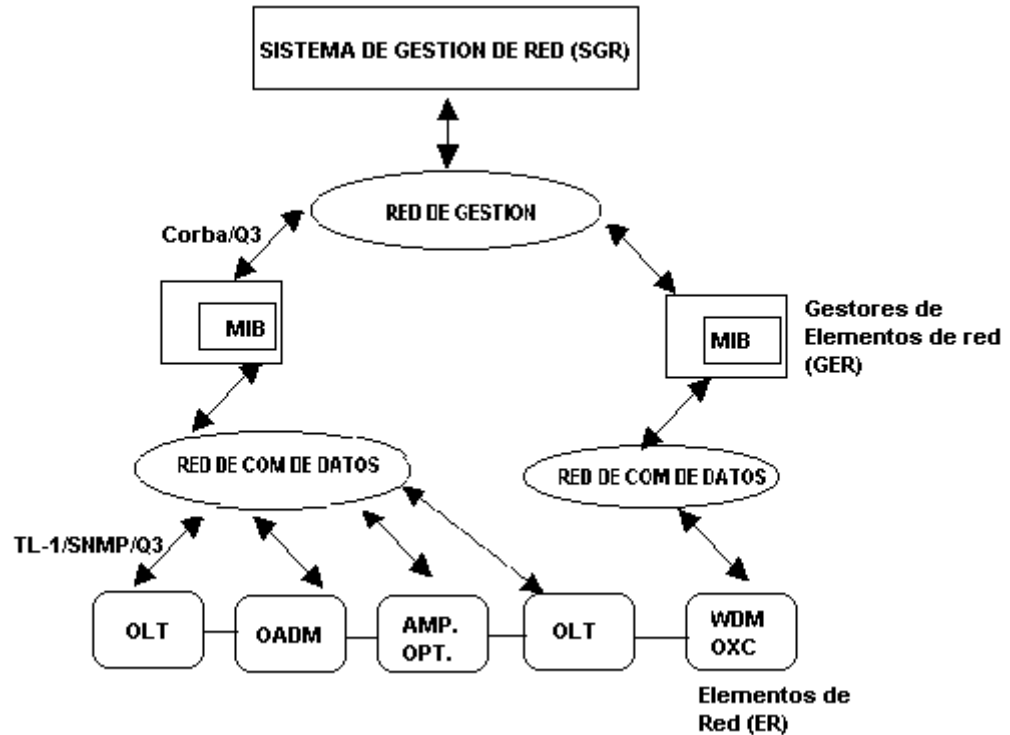


Figura 1.1: Sistema de Gestión de red

1.2.1 Protocolos de gestión de red

Se tiene un modelo Maestro-Eslavo entre el protocolo GER y ER. El GER solidita al agente información sobre el estado de variables del MIB (get). Ej. Información de prestaciones, el GER puede cambiar los valores de las variables del MIB (set). Ej. Cambiar la configuración de los conmutadores en un enrutador óptico. El agente puede iniciar él mismo una comunicación con el GER (trap o alarm) para indicar la detección de un problema. En la mayoría de los casos el interfaz físico de la gestión con el ER es a través de RS-232 o Ethernet. Para comunicar el GER con los ER se utiliza una red de Comunicación de Datos y de Señalización y es normalmente una red OSI o TCP/IP. Se tienen las siguientes opciones:

- Empleando una red fuera de banda externa a la capa óptica
- Empleando un OSC en una longitud de onda separada y dedicada especialmente en DWDM y equipos en línea
- Mediante un canal óptico dentro de banda que añade overhead a la capa óptica (Digital Wrapper o Rate Preserving).

La Recomendación UIT-T G.874.1 "Modelo de información de gestión, sin consideración de protocolos, de las redes de transporte óptica (OTN) para la visualización del elemento de red", constituye una forma de garantizar la coherencia de los modelos de equipo OTN para protocolos de gestión específicos, lo que incluye el elemento común del servicio de información de gestión (CMISE), arquitectura de negociación de petición de objetos comunes (CORBA), y el protocolo de gestión de red simple (SNMP).

1.3 GESTION DE LA CONFIGURACIÓN DE RED

La gestión de la configuración de red se divide en tres partes:

1. Gestión de los equipos de la red
2. Gestión de las conexiones de la red
3. Gestión y adaptación de señales de la capa cliente a la capa óptica.

1.3.1 Gestión De Equipos

La gestión de equipos comprende el seguimiento de los equipos instalados en red y de los equipos de cada elemento de red (No. De longitudes de onda activas, No. Máximo de longitudes de onda, amplificadores, etc...), gestión de amplificación modular de equipos (añadir mas longitudes de onda sin afectar el funcionamiento de la ya existentes), reparar un canal fuera de servicio sin afectar al resto, etc..., mantenimiento de inventario de tarjetas de sustitución para cada longitud de onda empleada o un láser sintonizable como solución de back-up. La Recomendación UIT-T G.7710/Y.1701 "Requisitos funcionales de la gestión del equipo común", aborda la gestión del equipo genérico y se basa en el conocimiento adquirido gracias a la preparación de recomendaciones sobre desarrollo de gestión de equipo SONET y SDH. Esta nueva Recomendación sienta las bases de la gestión de equipo para las nuevas tecnologías de redes de transporte, incluida la red de transporte óptica.

1.3.2 Gestión De Conexiones

Se trata de establecer supervisar y liberar los caminos ópticos que proporciona la capa óptica, tradicionalmente en telecomunicaciones la provisión es de tipo centralizado o a

través de un conjunto de sistemas, el proceso es muy lento y complejo incluye primero la configuración de equipos de diferentes fabricantes por separado y después conseguir su operabilidad. El tiempo de establecimiento de una conexión puede tardar meses esto conlleva a la creación de redes mas complejas con conexiones mas dinámicas. El reto para los proveedores de servicio esta en soportar estas características, para ello deben instalar equipo e infraestructura con antelación suficiente y disponer de los métodos para establecer rápidamente las conexiones, convirtiéndose en una ventaja competitiva y estimulando el intercambio de ancho de banda no utilizado entre proveedores de servicio durante cortos plazos de tiempo.

1.3.2.1 Gestión Distribuida De Conexiones

- **Gestión de la topología de red.** Cada nodo mantiene una base de datos de la topología de red y recursos disponibles y empleados para soportar trafico. Si hay cambios la información se propaga por la red. Al inicializarse la red (o producirse cambios) se ha de descubrir la topología por parte de los nodos (intercambio de información con nodos adyacentes: conectividad local y broadcasting posterior a todos los nodos).
- **Calculo de rutas.** Al solicitarse una conexión la red debe encontrar una ruta y obtener los recursos a lo largo de esta para soportarla. Puede realizarse aplicando un algoritmo de enrutamiento que considere las restricciones impuestas por la red (si hay conversión de longitud de onda, capacidad disponible por enlace, etc...) también deben calcularse las rutas de protección.
- **Señalización.** Una vez calculadas las rutas se debe establecer la conexión, esto implica la reserva de recursos requeridos y el establecimiento de conmutadores dentro de la red. Para esto los nodos deben intercambiar mensajes entre ellos que pueden ser mediante protocolos tipo MPLS como RSVP o CR-LDP. Lo mismo se aplica para el proceso de liberación de una conexión. La conexión/desconexion debe ser un proceso coordinado para evitar el disparo de alarmas.
- **Red de señalización.** Es necesario un canal de señalización para intercambiar información de control entre nodos.

1.3.2.2 Interacción Con Otras Capas

Es muy importante la interacción de los protocolos de gestión de la conexión con las capas cliente. Puede haber diferentes tipos de interacciones en diferentes escenarios (redes metro, de larga distancia, nuevos proveedores de servicio). Hay cuatro tipos de modelos de plano de control para interconectar las capas cliente a la capa óptica:

1. **Overlay.** La capa óptica tiene su plano de control propio y las capas clientes poseen los suyos independientes. La capa óptica provee una interfaz de red de usuario UNI a través del cual las capas superiores solicitan conexiones. Dentro de la capa óptica las diferentes subredes Inter-operan por medio de una interfaz red-red NNI estandarizada. Este modelo se utiliza para interconectar capas diversas (SDH, ATM, IP, Ethernet con la capa óptica), también soporta caminos ópticos dedicados y VPNs.

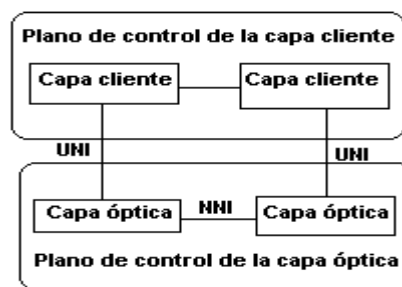


Figura 1.2: Overlay

2. **Overlay +.** Hay un agente intermediario que ejerce el control entre ambas capas, este posee información sobre la topología y estado de las capas y la utiliza para establecer y liberar caminos ópticos basados en el cumplimiento de diversas políticas y requisitos, las peticiones pueden cursarse de forma inmediata para evitar fallos o congestiones y coordinar acciones de protección y restauración.

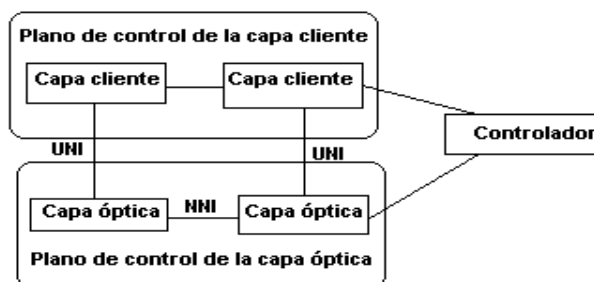


Figura 1.3: Overlay +

3. Peer. Los enrutadores IP y elementos de la capa óptica ejecutan el mismo software de control, para los enrutadores, los OXCs son como otros enrutadores, es decir sus iguales o PEERS. La capa óptica y la capa cliente son iguales, cada enrutador tiene pleno conocimiento de la estructura y topología de la capa óptica y lo que es mas importante puede controlar directamente las conexiones ópticas. En general los elementos de red óptica imponen restricciones mas severas que los elementos de la capa cliente en materia de encaminamiento y protección de las colisiones.

