

DWDM corrige las limitaciones de la fibra



El grado de madurez alcanzado por DWDM ha permitido que el precio de esta tecnología, principal freno a la hora de implantarla, se haya reducido, al tiempo que se han optimizado los distintos entornos de red.

Hace años, el cuello de botella con el que se encontraban las operadoras para poder transportar el tráfico generado por sus clientes estaba en la disponibilidad de fibra óptica, pues típicamente cada fibra transportaba una única señal multiplexada en el tiempo -mediante tecnologías como PDH o SDH o ATM- a través de la red. La fibra óptica es el mejor medio de transmisión, sobre todo a largas distancias, en cuanto a capacidad del enlace, interferencias, distancias soportadas, e integrabilidad. Sin embargo, su tendido es muy lento y costoso, no sólo por el precio de la propia fibra óptica, sino por las obras y licencias que hay que acometer para canalizarlo en el subsuelo o en torretas aéreas.

Los grandes avances de finales de los años 90 en relación a la fotónica, dieron lugar a la aparición de una nueva tecnología de transmisión totalmente óptica conocida por DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*), mediante la cual una única fibra óptica puede acomodar cientos de señales, de manera que es posible incrementar la capacidad de la red de transporte sin necesidad de hacer nuevos tendidos de fibra. El principal problema que presentaban tradicionalmente los sistemas DWDM para las operadoras era su enorme precio. Sin embargo, la madurez de esta tecnolo-

gía ha posibilitado el desarrollo de sistemas DWDM cada vez más asequibles y optimizados a los distintos entornos de red (acceso, metropolitano, y larga distancia).

Hasta 5.000 kilómetros

Los sistemas DWDM de larga distancia actuales son capaces de transportar sobre una única fibra óptica monomodo -realmente se emplea, como en todos los dispositivos de transmisión por fibra óptica, una fibra para la transmisión y otra para la recepción- hasta 160 canales o longitudes de onda en el entorno de tercera ventana (bandas C y L de comunicaciones ópticas). En cada una de estas longitudes de onda, separadas por 0,4 nm (o 50 GHz), se puede transportar una señal de cualquier tipo (SONET/SDH, ESCON, Fibre Channel, Gigabit Ethernet, ATM/IP, etc.) de hasta 40 Gbps. La distancia máxima que se puede cubrir en la actualidad es de hasta 5.000 Km sin regeneración eléctrica. Se trata de sistemas más caros y complejos que los sistemas CWDM y DWDM Metropolitanos.

Las redes DWDM de larga distancia tienen generalmente una arquitectura física de enlaces punto a punto no protegidos, frente a la arquitectura en anillo de los sistemas CWDM y DWDM Metropolitanos.

Básicamente, los tipos de elementos con los que nos podemos encontrar son:

- **OTM** (Optical Terminal Multiplexer): Multiplexa (en transmisión) y demultiplexa (en recepción) la totalidad de canales ópticos del enlace instalados hasta el momento. El componente encargado de inyectar las distintas fuentes sobre la misma fibra óptica es el multiplexor, el de separarlas es el demultiplexor, el de regenerarlas a nivel óptico el amplificador, y el de adaptar las longitudes de onda recibidas a una longitud de onda estandarizada, estabilizada y susceptible de ser multiplexada y demultiplexada, es el transpondedor.
- **OLA** (Optical Line Amplifier): Amplifica la señal DWDM conjunta en el dominio óptico (sin ningún tipo de regeneración eléctrica de cada uno de los canales individuales) para su transporte a largas distancias.
- **OADM** (Optical Add & Drop Multiplexer): Extrae información de un determinado canal óptico, e inserta nueva información reutilizando dicho canal, sin alterar el resto de canales multiplexados y sin ningún tipo de conversión electroóptica. Tradicionalmente estos equipos no permitían reconfigurar remotamente vía software qué canales extraer y añadir o dejar en paso; no obstante, los avances en filtros ópticos y transpondedores reconfigurables han subsanado esta limitación de DWDM.

Los sistemas de gestión DWDM suelen estar basados en la arquitectura de niveles de la norma TMN (*Telecommunications Management Network*) de la ITU-T (*Internacional Telecommunications Union - Telecommunications Sector*) y emplean la familia de protocolos OSI para la comunicación

con los elementos de red. La plataforma de gestión suele basarse en sistemas Unix, tanto por la alta carga que suponen los protocolos OSI como por la alta disponibilidad y fiabilidad que necesita el gestor de una red que soportan tan altos anchos de banda.

