

Evolución de las Redes Ópticas

Sara Reynolds

Facultad de Ingeniería Eléctrica, estudiante
sara_reynolds16@yahoo.com

Resumen- Este artículo es una introducción a las redes de comunicaciones por fibra óptica, y en éste se describen sus aplicaciones en las telecomunicaciones y su evolución, la cual está orientada a satisfacer las necesidades (actuales y futuras) de transporte de tráfico IP (Internet Protocol). Las redes ópticas ejecutan el procesamiento de la señal en el dominio óptico y su evolución se debe en gran parte al desarrollo de dispositivos que llevan a cabo tal procesamiento, como equipos de conmutación de paquetes ópticos con capacidad de conmutación de 10 Gbps.

Palabras Claves- Redes ópticas, Fibra Óptica, Conmutación, Dominio óptico, Tecnología DWDM.

1. Introducción

Debido a la demanda de los usuarios por servicios de alta calidad, así como de aplicaciones mejores y más rápidas, han surgido nuevas oportunidades de desarrollo en las actuales redes de comunicaciones. Es por ello que existe la necesidad de desarrollar nuevas redes de alta capacidad, que soporten las demandas de ancho de banda y el aumento progresivo del transporte de tráfico de Internet. Las redes por fibra óptica son un modelo de red que permite satisfacer las nuevas y crecientes necesidades de capacidad de transmisión y seguridad solicitadas tanto por los usuarios como por las empresas operadoras de telecomunicaciones.

Como resultado de las constantes renovaciones en las redes, surgió una red muy ventajosa: la red de fibra óptica, la cual provee muchas más prestaciones que las anteriores y, hoy en día, es muy utilizada por los usuarios para mejorar sus servicios. Las redes ópticas se consideran redes de gran capacidad debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. Igualmente, mediante las nuevas tecnologías, con elementos de red puramente ópticos, se consiguen los objetivos de aumento de la capacidad de transmisión y seguridad [1].

A continuación se proporciona una definición más clara de una red óptica y de su principal medio de transmisión, la fibra óptica. Posteriormente, en los puntos subsecuentes, se explican las diferentes redes ópticas que existen y se hace énfasis en el tema de la evolución de las redes de fibra óptica hacia una nueva generación.

2. Redes Ópticas

Las fibras ópticas se usan ampliamente en los sistemas de telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia y a altas velocidades, y son el medio de transmisión por excelencia, al ser inmunes a las interferencias electromagnéticas. También se utilizan para redes locales, en donde se necesite una alta confiabilidad y fiabilidad.

La fibra óptica es un medio de transmisión que consiste de un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el cual se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. La fuente de luz puede ser láser o un diodo emisor de luz (LED). El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell: fórmula simple utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación de la luz (o cualquier onda electromagnética) con índices de refracción distintos.

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación, y según éstos existen dos tipos de fibra óptica: multimodo (permite la propagación de múltiples haces de luz) y monomodo (permite que sólo un haz de luz se propague a través de ella), como se muestra en la Figura 1.

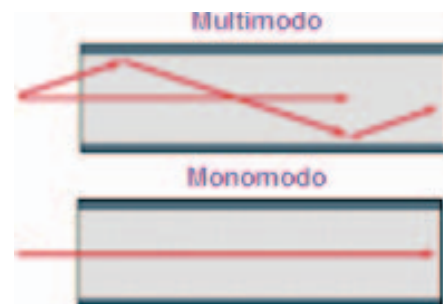


Figura 1. Tipos de fibra óptica.

Para las comunicaciones se emplean fibras multimodo para distancias cortas (hasta 5000 m) y monomodo para acoplamientos de larga distancia. Debido a que las fibras monomodo pueden acomodar un mayor ancho de banda y son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo.

Los avances en la purificación de vidrio y el concepto de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) hicieron que la fibra óptica fuese ideal para hacer redes de comunicación. Una red óptica es una red de telecomunicación en donde los enlaces de transmisión son fibras ópticas y cuya arquitectura está diseñada para explotar las características singulares de este medio de transmisión. Su diseño e implementación requiere, en general, de una combinación compleja de elementos ópticos y electrónicos, así como el software adecuado que pueda garantizar su correcto funcionamiento.

El siguiente punto muestra ejemplos de las redes ópticas que se han desarrollado desde los años ochenta.