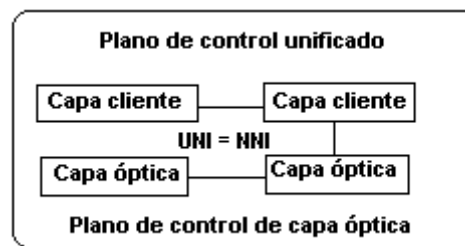


Figura 1.4: Peer

4. Overlay aumentado: La capa cliente tiene acceso a información resumida acerca del encaminamiento, direccionamiento y topología de la capa óptica pero el funcionamiento de los planos de control de ambas capas sigue siendo independiente

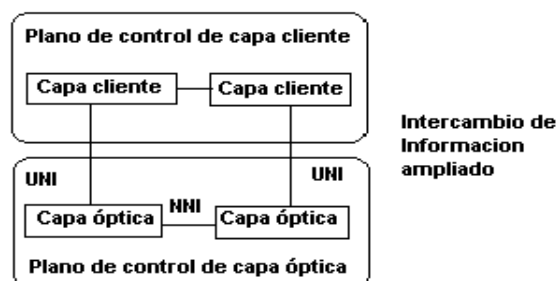


Figura 1.5: Overlay aumentado

Los modelos 3 y 4 se aplican especialmente a servicios basados en IP, requieren mayor confianza y acoplamiento entre la capa IP y la capa óptica en comparación con los modelos 1 y 2. El modelo Overlay es el único hasta hoy estandarizado por la ITU.

1.3.3 Gestión de Adaptación

Consiste en tomar y adaptar las señales de la capa cliente a un formato que pueda emplearse dentro de la capa óptica y viceversa. Cumple las siguientes funciones:

- Convertir la señal a una longitud de onda, nivel de potencia y otros parámetros ópticos relacionados con el OL apropiados.

- Añadir y eliminar los overheads apropiados que permiten gestionar la señal dentro de la capa óptica.
- Controlar la señal cliente para verificar que cumple los requisitos acotados por los acuerdos usuario- proveedores de servicio (Servicios de valor agregado)

En redes DWDM existe una variedad de interfaces para acomodar diferentes tipos de usuarios.

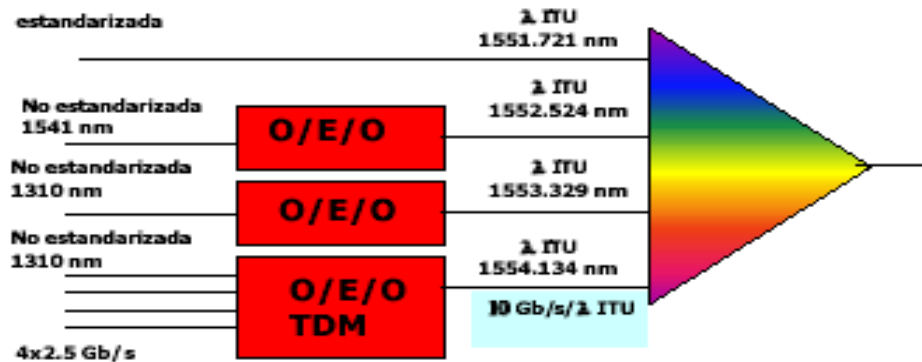


Figura 1.6: Longitudes de onda que se pueden emplear en sistemas DWDM

2. GESTIÓN DE PRESTACIONES Y FALLOS

La gestión de prestaciones habilita a los proveedores a proporcionar garantías de QoS a los usuarios, mediante la monitorización de los parámetros de calidad de todas las conexiones de la red y adoptando las medidas para mantener las garantías, esta muy relacionada con la gestión de fallos que conlleva la detección de problemas en la red y la generación de las correspondientes alertas, así como la restauración del servicio.

Uno de los factores a tener en cuenta en una red completamente óptica es el grado de dependencia, es difícil de diseñar pues los factores de degradación dependen del tipo de señal que se transporte, muy difícil de gestionar por que no se tiene conocimiento previo del protocolo, formato y velocidad de la señal y no se puede acceder a bits de overhead directamente en el dominio óptico (se mide niveles de potencia óptica, OSNR, pero no BER, además estos dependen del formato de señal)

2.1 Medida de la tasa de error (BER).

Es un parámetro clave asociado a las prestaciones de un camino óptico, solo puede medirse al pasar la señal a eléctrico, es decir, en transpondedores o regeneradores. Los bytes de overhead de algunas capas cliente como SDH permiten su calculo directo como también los bytes de cabecera ópticos (Digital Wrapper) recientemente propuestos para encapsulamiento de datos en la capa óptica, en otros casos se estima la calidad de forma indirecta a través de otras medidas como OSRN, que se usan como señales para activar alarmas de mantenimiento y/o protección.

2.2 Concepto de traza óptica.

Es un identificador que se emplea para reconocer caminos ópticos o secciones dentro de la capa óptica.

- Traza de Ruta del Canal Óptico: identificador asociado a un camino óptico, permite identificar, verificar y gestionar su conectividad y realizar aislamientos si se realizan conexiones incorrectas.
- Traza de Sección de Canal Óptico: Esta asociado a cada pareja de puntos de regeneración adyacentes dentro de un CO. Permite localizar, verificar la conectividad entre localizaciones de los diversos regeneradores.
- Traza de Sección Transparente de Canal Óptico: Dentro de los extremos de una subred totalmente óptica.

2.3 Gestión de alarmas.

En una red óptica, un solo fallo puede originar múltiples alarmas, generando una cantidad de acciones incorrectas en respuestas. Ej. La rotura de un enlace provoca el fallo de todos los CO's que transporta. Los fallos pueden detectarse en :

- Nodos que cierran el enlace que generaran una alarma para cada CO y otra para la conexión de fibra.
- La tarea del sistema de gestión es reportar una sola alarma que sea la que describa la causa general del fallo suprimiendo las demás. La supresión de alarmas se consigue con dos señales especiales Indicador de error hacia delante (FDI) y (BDI)Indicador de error hacia atrás. Cuando falla un enlace, el nodo siguiente en dirección descendente lo detecta y genera una condición de defecto. Si este persiste durante un intervalo de tiempo dado, se genera una señal de alarma. Inmediatamente a la detección de un fallo el nodo inserta una señal FDI en descendente hacia el nodo siguiente. La señal FDI se propaga hacia el resto de los nodos que cancelan sus señales de alarma. El nodo que detecta el fallo envía también una señal FDI en ascendente al nodo anterior, si dicho nodo no ha enviado una FDI entonces sabe que es el enlace que le conecta con él el que ha fallado. En general se necesitan diversas señales FDI y BDI para las diferentes subcapas de la capa óptica, para distinguir entre fallos en enlaces y fallos en caminos ópticos individuales o entre amplificadores.

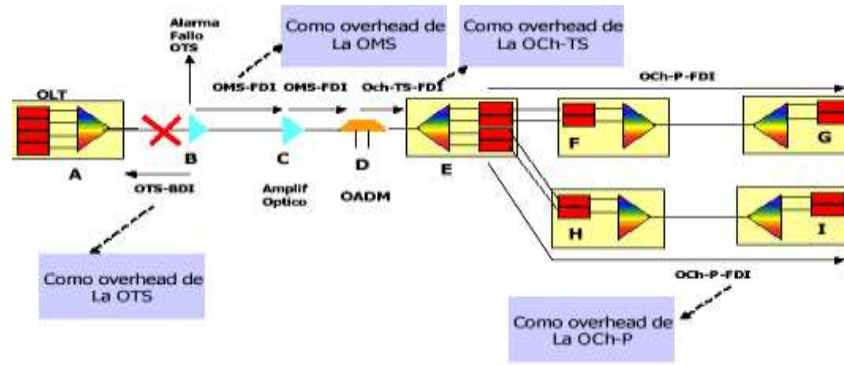


Figura 2.1: Señales FDI y BDI de la capa óptica

2.4 Overheads de la capa óptica

El soporte de trazas de camino óptico, indicadores de defecto y medidas de BER requiere el empleo de algún tipo de señal de overhead en la capa óptica. Hay 4 tipos:

- Tono piloto subportadora y OSC: para el transporte de overheads en subredes ópticas limitadas por regeneradores.
- Preservación de la velocidad y el encapsulamiento digital: Para transporte de overheads a través de múltiples subredes totalmente ópticas conectadas por regeneradores.

