

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



EVOLUCIÓN TDM - DWDM

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

TITO JORGE LUIS FRISANCHO DELGADO

**PROMOCIÓN
1990- I**

**LIMA – PERÚ
2003**

***Dedico este trabajo a:
Mis padres, inspiración plena de lucha y
sacrificio,
Mis Hermanos, por el apoyo incondicional en
mi carrera,
Y mis amigos esperanza de superación.***

TDM -DWDM

EVOLUCIÓN

SUMARIO

Este informe es sugerido Para un uso gradual de cursos como Redes ópticas, comunicaciones ópticas y tópicos en Telecomunicaciones de redes de alta velocidad.

Este informe se enfoca sobre el diseño de temas encontrados en redes ópticas en WDM.

Un capítulo está dedicado a revisar la tecnología de estos dispositivos ópticos empleado en arquitectura de red, examinado en este informe.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	2
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FIBRA ÓPTICA	2
1.1 Introducción	2
1.1.1 Fibras Ópticas	2
1.2 Propiedades	3
1.2.1 Reflexión	3
1.2.2 Refracción	4
1.2.3 Angulo de Aceptación	8
1.2.4 Distancia umbral	11
1.3 Longitudes De Onda	11
1.3.1 Atenuación	12
1.3.2 Dispersión	12
1.3.3 Efectos de polarización	14
1.3.4 Ruido	16
1.4 Ventajas de las comunicaciones por Fibra Óptica	16
1.4.1 Ancho de banda	17
1.4.2 Inmunidad electromagnética	17

1.4.3 Bajas pérdidas	17
1.4.4 Seguridad	17
1.4.5 Bajo Peso	17
1.5 Tipos de Fibra Óptica	17
1.5.1 Fibras Multimodo	18
1.5.2 Fibras Monomodo	18
1.6 Estructura de los cables de Fibra Óptica	18
1.6.1 Estructura Ajustada	18
1.6.2 Estructura Holgada	19
1.6.3 Conectores Para Fibra Óptica	19
1.6.4 Emisores y receptores Ópticos	19
1.6.5 Calculo del enlace En una Fibra Óptica	22
1.7 Fibras Monomodo de dispersión desplazada	22
1.8 Fibras Monomodo desplazada de dispersión nula	24
1.9 Fibras Monomodo desplazada de dispersión casi nula	26
1.10 Costos de Fibra Óptica	28
1.10.1 Fibra Óptica con Dispersión Cromática no Cero NZDF vs. Fibra Óptica Estándar de SM	28
1.10.2 Fibra Óptica convencional sin desviación comparado con ALLWAVE™	31
1.10.3 Fibra Óptica en la transmisión de Televisión por Cable	32
CAPÍTULO II	46
MULTIPLEXACION POR DIVISION DE TIEMPO (TDM)	46
2.1 Concepto	46
2.2 Características	47

2.3 Trama TDM en telefonía básica	53
CAPÍTULO III	54
MULTIPLEXACION POR DIVISION DE LONGITUD DE ONDA (DWDM)	54
3.1 Definición y Ventaja	54
3.1.1 Componentes Importantes en la Fibra	56
3.1.2 Múltiplexación por División de Onda (DWDM)	57
3.1.3 Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa	59
3.2 Redes Ópticas WDM	61
3.2.1 Emisión y selección de redes WDM	63
3.2.2 Enrutador de Longitud de Onda	64
3.3 Conversión de Longitud de Onda	65
3.4 Deterioro Del DWDM	70
3.5 Transponder Óptico	72
3.6 Colocando las piezas juntas	74
3.7 Sistema Micro electromecánico (MEMS)	77
3.8 Ondas Guía Termo – Óptica	81
3.9 El Switch Burbuja	84
3.10 Switsches De Cristal liquido	86
3.11 Componentes Principales de un sistema DWDM	88
3.12 Amplificadores De Fibra Dopada Con Erbio	89
3.12.1 Principio de Funcionamiento	90
3.12.2 Filtros Ópticos	91
3.12.2.1 Características de los Filtros Ópticos	92

3.12.3 In - Fiber Brag Grating	94
3.12.4 Router Óptico	96
3.13 Anillo Óptico	100
3.14 Dispositivos WDM, Wavelength Add/Drop Multiplexer (WADM)	102
3.15 Crossconnects WDM	104
3.16 Como se aplica DWDM	107
3.17 Método de Selección del Canal	108
3.17.1 Métodos	110
3.18 Como se cubre la necesidad del usuario final	113
3.19 Como uniríamos los anillos metropolitanos	113
3.20 Costos	114
3.21 Competitividad	115
3.22 Algunos lugares donde se emplea.	115

CAPÍTULO IV

TENDENCIAS DEL MERCADO DE COMUNICACIONES	122
4.1 Introducción	122
4.2 Almacenamiento en IP	122
4.3 Servicios Basados en Localización	124
4.4 Conmutación De Longitud De Onda	126
4.5 Los retos de las redes de telecomunicaciones actuales	128
4.6 Solución de la crisis de la capacidad	129
4.7 Expansión de la capacidad y flexibilidad: DWDM	130
4.7.1 IP sobre WDM	131
4.8 Potencial de la capacidad de expansión	132

4.9 Incremento del crecimiento de DWDM	132
4.10 Requerimiento de los nuevos servicios	134
4.11 Diferencias Entre TDM y DWDM	134
4.11.1 El Legado De La Red De Voz	134
4.11.2 La interconexión Óptica en red y sus beneficios	136
4.11.3 El despliegue de las redes Ópticas	137
4.12 Protocolos de Transporte	139
4.12.1 IP Sobre ATM Sobre WDM.	140
4.12.2 Obteniendo los paquetes IP sobre DWDM	140
4.12.3 El Router Óptico	141
4.12.4 Gigabit ETHERNET Y Red Óptica	142
4.12.5 ETHERNET Óptica entre ETHERNET Gigabit	143
4.12.6 IP Sobre SDH/SONET Sobre WDM	145
4.12.7 Fibras LANS y Redes Ópticas FDDI	146
4.12.8 Canal De Fibra	147
4.12.9 Canal De Fibra DWDM	147
4.12.10 Tramas IP Sobre WDM	148
4.13 Redes DWDM Metropolitanas. HUAWEI, ALCATEL.	150
4.13.1 Características	150
4.13.2 Capacidad	150
4.13.3 Transparencia	150
4.13.4 Disponibilidad	150
4.13.5 Redes de respaldo/backup	151
4.13.6 Flexibilidad	151
4.14 Red Metropolitana HUAWEI	154

4.14.1 Demandas Para Construir la MAN	154
4.14.2 Consideraciones Para Construir la MAN	155
4.14.3 Problemas que se enfrenta la MAN	155
4.14.4 Solución Plataforma unificada	156
4.14.5 Solución con productos HUAWEI	156
4.14.6 Servicio Interfase para TRANSPONDER	157
4.14.7 Servicio Interfase para SDH MAPPING	157
4.15 ALCATEL Red Metropolitana	158
4.15.1 Red Metro WDM	158
4.15.2 Red Metro DWDM – Necesidades	158
4.15.3 Evolución de los Servicio ALCATEL	159
4.15.4 Solución ALCATEL	160
4.15.5 Gestión Unificada ALCATEL	160
4.15.6 Modelo: Conectividad Multiprotocolar	161
CONCLUSIONES	162
ANEXO A: Acrónimos	163
BIBLIOGRAFÍA	164

PRÓLOGO

La demanda de aplicaciones de alta velocidad, tales como videoconferencia y el rápido crecimiento en el número de usuarios de redes, requieren de una infraestructura de RED, capaz de entregar altos volúmenes de data en TIEMPO REAL. El tema enfocará la importancia de la dimensionabilidad de los sistemas DWDM en la prestación de servicios telemáticos, para satisfacer la demanda de Redes de Operadores de Servicios así como de Redes de clientes. La tecnología DWDM se discute como un concepto fundamental de las redes ópticas, que permiten la transmisión de correo electrónico, vídeo, multimedia, datos y voz sobre IP, modo de transferencia asíncrono (ATM), redes ópticas síncronas, SDH, FICON, ESCON, etc. sobre la capa óptica.

Se enfocará la evolución de tecnología de los sistemas TDM hacia sistemas de comunicaciones ópticas (WDM-DWDM), tomando como ejemplo, diferentes proveedores de servicios y aplicaciones inmediatas en redes de operadores y clientes. Se enfocará el tema de tendencias en la mejora de transporte TDM y DWDM, la economía de transporte y el concepto de Red Unificada que soporta varias longitudes de onda de alta velocidad para diferentes protocolos de servicios como los de arriba señalados.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FIBRA ÓPTICA

1.1 Introducción

La fibra óptica se usó inicialmente en las plataformas principales de las redes de Telecomunicaciones, hoy se está instalando rápidamente en las redes de distribución y ya esta llegando al abonado. Mientras la tecnología que soporta la fibra óptica es compleja, y su proceso industrial muy sofisticado, el propio producto final es sorprendentemente amistoso al usuario. Con prácticas normales de campo y equipo no muy complicado, el proceso de instalación de un sistema óptico es simple, rápido, y de bajo costo; y las pruebas después de la instalación son sencillas. El hecho es que, hoy, la tecnología de fibra óptica supera de lejos a la del cobre, pero realmente es más fácil trabajar con ella.

1.1.1 Fibras ópticas

El conductor de fibra óptica está compuesto por dos elementos básicos: El núcleo (core) y el recubrimiento (cladding), cada uno de ellos formado por materia conductor de las ondas luminosas. Así cuando hablamos de fibras de 50/125, 62.5/125 o 10/125 mm, nos estamos refiriendo a la relación entre el diámetro del núcleo y el del recubrimiento.

Otro parámetro importante en una fibra es su apertura numérica. En los conductores de fibra óptica se utiliza el efecto de la reflexión total para conducir el rayo luminoso por su interior. El ángulo necesario para acoplar al núcleo un rayo luminoso desde el exterior recibe el nombre de ángulo de aceptación. Pues bien, el seno de este ángulo se denomina apertura numérica.

Un parámetro extrínseco a la fibra óptica es la ventana de trabajo. Cuando hablamos de ventanas de trabajo nos referimos a la longitud de onda central de la fuente luminosa que utilizamos para transmitir la información a lo largo de la fibra.

La utilización de una ventana u otra determinará parámetros tan importantes como la atenuación que sufrirá la señal transmitida por kilómetro. Las ventanas de trabajo más corrientes son: Primera ventana a 850nm, segunda ventana a 1300nm y tercera ventana a 1550nm. La atenuación es mayor si trabajamos en primera ventana y menor si lo hacemos en tercera. El hecho de que se suele utilizar la primera ventana en la transmisión de una señal es debido al menor coste de las fuentes luminosas utilizadas, al ser tecnológicamente más simple su fabricación.

La atenuación en las fibras como parámetro importante a destacar es producida por tres causas: Dispersión, debida a defectos microscópicos de la fibra; absorción, debida a materiales no deseados de la fibra y flexión debida a las curvaturas.

1.2 Propiedades

1.2.1 Reflexión

Cuando un rayo de luz incide sobre un objeto o superficie, parte del rayo se reflejará, permaneciendo en el medio de donde provenía inicialmente. Si la superficie es pulida, como una hoja de plata por ejemplo, ocurrirá una reflexión especular. Cuando la superficie no es pulida se da una reflexión difusa.

La Fig. 1.1 muestra estos dos hechos:

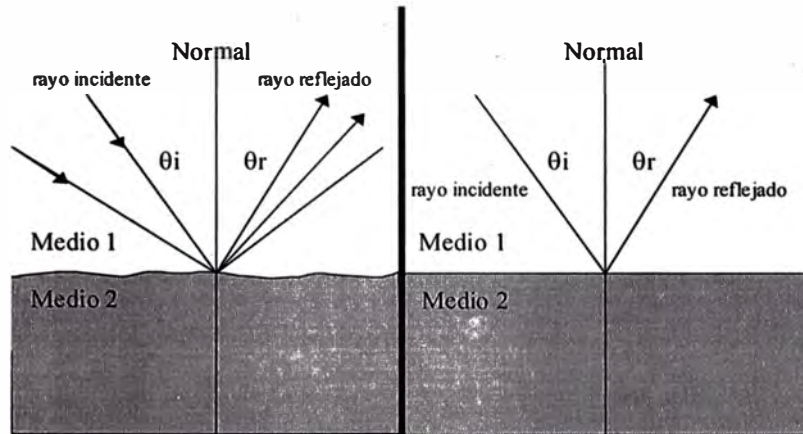


Fig. 1.1 Rayos Reflejados En Diferentes Medios

Definamos:

θ_i como el ángulo que hace el rayo incidente con la normal (la cual es perpendicular a la superficie).

θ_r como el ángulo formado por el rayo reflejado con respecto a la normal.

Por la ley de reflexión $\theta_i = \theta_r$ y además se encuentran en el mismo plano.

1.2.2 Refracción

Cuando la luz golpea una superficie frontalmente, parte del rayo será reflejado y parte será absorbido. Dado que el rayo incidente es perpendicular a la superficie, este continua, en línea recta en el nuevo medio. Aún cuando el rayo que penetra no cambia de dirección, cambiará su velocidad.

Por ejemplo:

En el espacio libre el aire viaja a 180.000 millas/s

En el agua viaja a 140.000 millas/s

En la fibra óptica viaja a 124.000 millas/s.

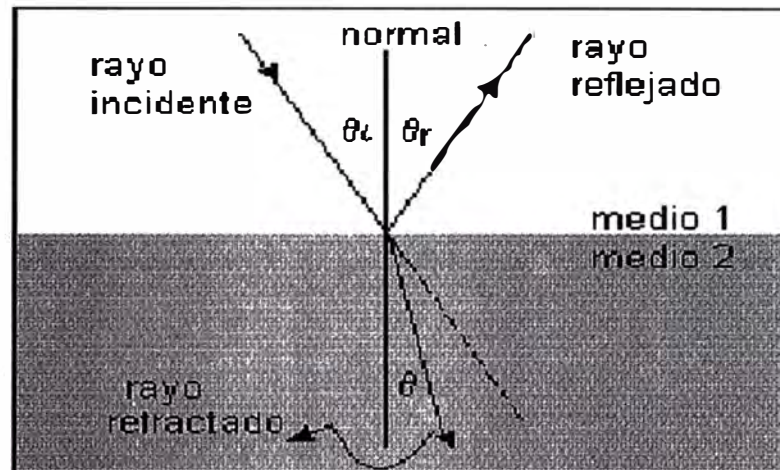


Fig. 1.2 Rayos Incidente, Reflejado y Refractado

Tomemos el caso en el cual el rayo de luz no golpea frontalmente la superficie sino que lo hace con un ángulo θ_i respecto a la normal, como puede apreciarse en la Fig. 1.2. Rayos Incidente, Reflejado y Refractado. En lugar de que el rayo incidente continúe en línea recta (línea punteada en la Fig. 1.2), éste cambia su dirección. (Si el ángulo de incidencia es mayor que un ángulo crítico que definiremos mas adelante, entonces no habrá refracción). La refracción es causada por el cambio de velocidad cuando el rayo entra al medio 2.

$$n = \frac{c}{v}$$

Recordemos que el índice de refracción de un medio se define como la relación entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad de la luz en el medio. Si un rayo de luz viaja en un medio con índice de refracción n_1 y golpea la superficie de un segundo medio de índice n_2 , el ángulo θ_i y θ_r se relacionan de acuerdo con la ley de Snell así:

$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_i = n_2 \cdot \text{sen} \theta$$

Recordemos que si un rayo de luz esta moviéndose desde un medio denso (alto índice de refracción) a uno menos denso (bajo índice de refracción) éste no será refractado si golpea la superficie con un ángulo mayor o igual que el ángulo crítico. En este caso el rayo será totalmente reflejado en la superficie entre los dos medios. Para comprender mejor este concepto, veamos la Fig. 1.3. Diferentes Ángulos de incidencia

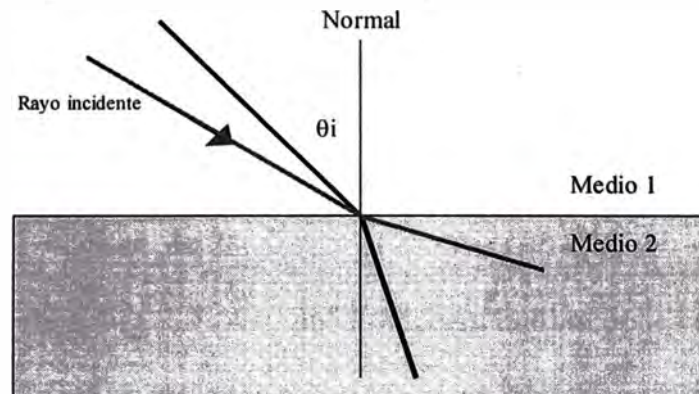


Fig. 1.3 Diferentes Angulos De Incidencia

A medida que el ángulo de incidencia se incrementa, de θ_{i1} a θ_{i2} note que el ángulo de refracción se incrementa de tal forma que el rayo refractado 2 es más cercano a la frontera de los dos medios.

Cuando el ángulo de incidencia se aumenta a un valor determinado llamado ángulo crítico, el ángulo refractado roza la superficie y viaja paralelo a ésta como muestra la Fig. 1.4.

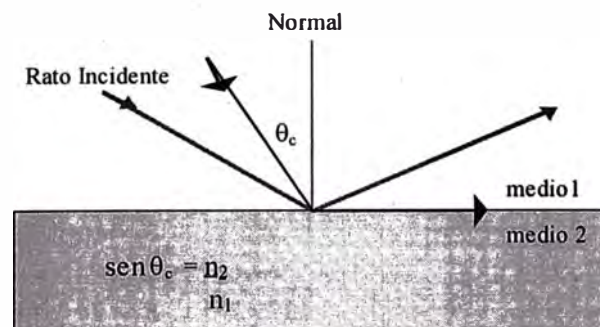


Fig. 1.4 diferentes Angulos De Incidencia

Ángulo Crítico. En este caso el ángulo de refracción es de 90° .

Sustituyendo en la ley de Snell, tenemos:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_i = n_2 \cdot \text{sen } 90^\circ$$

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_i = n_2$$

$$\text{sen } \theta_i = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\boxed{\text{sen } \theta_i = \text{sen } \theta_c = \frac{n_2}{n_1}}$$

De tal forma que con todos los ángulos mayores que el ángulo crítico, ocurrirá reflexión total interna, de tal forma que no ocurre la refracción y todo el rayo incidente se refleja, Fig. 1.4 Ángulo Crítico. En la fibra óptica se utiliza el efecto de la reflexión total interna para conducir un rayo luminoso por un conductor que en su centro tiene un núcleo formado por vidrio con un índice de refracción n_1 , envuelto en un revestimiento formado por un vidrio con un índice de refracción n_2 , siendo $n_1 > n_2$.

Una fibra óptica es un delgado y flexible hilo plástico transparente o de vidrio que conduce radiación de luz visible o invisible (cerca al infrarrojo), véase la Fig. 1.5.

Espectro Electromagnético. La fibra óptica es diseñada para trabajar como una línea de transmisión para conducir energía electromagnética de una longitud de onda en particular.



Fig. 1.5 Espectro Electromagnético

Los principios de funcionamiento de la fibra óptica se basan en los conceptos anteriormente expuestos sobre reflexión y refracción de la luz entre dos medios. De acuerdo con estos principios, si se construye una estructura de dos medios cristalinos, siendo el medio interno el de mayor índice de refracción (núcleo), el material externo el cual rodea el núcleo es llamado revestimiento.

Se puede tener un rayo luminoso que se propague a lo largo del medio interno, siempre y cuando el ángulo de incidencia del rayo sea mayor que el ángulo crítico.

La siguiente Fig. 1.6 nos ilustra este hecho:

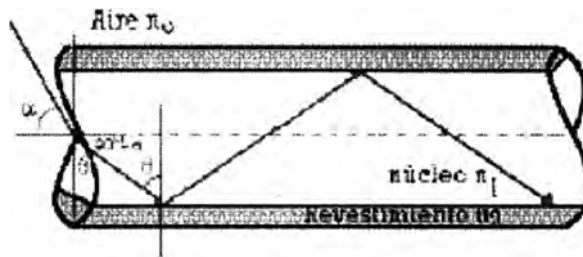


Fig. 1.6 Transmisión de un rayo de Luz en una Fibra Óptica

óptica se utiliza el principio de reflexión total para conducir un rayo luminoso por un conductor de luz que en su centro tiene un núcleo formado por vidrio con un índice de refracción n_1 , envuelto en un revestimiento formado por vidrio con un índice de refracción n_2 , siendo $n_1 > n_2$.

1.2.3 Ángulo de Aceptación

Podemos ver en la figura anterior que existen 3 medios diferentes por los cuales , un rayo de luz puede propagarse, ellos son:

Espacio (medio exterior) $\Rightarrow n_0$.

Núcleo $\Rightarrow n_1$.

Revestimiento $\Rightarrow n_2$.

}

 }

 }

$$n_1 > n_2 > n_0$$

Dado que los índices de refracción de los materiales son diferentes, un rayo de luz proveniente del exterior de la fibra, debe penetrar a ésta con un determinado ángulo que permita efectivamente una refracción para así introducirse dentro de la misma. Veamos: En el punto (A) de la Fig.1.6, el ángulo θ puede decirse que es el ángulo crítico; todos los rayos que incidan con un ángulo mayor a θ con relación a la normal en dicho punto, serán conducidos por el núcleo de la fibra óptica y seguirá una trayectoria en zigzag tal y como lo muestra la Fig. 1.6. Transmisión de un rayo de Luz en una fibra Óptica.

El ángulo α formado entre el ángulo incidente y el eje de la fibra se rige por la ley de Snell, así:

$$n_0 \times \text{sen } \alpha = n_1 \times \text{sen} \left(90^\circ - \theta \right)$$

Dado que $n_0 = 1$ (aire) tenemos que la ecuación se reduce a:

$$\text{sen } \alpha = n_1 \times \text{sen} \left(90^\circ - \theta \right)$$

Además,

$$\text{sen} \left(90^\circ - \theta \right) = \cos \left(\theta \right)$$

Y de la geometría de la figura tenemos que por tanto, y recordando la identidad fundamental trigonométrica:

$$\text{sen } \alpha = n_1 \times \sqrt{1 - \text{sen}^2 \theta}$$

Luego en el punto (A) de la figura, cuando el ángulo del rayo refractado es igual a 90° con relación a la normal, el ángulo incidente es crítico y se cumple que:

$$\text{sen } \theta = \frac{n_2}{n_1}$$

Finalmente manipulando las ecuaciones llegamos a:

$$\text{sen } \alpha = n_1 \times \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$

O expresado en otra forma:

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Al máximo ángulo α se le llama ángulo de aceptación de la fibra óptica y es función únicamente de los índices de refracción del núcleo y el revestimiento.

El ángulo de aceptación representa la mitad del ángulo del cono de aceptación como vemos en la siguiente Fig. 1.7

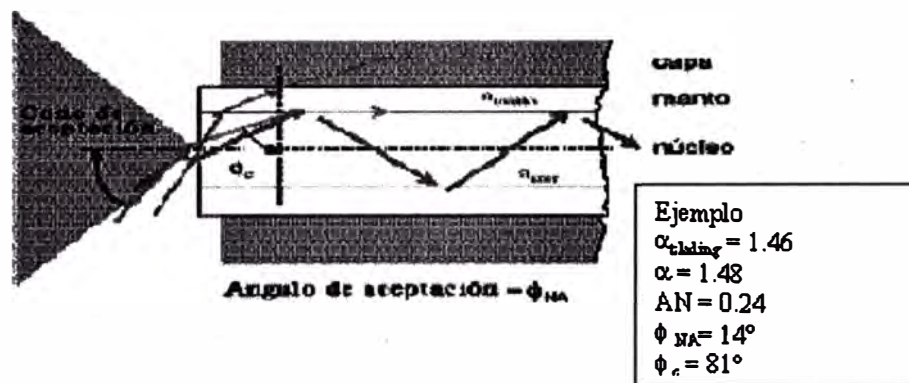


Fig. 1.7 Ángulo y Cono de Aceptación

Al $\text{sen } \alpha$ se le llama Apertura Numérica (AN).

Puede decirse que la apertura numérica es equivalente al porcentaje de potencia de luz, que desde la fuente, entra a la fibra óptica.

$$\text{sen } \alpha = n_1 \times \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$

Algunos valores típicos de AN son: 0.14 a 0.20 lo que equivale a decir que sólo el 14 % al 20% de la luz emitida por la fuente (led- láser) es aceptada por la fibra.

1.2.4 Distancia Umbral

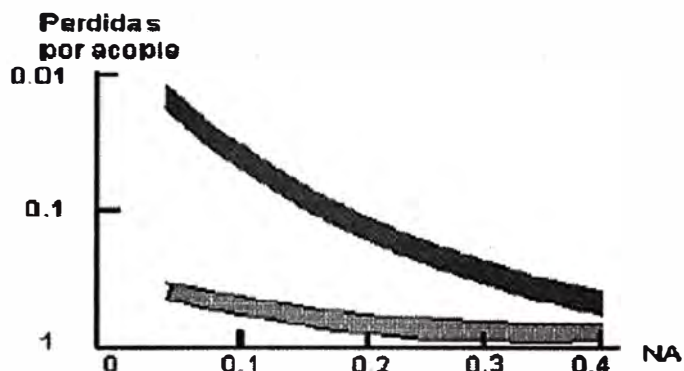


Fig. 1.8 Pérdidas por Acople vs AN

Como ilustra la Fig. 1.8. Pérdidas por Acople vs AN, un valor grande de AN, permite una mayor cantidad de luz aceptada por la fibra. Sin embargo mientras mas grande sea AN el BW es disminuido y las pérdidas por absorción y dispersión se incrementan. Una AN grande es solo útil para cortas distancias y aplicaciones de baja velocidad.

1.3 Longitudes De Onda

Las longitudes de onda son siempre importantes en una red óptica, especialmente cuando se trata en transmitir y recibir. Hoy en día muchas longitudes de onda y rango de longitudes de onda son usados para diferentes propósitos. Este es un buen lugar para tomar una vista rápida de las longitudes de onda a las que nos referiremos en lo que resta del libro. Se muestra y explica en la Fig. 1.9.

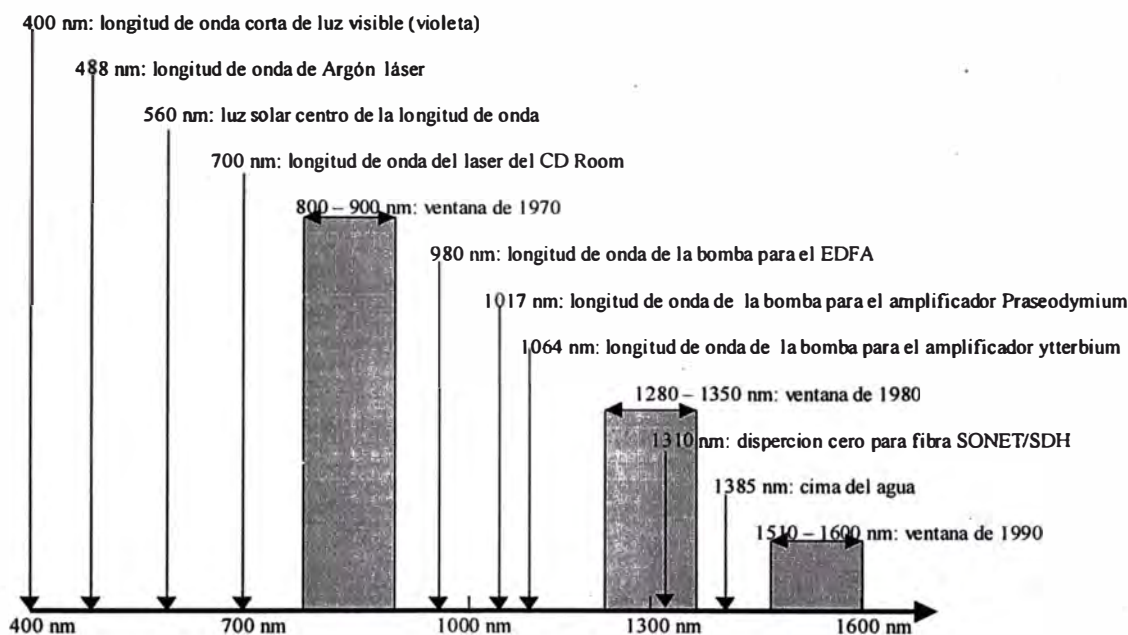


Fig. 1.9 Longitudes de Onda

La mejor perspectiva sobre la longitud de onda usada para la red óptica es unida a la historia.

En el rango de 800 – 900nm puede ser llamado el Windows de 1970, o el primer Windows (este termino es original de Harry Dutton de IBM). La primera red óptica se unió en los setenta, y emplearon todo este rango.

La Banda de alrededor de 1310nm, es el Windows de los ochenta (el segundo Windows), y donde es estándar, alrededor de 1,510nm hasta 1,600nm, es el Windows de 1990 (Tercer Windows) y es usada por que esto está en el punto bajo de atenuación sobre la conexión del cable de fibra óptica. Esta ventana es usada en todo sistema WDM y DWDM moderno.

Como quiera que sea la operación de la tercera ventana no fue fácil. La fuente de luz es costosa en este rango, y hay más historia de la fibra que la simple atenuación. Más fue necesitado para permitir un funcionamiento correcto de las fibras en la ventana de los noventa. Este trabajo dirigido a los efectos de degradación principalmente debido a la dispersión.

Hay muchas razones porque un pulso de luz enviado a lo largo de la fibra sería degradada, el cual es otra manera de decir cambio. La luz sería debilitada, un pulso, prolongado en tiempo, y etc.

Hay cinco muy importantes razones para la degradación de un pulso de luz enviado a lo largo del cable de fibra óptica.

1.3.1 Atenuación

Este es siempre la mayor preocupación. Un pulso de luz será debilitado siempre, porque la fibra absorbe luz. El vidrio por si mismo no absorbe la luz, pero cualquiera y todas las impurezas en el vidrio lo hará. Y si la fibra no es fabricada con uniformidad precisa en diámetro y etc. Estos defectos causan dispersión de la luz. Los efectos de la dispersión son la más grande causa de perdida de luz en las fibras hoy en día.

1.3.2 Dispersión

Esto es exactamente lo que parece: un pulso de luz sería desparramada (dispersado) en el tiempo como este se mueve a lo largo de una fibra. A lo largo de suficientes distancias, Todo de los pulsos se fusionan eventualmente juntos y los picos al receptor que distingue todas las primeras desaparecidas. Hay muchos tipos diferentes de dispersión algunos de los cuales, incluso puede ser usado la ventaja en red óptica. Tres tipos de dispersión son de preocupación primaria. Dispersión del material (llamado también dispersión cromática) resulta del hecho de que presenta la fibra ligeramente diferente rizo a diferentes longitudes de onda, el cual por consiguiente viaja ligeramente a diferentes velocidades. Incluso el mejor láser produce más de una luz de longitud de onda. La dispersión del guía de ondas es causada por la forma del núcleo y RI perfil a través del núcleo. La dispersión del onda guía puede actualmente causar el pulso de luz “bunch up” en el tiempo y

desaparecer. Esto también quiere decir que la dispersión del onda guía, si es cuidadosamente planeado, puede contrarrestar los efectos de la dispersión del material (esto debería denotarse eso en algunas referencia de dispersión cromática, es definido tal, como la cantidad de dispersión de material y dispersión de la onda guía). Esto sería mas explicado completamente después en esta sección. La dispersión modal ocurre en fibras multimodo por que la distancia que viaja, y desde el momento de la llegada, es ligeramente diferente para cada modo.

Limites de Poder. Una forma de superar los efectos de la atenuación es solo bombear la entrada de poder. Pero la cantidad de poder óptico acoplado hacia una fibra esta limitado por efectos no lineales. Esto es quiere decir solo que duplicando la entrada no duplica la salida pero de hecho podría decrecer la salida hasta niveles más bajos que antes. La red óptica podría funcionar en la región de poder lineal para ser útil.

Mas sistemas de fibra mono modo esta limitado cerca de medio watt de entrada de potencia a permanecer en la región lineal. Los efectos no lineales en una fibra esta principalmente causado por la intensidad del campo electromagnético en el núcleo cuando la luz esta presente.

1.3.3 Efectos de polarización.

El núcleo del cable de fibra óptica debería ser perfectamente redondo y simétrico. Pero siempre hay imperfecciones o en la fabricación o durante la instalación, el cual distorsiona el núcleo en lugares. Como resultado la luz en la fibra es cambiada en polarización. Actualmente, pocos si cualquier red óptica cuenta con polarización de la luz que lleva la información. Pero en sistemas futuros, los efectos de la polarización podría ser una preocupación.

1.3.4 Ruido

Podría parecer extraño hablar de ruido en una red de fibra óptica, desde inmunidad a la interferencia eléctrica es una de las grandes ventajas de la fibra. Es cierto que la red óptica no captaría ruido del exterior de la red. Pero el ruido es solo una señal no deseada detectada por el receptor. En red óptica, el ruido modal es un efecto complejo presente en fibras multimodo, y el modo de partición del ruido es un problema con las fibras monomodo como potencia “hops around” (esta particionado) entre muchas longitudes de onda cercanas.

Ninguna de estas ópticas deterioradas es fatal, afortunadamente puede ser reducida a través de una variedad de métodos. Generalmente, es deseable hacer el núcleo de la fibra como sea posible, y seguir un modo de propagación de una longitud de onda particular. Esta es la idea detrás de la fibra monomodo, por supuesto.

1.4 Ventajas de las comunicaciones por fibra óptica

Hoy la fibra óptica permite cubrir grandes distancias (>20 Km.) para transportar las señales generadas en la cabecera y llevarlas hasta la red de distribución, que también podría ser de fibra óptica dependiendo de la complejidad de la red.

La tendencia actual nos lleva a considerar las redes híbridas fibra óptica-coaxial (HFC) como las redes que en un futuro cada vez más próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño un amplísimo abanico de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, como por ejemplo los que parece que se van a convertir en los productos estrella de las redes de cable: el acceso a Internet a alta velocidad, en primer lugar, y, más adelante, la telefonía. Un ejemplo gráfico se muestra en la Fig. 1.10, el como seria en el futuro no muy lejano, por cierto.

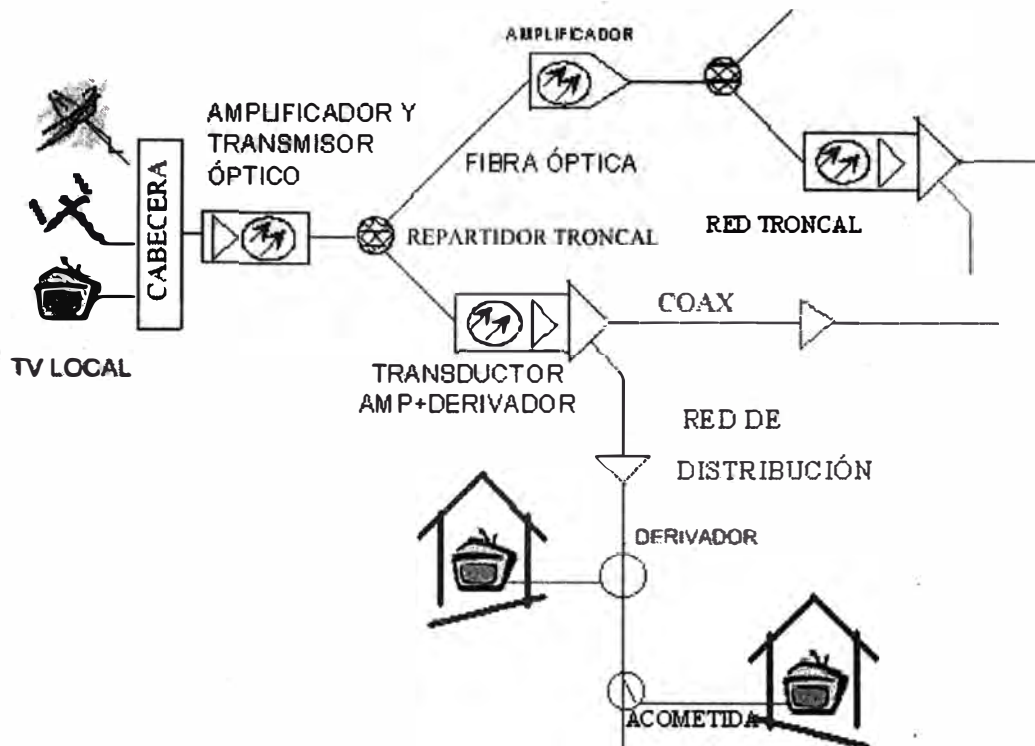


Fig. 1.10 Ejemplo típico de red Híbrida Fibra-Coaxial (HFC)

Ventajas de la fibra óptica sobre el cable coaxial

- Bajas pérdidas en la fibra: 0.4dB/Km. para una longitud de onda de 1310nm y 0.25dB/Km. para la longitud de onda de 1550nm.
- Pérdidas independientes de la frecuencia de la señal transportada: esto significa que no habrá que introducir ecualizaciones para equilibrar amplitudes entre canales al final de la red troncal.
- Obras civiles de menor costo ya que solamente se instalará cable. No harán falta, por ejemplo, los amplificadores que necesitaríamos en la red coaxial.
- Inmunidad a las interferencias radioeléctricas ya que lo que se transmite es luz y no una señal de radiofrecuencia.
- Estabilidad con la temperatura: sólo en situaciones de muy bajas temperaturas la fibra aumenta su atenuación, frente al cable coaxial que se ve mucho más afectado frente a cambios de temperatura.

1.4.1 Ancho de banda

La capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente a los de cables de cobre.

1.4.2 Inmunidad electromagnética

La fibra no irradia ni es sensible a las radiaciones electromagnéticas, ello las hace un medio de transmisión ideal.

1.4.3 Bajas pérdidas

Las pérdidas indican la distancia a la cual la información puede ser enviada. En un cable de cobre, la atenuación crece con la frecuencia de modulación. En una fibra óptica, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.

1.4.4 Seguridad

Es extremadamente difícil intervenir una fibra, y virtualmente imposible hacer la intervención indetectable, por ello es altamente utilizada en aplicaciones militares.

1.4.5 Bajo peso

Un cable de fibra óptica pesa considerablemente menos que un conductor de cobre.

1.5 Tipos de Fibra Óptica

Se pueden realizar diferentes clasificaciones acerca de las fibras ópticas, pero básicamente existen dos tipos: fibra multimodo y monomodo.

1.5.1 Fibras Multimodo

El término multimodo indica que pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un coste inferior (LED). Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 km.

1.5.2 Fibras Monomodo

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 km., junto con dispositivos de elevado coste (LASER).

La fibra óptica operando en la tercera ventana (1.3- 1.6 μm) presentan atenuaciones en la transmisión del orden de los 0.2dB/Km., haciendo posible implementar sistemas de transmisión de larga distancia cuya separación entre repetidores puede alcanzar los 200 Km. reduciendo de esta forma los costos y complejidad del sistema.

En esta región de bajas pérdidas una fibra óptica monomodo posee un ancho de banda superior a 25THz. Se puede usar este extenso ancho de banda para realizar funciones orientadas a redes y sistemas, tales como enrutamiento, conmutación y servicios.

1.6 Estructura de los cables de fibra óptica

1.6.1 Estructura ajustada

Está formada por una vaina en cuyo interior se encuentra alojado, en forma estable, el conductor de fibra óptica. La vaina debe ser fácil de manejar de forma

similar a un cuadrete o un par coaxial. Pueden ser cables tanto monofibra, como bifibra. Sus aplicaciones más frecuentes son: cortas distancias, instalaciones en interiores, instalaciones bajo tubo, montaje de conectores directos y montaje de latiguillos.

1.6.2 Estructura holgada

En lugar de un solo conductor se introducen de dos a doce conductores de fibras ópticas en una cubierta algo más grande que la vaina del caso anterior, de esta forma los conductores de fibra no se encuentran ajustados a la vaina. Además se suele recubrir todo el conjunto con un gel para que no penetre el agua en caso de rotura del cable. Principalmente se dividen en cables multifibras armados (antihumedad y antirroedores con fleje de acero) y cables multifibra dieléctrico (cable totalmente dieléctrico).

1.6.3 Conectores para fibra óptica

Los tipos de conectores más frecuentes se relacionan en la Tabla 1.1

1000BASE	Diámetro (um)	MHz* Km	Metros	DB
SX	62,5	160	220	2,33
SX	62,5	200	275	2,53
SX	50	400	500	3,25
SX	50	500	550	3,43
LX	62,5 ó 50	400 ó 500	550	2,32
LX	9	N/A	5.000	4,50
MX	62,5	160	220	0,25
E2000	62,5	200	275	2,53
FX	9	400	5.000	3,25
Biconic	9	5.000	5000	3,43
FDDI	62,5 ó 50	400 ó 500	550	2,32
ESCON	62,5 ó 50	400 ó 500	550	2,32

TABLA 1.1 Características técnicas de algunos conectores

1.6.4 Emisores y receptores ópticos

Las fuentes ópticas se precisan para convertir las señales eléctricas en ópticas y actúan como transductores eléctrico - ópticos en los extremos de transmisión.

Las fuentes ópticas han de ser pequeñas y de bajo consumo pero capaces de ser moduladas a altas velocidades y de buena estabilidad con la temperatura, alta pureza espectral y capaces de generar la mayor potencia posible. Las fuentes más comúnmente utilizadas son el LED y el LASER. Las diferencias más significativas son las siguientes:

- LED: es un emisor de baja potencia y precio relativamente económico que se utiliza para cortas y medias distancias. En general, se utiliza en primera ventana (850nm) y segunda ventana (1300nm) en fibras multimodo.
- LASER: es un dispositivo de alta potencia y por tanto utilizado para grandes distancias, además de tener un precio más elevado que el del LED. Su aplicación se centra en segunda ventana (1300nm) en fibras monomodo.

El detector óptico se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica y por tanto actúa como un transductor óptico - eléctrico. Estos dispositivos absorben los fotones (luz) procedentes de la fibra óptica y generan una corriente eléctrica sobre un circuito exterior. Existen básicamente dos tipos de detectores: PIN y APD.

