

MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUDES DE ONDA DENSAS

DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING “DWDM”

JOBAN CAMILO GARCIA MORALES¹
200420003011

WILSER HANNEY PALACIOS SANCHEZ²
200320003011

...

Resumen: Multiplexación por división en longitud de ondas (DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING) (DWDM). Es una tecnología de altas capacidades de transmisión, para múltiples señales láser a diferentes longitudes de onda unidireccional o bidireccional. La DWDM no es vista como una técnica para ampliar la capacidad de una red de fibra óptica, sino como una tecnología robusta en el backbone (principales conexiones troncales de internet) de redes multiservicios y redes de acceso móvil, la cual permite satisfacer el crecimiento en volumen y complejidad que presentan los servicios de telecomunicaciones.

Esta tecnología se caracteriza porque reduce significativamente los costos cableado óptico en equipos, porque transmite múltiples señales laser lo que favorece adquirir nuevos clientes y mejores servicios en relación al ancho de banda porque permite una evolución flexible y económica de las redes.

Una de las desventajas de la DWDM es requiere componentes ópticos muy complejos y caros, por lo que desde su aparición ha sido principalmente utilizada en enlaces punto a punto a larga distancia. No obstante, la enorme demanda de ancho de banda y la madurez de la tecnología DWDM, ha permitido su introducción en las redes metropolitanas.

Palabras claves: *Ancho de banda, señales laser, fibra óptica, multiservicios, telecomunicaciones.*

Abstract: Division multiplexed wavelengths (Dense Wavelength Division Multiplexing) (DWDM). Technology is a high transmission capacity for multiple laser signals at different wavelengths bidirectional. The DWDM is not seen as a technique to expand the capacity of a fiber optic network, but as a robust technology in the backbone (main Internet backbones) multiservice networks and mobile access networks, which can meet the growth in volume and complexity that telecommunications services.

This technology is characterized by significantly reducing optical wiring equipment costs because multiple signals transmitted laser which favors acquiring new customers and better services in relation to the bandwidth because it allows a flexible and economical evolution of networks.

One of the disadvantages of DWDM optical components is required very complex and expensive, so since its inception has been primarily used in point-to-point long-distance. However, the huge demand for bandwidth and the maturity of DWDM technology has allowed its introduction in metropolitan networks.

Key words: Bandwidth, laser signals, fiber optics, multiservices, telecommunications.

¹ Joban Camilo García Morales. Estudiante Ingeniería Electronica, de la Institución Universitaria de Envigado. decimo semestre. , correo electrónico: moralescamilo000@gmail.com

² Wilser Hanney Palacios Sánchez. Estudiante Ingeniería Electronica, de la Institución Universitaria de Envigado. decimo semestre, correo electrónico: wilserhann@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo de revisión bibliográfica básicamente está enfocado en la tecnología para redes DWDM en general, mostrando así los grandes avances y soluciones de la tecnología de vanguardia como en sus servicios.

El primer tema a tratar en este artículo es la Multiplexión por división de tiempo. Esta es una técnica que permite segmentar un canal de información en sub canales de información.

Continuando con la temática del artículo, aparece en segundo momento la norma de Redes Óptica Sincrónicas, más conocida como SONET, y tiene como función definir señales ópticas estandarizadas, con respecto a sus especificaciones, sus parámetros de interfaces de velocidades, y los formatos de longitudes de onda.

Luego podemos encontrar la Multiplexación por División de Longitud de Onda, esta es otra técnica que a diferencia de la Multiplexión por división de tiempo, se caracteriza porque reparte el ancho de banda de un único canal entre varios subcanales independientes entre sí.

Y por último está el tema objeto de este artículo DWDM, es una tecnología utilizada para combinar y separar dos o más longitudes de onda en una sola fibra, lo que permite expansión de la capacidad de fibra. Pero no solo se habla en este artículo de la definición de la tecnología como tal, sino de las funciones, ventajas, características, mejoramiento del desempeño, funcionamiento de un transponder, las funciones del sistema, y la topología utilizada en DWDM [11]

2. TIPOS DE MULTIPLEXACIÓN

2.1 Multiplexación por División de Tiempo (*Time División Multiplexing, TDM*).

Es una técnica, que consiste en la división de un canal de información en subcanales de información, los cuales pueden transmitir en su solo medio de transmisión, y la transmisión se realiza por medio de un dispositivo denominado multiplexor.