Las principales diferencias en los componentes DWDM de larga distancia respecto al resto de tecnologías WDM se encuentran en los amplificadores y los transpondedores. La misión de estos componentes, más complejos y caros que para el resto de sistemas WDM, es conseguir sistemas más flexibles y capaces de transmitir más cantidad de datos a mayores distancias, paliando las limitaciones físicas inherentes a la fibra óptica (atenuación, dispersión y no linealidad).

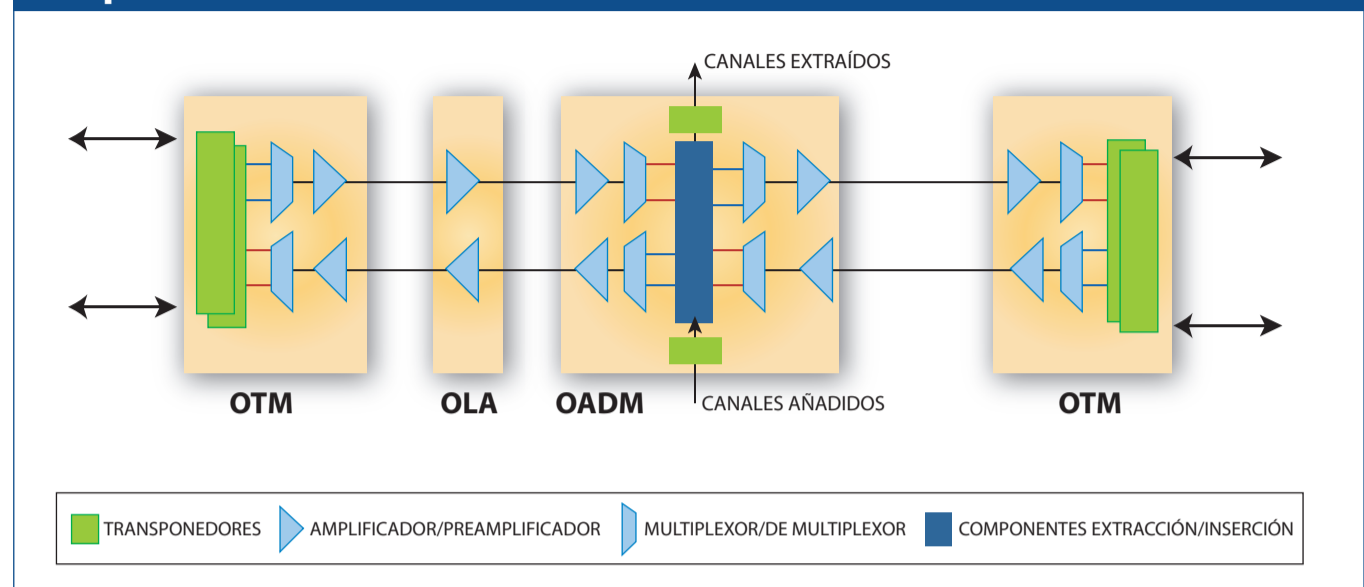
Transpondedores

Los transpondedores actuales ya no emiten a una frecuencia fija a su salida, sino que pueden ser sintonizados para trabajar con cualquier longitud de onda. La implicación inmediata de esto es que los operadores pueden reducir drásticamente la cantidad de repuestos así como equipar su red para trabajar con nuevos canales más rápidamente. Por otro lado, esto permitirá en un futuro cercano dar lugar a redes ópticas inteligentes, con la misma capacidad de provisión dinámica del ancho de banda, encaminamiento, protección y restauración, que las actuales redes de datos.

Actualmente, los transpondedores también son capaces de soportar la tecnología solitón que, básicamente, son pulsos estables que viajan a través de la fibra sin variar su forma, lo cual permite que las no linealidades y la dispersión de la fibra se compensen entre sí, alcanzando mayores distancias.