- PIN: se trata de una versión mejorada de una unión PN elemental que trabaja polarizado en inversa. Son utilizados de forma general en 850nm y 1300nm, con independencia del tipo de fibra óptica.
- APD: También conocido por el nombre de fotodiodo de avalancha. Se trata de una unión PN polarizada fuertemente en inversa cerca de la región de ruptura que origina un efecto multiplicativo de la corriente generada. Su utilización es escasa debido a las elevadas tensiones de polarización (centenares de voltios) que lo hacen desaconsejable.

utilizado, el número de empalmes que realizaremos y los conectores utilizados. Es por ello que no se puede dar a priori una respuesta más que aproximada a la pregunta original. Veremos someramente como realizar el cálculo de las pérdidas en un enlace para decidir con ello si debemos instalar equipos que trabajen en primera o en segunda ventana, o si necesitamos una calidad de cable mayor a la que inicialmente se había pensado. Supongamos que deseamos transmitir una señal de TV en banda base a un centro de control de tráfico situado a 2500 metros. Para ello hemos decidido situar a pie de cámara nuestro modelo TX11-1204, y en el centro de control de tráfico un RX11-1206 (ambos equipos trabajan en primera ventana (850nm), para la cual se han hecho los cálculos). Además deberemos realizar cuatro empalmes y dos cauterizaciones, una a cada extremo.

A partir de los datos anteriores calcularemos el margen de diseño que disponemos:

- Potencia de transmisión del TX11-1204: -14dBm
- Sensibilidad del receptor RX11-1206: -29dBm
- Ganancia disponible del sistema: 15dB
- 4 empalmes por fusión (0,1dB cada uno): 0,4dB
- 2500 metros de cable de fibra óptica (3,5dB/km.): 8,75dB
- 2 conectores ST (0,5dB máx. por conector): 1,0dB
- Total de pérdidas: 10,15dB
- Margen de diseño: 4,85dB

Como podemos ver disponemos de 4,85dB de margen. Es recomendable que se disponga de un margen de 3dB, ya que los valores utilizados para las pérdidas

pueden variar debido a efectos de temperatura, extensiones del enlace, empalmes adicionales debido a restauraciones de emergencia. Por tanto, para el caso que acabamos de presentar, los equipos utilizados resultan totalmente válidos, asegurando un funcionamiento correcto del enlace.

1.6.5 Cálculo de un enlace de fibra óptica

Es frecuente, incluso entre expertos que diseñan sistemas de comunicaciones por fibra óptica, hacerse preguntas del tipo: ¿Puede el equipo X transmitir a una distancia de 3 km. sin repetidores?, cuando esta clase de preguntas están formuladas de forma errónea ya que la respuesta no sólo depende de la potencia óptica del transmisor.

Así en un enlace de fibra óptica hemos de tener en cuenta además de la potencia del transmisor, la sensibilidad del receptor, la atenuación por kilómetro del cable de fibra.

1.7 Fibra Monomodo de Dispersión Desplazada

Con la fibra monomodo estándar dejó de tener importancia la dispersión modal, pero pasó a tener una mayor importancia la dispersión espectral o dispersión cromática, causada por la variación de la velocidad de la luz a través de una fibra con una determinada longitud de onda. La dispersión cromática esta formada por la suma de dos componentes: la dispersión inherente al material y la dispersión originada por la estructura de la guía de onda, estos componentes pueden tener signos diferentes dependiendo del incremento o disminución de la velocidad de la luz con la longitud de onda. Ambos componentes se cancelan en un punto cercano a 1.31mm en una fibra monomodo estándar del tipo step - index. Esta es una longitud de onda útil,

pero no es ideal. La pérdida de una fibra de vidrio es menor a $1.55\mu\text{m}$, y los amplificadores dopados de Erblio operan en este rango.

La dispersión del material Es una característica inherente del material, que no puede ser fácilmente cambiada sin alterar la composición del vidrio y aumentar la atenuación. Sin embargo, es posible desplazar la dispersión modificando la dispersión de guía de onda.

La dispersión de guía de onda se origina porque la propagación de la luz en una guía de onda depende de la longitud de onda así como de las dimensiones de la guía. La distribución de la luz entre el núcleo y el cladding cambia con la longitud de onda. El cambio de la distribución de la luz afecta la velocidad de transmisión de la luz a través de la fibra. El núcleo y el cladding tienen diferentes índices de refracción que determina la velocidad de la luz en ellos. Ya que la luz permanece un tiempo tanto en el núcleo como en el cladding, su velocidad efectiva a través de toda la fibra es un promedio que depende de la distribución de la luz entre ambos. Un cambio en la longitud de onda cambiara la distribución de la luz, y asimismo la velocidad promedio, causando una dispersión de guía de onda. Ambas dispersiones dependen del rango de longitud de onda de la señal, afortunadamente la dispersión puede tener diferentes símbolos, dependiendo si la velocidad de la luz en la fibra se incrementa o disminuye con la longitud de onda. De esta manera las dispersiones de guía de onda y cromática se cancela una a otra en un punto cercano a 1.31 mm en una fibra standard del tipo step - index tal como se observa en la Fig. 1.11 .Cambiando el diseño de la interface núcleo -cladding se puede alterar la dispersión de guía de onda y así cancelar la dispersión cromática en otra longitud de onda.

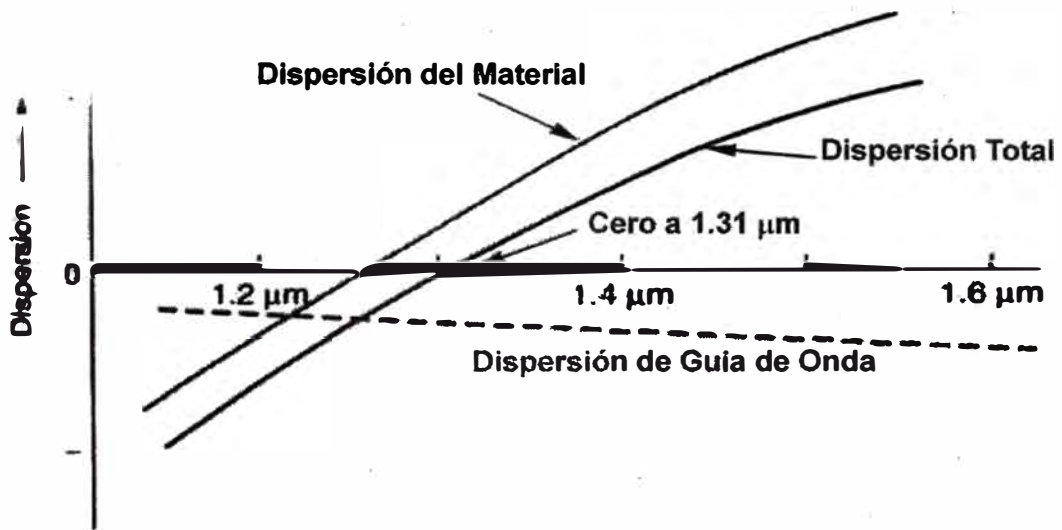


Fig. 1.11 Dispersión de guía de Onda

La dispersión de guía de onda compensa la dispersión cromática para producir un dispersión cero a 1.31 μm en una fibra monomodo del tipo escalonado (step – index). Existen dos tipos de dispersión desplazada, con pequeñas diferencias, que han llegado a tener gran importancia en el desarrollo tecnológico de la fibra.

1.8 Fibra Monomodo desplazada de dispersión nula.

La primera fibra con dispersión desplazada fue diseñada para una dispersión cero a una longitud de onda de 1.55 μm. Esto fue realizado incrementando la magnitud de la dispersión de guía de onda, como se muestra en la siguiente Fig. 1.12.

Esta fibra fue introducida en el mercado a mediados de los 80's y permanece en uso, sin embargo nunca ha llegado a ser tan común como la fibra monomodo standard.

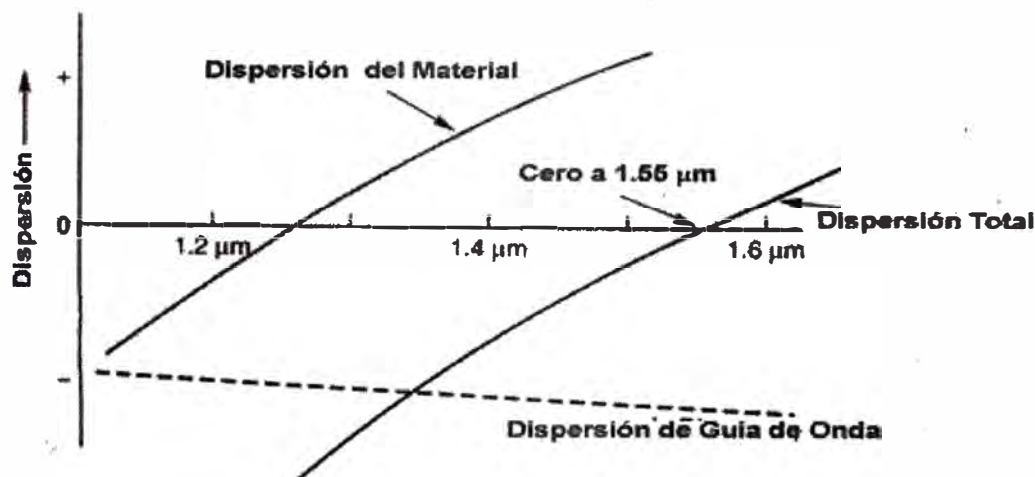


Fig. 1.12 Dispersión de material Óptica

Una fibra diseñada con una dispersión de guía de onda mayor desplaza la dispersión cero a una longitud de onda de 1.55μm

En la siguiente Fig. 1.13 se muestra el diseño comercial de una fibra de dispersión desplazada cero. El núcleo tiene un pico del índice refractivo en el centro y cae gradualmente al mismo valor que el del cladding exterior, se fabrica con sílica pura. Un pequeño cladding interior de sílica pura rodea al núcleo interno, y este a su vez es rodeado por un núcleo exterior. El índice refractivo del núcleo exterior se incrementa con la distancia del núcleo hasta que alcanza un pico a la mitad de camino entre el índice de sílica pura y el pico interior. Luego cae suavemente hasta alcanzar el nivel del cladding exterior de sílica pura. Este diseño incrementa la dispersión de guía de onda. Asimismo también afecta el diámetro de modo de campo, reduciéndolo a aproximadamente 8.1μm en los 1.55μm, comparado a los 10.5μm típicos para las fibras monomodos de tipo escalón operando a 1.55μm.

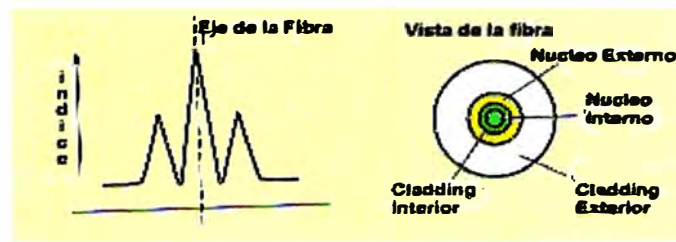


Fig. 1.13 Vista de Fibra Óptica

Este diseño trabaja muy bien para los sistemas de transmisión de señales en la región de la longitud de onda de dispersión cero. Sin embargo, si el sistema transmite múltiples longitudes de onda en la región de los 1.55 μm , las señales en las diferentes longitudes de onda pueden mezclarse unas a otras, generando ruido que degrada la performance de los sistemas.

1.9 Fibras Monomodo desplazada de dispersión casi nula

El diseño de una fibra de dispersión desplazada puede ser modificado, para desplazar la dispersión cero a una longitud de onda más allá del rango de operación de los amplificadores dopados con erbio, para evitar las mezclas de ondas que causan el problema en los sistemas que usan multiplexación de longitudes de onda. Por ejemplo, un pequeño adelanto de la dispersión de guía de onda puede llevar la dispersión cero a una longitud de onda de 1.6 μm . A estas fibras se les denomina fibras de dispersión desplazada no nula ó casi cero porque el rango de dispersión bajo esta desplazado, pero la dispersión cero se encuentra en un punto fuera del rango usado para transmitir la señal. La diferencia en el diseño es sutil, el perfil del índice de refracción se muestra en la siguiente Fig. 1.14 que es muy semejante al perfil de las fibras de dispersión cero, pero existe una diferencia marcada en la magnitud de los picos en la curva.

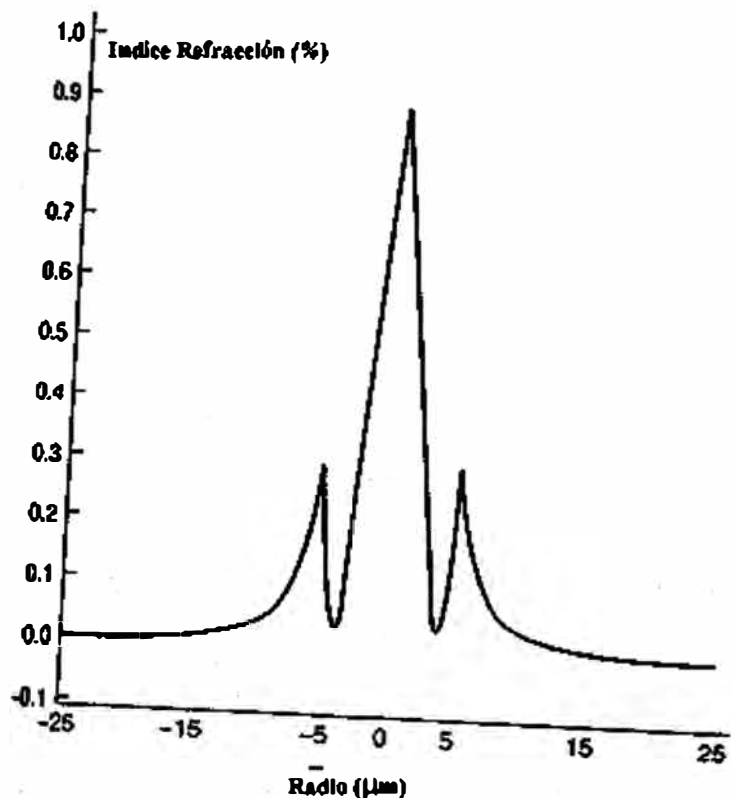


Fig. 1.14 Índice de Refracción

El cambio conjunto en la dispersión es mínimo, pero bastante significativo, la dispersión permanece relativamente baja en la ventana de los 1.55 μm, como se muestra en la Fig. 1.15, sin embargo la diferencia entre estos tipos de fibras de dispersión desplazada es sutil, pero puede afectar fuertemente la performance de los sistemas que usan multiplexación de división de ondas.

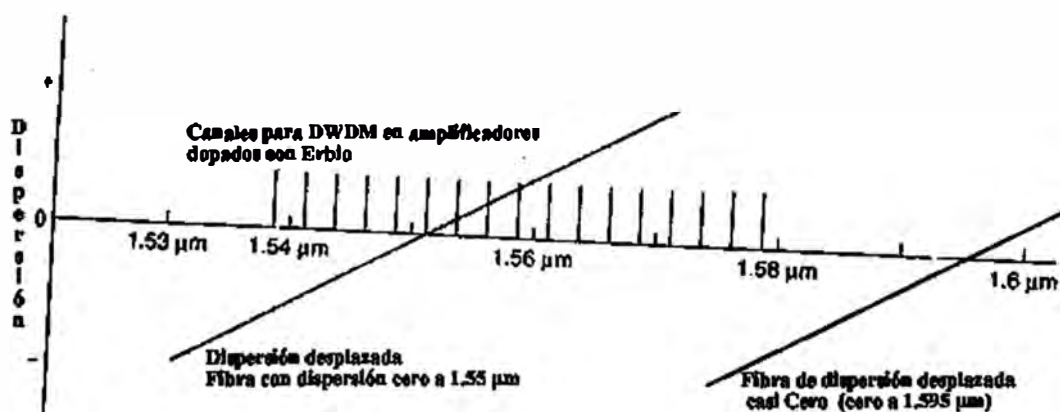


Fig. 1.15 Dispersión Desplazada

1.10 Costo de Fibra Óptica

1.10.1 Fibra óptica con Dispersión cromática no cero NZDF vs. Fibra óptica

Estándar de SM

Aun cuando pueda no ser económico llevar la fibra directamente a una sola oficina, cuando existen varias oficinas que se encuentren a una corta distancia la unas de las otras, éstas pueden aprovechar las tecnologías de la interconexión óptica en red. Al apalancar las líneas existentes de fibra, los negocios con varias oficinas en un mismo sector pueden crear una red entre oficinas, lo que les permite a los empleados compartir archivos, realizar videoconferencia, conferencias en la Web, e imprimir documentos con rapidez y facilidad.

La cantidad de fibra instalada en cada una de estas áreas ha aumentado en la medida en que Internet y los demás servicios impulsados por datos se han tornado más predominantes. Los proveedores establecidos están invirtiendo en fibra nueva para satisfacer los requisitos crecientes de los clientes y de la red; los proveedores emergentes están instalando fibra para aprovechar las tecnologías que son efectivas en costos, y para satisfacer las crecientes y sostenidas demandas esperadas por un mayor ancho de banda.

- Observaciones del Estudio para Redes Internacionales.
 - Modelo económico construido alrededor de la red de 450Km.
 - Cinco tramos de 90Km
 - Rango de tráfico de 5Gb/s a 50Gb/s
- Comparación de diferentes sistemas de transporte.
 - TDM de 2.5Gb/s, DWDM de 2.5Gb/s, TDM de 10Gb/s y DWDM de 10Gb/s

- Modelos Del sistema
 1. TDM de 2.5Gb/s sobre dos pares de fibra / sistema
 2. DWDM de 2.5Gb/s sobre dos pares de fibras en total
 3. TDM de 10Gb/s sobre dos pares de fibras / sistema
 4. DWDM de 10Gb/s sobre dos pares de fibras en total

– El aspecto económico se calculó de manera separada para los modelos 1-4 usando la fibra convencional G.652.

– El aspecto económico se calculó de manera separada para los modelos 3-4 usando la fibra convencional G.655.

- Resultados

Aquí, podemos observar en la Fig. 1.16 como varia la capacidad de bits a transmitir versus el costo que implica este. Para el caso de TDM de 2.5Gb/s usando una fibra convencional (USF) comparado con la transmisión por DWDM. Observamos que para valores inferiores a 15Gb/s el costo del sistema será más económico en el primero que en el segundo. Y viceversa en casos superiores a 15Gb/s.

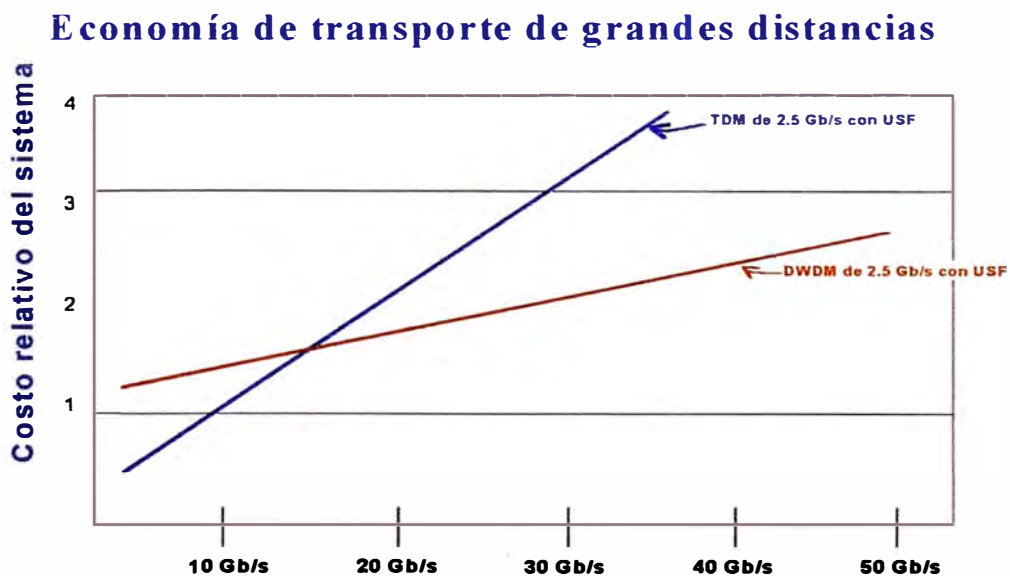


Fig. 1.16 Costos Relativos del Sistema

Ahora para sistemas que utilizan TDM de 10 Gb/s con NZDF es más económico que el usar fibra convencional. Cabe resaltar que el costo no varía por ejemplo para sistemas con capacidades de 20 Gb/s a 30 Gb/s debido a que se utiliza TDM de 10 Gb/s, como se observa en la Fig. 1.17.

Economía de transporte de grandes distancias

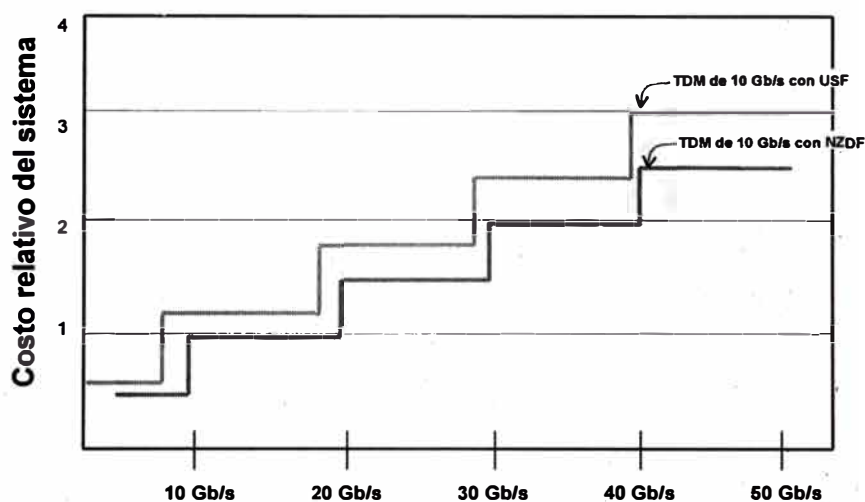


Fig. 1.17 Costo Relativo del Sistema TDM

Finalmente tenemos que utilizando DWDM de 10 Gb/s con NZDF es más económico que DWDM de 10 Gb/s en fibra estándar. Se muestra en la Fig. 1.18

Economía de transporte de grandes distancias

DWDM de 40Gb/s con NZDF es la solución más rentable

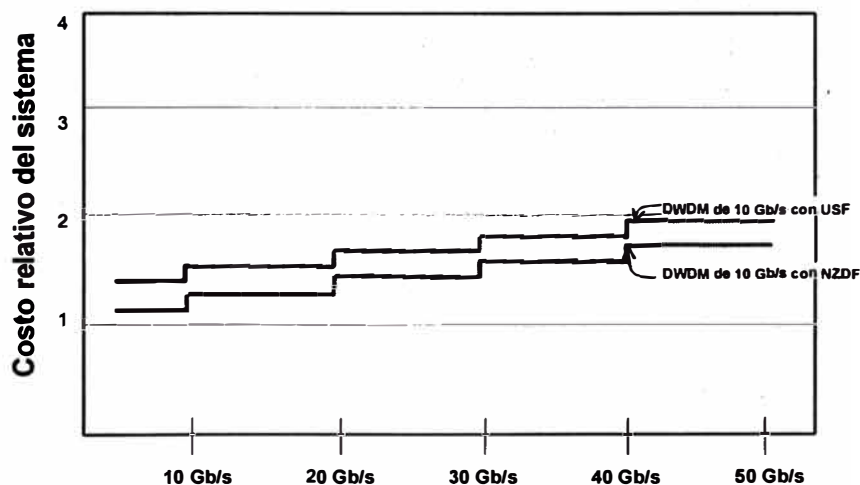


Fig. 1.18 Costo relativo del sistema DWDM

- Conclusiones

El análisis representa una capacidad/costo de arranque relativamente bajo con el uso de TDM y DWDM.

Basándose en una red de 450km, con capacidades totales de > 30 Gb/s, para NZDF de 10 Gb/s en la NZDF es la solución más rentable.

Otros han mostrado que el despliegue de 10 Gb/s en la NZDF (G.655) ahorra más del 35% que en el despliegue en la fibra G.652 (S. Melle, et, al. procedimientos NFOEC '97).

1.10.2 Fibra óptica convencional sin desviación comparado con Allwave™

Remarquemos que La Wave es una marca de Fibra Óptica diseñada para redes metropolitanas, es aquí donde se hará un análisis económico para redes urbanas Fig.

1.19

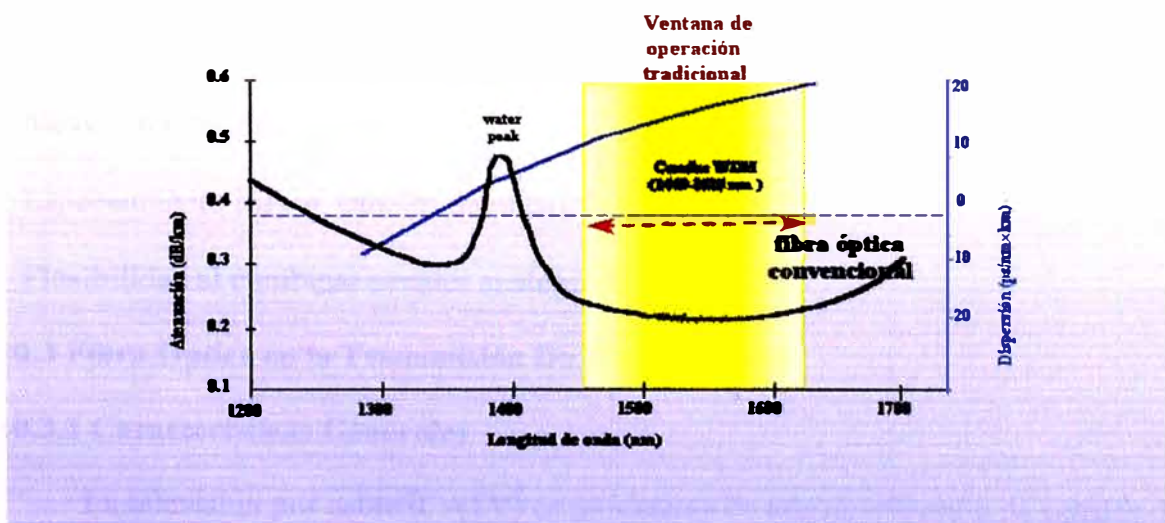


Fig. 1.19 Rango de aprovechamiento de una Fibra Óptica convencional

A continuación en la Fig. 1.20 vemos como AllWave amplía la ventana de operación, debido a que su curva de atenuación no presenta water peak, lo que en términos económicos es muy beneficioso.

Fibra Óptica Convencional Sin Desviación Comparado Con AllWave™

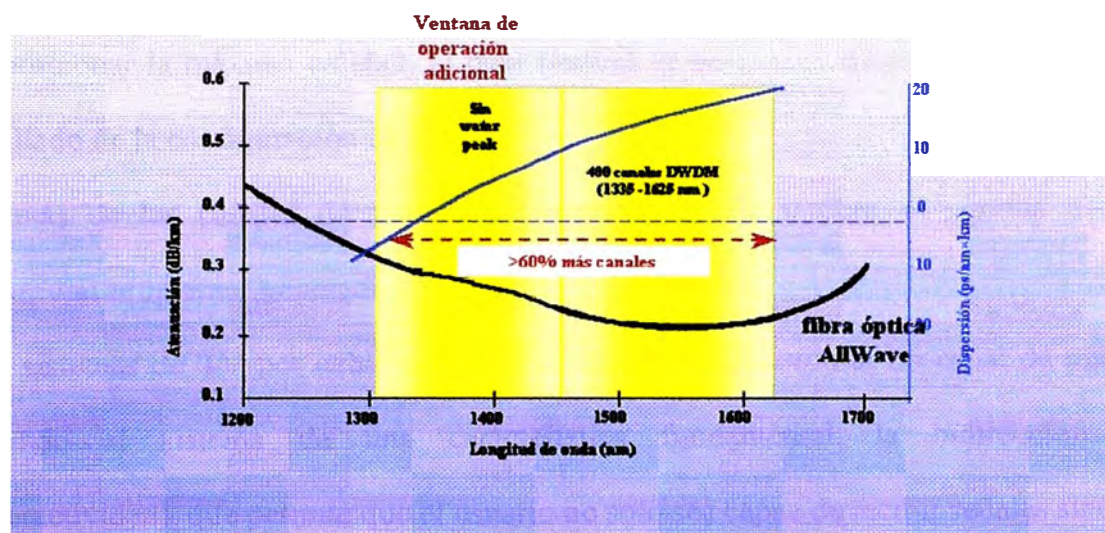


Fig. 1.20 Rango de aprovechamiento de una fibra ALLWAVE™

Como se aprecia las ventajas de la fibra AllWave nos ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor en 60% mas canales.
- Espaciamiento mayor, canales de menor costo.
- Flexibilidad al combinar canales analógicos y digitales

1.10.3 Fibra Óptica en la Transmisión De TV por Cable.

1.10.3.1 Características Generales

La televisión por cable (CATV) es un sistema de tele distribución de señales de TV, radio, vídeo bajo demanda, vídeo a la carta, servicios multimedia interactivos, etc., en urbanizaciones, pueblos y ciudades. El portador de estas señales puede ser el cable, la fibra óptica (FO) e incluso las ondas hertzianas en los sistemas de distribución punto - multipunto.

La característica fundamental de los sistemas de CATV es la alta calidad de las señales entregadas al usuario. El sistema captador de señales es único para toda la red y está realizado con equipamiento profesional. Asimismo, la red de distribución de la señal desde el sistema de captación hasta la toma de usuario se realiza siguiendo el criterio de proporcionar la máxima calidad, lo cual implica la necesidad de realizar un proyecto detallado de la configuración de la red.

Además de los canales de radio y TV terrestre y por satélite, el sistema permite incorporar programas generados localmente.

Los sistemas de TV por cable tienen la capacidad de incorporar un canal de retorno, dotando al sistema de una característica fundamental: la bidireccionalidad (interactividad), que permite que el usuario no sólo sea capaz de recibir señales sino que pueda también enviar información hacia la cabecera de red.

La incorporación del canal de retorno está convirtiendo al sistema tradicional de tele distribución en un sistema de distribución de telecomunicaciones, ya que posibilita la integración en la red de una gama de servicios muy atrayentes: Telefonía, Cámaras de vigilancia, Alarmas (fuego, robo, etc.) en cada vivienda, Tele medidas y Telecontrol (agua, energía eléctrica, temperatura, etc.), Pago por visión (Pay per view), y en general cualquier tipo de dato que pueda ser soportado por la red.

Las redes de CATV utilizan la banda de frecuencias comprendida entre 5 y 862MHz. (5-55/65MHz para el canal de retorno y 86-862MHz para el canal principal), proporcionando la posibilidad de distribución de un gran número de canales. La impedancia característica de estos sistemas es de 75 Ohmio.

El cálculo de la red se realiza bajo la premisa de que el número de canales a distribuir es muy elevado (40 o 60 canales), aunque inicialmente no sea así. De esta manera, una

posterior ampliación del número de canales no repercutirá en la red de distribución, sino solamente en la generación de los mismos.

Un concepto importante que aparece en los sistemas de cable es la necesidad del mantenimiento de la red. Si bien los equipos utilizados tienen características profesionales, es necesaria una labor de mantenimiento no solo para comprobar la existencia de posibles anomalías en los equipos, sino para verificar que la red sigue proporcionando los parámetros de calidad exigidos.

Otro aspecto importante es que los equipos que forman las líneas troncales y de distribución de las redes de CATV están especialmente diseñados para trabajar en condiciones ambientales hostiles, y por lo tanto han de estar protegidos contra grandes variaciones de temperatura, humedad, etc. Los equipos de red van alojados en cofres completamente estancos y con tratamiento anticorrosión.

1.10.3.2 Redes CATV

En general se puede hablar de tres partes diferenciadas:

- **Cabecera**

Es el lugar donde se reciben, procesan y estructuran todas las señales a distribuir. La señal de banda ancha de un sistema CATV consta de múltiples canales de televisión y de otros servicios originados en la estación cabecera de red. Algunas de estas señales de TV se producen en la misma cabecera, pero la mayoría llegan a la misma a través de sistemas de telecomunicación de muy variados tipos. Las diferentes señales que pueden recibirse y retransmitirse por un sistema CATV, son:

- Canales terrestres de Televisión VHF y UHF.
- La banda de radiodifusión en FM.
- Señales de televisión procedentes de satélite

- Señales terrestres de microondas.
- Señales generadas localmente en la cabecera (vídeo reproductores, tele cine, generador de caracteres, generador de canal mosaico, etc.).
- Señales de un estudio de televisión propio o reportajes enviados en directo a través de sistemas de microondas portátiles.

Cada una de las señales recibidas en la cabecera requiere una preparación diferente antes de ser introducidas en el sistema. Los equipos fundamentales que componen la estación cabecera de un sistema CATV son:

- Procesadores de señal.
- Demoduladores/Moduladores.
- Codificadores.
- Equipos para microondas.
- Decodificadores para señales vía satélite.
- Combinadores o redes combinadoras.
- Preamplificadores de bajo ruido para microondas y satélite.
- Amplificadores convertidor para señales de satélite.
- Equipos para el tratamiento de las señales de FM.

En ella también se encuentran los equipos captadores de señales terrestres y de satélite tanto analógicos, como digitales. La ubicación de las antenas receptoras es tal que proporciona la máxima calidad posible en las señales.

En la cabecera, o directamente conectada con ella, se encuentran también los codificadores necesarios para la gestión de los canales de pago. Para el caso del pago por visión, el explotador de la red recibe en la cabecera a través del canal de retorno la información procedente del abonado en la cual se indican los canales o los programas

ganancia, colocados en cascada entre tramos de cable coaxial para compensar las pérdidas de éste, de forma que el balance final de ganancias y pérdidas sea cero. Es muy importante tener en cuenta que existe una limitación a la distancia máxima que se puede cubrir con la línea troncal, ya que existe un número máximo de amplificadores en cascada que se pueden colocar, debido al ruido que introduce cada amplificador y al nivel de calidad mínimo exigido a la entrada de la línea de distribución.

El cable coaxial transporta no sólo las señales correspondientes a los diferentes canales sino también una tensión de corriente alterna que se utiliza para alimentar a todos los amplificadores de la red, los cuales la transformarán a la tensión continua necesaria para su funcionamiento.

Si la red de CATV lo permite, por ser las distancias a cubrir lo suficientemente pequeñas, la línea troncal se hace innecesaria, con lo cual la línea de distribución parte directamente de la cabecera.

Red troncal de fibra óptica; En los últimos años, con la introducción de redes de distribución de señales de televisión mediante cable coaxial, se ha encontrado la necesidad de distribuir un número muy elevado de canales de televisión y de cubrir grandes distancias para después distribuirlos y hacerlos llegar a los hogares. En una red troncal coaxial de unos pocos kilómetros tendríamos que usar gran cantidad de amplificadores con los problemas que ello entrañaría.

El principal inconveniente de la fibra es que los componentes necesarios para transmitir y recibir datos son muy caros, por ello ésta no puede ser llevada hasta los hogares de los abonados. Como solución intermedia se ha optado por la arquitectura Fiber To The Neighborhood (FTTN) (fibra hacia la casa). En esta arquitectura se sustituye el cable

coaxial por la fibra óptica en la red troncal, manteniéndose en la de distribución. En la Fig. 1.21 representamos un esquema de esta arquitectura.

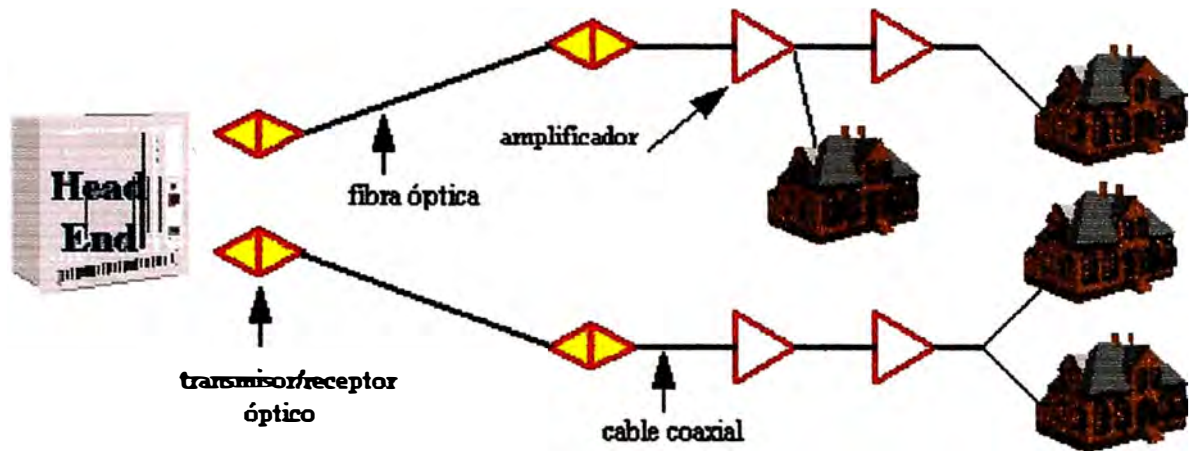


Fig. 1.21 Arquitectura FTTN

- Características de los elementos del sistema de transmisión óptico:

La transmisión de señales de TV por fibra óptica puede realizarse en dos longitudes de onda distintas, una de 1310nm y otra de 1550nm. Estas dos zonas del espectro, donde se establece un compromiso entre atenuación y linealidad, se denominan 2ª y 3ª ventana respectivamente.

La elección de la ventana de transmisión se realizará en función de la distancia a cubrir y del tipo de red de distribución (óptica o coaxial). Para distancias inferiores a 30 km. podemos transmitir en la 2ª ventana con láseres DFB (láseres de realimentación directa). Si la distancia es superior a 30 km. se puede utilizar la 3ª ventana, con láseres DFB con modulación externa, ya que permite la introducción de amplificadores ópticos en la red.

Las potencias más habituales de los láseres oscilan entre los 8 y 14mW, aunque van aumentando año tras año con el fin de minimizar el uso de amplificadores.

Los parámetros más importantes a la hora de seleccionar un transmisor óptico son: eficiencia del láser (actualmente, 0.4mW/mA), CTB, CSO, C/N y respuesta amplitud frecuencia.

El otro elemento fundamental de la red es el receptor, cuyos parámetros más importantes a tener en cuenta son: respuesta amplitud frecuencia, CSO, CTB y responsividad (habitualmente 0.85mA/mW).

- **Línea de Distribución**

Es la encargada de suministrar las señales desde la línea troncal hasta el punto de terminación de la red (PTR).

El PTR puede ser, según el caso, bien la toma de usuario o bien el punto de conexión de la red privada de usuario (red de distribución para una vivienda individual, red de distribución para colectivas (SMATV) o incluso una red de tele distribución privada (SCATV).

La línea de distribución está formada por el elemento activo (amplificador) y los correspondientes elementos pasivos (repartidores, derivadores, acopladores, etc.) necesarios para distribuir la señal tanto a las redes de usuario como a otras líneas de distribución y que han de reunir las condiciones adecuadas para ser instalados en condiciones de intemperie.

Generalmente se realiza con cable coaxial pero puede realizarse con FO o bien con una combinación de ambas tecnologías, en función de la distancia que sea necesario cubrir. Como las consideraciones realizadas anteriormente para la línea troncal de FO son válidas para la línea de distribución, nos centraremos en la línea de distribución coaxial, cuyo elemento más importante es el amplificador de distribución. El amplificador de distribución; Su función es la de compensar las pérdidas introducidas tanto por el cable coaxial como por los diferentes elementos pasivos que se sitúan en la línea, bien para dar directamente servicio a las redes de usuario o a otras líneas de distribución.

Ecualización; Como el cable coaxial tiene unas pérdidas que se incrementan con la frecuencia, estos amplificadores deben incorporar ecualizadores cuya respuesta es precisamente **contraria** a la del coaxial, de forma que la respuesta en frecuencia del conjunto sea plana.

En las instalaciones reales; la salida de los amplificadores de distribución suele estar ligeramente PRE - acentuada en lugar de ser totalmente plana, con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de la línea ya que permite situar derivadores para las redes de usuario a distancias mayores desde la salida de cada amplificador. En el caso de redes sofisticadas; la ecualización del amplificador puede ser controlada desde la cabecera.

- Empleo de la fibra ALLWAVE™ para transmisión por cable

En la Fig. 1.22 una aplicación de la fibra óptica ALLWAVE™, especialmente orientada para este ejemplo en la transmisión de TV por cable, haciendo una comparación con una fibra óptica convencional, WDM permite láseres sin enfriar, lo que nos lleva una longitud de onda de bajo costo y la fibra ALLWAVE™ un mayor número

de longitudes de onda, como consecuencia un menor costo de acceso metropolitano por bit.

