



Ramón Jesús Millán Tejedor
Coordinador Técnico Soporte
de Redes Ópticas. Ericsson España

CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*)

La demanda de capacidad de transporte en el entorno metropolitano es cada vez mayor, debido a la introducción de servicios y aplicaciones con gran consumo de ancho de banda. Esta necesidad de ancho de banda suscitó hace unos años un gran interés en los sistemas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), pues, además, la transparencia inherente a esta tecnología se adapta muy bien a este entorno, caracterizado por la necesidad de integrar una gran diversidad de clientes, servicios y protocolos.

Sin embargo, estos sistemas no cumplieron en ningún momento las previsiones, debido principalmente a que tenían un coste muy alto. No obstante, la madurez de la tecnología WDM ha permitido conseguir sistemas adaptados específicamente al entorno metropolitano, ofreciendo altos anchos de banda a un coste relativamente bajo. Dentro de la familia de tecnologías WDM, la económicamente más competitiva en cortas distancias es la CWDM (*Coarse WDM*).

► Multiplexación óptica

La multiplexación por división en longitud de onda, multiplexación óptica o WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) tiene su origen, en la posibilidad de acoplar la salida de diferentes fuentes emisoras de luz, cada una a una longitud de onda o frecuencia óptica diferente, sobre una misma fibra óptica. Después de la transmisión a través de la fibra, cada una de estas señales o canales ópticos en distintas

longitudes de onda, pueden ser separadas entre sí hacia diferentes detectores en su extremo final. El componente encargado de inyectar las distintas fuentes sobre la misma fibra óptica es el multiplexor, el de separarlas es el demultiplexor, 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.

En WDM se distinguen típicamente cuatro familias de sistemas: DWDM

de ultra larga distancia, DWDM de larga distancia, DWDM metropolitano, y CWDM. Las cuatro familias de sistemas WDM utilizan componentes ópticos distintos, siendo más complejos y caros los que soportan mayores capacidades por canal y agregadas, y los que soportan mayores distancias de transmisión. En DWDM de larga y ultralarga distancia el espaciado de frecuencias actual es de 50-100 GHz (0,4-0,8 nm), en DWDM metropolitano de 100-200 GHz (0,8-1,6 nm), y en CWDM de 2.500 GHz (20 nm). En cuanto al número de longitudes de onda, mientras en DWDM se utilizan hasta 160 y en DWDM metropolitano hasta 40, en CWDM se suelen utilizar hasta 18. Mientras los sistemas DWDM de larga y ultralarga distancia soportan canales de hasta 40 Gbps, la mayoría de los sistemas DWDM metropolitanos soportan

.....
"La tecnología CWDM se beneficia del menor coste de los componentes ópticos y se adapta perfectamente a las necesidades de las redes empresariales y metropolitanas de corta distancia"
.....

hasta 10 Gbps y los CWDM actuales tienen su límite en 2,5 Gbps. En cuanto a las distancias que se suelen cubrir, los sistemas DWDM de ultralarga distancia alcanzan hasta unos 4.000 km sin regeneración electroóptica, los de larga distancia hasta unos 800 km, los DWDM metropolitanos hasta unos 300 km, y los CWDM hasta unos 80 km.

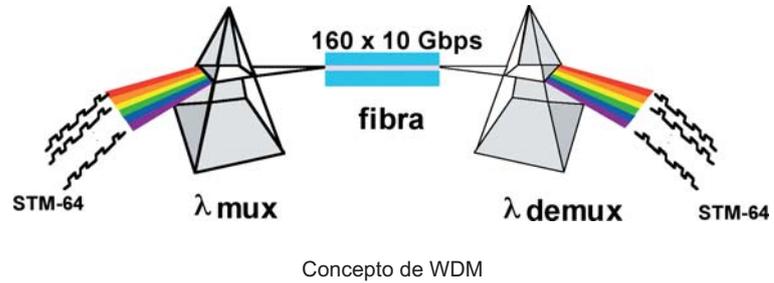
La tecnología CWDM se beneficia del menor coste de los componentes ópticos asociados a una tecnología menos compleja que, aunque limitada en cuanto a capacidad y distancia, se adapta perfectamente a las necesidades de las redes empresariales y metropolitanas de corta distancia.