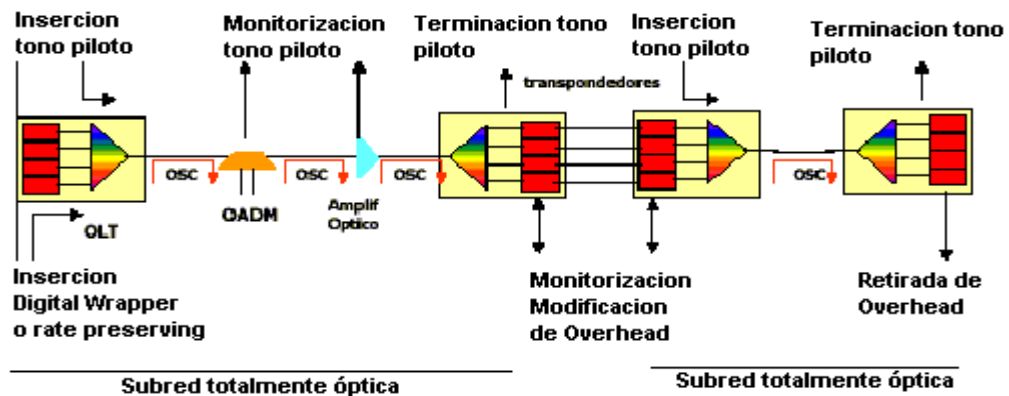


Figura 2.2: Overhead de la capa óptica

2.4.1 Tono piloto o subportadora.

El overhead se realiza modulando la longitud de onda del CO con una subportadora adicional o tono piloto. El tono se modula en amplitud o frecuencia a muy baja

velocidad (Kb/s) para transportar datos de overhead, en puntos intermedios se extrae una pequeña fracción de la potencia óptica y se recuperan el overhead sin afectar a los datos del CO, la frecuencia debe ser elegida con cuidado, mayor a 100Khz para evitar transitorios en EDFAs, puede ir por encima de los datos. Es una técnica de bajo costo, pero no permite medir BER, es transparente al formato de los datos. Los tonos pilotos solo pueden modificarse en los transmisores y receptores no en puntos intermedios.

2.4.2 Canal Óptico de Supervisión (OSC).

Se emplea en sistemas con amplificadores en línea para transportar información de monitorización de los AOs y para controlarlos. Se transporta en una longitud de onda diferente de las empleadas para transportar tráfico, se debe evitar su ubicación en bandas de bombeo Raman. La ITU ha estandarizado la longitud de onda de 1520 nm, pero esta se encuentra en la banda S y puede interferir con bombeo Raman para banda L, una opción puede ser utilizar una longitud de onda de 1620 nm. Puede transportar trazas e indicadores de defecto para OTs y también indicadores para OHS y OCH-TS

2.4.2.1 Preservación de la velocidad.

Se trata de aprovechar algunos bytes de overhead de SDH que no se emplean en la actualidad para gestión de la capa óptica, puede incluir la incorporación de FECs, solo se puede emplear en puntos donde la señal está en formato eléctrico, no puede emplearse dentro de una subred óptica transparente, una de sus grandes ventajas es que puede usarse con equipo ya existente y retiene las jerarquías de bit de SDH. Algunas desventajas son el número de bytes no empleado es limitado y puede no ser suficiente, no puede ser empleado con señales no SDH. La información de gestión requerida para mejorar una red óptica es:

- Datos TMN para peticiones y notificaciones intercambiadas entre el sistema de gestión y los nodos ópticos.
- Parámetros OA&M (Operación, Administración y Mantenimiento) para señalización, monitoreo y supervisión de información intercambiada entre nodos ópticos adyacentes.

La combinación (Datos TMN + Parámetros OAM) define los datos del overhead óptico.

Para una posible interacción entre el overhead SDH y el overhead óptico se necesita un procesamiento eléctrico en cada nivel de canal óptico, para procesar el overhead óptico. Esta limitación implica el uso de OTUs (Unidad de traducción óptica), en los OCX, OADM o los nodos terminales de línea óptica, con el fin de modificar los bytes no asignados del overhead SDH con los parámetros OAM ópticos recibidos que se relacionan con el OTS (Sección de transmisión óptica), OMS (Sección de Multiplexación óptica) y OCH (Sección de canal óptico). Una posible implementación se muestra en la figura.

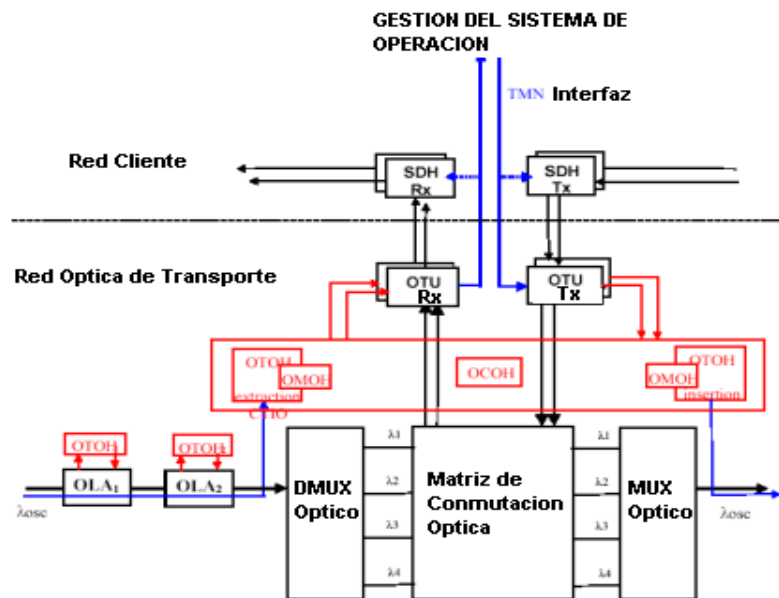


Figura 2.3: Implementación de un nodo OXC con procesamiento de overhead óptico

La información de los overhead del OTS y OMS se deberían llevar separadamente sobre una longitud de onda dedicada (λ_{osc}) y se puede añadir en cada overhead cliente SDH con el overhead OCH por las OTUs. Con esta solución el marco de los datos soportados por el canal supervisor óptico (λ_{osc}) debería ser lo suficientemente grande para encapsular overheads OTS de un numero limitado de amplificadores ópticos adyacentes como se muestra en la figura.

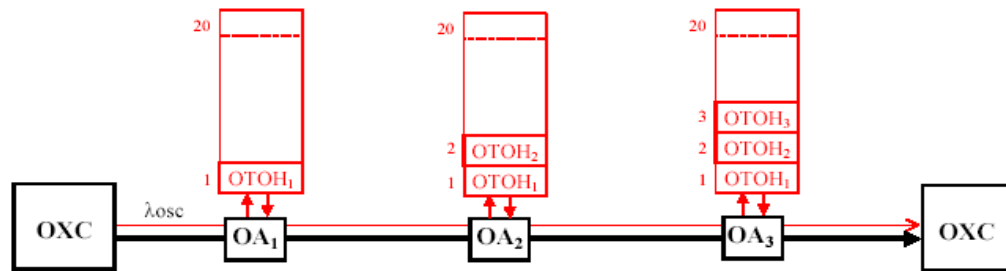


Figura 2.4: Longitud de onda dedicada para llevar información de overhead OTS y OMS

Diferentes señales STM-n se pueden transportar en la misma red óptica, a través de diferentes transpondedores como se ilustra en la figura 11. En tal escenario se pueden utilizar los bytes no asignados del overhead SMT-1.

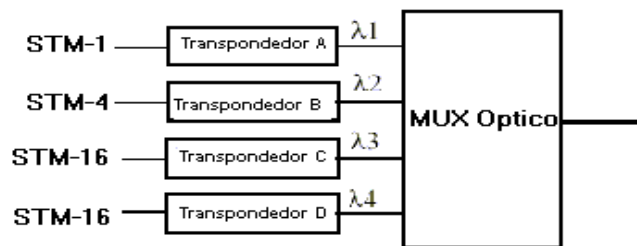


Figura 2.5: Sistema DWDM transportando diferentes señales STM-n sobre 4 canales ópticos

En caso de falla de la señal SDH, la gestión de la capa óptica no es operacional. El uso de los bytes asignados del overhead SDH para propósitos de gestión óptica debería ser prohibido, para evitar efectos de no-operación de la capa SDH (debido a las modificaciones del overhead) y la mala administración del sistema de gestión SDH.

2.4.3.1 Uso de los bytes no asignados del Overhead SDH para el Overhead Óptico

Bytes no asignados del overhead SDH

1				49							97					14
A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	J0	Z0	Z0	Z0	*	
B1					E1						F1					
D1					D2						D3					
H1	H1	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H3	H3	H3	H3	H3	
B2	B2	B2	B2	B2	K1						K2					
D4					D5						D6					
D7					D8						D8					
D10					D11						D12					
S1								M1			E2					

Figura 2.6: Overhead STM-16: 856 bytes no asignados

1	13											25											36									
A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	J0	Z0	Z0	Z0			*	*	*	*	*	*	*	*					
B1						E1								F1																		
D1						D2								D3																		
H1	H1	H1	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3	H3					
B2	B2	B2	B2	B2	B2	K1								K2																		
D4						D5								D6																		
D7						D8								D8																		
D10						D11								D12																		
S1									M1					E2																		

Figura 2.7: Overhead STM-4: 198 bytes no asignados

1	4			7			9	
A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	*	*
B1	•	•	E1	•		F1		
D1	•	•	D2	•		D3		
H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3
B2	B2	B2	K1			K2		
D4			D5			D6		
D7			D8			D8		
D10			D11			D12		
S1					M1	E2		

Figura 2.8: Overhead STM-1: 30 bytes no asignados

Bytes de rastreo óptico

El propósito es detectar la degradación de la señal en la entrada de cada Amplificador óptico (Degradación del OTS), en la entrada de un multiplexor (Degradación del OMS) y también para cada canal óptico (degradación de OCH.)

Los siguientes bytes se podrían definir para codificar la calidad de la señal:

B4: Para la calidad de la señal de la capa OTS

B5: Para la calidad de la señal de la capa OMS

B6: Para la calidad de la señal de la capa OCH

Bytes APS (Conmutación de Protección Automática) ópticos

Al menos 2 bytes (K4, K5) deberían ser necesarios para realizar la conmutación de protección automática en la capa OCH:

K4 : Para codificar el mensaje de protección del OCH

K5: Para codificar la detección de las alarmas OCH, AIS(Indicador de señal de alarma) y OCH RDI (Indicador de error remoto)

Bytes DCC (Canal de Comunicación de datos) ópticos

Los bytes ópticos DCC deberían transportar datos ópticos TMN entre nodos adyacentes. El número de nuevos bytes DCC se debería fijar de acuerdo a la velocidad de los datos que es necesario para transferir los mensajes que se listan en la siguiente tabla.