Como una manera de maximizar la cantidad de tráfico de la voz que se puede transportar en un medio físico fue creada la Multiplexación por División de Tiempo (TDM).

Mientras que, a la técnica que realiza el proceso inverso de la multiplexión, se le denomina de demultiplexor.

Para ilustrar el funcionamiento de (TDM), se utiliza la analogía el tráfico de la carretera. Por ejemplo para transportar todo el tráfico de cuatro troncales a otra ciudad, se puede enviar todo el tráfico en un carril. De manera que, si cada uno de las cuatro alimentaciones pone un carro en la carretera cada cuatro segundos, entonces la carretera conseguiría un índice de un vehículo por segundo. Luego como la velocidad de todos los carros se sincronizan, no habrá choques. En el destino final los vehículos se pueden sacar de la carretera y alimentarán a la troncal locales mediante el mismo mecanismo síncrono, de reversa.

Recapitulando, con el anterior ejemplo se demuestra el principio usado en TDM síncrono al enviar bits sobre un enlace TDM, el cual aumenta la capacidad del enlace de transmisión cortando tiempo en intervalos más pequeños para que los bits de múltiples fuentes de entrada puedan transmitir en el enlace eficazmente, y de paso aumentar el número de bits transmitidos por segundo [1].

2.2 SONET.

Red Óptica Síncrona (*Synchronous Optical Network*) en EE UU y en Europa (*Synchronous Digital Hierarchy, SDH*). Estándar internacional desarrollado por el grupo de trabajo (Working Group) T1X1 de ANSI, para líneas de telecomunicación de alta velocidad sobre fibra óptica [3].

SONET es una norma que define señales ópticas estandarizadas en relación a sus especificaciones, los parámetros de las interfaces, velocidades, de onda más cerca que WDM, y por lo tanto, tiene una capacidad total más grande.

¿Cómo funciona SONET/SDH? El funcionamiento es de la siguiente manera: toma n bits corridos, los multiplexa, y modula la señal ópticamente, enviándola hacia afuera a través de un equipo para emitir luz sobre una fibra con una tasa de transferencia de bits igual a (*tasa entrante*) $x n$.

De esta manera el tráfico entrante en el multiplexor SONET de cuatro lugares en 2.5 Gbps saldrá como una sola salida de $4 x 2.5$ Gbps, o 10 Gbps. Este principio muestra un incremento en la tasa de transferencia de bits.

Una de las ventajas que ofrece la tecnología SONET es la capacidad del canal de comunicaciones de datos (DCC) [1].

2.3 Multiplexación por División de Longitud de Onda

(*Multiplexing Wavelength División, WDM*), es una técnica que reparte el ancho de banda de un único canal entre varios subcanales independientes entre si, lo que permite

incrementar la capacidad del medio físico (fibra) usando un método completamente diferente de TDM.

Una forma de entender el funcionamiento del WDM, es pensar que cada canal es un color de luz diferente; entonces varios canales forman un arco iris.

En un sistema WDM, cada una de las longitudes de onda es lanzada dentro de la fibra, y la señal es demultiplexada en la parte final del receptor.

Así como TDM, la capacidad resultante de WDM, es la suma de las señales de entrada, pero WDM transporta cada una de las señales de entrada independientemente de las demás. Esto significa que cada canal tiene su propio ancho de banda dedicado y todas las señales llegan al mismo tiempo, siendo preferible las que están divididas y transportadas en intervalos de tiempo (time slots).

La diferencia entre WDM y la multiplexación por División de Longitud de Onda Densa (DWDM) es fundamentalmente solo un grado. Porque DWDM, coloca las longitudes de onda más cerca que WDM, y por lo tanto, tiene una capacidad total más grande [7].