Las redes de cable TV necesitan de multi-servicios de bajo costo

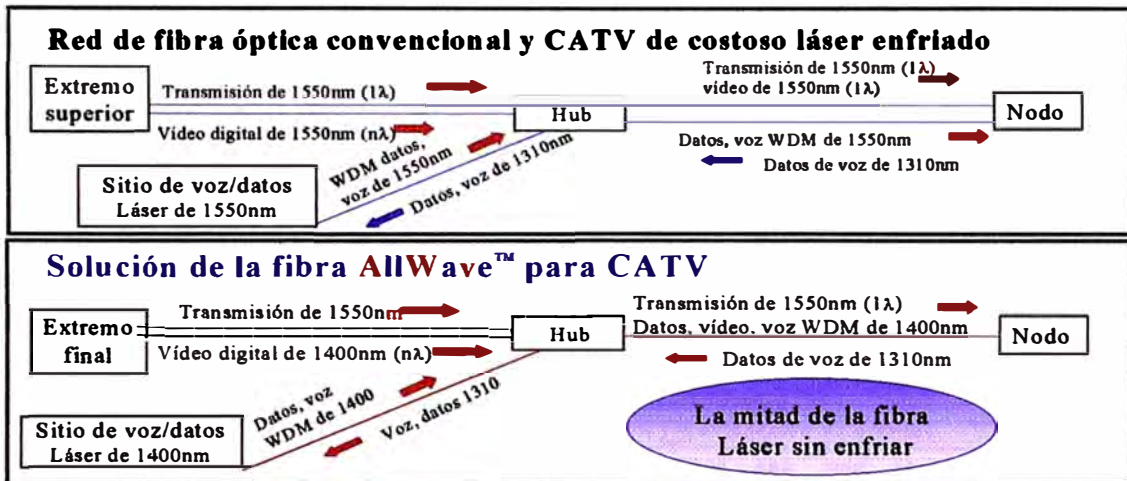


Fig. 1.22 Comparación entre una Fibra óptica convencional y una Fibra

ALLWAVE™

- Costo de TX de datos de punto a Punto

En la Fig. 1.23 se observa el efecto económico que tiene el empleo de láseres y un filtro de película delgada

**La WDM estrecha permite:
Ahorros importantes en aplicaciones de acceso
empresarial, campus y alimentador de bucle**

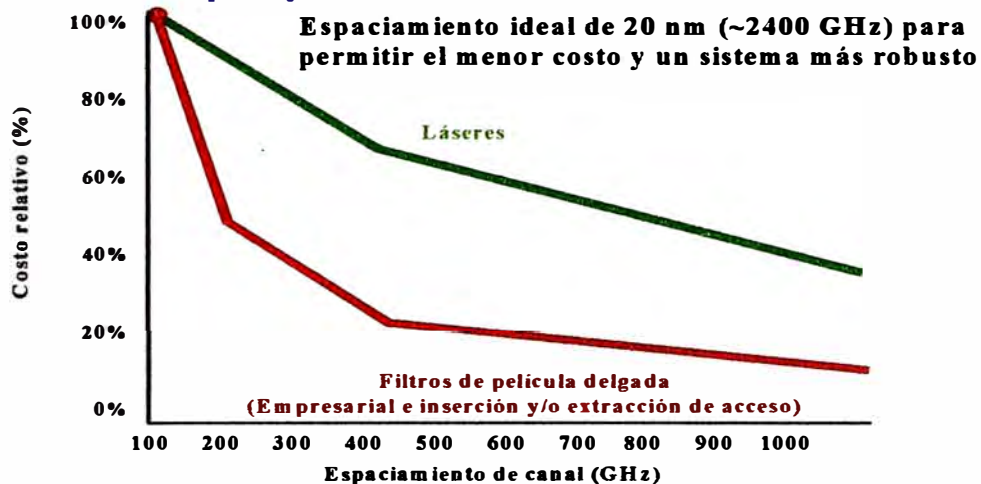
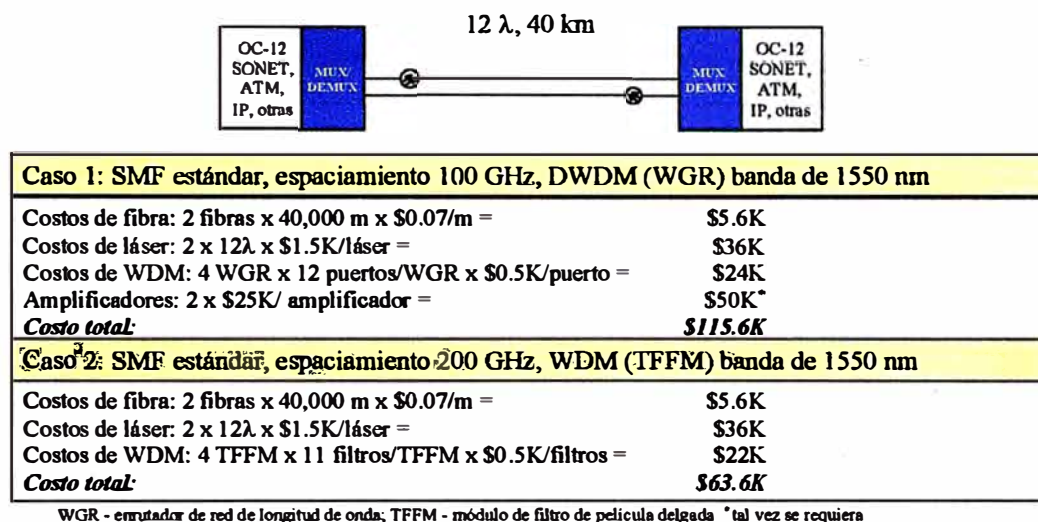


Fig. 1.23 Espaciamento del canal vs. Costo

En Fig. 1.24 y Fig. 1.25, se hace una comparación entre la fibra óptica convencional y la fibra óptica ALLWAVE™ en el empleo de Punto a Punto simple.

De Punto a Punto Simple

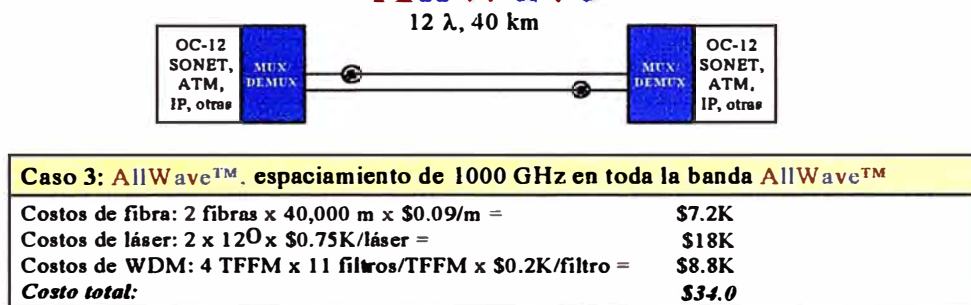


WGR - emulador de red de longitud de onda; TFFM - módulo de filtro de película delgada *tal vez se requiera

Fig. 1.24 Costos usando Fibra óptica simple

Ejemplo De Punto a Punto Simple Usando

AllWave



Ahorros del sistema:

- ~ 50% contra solución sin amplificación de 200 GHz
- ~ 70% contra solución con amplificación de 100 GHz

Fig. 1.25 Costos usando ALLWAVE™

¿Cuánto costarán los componentes de la banda de 1400nm?
Comparando las tendencias físicas en láser de 1310nm, 1400nm y 1550nm Conforme se reduce la longitud de onda:

- Se reduce la sensibilidad a la temperatura (control más fácil de temperatura)
- Se reduce la corriente de umbral (ahorros en alimentación de energía)
- Se incrementa la eficiencia de pendiente (ahorros en alimentación de energía)
- Se reduce la tendencia al ruido
- Es más fácil obtener linealidad

Con experiencia en producción comparable, los láser de la banda de 1400 tendrán un costo entre aquél de los láser de 1310nm y 1550nm

Los clientes seleccionan la fibra óptica AllWave para las redes metropolitanas

MultiCanal, el proveedor de servicios de televisión por cable líder en Argentina, ha seleccionado a Lucent Technologies como proveedor de su fibra óptica AllWave™ de tecnología de vanguardia, para usarla como el segmento principal de su red de telecomunicaciones de servicios múltiples a alta velocidad, que se está construyendo en todo el país.

Viatel selecciona la fibra óptica AllWave™ de Lucent para los enlaces de fibra óptica dentro de las ciudades en Europa. Viatel distribuirá inicialmente la fibra óptica AllWave™ en París, una de las seis ciudades que serán enlazadas en la primera fase de la red paneuropea Circe de Viatel. Las otras ciudades de la primera fase (con una ruta de 1,850 kilómetros), son Londres, Amsterdam, Rotterdam, Amberes, Bruselas y Amiens.

NEON selecciona la fibra óptica AllWave™ de Lucent. NorthEast Optical Network, Inc. distribuirá la fibra AllWave en el segmento de la súper carretera electrónica de la compañía que se encuentra en Boston, Massachusetts.

Sistema DUSAC

El sistema DUSAC transmite hasta 128 l (longitudes de onda diferentes) a través de un par de fibras ópticas, o bien 64 empleando una sola fibra óptica. En cada longitud de onda transporta información a muy alta velocidad desde 10 Mbps hasta 2.5 Gbps. Ideal para entornos metropolitanos.

De forma transparente, facilita la comunicación de diferentes protocolos tales como: FDDI, ESCON, Fiberchannel, 100BFL, Gigabit-Ethernet, ATM-STM1-4, vídeo SDI, llegando hasta los 2,5Gbps en JDS.

CAPÍTULO II

MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO SÍNCRONA (TDMA)

2.1 Concepto

La multicanalización por división de tiempo (TDM) es la intercalación cronológica de muestras provenientes de varias fuentes de modo que la información que proviene de dichas fuentes de pueda transmitir a través de un solo canal de comunicación.

En la figura 2.1. Se ilustra el concepto de TDMA tal como se aplica a tres fuentes analógicas multicanalizadas en un sistema PCM. Por comodidad el muestreo natural se ilustra junto con la forma de onda TDM PAM accionada correspondiente. En la práctica se utiliza un interruptor electrónico para la conmutación (muestreador) donde f_s denota la frecuencia de rotación del conmutador y satisface la velocidad de Nyquist de la fuente analógica con el ancho de banda más grande.

En el receptor, el deconmutador (muestreador) se tiene que sincronizar con la forma de onda de entrada de modo que las muestras PAM correspondiente a la fuente 1, por ejemplo,

Aparezcan en la salida del canal 1. Esto se llama sincronización de cuadros (tramas). Se utilizan filtros pasabajas para reconstruir las señales analógicas a partir de las muestras PAM.

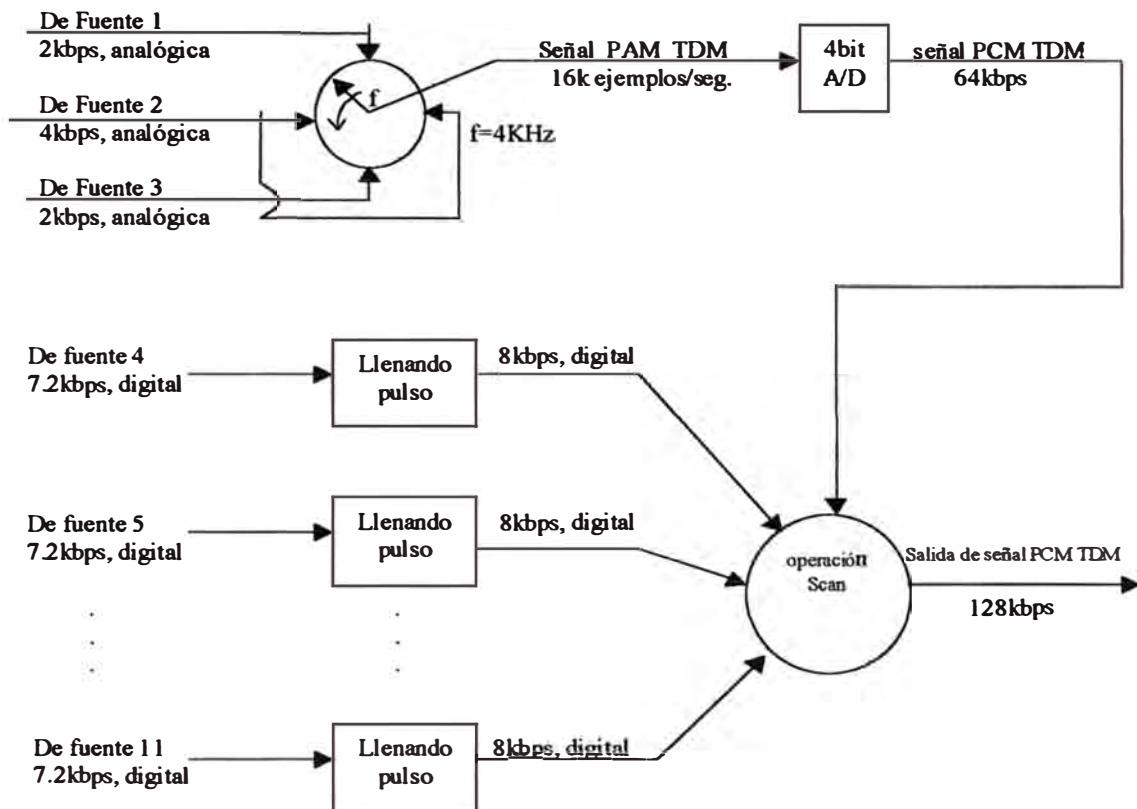


Fig. 2.1 Fuentes Análogo y Digital de TDM

2.2 Características

Se lleva a cabo cuando la velocidad de transmisión alcanzable por el medio es mayor que la velocidad de las señales a transmitir. Transporte de varias señales digitales (o analógicas) a través de una única ruta de transmisión mediante la mezcla temporal de las partes de cada una de ellas, como puede verse en la figura 2.2.

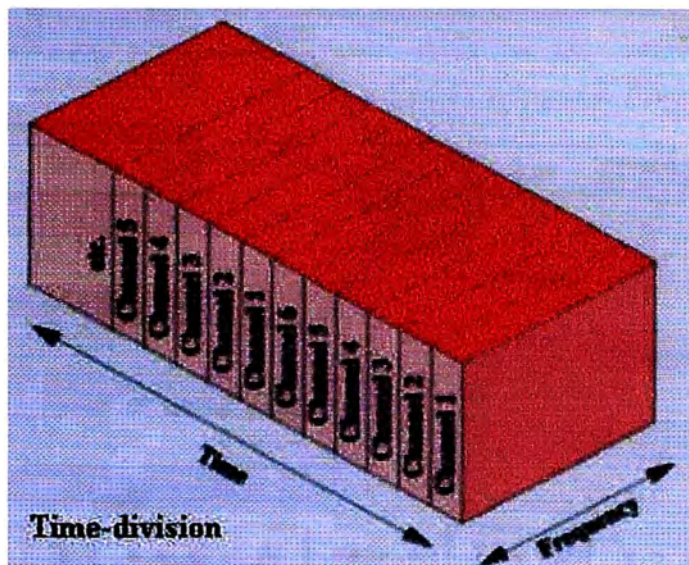


Fig. 2.2 Tiempo por División por Amplitud de Frecuencia

En la Fig. 2.3 se muestra un sistema de transmisión en TDM la transmisión es generalmente síncrona como se ilustra en la siguiente figura 2.3.1 y la recepción en la Fig. 2.3.3 .Los datos se transmiten mediante formato de tramas (ver Fig. 2.3.2). Independientemente como se lleve a cabo la multicanalización se pueden incorporar varias formas de estructuras de bits, cada una de las cuales representa la mínima unidad de tiempo en la que todas las señales multicanalizadas se transmiten al menos una vez.

Continuando con la trama, deben agregarse palabras de bits para la estructura y la sincronía para permitir que el sistema receptor se sincronice en el tiempo con el inicio de cada estructura, con cada espacio de ella y con cada bit contenido en estos espacios. Estos bits pueden denominarse en forma colectiva bit de control.

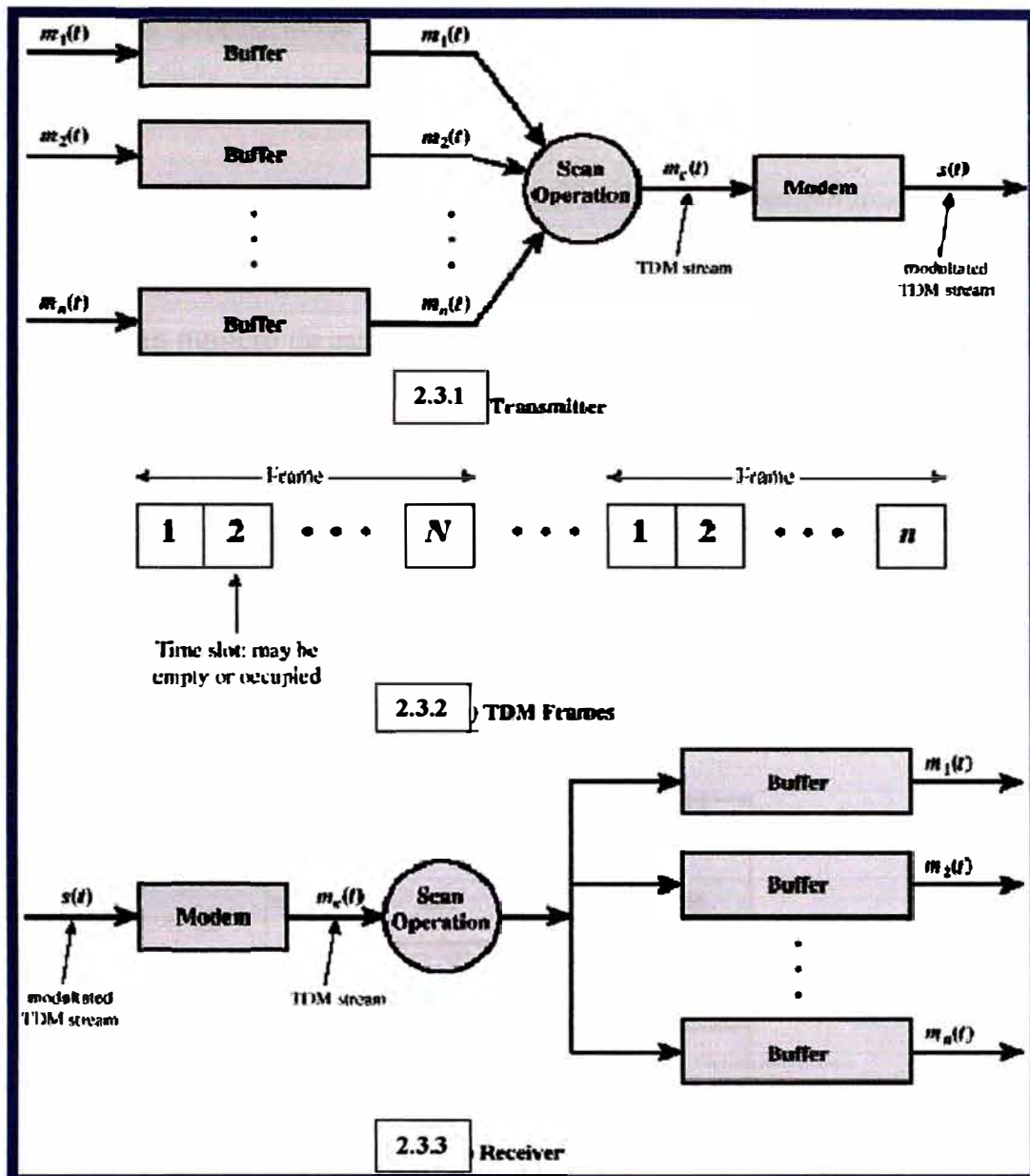


Fig. 2.3.1 Sistema de Transmisión, Fig. 2.3.2 Tramas de TDM, y Fig. 2.3.3 Sistema Receptor

Continuando con la trama, deben agregarse palabras de bits para la estructura y la sincronía para permitir que el sistema receptor se sincronice en el tiempo con el inicio de cada estructura, con cada espacio de ella y con cada bit contenido en estos espacios. Estos bits pueden denominarse en forma colectiva bit de control.

Deben tomarse precauciones que permitan manejar pequeñas variaciones de las velocidades de bits de las señales digitales multicanalizadas que llegan al receptor.

La técnica TDM síncrona obedece su nombre a las ranuras temporales preasignadas y fijadas a las diferentes fuentes. Dedicar una ranura de tiempo a cada estación. La TDM es eficiente para un número de estaciones pequeñas y tráfico continuo. Las técnicas TDM por lo general son preferidas a las técnicas FDM ya que la transmisión de datos libres de error e información de voz es fácil. Si se quieren transmitir varios mensajes por el mismo canal, uno puede intercalar muestras de ellos en el tiempo; esto se llama multiplexaje en el dominio del tiempo. Por ejemplo suponga tres fuentes x_1 , x_2 y x_3 de la Fig. 2.4.

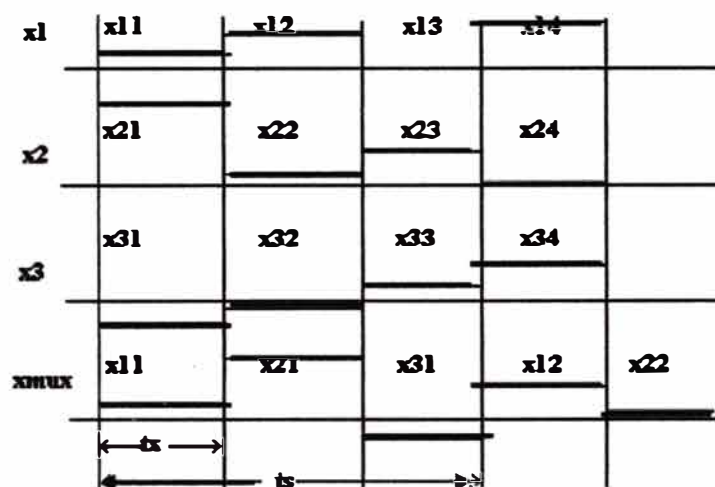


Fig. 2.4 Multiplexaje en el dominio del tiempo para 3 fuentes muestreadas a la misma velocidad

En este caso se supone que todas las señales están muestreadas a la misma velocidad ($1/t_x$) lo que implica que probablemente todas tienen el mismo ancho de banda. Además si se intercalan uniformemente una muestra de cada señal una tras otra el tiempo entre dos muestras del mismo canal se llamara t_s y este valor debe cumplir el criterio de

Nyquist para ese canal. Es decir se observa que el ancho de banda de la señal multiplexada, bajo las condiciones anteriores, crece N veces, donde N es el numero de canales o señal es a multiplexar. TDM es más eficiente cuando todas las señales tienen el mismo ancho de banda. Veamos un ejemplo de señal es con diferentes anchos de banda.

$$t_s \leq \frac{1}{2f_{\max}} = \frac{1}{2BW}$$

$$t_x = \frac{t_s}{\text{Numero de canales}}$$

$$BW_{\text{mux}} = Nf_{\max} = NBW$$

Se tienen cuatro canales que se quieren multiplexar (C1, C2, C3 y C4) con anchos de banda (W , W , $2W$ y $2W$) respectivamente. Si lo vemos como un conmutador que gira y va tomando muestras de los canales, podemos observar que en una vuelta del conmutador debiesen estar presentes una muestra de C1, una muestra de C2, dos muestras de C3 y dos muestras de C4. En total seis muestras. Luego el conmutador vuelve a girar y así sucesivamente. El conmutador y la señal multiplexada o trama de la Fig. 2.5 lucirían como sigue.

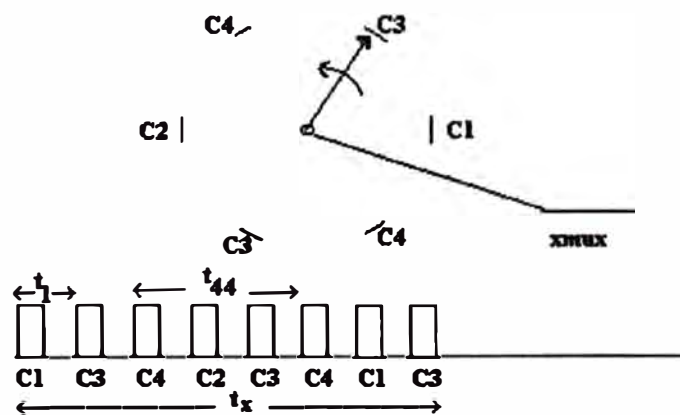


Fig. 2.5 Multiplexor TDM y señal multiplexada con igual ancho de banda

Para determinar el ancho de banda de la señal multiplexada, se toma el canal tres o el canal cuatro que son los de mayor ancho de banda y se obliga a que el tiempo entre dos muestras consecutivas de los mismos cumpla el teorema de Nyquist.

$$t_{44} = t_{33} = \frac{1}{2(2W)} = \frac{1}{4W}$$

$$t_1 = \frac{t_{44}}{3} = \frac{1}{12W} = \frac{1}{2(\text{AnchoBanda})}$$

$$\text{AnchoBanda} = 6W$$

Si transmiéramos las cuatro señales en SSB y las multiplexáramos en frecuencia (FDM) el ancho de banda ocupado sería $(W+W+2W+2W)=6W$ igual que el obtenido en TDM. Sin embargo, si se hubiese tomado la decisión de multiplexarlas tomando en cada trama una muestra de cada canal los cálculos de ancho de banda cambiarían, como se muestra en la Fig. 2.6.

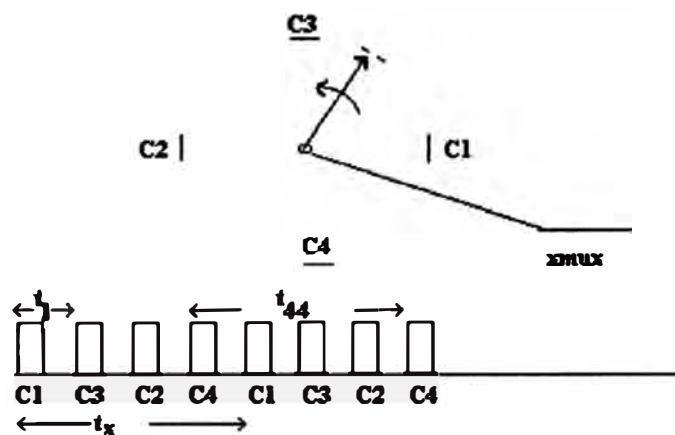


Fig. 2.6 Multiplexación tomando una muestra en cada tramo y señal multiplexada con diferentes ancho de banda

El cálculo del ancho de banda cambia:

$$t_{44} = t_{33} = \frac{1}{2(2W)} = \frac{1}{4W}$$

$$t_1 = \frac{t_{44}}{4} = \frac{1}{16W} = \frac{1}{2(\text{AnchoBanda})}$$

$$\text{AnchoBanda} = 8W$$

Observe que el ancho de banda ahora da mayor. Esto indica que cuando las señales a multiplexar son de diferente ancho de banda, hay que elegir cuidadosamente la cantidad de muestras que debemos incluir en cada trama TDM.

2.3 Trama TDM en telefonía básica

Para construir una trama TDM para telefonía se intercalan muestras de varios canales telefónicos junto con bits que sirven para identificación y sincronización. Existen dos estándar o patrones; uno para USA y uno para Europa. El que se usa en Venezuela es el europeo.

Se parte de señales de voz de 4KHz muestreadas a 8KHz y cuantificadas usando 8 bits por muestra. Esto produce un flujo de 64Kbits/seg.

En el estándar europeo se multiplexan, en el primer nivel, 30 entradas de 64 Kb/seg. También se usan dos canales para señalización y sincronismo. En total 32 señales de 64Kbits/seg multiplexadas uniformemente producen una nueva trama de 2.048Mbits/seg. En un segundo nivel se multiplexan cuatro tramas de 2.048Mbits/seg; esto produce una nueva trama de 8.448Mbits/seg. En el tercero, cuarto y quinto nivel se agrupan cada vez cuatro tramas. Al final se obtiene una trama de alta velocidad: 565.148Mbits/seg que contienen 7680 canales de voz.

CAPÍTULO III

MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE ONDA

3.1 Definición y Ventajas

DWDM viene del inglés "Dense Wavelength Division Multiplexing", que traducido más o menos al castellano significa Multiplexión Densa por División de Onda. Se trata de una tecnología que permite introducir datos de diferentes fuentes en una fibra óptica, en la que la señal de cada fuente viaja en una frecuencia de onda distinta y separada de las demás. Lo más importante de todo ello estriba en que con el sistema DWDM se pueden usar hasta 80 (teóricamente más) canales virtuales que pueden ser multiplexados en rayos de luz que se transmiten por la misma fibra óptica. Por lo tanto el rendimiento de una sola fibra que contiene un cable ya instalado se puede multiplicar con muy bajo costo económico. Este sistema permite que cada canal transporte 2.5Gbps (2500 millones de bits por segundo), y se pueden hacer circular por la misma fibra 80 canales diferentes y por tanto la transmisión será de 200 Gb por segundo. En el extremo opuesto del cable los canales son de multiplexados hasta adquirir sus características originales, por lo tanto se pueden transmitir simultáneamente diferentes tipos de datos y además con

diferentes velocidades, según sea la necesidad de su empleo, y nos referimos a Datos (IP) Datos (SONET) Datos (ATM).

Mientras que las fibras ópticas han sido una tecnología prototipo en las pasadas décadas, el desafío actual es transformar esta promesa en una realidad para alcanzar la demanda de información por red del futuro.

Cada vez más usuarios utilizan las redes de datos, y sus patrones de utilización evolucionan para incluir cada vez más aplicaciones que necesitan más ancho de banda como Internet, aplicaciones Java, vídeo conferencia, etc. y por tanto surge una necesidad para tener más facilidades de transporte a muy alta velocidad por red, cuyas capacidades están muy por encima de las que pueden proporcionar las redes de alta velocidad actuales (ATM). No hay suficiente ancho de banda en nuestras redes actuales para soportar el crecimiento exponencial del tráfico de usuario. Dado que el potencial de ancho de banda de una fibra monomodo está entorno a los 50Tbps, que a la vez es cuatro órdenes de magnitud superior a las velocidades electrónicas de datos (unos pocos Gbps), los esfuerzos para actualizar las redes deberían ir en este sentido e intentar aprovechar este enorme ancho de banda. Si nos damos cuenta que la máxima velocidad a la que un usuario final (una estación de trabajo o una gateway) puede acceder a la red está limitada por la velocidad electrónica, la clave en el ancho de banda está en introducir concurrencia en las transmisiones de múltiples usuarios en la arquitectura y protocolos de red. En una comunicación óptica, la concurrencia se debe proporcionar de acuerdo con un multiplexado ya sea en longitud de onda (WDM), en tiempo (TDM) o de forma de onda (CDM).

WDM es la tecnología de multiplexación actual favorita en las comunicaciones ópticas ya que todos los equipos del usuario final necesitan operar sólo a la velocidad de bit del canal WDM concreto, el cual se puede elegir arbitrariamente. En el real sentido de la palabra, no hay diferencia entre lo que hace el WDM y el DWDM en las Redes Ópticas, ambos métodos efectúan el Multiplexaje de longitud de onda sobre una fibra óptica. La única diferencia se encuentra en La DENSIDAD de lugar de separación la longitud de onda. En el WDM las longitudes de onda usadas están generalmente espaciadas de 4 a 10nm. En el DWDM la separación de longitud de onda es 1nm o menos, en algunos casos hasta de 01nm. Así que si un ESPECTRO OPTICO de 1,540-1570nm esta disponible para uso de un enlace óptico, significa que los transmisores, receptores y otros componentes exhibirán un error aceptable y un buen performace en la velocidad en este rango.

Al menos utilizando WDM cuatro canales pueden ser usados sobre este enlace óptico, con longitudes de onda de 1,540, 1550, 1560 y 1570 al mismo tiempo.

A su vez en DWDM, la misma fibra puede ser usada para llevar hasta 32 canales.

3.1.1 Componentes Importantes en la Fibra Optica (Fig. 3.1)

Los componentes necesarios para utilizar la fibra óptica para WDM y DWDM son:

- Fibra Optica con dispersión NONZERO
- En el amplificador Optico usar de preferencia el EDFA (Erbio)
- Operación en el diodo láser en la tercera ventana (1,550nm)

- Utilizar el IN_FIBER BRAGG para separar las longitudes de onda en el receptor

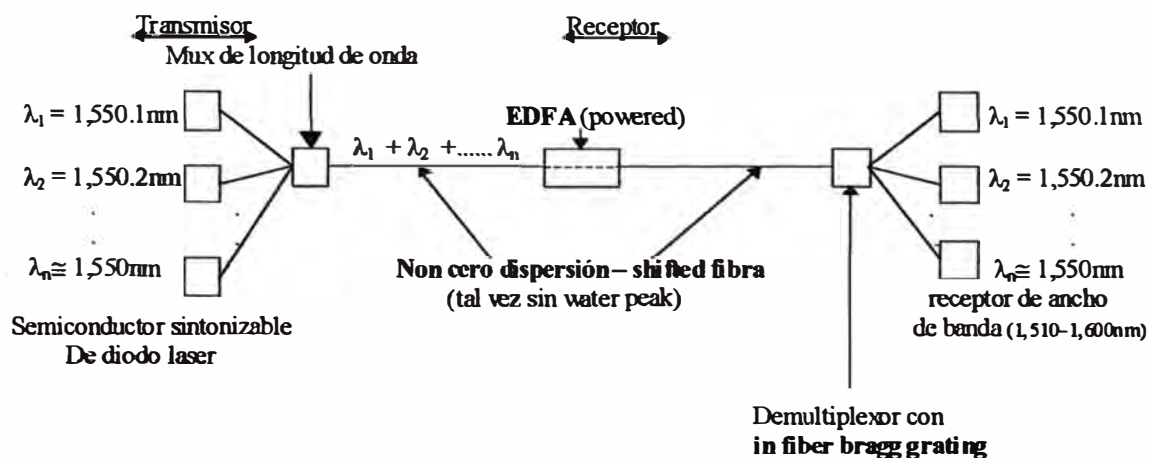


Fig. 3.1 Un enlace simple WDM con cuatro componentes KEY

3.1.2 Multiplexación Por División de Onda (WDM)

Los primeros dispositivos WDM y enlazadores involucraban multiplexores de dos canales. Este usó el láser de 1,310 y 1,550nm operando en regiones en aplicaciones de pequeña envergadura, o dos canales grandemente espaciados en la región de 1550nm (tal como 1,538 y 1,558nm) en aplicaciones de gran envergadura.

Este sistema DWDM podría ser unidireccional ó bidireccional. Un dispositivo WDM direccional pasara un número de frecuencias multiplexadas en ambas direcciones sobre una fibra. Por ejemplo, en un canal bidireccional de cuatro de espacio WDM de señales a 1,549 y 1,557nm son multiplexados para la transmisión en una dirección, y señales de 1,533 y 1,541nm son multiplexadas para transmisión en otra dirección, trabajando todo sobre la misma fibra. Esto es mostrado en la Fig. 3.2. Por otro lado, un dispositivo WDM unidireccional multiplexa una de frecuencias diferentes para la transmisión en

una sola dirección sobre una fibra. Por ejemplo en un canal de cuatro de tramo WDM unidireccional. Señales a 1,557, 1,549, 1541 y 1,533nm

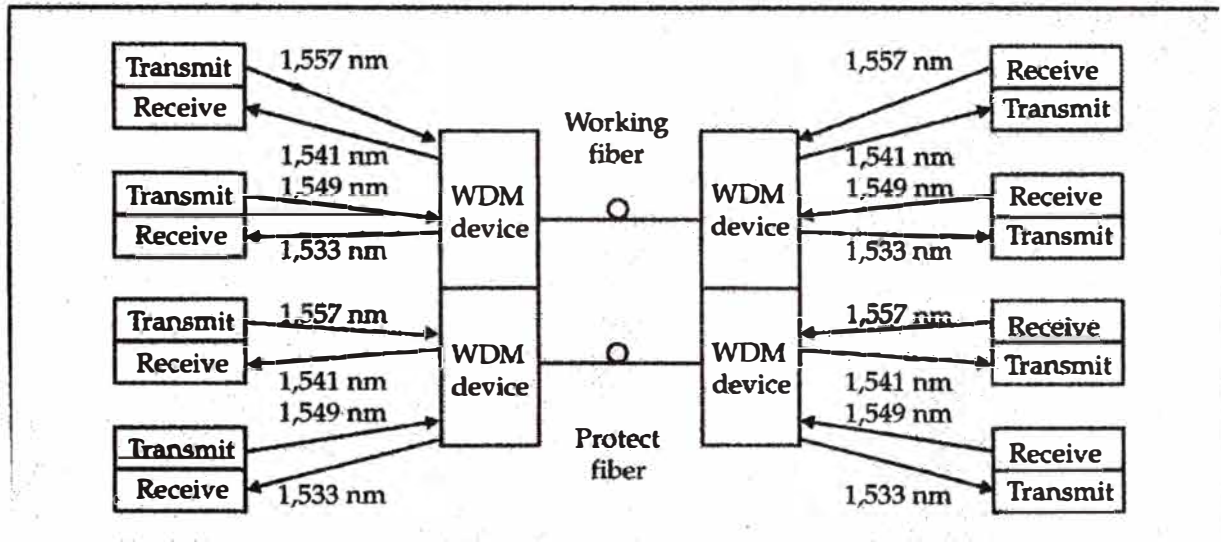


Fig. 3.2 Cuatro canales bidireccionales con enlace WDM

Para transmisión en una sola dirección sobre la fibra. Este tipo de WDM es mostrado en la Figura 3.3. Ambas técnicas permiten para esas configuraciones de fibra para una combinación de cuatro 2.4Gbps serie flujo de bits sobre una sola rama de la fibra para agregar una velocidad de señal de 10Gbps.

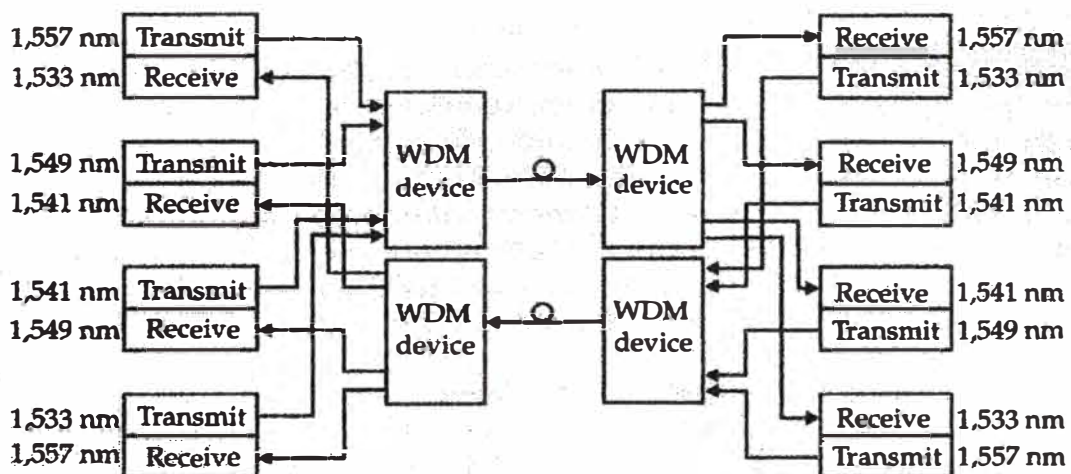


Fig. 3.3 Cuatro canales unidireccional con enlace WDM

Esta técnica WDM puede usar previamente instalado una fibra base que soporta canales extremadamente espaciados estrechamente. Este sistema WDM tubo un buen numero de buenas características. Por ejemplo, usando la combinación de cuatro canales WDM hace máxima de rechazar la existencia de un equipo de 2.4Gbps, tal como OC – 48(tan larga como la operación de longitud de onda es combinada aquellos del sistema WDM). No solo hay también un mínimo de operación de cuatro – longitudes de onda, pero la capacidad a ampliar a ocho o aun dieciséis longitudes de onda diferentes(o mas) en el futuro finalmente, esta la capacidad de agregar o sustraer longitudes de onda (proporcionando servicios de longitudes de onda), y unidireccional y/o operación bidireccional.

3.1.3 Multiplexación Por Longitud De Onda Densa (DWDM)

No solo es WDM con espaciado de longitud de onda de aproximadamente 10nm una aceptada tecnología óptica, pero WDM se a desplazado a lo largo del punto denso del sistema WDM (DWDM) este es el tema de mayor discusión y consideración. La mayor diferencia ente el sistema WDM y DWDM es que en DWDM, la longitud de onda usada dentro de 1nm o aun de 0.1nm de cada uno, es aproximadamente 10 a 100 veces más densa que en WDM.

El record de flujo para el empaado de longitud de onda sobre una sola fibra es 1,022 canales, aunque el total de rendimiento es solo aproximadamente 40Gbps. Como quiera que sea, desde el flujo serial de transmisión de bits registrada sobre la fibra es 160Tbps, potencialmente el sistema DWDM con rendimiento supera del 160Tbps (160,000Gbps ó 160,000,000Mbps) es posible entonces, esto podría parecer que existe una pequeña diferencia real entre WDM y DWDM. El ultimo ofrece el espaciado cercano de canales de longitud de onda, suficientemente cierto, pero esencialmente WDM y DWDM son la

misma tecnología. Pero esto no es realmente cierto el espaciado cercano de longitudes de onda en sistemas DWDM se traduce a todo una serie de preocupaciones.

Esto es por que en la práctica el espaciado cercano de longitudes de onda hace una gran diferencia. Si el empaquetado de longitudes de onda de espesor 0.1 nm (¡o menos!) sobre un solo núcleo de fibra fue trivial, DWDM podría merecer no mas que un pie de nota en una discusión en WDM. Pero hay un mundo de diferencia entre espaciado de 10nm y 0.1nm de ondas de luz. Por ejemplo usando espaciado 0.1nm permite fuente de 100 luces concentrar su energía sobre un ancho de banda de 10nm dentro de un solo núcleo de fibra de diámetro 9 micrones. Esto es una energía flux concentrada enorme en muchos pequeños espacios. Pero confinando esta energía electromagnética en el núcleo para largas distancias sin debilitamiento de atenuación, dispersión y otros efectos de la fibra es un reto que merece toda una sección para si misma.

Cada cosa es magnificada en DWDM, tal que aun los pequeños efectos en WDM se vuelven atroz en DWDM a menos que paso es tomado compensar por este deterioro. Afortunadamente, hay métodos disponibles que hace al sistema DWDM no solo practico, pero atractivo.