3. Redes de Fibra Óptica Existentes

La fibra óptica permite la implementación de variados tipos de redes, la mayoría de alta velocidad y con un buen nivel de seguridad. Entre las redes de comunicación de datos que existen en la actualidad se encuentran:

Redes FDDI: Las redes FDDI (Fiber Distributed Data Interface) surgen a mediados de los años ochenta, para dar soporte a las

estaciones de trabajo de alta velocidad. Están implementadas mediante una configuración de estrella y una lógica de anillo doble token, y se componen de dos o más conexiones punto a punto entre estaciones.

Utiliza un mecanismo de transmisión de tokens (serie especial de bits) similar al de las redes Token Ring (red con topología lógica en anillo y técnica de acceso de paso de testigo).

El tráfico de cada anillo viaja en direcciones opuestas. Acepta la asignación en tiempo real del ancho de banda de la red, a través de dos tipos de tráfico: uno, tráfico síncrono, en el cual se puede consumir una porción del ancho de banda total de 100 Mbps (sobre distancias de hasta 200 m) de una red FDDI, y que sirve para estaciones que requieren una capacidad de transmisión continua; dos, tráfico asíncrono, el cual se asigna utilizando un esquema de prioridad de ocho niveles para cada estación.

Redes 10Base F: Son redes de 10 Mbps cuyo cableado típico está compuesto por segmentos de fibra óptica multimodo, los cuales necesitan 2 canales, uno para transmitir datos y otro para recibirlos. El estándar original para Ethernet sobre fibra es el Fiber-optic inter-repeater link (FOIRL), mientras 10Base F es el término genérico para la familia de estándares Ethernet: 10Base FL/FB/FP. Básicamente, estos estándares utilizan repetidores para alcanzar grandes distancias entre ellos, de 1000 m a 2000 m.

Fast Ethernet 100Base FX: Son redes que trabajan a 100 Mbps y mantienen la compatibilidad de acceso al medio. Las tarjetas de red de las estaciones de trabajo van conectadas directamente a un hub 100Base FX. Los segmentos de estas redes conectan punto a punto dos o más interfaces dependientes del medio y pueden alcanzar los 412 m. El tipo de señalización utilizado se basa en ANSI FDI (interfaz de datos distribuido para fibra óptica), que puede enviar señales continuamente sobre el enlace.

Gigabit Ethernet 1000Base SX y 1000Base LX: Es una extensión del estándar IEEE 802.3 basado en el mismo protocolo de Fast Ethernet, pero incrementa la velocidad en un factor de 10. Dentro de los estándares de estas redes se encuentran el Short Wavelength Fiber (1000Base SX), 1000 Mbps, banda base, alcanza distancias de 260 m sobre pares de fibra óptica multimodo; y Large Wavelength Fiber (1000Base LX), 1000 Mbps, banda base, alcanza distancias de entre 3 y 10 Km sobre pares de fibra óptica monomodo.

Cabe destacar que nuevos estándares de Gigabit Ethernet se han aprobado, un ejemplo de esto es el estándar IEEE 802.3ae que opera a 10 Gigabits por segundo.

Redes de alta velocidad SONET/SDH: Son un conjunto de estándares para la transmisión o transporte de datos síncronos a través de redes de fibra óptica. SONET (Synchronous Optical Network) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy) convergen en el nivel base de SDH de 155 Mbps, definido como STM-1 (Synchronous Transport Module level 1) equivalente al STS-3 (Synchronous Transport Signal level 3) de SONET, y pueden alcanzar tasas de transmisión de hasta 10 Gbps.

Redes HFC (Hybrid/Fiber Coax): Es una red de telecomunicaciones, híbrida, de alta velocidad por cable que combina fibra óptica y cable coaxial. Se componen, básicamente, de cuatro partes claramente diferenciadas (ver Figura 2): la cabecera, la red troncal, la red de distribución y la red de usuarios (abonados a algún servicio, generalmente televisión digital).

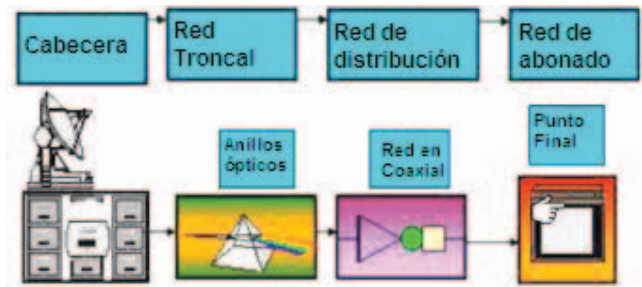


Figura 2. Esquema de una red HFC.