3. DWDM

La Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM), es una tecnología usada para combinar y separar dos o más longitudes de onda en una sola fibra, lo que permite expansión de la capacidad de fibra [1].

La ventaja más relevante de la tecnología DWDM, es la habilidad de proveer potencialmente capacidad ilimitada de transmisión, permitiendo su fácil manipulación de las frecuencias a transportar.

Otra de las ventajas, es que puede añadirse más capacidad, con simples actualizaciones de equipo e incrementando el número de longitudes de onda en la fibra, sin actualizaciones costosas [2].

3.1 Ventajas DWDM

Dentro de las principales ventajas de DWDM, se destacan las siguientes:

3.1.1 Transparencia: soporta transparencia en el formato de señal tales como ATM, GbE (Gigabit Ethernet), ESCON, TD, IP y canal de fibra (Fibre Channel)

3.1.2 Escalabilidad: permite el crecimiento progresivo de la red, brindándole mayor capacidad y crecimiento de los usuarios.

3.1.3 Iniciación dinámica: debido a la habilidad de los proveedores en ofrecer servicios de alto ancho de banda en días antes que en meses, se puede decir que es rápida, simple y presenta un abastecimiento dinámico en las redes [4].

3.3 Características DWDM

DWDM se caracteriza por:

- Baja pérdida de inserción: 3.5 dB. Y no incrementa apreciablemente la atenuación.
- Alto aislamiento entre canales: 30 dB de aislamiento entre canales adyacentes y minimiza la interferencia óptica entre canales.
- Bidireccional: Solución compacta multiplexor y demultiplexor óptico integrado en modelo de 1UA

3.4 Funciones del Sistema DWDM

El sistema realiza las siguientes funciones siguientes:

- Generación de la señal La fuente, un laser de estado sólido, puede proveer luz estable dentro de un ancho de banda específico el cual transmite la información digital después de haber sido modulada por una señal análoga.
- Combinando las señales, los Modernos sistemas de DWDM emplean los multiplexores para combinar las señales. Hay una pérdida inherente asociada a la multiplexación y la demultiplexación, esta pérdida depende del número de canales, los cuales pueden ser disminuidos por amplificadores ópticos.
- Transmitiendo las señales; los efectos de la interferencia (Crosstalk) y de la degradación o de la pérdida de la señal óptica se debe contar con la transmisión por fibra óptica. Estos efectos pueden ser reducidos al mínimo controlando variables tales como espaciamientos de canal, tolerancia de la longitud de onda, y niveles de la energía del laser. Sobre un enlace de transmisión, la señal puede necesitar ser amplificada ópticamente.
- Separando las señales recibidas en el receptor la señal multiplexada tiene que ser separada.
- Recibiendo las señales, la demultiplexación de la señal es recibida por un fotodetector [12].

3.5 Mejoramiento Del Desempeño Y Fiabilidad DWDM

Además de estas funciones, un sistema de DWDM se debe también equipar de las interfaces del cliente para recibir la señal de entrada. Esta función es realizada por los transpondedores como se puede comprender en las figuras 1 y 2 [5].