Características

Las longitudes de onda utilizables por los sistemas CWDM fueron estandarizadas por la ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication sector*) en el año 2002. La norma, denominada ITU-T G.694.2, se basa en una rejilla o separación de longitudes de onda de 20 nm (o 2.500 GHz) en el rango de 1.270 a 1.610 nm pudiendo así transportar hasta 18 longitudes de onda en una única fibra óptica monomodo. De acuerdo con esto, se tienen dos importantes características inherentes a los sistemas CWDM que permiten emplear componentes ópticos más sencillos y, por lo tanto, también más baratos que en los sistemas DWDM:

- Mayor espaciado de longitudes de onda.

De esta forma, en CWDM se pueden utilizar láseres con un mayor ancho de banda espectral y no estabilizados, es decir, que la longitud de onda central puede desplazarse debido a imperfecciones de fabricación o a cambios en la temperatura a la que está sometido el láser y, aún así, estar en banda. Esto permite fabricar láseres siguiendo procesos de fabricación menos críticos que los utilizados en



DWDM, y que éstos no tengan sofisticados circuitos de refrigeración para corregir posibles desviaciones de la longitud de onda debidos a cambios en la temperatura a la que está sometido el chip, lo cual reduce sensiblemente el espacio ocupado y el consumo de potencia, además del coste de fabricación. Por lo general, en CWDM se utilizan láseres de realimentación distribuida o DFB (*Distributed Feed-Back*) modulados directamente y soportando velocidades de canal de hasta 2,5 Gbps sobre distancias de hasta 80 km en el caso de utilizar fibra óptica G.652.

Por otro lado, CWDM utiliza filtros ópticos y multiplexores y demultiplexores basados en la tecnología de película delgada o TFF (*Thin-Film-Filter*), donde el número de capas del filtro se incrementa cuando el espaciado entre canales es menor. Esto supone de nuevo una mayor capacidad de integración y una reducción de coste. Estos filtros CWDM de banda ancha, admiten variaciones en la longitud de onda nominal de la fuente de hasta unos $\pm 6-7$ nm y están disponibles generalmente como filtros de uno o dos canales.

- Mayor espectro óptico.

Esto, que permite que el número de canales susceptibles de ser utilizados no se vea radicalmente disminuido a pesar de aumentar la separación entre ellos, es posible porque en CWDM no

se utilizan amplificadores ópticos de fibra dopada con Erblio o EDFA (*Erbium Doped Filter Amplifier*) como ocurre en DWDM para distancias superiores a 80 km. Los EDFA son componentes utilizados antes de transmitir o recibir de la fibra óptica, para amplificar la potencia de todos los canales ópticos simultáneamente, sin ningún tipo de regeneración a nivel eléctrico. Los sistemas CWDM utilizan, de ser necesario por las distancias cubiertas o número de nodos en cascada a atravesar, regeneración; es decir, cada uno de los canales sufre una conversión óptico-eléctrico-óptico de forma totalmente independiente al resto para ser amplificado. El coste de la optoelectrónica en CWDM es tal, que es más simple y menos caro regenerar que amplificar. Por otro lado, puesto que los regeneradores realizan por completo las funciones de amplificación, reconstrucción de la forma de la señal y temporización de la señal de salida, compensan toda la dispersión acumulada; esto no ocurre en la amplificación óptica, a no ser que se utilicen fibras con compensación de dispersión o DCF (*Dispersion Compensation Fiber*), de alto coste y que además suelen requerir de una etapa de preamplificación previa dada la alta atenuación que introducen.

Además, CWDM es muy sencillo en cuanto a diseño de red, implementación, y operación. CWDM trabaja con pocos parámetros que necesiten la optimización por parte del usuario,

“CWDM es muy sencillo en cuanto a diseño de red, implementación y operación”

“CWDM es una tecnología muy sencilla y tiene un coste muy bajo lo que permite que los desembolsos en capital sigan la trayectoria de la generación de beneficios”



Sistema CWDM.

mientras que los sistemas DWDM requieren de complejos cálculos de balance de potencias por canal, algo que se complica aún más cuando se añaden y extraen canales o cuando DWDM es utilizado en redes en anillo, sobre todo cuando los sistemas incorporan amplificadores ópticos.