Redes DWDM: La única tecnología capaz actualmente de explotar todo el ancho de banda ofrecido por la fibra óptica es la DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) [2], la cual permite además una evolución flexible y económica de las presentes redes, respondiendo a la demanda de mayor ancho de banda por parte de los nuevos servicios multimedia. El medio de transmisión utilizado en las redes DWDM es la fibra óptica monomodo, por medio de la cual le es posible acoplar la salida de diferentes fuentes emisoras de luz, cada una a una longitud de onda o frecuencia óptica diferente, sobre una misma fibra óptica. La principal ventaja de la tecnología DWDM es el gran ancho de banda que ofrece, ya que los sistemas para largas distancias comercialmente disponibles en la actualidad soportan hasta 1,6 Tbps (equivalente a 160 longitudes de onda a 10 Gbps), superando el cuello de botella alcanzando en SDH/SONET en 10 Gbps.

Las redes mencionadas anteriormente fueron desarrolladas en distintas etapas evolutivas; el punto 4 explica dicha evolución, hacia las redes totalmente ópticas.

4. Evolución de las Redes Ópticas

Como se mencionó anteriormente, las tecnologías de transmisión por fibra óptica han evolucionado como resultado de la creciente demanda de servicios de alta velocidad y gran ancho de banda, lo cual ha tenido un impacto directo en las arquitecturas de las redes ópticas, esencialmente, por las grandes prestaciones alcanzadas por las soluciones WDM (Wavelength Division Multiplexing), lo cual ha conducido a la definición de tres niveles en la escala evolutiva de las redes ópticas: las redes de primera, segunda y tercera generación [3], las cuales se describen a continuación.

4.1. Redes ópticas de primera generación

Las redes de esta generación se caracterizan por emplear la fibra óptica únicamente como medio de transmisión de alta capacidad, en sustitución del cobre. Su implantación es muy extensa en las redes públicas de telecomunicación (con la excepción de la red de acceso) y en su mayoría transportan casi exclusivamente señales de tipo SDH o su equivalente norteamericano, SONET.

La tecnología de multiplexación utilizadas en las redes de primera generación es la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), la cual proporciona la obtención, a partir de una única fibra, de muchas fibras virtuales, transmitiendo cada señal sobre una portadora óptica con una longitud de onda diferente. De este modo se pueden enviar muchas señales por la misma fibra como si cada una de estas señales viajara en su propia fibra.

Las redes dentro de esta generación se basan en enlaces WDM punto a punto, como se muestra en la Figura 3, en los cuales todo el tráfico proveniente de un enlace se extrae en cada nodo y se convierte del dominio óptico al dominio eléctrico con el fin de procesar la información de enrutamiento, a su vez, todo el tráfico de salida del nodo tiene que ser convertido nuevamente a formato óptico antes de ser enviado a través del correspondiente puerto de salida.

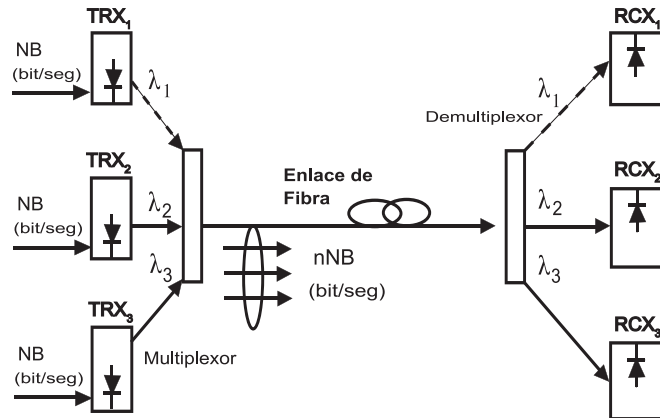


Figura 3. Enlace punto a punto WDM en la parte troncal de las redes ópticas.

Debido a que la fibra óptica sólo se está aprovechando como medio de transmisión y el resto del proceso se lleva a cabo en el dominio eléctrico, aumentando los costes de operación de red (dado que se necesitará un elemento de red eléctrica para cada uno de los canales, incluso si no están pasando datos en ese canal), se introducen multiplexores de adición/extracción, los cuales marcan el inicio de las redes ópticas de segunda generación y permiten la extracción del tráfico correspondiente a cada nodo dejando pasar el resto del tráfico de la red, evitando el procesamiento innecesario de todo el tráfico en todos los nodos de la red y, el desaprovechamiento de los recursos.