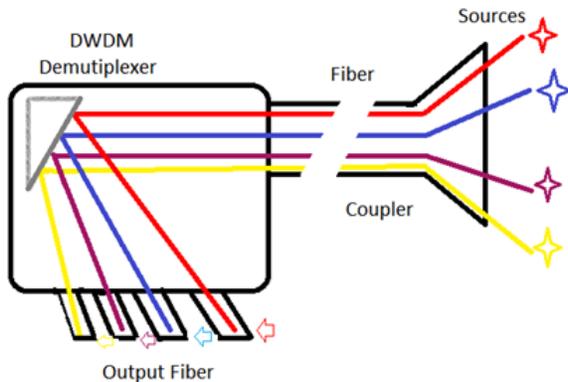


Figura 1
Diseño propio

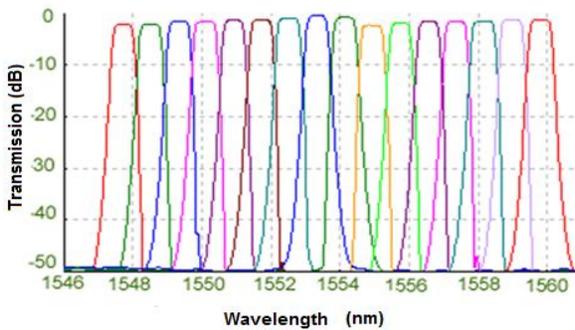


Figura 2
Diseño propio

3.6 Funcionamiento de un Transponder Basado en el Sistema DWDM

3.6.1 Primeros pasos: El transponder admite la entrada en la forma estándar del monomodo o láser del multimodo; esta puede venir de los diferentes medios de comunicación físicos y protocolos diferentes y tipos de tráfico.

3.6.2 Segundo paso: La longitud de onda de cada una de la señal de entrada se traza a una longitud de onda de DWDM.

3.6.3 Tercer paso: Las longitudes de onda de DWDM del transponder son multiplexados en una única señal óptica y lanzada en la fibra. El sistema también podría contener la habilidad de admitir los signos ópticos directos al multiplexor.

3.6.4 Cuarto paso: Un poste amplificador estimula la fuerza de la señal óptica tan pronto deja el sistema (optativo).

3.6.5 Quinto paso: Se utilizan los amplificadores ópticos a lo largo del palmo de fibra como es requerido (optativo).

3.6.7 Sexto paso: Un pre-amplificador empuja el signo antes de que entre en el sistema del extremo (optativo).

Séptimo paso: La señal entrante es demultiplexada en lambdas de DWDM individual (o longitudes de onda).

3.6.8 Octavo paso: Los lambdas de DWDM particulares se trazan al tipo del rendimiento citado y mandó a través del transponder.

3.7 Componente DWDM Y Su Respectivo Funcionamiento

Multiplexor óptico “Add/Drop” (OADM): Permiten convertir una red de conexiones punto a punto y una única Lambda (λ) en una red WDM, en la que cada (λ) se gestiona como un canal independiente en la capa óptica.

Conmutador cruzado óptico (OXC): Es el elemento básico de conmutación óptica que proporciona conectividad entre puertos de entrada y puertos de salida como se puede ilustración en la figura 3 [5].

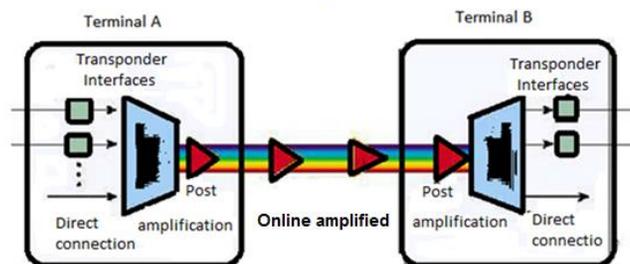


Figura 3
Diseño propio

3.8 DWDM En Redes De Área Metropolitana.

Las redes DWDM de larga a distancia suelen tratarse de enlaces punto a punto y, por lo general, no suelen utilizar ningún tipo de protección.

Se pueden distinguir cuatro tipos de sistemas: el amplificador óptico de línea (*Optical Line Amplifier*, OLA), el terminal multiplexor y demultiplexor óptico (*Optical Terminal Multiplexer*, OTM), el terminal de inserción y extracción óptico (*Optical Add and Drop*

Multiplexers, OADM) y el cross-connect óptico (*Optical Cross Connects*, OXC) [7].

3.9 Funciones De Los Tipos De Sistemas:

La OLA, se encarga de amplificar la señal multiplexada en longitud de onda, es decir, sin ningún tipo de conversión electroóptica.

El OTM se encarga de multiplexar (en transmisión) y demultiplexar (en recepción) los canales ópticos.

La función de un OADM es extraer información de un determinado canal óptico, e insertar nueva información sin alterar el resto de canales multiplexados en longitud de onda o DWDM y sin ningún tipo de conversión electroóptica.