Mensajes de datos TMN	Capa óptica
Configuración del OXC Switch matrix	OCH
Configuración del multiplexor óptico	OMS
Control de la conectividad del OCH con identificadores OCH	OCH
Restauración de los OCH trails	OCH
Alarmas Perdida de señal (LOS) Perdida de potencia (LOP) Degradación de potencia Trail Identifier Mismatch Señal de indicación de Alarma (AIS) Indicación Remota de defectos (RDI)	OTS, OMS, OCH OTS, OMS, OCH OTS, OMS, OCH OMS, OCH OTS, OMS, OCH
Parámetros de funcionamiento	OTS, OMS

Potencia total de entrada	OTS, OMS
Potencia total de salida	OCH
Potencia de entrada por canal	OCH
Potencia de salida por canal	OCH
OSNR de entrada	OCH
OSNR de salida	OTS
OA pump corriente	OTS
OA pump temperatura	OMS
Temperatura del Multiplexor	

Tabla 2.1: Enlace entre datos de mensajes TNM y la capa óptica

Como los datos de mensaje son específicos para cada capa, los bytes DCC ópticos se pueden estructurar en OTS, OMS y OCH DCC. Las siguientes velocidades se dan como una propuesta para utilizar los bytes no utilizados del overhead STM-1.

4 bytes (D13 - D16) para OTS DCC → 256 kbps

2 bytes (D17 - D18) para OMS DCC → 128 kbps

8 bytes (D19 – D26) para OCH DCC → 512 kbps

Bytes de rastreo	J2 para identificador de rastreo OCH
Bytes de monitoreo	B4 para calidad de la señal OTS B5 para calidad de la señal OMS B6 para calidad de la señal OCH
Bytes APS	K4 para OCH APS command K5 para detección de alarmas AIS OCH y RDI
Bytes DCC	D13-D16 para OTS DCC D17-D18 para OMS DCC D19-D26 para OCH DCC
total	20 bytes

Tabla 2.2: Resumen de los bytes del overhead óptico

El total es menos que los bytes no asignado en el overhead STM-1 (30). Todos los bytes están escritos dentro de un overhead eléctrico de cada señal cliente STM del OTU. Los bytes relacionados con las secciones OMS y OTS son repetidos en cada overhead cliente SDH, pero esto puede ser fácilmente manejado y enmascarado por el sistema de gestión.

2.4.4 Encapsulamiento digital.

Se añaden bytes de overhead a la señal al entrar en la capa óptica y se retiran al salir y entregarse a la capa cliente, ofrece overhead diferentes a los de SDH, se encuentra en proceso de estandarización por la ITU. Presenta las siguientes ventajas: Se pueden añadir bytes suficientes para proporcionar FEC, gestión y necesidades futuras, mejora la interoperabilidad entre fabricantes, no esta limitada solo a señales cliente SDH. Como desventajas se puede señalar que no es adecuado para equipos tradicionales requiere el desarrollo de nuevos componentes para soportar una jerarquía de velocidades binarias. Digital Wrapper es apto para trazas de sección OCH y trazas e indicadores de caminos, así como mas overheads para aplicaciones como por ejemplo APS.

2.5 RECOMENDACIÓN G.709 RED ÓPTICA DE TRANSPORTE.

En la Recomendación UIT-T G.709, "Interfaces para redes de transporte ópticas", se describen correspondencias para señales multiplexadas TDM en la OTN, así como extensiones para permitir el transporte de señales a velocidad binaria aun mayor, utilizando concatenación virtual.

Con el crecimiento de la demanda de servicios y ancho de demanda y la disminución simultánea de las inversiones, la responsabilidad de los operadores es usar sus existentes redes de fibra para satisfacer lo que el mercado necesita. Desde los 1980, SONET/SDH ha cubierto estas necesidades suministrando protección y controlando el rendimiento mientras soporta una mezcla transparente y flexible de protocolos de tráfico incluido IP, Fiber Channel, Ethernet y GFP. Mientras que el despliegue de redes DWDM durante la década siguiente sirvieron para incrementar el ancho de banda de la fibra existente, escasean severamente las capacidades de protección y de gestión inherentes a la tecnología SONET/SDH. También el desarrollo DWDM vino con un nuevo y completo conjunto de Elementos de Red incluidos amplificadores, conmutadores, multiplexores y demultiplexores ópticos, los cuales introducen un subnivel en la red mereciendo una monitorización constante para garantizar el fallo de tráfico libre. La meta de la OTN es combinar los beneficios de la tecnología SONET/SDH con el aumento del ancho de banda de DWDM. OTN aplicará la funcionalidad de OAM&P² de SONET/SDH a las redes ópticas DWDM. Esta OTN recientemente desarrollada se especifica en la

² OAM&A: Operación, Administración, Mantenimiento y Aprovechamiento

Recomendación ITU-T G.709 Interfaz de Nodo de Red Para una red Óptica de Transporte (OTN). Esta recomendación a veces referida como Digital Wrapper (DW) toma la tecnología SONET/SDH de una única longitud de onda como un paso a las redes transparentes gestionables de longitud de onda de muchas longitudes de onda. El FEC (Corrección de Error hacia Delante) añade una característica adicional a la OTN ofreciendo potencial a los operadores de red para reducir el número de regeneradores usados lo que a su vez reduce los costos de la red.

2.5.1 Propiedades de la OTN

El objetivo principal de OTN es poder hacer el transporte multiservicio de paquetes basado en el tráfico de datos y antiguo, mientras que la tecnología DW (Digital Wrapper) acomoda la gestión no intrusiva y la monitorización de cada canal óptico asignado a una determinada longitud de onda. Por tanto la cabecera wrapped (OH) haría posible la gestión y el control de la información de la señal. En la Recomendación UIT-T G.798 "Características de la red óptica de transporte (OTN): Jerarquía de bloques funcionales para el equipo", se especifican las características del equipo de la red de transporte óptica, lo que incluye supervisión, flujo de información, procesos y funciones que debe desempeñar este equipo.

En La figura 13 se ilustra como las capacidades de gestión de la OTN se realizan con la adición de cabeceras en varias posiciones durante el transporte de la señal cliente.

Se añaden varias secciones de cabecera a la señal cliente que juntas con el FEC forman la OTU (Unidad Óptica de Transporte), esta es transportada por una longitud de onda como un Canal Óptico (OCh). Si se transportan múltiples longitudes de onda sobre la OTN, se debe añadir una cabecera a cada una de ellas para poder tener la funcionalidad de gestión de la OTN. Las secciones Multiplexación Óptica y las secciones de Transmisión Óptica se construyen usando la cabecera adicional junto con los OCh.

El transporte de una señal cliente en la OTN sigue el siguiente procedimiento:

- A la señal cliente se le añade la cabecera para formar la OPU (Unidad Óptica de Carga Útil)
- Se añade una cabecera a la OPU formando así la ODU (Unidad Óptica de Datos)
- Se añade una cabecera adicional más el FEC para formar la Unidad de Transporte Óptico (OTU). Añadiendo más cabeceras se crea un Canal Óptico (OCh) que es

transportado por una longitud de onda. Se puede añadir cabeceras adicionales al OCh para poder gestionar múltiples colores en la OTN. Se construyen el OMS y el OTS. El resultado es un canal óptico (OCh) que comprende una sección OH, una señal cliente y un segmento FEC.

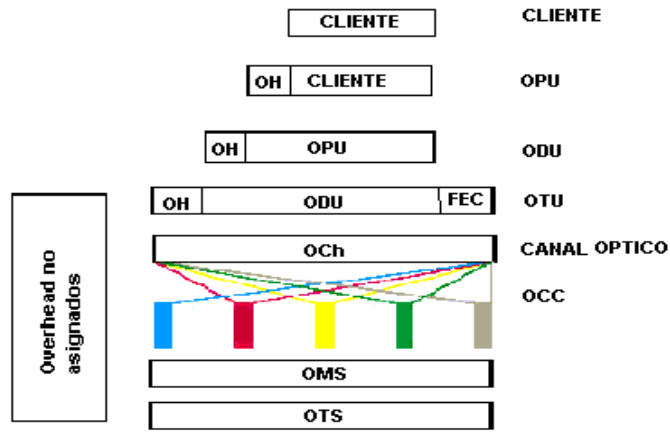


Figura 2.9: Estructura Básica OTN

Una vez se ha formado el canal óptico, se añade una cabecera adicional no asociada a las longitudes de onda individuales del OCh, que forman las Secciones de Multiplexación Ópticas (OMS) y las Secciones de Transmisión Ópticas (OTS). En el nivel de la Sección de Multiplexación Óptica (OMS), se transportan tanto los datos OMS como la cabecera no asociada. Los datos OMS constan de OChs multiplexados. La cabecera del OMS, intenta soportar la monitorización de la conexión y asistir a los proveedores de servicio en sus problemas y el aislamiento de los fallos de la OTN.. El nivel de la Sección de Transmisión Óptica (OTS) transporta los datos OTS así como la cabecera de OTS. Similar al OMS, el OTS transporta las secciones multiplexadas ópticamente. La cabecera del OTS se usa para funciones de mantenimiento y operación. El nivel OTS permite al operador de la red realizar tareas de monitorización y mantenimiento entre los elementos de la red que incluyen; OADMs, multiplexores, demultiplexores y conmutadores ópticos.