Con el fin de reducir costes, los suministradores de sistemas CWDM también utilizan protocolos de gestión diferentes a los de los sistemas DWDM. Los sistemas DWDM utilizan el protocolo CMIP (*Common Management Information Protocol*) de la familia de protocolos OSI (*Open Systems Interconnection*). Para reducir los costes, los fabricantes de sistemas CWDM utilizan SNMP (*Simple Network Management Protocol*) de la pila de protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). La utilización de SNMP frente a CMIP supone, para los fabricantes de equipos,

una menor complejidad en el desarrollo de sus herramientas de gestión de red, lo cual redundará en un menor coste de éstas. Por otro lado, el operador se beneficia también porque SNMP está más extendido y es más conocido, consume menos recursos y es más barato de implementar en la red de routers que interconectará la red de equipos CWDM con el centro de supervisión central.

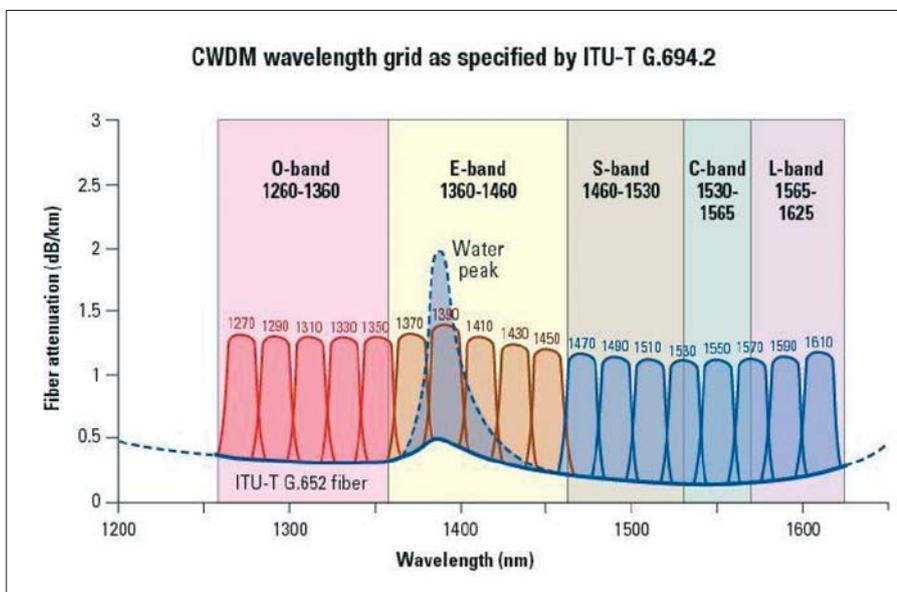
Beneficios de CWDM

Las tecnologías que lideran el mercado metropolitano en la actualidad, son: ATM, SDH y Gigabit Ethernet. Cuando la capacidad de transmisión en un enlace óptico no puede ser cubierto por estos sistemas basados en TDM (*Time Division Multiplexing*), la solución es introducir sistemas WDM, de modo que varios equipos basados en TDM puedan compartir una única

fibra óptica por sentido de transmisión; es decir, las tecnologías TDM y WDM son, por el momento, complementarias. De hecho, muchos sistemas WDM, tanto CWDM como DWDM, también pueden multiplexar en TDM las señales de entrada, con el fin de aprovechar al máximo el espectro óptico disponible y el ancho de banda ofrecido por la fibra óptica.

Según esto, es conveniente centrarse en los beneficios que ofrece CWDM respecto a DWDM para las redes ópticas metropolitanas, sin tener en cuenta otras posibles tecnologías competidoras. Podemos enumerar las ventajas de los sistemas CWDM respecto a los sistemas DWDM, como: menor coste del equipo, menor coste del sistema de gestión asociado, mayor facilidad de instalación y configuración inicial de la red, mayor facilidad de operación y mantenimiento de la red, menor consumo de potencia y menor espacio ocupado. En definitiva, CWDM es una tecnología muy sencilla y tiene un coste muy bajo, típicamente de alrededor del 35-65% al de DWDM para el mismo número longitudes de onda, lo que permite que los desembolsos en capital sigan la trayectoria de la generación de beneficios.

La única limitación que puede presentar CWDM frente a DWDM en el entorno metropolitano es la menor capacidad soportada. No obstante, varios suministradores de WDM ofrecen esquemas de migración entre CWDM y DWDM metropolitano, de tal manera que, cuando la capacidad de los sistemas CWDM deba ser extendida, algunos puertos CWDM puedan ser substituidos por puertos y filtros DWDM. Según este esquema de migración, hasta 16 canales DWDM separados 50 GHz pueden ser ubicados en el espectro ocupado por un único canal CWDM. ◆



Rejilla de longitudes de onda en CWDM.