Hoy en día, los transpondedores implementan también el estándar

Esquema de un enlace DWDM



G.709 de la ITU-T. Se trata de una cabecera óptica de baja sobrecarga -alrededor del 3 por ciento-, que permite transportar de forma transparente cualquier tipo de protocolo, incluido IP directamente. Los transpondedores, como únicos puntos donde se realiza conversión electro-óptica dentro de los sistemas WDM, se encargan así de añadir bytes de sobrecarga que soportan la gestión y el control del canal óptico, con una funcionalidad y fiabilidad semejante a la trama SONET/SDH. Dentro de esta cabecera se reserva un campo para la inserción de un código de redundancia cíclico que permite la corrección de errores hacia delante o FEC (*Forward Error Correction*). Mediante las técnicas FEC es posible soportar distancias sensiblemente mayores para la misma calidad. Finalmente, en esta cabecera también se introducirá la información necesaria para trabajar con GMPLS (*Generalized MultiProtocol Label Switching*), evolución de MPLS, que soporta no sólo dispositivos de conmutación de

paquetes, sino también de conmutación en el tiempo, en longitud de onda y de fibras ópticas.

Los transpondedores actuales soportan señales cliente de hasta 40 Gbps. Mediante otros componentes denominados muxponder, estos transpondedores también son capaces de multiplexar en el tiempo las señales cliente, de modo que se aproveche al máximo el espectro óptico disponible. Por ejemplo, un transpondedor de 10 Gbps con capacidades de muxponder podría agregar 4 señales STM-16 (2,5 Gbps) ó 8 señales GbE (1,25 Gbps).

Amplificadores

Los amplificadores tradicionalmente empleados en sistemas DWDM son los amplificadores de fibra dopada con Erbium o EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*). Se basan en el efecto de la emisión estimulada y su principal limitación es que las emisiones espontáneas en el EDFA también añaden ruido a la señal y, de trabajar en puntos de ganancia inadecuados,

pueden producirse también no linealidades o interferencias entre los distintos canales.

Para vanos con muchas pérdidas o enlaces DWDM muy largos, una tecnología muy empleada son los amplificadores Raman. Éstos últimos se basan en el efecto conocido por *scattering* Raman y tienen como ventajas: la mejora la relación señal a ruido y por lo tanto la calidad y distancias de la transmisión, y el aumento del ancho de banda de amplificación. Debido a su mayor precio y a que no siempre son imprescindibles, los amplificadores de Raman trabajan conjuntamente con los EDFA.

Cuando se trabaja con canales de 10 Gbps o más, son necesarias fibras con compensación de dispersión o DCF (*Dispersion Compensation Fiber*). Estos componentes evitan el ensanchamiento espectral de cada uno de los canales ópticos, que podría dar a su solapamiento, debido al efecto de dispersión introducido por toda fibra óptica.

Los sistemas DWDM de larga distancia requieren de complejos cálculos de balance de potencias por canal, algo que se complica aún más cuando se añaden y extraen canales y cuando se incorporan más nodos amplificadores. Los nuevos sistemas pueden ir asociados a unidades de monitorización, que son básicamente pequeños espectrómetros ópticos que permiten calcular en tiempo real la potencia y relación señal a ruido de cada uno de los canales ópticos, optimizando en todo momento y de forma automática el funcionamiento del sistema.

Ramón Millán,
ingeniero de Telecomunicación
ramonmillan@telefonica.net

> En España se alquila fibra oscura y se instala "coloreada"

La base instalada de fibra óptica para transmisión a largas distancias en España, está constituida por fibra antigua del tipo convencional ITU-T G.652, que no está especialmente optimizada para el transporte de tráfico ATM, SDH o GbE con velocidades superiores o iguales a 10 Gbps.

La red troncal de fibra "oscura" está constituida principalmente por: Telefónica de España, compañías eléctricas (Endesa, Iberdrola y Unión Fenosa),

Renfe y el ente público de Correos y Telégrafos. Esta fibra "oscura" es alquilada a las operadoras de telecomunicaciones y, para rentabilizarla al máximo, éstas instalan sistemas DWDM (dando lugar a la llamada "fibra coloreada") de alguno de los suministradores de referencia: Telefónica trabaja con sistemas de Alcatel, Ericsson y Lucent; Jazztel principalmente con los de Huawei; Ya.com con los de Ciena; BT con los de Alcatel; Grupo R con los de Nortel;

ONO principalmente con los de Ericsson y Siemens; etc.

La mayor disponibilidad de fibra óptica en el entorno metropolitano, así como su mayor calidad (debido a que el tendido es mucho más reciente y realizado por la mayoría de las operadoras aparecidas en los años 1998 y 1999 en España), ha ralentizado el despliegue de sistemas WDM en este entorno, si bien se espera su explosión definitiva para este año.