Tomando un simple ejemplo, en sistemas DWDM la longitud de onda central de un canal debería ser sintonizado cuidadosamente asegurando este esta exactamente donde se supuso estar. Esto es por que aun modulación simple de la señal lleva estará esencialmente el doble de ancho de banda requerido (en preciso acuerdo con Nyquist) y podría o si no por tierra. Eh interferir con longitudes de onda aun dentro de su banda, pero no propiamente centrado. Naturalmente, como las longitudes de onda se mueven dentro una fracción de nanometros de cada lado, este borde de la banda se vuelve más y

más importante. Antes de entrar en una plena discusión del deterioro del sistema DWDM y qué debe hacerse para controlar sus efectos, éste es el lugar para decir algunas palabras acerca de dos componentes abandonados de la red óptica. Estos son los "combiners" y los "splinters" que mezclan las longitudes de onda sobre una sola fibra

3.2 Redes Ópticas WDM

El surgimiento de aplicaciones de alta velocidad tal como vídeo conferencia y el rápido crecimiento en el número de usuarios conectados a la red, demanda una infraestructura de red el cual sea capaz de entregar enormes cantidades de datos en tiempo real sobre una amplia área. La fibra óptica ha emergido como un medio excelente para futuras redes en vista de su tremendo potencial de ancho de banda (alrededor de 50 THZ). Ya se está usando como un medio de transmisión alternativa para varias compañías de telecomunicaciones en los EE.UU. el extranjero. (com, 1998; chufee, 1987). Aparte de su gran capacidad de ancho de banda. La fibra óptica también ofrece baja pérdida a la atenuación (aproximadamente 0.2dB/km. longitudes de onda entre 1200nm y 1600nm) y un extremado bajo rango de bits de error, haciendo idealmente adecuado para comunicaciones de largo transporte. Las redes de comunicación de las computadoras han evolucionado haciendo un completo uso de la tecnología de la fibra óptica (ver fig.3.4). En una red de primera generación, los nodos están interconectados con uniones de cobre los cuales tienen capacidad limitada de ancho de banda.

En una segunda generación, la fibra óptica es usada como un reemplazante del cobre como el medio de transmisión en vista de su gran capacidad de ancho de banda como quiera que sea, los datos enviados sobre esta red a lo largo de múltiples uniones es sometida a la conversión óptica – eléctrica, y viceversa, en cada nodo intermedio antes de llegar a su destino. Desde aquí, la red no proporciona protocolo – transparencia – la capacidad de acomodar datos comprendiendo muchos diferentes velocidades de bits y a la vez formatos. Una tercera generación de red proporciona una continua conexión óptica entre todos los nodos.

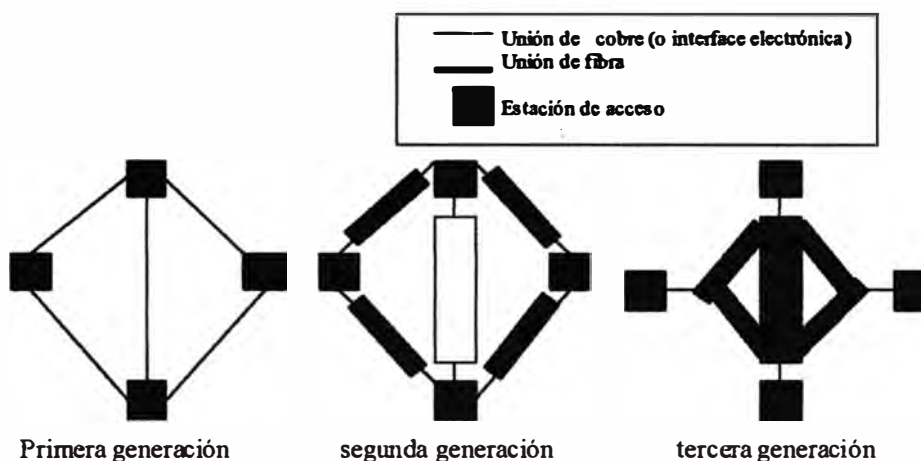


Fig. 3.4 Topologías

Los datos pueden ser enviados de un nodo a otro enteramente en el dominio del tiempo, proporcionando completa transparencia. El trabajo se enfoca principalmente en esta red óptica de tercera generación. La multiplexación por división de onda (WDM) es una prometedora técnica que utiliza el enorme ancho de banda de la fibra óptica. Múltiples canales pueden ser operados a lo largo de una sola fibra simultáneamente cada una en una longitud de onda diferente. Estos canales pueden ser modulados independientemente modulando datos de un modo único dentro del canal de la fibra óptica. Múltiples canales

pueden operar a lo largo de una sola fibra simultáneamente cada uno en una longitud de onda diferente.

Estos canales pueden ser modulados independientemente acomodando datos de formato diferente, incluyendo unas analógicas y otras digitales en el caso deseado. Así WDM divide el gran ancho de banda de una fibra óptica monomodo, dentro de los canales cuyo ancho de banda (1 – 10Gbps) es compatible con el pico de velocidad de procesamiento electrónico del WDM basado en red óptica es previsto para alcance regional, metropolitano y extensas áreas geográficas. Como las redes pueden ser clasificados dentro de 2 extensas categorías.

3.2.1 Emisión y Selección de redes WDM (ver Fig. 3.5): Cada nodo en tal red es equipada con uno ó más transmisor y receptor óptico. Dos maneras de dirigir la fibra entre un nodo y un acople estrella pasiva, el cual difunde la señal, llegando sobre cada

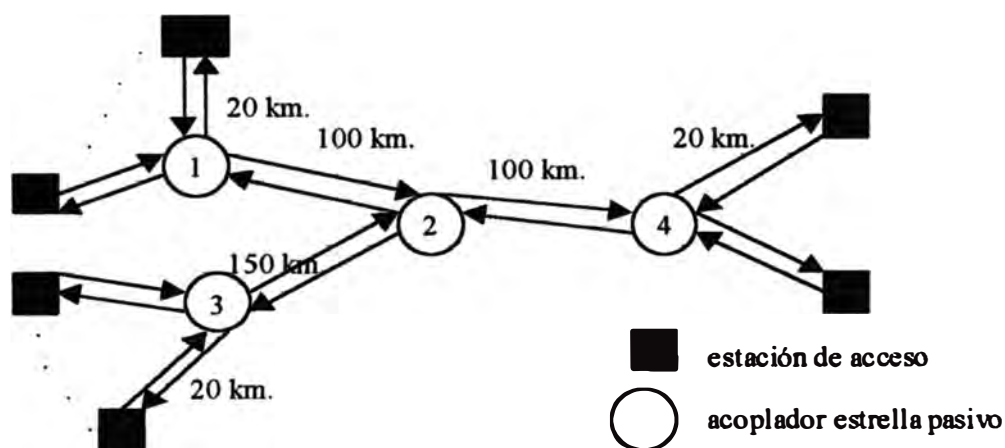


Fig. 3.5 Emisión y selección de redes WDM

Unión de entrada de la fibra hacia toda la unión de la fibra de salida saliente. La red más pequeña tiene un solo acople estrella pasivo. La red larga puede ser construido usando varios acoples estrella pasivos y amplificadores ópticos. Cada nodo transmisor,

transmite sobre un canal de longitud de onda y cada nodo receptor sintoniza este hasta el canal apropiado.

3.2.2 Enrutador de longitud de Onda de Redes WDM: (ver Fig. 3.6) El uso de el router de longitud de onda es referido a como el enrutamiento de longitud de onda y una Red el cual emplea una técnica conocida como enrutado de red de longitud de onda.

Tal red consiste de un interruptor de longitud de onda enrutado (o nodo enrutado) interconectados usando fibra óptica. Algunos nodos enrutados son unidos ala estación de acceso donde los datos de varios usuarios finales podría ser multiplexada sobre un único canal óptica.

La estación de acceso también provee una conversión óptica a electrónica y vice - versa a la interface, la red óptica con equipo convencional electrónico. Una longitud de onda de red enrutado el cual lleva datos de una estación de acceso a otra sin conversión intermedia, óptica a electrónica es dirigido como una longitud óptica total - red enrutado.

Enfoque; Mientras el despliegue de una nueva generación de red óptica progresa, ahí surge la aguda necesidad de reconsiderar, y tal vez rediseñar, la arquitectura de la red y protocolos a una mejor disponibilidad del comportamiento a los nuevos entendimientos de la capa física. Alguna arquitectura o protocolo diseñada sobre la base de una capa física idealizada quedaría ineficiente, o peor, irreal e infeasible. La red óptica trasciende las limitaciones del ancho de banda de la red electrónica utilizando la enorme capacidad de la fibra óptica.

Aunque esta tecnología parezca extremadamente promisoría, el despliegue a gran escala de tal red óptica en el futuro depende sobre una rápida convergencia de los requerimientos de la red de comunicaciones y la red física real. El enfoque de la

investigación en red óptica a sido facilitar este proceso, tomando en cuenta los cambios en el nivel del sistema, mientras reconoce las limitaciones de los dispositivos existentes. Dispositivos físicos y ancho de banda disponible es entre los medios más preciados en cualquier red.

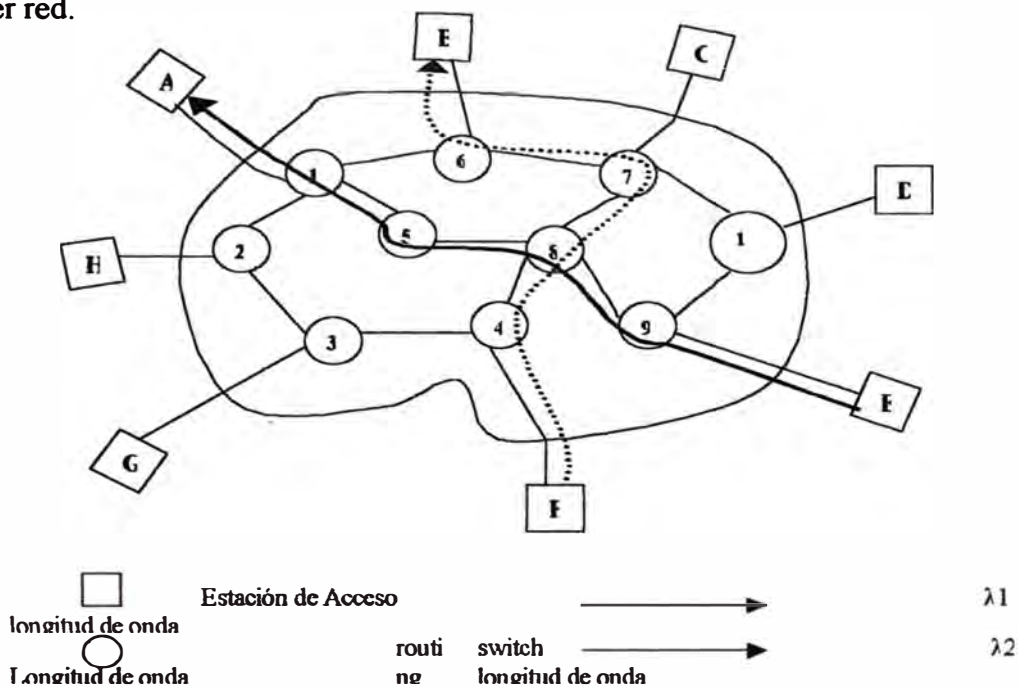


Figura 3.6 Una Red óptica longitud de onda

La utilización eficiente de estos recursos, usualmente, se traduce directamente en un aumento de costo – efectividad de la red. Un objetivo de este libro a sido identificar técnicas de utilización de recursos eficientemente, ambos la etapa de diseño de la red y también durante la etapa operacional de la red

3.3 Conversión de Longitud de Onda

La multiplexacion por división de onda (WDM) es una promisoría técnica que utiliza el enorme ancho de banda de la fibra óptica. Múltiples canales de multiplexación de división de longitud de onda puede ser operado sobre una sola fibra simultáneamente;

como quiera que sea un requerimiento fundamental en la comunicación por fibra óptica es que este canal opere a diferentes longitudes de onda. Este canal puede ser independientemente modulada acomodándose a distintos formatos de data, incluyendo unas analógicas y otras digitales en el caso deseado. Así, WDM utiliza el gran ancho de banda (alrededor de 50THz) de una solo modo de fibra óptica mientras proporcionando canales cuyo ancho de banda (1 – 10Gbps) es compatible con las actuales velocidades del proceso electrónico.

En una red WDM, es posible dirigir data de su respectivo destino basado en su longitud de onda. El uso de la longitud de onda para dirigir data esta es referido a como longitud de onda enrutada, y una red el cual emplea esta técnica es conocida como una red de longitud de onda enrutada, como una red consiste de interruptores de longitud de onda enrutada o nodo enrutado el cual esta interconectado por fibra óptica. Algunos nodos enrutadores (referido como crossconnects) esta unido a la estación de acceso donde la data de varios usuarios finales podría ser multiplexada sobre un solo canal WDM. Una estación de acceso también proporciona conversión óptica a electrónica(O/E) y viceversa ala interfaces de la red óptica con equipo convencional electrónico. Una red de longitud de onda enrutada el cual lleva data de una estación de acceso a otra sin ningún intermediario (O/E) la conversión es referida a como una total longitud de onda óptica total de red ruteada como toda red ruteada de longitud óptica a sido propuesta para la construcción extensas áreas de red.

Para transferir Data de una estación de acceso a otra necesita una conexión ser montada la capa óptica similar al caso de un circuito conmutado de red de teléfono. Esta operación es realizada determinando una trayectoria (ruta) en la red conectando la estación fuente ala estación destino y asignando un libre común (inactivo) longitud de onda sobre todas las uniones de las fibras en la trayectoria. Como una total trayectoria óptica esta referida como una trayectoria de red o un canal limpio. El ancho total de banda disponible sobre esta trayectoria de luz asignado ala conexión durante este “holding time” durante el cual la longitud de onda correspondiente no pueda ser

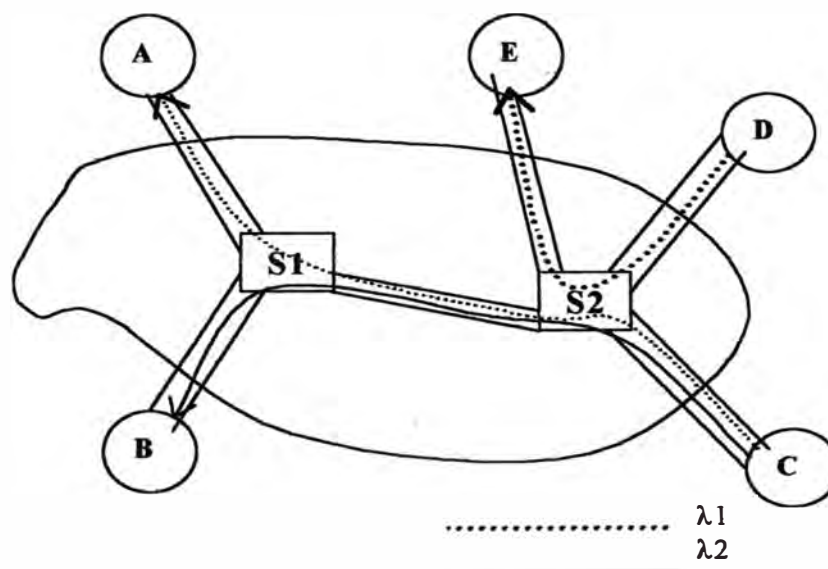


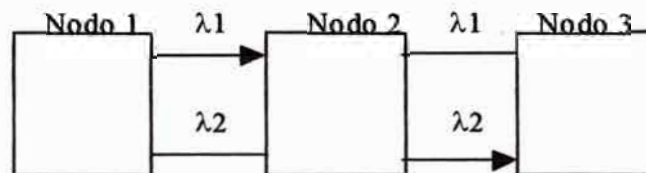
Fig. 3.7 Red Óptica De longitud de onda switching

asignado a ninguna otra conexión. Cuando una conexión es terminada, la trayectoria de luz asociada esta “rasgada hacia abajo”, y la longitud de onda se vuelve “inactiva” una vez de nuevo sobre toda sobre todas las uniones a lo largo de la trayectoria.

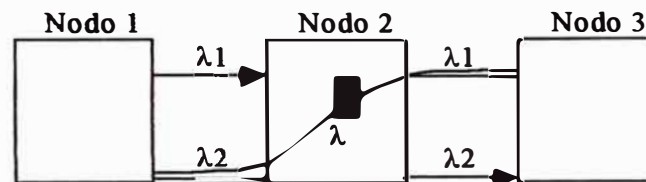
Considerando la red en la Figura 3.7. es mostrada una red ruteada de longitud de onda conteniendo dos WDM crossconnects (S_1 y S_2) y cinco estaciones de acceso (A través de E). Tres trayectorias de luz han sido fijo (C al A sobre la longitud de onda λ_1 , C al B

sobre λ_2 y D al E sobre λ_1). Para establecer alguna trayectoria de luz, nosotros normalmente requerimos que la misma longitud de onda sea asignada sobre el total de las uniones en la trayectoria. Este requerimiento es conocido como la restricción de continuidad de la longitud de onda y red ruteada de longitud de onda con esta restricción es referida como red continua de longitud de onda.

La longitud de onda continuidad distingue la longitud de onda- de red continua de un circuito de red conmutada cuyos bloques solo llaman cuando no hay capacidad a lo largo de una de las uniones en la trayectoria asignada para la llamada. Considerar



3.8.1 Sin convertidor



3.8.2 con convertidor

Fig. 3.8 Conversión De la Longitud de Onda

La porción de una red en la Fig. 3.8.1. Las trayectorias de luz han sido establecidas en la red (i) entre el nodo 1 y nodo 2 sobre la longitud de onda λ_1 y ii) entre el nodo 2 y el nodo 3 sobre una longitud de onda λ_2 . Ahora suponer una trayectoria de luz entre nodo 1 y nodo 3 necesita ser establecida como una trayectoria de luz del nodo 1 hasta el nodo 3 esto es porque la longitud de onda disponible sobre las dos uniones son diferentes. Por consiguiente, una longitud de onda de red continuada podría sufrir de bloqueos mas grandes comparada con una de red de circuito conmutada.

Es fácil eliminar la longitud de onda continua limitada, si somos capaces de convertir la data que llega sobre una longitud de onda a lo largo de una unión dentro de otra longitud de onda a un nodo intermedio y dirigiéndolo a lo largo de la siguiente unión. Como una técnica feasible, y es referido a la conversión de longitud de onda y longitud de onda de red ruteada. Con esta capacidad es referido como red convertible de longitud de onda. Una red convertible de longitud de onda el cual soporta conversión completa de todos los nodos es funcionalmente equivalente a una red de circuito conmutada, ie, los requerimientos de la trayectoria de luz son bloqueados solo cuando no hay capacidad disponible sobre la trayectoria. En la fig. 3.8.2 una longitud de onda convertida al nodo 2 es empleada a convertir data de longitud de onda de onda λ_2 a λ_1 .

La nueva trayectoria de luz entre el nodo 1 y nodo 3 puede ser ahora establecida usando longitud de onda λ_2 sobre la unión del nodo 1 al nodo 2 y luego usando longitud de onda λ_1 alcanza al nodo 3 del nodo 2. Notar que una sola trayectoria de luz es como una red de longitud de onda convertible, puede usar una diferente longitud de onda a lo largo de cada unión en esta trayectoria. Por consiguiente la conversión de longitud de onda podría mejorar la eficiencia en la red resolviendo los conflictos de las longitudes de onda de la trayectoria de luz. Este estudio examina el papel de un convertidor de longitud de onda en una longitud de onda de red ruteada. Esto incluye una inspección de los dispositivos que permiten tecnologías también como el diseño de la red y análisis metodológico. Este estudio también intenta identificar importantes características no resueltas en este campo y revelar el cambiante problema de investigación. Una sobre terminología: el convertidor de longitud de onda a sido referida a la literatura como cambiador de longitud de onda, traslado de longitud de onda cambiador de longitud de

onda y convertidor de frecuencia este estudio se referirá a estos dispositivos como convertidores de longitud de onda. Este estudio está organizado como sigue en la Fig.

3.9

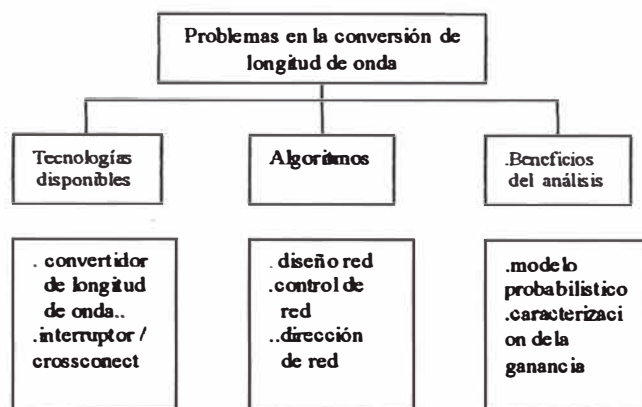


Fig. 3.9 Organización de este estudio

En la sección siguiente la tecnología el cual a hecho posible la conversión, es descrito como el convertidor de longitud de onda esta construida, y como el diseño del interruptor ha evolucionado a incorporar estos convertidores sería el tema principal de esta sección.

3.4 Deterioro del DWDM

Esta siendo establecido que introduciendo muchas longitudes de onda sobre un solo núcleo de fibra es dificultoso. Esto es debido al número de fibras deterioradas que son un fastidio en algún sistema óptico, pero absolutamente agobiante al sistema DWDM. De alguna manera, algunos efectos pueden ser controlados introduciendo las longitudes de onda aun más cerca, y otro deterioros requieren mantener las longitudes de onda muy aparte. Algunos efectos puede ser ayudando al transmisor de energía, mientras otros requiere limite de energía. Pero tan solo son ellos, y por que ellos interactúan de esa forma. Todo deterioro de la fibra puede ser caracterizado como efecto de la dispersión.

Ello es aun más dividido dentro del efecto de dispersión modal, efecto de dispersión, y efectos miscelaneos, pero todos ellos se manifiestan ellos mismos como dispersión. En la Tabla 3.1 esta la lista de efectos la causa y el trabajo alrededor en el sistema DWDM. Mantener en mente que esta tabla es una destilación de efectos de dispersión que más deterioros de sistemas DWDM. Aquí hay muchos otros tipos de dispersión y deterioros de la fibra. Esto debería ser notado que muchos de estos efectos también varían con la velocidad serial de bit usado en el canal de fibra de un sistema DWDM. Como una regla general, doblando la velocidad de 5Gbps a 10Gbps será cuadruplicando la dispersión sobre la misma longitud de fibra.

Efecto modal	Causa	Trabajando alrededor de DWDM
Dispersión Intermodal Dispersión Intramodal	Multimodo interactivo Varios:	Métodos de construcción de la fibra:
Material (cromático)	RI varia con la longitud de onda	El efecto se cancela a 1300 nm (puede ser cambiado)
Onda guía	20% de la luz que viaja al revestimiento de acero	
Modo de polarización	RI varia con la polaridad	Perfectamente alrededor del núcleo(dificultad)
Efecto de dispersión		
Rayleigh Raman (SRS)	RI varia con la densidad de la fibra Baja longitud de onda del alto bombeo produce “ declive de potencia”	Densidad perfectamente uniforme Bajo poder, limita el espacio, empaque de longitudes de onda muy juntas
Brillouin (SBS)	RI varia con las ondas acústicas	Bajo poder limitado numero de canales, evita 2 caminos de sistema
Efectos varios		
Cross talk lineal	Principalmente resulta de SRS	Usa filtros, longitud de onda separada
Cuatro- mezclando ondas(FWM)	Respuesta de la onda aditiva RI varia con la intensidad (llamada efecto óptico Kerr)	Observando la longitud de onda del canal, evita 10+ Gbps sistema Balance de poder en el sistema
Propia fase de modulación		Limite de poder en el sistema

TABLA 3.1 Diversas Causas de Fallas

3.5 Transponder Óptico

Naturalmente, si es necesario convertir el flujo de tráfico óptico a electricidad para cambiar la longitud de onda modulada en un cross-connect óptico, es esta limitación considerada cuando esta viene a red óptica. La meta de la red óptica es hacer tanto como sea posible dominio en lo óptico y contar sobre electricidad tan poco como sea posible excepto para funciones de control necesaria hasta computadoras ópticas se vuelvan disponibles.

Hasta recientemente, toda longitud de onda corregida requirió un sistema de red óptica tuvo que ser hecho para recuperación de la corriente de bits representada por la señal óptica y luego demodulando la nueva longitud de onda recuperando el flujo de bits. (El termino “transponder óptico” describió que el dispositivo hizo, no como el dispositivo hizo esto.) No solo este fue lento, pero este introdujo un no deseado pero necesaria etapa eléctrica al interior que debería ser un dispositivo puramente óptico.

Pero verdaderamente transponders ópticos han sido la menos demostrada y anunciada como producto. Sin embargo, mas no es aun enviado a los clientes o es disponible solo para propósitos de prueba. La idea general detrás del transponder óptico es similar a el cross-connect óptico solo elemento discutido. Una intensidad – modulada de señal óptica sobre una longitud de onda λ_1 introduce el transponder óptico sobre una fibra. Al mismo tiempo, un portador demodulada de longitud de onda λ_2 entra al dispositivo sobre una segunda fibra. Mantén en mente que esta “fibra” podría ser una onda guía grabada en silicio. El siguiente, como en un simple elemento cross-connect óptico, el núcleo de la fibra o área de la longitud de onda guía atraviesan juntas muy cerca. La sección activa de el transponder óptico tiene una especial característica óptica varíe demasiado en

prototipos es fácilmente caracterizados. Sin embargo, el punto es que la longitud de onda λ_1 modulada y portadora longitud de onda λ_2 demodulada mas adelante interactuar en tal forma que la intensamente representando la modulación de bits sobre la longitud de onda λ_1 es recogido por portador la longitud de onda λ_2 . En esta forma la salida del transponder óptico es una longitud de onda modulada λ_2 . La salida de la longitud de onda λ_2 ahora porta la misma secuencia de bits como la entrada de longitud de onda λ_1 que seguramente puede ser ignorada. Después alguna amplificación óptica, longitud de onda λ_2 esta ahora preparada a ser además cross – connected. El principio detrás del transponder óptico puro es mostrado en la fig. 3.10

En la práctica el transponder óptico ha demostrado ser caro e ineficiente. Esto es actualmente mucho mas costo – efectivo y confiable convertir la entrada óptica sobre la longitud de onda λ_1 dentro electricidad y luego usar la corriente de bits recuperada

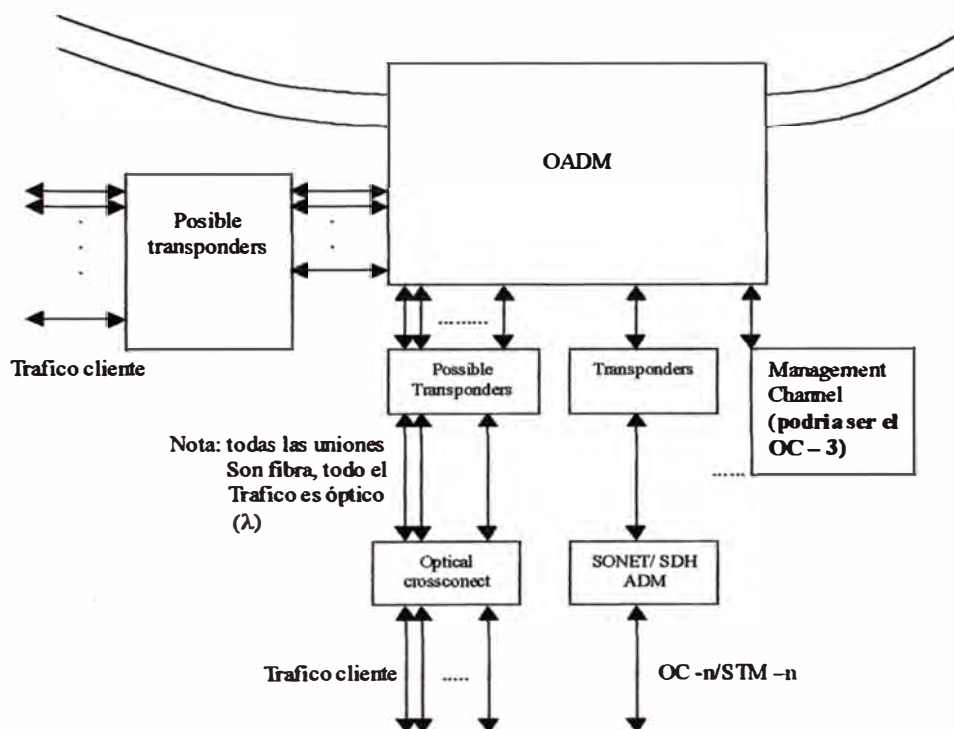


Fig. 3.10 Arquitectura Básica de un Nodo de Anillo Óptico

Conducir la modulación eléctrica de la longitud de onda λ_2 de la salida. Tal conversión eléctrica – óptica no es la principal filosofía de nodos de red óptica, sin embargo tan pequeño por pequeño todo - óptica transponders encontrara su camino dentro del mayor elemento toda la red óptica de OADMs a OXCs a switches.

3.6 Colocando las piezas juntas

El componente básico de la red óptica – DWDM, OADMs, transponders y cross – connects óptico (algunas veces llamado “ODCs,” aunque no es realmente “digital” acerca ello, o OXCs) puede ser combinado en crear un nodo óptico sobre un anillo – fibra. Este anillo fibra óptico no es un gran anillo SONET/SDH, por supuesto, aunque SONET/SDH ADMs y como podría aun estar presente sobre el anillo. La fibra esta ahora portando longitud de onda DWDM, y puede aun ser instalado la nueva fibra solo para DWDM (aunque si el espaciado es lo suficientemente corto) SONET/SDH la fibra de modo unitario trabaja tan solo bien). Esta estructura de nodo básico es mostrado en la figura 3.11.

Una parte importante de la fig. 3.11, para nuestro propósito es que SONET/SDH no es tan grande, la razón para la existencia de este anillo. El papel que SONET/SDH juegan en la total arquitectura es reducida ala red de manejo o un poco, tal vez. La arquitectura del anillo puede aun ser a cuatro – fibra BLSR, u otro tipo de anillo, y es frecuente.

El interruptor de protección es aun un elemento llave de alguna arquitectura de anillo, é incluido el anillo óptico DWDM. Lo bueno de estas cosas es la presencia continuada de SONET/SDH sobre el nuevo anillo DWDM es el doble, primero transponders pueden

ser usado seguido uno o mas de SONET/SDH ADMs usa el anillo DWDM. De hecho la capacidad del anillo para SONET/SDH es aumentado grandemente desde que hay muchos longitudes de onda disponibles. Esto permite también “el legado” SONET/SDH equipo aparte, el anillo por supuesto. Segundo, desde hay un solo anillo de fibra fisica que proteger, una vez el nivel de línea superior SONET/SDH hace la protección, el switching decide usar otra rama o aun ring – wrap, luego, todo lo del otro canal DWDM sigue a lo largo. En otras palabras, un anillo SONET/SDH puede usar el estatus de línea superior de bits decide “wheter” hacer la función de algunos anillos de protección, aun señales envueltas regresan alrededor del anillo.

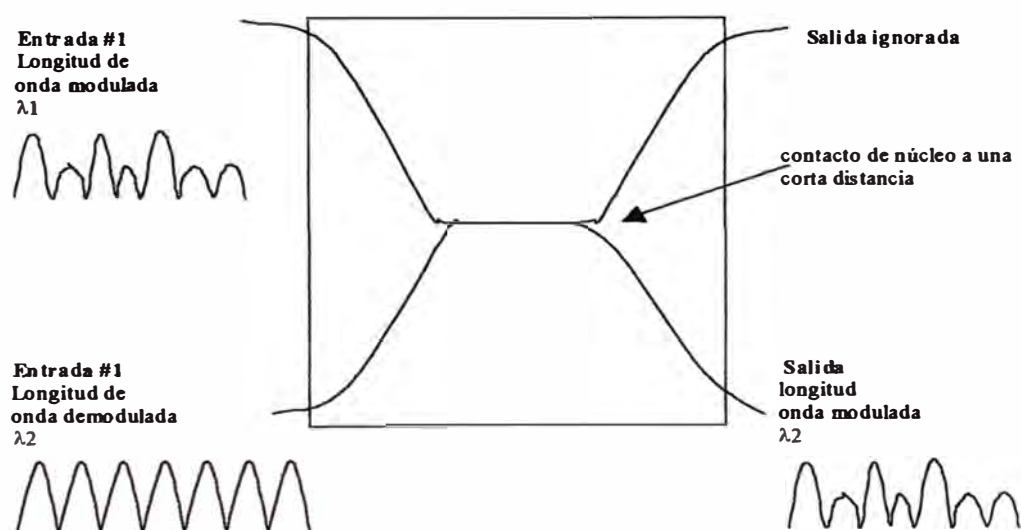


Fig. 3.11 Un elemento óptico cross - connection

Este switching de protección es solo hecho por SONET/SDH, pero si la señal SONET/SDH, es una longitud de onda sobre un anillo DWDM, luego todas las longitudes de onda disfrutaran la protección que SONET/SDH provee. ¿Pero que hay de todos los otros canales de longitud de onda?. Allí no se necesita sustituir este flujo con SONET/SDH, aunque siempre es posible.

Aunque otra interfaz de fibra directa podría ser usada, y esto tiene que ser siempre una meta y del sistema de red óptica. Muchas tramas de estructuras otras SONET/SDH que usan fibra como un medio de transporte. Por ejemplo, la fibra de interfaz de distribución de datos (FDDI) es una arquitectura de anillo de fibra de 100Mbps, pero las tramas FDDI no son tramas SONET y poner muy pobremente dentro SONET STS – 3c de carga útil (algo de 55Mbps es “desperdiciado”). El canal de fibra es otra arquitectura no alineada con SONET, y aun Ethernet de 10Mbps tiene corriendo sobre la fibra un número de años (base 10-F). Ninguno de estos esta SONET, o beneficiado de la presencia de SONET directamente (switching de protección SONET es realmente beneficiado indirecto, desde FDDI y algunos otros tienen su propia forma de switchig de protección). El punto aquí es permitir el trafico directo a la fibra mas eficientemente usando un anillo de fibra requiere usar tramado SONET/SDH, debería ser soltado Si los nodos SONET/SDH están presentes, solo conectémoslos dentro un OADM, se asigna una longitud de onda, y separe. La red óptica ofrece una forma de proveer servicio, solo vende una longitud de onda a un cliente para alguna forma de tráfico. El cliente podría usar la longitud de onda para lo que sea, o no SONET/SDH. El transponder, OADM, cross-connect óptico, así cuidando de asegurando el trafico de flujo cuidado por la longitud de onda escogida encontró esta manera de a través del nodo del anillo, cruzando el anillo, entre anillos y etc. El cliente no necesita saber (y no necesita cuidar, que longitud de onda esta usando para el tráfico internamente, y aunque es conocida podría ser proporcionado rutinariamente .

Es flexiblemente la promesa real de la red óptica a clientes y proveedores de servicio. SONET/SDH corren a velocidades corregidas. Por muchas cosas no están alineadas con velocidades de SONET/SDH. Tramas SONET /SDH pueden llevar muchas cosas, pero

en mucho sentido real ambos SONET y SDH esta optimizado para el canal de voz VT. Otras cosas por fin, pero alguno solo pobremente con mucho ancho de banda desperdiciado y funciones superiores superfluas.

Si todo canal de red óptica DWDM no se vuelve – SONET/SDH, ¿cómo ellos hacen al cliente y proveedores de servicio ganar algún beneficio de SONET/SDH switching de protección y funciones de manejo de red podría ser agregado a cada uno directo ala tecnología de la fibra, ¿correcto?.

Probablemente no, aunque ahí esta siendo propuesto a lo largo de esta línea.

El estándar de DWDM permite para un canal de red de manejo a 1,310nm, fuera del rango normal de demora del trafico DWDM. Este canal coincide con la longitud de onda estándar SONET/SDH sobre este canal protege y maneja todos los otros servicios sobre la única fibra fisica.

Este canal de manejo SONET/SDH no necesita llevar nada vivo a todo usuario de trafico. Esto podría parecer completamente anti – económico, solo desde el cabezal se necesito para protección y propósitos de manejo. Sin embargo, algunos vendedores de DWDM han hecho uso creativo de este canal poniendo adelante el correcto de error (FEC) derivado de un código de información de bloques de bits sobre otros canales. Entonces allí esta el beneficio agregado

3.7 Sistema Micro electromecánico (MEMS)

La tecnología MEMS no esta limitada a aplicaciones de red óptica. Mems es actualmente un término a un nuevo tipo de técnica de fabricación de dispositivos y no esta limitado a aplicaciones de red óptica. La tecnología MEMS construye muchos tipos de “micromaquinas” , usado en la industria del motor, espacial, y electrónica, entre

otros, también en telecomunicaciones. MEMS es un tipo de mecánica del circuito integrado, es la misma gran escala de tecnología del circuito integrado, usando proceso grabado, produce circuitos y componentes sobre una oblea de silicio. Pero con MEMS las capas están grabadas de manera que produce no solo electricidad y un camino óptico, pero también elementos de estructura microscópica. Entonces en lugar de producir transistores, la teoría MEMS produce dispositivos mecánicos de 10 micrones de diámetro que puede ser movida como dirigida por una minúscula corriente eléctrica. Varias compañías, entre ellos Lucent, y red de Nortel han escogido a MEMS a crear cross-connect óptico. El proceso MEMS componente de rendimiento que son pequeños y económicos y que pueden ser combinados con circuitos integrados produce un dispositivo óptico muy eficiente. Las micromáquinas MEMS son robustas escalables y larga vida suficiente lugar muchos de tales dispositivos sobre una sola oblea. Tal escalabilidad es importante en la red óptica cuando viene de DWDM, por supuesto.

Un switching óptico MEMS usa espejo de luz directa de entrada a salida. Los espejos son muy pequeños, y el espejo MEMS esta posicionado tal que la entrada de la longitud de onda de la luz cae dentro de la fibra sobre uno ó mas de los espejos MEMS. El espejo MEMS puede ser inclinado bajo el control electrónico de lado a lado de arriba hacia abajo, directo dentro de la fibra a una salida de la fibra.

Hay muchos tipos de MEMS arquitectura de switchs ópticos. En una de la más prometedoras switches, hay 256 salidas (256*256). La operación de este switchs MEMS es muy simple de entender.

Imagina una persona en un lugar oscuro con varias ventanas. Afuera una ventana, un automóvil dos reflectores claros sobre la persona. El farol gemelo representa dos longitudes de onda y la ventana una entrada de fibra. La persona puede tener un espejo é

inclinarse el espejo directo a la luz de el farol afuera de algunas de las otras ventanas en el cuarto. El espejo puede estar completamente inclinado rápidamente re - direccionar la luz a otra ventana. El flash de otra ventana con luz reflejada representa la salida de la fibra de él dispositivo. El switch MEMS, es el flujo de todos los fotones que llevan longitudes de onda que chocan en una serie de pequeños espejos en la columna de espejos MEMS. Los espejos puedan ser controlados muy rápidamente y muy precisamente refleja toda las longitudes de onda sobre la propia salida de la fibra.

El programa de control envía una señal a un electrodo sobre el CHIP MEMS. El electrodo crea un campo electromagnético minúsculo que hace que el espejo incida correctamente. Llegando luz de hasta 256 entradas de la fibra es filtrada y enfocada tal que la luz de cada fibra caería sobre una de los 256 entradas de espejos MEMS en la total selección de espejos sobre el Chip. Otros espejos reflejan todas las 256 luz de retorno dentro de los 256 espejos de salida. El espejo de salida dirige la luz de la propia salida de la fibra. El principio básico de él switch óptico MEMS es mostrado en la figura 3.12.

En la figura solo 16 fibras y espejos son mostrados por simplicidad. Dos tramos de luz esta detallada con diferente estructura de flecha. En muchas arquitecturas ópticas MEMS, hay parejas con muchos espejos como fibras, cada fibra puede llevar múltiples longitudes de onda también. En este caso el tramo de luz es un poco más complicada. Cuando múltiples longitudes de onda esta presente, cada uno debería estar enviando a través de un filtro y lente disposición de imagen. Pero al final el resultado es que llegando alguna longitud de onda sobre alguna fibra puede ser dirigida sobre alguna salida de la fibra.

El elemento del switch MEMS es muy pequeño. Una arquitectura MEMS emplea espejos solo a través de medio milímetro aproximadamente el tamaño de una cabeza de alfiler. Este espejo está espaciado un milímetro aparte. Y toda la selección de 256 espejos queda sobre una oblea de silicio de 2.5cm sobre un lado. Este juego de espejos es aproximadamente 32 veces más denso que el switch de la matriz requerido, si la luz tiene que ser convertido a electricidad.

El switch óptico completo MEMS es aproximadamente el tamaño de una toronja y desde allí no necesita fuente convertir 256 eléctrica- óptica, el switch consume aproximadamente 100 del poder requerido por un tradicional cross – connect óptico.

El espejo está hecho de silicio, no metal. Este tiene dos ventajas. Primero, silicio regular – basado en técnicas de fabricación puede ser usado. Segundo, el espejo de silicio es más estable que uno metálico, en términos de temperatura y performance de campo eléctrico.

En un proceso de fabricación el espejo es hecho en gran parte por auto – montaje. En el final de la etapa de fabricación, es sacado, diminutas fuentes detrás de los espejos sobre la superficie de la oblea de silicio.

Un marco alza cada espejo alejándolo lo suficiente más allá de la superficie de la oblea y empotrándolos en el lugar con tan sólo lo suficiente para permitir los rangos apropiados de movimiento requerido.

La selección de espejo en el switch 256x256 usa un espejo para entrada y para salida. El espejo tiene que ser suficientemente duro para evitar fluctuaciones por el no alineamiento. El espejo de silicio puede ser fácilmente escalado manejar más y más puertos y/o longitudes de onda. Una arquitectura soporta un total de 10 terabits por segundo de capacidad del switching, y cada fibra puede operar a 320Gbps de velocidad

agregada. Esto es aproximadamente 10 veces la capacidad de la rapidez del enrutador eléctrico – óptico.