Y por ultimo el OXC, se caracteriza porque es un conmutador de canales entre fibras de entrada y fibras de salida; es, por lo tanto, el elemento que proporciona mayor flexibilidad en la red y por limitaciones actuales en la tecnología óptica la mayoría de los dispositivos comercialmente disponibles realizan conversión electroóptica limitando su transparencia [6]

3.10 Esquemas De Protección Para DWDM

Las arquitecturas de redes están basadas en muchos factores, incluyendo tipos de aplicaciones y protocolos, distancia, utilización y estructura de acceso, y topologías de redes anteriores, por ejemplo, las topologías punto-a-punto.

Estas pueden ser usadas para instalaciones de Inter oficinas (IOFs), para acceso residencial para conectar puntos de proveedores y topologías de malla; además, pueden ser usadas para conexiones Inter-POP (Inter Punto-a-punto) y en *backbones*.

Podemos decir que hoy en día las topologías mas uso son las de punto-a-punto y anillo [8].

4. TOPOLOGÍAS

4.1 Topologías Punto -a- Punto

La topología punto-a-punto puede ser implementada con o sin OADMs. Estas se caracterizan por las velocidades de canales ultra rápidos (10 a 40 [Gbps]), nos brinda alta integridad y seguridad de la señal, y rápida restauración de trayectoria. También podemos notar que en redes larga distancia (*long-haul*), la distancia entre transmisor y receptor puede ser de varios cientos de kilómetros, y el número de amplificadores requeridos entre ambos puntos,

es típicamente menor que 10. En redes MAN, los amplificadores no son necesarios en esta topología

La protección en las topologías punto a punto puede ser suministrada en una pareja de caminos; como se puede ilustrar en la figura 4 [9].

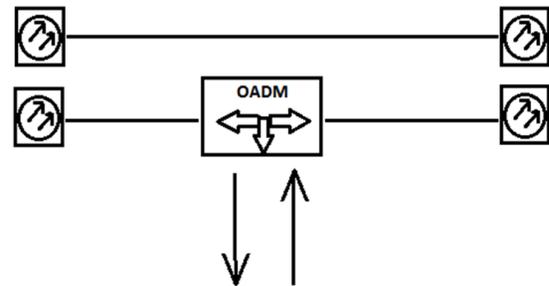


Figura 4
Diseño propio

4.2 Topología De Anillo

La topología en anillo consiste en un cable que interconecta los nodos formando un anillo o círculo, donde la señal viaja en una dirección y no requiere de terminadores dado que los nodos son los encargados de depurar la información que viaja en el cable.

La topología de anillo doble es igual a la topología de anillo, con la diferencia de que hay un segundo anillo redundante que conecta los mismos dispositivos.

La topología en anillos es una de las arquitecturas más comunes encontradas en áreas metropolitanas y atraviesan algunas decenas de kilómetros.

El anillo de fibra puede contener únicamente cuatro canales de longitud de onda, y típicamente menos nodos que canales.

Es empleada esta topologías en las redes Token Ring, FDDI y, en general, cualquier red WAN que emplee fibra Óptica (FO). Además, las topologías de anillo se pueden enlazar por acoplamientos punto-a-punto.

En otras palabras, para incrementar la fiabilidad y flexibilidad de la red, cada dispositivo de red forma parte de dos topologías de anillo independiente.

El índice binario está en la gama de 622 Mbps a 10 Gbps por canal. Las configuraciones de anillo se pueden desplegar con uno o más sistemas de DWDM, soportando

cualquier tráfico, o pueden tener una estación de hub y uno o más nodos de OADM, o satélites. En el nodo del hub el tráfico que se origina es terminado y manejado, y se establece la conectividad con otras redes, como se puede ver en la figura 5.