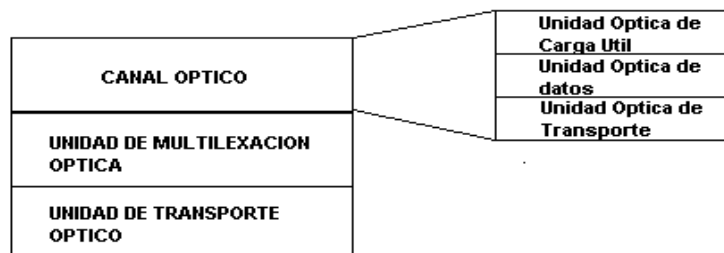


Figura 2.10: Subestructura del canal Óptico

La OTN presenta muchas ventajas a los operadores de la red como son:

- Transparencia de protocolo
- Compatibilidad hacia atrás de los protocolos existentes
- Empleo de codificación FEC
- Reducción de regeneración 3R (a través de diseños flexibles ópticos de la red) minimizando la complejidad de la red lo que lleva a una reducción de costos.

En una red opaca hay regeneración 3R en cada nodo de la red en la entrada de la OTN, en la interfaz IrDI (Interfaz de Inter-dominio). El transporte a través de la red puede tener lugar solamente en el dominio óptico. Sin embargo un punto a resaltar es que en la actualidad no hay capacidades de gestión para negociar con las señales ópticas que no se hayan convertido al formato digital.

2.5.2 Los estándares ITU-T G.709 para la OTN

El estándar ITU-T G.709, Nodo de Interfaz de Red para la OTN define la IrDI (Interfaz de Inter-dominio) de OTN de la manera siguiente:

- Funcionalidad de la cabecera en preparar la red óptica multilongitud de onda
- Estructura de la trama OTU
- Velocidades y formatos permitidos para el mapeo de los clientes

En la Recomendación G.872 ITU-T se describen dos tipos de interfaces en la Arquitectura de la Red Óptica de Transporte.

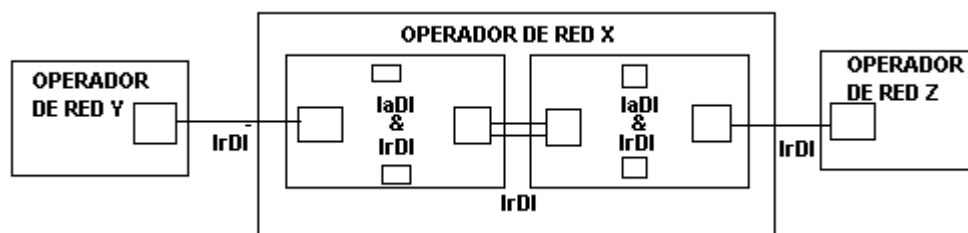


Figura 2.11: Interfaces de Red definidas en la recomendación G.872 ITU-T

Interfaz de Inter-dominio (IrDI)

Estas definen:

- la ubicación entre las redes de dos operadores
- la ubicación entre las subredes de dos fabricantes en el mismo dominio del operador
- la ubicación dentro de la subred de un fabricante

Interfaz Intra-Dominio (IaDI)

Estas definen la ubicación entre el equipo de la subred de un fabricante individual Como en SONET/SDH, la OTN tiene un diseño estructurado en niveles.

Los niveles básicos de la OTN son visibles en la estructura del transporte OTN y consta de Canales Ópticos (OCh), Sección de Multiplexación Óptica (OMS) y Sección de Transmisión Óptica (OTS).

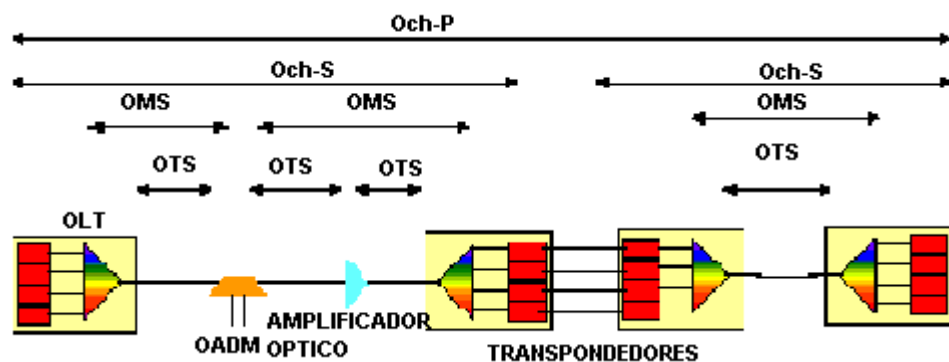


Figura 2.12: Estructura en capas de la Red OTN

Capa de red de canal óptico

La capa de red de canal óptico proporciona interconexión extremo a extremo de canales ópticos para transportar de una manera transparente la información del cliente de formatos variados, tales como jerarquía Digital sincronía (SDH), jerarquía digital plesiocrona (PDH) y el modo de transferencia asíncrona (ATM). Para proporcionar interconexión extremo a extremo se deben incluir en la capa de red de canal óptico las siguientes capacidades:

- Restablecimiento de la conexión del canal óptico enrutamiento flexible de la red.
- Procesos de encabezamiento del canal óptico para asegurar la integridad de la información adaptada al canal óptico.
- Funciones de supervisión del canal óptico para permitir las operaciones del nivel de red y funciones de gestión, tales como establecimiento de la conexión, calidad de servicio (QoS), parámetros de intercambio y supervivencia de la red.

OCh-TS (sección transparente): Parte de un camino óptico completamente comprendido en una subred óptica. En ella no hay conversión eléctrica ni regeneración. Esta se produce en su frontera.

OCh-S (Sección de Canal Óptico): Esta por encima del anterior. Añade overheads al anterior como FECs.

OCh-P (Ruta del Canal Óptico): Transporte extremo a extremo del camino virtual a través de los múltiples regeneradores de la red

Capa de red de sección de multiplexación óptica

Cada enlace entre amplificadores ópticos u OADMs es una sección de multiplexación óptica y transporta múltiples longitudes de onda. La capa de red de sección de multiplexación óptica proporciona la funcionalidad para el establecimiento de una señal óptica de múltiples longitudes de onda. Las siguientes capacidades de conexión se incluyen en una Capa de red de sección de multiplexación óptica:

- Restablecimiento de conexión de la sección de multiplexación óptica para el enrutamiento flexible de las múltiples longitudes de onda de la red.
- Los procesos encabezados de la sección de multiplexación óptica para asegurar la integridad de la información adaptada de la sección de multiplexación óptica de múltiples longitudes de onda
- Funciones de supervisión de la sección de multiplexación óptica para permitir las operaciones del nivel de sección y funciones de supervivencia de la red.

Capa de red de sección de transmisión óptica

La capa OTS es una porción o segmento de un enlace entre dos amplificadores ópticos. La capa de red de sección de transmisión óptica proporciona la funcionalidad para la transmisión de señales ópticas en medios ópticos de varios tipos tales como fibra óptica monomodo y fibra óptica multimodo. Esta funcionalidad también incluye capacidades para la supervisión de amplificadores o repetidores ópticos cuando están presentes en la red capa de red de sección de transmisión óptica.

Overhead del canal óptico

La cabecera de OCh que ofrece la funcionalidad de gestión OTN, contiene 4 subestructuras: OPU, ODU, OTU y FAS (Señal de Alineación de Trama). La señal cliente o los datos actuales a ser transportados pueden ser de cualquier protocolo existente p.e.; SONET/SDH, GFP, IP, GbE.

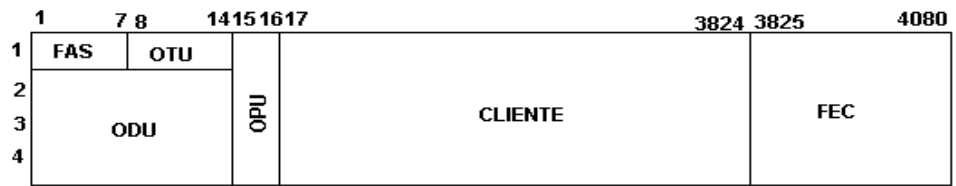


Figura 2.13: Estructura del Canal Óptico

La cabecera del OPU se añade a los datos del OPU y se usa para soportar las distintas señales cliente. Regula el mapeo de muchas señales cliente y suministra información sobre el tipo de señal transportada. Habitualmente la ITU-T G.709 soporta mapeo asíncrono y síncrono de las señales cliente en los datos.

La cabecera del OPU consta del PSI (identificador de la Estructura de Carga Útil) que incluye el PT (Tipo de Carga Útil) y los bits de cabecera asociados con el mapeo de las señales cliente en los datos, como por ejemplo los bits de justificación requeridos para los mapeos asíncronos. La cabecera del OPU termina en el punto donde el OPU es ensamblado y desensamblado.

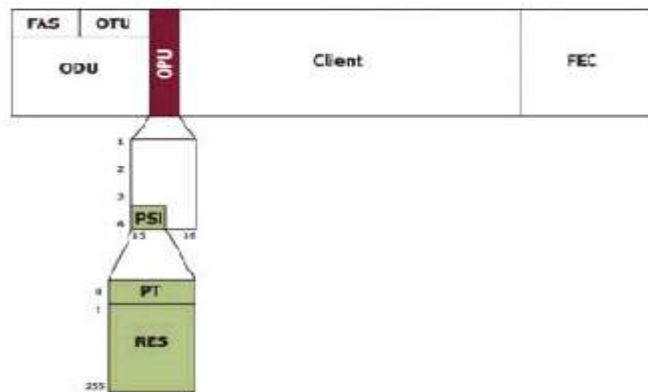


Figura 2.14: Overhead de OPU

El campo PSI del OPU transporta un mensaje de 256 octetos alineados con la multitrama ODU. PSI contiene el tipo de datos (PT) identificando los datos a ser transportados. El PT de OPU es un único octeto definido dentro del PSI para indicar la composición de la señal OPU, es decir, el tipo de datos a ser transportados en el OPU.