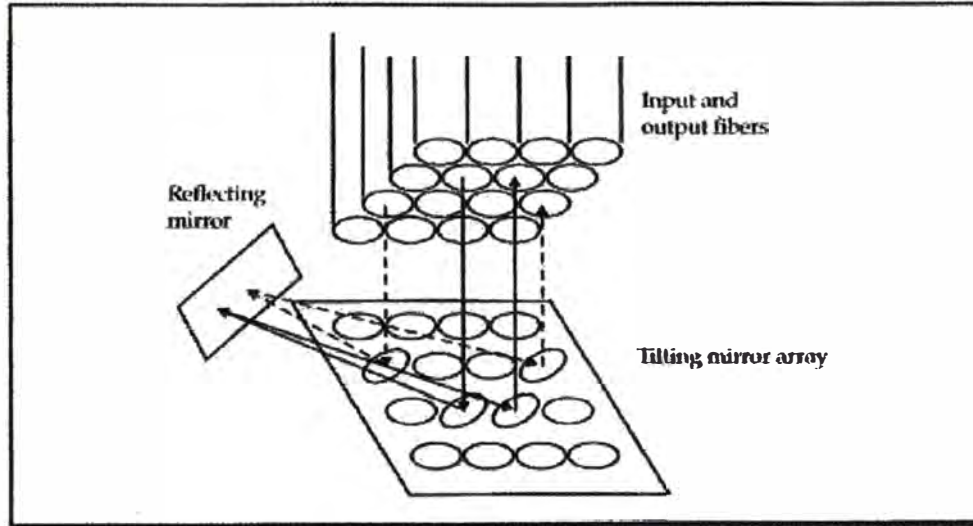


Fig. 3.12 Principio de Operación del Switch Óptico MEMS

3.8 Ondas Guía TERMO – ÓPTICA

Switches ópticos basados sobre tecnologías MEMS son muy promisorias hay por encima de diez MEMS que ponen en marcha las compañías en el silicon valley de California, cada uno espera que su acercamiento tendrá éxito de una manera grande.

Pero MEMS no es solo la manera de producir una arquitectura de switch óptico, que usa

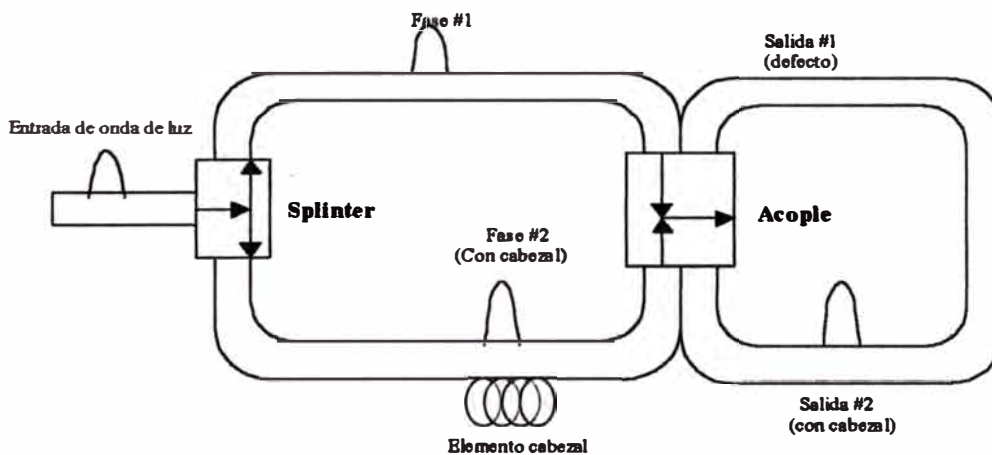


Fig. 3.13 Onda de Guía Termo Óptica

componentes bastantes pequeños y baratos que controla el flujo de luz de la entrada hacia la salida. Una aproximación interesante es conocida como ondas guía termo - ópticas. Las ondas guía son sendas del chip del circuito integrado que tiene todas las propiedades de la fibra óptica. Las ondas guía puede ser construida por el mismo proceso estándar usado en hacer el circuito integrado y tan parecido “fibras sobre un chip” las ondas guía tienen un núcleo y un revestimiento hecho de vidrio con diferentes índices de refracción, tan igual al cable de fibra óptica normal. Hay varios tipos de switches de onda guía óptica un diseño de corriente es explorado por varias compañías para uso de productos switching óptico que es conocido como el efecto termo óptico. El efecto termo óptico toma ventaja del hecho que el cambio leve de temperatura aplicado ala onda guía cambiaría la fase de la luz, como este viaja como una onda. Cambiando la fase entorno puede cambiar la trayectoria de la onda guía tomada por la luz. Entonces un elemento switching óptico basado sobre el efecto termo – óptico parece el básico elemento switching basado sobre campos eléctrico discutido anteriormente. Pero en lugar de contar con la corriente eléctrica haga el trabajo, el switch termo – óptico emplea calor con el mismo efecto. Es fácil de aplicar calor en tan solo el lugar correcto y tan solo la cantidad correcta a lo largo de la onda guía, más fácil que aplicar electricidad. Después de todo, el total de elementos switching tienen muchos circuitos eléctricos para el control, y agregando mayor campo eléctrico en el pequeño lugar puede causar efectos colaterales no deseados. Los efectos térmicos son más controlables y eficientes.

El elemento básico del switching termo – óptico tiene una entrada de onda guía y dos posibles salidas de onda guía. Entre, hay otras dos cortas ondas guía, internas que la primera ranura de entrada de luz y entonces el par de dos ondas guía internas juntas otra vez. Abriendo y acoplado una sola onda de luz, y no hay mucha perdida de energías el

tramo es lo suficiente corto. Ordinariamente, este recombinado de la luz podría ser no excepcional. El recombinado de luz podría proceder bajo la salida de onda guía “por defecto”. Pero la termo óptica hace esto posible el uso de este acoplado de la luz como un elemento switching.

La temperatura es cambiada ligeramente en una de las ondas guía internas usualmente para adicionar una pequeña cantidad y es como calentar ligeramente un pequeño resistor eléctrico. El ligero rizo en temperatura es una de las ondas guía internas hace crecer este trecho ligeramente mas largo, que el segundo tramo interno enfriado. Este alargamiento cambia la fase de la luz pasando a través de las ondas guía internas. Cuando la luz esta “brought back” otra vez junta, la diferencia en fase “bumps2 de la onda de luz sobre la segunda salida de onda guía. Allí nada es extraño o raro acerca de su interacción de la luz, por lo menos cuando la fisica del quantum es preocupado. Esto es solo una aplicación de interferencia de onda de luz o interacción en practica.

El principio general de los elementos switching termo – ópticos es mostrada en la figura 3.13. En la figura una entrada de onda de luz es abierta sobre dos ondas guía separadas. Si el calor no es aplicado en la rama inferior de la Fig. 3.13, el par saldrá afuera hacia la sonda guía etiquetada con la salida #1 en la figura. La figura muestra el elemento activado, y ligeramente de diferente fase induce en la forma de onda sobre la rama inferior. Entonces la salida de la onda de luz no toma por defecto la salida de la onda guía pero acaba hacia la onda guía etiquetada en lugar de eso con la salida #2.

Solo una de las ondas guía necesita ser calentada, guardando energía y haciendo todo elemento en simple diseño. Algunas veces la omisión del tramo de la onda guía es el tramo actual de salida deseada, y este guarda tan bien fuerza y energía. Las ondas guía desde ellas comparten muchas de las características de un circuito integrado puede ser

hecho en grandes lotes y es pequeño y barato. El substrato de oblea común puede también servir como plataforma de láser y detectores integrados. Muchos componentes pueden ser integrados en el diseño del chipset básico construyendo a mas elaboradas maquinas switching para red óptica.

3.9 El Switch Burbuja

Mas personas están familiarizados con la impresora de inyección a común que esta incluido frecuentemente con el precio de la PC. La tecnología de la impresora a tinta es simple y barata, emplea burbujas en varias formas . por ejemplo, la cabeza de la impresora a tinta tiene minúsculos hoyos que echan tinta sobre una hoja de papel. Las cartas están formadas por burbujas de tinta echadas selectivamente salen de los hoyos del cabezal de la impresora. Sorpresivamente, la misma tecnología básica de la burbuja de chorro usado en esta impresora puede ser usado en construir un switch óptico.

Un switch de burbuja óptica emplea ondas guía sobre un substrato de oblea, el mismo empacado fundamental usado en todo switch óptico usado hoy en día. Pero en el switch de burbuja óptica estas ondas guía este grabado forma parte de la superficie. A la unión de cada intersección de onda guía, existen minúsculos hoyos, el hoyo puede ser la fuente de una minúscula burbuja de fluido, no tinta. Este fluido de burbuja óptica switch tiene las mismas propiedades de índice de refracción como la onda guía. Entonces si no esta presente en el cruce, la luz es cambiado sobre la segunda salida de la onda guía. Los hoyos a el cruce conecta a la cabeza de la impresora a tinta la superficie pertenece a el substrato de la oblea. Esta cabeza de impresora modificado puede ambos excretar y absorber ala burbuja del fluido ala intersección. Este es la presencia coordinada y

ausencia de la burbuja a la unión de la intersección de las ondas guía que de la burbuja a la unión de la intersección de las ondas guía que hace el switch de burbuja óptica trabaje. El principio general del switch de la burbuja óptica es mostrado en la fig. 3.14 la estructura actual de la burbuja switch es un poco más complicado que lo mostrado en la figura,. La burbuja típicamente esta en los canales conectando “hoyos de relleno”. Un canal podría tener varios hoyos de relleno y varios tramos de unión en el switch. Tampoco los canales, ni los hoyos de relleno son mostrados en la figura.

En la figura 3.13, la porción superior de la figura muestra que el tramo de una onda de luz tomara en cruzar la burbuja switch cuando no esta presente alguna burbuja en la unión.

Los hoyos están mostrados en la porción superior de la figura, pero el cabezal no tiene insertado una burbuja dentro de alguna de las uniones. Como quiera que sea la porción de la figura muestra que ocurre al tramo de la onda de luz cuando una burbuja es inyectada y esta presente una de las uniones de las ondas guía.

La burbuja actúa como un espejo que refleja la onda de luz a otro elemento de la rama switching. El cabezal de la impresora inferior el substrato de la oblea puede sacar la burbuja muy rápidamente muy bien. El diseño completamente complejo de salida puede ser ensamblado en esta creación.

Raramente, la complejidad de la burbuja switch esta en el cabezal, no en la oblea. El switch burbuja es pequeño, rápido, y eficiente. Como sea, las burbujas switches podrían no subir bien. Esto es por que de la dependencia sobre un hoyo del cabezal para cada unión. Una burbuja switch con 10 entradas y 10 tramos de salida tienen 100 uniones. Cada una requiriendo un hoyo de cabezal insertar y remover la burbuja.

Pero un switch burbuja con 1,000 entradas y 1,000 tramos de salida, son realmente 10 veces más largos que 100pueros switch, requiere 1 millón de hoyos de cabezal. Hay hoyos en cada unión, o 1000 veces más que en 100 puertos switch.

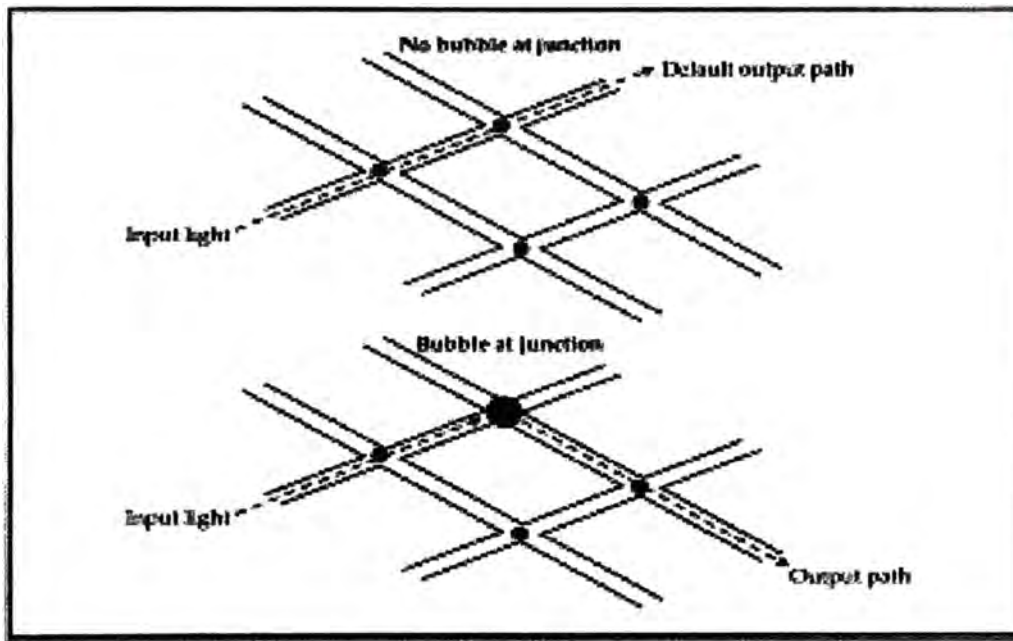


Fig. 3.14 Principio General De la burbuja de Switch Optica

3.10 Switches de Cristal Líquido

Aun más gente esta familiarizado con las pantallas de cristal liquido encontradas en relojes digitales y algunas formas de dispositivos de salida de las computadoras que están familiarizados con la impresora a tinta. El cristal liquido también puede ser usado como una base para switches ópticos también. Esto por que el cristal liquido es una cadena de moléculas con una longitud, delgado, siempre forma una dimensión o cuando y entonces puede volverse opaco. La misma propiedad óptica puede ser usado en construir un elemento switch óptico. El efecto termo óptico contara con un cambio en la señal de fase óptica con la aplicación de calor hacia un elemento switching. El switches de cristal liquido cuenta con un cambio en la polarización de la señal óptica con la

aplicación de voltaje eléctrico, hacia un elemento switching. Por que las moléculas del cristal líquido son tan largas y delgadas, ello dejara solo luz de una orientación particular que pasa a través del cristal líquido. Elementos switching del cristal liquido es construido con dos componentes activos. La célula y el desplazador. La célula de cristal liquido esta formado poniendo el liquido del cristal entre dos platos de vidrio. El vidrio es cubierto con un material oxido que conduce la electricidad y es también transparente. Los platos de vidrio forman el electrodo de la porción de la célula de el elemento switching,. La función principal de la célula es reorientar la entrada de la luz polarizada ala célula también requerida. El desplazador es un compuesto de cristal que dirige la luz polarizada llegando la célula. La luz polarizada en una dirección es dirigido a una salida de onda guía por el desplazador mientras la luz polarizada a un ángulo de 90 grados es dirigido a una segunda salida de onda guía. La estructura general de el elemento switching de cristal liquido es mostrado en la Figura 3.15.

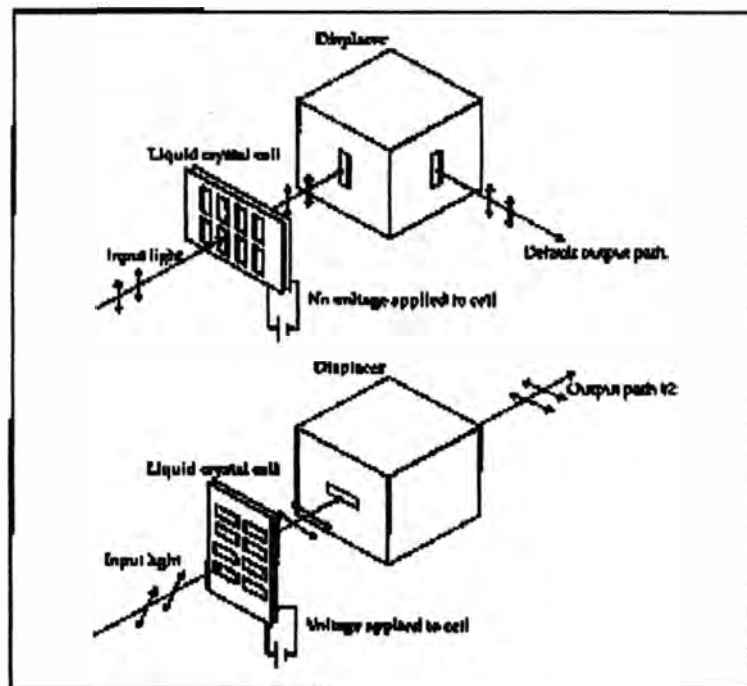


Fig. 3.15 Estructura General de el elemento Switch de Cristal Líquido

Como con otros switches ópticos, el switch de cristal líquido tiene una rama de salida por defecto cuando el voltaje no es aplicado a la célula, y una segunda rama de salida cuando el voltaje es aplicado.

La porción superior de la figura muestra la trayectoria de una onda de luz cuando el voltaje no es aplicado a la célula. La luz entra con polarización arbitraria alineado con la orientación de polarización por defecto de él cristal líquido dentro de la celda. El desplazador tiene también una orientación por defecto, y la luz emerge como se muestra en la parte baja de la Figura 3.15.

Los switches ópticos de cristal líquido esta siendo rodeado por el momento. En el pasado, este tipo de switches habían sido completamente lentos y padecían de bastantes pérdidas de señales ópticas. Bastante de este sombrero hace con la polarización de la luz. Si el alineamiento de la componente fue de solo un pequeño bit, las perdidas fueron inmensas. Investigaciones recientes han encontrado caminos que minimizan dichos efectos.

3.11 Componentes principales del Sistema DWDM.

- Nos encontraremos con la fuente que emite la señal en el rango óptico del espectro electromagnético, es decir, una fuente que emite señales luminosas y que consiste normalmente en un diodo láser.
- A continuación tenemos el medio físico por donde se propaga y transmite esa señal luminosa, que es el cable de fibra óptica constituido por un material de un determinado índice de refracción (el núcleo) y revestido por otro material de distinto índice de refracción (el revestimiento). Existen diferentes tipo de cable de fibra

óptica, pero precisamente la tecnología DWDM una de las cosas que permite, es el enviar las señales sin necesidad de amplificadores o repetidores a una distancia 600 Km. (mínimo) a 8000 Km. (máximo). En caso de que se necesite amplificar y rebotar la señal, se utiliza el elemento siguiente de esta lista.

- En DWDM, además de los bloques emisor, de transmisión y de recepción, hay un tercero que adquiere una importancia crucial: el amplificador EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) Las diferentes longitudes de onda que aparecen al final de la fibra se distribuyen mediante un dispositivo que puede ser un acoplador pasivo en estrella.
- Cada receptor lleva asociado un filtro óptico sintonizable que permite eliminar las señales no deseadas (es decir, seleccionar un solo canal / longitud de onda) y minimizar el ruido generado por el amplificador EDFA encargado de regenerar las señales que han perdido potencia a su paso por la fibra.
- Un dispositivo foto detector situado en el extremo final de la fibra que capta la señal emitida por la fuente y que ha viajado a lo largo de la fibra óptica.

3.12 Amplificadores de fibra dopada con Erblio (EDFA).

El atractivo de los amplificadores dopados con Erblio radica en que su banda de amplificación esta en la región de 1550nm. Entre las cualidades que posee este tipo de amplificador se cuenta con amplificación directa de la luz, alta potencia de salida, bajo ruido, amplio ancho de banda ($\sim 5\text{THz}$), alta ganancia ($\sim 30\text{dB}$), conexión con bajas pérdidas, pequeñas no linealidades y reduce circuitos electrónicos, una muestra de ello se puede observar en la fig. 3.16.

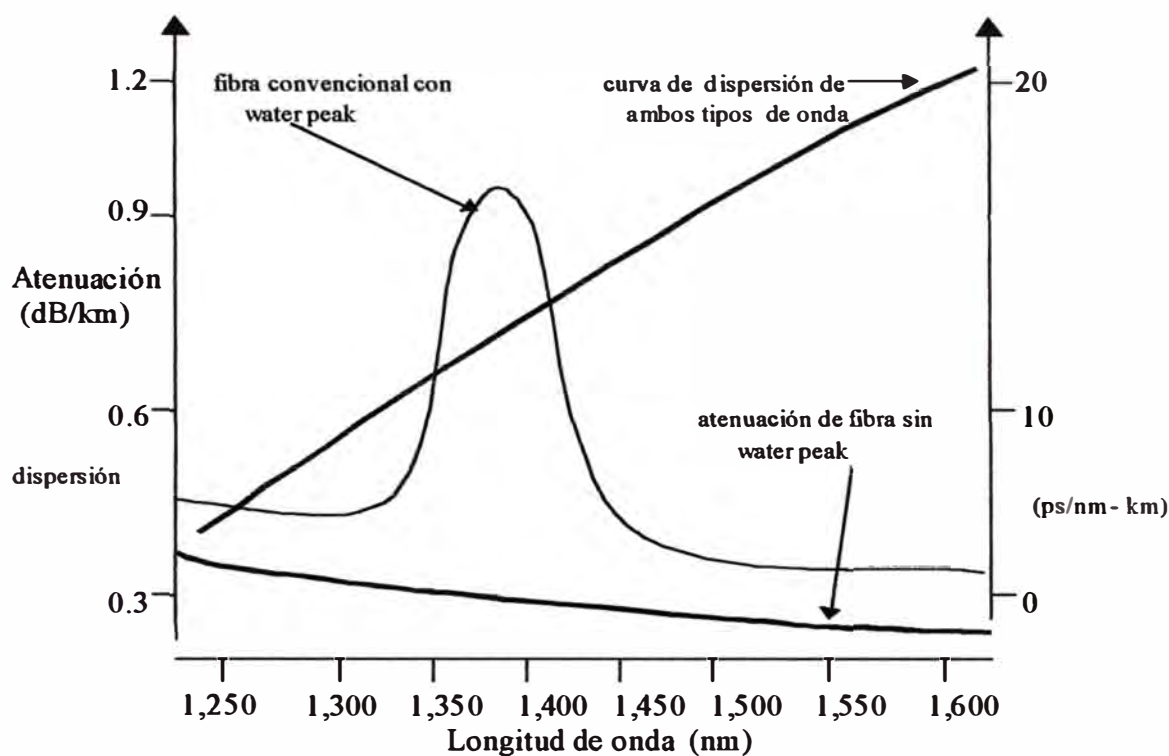


Fig. 3.16 Atenuación y dispersión en Fibras sin water peak

3.12.1 Principio de Funcionamiento.

Dentro de la fibra dopada, los iones de Erblio se excitan al absorber los iones introducidos por el láser de bombeo, pasando de un nivel de energía superior a su nivel de estabilidad. De este nivel superior pasan rápidamente a un nivel meta estable, donde permanecen por un período relativamente largo. Cuando los fotones de luz incidente, que tienen una longitud de onda igual a la diferencia de energía entre estados, penetran en el medio amplificador dopado con Erblio, provocan la caída de un ion excitado que se encuentra en el estado meta - estable, a un nivel de potencial de tierra. Esta caída produce la liberación de un fotón que posee la misma longitud de onda y fase que el

fotón de la señal. Es decir, se produce la emisión de luz en forma estimulada. Este proceso se repite muchas veces a lo largo de la fibra dopada, lo cual se traduce en una ganancia óptica. Pero este proceso va acompañado de una emisión espontánea, ya que ciertos iones caen sin ser solicitados produciendo el aporte de ruido óptico (ASE, Amplified Spontaneous Emission) de los EDFA al sistema. Este ruido, amplificado por el medio, perturba la señal principal en el receptor, como se observa en la Fig. 3.17.

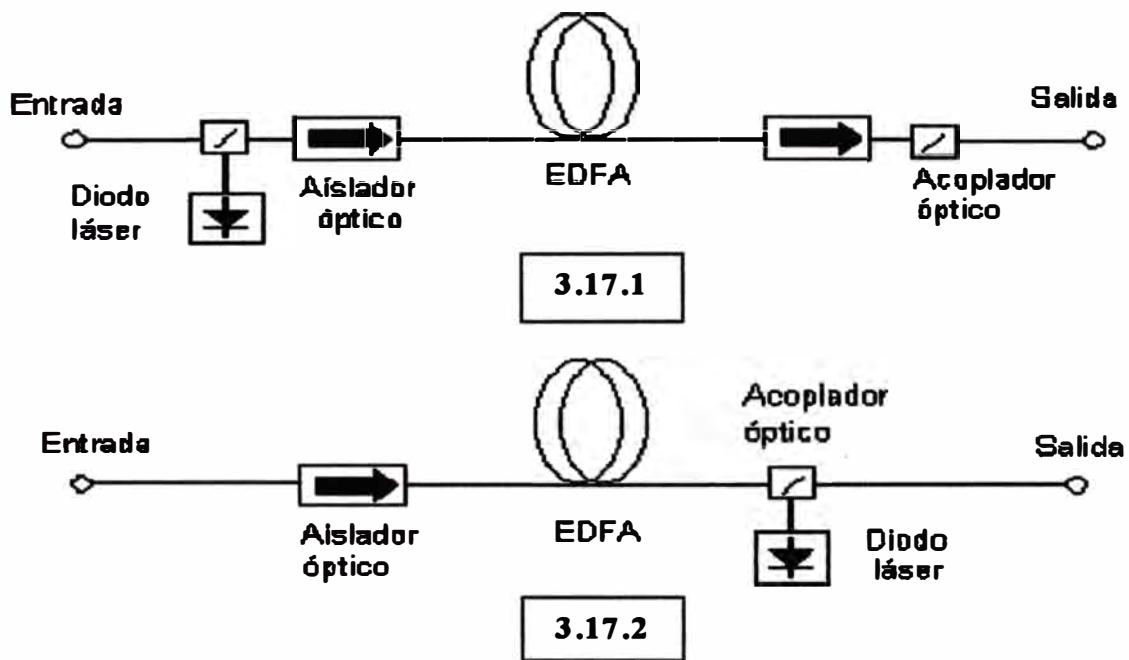


Fig. 3.17 Configuraciones Básicas de un EDFA, Fig. 3.17.1 Con Diodo láser en la entrada y Fig. 3.17.2 con diodo láser en la salida

3.12.2 Filtros ópticos

Los filtros ópticos constituyen un importante bloque de una red WDM pues realizan el proceso de selección de un determinado canal en los bloques receptores cuando se trabaja con modulación en intensidad y detección directa, además de esto, auxilia el ruido de emisión espontánea (ASE) generado por los amplificadores ópticos (esto último no será considerado en este trabajo).

3.12.2.1 Características de los filtros ópticos.

Un filtro óptico ajustable puede ser representado por una caja negra, según se ve en la figura 3.18, el que posee en su entrada diferentes señales, cada cual a su frecuencia óptica, y que tiene en su salida, debido al proceso selectivo, sólo una señal, Fig. 3.19.

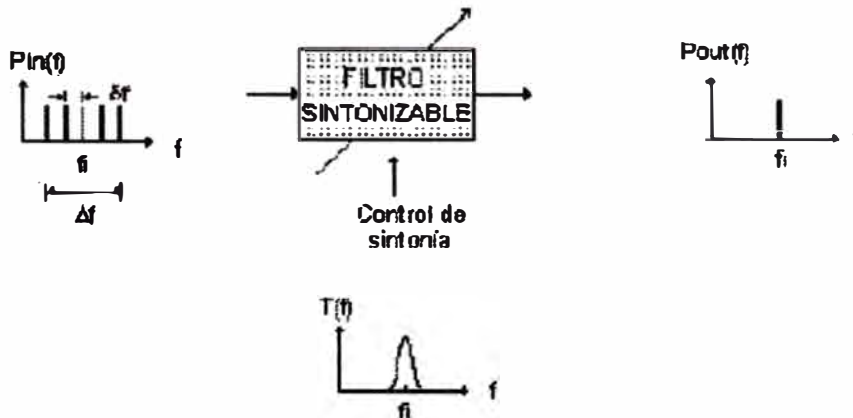


Fig. 3.18 Filtro Óptico

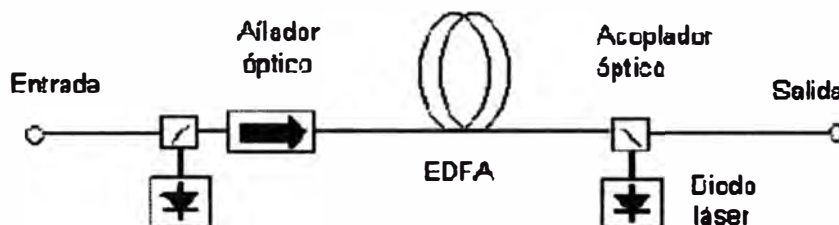


Fig. 3.19 Configuraciones Básicas de EDFA

Todos los dispositivos descritos en esta sección realizan la selección del canal en longitud de onda a través de procesos de interferencia. Así, cuando un canal es ajustado al dispositivo, su señal es reforzada por interferencia constructiva y enviado al bloque receptor, los demás canales a su vez son atenuados a niveles despreciables a través de

interferencia destructiva. Cuando se analiza el desempeño de un filtro óptico se debe tomar en consideración los siguientes requerimientos:

- Número máximo de canales sintonizables.
- Tiempo de acceso en la sintonía del canal.
- Pérdidas causadas por inserción y diafonía.
- Atenuación.
- Controlabilidad del dispositivo.
- Dependencia del dispositivo con la polarización.
- Tamaño, consumo de potencia y ambiente de operación del dispositivo.
- Costos.

El número de canales sintonizables tal vez sea el más importante requerimiento de un filtro óptico, pues determina cuantos canales de una red FDM/WDM pueden ser seleccionados en los bloques receptores.

Se puede analizar este requerimiento sobre dos aspectos: primero en cuanto al rango al cual el filtro es ajustado y en segundo lugar en cuanto a la selectividad de respuesta en frecuencia cuando el filtro es ajustado.

La velocidad con la cual un filtro óptico puede ser ajustado de una frecuencia a otra, dentro de su rango de ajuste, se determina por su tiempo de acceso y también constituye un importante aspecto en el análisis de aplicabilidad del dispositivo en la red. Otro importante factor de desempeño del filtro es su pérdida por atenuación pues ésta contribuye con el aumento de la penalidad del enlace.

Un filtro óptico debe ser estable de tal modo que una vez ajustada una frecuencia dada, factores térmicos o mecánicos no causen un desvío en el ajuste mayor que una pequeña

fracción de la longitud de onda del canal, además de ser fácilmente reajutable para cualquier valor de frecuencia, por esto la controlabilidad del filtro es un factor importante.

3.12.3 In – fiber BRAG Grating

La cuarta y la última pieza del misterio de la red óptica, en el aumento del crecimiento de las fibras ópticas especiales, en amplificadores de fibra, y láseres sintonizables de WDM y DWDM fue la invención de el “In- fiber Bragg Grating”. El “in- fiber bragg grating” es usado para aislar longitudes de onda individuales del receptor de el sistema WDM y DWDM algunas formas de aislamiento es necesario por que, el propósito general de los receptores usadas en mas sistemas ópticos hoy es el ancho de banda del receptor ello significa que registrara fotones de no solo de una longitud de onda especifica sino a través de una amplia gamma de longitud de onda.

Por supuesto, el ancho de banda angosto del receptor sintonizado para específicas longitudes de onda puede ser desarrollado y usado, pero este aprovechamiento es una propuesta cara, así como un aumento de trabajo del sistema DWDM donde las longitudes de onda están casi bloqueadas y casi juntas al mismo tiempo.

Hay otras formas de filtrar la salida de las longitudes de onda no deseadas al receptor como también el “in fiber Bragg Grating” naturalmente.

Lo atractivo de el “in Bragg grating” como el amplificador óptico "in fiber", es que estos dispositivos ópticos son parte actual de la misma fibra y permite el continuado uso de un estándar, receptor de banda ancha.

Algunos observadores, de lo mejor en escena de la red óptica, es la inversión del “in – fiber Bragg grating” (algunas veces llamado FBG), como segundo solo la invención del

láser como algo pequeñísimo en la red óptica. El FBG es simple en el extremo de hacerlo muy barato, y alta fidelidad. No se podría pedir más. El FBG es solo un corto (tan solo unos pocos centímetros) de “ordinary single – mode fiber” dentro del cual varia en el núcleo RI ha sido grabado usando haz de radiación ultravioleta. Cuando graba con el espacio correcto, el “in- fiber bragg enrejado” sería reflejado (seleccionado) una longitud de onda precisa regresa en la dirección de la luz ingresada de la fibra y pasa a la otra (no seleccionada) a causa de las longitudes de onda la fibra.

La fibra inalterada (hay algunos pequeños efectos de atenuación sobre la otra longitud de onda).

El pequeño cambio en el RI, a lo largo del núcleo de la fibra de una sección FBG sería reflejar una pequeña cantidad de luz a cada discontinuidad. Si la longitud de onda de la luz y el espaciado (periodo) de la rejilla es la misma. Luego hay reforzamiento positivo en la dirección contraria. En términos técnicos, la forma de las rejillas en el circuito resonante electromagnético.

Hay muchas variaciones sobre este diseño básico “in – fiber Bragg enrejado” algunos de estos puede ser usado para repartir el problema que la longitud seleccionada es reflejada de regreso a la fuente. Sería más útil pasar la longitud de onda deseada por la fibra y eliminando las otras, como un verdadero filtro y resulta posible grabar muchas diferentes FBG dentro de la misma fibra luego un “Blazed Grating” de la fibra fuera de toda la longitud de onda menos deseada.

El uso de FBG como filtro recibiendo al final de una unión simple de WDM, permitiendo el uso de un idéntico ancho de banda del receptor .

El único problema con el FBG ha sido algo de sensibilidad en las variaciones de la temperatura y el estiraje de la sección de la fibra. Con rejilla. Ambos efectos han sido

relativamente fáciles de controlar en la práctica. FBG puede no solo ser usado como filtro en sistemas WDM y DWDM sino también controla la dispersión en la banda de 1550nm y estabiliza la salida del láser ó sintonizándolo de otra manera.

3.12.4 Routers Ópticos

Todo esto está bien y bueno explorar un mundo donde el proveedor de servicio vende longitudes de onda y switches ópticos llevando tramas GBE con más grandes y más numerosas paquetes de IP que aun antes. Pero todos estos inmensos paquetes de IP deben venir y deben ir de un router de IP. Un switch no es un router IP. Como puede un router IP posiblemente mantener con tantos como 2,000 máximo – avaluado paquetes de IP por segundo llegando y saliendo sobre un solo canal GBE DWDM? Canales de 10 aun usado para este propósito podría requerir el router a procesar y dirija 20,000 máxima – avaluados paquetes IP por segundo por enlace!.

Afortunadamente, hoy router de Terabit IP (1,000Gb) son disponibles. Estos nuevos router son algunas veces llamado router de “carrier - class” se distingue entre estas fibras nodo de backbone y el router IP simple usado como CPE para las empresas. Este router es pedido para soportar velocidad de enlace tan altas como 20 a 60Gbps, y extrema extremos tan altas como 150Gbps a sido hecho. Esto es sobre una base per-port, pero todo esta unidad soporta enlaces múltiple, por supuesto. Más cajas de router Terabit son empleadas en “clusteres” y puede ser hecho para parecerse a una unidad operando a altas a, 19Terabits por segundo en agregado. La distancia entre unidades de un cluster puede variar de “aquí en este cuarto” a 15km. (cerca de 10 millas) o aun más lejos, y tal unidad puede ser espaciada mucho como nodo de anillo. Irónicamente, más router Terabits aun soportan velocidad de SONET/SDH, de OC – 3/STM – 1ª OC – 192/STM – 16, y no es particularmente apuntado a GBE o DWDM. Sin embargo, es aun impresionante ver un

router manejar 15 o 16 OC – 192/STM – 16puertos corriendo a 10Gbps cada uno. Eventualmente el router Terabit, el switch GBE, canal de DWDM, y OADMs vendrá junto a crear una nueva forma de red óptica. Si este es llamado red fotonica o IP sobre λ , algunas veces también no es importante. En molestia de la velocidad de la interfaz y formatos soportado, hay pequeños cuartos para SONET/SDH en muchas de las nuevas ecuaciones. SONET/SDH podría permanecer útil como un canal red administrador para la nueva red óptica, pero la palabra IP típicamente usa otras técnicas OAM&P tales como SNMP y Java.

Por supuesto, ninguna de estas podría ocurrir si el costo del componente de la red óptica tal como GBE dirige – a – fibra interfaces podría permanecer mas alta que pagando por el equivalente de capacidad SONET/SDH. Extrañamente, este no es el caso. La mas nueva línea de tarjetas (placas que soportan mas que una entrada o enlace de salida) con la interfaz de fibra óptica como para GBE costo significativamente poco que su contraparte SONET/SDH, y ellos ofrecen altas velocidades. Considerar un cliente o proveedor de servicio dio a escoger entre configurar un router/switch con un puerto AC – 12 (622Mbps) o un puerto GBE (1,000Mbps). Ambos trabajara, desde si uno puede ser llevado sobre una longitud de onda separada sobre un sistema DWDM.

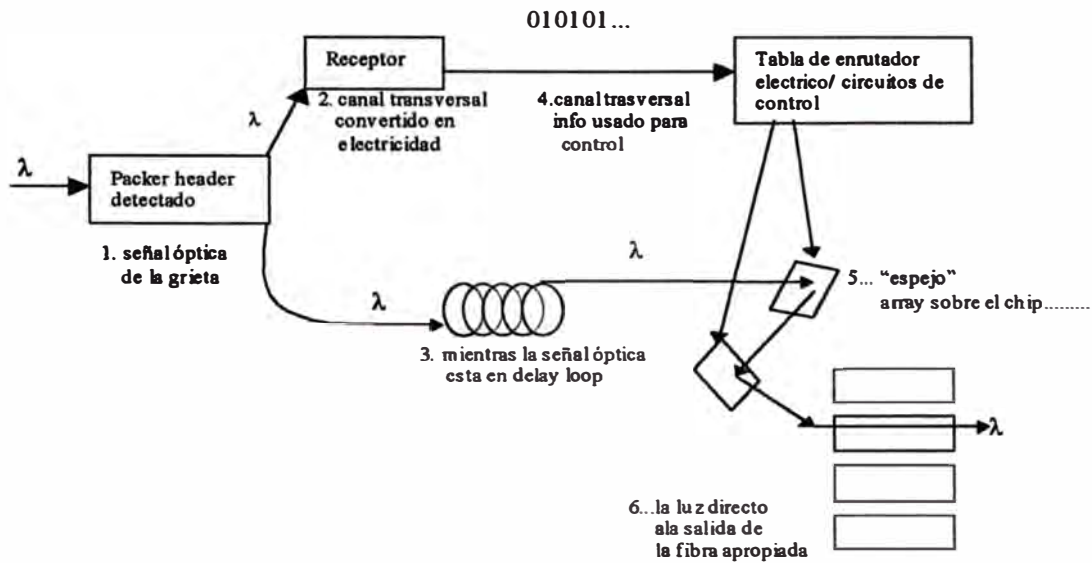


Fig. 3.20 Arquitectura de un Router Óptico

En otras palabras, la unidad adquirida y ofrecida en venta es el λ , no la velocidad. En este caso al escoger será más que probable reducirá el costo por bit y el costo por puerto (usualmente varios puertos deseados, por supuesto).

Una interface OC – 12 para un SONET ADM puede costar aproximadamente \$ 2,500 y una vez que este por encima es estabilizado de la OC – 12 el throughput disponible es aproximadamente 600Mbps, un poco más que la mitad que es disponible sobre GBE. ¿Por qué la diferencia? Por que completar con especificaciones la placa OC – 12 podría ser disponible manejar todo SONET, OAM&P, regulación de distribución, VTS y etc. Solo en el caso que alguno quiera poner voz canalizada voz hacia el enlace SONET. Saturando al GBE de no soportar tal requerimiento de la voz canalizado. ¿Quiere hacer voz sobre GBE? usa voz sobre Ip (VoIP) ¡ y olvídate la necesidad de across – connect! extrañamente este precio diferencial GBE versus SONET cercanamente imita el temprano precio diferencial entre Ethernet 10Mbps y Token Ring Lans de 4Mbps. Token Ring fue y será indiscutiblemente la mejor tecnología: no había colisiones, las

demoras eran predecibles, etc. Pero Ethernet ganó la guerra. Las placas de Ethernet cuestan algo de la mitad (o menos) que el costo de las placas Token Ring. Y la diferencia de velocidad más que crear para las imitaciones de Ethernet. ¿Por qué los vendedores de Token Ring no bajaran los precios para ser más competitivos?. Ellos realmente no podrían, por que la circuitería extra necesita rendir distribución Token, abalizando, etc. Fue requerido estar conforme con las especificaciones de Token Ring. Como sea los precios del Chip cayeron por Token Ring, la misma economía aplicada a lo mucho el más simple chip de Ethernet, entonces la diferencia la tuvo hasta Ethernet dominado por sí misma con GBE y SONET/SDH.

Esto podría ser un buen lugar para examinar el asunto de la relación entre tramas OSI – RM como GPE y trama PPP y transmisión como trama SONET /SDH y tramas DS – 1. Esencialmente, tramas SONET /SDH existe porque el tipo de tráfico que ambos SONET y SDH es optimizado por, a saber voz 64Kbps DS – 0, no tiene estructura trama en y de este mismo. Y el OSI – KM concepto de protocolo de la trama y paquete aplica ala red de datos, no control de error y el parecido, esta fue necesariamente inventar una trama de estructura de voz.

Esto es apenas una innovación de SONET/SDH. Las tramas T – 1, y E – 1 son solo aplicaciones de voz, estructura de trama permite para acceso de voz y cross – connections. Naturalmente el asunto es ahora si tal estructura trama para voz es realmente necesaria si VoIP se vuelve la norma, como aparenta el caso.

Todo punto es que desde GBE tiene una perfectamente adecuada estructura trama por VoIP y aun vídeo sobre IP y algo mas sobre IP, no hay alguno mas largo necesita el proveer tramado SONET /SDH un enlace de fibra. Una examinación mas detallada de el rol de SONET/SDH en el mundo DWDM de la red óptica.

El sol naciente de DWDM, red óptica, GBE, y al parecer probablemente ser reflejado por el ocaso de SONET/SDH. Todas las tecnologías dan caminos nuevos eventualmente métodos. Esta sección mira al posible despliegue de la “pieza perdida” de la red óptica, y el router óptico switch/IP. Pero aun en el mundo de la red fotonica, SONET/SDH podría aun tener lugar como un legado, ó aun consumidor, método de red.

Los switches ópticos en el mundo de la red óptica de DWDM es realmente sofisticado cross – connect óptico esta hecho por configuración, no paquete por paquete ó celda por celda sobre la base del contenido del cabezal como el verdadero routing y switching lo hace. Pero hay arquitectura que actualmente ruta ó cambia paquetes a través del dispositivo sin casi cambiado la entrada de fotones a electricidad, a menos la carga útil.

Una tal arquitectura para un router Terabit es mostrado en la fig. 3.20.

El truco de switching fotonico y routing es literalmente hacer esto con espejos la figura muestra como. Note que el enrutado de trafico entra y emerge como un flujo de luz y aun en paquetes individuales presente en el flujo puede ser enrutado a diferentes puerto de salida. Este lleva a cabo la definición de routing fotonico, no es el fin de la historia.