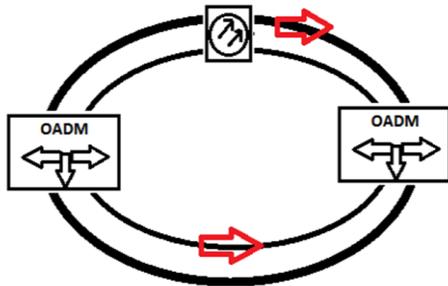


Figura 5
Diseño propio

4.3 Topología Mesh

La arquitectura de malla es el futuro de redes ópticas. Como las redes evolucionan, las arquitecturas de anillo y punto-a-punto tendrían un lugar, pero la malla sería la topología más robusta. Este desarrollo sería habilitado por la introducción de los OxCs (Optical Cross-Connects) y switches configurables, que en algunos casos reemplazarían, y en otros complementarían, a los dispositivos DWDM fijos, como se puede observar en la figura 6 [10].

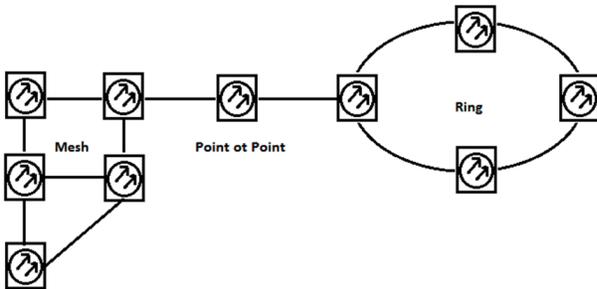


Figura 6
Diseño propio

CONCLUSIONES

Después de realizar este artículo se puede concluir que:

- La Transparencia es una arquitectura de capa física, y soporta transparentemente ambos TDM y formatos de datos tales como ATM, Gigabit Ethernet, ESCON, y canal de fibra con interfaces abiertas sobre una capa física común.

- La tecnología DWDM, posee la habilidad de proveer potencialmente capacidad ilimitada de transmisión de una manera rápida y efectiva.
- El aprovisionamiento dinámico de conexiones de red da a los proveedores la habilidad de abastecer servicios de gran ancho de banda en días y no en meses.

RECOMENDACIONES

Consideraciones Prácticas En DWDM

En el desarrollo de una red basada en DWDM hay algunas consideraciones que fueron tomadas en cuenta y a continuación se relacionan para sirvan a futuros lectores como punto de referencia.

¿El sistema de DWDM es compatible con la planta de fibra existente?

Algunos tipos de fibra más antiguas no son convenientes para el uso de DWDM, mientras que tipos más recientes optimizan la fibra de DWDM. El estándar de fibra SM (G. 652), que se utiliza actualmente, la mayoría instalada en el área urbana, puede soportar DWDM; si requerimos instalar una nueva fibra, se debe elegir un tipo que permita el crecimiento a futuro.

REFERENCIAS

- [1][Online], Available: <http://www.oocities.org/espanol/nivelredes/rc/4sdh.htm>
- [2][Online], Available: <http://www.fdi.ucm.es/profesor/jseptien/WEB/Docencia/AVRED/Documentos/Tema5.pdf>
- [3] Available: Available: Fiber- Optic Communication System 3nd ed, Govind e Agrawal
- [4] [Online], Available: Available: Fiber- Optic Communication System 3nd ed, Govind e Agrawal
- [5][Online], Available: <http://usuarios.multimania.es/cyrixwave/Cisco/Cableado%20Estructurado.pdf>
- [6] [Online], Available: Available: Fiber- Optic Communication System 3nd ed, Govind e Agrawal
- [7][Online], Available: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php>
- [8] [Online], Available: Available: Fiber- Optic Communication System 3nd ed, Govind e Agrawal
- [9][Online], Available: <http://usuarios.multimania.es/cyrixwave/Cisco/Cableado%20Estructurado.pdf>
- [10][Online], Available: http://www.spw.cl/IMG/pdf/Master_01_Infraestructura_2012_v1.pdf
- [11] Available: Guide To Wdm Techology & Testing 2nd ed, André Girard
- [12] Available: Fiber- Optic Communication System 3nd ed, Govind e Agrawal.