La cabecera del ODU (Unidad Óptica del Canal de Datos) permite al usuario soportar TCM (Tandem Connection Monitoring), PM (Monitoreo del camino) y APS. También es posible la supervisión del camino extremo a extremo y la adaptación del cliente vía el

OPU. La cabecera del ODU suministra dos importantes cabeceras: la cabecera PM y la cabecera TCM.

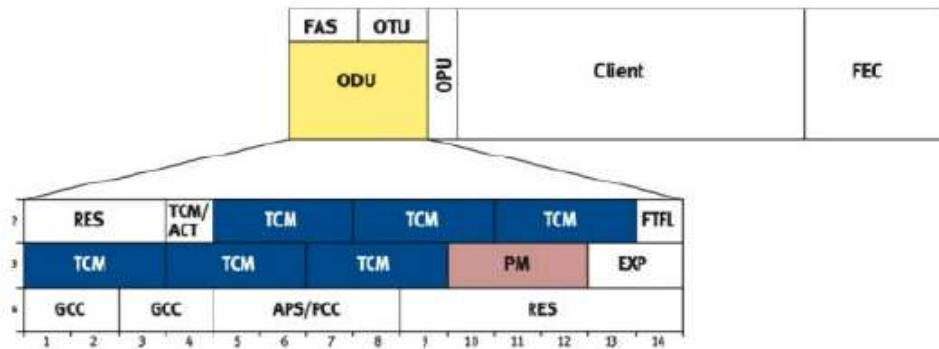


Figura 2.15: Estructura del Overhead del ODU

La cabecera PM de ODU permite la monitorización de secciones determinadas dentro de la red así como la localización del fallo en la red vía los octetos de la cabecera descritos en la cabecera PM.

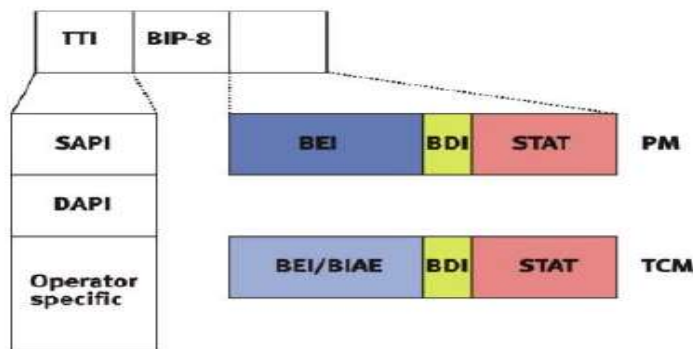


Figura 2.16: Estructura de la cabecera TCM y PM

La cabecera PM está configurada en la fila 3, columnas 10 a 12 para soportar la monitorización del camino. La estructura del campo PM contiene los siguientes subcampos:

- TTI (Trail Trace Identifier). El TTI es similar al octeto J0 en SONET/SDH. Se usa para identificar la señal del origen al destino dentro de la red. El TTI contiene los Identificadores de Punto de Acceso (API) que se usan para especificar el identificador de Punto de Acceso Origen (SAPI) y el Identificador del Punto de Acceso Destino (DAPI). Los APIs contienen información del país de origen, del operador de la red y otros detalles administrativos.

- BIP-8 (Bit Interleaved Parity). Este es un octeto que se usa para Detección de Error. El octeto BIP-8 provee “bit interleaved parity – 8 code”. El BIP-8 computa todo el OPU y se inserta en el BIP-8 SM dos tramas más tarde.
- BDI (Indicador de fallo hacia atrás). Este es un único bit que lleva información en cuanto a fallo de la señal en la dirección ascendente.
- BEI (Indicador de error hacia atrás) y BIAE (Error de alineación de entrada). Estas señales llevan información sobre los bloques interleaved-bit detectados con error en la dirección ascendente. También se usan para llevar errores de alineación de entrada (IAE) en la dirección ascendente.
- Bits de estado para la señal de indicación y mantenimiento (STAT). Estos tres bits indican la presencia de señales de mantenimiento.

2.5.3 Cabecera TDM (Tandem Connection Monitoring) del ODU

Una determinada función implementada en las redes SONET/SDH es TCM (Tandem Connection Monitoring), una funcionalidad que permite la gestión de la señal a través de múltiples redes. La comprobación jerárquica de errores usando los octetos de paridad es otra función que se puede realizar. Los octetos de la cabecera TCM están definidos en la cabecera de la fila 2, columnas 5 a 13 así como en la fila 3, columnas 1 a 9 en la cabecera del ODU. Cada campo TCM contiene los subcampos con BIAE adicional. La funcionalidad TCM implementada en el OTN es capaz de monitorizar hasta 6 conexiones tandem independientemente. TCM permite el anidamiento y el solape de las conexiones de monitorización ODU.

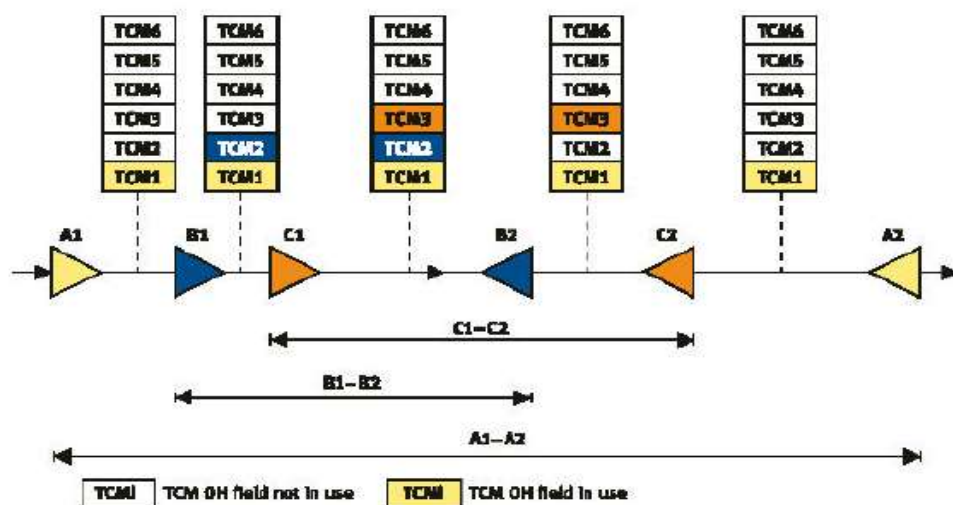


Figura 2.17: Estructura TCM en OTN

Como se ilustra en la figura, es posible la monitorización entre A1-A2, B1-B2 y C1-C2 en modo anidado. Con B1-B2, solo es posible en modo cascada. Potencialmente estas funcionalidades se pueden usar por proveedores para el mantenimiento de sus propios servicios de valor agregado dentro de sus redes.

- RES. Estos octetos están reservados para la futura estandarización internacional. Todos los octetos están a cero ya que habitualmente no se usan.
- TCM/ACT. Este campo de un octeto se usa para la activación y desactivación de los campos TCM. En la actualidad, estos campos aún están en estudio.
- EXP. Estos octetos están reservados para futuros usos experimentales.
- General communication channels (GCC1,GCC2). Estos dos campos permiten la comunicación entre dos elementos de la red con acceso a la estructura de trama ODU.
- Automatic Protection Switching y Protection Communication Channel (APS/PCC). Es posible la conmutación APS en uno o más niveles.
- Fault Type y Fault Location channel (FTFL). Se reserva un octeto en la cabecera del ODU para el mensaje FTFL. Este octeto provee información del estado de fallo incluyendo información en cuanto al tipo y ubicación del fallo. El FTFL está relacionado con el tramo TCM.

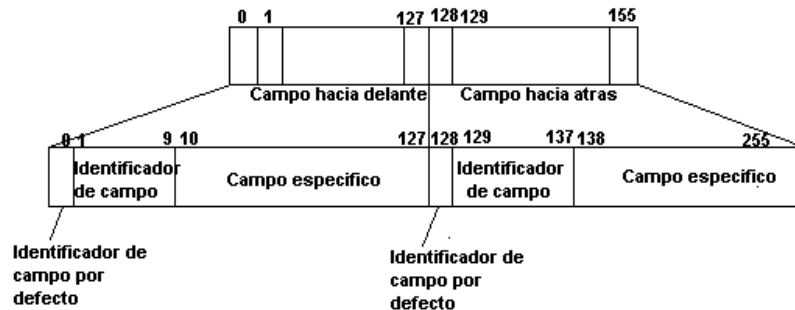


Figura 2.18 Estructura FTFL

La subestructura contiene campos de indicación de fallo hacia adelante y hacia atrás, campos de identificación del operador anterior y posterior, y campos específicos del operador anterior y posterior que realiza las funciones siguientes:

Campo de Indicación del Tipo de Fallo. Los códigos especificados indican las situaciones siguientes: Sin Fallo, Fallo de la Señal, Degradación de la Señal. Los octetos adicionales en el campo del mensaje FTFL están reservados para la futura estandarización internacional.

Campo Identificador del Operador. Este campo especifica el origen geográfico del operador e incluye un campo de segmento nacional

Campo Específico del Operador. Estos campos no están estandarizados por las recomendaciones ITU-T G.709

2.5.4 Cabecera del OTU y Alineación de la Trama

El OTU se usa en la OTN para soportar el transporte vía una o más conexiones de canal óptico. También especifica la Alineación de Trama y el FEC.