El verdadero switching y routing puede solo ocurrir cuando una verdadera computadora óptica controla en entero proceso. El desarrollo de esto es aun imposible. En el entretiempo, lo mejor que puede ser hecho es controlar todo el proceso circuitos eléctricos y tablas lookups.

3.13 Anillo óptico

Una vez el router Terabit óptico es agregado ala red óptica mixta, muchas cosas cambian Por longitud de onda y “ legacy” de trafico tal como SONET/SDH por el normal multiplexación por división de tiempo (TDM). El acceso al nodo básico es el dispositivo DWDM/OADM. El servicio suministrado y vendido estos también “IP sobre

λ ” bueno para cada cosa casi siempre de VoIP a vídeo a datos, o “legacy” voz, frame relay, y servicios ATM, bueno por compatibilidad retrospectivo. GBE es fácilmente adicionado a el lado IP de el mayor como un transporte tramado.

Una vez colocado hacia la(s) fibra(s) el DWDM, el trafico es pasado atravez de un nodo cross-connect óptico y hacia un anillo de fibra (o superficie). Este núcleo de anillo fotonico difiere de los anillos SONET/SDH en ese sentido que este es el cross-connects

óptico que es el nodo de anillo, no ellos mismos el DWDM/OADM. Esto hace darse cuenta por que la unida de transporte básico de el núcleo fotonico es la longitud de onda, no las tramas que manejan la longitud de onda. Este tipo de red de fibra de el futuro es mostrado en la Figura 3.21.

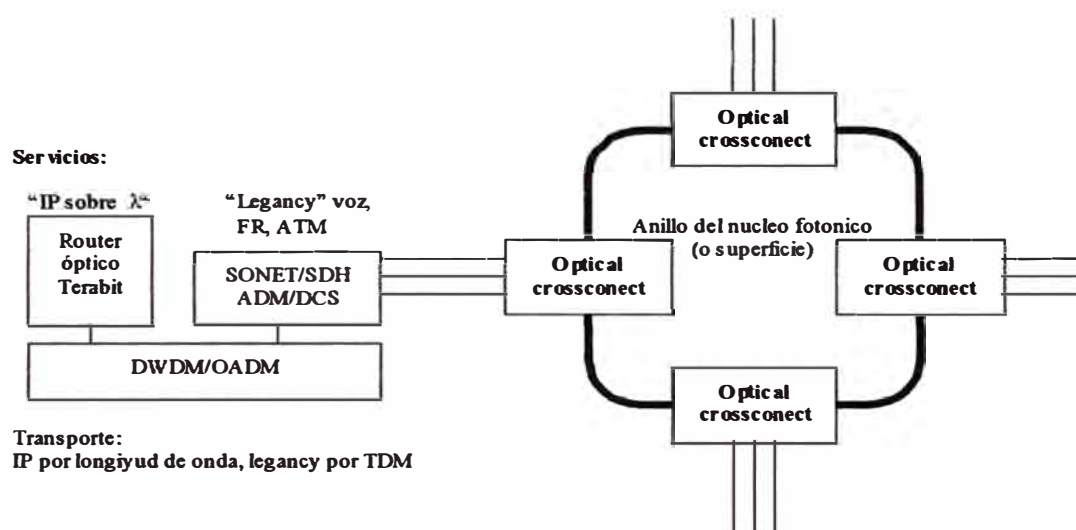


Figura 3.21 Arquitectura del anillo de fibra óptica

Esto es altamente discutible cuan cerca o cuan lejos en el futuro esta arquitectura podría estar. Algunos ven esto alrededor de cada esquina, algunos ven tal ancho de banda – de rica infraestructura como una total exageración excepto en un manojo de países alrededor del mundo (los estados unidos es parte de esto). Un escéptico notó que los

planes para poner una fibra enlazadora Gigabit a las islas Fiji fue como corriendo un Gigabit dentro una comunidad de 30,000 personas en los estados unidos - la economía es aproximadamente la misma medida. Aun con la demanda de Internet que es este, esto podría ser duro justificadamente – costo el enlace en los estados unidos, deja solo a las islas Fiji.

Entonces SONET/SDH proveerá suficiente ancho de banda para la necesidad del presente hasta para lo que se venga. Como para el futuro muchas tecnologías hacen su forma de proveer servicio backbone accede a la red a consumir productos. Los módem tienen certeramente hecho el viaje, y DS-1 podría seguir (mas planes para la nueva red residencial que factura velocidades de 1.5Mbps o mejor a la ultima baja de flujo). ¿Por que no SONET/SDH?

Despojando de la VT y cronometrando la ayuda en SONET/SDH podría reducir el precio de una interfaces OC-12/STM-4 en aproximadamente \$3,300 para 622Mbps. Tal vez el backbone SONET/SDH ADM una vez usado como nodo anillo, y ahora reemplazado por el OADM, podría hacer esta forma el fin de el enlace de acceso de fibra sirviendo la casa de alguien. Podría ser lo mejor en largo - termino esperar por SONET/SDH, pero habrá competición por el camino a cada paso.

3.14 Dispositivos WDM, Wavelength Add/Drop Multiplexer (WADM)

Un WADM consiste en un demultiplexor seguido de un conjunto de conmutadores 2x2 (un conmutador por cada lambda) y seguido de un multiplexor. El WADM, Fig. 3.22 se puede insertar en un enlace fisico de fibra. Si todos los conmutadores 2x2 están en estado de “bar”, entonces todas las λ fluyen a través del WADM sin ser perturbadas. Si uno de los conmutadores se configura como “cross”, por control electrónico, entonces

la señal de la correspondiente λ se extrae localmente y se puede añadir una corriente de datos en la misma λ . Se pueden extraer y añadir varias λ en función de la capacidad y el proceso del hardware.

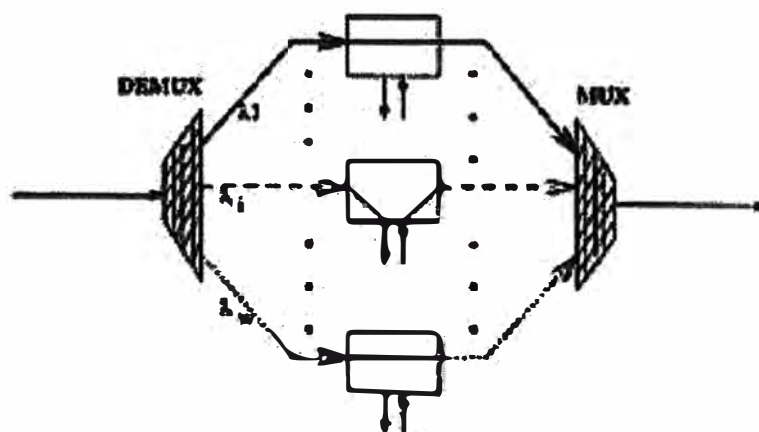


Fig. 3.22 WADM

Uno de los primeros pasos en red óptica es crear un dispositivo que no agregue y deje caer (add – drop) canales eléctricos, pero que actúe sobre la longitud de onda llegando y saliendo sobre un enlace óptico DWDM. Considerar el adicionar y soltar de longitudes de onda localmente. El principio fundamental del multiplexor add - dropp (OADM) es bastante simple. Un filtro es usado para aislar, o dejar caer, la longitud de onda deseada de las múltiples longitudes de onda que llegan sobre una fibra. Las múltiples longitudes de onda pueden ser dejadas caer, por supuesto, o permitidas pasar, dependiendo sobre la configuración física de los filtros. Cuando una longitud de onda es dejado caer, empleando otro canal la misma longitud de onda puede ser agregada, o insertada sobre la fibra, como este deja el OADM (ADM). Esto es mostrado en la Fig. 3.23.

Este simple OADM tiene solo cuatro canales de entrada y salida, cada uno con cuatro longitudes de onda (λ_s). Dentro del OADM, la ausencia de una longitud de onda dejada caer es indicado por un espacio en el contorno de la longitud de onda dentro del mismo OADM. Estos son lambdas vacíos, en el sentido que aquí no hay longitudes de onda presentes sobre la conexión interna dentro del OADM.

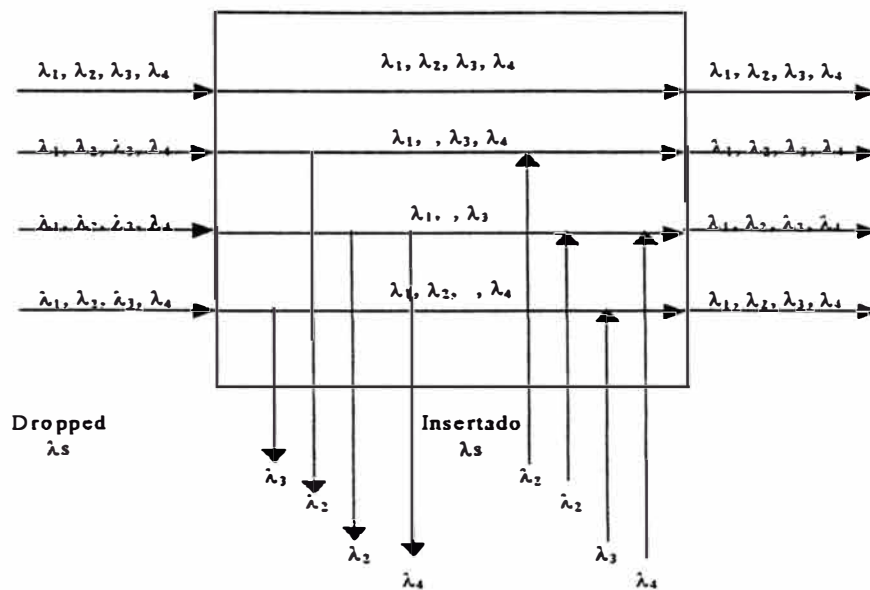


Fig. 3.23 Multiplexor add – drop (OADM)

3.15 Crossconnects WDM

Para poder tener una red de enlaces de fibra multilongitud de onda, se necesitan dispositivos de interconexión entre fibras apropiados. Estos dispositivos se dividen en tres categorías: Estrellas pasivas (Passive star), Routers pasivos (passive router) y Conmutadores activos (active switch).

Las estrellas pasivas (Fig. 3.24), son dispositivos de broadcast, ya que una señal que se inserta en una lambda dada desde un puerto de entrada de una fibra verá su potencia igualmente dividida por todos los puertos de salida y en la misma lambda

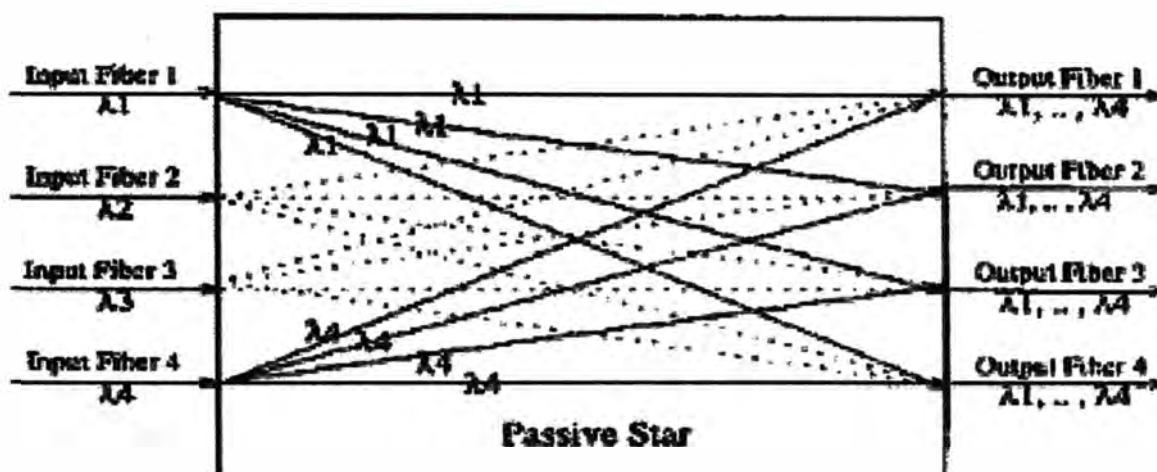


Fig. 3.24 Estrella Pasiva

Se producirá una colisión si se envían varias señales de entrada con la misma lambda.

Una estrella de $N \times N$ puede enrutar N conexiones simultáneas.

Un router pasivo (Fig.3.25), puede enrutar separadamente cada una de las varias lambda incidentes a la misma lambda en fibras de salida separadas. Este dispositivo permite reutilización de frecuencias, ya que cada lambda se puede reutilizar especialmente para transportar múltiples conexiones a través del router. La lambda por la que se enrutará la señal de salida de cada puerto depende de una matriz de enrutado que caracteriza al router. La matriz de enrutado es fija y no se puede cambiar. Este tipo de routers se conocen como Latin routers, waveguide grating routers (WGRs), o wavelength routers (WRs). Un router pasivo de $N \times N$ puede enrutar N^2 conexiones simultáneas, pero no es broadcast.

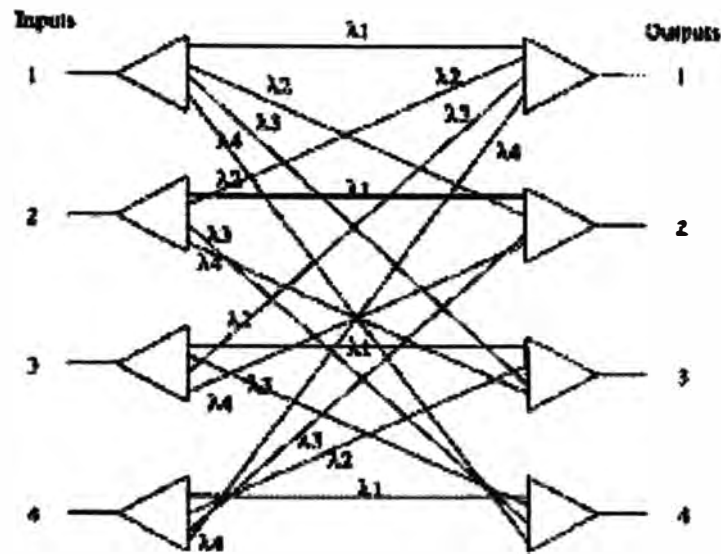


Fig. 3.25 Router pasivo

El conmutador activo (Fig. 3.26), también permite reutilización de frecuencias y puede soportar N^2 conexiones simultáneas, pero ofrece una mejora sobre el router pasivo, y es que su matriz de enrutado se puede configurar bajo control electrónico. Sin embargo, el conmutador activo necesita ser alimentado y por tanto no es tolerante a fallos como los elementos pasivos. Estos elementos se conocen como wavelength-routing switch (WRS) o wavelength selective crossconnect (WSXC). Los conmutadores activos pueden incluso incorporar otra capacidad adicional: la lambda se puede convertir a otra lambda antes de entrar a la etapa de multiplexación antes de la fibra de salida. Estos conmutadores se conocen como wavelength interchanging crossconnect (WIXC).

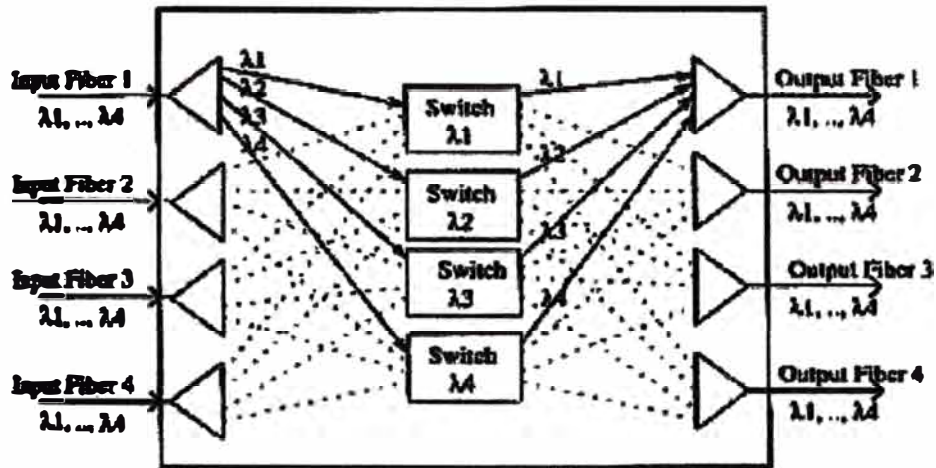


Fig. 3.26 Switch Activo

Las estrellas pasivas se utilizan en redes WDM locales, mientras que los conmutadores activos se usan para construir WANs enrutadas y el router pasivo se usa como mux/demux.

Por lo tanto es obvio que la tecnología DWDM ofrece a los operadores y usuarios en general la posibilidad de aumentar la capacidad de sus redes en el caso de los primeros, y en la calidad y velocidad de transmisión / recepción de datos, vídeo, sonido y demás en el caso de los segundos. Piense que la capacidad que se puede obtener con DWDM es cercana a los Terabits en una sola fibra óptica.

3.16 Como se aplica DWDM.

En general, los sistemas de transmisión ópticos pueden usarse en enlaces punto a punto, punto multipunto y multipunto - multipunto.

Como ejemplos de aplicación se tiene:

- Enlace punto a punto. Uno de los enlaces más importantes de este tipo son las uniones entre troncales telefónicas. En este caso, dos estaciones están conectadas a través de un canal. Como en esta aplicación se puede trabajar a altas tasas de bit y a

largas distancias la atenuación y la dispersión puede ser un problema ya que se debe cubrir distancias de hasta decenas de kilómetros.

- **Enlace punto - multipunto (Multicast).** Una aplicación de este tipo es el lazo de usuarios FTTH (Fiber To Fiber To Home). En estos sistemas se pueden usar diferentes frecuencias o subportadoras de RF, modulando una o más portadoras ópticas. El tiempo de sintonía no es mayor que algunos milisegundos y el tiempo de duración del enlace desde segundos hasta horas. Las distancias a cubrir son pequeñas, hasta 10 Km.
- **Enlace multipunto - multipunto.** Casos típicos son los ambientes de redes LANs y MANs. Como las distancias a cubrir no superan los 100Km, se usan canales en los cuales el usuario puede transmitir su propia señal óptica. Se enlazan computadoras entre sí y con estaciones de trabajo. Las tasas de transmisión son del orden de los Gb/s.

3.17 Método de selección del canal.

En los sistemas FDM/WDM es posible sintonizar el transmisor o receptor o ambos. Como criterio para escoger una de las posibilidades anteriores, se puede considerar el tipo de sistema, su aplicación y el tipo de los componentes usados en estos sistemas. Otro criterio de selección se refiere al escoger el método de acceso al medio. Si los transmisores son sintonizables y los receptores son de sintonía fija (Fig. 3.28) se produce colisión si dos transmisores transmiten simultáneamente al mismo receptor.

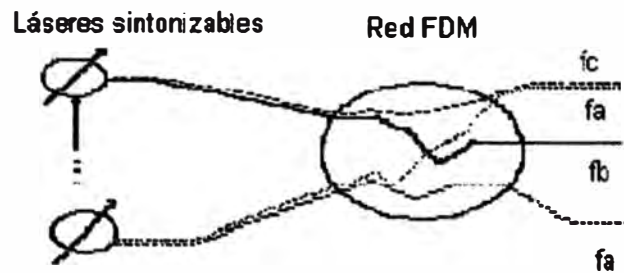


Fig. 3.27 Transmisores Sintonizables y receptores Fijos

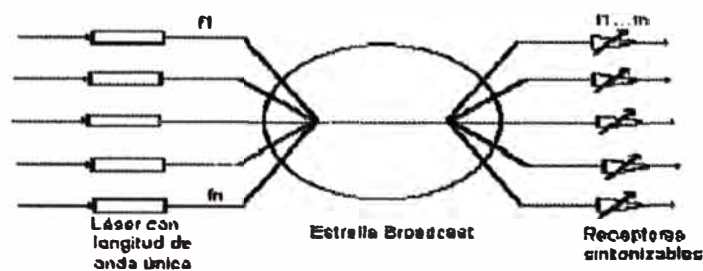


Fig. 3.28 Transmisores Fijos y Receptores Sintonizables

En el caso de tener transmisores de sintonía fija y receptores sintonizables (Fig. 3.28), se evitan las colisiones, ya que los transmisores transmiten a frecuencias diferentes y no interfieren unos con otros; una ventaja adicional es que en este caso es posible uniones multicast; donde se introduce un costo extra, ya que es necesario un control adicional pues, los receptores deben informar qué canal están recibiendo, para lo cual se debe usar un canal de control separado. El caso de transmisores y receptores sintonizables no ofrece mayores ventajas, a no ser que varias estaciones estén compartiendo un único canal, en este caso el problema de control es más complicado.

En general, la configuración esquemática de receptores selectivos de canal, con FDM/WDM, se muestra en la Fig. 3.29. Hay dos métodos de selección de canales para señales ópticas multiplexadas Filtración óptica con un filtro óptico pasivo, tal como el

filtro periódico (Fig. 3.29.1), o el filtro óptico sintonizable. La filtración de banda IF por detección heterodina óptica, el cual se muestra en la Fig. 3.29.2.

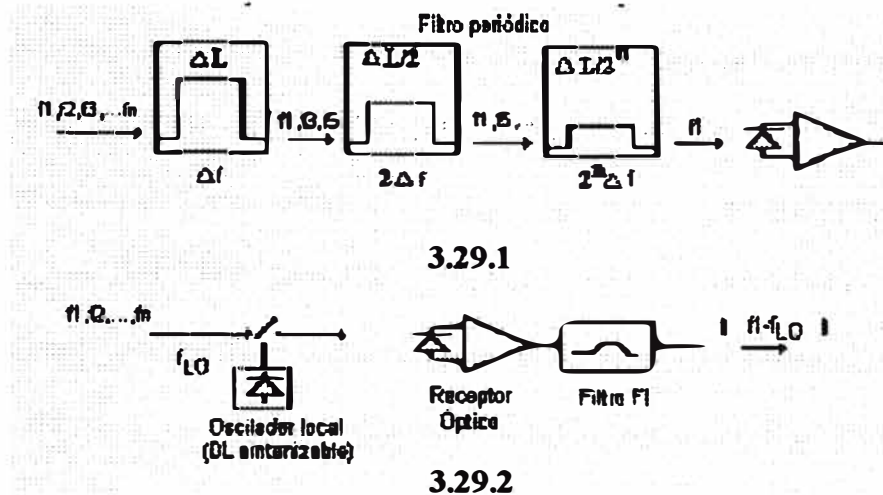


Figura 3.29.1 y Figura 3.29.2 Diagrama esquemático de configuración de receptores selectivos de canal

3.17.1 Métodos.

- Método de filtración óptica directa.
- Método heterodino óptico.

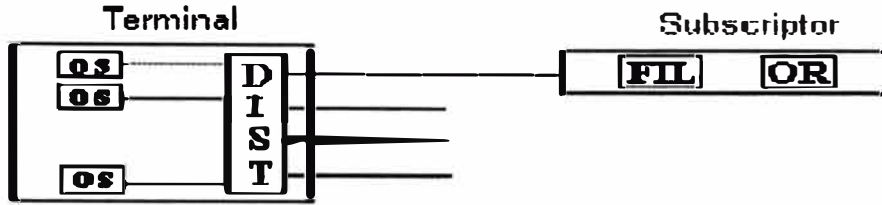
En el método de filtrado óptico, es posible usar detección directa o detección heterodina. El esquema de detección por filtración directa óptica es simple y económico porque no necesita diodos láseres (DL) sintonizables u otros dispositivos complejos como lo es para la detección heterodina óptica. La Fig. 3.29.1 muestra un receptor de canal selectivo construido por filtros ópticos conectados en serie y detección directa. El otro esquema, que representa una importante tendencia en el desarrollo de sistemas de transmisión por fibras ópticas es el de detección coherente. Estos sistemas se basan en el uso de técnicas de modulación de frecuencia o de fase de una portadora luminosa coherente: homodina o

heterodina. La Fig. 3.29.2 presenta el diagrama esquemático de un sistema coherente con detección heterodina. Ambos esquemas, detección directa y detección heterodina, serán discutidas en detalle más adelante. En lo referente a multiplexación óptica se tienen dos configuraciones básicas. La primera usa un acoplador estrella de $M \times N$ el cual trabaja simultáneamente como multiplexor y distribuidor, la otra configuración usa un multiplexor a base de filtro óptico. Las dos configuraciones se muestran en la Fig. 3.29.

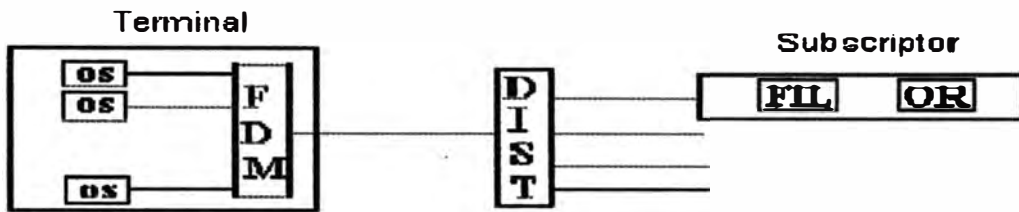
En la Fig. 3.29.1 las portadoras ópticas son multiplexadas y distribuidas simultáneamente por un divisor de potencia (DISTR) el cual opera como un acoplador en estrella de $M \times N$ en el dispositivo de multiplexación terminal (head - end). Este transmite la señal a los subscriptores a través de fibra óptica. Cada subscriptor, selecciona una o más señales por medio del filtro (FIL) las que son procesadas en el receptor óptico (OR). A esta configuración se le llama red de distribución centralizada.

En la Fig. 3.29.2 las portadoras son multiplexadas por un filtro óptico (FDM/WDM), operando como un multiplexor de filtro periódico en el equipo terminal. Las señales multiplexadas son transmitidas a través de una fibra óptica de varios kilómetros de longitud. Después de la transmisión, ellas se distribuyen por un divisor de potencia (DISTR), operando como un acoplador estrella de $1 \times N$. A esta configuración se le llama red de distribución intermedia. La comparación entre estas dos configuraciones se resumen en la **Tabla 3.1**. La potencia óptica, acoplada a cada fibra óptica, para la red de distribución centralizada, es mucho menor de $1\text{mW}/\text{canal}$ y el sistema trabaja en régimen lineal y por lo tanto no son considerados los efectos no lineales en la fibra causada por el proceso de mezcla de las señales ópticas. Además, en una red de distribución centralizada los canales que retornan pueden ser fácilmente recepcionados en el dispositivo terminal, no ocurriendo lo mismo en la red de distribución intermedia,

pues éstos son de difícil reconocimiento. La red de distribución centralizada también ofrece la ventaja de poseer una fibra óptica de mejor calidad.



3.30.1



3.30.2

Figura 3.30 Diagrama esquemático de un sistema de distribución óptico FDM/WDM.

- a) Las portadoras ópticas son multiplexadas y distribuidas simultáneamente por un divisor óptico.
- b) Las portadoras ópticas son multiplexadas por un filtro óptico.

TABLA 3.1

Comparación de los métodos de distribución.

	Distribución Centralizada	Distribución intermedia
Balance de potencia.	X	
Costo del cable.		X
Confiabledad.	X	
Paquetes de subscriptores.		X
Subscriptores esparcidos	X	

X mejor desempeño.

Desde el punto de vista de los subscriptores, la red de distribución centralizada es apropiada cuando éstos están dispersos alrededor del equipo terminal, considerando que

la distribución intermedia es adecuada cuando los subscriptores están a cierta distancia del centro y distribuidos en grupos.

3.18 Cómo se cubre la necesidad del Usuario final.

La firma Ericsson Inc, ya ha puesto en servicio un sistema para cubrir las áreas metropolitanas con un método patentado y por supuesto basado en la tecnología DWDM llamado "Flexing Bus". Su desarrollo se basa en el concepto de anillo protegido. Ericsson ha desafiado la definición clásica de "anillo metropolitano", extendiendo las fronteras de lo que esta compañía denomina Amplia Área Metropolitana (WAM, Wide Area Metro), con lo que las circunferencias del anillo llegan a 500 Km. De esta manera queda cubierta la necesidad de la Metrópoli y otras poblaciones circundantes. Para que se hagan una idea, en Estados Unidos hasta este momento la media de la circunferencia de los anillos que se empleaba era de tan solo 150 Kilómetros. En el caso de (España), y como ejemplo puntual, con un anillo WAM sería posible cubrir el área Metropolitana de Madrid y la práctica totalidad de las poblaciones circundantes a la capital.

3.19 Como uniríamos los anillos metropolitanos.

En cuanto al transporte a larga distancia. Hace dos años AT&T tomo la decisión de probar la tecnología DWDM ofrecida por Lucent, llamada WaveStart OLS 400G, con capacidad de Terabites. Según declaraciones del Presidente M. Armstrong el proyecto era transmitir todo tipo de tráfico que los usuarios demandan - voz - datos - Internet- por la misma fibra.

El mismo presidente anunció que usando la red existente podían multiplicar por diez la capacidad de la misma sin tener que instalar ni un cable de fibra más. Con esto solo,

dijo, nos ahorraremos mil millones de dólares en cinco años y reduciremos un tercio el coste de la actual red SONET (Synchronous Optical NetWork), al mismo tiempo que la arquitectura resultante tendrá un mantenimiento de muy bajo costo.

Esta decisión fue especialmente delicada y fuerte, teniendo en cuenta que un año antes se habían gastado siete mil millones de dólares en un proyecto a tres años para mejorar la existente red SONET. En ese momento la compañía tenía treinta y dos anillos de fibra extendiéndose de costa a costa que se incrementaron en veinte más. Según declaraciones del Portavoz de AT&T Mr. D. Johnson dicha ampliación no necesitaría importantes tendidos de nueva fibra óptica, ya que aprovecharían en su mayor parte las instalaciones ya existentes, desmintiendo así algunas noticias aparecidas en los medios que dudaban que la tecnología DWDM pudiera acomodarse a ellas. En este proyecto intervinieron CIENA Corp, NEC America, Lucen y Alcatel.

3.20 Costos

Uno de los mayores atractivos de la tecnología DWDM, es la drástica reducción de costos en instalaciones y mantenimiento que a la postre debe redundar en bajos precios a pagar por el Usuario final del producto. Por ejemplo; con los actuales sistemas el espacio necesario para albergar las instalaciones, en la gran mayoría de los casos pueden ocupar edificios enteros, en cambio con DWDM, tan sólo se necesita un armario de tamaño mediano para albergar toda la instalación necesaria para su funcionamiento.

Tenemos que añadir a esto, que los precios de la fibra óptica están bajando continuamente, por lo que si tenemos en cuenta que por una sola de esas fibras pueden circular múltiples señales a altísimas velocidades los costes también son mínimos en

comparación a las actuales y obsoletas infraestructuras. Añadamos a todo ello el que también es posible utilizar las instalaciones de fibra óptica ya existentes.

3.21 Competitividad

Desde que el DWDM estaba en su fase de laboratorio, diferentes Compañías se lanzaron a la batalla del mercado, desarrollando más y más prestaciones y reduciendo precios continuamente. Además de las compañías ya mencionadas hasta este momento, entraron en liza Pirelli Cables y System North America y otras menos significativas. La estrategia fue variopinta, A la declaración de alguna compañía presentando una nueva mejora respondía otra aumentando las prestaciones sustancialmente, tanto en canales, en ancho de banda y en flexibilidad ya que las operadoras podrán escalar la red de acuerdo con la demanda o la competitividad entre las diferentes compañías.

3.22 Algunos Lugares donde se emplea

Canadá. Pone en servicio una red llamada CA*Net3 basada en la tecnología DWDM que une once ciudades desde la costa del Pacífico a la del Atlántico. La inversión que se realiza es de tan solo 55 millones de dólares, ocho mil quinientos millones de pesetas, lo que la convierte en algo muy barato.

Linthicum, Maryland, U.S.A. GST Telecommunications, comunicó que ha integrado su red de transporte de larga distancia con segmentos de red de área local mediante la tecnología DWDM proporcionada por Ciena.

En Europa, DWDM aparece en 1997, dos años después de su desarrollo en Estados Unidos, donde el nivel de tráfico es mucho más elevado, si bien las previsiones apuntan a una clara tendencia al equilibrio entre las dos zonas.

Bélgica. El grupo belga Global TeleSystems Group Inc. (GTS), ha introducido la primera plataforma para transporte de alta capacidad en Europa que usarán el Internet Protocolo (IP) y el DWDM. GTS afirma que el nuevo IP sobre la plataforma DWDM se ofrece en principio a seis países a través de su red Carrier Services' Hermes Europe Railtel (HER).

Con la tecnología de transmisión estándar de IP combinada con DWDM, la Compañía afirma la optimización de su red multiplicando por 10 su capacidad de transmisión. GTS ha ofrecido esta tecnología a clientes seleccionados en Marzo de 1999, para estar operativo a finales de ese mismo año.

Parece ser que existe un consorcio anglo francés que tiene el proyecto de unir ambos países mediante esta tecnología en un plazo irrisorio de tiempo y aprovechando las instalaciones ya existentes.

Sabemos que en España se está desarrollando esta nueva tecnología, aunque no conocemos declaraciones al respecto de las autoridades competentes, tal vez porque estimen que el ciudadano de a pie no está capacitado para comprender el significado de tan altas tecnologías.

Desde el Ministerio de Fomento tan solo se ha hecho mención a la vieja tecnología RDSI y la tan cacareada ADSL, sin que las siglas DWDM hayan sido nombradas en

ningún momento. Y más bien el discurso es el del charlatán que intenta vender la manta como sea pero sin entrar en detalles técnicos.

Las últimas noticias es que Alcatel entregó a Telefónica de España, el 13/12/99, un sistema DWDM que conecta Murcia con Valencia para su red de alta capacidad que enlazará en el futuro varias ciudades españolas.

Se basa en el sistema Optimex 1686 WM de Alcatel que en principio ofrece una capacidad de transmisión de 2,5Gbps para 16 longitudes de onda, con gestión de red flexible y eficaz. En el futuro se podría ampliar la transmisión a 32 canales que ya son soportados por la presente tecnología aunque se puede ampliar a 64 canales.

Cabe notar que todo se realizó en menos de siete semanas lo que da una idea del potencial de ampliación sobre redes existentes.

Los amplificadores intermedios de línea de banda ancha y los dispositivos de corrección de errores (Forward Error Correction), confieren al sistema altas prestaciones de multitransmisión muy largas, mientras que las capacidades de inserción/extracción, reconfigurables parcialmente, se utilizan en los nodos intermedios para la terminación parcial del tráfico.

AES presentó en Cochabamba la tecnología DWDM;
Con este servicio la capacidad se incrementa en 320 veces.

AES instaló en Cochabamba la tecnología DWDM, la



que junto a su red de fibra óptica pone a la empresa a la vanguardia tecnológica del país permitiéndole ofrecer un servicio con una capacidad 320 veces superior a cualquier otro operador.

La tecnología inaugurada forma parte de la inversión de 80 millones de dólares que ya realizó en Bolivia la empresa, la cual prevé invertir 100 millones hasta el 2003. “El impacto de la tecnología DWDM en la red de telecomunicaciones es impresionante porque incrementa enormemente la capacidad para ofrecer nuevos servicios, reduce costos y hace posible que una mayor población tenga acceso”. Con esta nueva tecnología la capacidad de la red de fibra óptica de AES se incrementará de 2,5Gbps (lo que se usa actualmente en Bolivia) a 1,28Tbps. Para ser un poco más claro, podemos decir que, 1Gbps puede transmitir el equivalente a 1.000 libros por segundo; mientras que 1Tbps puede transmitir en ese mismo segundo los periódicos que diariamente se publican en un país industrializado durante 300 años; o puede transmitir 20 millones de conversaciones telefónicas simultáneas y 3.276.800 fotografías de alta resolución, en sólo un segundo.

El mercado de telecomunicaciones Europeo todavía cree en SDH; A pesar de predicciones de su desaparición inminente, la venta de tecnología SDH sigue muy fuerte. El mercado europeo para la tecnología de la jerarquía digital síncrona (SDH) se está sosteniendo a pesar de las difíciles condiciones del mercado. Las inversiones se están haciendo en el crecimiento de los sistemas de 2.5G y 10G, a pesar de algunas predicciones de analistas que las plataformas de transmisión de la próxima generación* crecerían enormemente en este sector. Éste es uno de los resultados más importantes de

un informe publicado recientemente por RHK**, una firma líder en el estudio del mercado de las telecomunicaciones.

Los ingresos por la venta de multiplexores de inserción y extracción de SDH se mantuvieron ampliamente entre el 2000 y 2001 (\$5.1 a \$5 billones) a medida que los operadores continúan optimizando el retorno de inversión en las plataformas de tecnología existentes. El segmento del mercado para equipos ADM de SDH representa más del 70 por ciento del mercado total en Europa para equipos de transmisión ópticos.

Marconi (Londres y Nasdaq: MONI) sigue siendo el líder del mercado europeo con un 25 por ciento de participación aproximadamente. Además, la tecnología SDH de Marconi ha sido diseñada para ser integrada uniformemente con el equipo fotónico de próxima generación, proporcionando una camino natural de actualización para los clientes que decidan expandirse en la tecnología de multiplexación densa por división de longitud de onda (DWDM). La gama de SDH de Marconi también tiene capacidad de manejar datos a través de las tarjetas de ATM, Ethernet rápida y Gigabit Ethernet.

"En el mercado desafiante de las telecomunicaciones de hoy, donde los gastos de capital y operación de los operadores están bajo significativa presión, los proveedores se están quedando con lo que ellos conocen mas - que, en Europa, es SDH. La tecnología está bien probada, proporciona alta confiabilidad y funcionalidad (carrier class) y los encargados de la red saben como utilizar sus mejores ventajas " dice Dave Lewis, EVP de Redes Ópticas de Marconi."

Además, SDH está listo para llegar más lejos cuando Marconi lance su portafolio de SDH de próxima generación este verano, el cual provee a los operadores con más tecnología por dólar, con mayor funcionalidad y reducción en los gastos de operación.

"Gracias a nuestro continuo compromiso con el desarrollo de SDH, Marconi tiene una excelente posición en SDH, al mismo tiempo que también se están proporcionando soluciones ópticas líderes en DWDM de próxima generación " dice Lewis.

Comentando respecto a la posición de Marconi, Stéphane Téral , un director de RHK y autor del reporte dijo "a pesar de las condiciones adversas del mercado en el 2001, Marconi continuó siendo el líder del mercado de multiplexores de adición y extracción de SDH en Europa. La compañía capturó una participación de 20 por ciento del mercado a través de sus ventas directas solamente gracias a su amplio portafolio y gran presencia en el Reino Unido e Italia."

Stefan Kindt, Vicepresidente de Mercadeo y Desarrollo de Negocios de la división de Redes Ópticas de Marconi, dijo: "Lo que estamos viendo en Europa es que los operadores están reduciendo al mínimo sus costos de red mientras que los volúmenes de tráfico continúan aumentando. Las redes SDH pueden manejar cargas de aumento del tráfico. Con el desarrollo de SDH permaneciendo firme y el crecimiento viniendo a través los equipos de DWDM, Marconi es uno de los pocos proveedores de ambas tecnologías SDH y DWDM que está fuertemente posicionado para tomar ventaja en este campo. Por ahora, SDH se está sosteniendo y creemos que continuará vendiéndose fuertemente."

Según la investigación de RHK, Marconi es un proveedor líder de equipos de DWDM y ha aumentado su participación en el mercado en aproximadamente un ocho por ciento en el 2001, uniéndose al club de los "Cinco Principales". Marconi y Alcatel dominan el mercado óptico europeo total (DWDM y SDH) con una participación de aproximadamente 20 por ciento cada uno. Un consenso de las predicciones entre los analistas de RHK, Probe y Gartner es que el mercado europeo de SDH se mantendrá en

los niveles actuales mientras que DWDM crecerá hasta un 30 por ciento. "Mientras que continuemos viendo que SDH se vende relativamente fuerte en un mercado difícil, continuamos viendo un progreso sano en DWDM," dijo Kindt

CAPÍTULO IV

TENDENCIAS DEL MERCADO DE COMUNICACIONES

4.1 Introducción

Para los proveedores, las tecnologías atractivas en este momento son las que ayudan a prestar servicios de forma más económica: básicamente, las que dan a los proveedores más por su dinero. Todos los carriers se han visto obligados a controlar con más cuidado la inversión de capital y el reconocimiento de ingresos.

Las tecnologías van, desde los servidores delgados hasta la conmutación de longitudes de onda, desde la computación de extremo hasta las cajas multi - acceso.

Aquí, algunas tendencias tecnológicas.

4.2 Almacenamiento en IP

Todo lo relacionado con Internet (salvo quizá los precios de las acciones) anda por las nubes. Y lo mismo puede decirse del almacenamiento de datos en redes IP. Un número creciente de empresas está considerando almacenar datos en sus redes IP

corporativas existentes, en lugar de guardarlos en redes de área de almacenamiento (SAN) aparte, cuyo uso es más común pero puede implicar mayores gastos. De hecho, se espera que el almacenamiento en servidores crezca de 205,000terabytes en 1999 a 1.3 millones de Terabytes en 2002, según International Data Corporation (IDC).

Las compañías se sienten cómodas con el almacenamiento en IP porque ya saben cómo manejar y supervisar sus redes empresariales actuales basadas en IP y Ethernet. Las SAN son redes aparte y requieren administración adicional. Algo más importante: con la llegada del Gigabit Ethernet, la velocidad de transmisión ha rebasado los 100Mbit/s que ofrecen las SAN. Además, la Interoperabilidad deja de ser el problema que a veces tienen las SAN, las cuales suelen funcionar mejor si todos los componentes del sistema provienen del mismo fabricante.

Siguiente generación: Los fabricantes se están apresurando a posesionarse para capturar este espacio. Cisco Systems, una de las compañías indicadoras del sector, dijo que incursionaría en el mercado del almacenamiento, basando una parte de su nueva línea de productos en el almacenamiento IP. No obstante, el siguiente paso para desarrollar este segmento será superar los problemas de seguridad y de pérdida de paquetes. Una compañía nueva, Nishan Systems, afirma que su tecnología supera los problemas de seguridad y de transporte que han aquejado a las transmisiones de datos por Ethernet. La compañía también encabeza un proyecto para establecer un protocolo estándar que rija la forma en que los datos deben enviarse por redes Ethernet e IP de alta velocidad. Se espera que la Internet Engineering Task Force (IETF) apruebe los estándares iniciales a fines de este año.