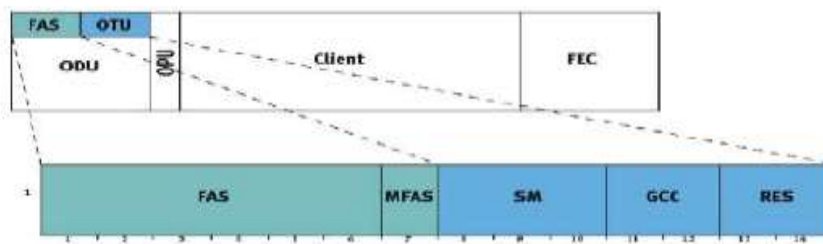


Figura 2.19 Estructura de la Señal de Alineación de Trama y la OTU

La cabecera de la Alineación de Trama es parte de la cabecera del OTU. Se sitúa en la fila 1, columnas 1 a 6 del OTU en que se define una Señal de Alineación de Trama (FAS). Como las tramas OTU y ODU pueden abarcar múltiple tramas OTU, se define una señal de cabecera estructurada multitrama. La Señal de Alineación Multitrama (MFAS) se define en la fila 1, columna 7 de la cabecera OTU/ODU. El valor del octeto MFAS se incrementa con cada trama OTU/ODU.

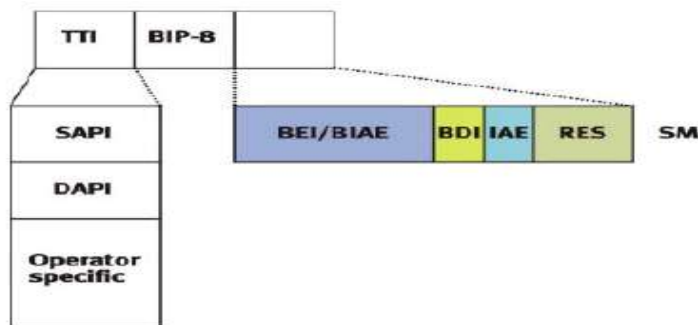


Figura 2.20: Sección de Monitorización OH

La cabecera de la Sección de Monitorización consta de los subcampos descritos para la cabecera de la monitorización del camino, con excepción del bit de Error de Alineación de Entrada (IAE). Este bit permite al punto de entrada informar al punto de salida de que ha sido detectado un error de alineación en la señal de entrada. IAE es 1 cuando

ocurre el error, sino es 0. El Canal General de Comunicación 0 (GCC0) se usa como un canal de comunicación entre puntos de terminación del OTU.

2.5.5 Forward Error Correction (FEC)

Junto con la cabecera del OCh del Digital Wrapper Envelope, se añade un ancho de banda adicional en este caso el FEC. El algoritmo implementado FEC permite la corrección y detección de errores en un enlace óptico.

FEC es ampliamente usado por los operadores de cable submarino en varios diseños. La implementación FEC definida en la recomendación G.709 usa el llamado Código Reed-Solomon RS(255/239). Una fila OTU se divide en 16 subfilas cada una de ellas conteniendo 255 octetos. Las subfilas están formadas por bytes interleaved, significando que la primera subfila consta del primer octeto de la cabecera y el primer octeto de los datos. El primer octeto FEC se inserta en el octeto 240 de la primera subfila. Esto se cumple para todas las 16 subfilas. De estos 255 octetos, 239 se usan para calcular la comprobación de paridad del FEC, el resultado se transmite en los octetos 240 a 255 de la misma subfila.

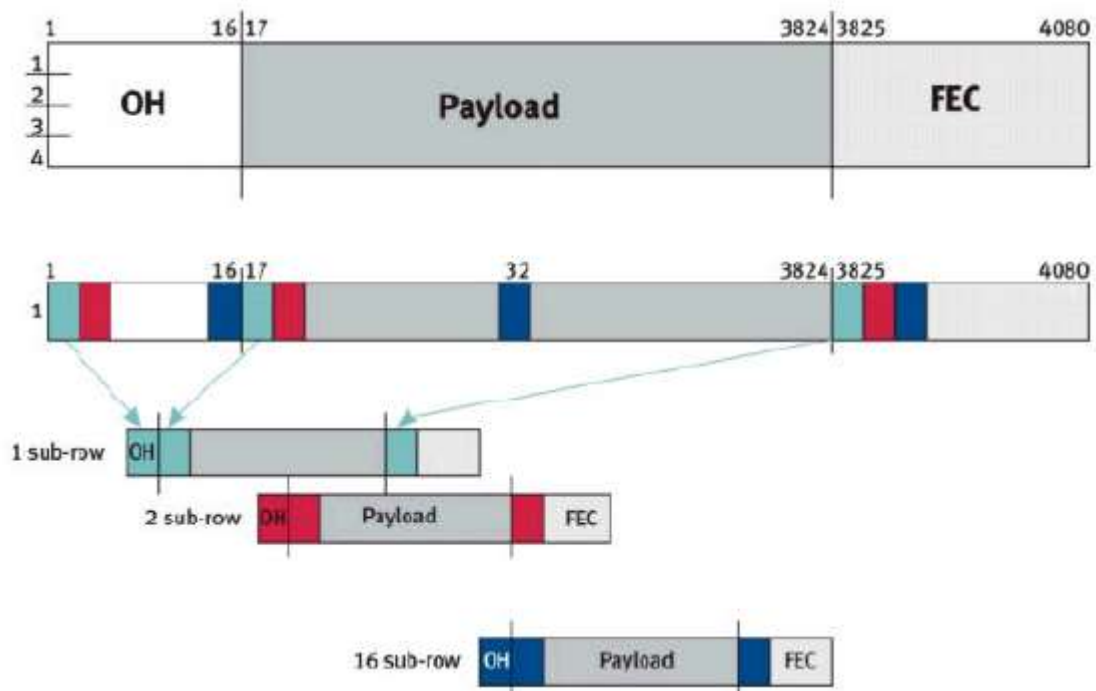


Figura 2.21: Código Reed-Solomon RS(255/239) Recomendación 709 ITU-T

El código Reed-Solomon detecta errores de 16 bits o corrige errores de 8 bits en una subfila. El FEC RS (255,239) se especifica para la interfaz plenamente estandarizada IrDI.

FEC permite la detección y la corrección de errores de bits causados por fallos físicos en el medio de transmisión. Estos fallos se pueden clasificar en efectos lineales (atenuación, ruido y dispersión) y no lineales (FWM, Modulación de Auto-fase y Modulación Cruzada de Fase).

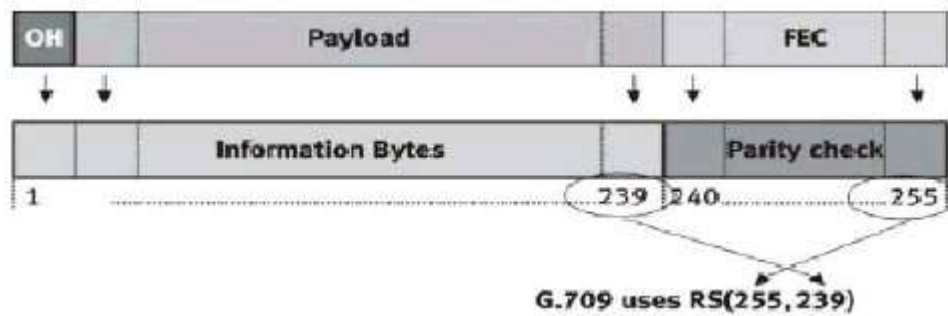


Figura 2.22: Formación de chequeo de paridad

Cuando se usa FEC en un enlace de red, el operador de red puede aceptar una señal de calidad más baja en el enlace ya que estos errores potenciales se pueden corregir. En el cuadro se ilustra el efecto de un aumento de la calidad de la señal en tres casos. En un caso, no se usa FEC. En los restantes dos casos, se utiliza FEC pero con diferentes algoritmos de codificación.

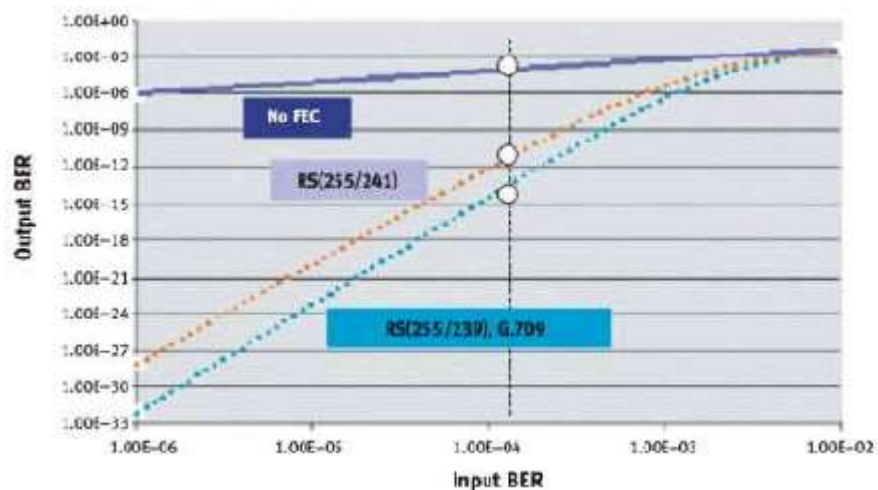


Figura 2.23: Efecto de usar FEC con diferentes algoritmos

En este ejemplo un BER de entrada de aproximadamente 10^{-4} , se puede mejorar a un BER de salida de aproximadamente 10^{-15} en el mejor de los casos. Sin embargo el BER de salida no demuestra mejora cuando no se usa un algoritmo FEC.

Beneficios del FEC en las redes ópticas

La mejora del potencial en la calidad de la señal en un enlace óptico ofrece:

- ganancia en nivel de potencia de aproximadamente 5 dB. Esto se consigue cuando se usa 7% FEC. (correlacionando a una expansión de enlace de aprox. 20km).
- reducción en el uso de regeneradores 3R. Esto permite incrementar la distancia entre enlaces.
- uso de los enlaces existentes de 2.5Gbit para transportar tráfico de 10Gbit. Esto ha sido intentado y puede ser posible dado que el FEC permite la corrección de una calidad de señal más baja.
- posibilidades de aviso anticipado. Algunos Elementos de la Red monitorizan los errores corregidos en los enlaces. Este parámetro se puede usar sucesivamente como una herramienta de aviso anticipado mediante el cual la cantidad de errores corregidos en un enlace puede significar el debilitamiento de un componente del propio enlace.

2.5.6 Aplicaciones de medida del FEC

La OTN provee extensiva funcionalidad OAM&P para múltiples longitudes de onda y así requiere una extensa cabecera. Para garantizar la disponibilidad de ancho de banda y la calidad de la transmisión de la red, los octetos de la cabecera necesitan ser monitorizados. Además de monitorizar el estado de estos octetos de cabecera, el sistema necesita ser verificado bajo presión. Este procedimiento consiste principalmente en la introducción de alarmas y errores en el sistema y a continuación medir su efecto en la transmisión. La tecnología DW (Digital Wrapper) y el FEC implementado en la OTN son tecnologías relativamente nuevas ofreciendo aplicaciones relacionadas al uso del R&D. Las pruebas en R&D, producción e instalación son principalmente funcionales y cubren:

- Verificación de la integridad de la señal (potencia óptica, posibilidad del DUT para sincronizar la trama, y otros parámetros)
- Prueba de señales de mantenimiento, prueba de alarmas.

- Inserción de error en la señal de prueba
- Pruebas de mapeo del OTU (p.e. mapeo de una estructura SONET/SDH en el OTU)
- Pruebas de multiplexación del OTU (p.e. multiplexación de un ODM1 en un ODU2)
- Pruebas de la cabecera G.709 (p.e. pruebas de la sección de monitorización, de la monitorización del camino y FTFL)
- Interoperabilidad, en donde se requiere pruebas de TCM
- Pruebas de error del FEC
- Estimulación de los Elementos de Red con anomalías (p.e. alarmas y errores)

2.5.7 Pruebas de Estímulos

Un estímulo se envía al DUT (Dispositivo bajo Prueba) y la señal devuelta se monitoriza en el equipo de medida. La señal recibida se debe correlacionar con el estímulo. La dos señales no deberían ser iguales, el usuario recibe la información en el DUT permitiendo que posteriormente se puedan llevar a cabo más investigaciones.

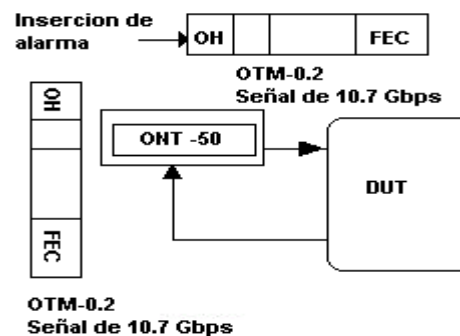


Figura 2.24: Pruebas de Estímulos

Los posibles estímulos podrían incluir los errores y alarmas estándar del OTN como se definen en la recomendaciones G.709.

Mapeo y desmapeo de las señales cliente

La estructura de las tramas de OTN hacen posible el mapeo de varios tipos de tráfico en las OPUs. Esto incluye por ejemplo; SONET/SDH (STM-256) en OPU3, mapeo de celdas ATM en el OPU y el mapeo de tramas de Procedimiento genérico (GFP) en el OPU. Las diferencias de velocidad entre el cliente y el OPU necesitan ser ajustadas. También esta prueba es extremadamente útil ya que se requieren mapeos síncronos o asíncronos para los distintos mapeos del cliente. Con el fin de realizar esta medida, se

debe transmitir una señal de rango variable para su mapeo en el OPU por el DUT. El receptor puede detectar si el cliente ha sido mapeado apropiadamente en el OPU.

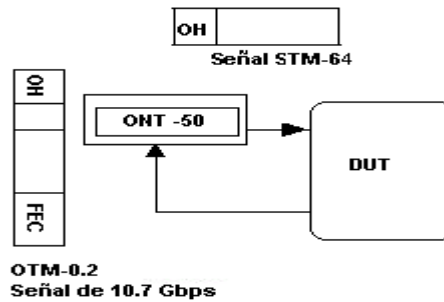


Figura 2.25 Prueba de Mapeo y Desmapeo

Pruebas del FEC

Con el fin de hacer una comprobación completa del FEC, se inserta un error en el OCh y se transmite a través de los Elementos de la Red OTN.

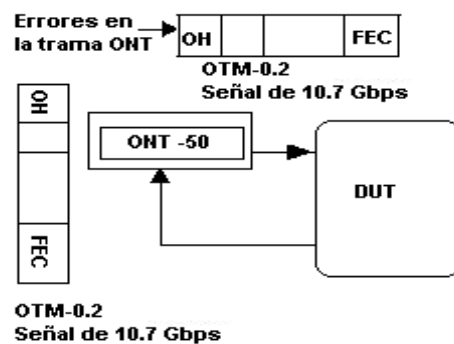


Figura 2.26: Pruebas del FEC

En el extremo receptor, se comprueba el OCh para determinar si el error fue corregido por el DUT. Esta prueba se realiza insertando distintas cantidades de errores y permitiendo al usuario comprobar sucesivamente la capacidad de corrección de error de su Elemento de Red. Si el número de errores insertados excede la capacidad de corrección del Elemento de Red, el equipo de medida lo reflejará como error o errores incorregibles.

3. LISTA DE ABREVIATURAS

AIS	Alarm Indication Signal: Señal de Indicación de Alarma
AIE	Error de Alineación de Entrada
API	Identificador de Punto de Acceso
APS	Automatic Protection Switching: Conmutación de protección Automática
BDI	Backwards Detection Indicator: Indicador de detección de Error Hacia Atrás
CO	Optical Channel: Canal óptico
DAPI	Destiny Access Point Identifier: Identificador del Punto de Acceso Destino
DCC	Data Communication Channel: Canal de Comunicación de datos
DUT	Dispositivo bajo Prueba
EDFA	Erbium doped Fiber Amplifier: Amplificador de Fibra Dopada con erbio
ER	Elementos de red
FAS	Frame Alignment signal: Señal de Alineación de Trama
FDI	Forward Detection Indicator: Indicador de Detección de Error hacia Delante
FEC	Forward Error Correction: Corrección de Errores hacia delante
FWM	Four Wave Mixing: Mezcla de Cuatro Ondas
GCC	General Communication Channel: Canal de Comunicación General
GER	Gestores de Elementos de red
GMPLS	Generalized Multiprotocol Label Switching: Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas Generalizado
IaDI	Interfaz Intra-Dominio
IrDI	Interfaz de Inter-dominio
NMS	Network Management System: Sistema de gestión de red
NNI	Network-Network Interface: Interfaz red-red
MFAS	Multi Frame Alignment Signal: Señal de Alineación de Multitrama
MPLS	Multiprotocol Label Switching: Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas
OAM	Operación, Administración y Mantenimiento
OCH	Optical Channel: Canal óptico.

ODU	Optical Data Unit: Unidad de datos óptica
OMS	Optical Multiplexing Session: Sección de multiplexación óptica
OPU	Optical Payload Unit: Unidad de Carga Útil Óptica
OSC	Optical Supervision Channel: Canal de Supervisión óptico
OSNR	Optical Signal Noise Rate: Relación óptica Señal a ruido
OSS	Operation Support System: Sistema de Soporte de Operaciones
OTS	Optical transmission Session: Sección de Transmisión Óptica
OTN	Optical Transport Network: Red de Transporte Óptica
OTU	Optical Translate Unit: Unidad de Traducción Óptica.
PCC	Protection communication Channel: Canal de Comunicación de Protección
PSI	Payload Structure Identifier: Identificador de la Estructura de Carga Útil
PT	Payload Type: Tipo de Carga Útil
RDI	Remote Defects Indication: Indicación Remota de defectos
SAPI	Source Access Point Identifier: Identificador de Punto de Acceso Origen
SNMP	Simple Network Management Protocol: Protocolo de Gestión de Red Simple
TDM	Tandem Connection Monitoring: Monitoreo de conexión en Tandem
UNI	User Network Interface: Interfaz de usuario de red

4. BIBLIOGRAFIA

http://www-comm.itsi.disa.mil/itu/r_g0600.html
http://www.3com.com/other/pdfs/products/en/ss4400_family_dsheets.pdf
<http://www.eurescom.de/~pub-deliverables/>
<http://ttd.teleco.upv.es/~jormaso/gigabit/>
<http://www.nortellnetworks.com/>
<http://www.rediris.es/jt/jt2001/archivo/redesopticas.pdf>
<http://www.itu.int/ITU-T/>
<http://ttd.upv.es/~framos/Fibra/cwdm.html>
<http://individual.utoronto.ca/iizuka/labs/edfa/labhowto.pdf>
<http://people.ac.upc.es/asalaver/cwdblazenp.pdf>
<http://redesopticas.reuna.cl/proyecto/docs/AvPr2703.PDF>
<http://redesopticas.reuna.cl/publicaciones/RecomendacionesRedOptica.pdf>
http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/telecom3/fibra_optica/
<http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/leos/oct02/index.html>
http://www.urec.cnrs.fr/hd/DWDM/CIENA/evolution_DWDM.pdf
www.ericsson.com/network_operators/campaign/publicethernet/Ethernet_AandT.pdf
<http://people.ac.upc.es/asalaver/jerram1.pdf>
<http://people.ac.upc.es/asalaver/g709otnmodel.pdf>
http://atr.alcatel.de/hefte/02i_1/gb/pdf/03schiavoni.pdf