Las redes ópticas también podrían alterar el rostro de este segmento del mercado. Las arquitecturas que combinan tecnología IP y óptica pueden utilizar multiplexión densa por división de longitudes de onda (DWDM) para "bombear" volúmenes enormes de datos a velocidades vertiginosas, lo que permitiría a los proveedores de servicios ofrecer almacenamiento y respaldo de datos manejados remotamente, como parte de su combinación de aplicaciones, según Tom Sweeney, presidente y CEO de Managed Storage International.

"A medida que crece el ancho de banda de IP, se vuelve cada vez más factible, desde el punto de vista técnico y operativo, ofrecer respaldo remoto por IP", asegura. También cabe esperar que las velocidades de Ethernet aumenten a 10 veces las actuales en menos de un año, para ofrecer un conducto de transmisión aún más grueso, sin tener que cambiar las infraestructuras de red existentes.

Naturalmente, los clientes empresariales que ya invirtieron sumas importantes en SAN no van a tirar a la basura esa inversión y cambiar a almacenamiento IP. No obstante, el almacenamiento IP se podría usar para transferir datos a alta velocidad entre clústers de SAN en ambos extremos de la línea. Ello sería una opción atractiva para un proveedor de almacenamiento IP.

Un número creciente de empresas está considerando almacenar datos en sus redes IP corporativas existentes en lugar de guardarlos en SAN

4.3 Servicios basados en localización

Se está convirtiendo rápidamente en un mecanismo vital que permite a los operadores inalámbricos ofrecer servicios a la medida e incrementar sus ingresos. En

Estados Unidos, el desarrollo de la tecnología de localización inalámbrica - o 911 mejorado (E911)- fue estimulado por las leyes de la Federal Communications Commission (FCC), que exigen a los proveedores de servicios hacer lo necesario para que las cuadrillas de rescate y emergencia sepan en qué lugar se origina cualquier llamada al número de emergencia (911). Sin embargo, no pasó mucho tiempo antes que los operadores se dieran cuenta de que podían ofrecer a los usuarios un grupo de servicios mejorados.

Se espera que todos los proveedores de servicios de Estados Unidos desplieguen tecnología de localización en 2002 o antes. La única duda es cuál de las dos tecnologías de localización escogerán. La primera utiliza inteligencia en la red para comunicarse con los sitios celulares y determinar la ubicación de un suscriptor inalámbrico, mientras que la segunda coloca un chip en cada teléfono, utilizando el mismo sistema de posicionamiento global (GPS) que ha servido desde hace años para rastrear barcos y vehículos.

Ambos métodos permiten a los operadores determinar el punto exacto de origen de las señales de teléfonos inalámbricos. Se espera que para 2004 el número de usuarios de servicios de localización en todo el mundo ascenderá a 748 millones, en comparación con los 72 millones que se calculan para este año, según Arc Group.

Se espera que los operadores de todo el mundo se unan a los estadounidenses en desplegar esta tecnología, inaugurando una nueva era de servicios de datos inalámbricos de alta velocidad. Se espera que la información de navegación personal, los servicios móviles de ayuda de directorio y el rastreo de niños y mascotas, así como noticias locales, informes del tiempo y el tráfico se cuenten entre las principales fuentes de

ganancias que surjan de esta tecnología. Además, los proveedores de servicios tratarán de sacar provecho de la posibilidad

4.4 Conmutación De Longitud De Onda

Los carriers se han vuelto muy hábiles para transportar datos a la velocidad de la luz, pero no ha sido fácil controlar esa luz. Aunque la tecnología óptica prácticamente ha hecho trizas los límites de la banda ancha en el backbone al permitir a los proveedores enviar docenas de rayos láser con giga bits de datos por segundo a través de un solo hilo de fibra, la oficina central (CO) - que se basa en un sistema de red óptica sincrónica (Sonet) -. Para manipular una señal óptica en la CO sigue siendo necesario convertirla en una señal eléctrica, lo cual requiere cajas opto electrónicas capaces de dividirla en sus componentes de 64kbit/s. Sin embargo, el despliegue de redes de conexiones fotónicas cruzadas - dispositivos que simplemente reflejan la luz dentro de la red desde el origen hasta el destino- hace innecesaria la conversión a electricidad para manipular la luz. Se espera que los carriers adopten esta nueva tecnología y hagan crecer los ingresos por la venta de conexiones fotónicas cruzadas de \$530 millones de dólares en 2001 a \$13,000 millones en 2005, según el IGI Group.

Los carriers están desesperados por prescindir del laborioso proceso de convertir señales luminosas a electrónicas y otra vez a luz, porque la instalación de dispositivos opto electrónicos cuesta mucho dinero, ocupa espacio de piso y devora electricidad: todos recursos muy preciados. Y si bien el despliegue de tecnología fotónica de conexión cruzada no es barato, cabe esperar que los proveedores de servicios que empleen exclusivamente transmisión óptica ahorren hasta un 70% a la larga, según IGI. Sin embargo, lo más importante es que los dispositivos opto electrónicos se van a volver

4.5 Los Retos de las Redes de Telecomunicaciones Actuales

Las redes fueron diseñadas para tráfico de voz (DS1/DS3 llamada interurbana y T-1/T-3 líneas privadas, con un crecimiento anual de, aproximadamente un 10-15%). Sin embargo, las redes no fueron diseñadas ni planeadas para soportar el crecimiento de demanda de las comunicaciones de datos. La demanda de intercambio de datos cambió al mismo tiempo que los negocios de Telecomunicaciones, que empezaron a variar con la regulación del mercado. Muchos participantes aparecieron en ese momento: viejos colaboradores se convirtieron en nuevos competidores, los operadores de intercambio local entraron dentro de los mercados de larga distancia y viceversa. Las redes no fueron diseñadas para soportar los incrementos exponenciales en la demanda de comunicaciones de datos que podemos observar hoy. Las privatizaciones, las regulaciones, el desarrollo de voz y fax y el crecimiento de Internet han sido los mayores factores que han contribuido a la proliferación de las telecomunicaciones. Alimentando este crecimiento constante, podemos encontrar demanda de servicios como redes privadas virtuales (VPNs), comercio electrónico, acceso por cable a servicios de banda ancha y desarrollo ADDL.

La demanda generada por la empresa y el usuario ha desembocado en un crecimiento porcentual en el mercado de Telecomunicaciones tal como sigue:

- Voz: 5-10%.
- Líneas Privadas: 10-15%.
- ATM: 100%
- Internet: 150%.
- La capacidad de la red se duplica cada 12-18 meses.

obsoletos, superados por los últimos adelantos ópticos e incapaces de satisfacer las desbocadas necesidades de ancho de banda. Al reflejar luz en lugar de convertirla, desensamblarla y ensamblarla en cada unión, una red de conexiones fotónicas cruzadas manejará señales de luz inyectadas en la orilla de la red, sea cual sea su velocidad.

Siguiente generación: Las conexiones fotónicas cruzadas podrían hacer innecesaria la manipulación total de la luz, pero serían mucho más útiles si fueran verdaderos switches fotónicos, pues así la señalización y el control pasarían al dominio óptico. La iniciativa de interoperabilidad multiprotocolo por conmutación lambda (MP Lambdas) busca estandarizar la forma de identificar longitudes de onda del ancho de banda y asignarlas por demanda en cualquier parte de una red de conexiones fotónicas cruzadas. Tales switches siguen estando más allá del horizonte.

La mayor parte de las conexiones fotónicas cruzadas comerciales que están en servicio hoy usan espejos microscópicos controlados por cargas eléctricas, los cuales determinan el puerto hacia el que se reflejan las ondas de luz. Este concepto es un importante retroceso para un sector que abandonó los switches electromecánicos hace décadas. Los veteranos de telecomunicaciones son conscientes de lo irónico que ello resulta y un ocurrente ejecutivo de un proveedor de servicios ha dicho que los técnicos de la compañía necesitan desatornilladores muy pequeños cuando tienen que efectuar alguna reparación. Sin embargo, lo peor es que los espejos reflejan la luz en lugar de retransmitirla, lo que merma la intensidad de la señal. No obstante, los proveedores de servicios deseosos de sentar sus reales en lo profundo del territorio de la siguiente generación se convencen por la promesa de ancho de banda ilimitado en el centro óptico.

- IP se aproxima a los requerimientos del mercado de transporte de datos.

Mientras el tráfico de voz continúa creciendo, el porcentaje de tráfico de datos se ha disparado mucho más lejos. La tendencia es de un 100 a un 150% por año. Estudios de mercado predicen que entre los años 2000 y 2006, el tráfico de datos llegará a ser casi el 100% del tráfico total en las redes de comunicación. Desde 1998 ya se puede apreciar que la transmisión de datos supone la mitad de ese tráfico, con usuarios finales y corporativos liderando este gran crecimiento.

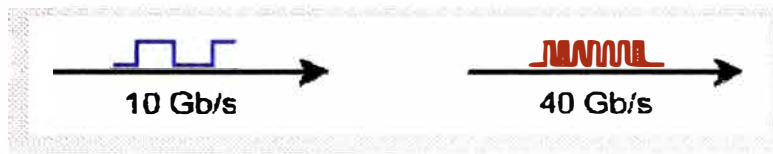
Este crecimiento de demanda de información ha causado gran impacto en las capacidades de red, de hecho, en los años 80 se hablaba de capacidades entorno a decenas de Mb/s, mientras que en el año 2000 se multiplica constantemente el número de Tb/s admitidos por la red.

4.6 Soluciones de la Crisis de Capacidad

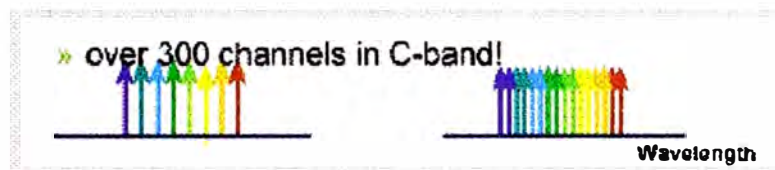
La solución DWDM tiene una alta capacidad, debido a que cada lambda puede soportar hasta 2,5Gbps o más, y se pueden multiplexar 32 o más en una sola fibra. Las capacidades agregadas pueden ser de 80Gbps o más.

La flexibilidad de la red DWDM se deriva de la independencia del protocolo y de la velocidad. También maximiza la utilización de la planta de fibra existente, acomodando el crecimiento de los servicios nuevos y los existentes, y utilizan mejor el ancho de banda. Un ejemplo gráfico en la Fig. 4.1

- Incremento de velocidad.



- Incremento del número de canales DWDM mediante disminución del interespaciado entre canales (<25Ghz).



- Operando en diferentes bandas (bandas L y S).

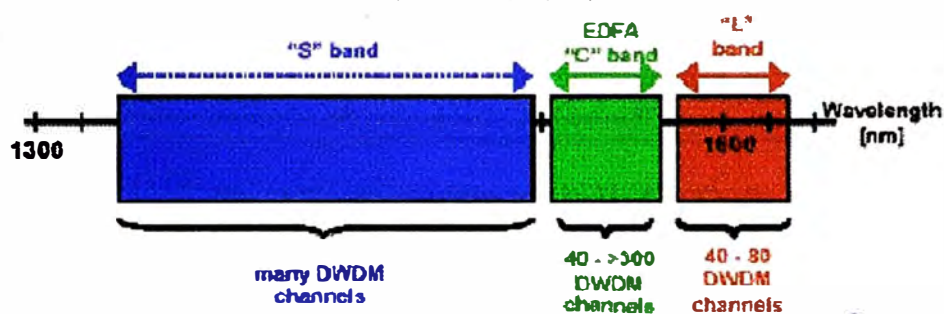


Fig. 4.1 Soluciones de la Crisis de Capacidad

4.7 Expansión de la capacidad y flexibilidad : DWDM

Los sistemas actuales permiten transmitir 16 longitudes de onda, entre 1520nm y 1580nm, a través de una sola fibra. Se transmite un canal STM-16 por cada longitud de onda, lo que da una capacidad de unos 40Gbit/s por fibra. Ya se ha anunciado la ampliación a 32, 64 e incluso 128 longitudes de onda.

Evolución hacia redes Ópticas. IP sobre DWDM, Fig. 4.2

- Demanda de mayores tráficos al menor costo

- Red actual de 4 niveles.

. IP: aplicaciones y servicios

.ATM: ingeniería de tráfico

.SONET/SDH: transporte

.DWDM: capacidad de ancho de banda DWDM

- OXC: conmutadores ópticos de OXC: multigigabits y Terabits

- IP sobre DWDM es la solución.

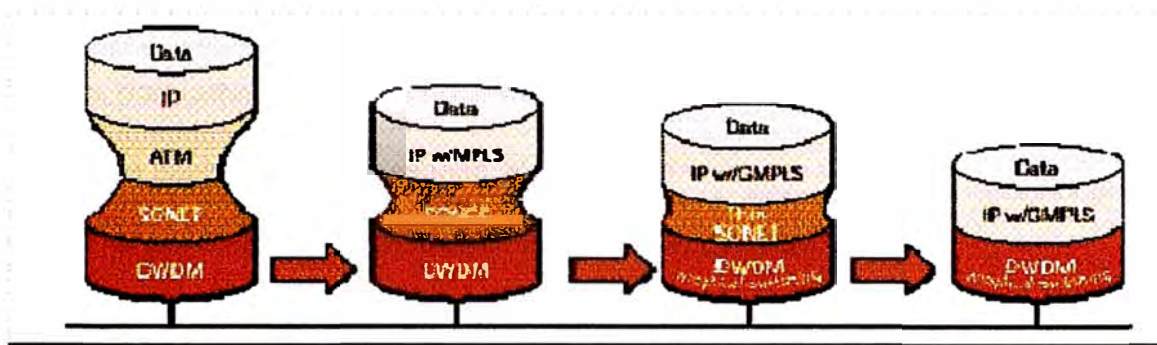


Fig. 4.2 Evolución hacia Redes Ópticas

En la Fig. 4.3, se muestra una plataforma DWDM.

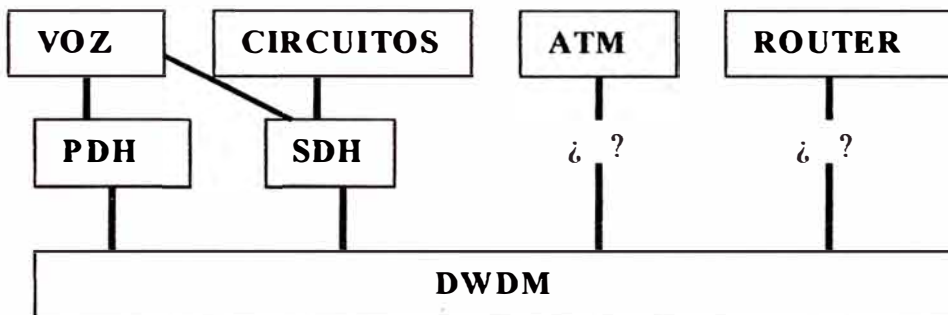


Fig. 4.3 Plataforma DWDM

4.7.1 IP Sobre DWDM

- Hasta XX longitudes de Onda por Fibra.
- Tres claves para su actual desarrollo; Moduladores Láser integrados

4.8 Potencial de la Capacidad de Expansión.

Amplificadores ópticos compactos y únicos para toda la señal Define un nivel Sub -
óptico multiplicando la capacidad instalada.

4.9 Incremento del crecimiento de DWDM.

Mapeado Alta Velocidad IP sobre DWDM

Indicado para backbones, la capilaridad descansa en los routers.

Con un ancho de banda muy generoso se puede garantizar QoS

Elimina mapeados IP sobre células y/o circuitos.

Simplifica topología al desaparecer SDH y ATM.

Déficit en gestión, (APS), señalización y potencia de routing

SDH + DWDM (Integración)

Estándar universal: facilita la globalización.

Síncrono:

Orientado a byte:

- Completa gestión Informática.
- Configuración centralizada.
- Mantenimiento.
- Control de la calidad.
- Accesibilidad a los afluentes: evita desmultiplexión / multiplexión.
- Convergencia: Junto a ATM para ofrecer todo tipo de servicios.
- La evolución del DWDM se encaminan hacia conceptos SDH.

Hoy las señales son ópticas

- Ópticas en los Interfaces y medios de transmisión entre nodos
- Opto/eléctricas en los cross connect (CXC).
- Eléctricas en los nodos de conmutación y routing.

La clave para una red 100% óptica son los elementos de la red.

- 2000 single optical Networks punto a punto, topología permanentes + capacidad.
- 200x Wavelength Routed Optical Networks gestión de lánas con cambio de port y longitud de, topología semipermanentes, flexibles y configurables (nivel SDH).
- 20xx Optically Switched Networks conmutación óptica rápida, señalización OTDM, muchas más lambdas.
- 2xxx optically Packet Switched Networks Circuitos Virtuales ópticos, OSTDM, procesado óptico de cabeceras,(nivel ATM) .

“Computación óptica es el requerimiento para disponer de una red 100% óptica”

En la siguiente Tabla 4.1, se muestra las alternativas existentes para el transporte IP.

Alternativas al transporte IP				
Estrategia	Ventajas	Problemas	Valedores	Entornos
Mapeado ATM + SDH (+DWDM)	Ortodoxia Mínimos riesgos	Redundancias No integrado	PTT	WAN, Backbone IP
Mapeado ATM (+DWDM)	Eficaz, elimina SDH	Gestión, Focalizado	Fabricantes Entornos LAN	MAN y campus
Mapeado IP sobre SDH (+DWDM)	Eficiente, Elimina SDH	Capilaridad, Coste elevado QoS insegura	ISP	Internet
Híbridos IP/ATM (+SDH+DWDM)	Integra IP y ATM Proporciona calidad	Migración, Escalado	Fabricantes Entornos LAN	WAN y MAN
Gigarrouters (DWDM)	Simple, elimina ATM y SDH muy eficaz	Mínima gestión, Capilaridad estandarización	Carriers ISP	Internet Backbones

Tabla 4.1 Alternativas al Transporte IP

4.10 Requerimiento de los Nuevos Servicios

- a) Compatibilidad Con las aplicaciones actuales.**
- b) Compatibilidad con tecnologías LAN/WAN.**
- c) Eficacia.**
- d) Transportar cualquier Información.**
- e) Uso de recursos disponibles.**
- f) Capacidad.**
- g) Conectividad.**
- h) Soporte de datos hipermedia.**
- i) Soporte datos isocrónicos.**
- j) Soporte servicios interactivos y de distribución.**
- k) Estándar, ubicuo, gestionable, tolerante a fallos, rentable.**

4.11 Diferencias entre el TDM y el DWDM

4.11.1 El Legado de la Red de Voz

La red tradicional de voz se basa en una arquitectura de conmutación de circuitos, en la que las señales se transmiten eléctricamente a través de una red de switches interconectados y alambres de cobre. La tecnología de transmisión que se utiliza en ese ambiente, el multiplexado por división de tiempos (TDM), optimiza la transmisión de voz al hacer dos cosas: dividir la línea que se utiliza para la transmisión de información en componentes específicos fijos, y transmitir las señales de información a través de la línea, en intervalos específicos de tiempo. Con TDM, la cantidad de información que se puede enviar - es decir, el ancho de banda - a través de la arquitectura de conmutación de circuitos, es fija, dependiendo del tipo de línea que se

esté utilizando. Por ejemplo, en Estados Unidos, las líneas de voz proporcionan tasas de transmisión de DSO, que son similares a un módem de 56k, y hasta OC- 48, que tiene la capacidad de enviar información a alrededor de 39.000 veces la velocidad de DSO.

Aun cuando TDM ha podido soportar el crecimiento del tráfico de voz en los años recientes, no posee la capacidad de escalar lo suficiente para satisfacer los requisitos adicionales de servicio de hoy en día. En primer lugar, la red de voz está orientada a las conexiones, lo cual quiere decir que los circuitos tienen que estar disponibles en todo momento, en caso de que se pueda requerir una conexión. Estas líneas dedicadas no se pueden utilizar para nada más, aún cuando no haya tráfico que esté siendo transportado a través de ellas.

En segundo lugar, en razón de que TDM divide la línea en componentes fijos - uno para datos, uno para voz y uno para vídeo - y en razón de que todas las señales se envían a intervalos regulares, no se puede proporcionar holgura alguna para el tipo o el volumen que esté siendo transportado a través de la red en un momento dado. Por último, la arquitectura de la red de circuitos requiere de la constante conversión de líneas de capacidad inferior a líneas de capacidad superior y viceversa, porque el equipo de conmutación no siempre puede procesar grandes cantidades de información en forma rápida. Por lo tanto, la red de legado para voz es insuficiente hoy día, dado que maneja el tráfico en forma ineficiente y no está en capacidad de satisfacer las demandas crecientes de ancho de banda que exigen los usuarios.

Aun cuando algunas redes TDM existentes pueden manejar cierto tráfico de datos, las limitantes impuestas por las infraestructuras de legado hacen que sea difícil que un proveedor de servicios garantice el ancho de banda que requieren los servicios más novedosos. El resultado es que un creciente número de proveedores de servicios se han

desplazado hacia redes basadas en fibra (que también se conocen como de fibra óptica o redes ópticas).

En la medida en que se producía el aumento en el desplazamiento hacia la fibra, se tornó más evidente que la industria tendría que colaborar a fin de asegurar la interoperabilidad de los sistemas de los diversos proveedores, al igual que la confiabilidad general de la red óptica. En respuesta a estos requerimientos, se desarrollaron nuevos estándares tecnológicos: la Red Óptica Síncrona (SONET), que se utiliza principalmente en América del Norte, y la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), que se utiliza a lo largo y ancho del resto del mundo. Estos estándares definen la interoperabilidad de los equipos y ayudan a hacer que la transición de las señales eléctricas a las señales ópticas se facilite. Además, permiten el desarrollo de arquitecturas en forma de anillo, lo cual proporciona la redundancia necesaria para asegurar la confiabilidad. Ahora que SONET/ SDH se están volviendo cada vez más comunes y fáciles de utilizar, un mayor número de proveedores de servicios tienen ahora el acceso a tecnologías basadas en la fibra óptica, mucho más que jamás en el pasado.

4.11.2 La Interconexión Óptica en Red y sus Beneficios

La fibra óptica utiliza rayos de luz para la transmisión de datos, voz y vídeo. En comparación con cualquier otro recurso, se trata del medio más eficiente para la transmisión de información y ofrece la mayor capacidad de ancho de banda para el tráfico en red. Ciertos desarrollos recientes en la tecnología óptica han ampliado aún más la capacidad de la fibra. La más notable es el multiplexado por división de ondas (WDM), que le permite a un proveedor de servicios dividir las ondas de luz que viajan a

través de la fibra, en forma tal que el mismo filamento de fibra pueda transmitir múltiples señales.

Mientras que TDM utiliza un impulso eléctrico único y SONET/ SDH utilizan una sola longitud de onda o frecuencia de luz, WDM hace que sea posible utilizar múltiples longitudes de ondas de luz a partir de diversas fuentes, enviarlas a través de la fibra y luego separarlas una vez más cuando el tráfico llega a su destino. En esta forma, WDM optimiza las capacidades de las redes basadas en fibras. Al conectar dispositivos directamente a la red óptica (sea WDM o la fibra misma), la información puede transmitirse en la forma más efectiva para proporcionarles soporte a los clientes. Esta técnica de transmisión de datos a través de la red óptica se conoce como interconexión óptica en red ("optical internetworking").

Un beneficio adicional de la interconexión óptica en red es que elimina TDM dentro de la red de datos. Los equipos de datos, tales como los switches y enrutadores, se pueden entonces conectar en interfaces directamente a la fibra óptica o a los multiplexores de división de ondas, sin necesidad de los equipos tradicionales SONET/SDH. El resultado es que se requiere un menor número de dispositivos físicos en la infraestructura misma de la red, un escenario que podría ayudar a reducir los costos de equipos para los negocios que migren hacia la interconexión óptica en red o que la aprovechen.

4.11.3 El Despliegue de las Redes Ópticas

Durante muchos años, las compañías interestatales de teléfono y cable han venido utilizando la fibra, en razón de que se trata de la forma más efectiva para la transmisión de voz y vídeo a grandes distancias. Hasta hace apenas poco tiempo, eran sólo los grandes proveedores de servicios establecidos, tales como los portadores

nacionales, los portadores de intercambio, las RBOC y los proveedores de servicios de cable, quienes eran los dueños primarios de infraestructuras de red basadas en fibra; los proveedores más pequeños de servicios y los que recién ingresaban, típicamente tomaban en alquiler el ancho de banda de estos proveedores para la construcción de sus redes. En la medida en que aumenta el tráfico de datos, voz y vídeo, las empresas grandes están ampliando sus infraestructuras existentes, mientras que muchos de los recién ingresados han descubierto que les es más económico desplegar sus propias redes basadas en fibra. El crecimiento resultante en el número de redes ópticas se aprecia principalmente en tres áreas: las redes de largos trechos de distancia, las redes metropolitanas y las redes entre oficinas.

Las redes de largos trechos de distancia: Con el aumento en la utilización de Internet y demás servicios basados en los consumidores, las compañías se encuentran ampliando sus backbones interestatales de fibra para poder atender la transmisión a larga distancia (que típicamente surcan cientos de kilómetros). En esta forma, los grandes proveedores de servicios, que hace varios años solamente ofrecían el servicio telefónico de larga distancia, pueden ahora proporcionar acceso a Internet y a servicios de correo electrónico.

Los progresos recientes en las tecnologías WDM han aumentado la cantidad de información que se puede transportar en una sola fibra, pero el potencial de la fibra como medio de transmisión está aún por aprovecharse en gran medida. Se espera que, cuando se reconozcan las verdaderas capacidades de la fibra, un mayor número de proveedores de servicios desplegarán las redes ópticas hacia una mayor y más amplia variedad de campos.

4.12 Protocolos de Transporte

Cuando se diseñan redes ópticas para la aplicación de Internet se elige el modo adecuado de transporte de los paquetes IP. Actualmente, varias opciones de transporte se han propuesto en la literatura: IP sobre ATM sobre WDM y IP sobre SDH/SONET sobre WDM. Recientemente se ha propuesto IP sobre WDM

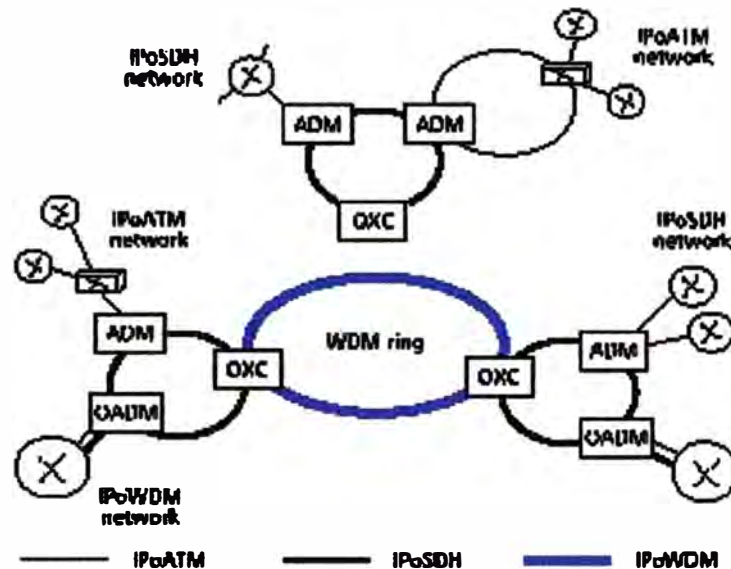


Fig. 4.4 Protocolos de Transporte

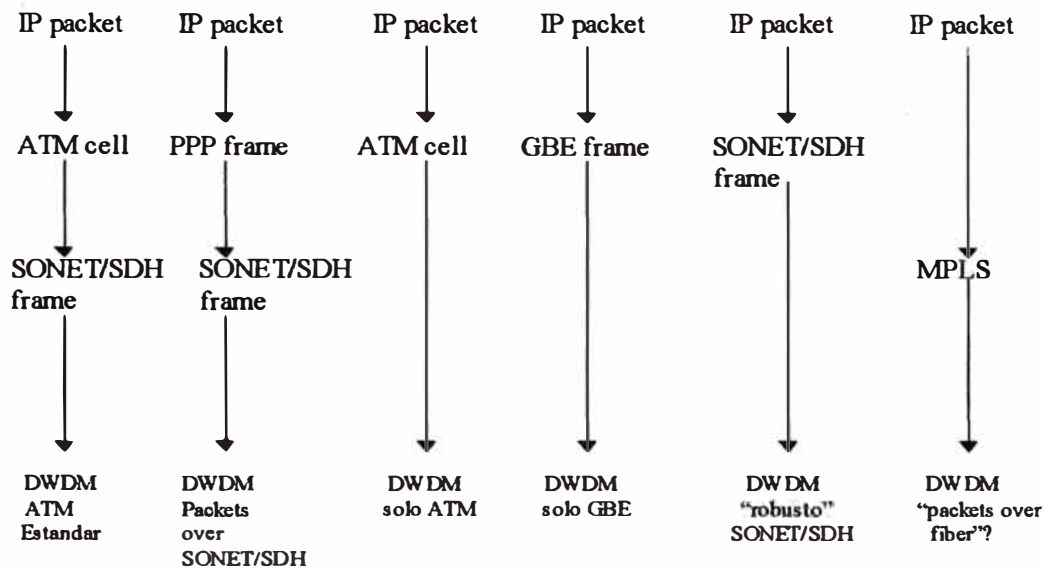
La Fig. 4.4 muestra un ejemplo de una red de Internet óptica. En ella se han integrado diferentes protocolos de transporte para proporcionar distintos servicios. Por ejemplo, IP sobre WDM podría ser usado para el tráfico de alto volumen entre computadoras, mientras que IP sobre ATM podría ser usado para soportar redes virtuales privadas (VPNs) y . IP sobre SDH/SONET puede ser usado para soportar los servicios tradicionales de IP. Cada flujo de datos se transporta en una longitud de onda dedicada. En la siguiente sección se describen brevemente las diferentes soluciones para el transporte de los paquetes IP en enlaces ópticos.

4.12.1 IP sobre ATM sobre WDM.

La solución del establecimiento de una red ATM es atractiva porque permite agregar diferentes tipos de tráfico sobre el mismo cable; de tal modo produce ahorros significativos en ancho de banda total, incluido servicios del manejo en diversas redes. Las redes ATM se optimizan para llevar una mezcla de diversos tipos de servicio más bien que uno tipo específico. La otra ventaja de ATM en el contexto es que debe ser relativamente fácil utilizar las redes privadas virtuales (VPNs) y las clases del servicio para los datos. Realmente, las redes de ATM proporcionan un increíble grado de flexibilidad en términos de la ingeniería y del diseño de la red, pero esta flexibilidad tiene un costo en términos de la complejidad. Las redes IP - sobre - ATM son generalmente mucho más complejas de manejar que redes de línea arrendada tradicionales del IP. Una técnica prometedora es MPLS. En hecho, MPLS puede proporcionar este tráfico con las capacidades de la ingeniería en la capa del IP, pero MPLS puede terminar encima de introducir el mismo nivel de la complejidad como existe actualmente con las redes de la ATM.

4.12.2 Obteniendo los paquetes IP sobre DWDM

Tramando paquetes IP, aun cuando es usado MPLS, parece prudente. ¿Pero qué clase de tramado es el mejor?, naturalmente, los pocos pasos involucrados en obtener bits de paquetes IP sobre un enlace de fibra DWDM, lo mejor. Las últimas seis formas han sido propuestas para obtener paquetes IP sobre canales ópticos DWDM. Esto es mostrado en la Fig. 4.5.



Seis formas de construir una frame IP para unión DWDM

Fig. 4.5 Paquetes IP sobre DWDM

4.12.3 El Router Óptico

Una de las arquitecturas para un router óptico es mostrado en la Fig. 4.6. La figura es bastante compleja, entonces algunas palabras de explicación esta en orden.

Los paquetes llegan en la entrada de la fibra a la izquierda de la figura. Los paquetes ya tienen un nivel asignado basado sobre longitud de onda, y hay cuatro longitudes de onda sobre una fibra en la Fig. 4.6. Este número de longitudes de onda es bajo, pero el punto aquí es ilustrar el proceso sin hacer la figura demasiado engorrosa. Desde que todos los componentes descritos (splinter, combiner, etc.), han sido descritos en detalle anteriormente.

Las longitudes de onda llegan al multiplexor a la izquierda de la fig. 4.6, esta el split dentro las cuatro longitudes de onda y envía sobre cuatro rutas a través del router óptico. Solo una ruta es detallada, pero todos los principales componentes sobre cada ruta es la misma. Cada longitud de onda pasa a través de un splinter óptico, entonces aquí hay

ahora dos copias de cada paquete fluyendo a través del router óptico. Una copia sigue el control de fotones, y la otra pasa a través el router óptico teje este mismo.

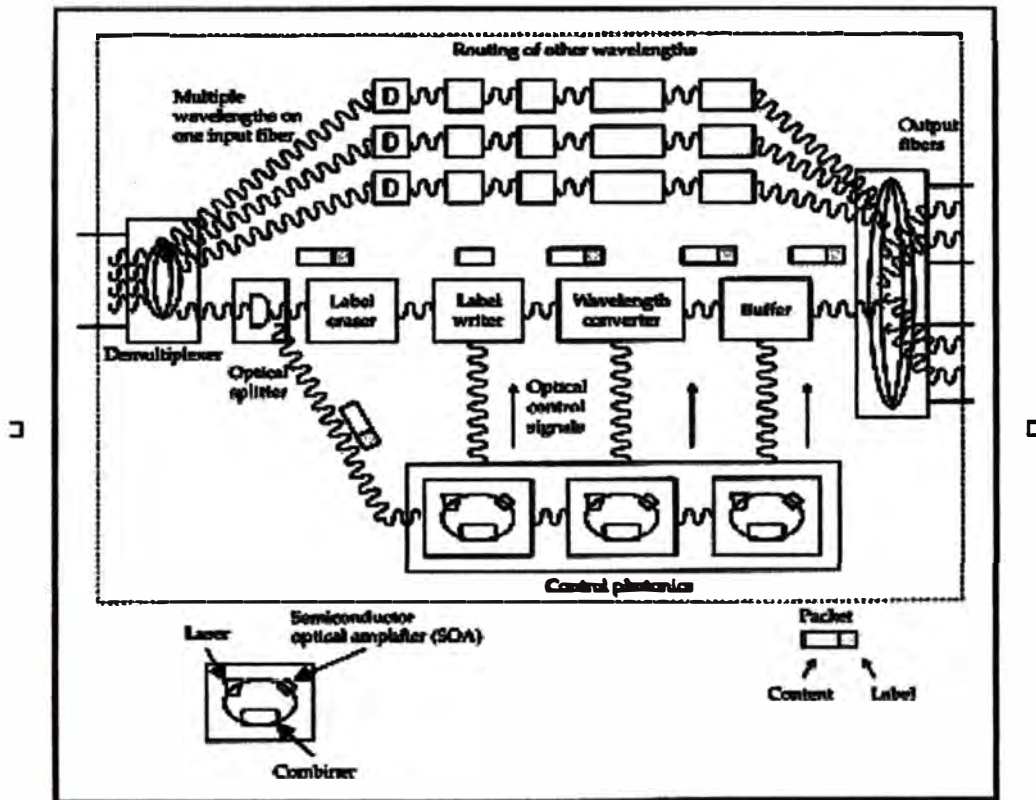


Fig. 4.6 Arquitectura de un Router Óptico

Considerar la ruta de la “copia de fábrica” primero. Este paquete tiene su etiqueta borrada por un “borrador de capas”, como se muestra en la Fig. 4.6. Todo esto está hecho ópticamente, dejando el paquete original intacto.

4.12.4 Gigabit ETHERNET Y Red Óptica

La demanda de prioridad requirió un interruptor en el hub de la LAN. Este hub interruptor maneja el acceso a la red. En este sistema, una estación pregunta (demandas de) al Hub por el permiso para el envío, y este indica si el dato es también normal o de alta prioridad de trama de tráfico (ahora “demanda prioridad”). Si el Hub recibe múltiples peticiones más o menos al mismo tiempo, este abastece primero la demanda de más alta

prioridad. El Hub recibe la trama sobre un puerto de entrada é inmediatamente los interruptores a un puerto de salida determinado por la dirección MAC de destino. (la idea básica de prioridad de demanda es mostrada en la Fig. 4.7).

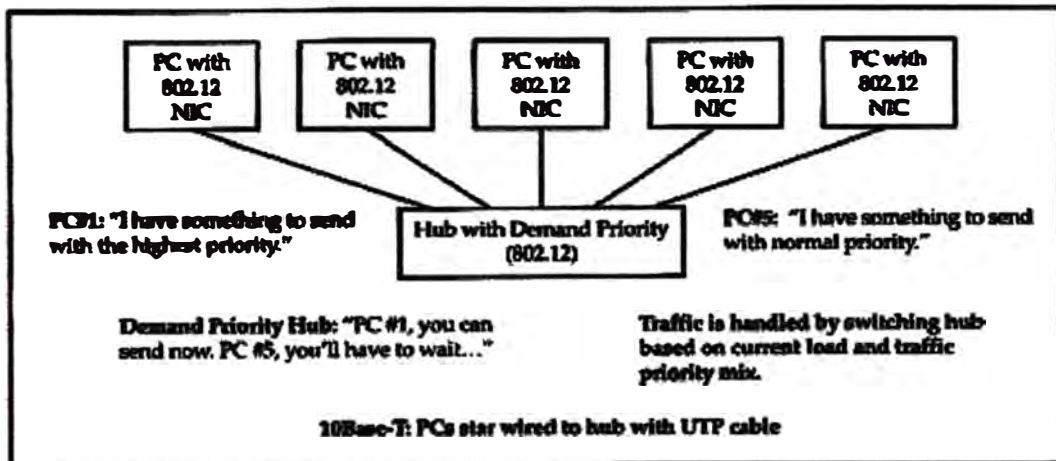


Fig. 4.7 La estructura Básica de requerimiento de prioridad LAN (802.12)

4.12.5 ETHERNET Óptica entre ETHERNET Gigabit

Esta Fig. 12.4 representa tan solo la arquitectura global, tantos Hubs no están mostrados con algún cliente o servidor. Pero están allí.

Una trama de protocolo de punto a punto (PPP), puede ser llevado dentro de una trama usando protocolos punto a punto sobre Ethernet (PPPoE). PPPoE es frecuentemente usado con línea suscriptor digital (DSL) modems llevando también paquetes IP y de Ethernet NIC equipado PC's. Pero si hay áreas de una red aun usando protocolo punto a punto(PPP) llevando paquetes IP entre routers, estas tramas PPP pueden ser llevado sobre una backbone GBE dentro de una trama Ethernet usando PPPoE.

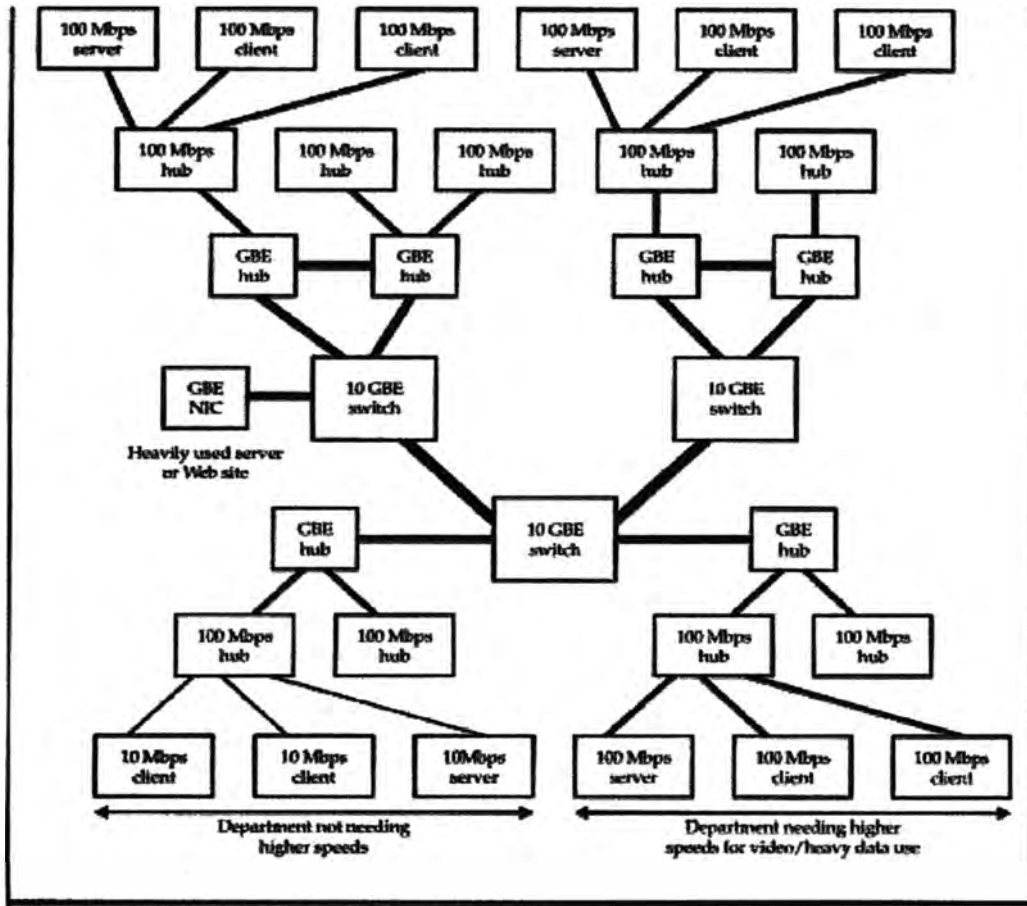


Fig. 4.8 velocidad - mezclada de una configuración Ethernet

Y el nivel de información MPLS puede fácilmente ser mapeado aun titulo etiquetado Ethernet 802.1Q VLAN. Esto podría permitir GBE a ser usado entre interruptores MPLS también. La trama transmite los identificadores del circuito virtual (DLCIs) podría ser mapeado de la misma manera, y la trama transmisora podría conducir a lo largo el backbone GBE con todo estas otras formas de trafico.

Esta filosofía de “todos los caminos llevan a Ethernet” es mostrado en la Fig. 4.9.

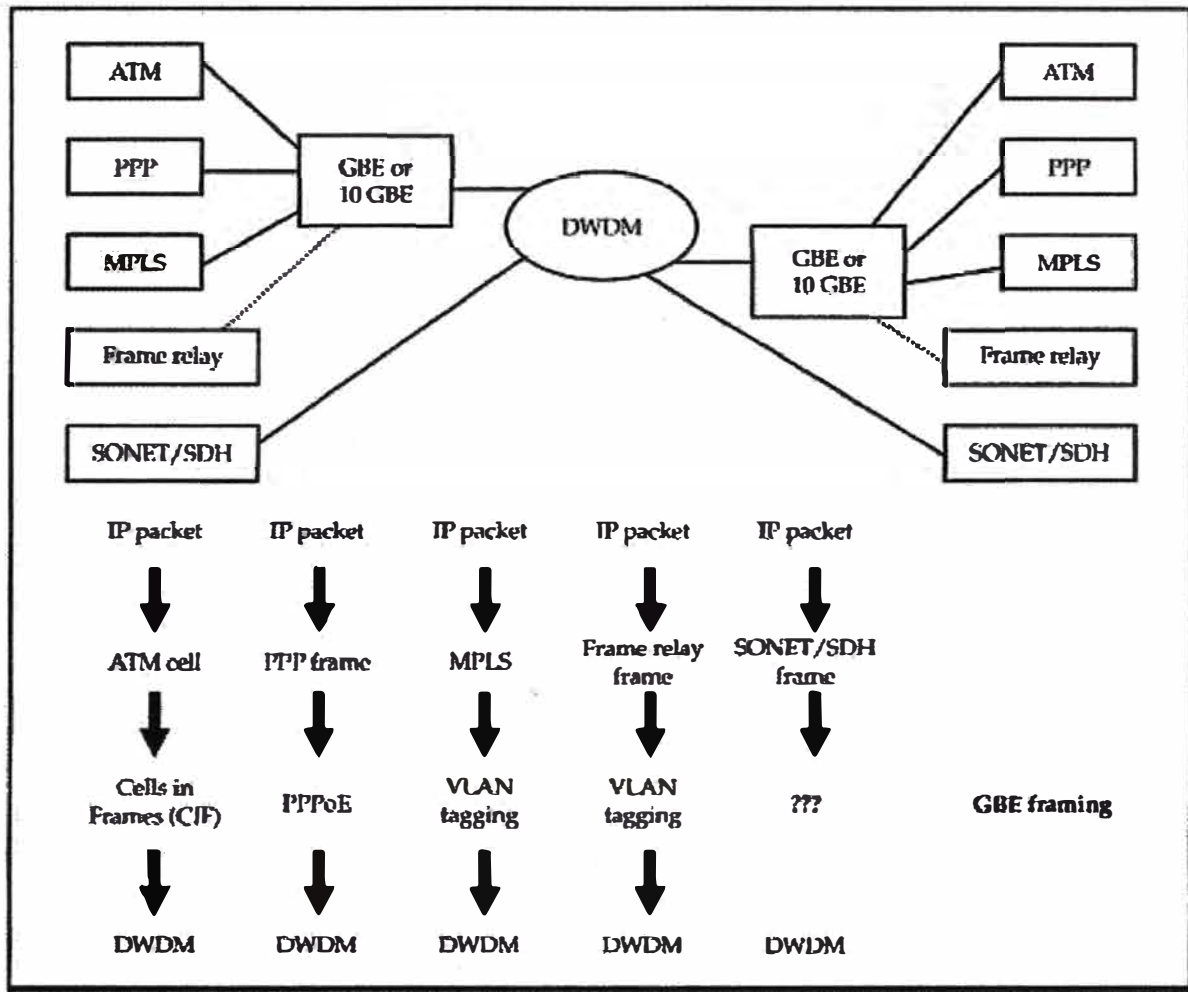


Fig. 4.9 Todos los caminos llevan a ETHERNET

4.12.6 IP Sobre SDH/SONET Sobre WDM

Una de las ventajas principales de SDH/SONET es su capacidad de restauración en el acontecimiento de un corte de la fibra o incidente en un nodo de SDH/SONET. La red del anillo de SONET puede cambiar a un suplente de fibra o camino en la otra cara de un anillo de la fibra en menos de 50ms, esta característica de restauración es transparente a la capa de red IP. Protección y las capacidades de la restauración son parte del Internet característica distribuida intrínseca de la supervivencia. Una de las ventajas grandes de tener un router está directamente relacionado con las longitudes de onda de WDM, el router puede utilizar longitudes de onda en ambas caras de un anillo y

una carga de la fibra comparte tráfico de IP, y posiblemente la utilización doble de ancho de banda de cualesquier Conexión Internet el coste de ese incremento es muy bajo para el usuario. La pérdida de una fibra puede también estar compensado por las técnicas bien conocidas para control de flujo, buffering, y reencaminamiento. En la adición, en una red de Internet óptica el router puede establecer longitudes de onda asimétricas en la transmisión/recepción para balancear tráfico de entrada y de la salida a través de la red. Las redes de SDH/SONET son realizadas siempre bajo asunción principal de transmitiendo y recibiendo el tráfico siempre que está balanceado, y por tanto no se pueden optimizar para asimétrico.

4.12.7 Fibras LAN y Redes Ópticas FDDI

Algún transponder óptico puede ser usado para transmitir la longitud de onda normal FDDI a una longitud de onda sobre el enlace(s) DWDM.

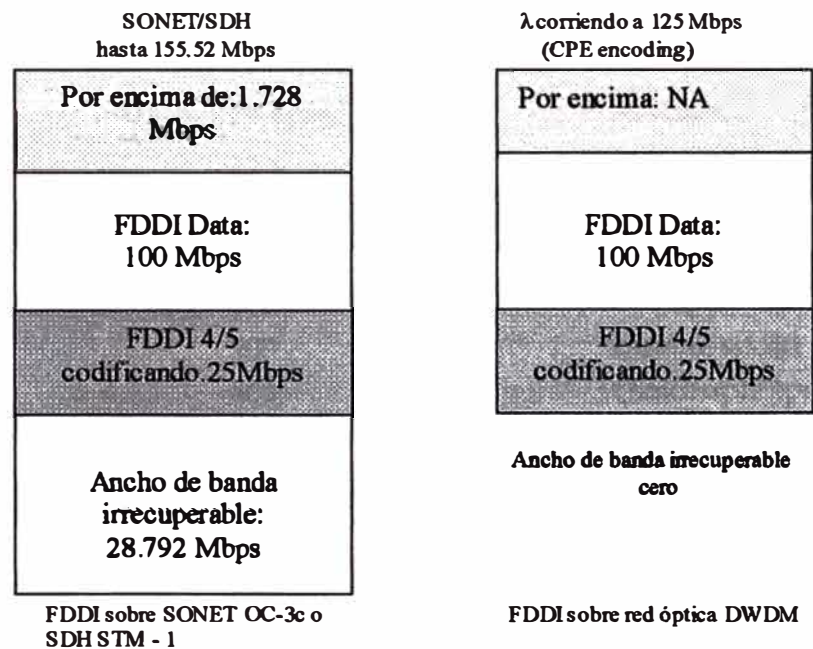


Fig. 4.10 FDDI sobre SONET/SDH y sobre DWDM

Esta situación de mapeado FDDI sobre SONET/SDH y sobre DWDM es mostrado en la Fig. 4.10 . El SONET/SDH encabeza de transporte y ruta es 1.728Mbps. el FDDI ocupa 125Mbps para transferir información y 4B/5B codificación, dejando un apreciable 28.792Mbps de ancho de base para ser pagado pero irrecuperable a la organización.

4.12.8 Canal De Fibra

El canal de fibra corren a una variedad de velocidades, ninguno de los cuales esta particularmente bien alineado con alguna de las anterior velocidad LAN ó WAN. Extrañamente la velocidad de canal de fibra es frecuentemente citada por nombre o por Megabits por segundo (Mb/s). La tabla 4.2 da la velocidad del canal de fibra en términos más familiares. Mbps ó Gbps, y entonces esta en listado en Mb/s y por nombre del canal de fibra.

Line Speed	FC Speed in MB/s	FC Name
133 Mbps	12.5	Eighth speed
266 Mbps	25	Quarter speed
531 Mbps	50	Half speed
1.063 Gbps	100	Full speed
2.126 Gbps	200	Double speed
4.252 Gbps	400	Quadruple speed

TABLA 4.2 Velocidad de FC y Nombres

4.12.9 Canal de Fibra y DWDM

Como el canal de fibra podría caber dentro de una red óptica es mostrado en la Fig. 4.11 .El switch DWDM mostrado podría estar sobre la preferencia del cliente ó en el proveedor de servicio POP. Ó podría el enlace ser 10Km.

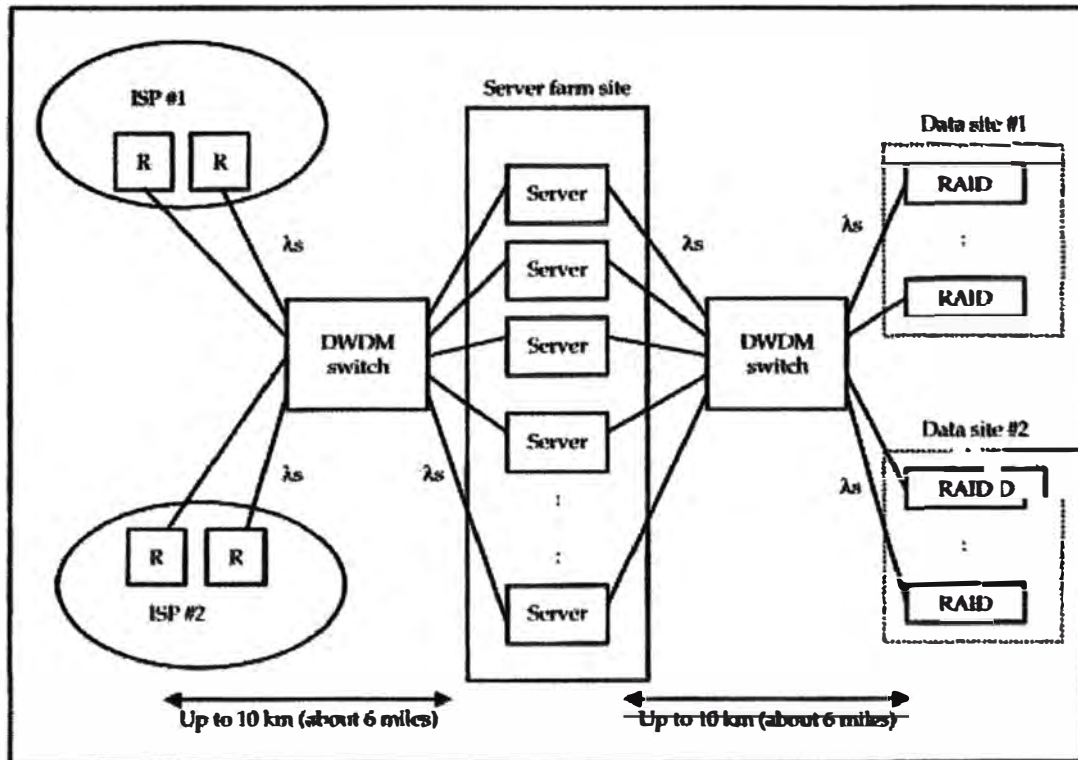


Fig. 4.11 Topología del Canal de Fibra

4.12.10 Tramas IP sobre WDM

Hay varios acercamientos propuestos hasta la fecha para paquetes de IP. Los más importantes son SDH/SONET y enmarcar con Gigabit Ethernet. Las redes ópticas necesitan la regeneración de señal si las distancias cubiertas son suficientemente largas (varios cientos kilómetros). La mayoría de hoy los sistemas de regeneración se diseñan para trabajar con SDH/SONET. En ese caso es necesario que el paquete IP esté sobre marcos de SDH/SONET. Sin embargo, enmarcar con SDH/SONET tiene varias limitaciones relacionadas con la segmentación y nuevo ensamblado (SAR) que se procesa, ya que se puede perder mucho tiempo en la tarjeta de interfaz del router, dando lugar a una degradación en el rendimiento de procesamiento y funcionamiento. Varias compañías están trabajando en un nuevo Fast - IP, que enmarca o adelgaza SDH/SONET, con técnicas más modernas para la colocación de la cabecera y talla del

marco que corresponde con a la talla del paquete. La ventaja de SDH/SONET es que lleva la información de la dirección y de la red en sus dígitos binarios de la cabecera. Sin embargo, SDH/SONET tiene una cantidad grande por encima, reservado para incidentes, sistemas de ayuda para control y de la operación. Esto los gastos indirectos se podían reducir al mínimo si estas funciones fueran incorporadas en los dispositivos de encaminamiento de IP. En la otra mano, una desventaja de SDH/SONET al enmarcar es el alto coste actual de SDH/SONET transpondedores y equipo de la regeneración. La Otra forma se basa en Gigabit Ethernet(GE), esté es más conveniente para las redes municipales, donde el ancho de banda está más disponible y el acceso lo pueden tener protocolos propietarios. GE no es tan eficiente como SDH/SONET puesto que utiliza una codificación simple del bloque, donde se encapsulan cada 8 bits de datos un bloque de transmisión 10-BIT. Estos gastos indirectos nos llevan resultados en la ineficacia de la red aún 25 %. Sin embargo, se está trabajando en un nuevo estándar 10xGE, diseñado específicamente para los sistemas densos del WDM (DWDM). Se espera que el nuevo estándar 10xGE utilizará un esquema de codificación más eficiente de trama. GE presenta varias ventajas:

- Tiene bajo costo y diseño optimizado y lleva los mismos marcos usados por la mayoría de los ordenadores net - worked.
- Utiliza los mismos marcos generados originalmente por los ordenadores principales en cualquier extremo de una conexión.
- Proporciona un costo más bajo por la salida del tributario.

4.13 REDES METROPOLITANAS DWDM

4.13.1 Características

Centros CPD: canales ESCON, Fiberchannel, STM-1, etc.

Entornos de redes: 100 BT, Gigabit Ethernet, FDDI, etc. Aplicaciones punto a punto o en anillo. Transmisión de múltiples señales tales como vídeo "broadcast", TV por cable, etc. Fácil crecimiento en infraestructura de empresas y operadoras. Al poder trabajar con l bidireccionales por una sola fibra, con un par de fibras instalado se pueden establecer respaldos de comunicaciones en una fibra a través de otra (diferente medio fisico) aplicaciones.

4.13.2 Capacidad

El sistema DUSAC, Fig. 4.12, es capaz de comunicar 32 canales bidireccionales (o 64 unidireccionales) a través de ¡¡UNA ÚNICA FIBRA!! con enlaces individuales de hasta 2,5Gbps.

Ello permite establecer hasta 64 canales bidireccionales o 128 unidireccionales a través de un tendido típico de dos fibras.

4.13.3 Transparencia

Independientemente del tipo de protocolo proporciona el transporte para entornos tales como: ESCON, FDDI, Fibre Channel, Gigabit Ethernet, ATM, SONET/SDH (JDS), etc.

4.13.4 Disponibilidad

Todo el sistema está orientado a proporcionar la máxima disponibilidad en las comunicaciones. La arquitectura modular con aislamiento entre módulos minimiza las repercusiones de cualquier incidencia o avería. El concepto de redundancia activa, la refrigeración uniforme, la alimentación redundante y balanceada y la alta fiabilidad del diseño proporciona un elevado MTBF (tiempo entre fallos).

La capacidad de extracción/inserción en caliente, la facilidad de operación y los repuestos multi-l disminuyen al mínimo el MTTR (tiempo de reparación). La combinación de todos estos elementos hacen de DUSAC un elemento fiable para su red.

4.13.5 Redes de respaldo/backup

Dentro de una sola fibra, el sistema DUSAC permite transmitir 1 en ambos sentidos de la comunicación. Ello lo hace extremadamente útil para lograr una alta disponibilidad de la red de comunicación. Utilizando un tendido de fibra típico que incorpora dos fibras, se pueden establecer canales bidireccionales redundantes en ambas fibras. Con ello se consigue un sistema de respaldo a través de diferentes medios físicos sin ninguna instalación de fibra adicional.

4.13.6 Flexibilidad

Su diseño de arquitectura modular facilita un crecimiento adecuado a las necesidades del usuario.

- Capacidad 160Gbps
- Transparencia a protocolo
- Redundancia activa
- Estabilidad control digital
- Elevado MTBF
- Reducido MTTR
- Monitorización y supervisión 1 +1

- 1 vi direccionales por la misma fibra



Fig. 4.12 Sistema Dusac

- Número de canales por fibra 128 unidireccionales 64 bidireccionales.
- Tipo de canal soportado ESCON, FDDI, ATM, Fiberchannel, 100 BFL, Gigabit Ethernet, SDH 2,5Gbps, ISC, SYSPLEX Timer, video SDI, etc.
- Capacidad de Monitorización del sistema mediante consola, o sistema de gestión SNP HPO penview / Netview.
- Repuestos multi-l.
- Fuente de alimentación Doble y Balanceada.
- Alimentación (220-240) / (110-120) V auto rango (40-63Hz) CA 600 W (opcionalmente/ 48 VCC / 24 VCC).
- Longitud de onda de operación 1525 --- 1560nm.
- Separación entre canales adyacentes 100Gh, 50GHz (ITU).
- Uniformidad de potencia entre canales +/- 1dB.
- Relación señal ruido > 30dB.
- Máxima pérdidas soportadas entre nodos 19dB.

- Rango de temperatura de operación mínimo +10 . . . +45° C.
- Seguridad láser ALS y UNE-EN 60 825-1.
- Dimensiones externas 120 x 60 x 60 cm.
- Indicadores externos independientes: encendido, actividad láser, interfase usuario activa, recepción señal láser, alarma de temperatura láser.

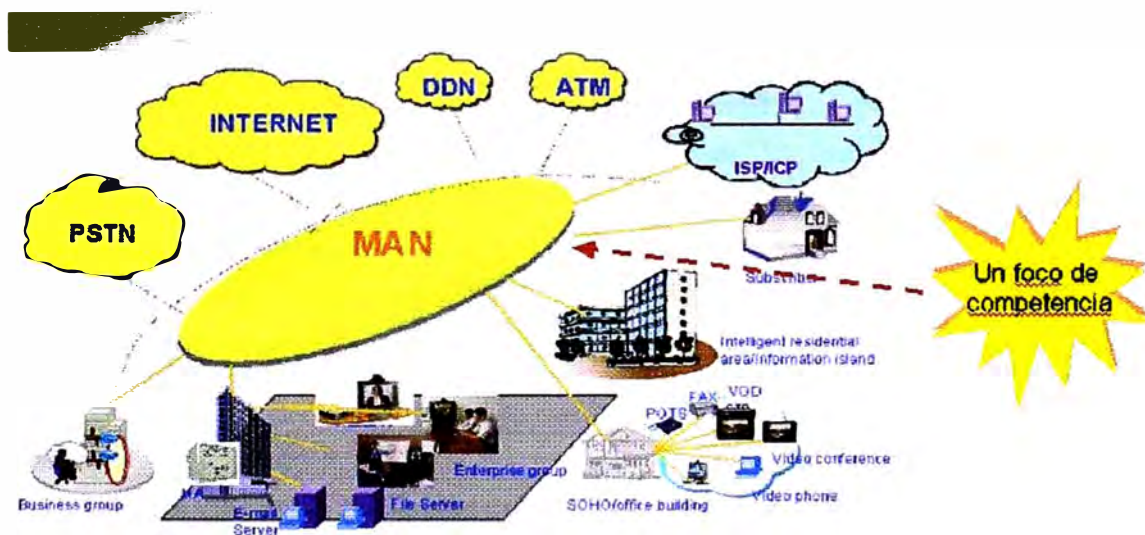
4.14 Red Metropolitana HUAWEI

OptiX Metro Series



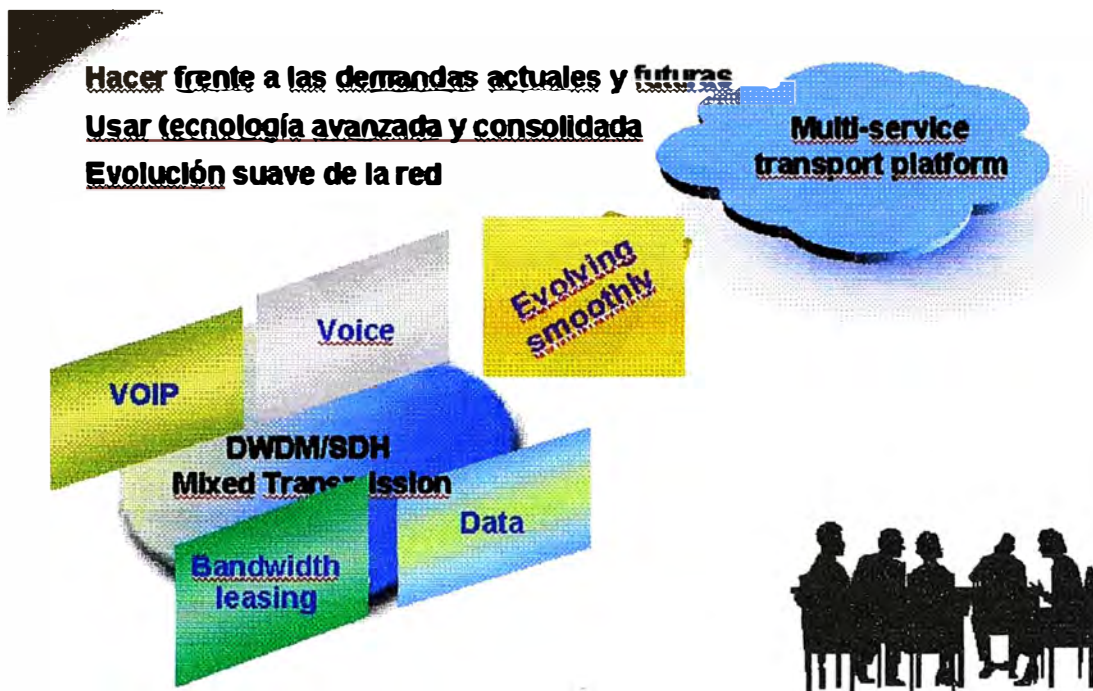
Soluciones para redes Metropolitanas de Banda Ancha

14.4.1 Demandas para construir la MAN

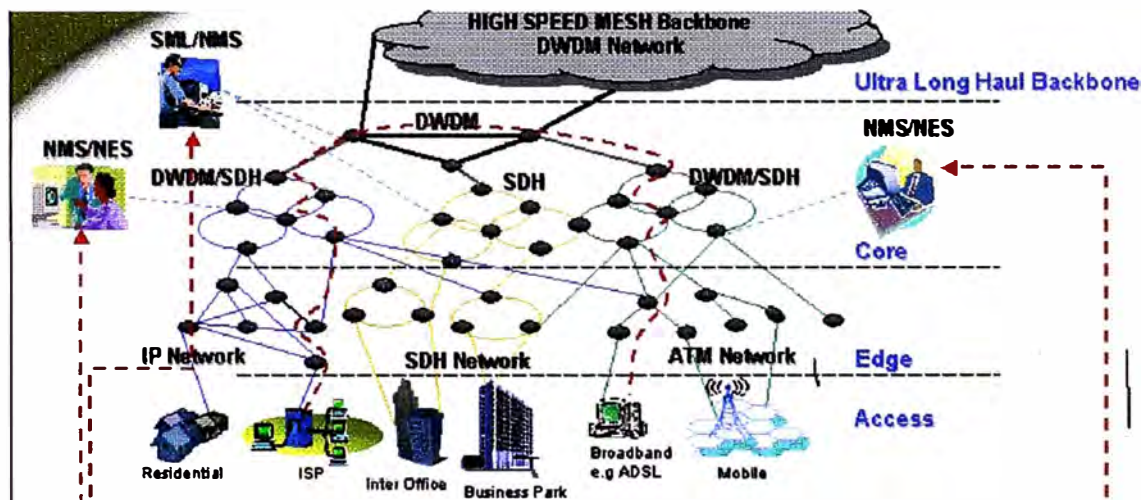


- Un enlace crítico entre el backbone y los abonados corporativos, que puede convertirse en "cuello de botella"
- Acomodar los servicios de banda ancha que ocurren en lado del Acceso.
- Reforzar la capacidad para igualar a los backbones de core.
- No sólo transporte, sino también convergencia.

4.14.2 Consideraciones para construir la MAN



4.14.3 Problemas que se enfrenta la MAN



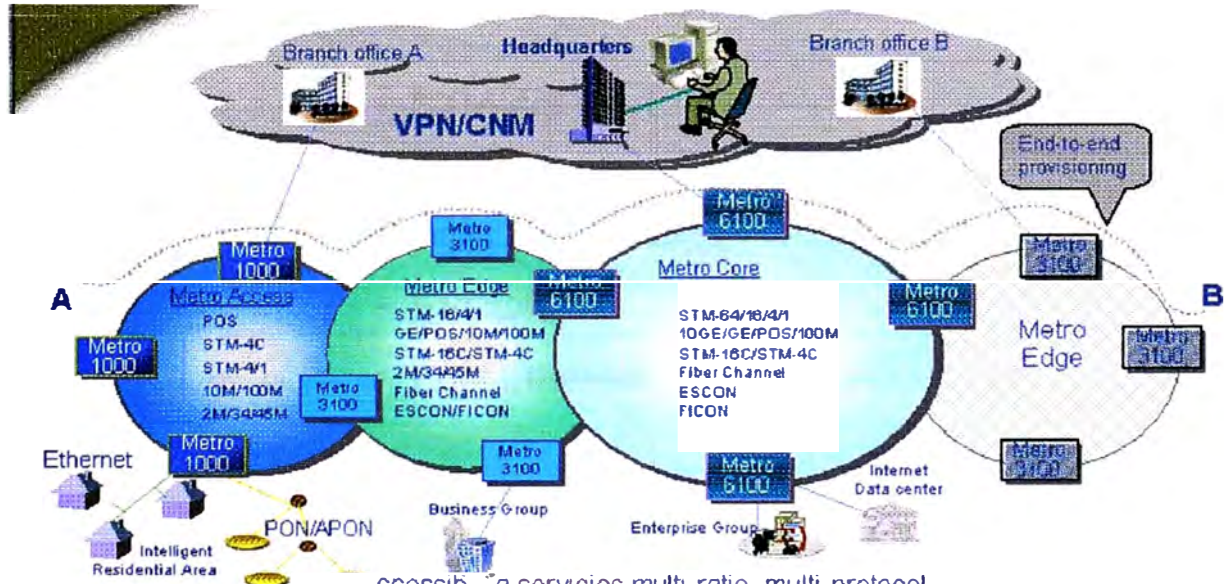
- Las crecientes demandas de servicio llevan hacia una MAN gigante y compleja
- Diferentes equipos requeridos por Multi-servicios suministrados por diferentes proveedores causan temas de seguridad y gestión de red.
- Dificultad para soportar un rápido provisionamiento de servicios "end to end"
- No se adapta a la evolución del sistema

4.14.4 Solución: Una Plataforma unificada

Una Plataforma de Transporte Unificada es crucial para tener una red operable que **simplifique la gestión y garantice la seguridad**.



4.14.5 Solución con productos HUAWEI



- Accesibilidad a servicios multi-ratio, multi-protocol
- Alta eficiencia para servicios de circuitos y paquetes
- Rápido provisioning de servicios end-to-end
- Capacidad de Ancho de Banda en demanda

- Capacidad escalable y expandibilidad de servicios

4.14.6 Servicio Interfase para Transponders

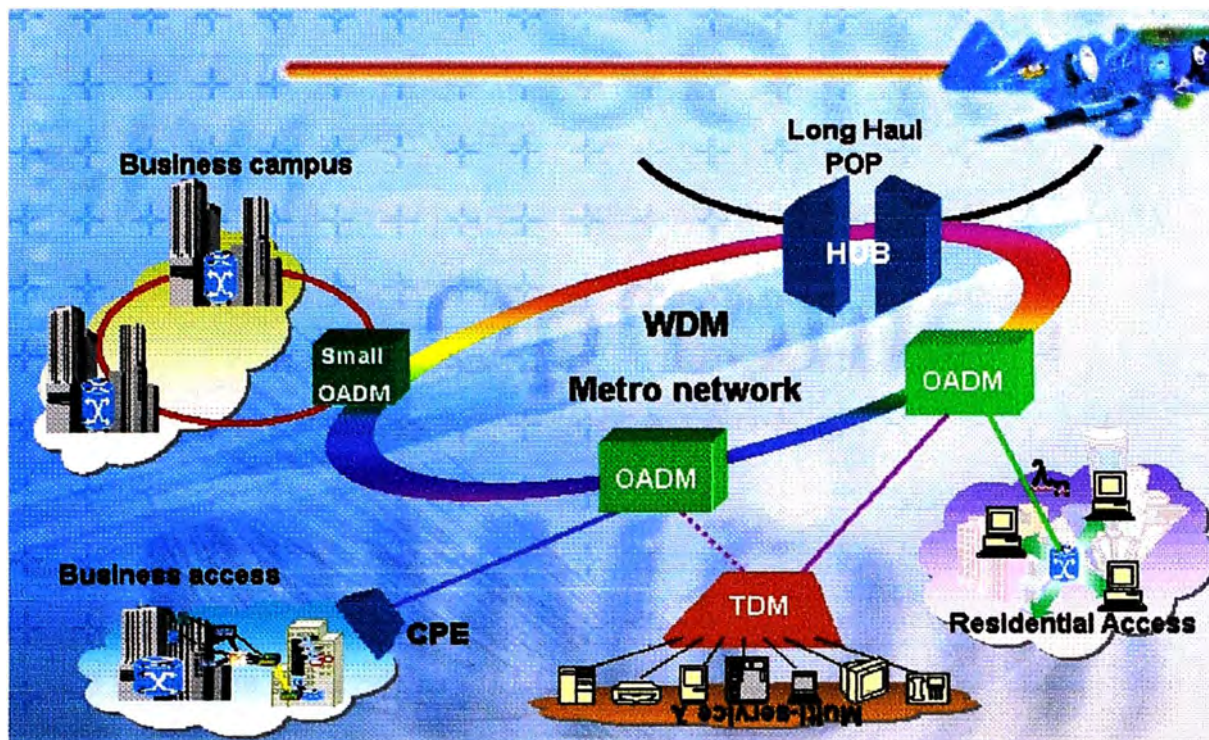
- **STM-64/STM-16/STM-4/STM-1**
- **STM-64c/STM-16c/STM-4c(POS/ATM)**
- **OC-48/OC-12/OC-3**
- **OC-48c/OC-12c/OC-3c**
- **FICON**
- **Fiber Channel**
- **FDDI**
- **PDH**

4.14.7 Servicio Interfase para SDH MAPPING

- **STM-4/STM-1**
- **Gigabit Ethernet**
- **PDH (34M、 45M)**
- **ESCON**
- **Fast Ethernet**

4.15 ALCATEL Red Metropolitana

4.15.1 Red Metro WDM



4.15.2 Red Metro DWDM - Necesidades

DWDM Metro - Nuevas necesidades (I)

- ◆ *Nuevas exigencias de servicios y protocolos que sobrepasan la función pura de transporte*
- ◆ *Protección a nivel de Longitud de Onda*
- ◆ *Posibilidad de bajar/subir tráfico en distintos punto de acuerdo a la exigencias de la demanda (desde la gestión)*

DWDM Metro - Nuevas necesidades (II)


- ◆ *Habilidad para mejorar la confiabilidad de señales que no están protegidas en forma nativa*
- ◆ *Habilidad adicional para entregar servicios Sublambdas*
- ◆ *SDH/SONET (STM-N/OC-M), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, ATM, Fiber Channel, ESCON, FICON, FDDI, Digital Video... Utilizando una interface universal*

4.15.3 Evolución de Servicios – ALCATEL


Porque un sistema DWDM Metro ??

- ◆ *Capacidad de utilización eficiente de la fibra instalada (ahorro de fibra) e introducción de una capa óptica totalmente gestionada*
- ◆ *Totalmente compatible con las redes existentes (SDH, ATM, IP..)*
- ◆ *Flexible y escalable a diferentes topologías de red y fácil de adaptar a la evolución de los servicios*

4.15.4 Soluciones - ALCATEL




**1696 features:
mechanical configurations**



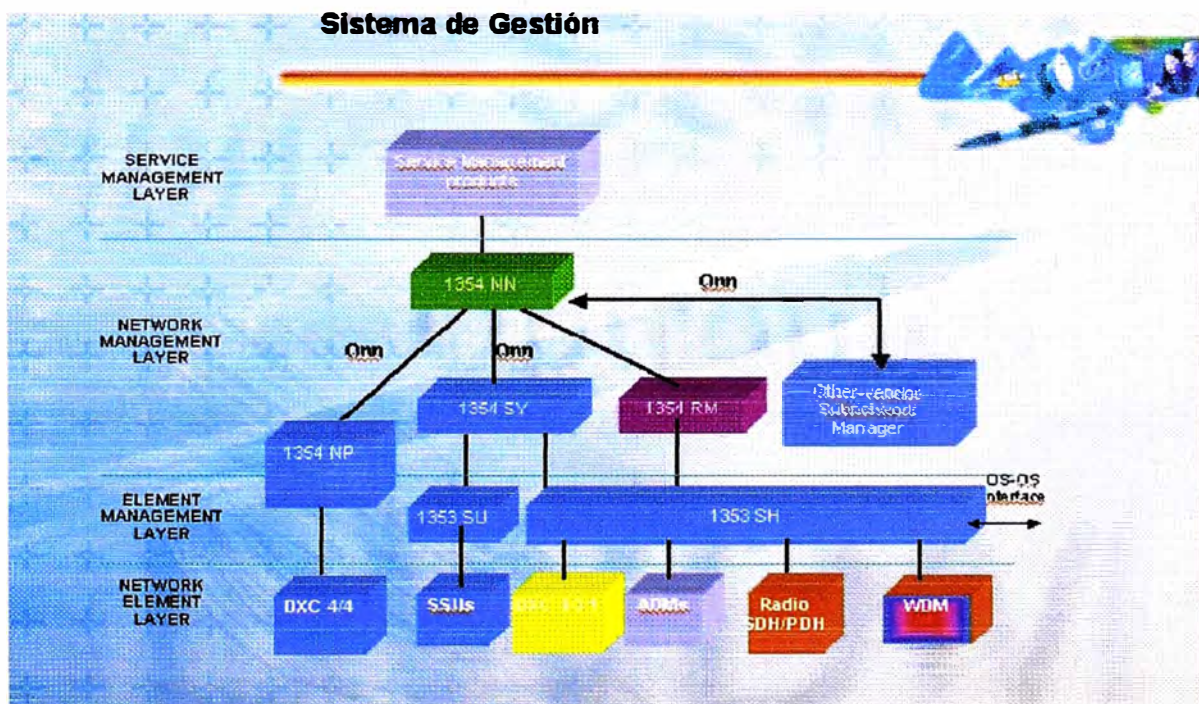
8 channels OADM (east & west in a shelf)
16 channels OADM
Fully protected 32 channels
Back to back terminal

**Up to 64 channel cards
in a standard 2200mm rack!**

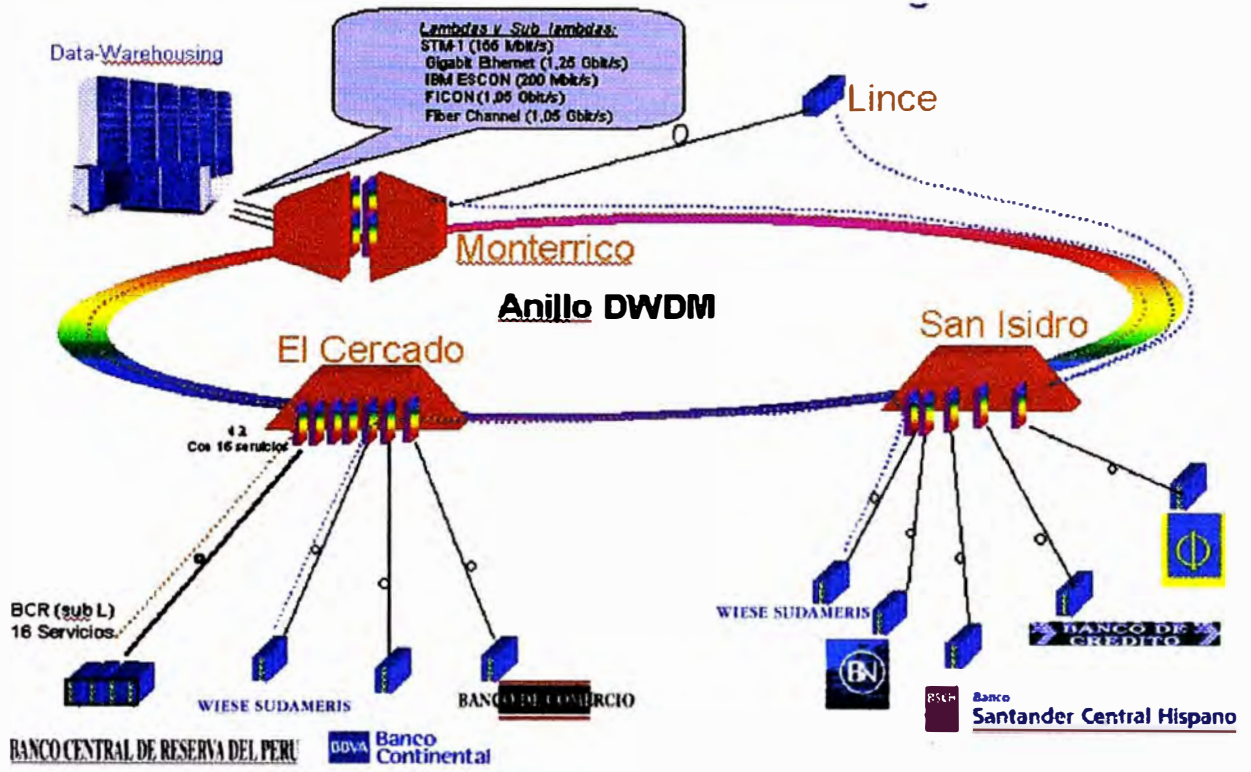


CPE Equipment

4.15.5 Gestión Unificada - ALCATEL



4.15.6 Modelo: Conectividad Multiprotocolar



CONCLUSIONES

Con la llegada de nuevos negocios soportados por Internet, las redes de Telecomunicaciones tienen que afrontar nuevos retos. Los sistemas WDM y DWDM han establecido el camino para dar respuesta a la demanda continua de nuevos servicios que requieren más capacidad, resultando finalmente a una gran demanda de ancho de banda. Ciertamente, existe una tendencia para llevar IP sobre SONET, esto definiría también el camino hacia una red completamente óptica.

Todavía no está muy claro si esta red totalmente óptica, será un hecho en el futuro cercano, ya que muchos expertos siguen pensando que cada bit deberá ser monitorizado y comprobado electrónicamente. Sin embargo, el desarrollo técnico actual en componentes, sistemas y subsistemas WDM es una clara indicación de que la carrera hacia una red totalmente óptica esta, sin lugar a dudas, totalmente abierta.

En la medida en que aumentan los volúmenes y la demanda de servicios de red, y al tiempo que disminuyen los costos de la tecnología, la interconexión óptica en red se tornará más crítica y asequible para los portadores de todos los tamaños. Se está desarrollando equipos y tecnología que maximizan la utilización de la fibra, permitiéndoles a los proveedores de servicios que le saquen el mayor provecho a sus infraestructuras de legado existentes para la conmutación de circuitos (switching), aprovechando las oportunidades de servicios que puede ofrecer la interconexión óptica en red.

ANEXO A: ACRÓNIMOS

ADSL	Subscripsor Digital de línea Asíncrona
ALLWAVE™	Marca registrada de la empresa Lucent.
AN.	Apertura Numérica
APD.	Foto diodo de avalancha.
ATM.	Modo de transferencia asíncrono
nm.	Nano metro
BW.	Ancho de banda
DWDM.	Multiplexacion por División de Onda Densa
dB.	Decibeles
EDFA.	Erbium Doped Fiber Amplifier
EMI.	Inmunidad Electromagnética.....
FDM.	Multiplexacion por División de Frecuencia
Gbps.	Giga bits por segundo
GTS.	Global TeleSystems Group
HER.	Carrier Services' Hermes Europe Railtel
IP.	Internet Protocol
ISP.	Proveedor de servicio de Internet
LED.	Emisor de luz milímetro
NZDF.	Fibra de dispersión nula
OTDM.	Multiplexación por División de tiempo Óptica
OXC.	Optical cross connect
PAM.	Pulso de amplitud modulada
PCM.	Modulación por codificación de pulso
PIN.	Detector óptico
QoS.	Calidad de servicio
RDSI	Red digital que integra tráfico de voz con datos
SDH.	Jerarquía Digital Sincronía
SONET	Red óptica sincrona
TDMA.	Multiplexación por división de tiempo asíncrona
TDM.	Multiplexación por división de tiempo.
THz.	Terahertz
um.	Micrómetro

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Selección de artículos de IEEE y Computer Networks and ISDN. ...1996-2001
- [2] Telefónica I+D. Especial productos y servicios. Comunicaciones Telefónica I+D Marzo 2001
- [3] J. García Tomás. Redes de Alta Velocidad. RAMA, 1997.
- [4] Abe, George, residential Broadband. Cisco Press (Macmillan), Indianapolis, IN, 1997.
- [5] LEON W. COUCH II - Sistemas de Comunicación digitales y Analógicos
- [6] Cunningham, David G. Lane, willian G, Gigabit Ethernet Networking, Macmillan, Indianapolis, IN, 1997.
- [7] Goralski, Walter, Introduction to ATM Networking. MCGRAW-Hill, NY, 1998.
- [8] La pagina de Lucent Technologies - <http://www.webproforum.com/lucent3/index.html>