4.2. Redes ópticas de segunda generación

También llamadas redes de enrutamiento por longitud de onda o redes de conmutación de circuitos ópticos, pretenden realizar funciones adicionales en el dominio óptico (además de la simple transmisión punto a punto) tales como: tareas de enrutamiento, conmutación, además de ciertas funciones relacionadas con el control, gestión y protección de la red, proveyendo al sistema de un considerable ahorro en equipos y procesamiento electrónico en los nodos, mediante las prestaciones de una nueva capa dentro de la red, la capa óptica o capa WDM, la cual debe ocupar el nivel más bajo en la jerarquía de la red y proporcionar servicios a capas superiores, tales como la capa SDH, la ATM (Asynchronous Transfer Mode) y la IP (Internet Protocol), ver Figura 4.

En las redes ópticas de segunda generación, dado un conjunto de conexiones, el problema de establecer un camino óptico se denomina problema de enrutamiento y asignación de longitud de onda. Típicamente, las peticiones de conexión pueden ser de tipo estática y dinámica. Las conexiones en las redes de enrutamiento por longitud de onda se caracterizan por ser de tipo estático, generando una utilización relativamente pobre de la red debido a su infrecuente

reconfiguración y uso dedicado de longitudes de onda, por lo tanto, puede no ser capaz de acomodar la naturaleza altamente variable de tráfico a ráfagas de Internet de una manera eficiente. Por consiguiente, se desarrollaron arquitecturas de transporte que ofrecen una rápida provisión de recursos de red y que operan adecuadamente bajo un comportamiento de tráfico a ráfagas, por lo cual surgen las denominadas redes ópticas de tercera generación [4].

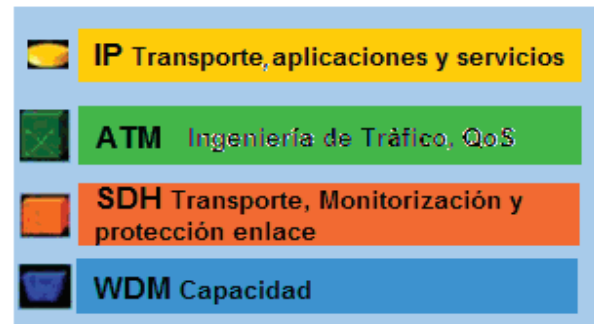


Figura 4. Capa WDM y sus capas clientes.

4.3. Redes ópticas de tercera generación

Las tecnologías completamente ópticas capaces de conmutar a nivel de longitud de onda cumplen con las demandas de tráfico y ancho de banda de la siguiente generación de redes, por lo que la conmutación de ráfagas ópticas y la conmutación de paquetes ópticos son dos tecnologías prometedoras para el transporte de tráfico directamente sobre redes ópticas WDM [5]. En la conmutación de ráfagas ópticas los paquetes son concatenados dentro de unidades de transporte referidas como ráfagas; mientras que la conmutación de paquetes ópticos convierte los paquetes IP a paquetes ópticos IP en la entrada de un enrutador (router) de frontera, siguiendo una topología similar a la presentada en redes MultiProtocol Label Switching (MPLS), y de este modo la transmisión y el enrutamiento de los paquetes dentro de la red se realizarán en el dominio óptico.

Con el fin de hacer realidad el concepto de red "toda óptica", se han hecho avances significativos con la invención de amplificadores, conmutadores y multiplexores ópticos. La Figura 5 muestra los elementos de una red "toda óptica": OADM (Optical Add/Drop Multiplexers), amplificadores ópticos EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifiers) y OXC (Optical Cross-Connect).

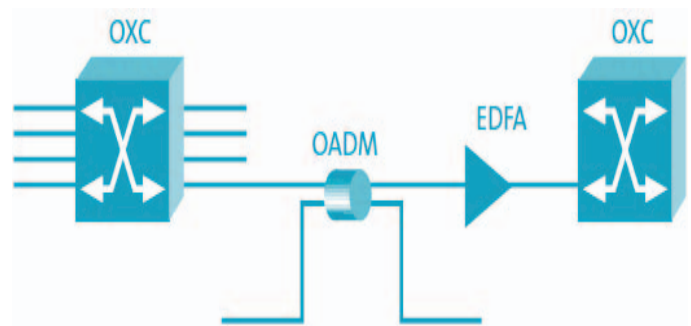


Figura 5. Elementos de una red "toda óptica".

4.4. Red óptica de nueva generación

La estructura tradicional de cuatro capas, mostrada en la Figura 4, consume un mayor ancho de banda, por lo que se ha llevado a cabo una disminución de las capas del modelo OSI (Open Systems Interconnection) hasta obtener el nivel óptico (ver Figura 6).

Se ha evolucionado hacia un nuevo modelo de red basado en una estructura de dos niveles: IP directamente sobre DWDM (capa óptica), eliminando las capas ATM y SDH [6].

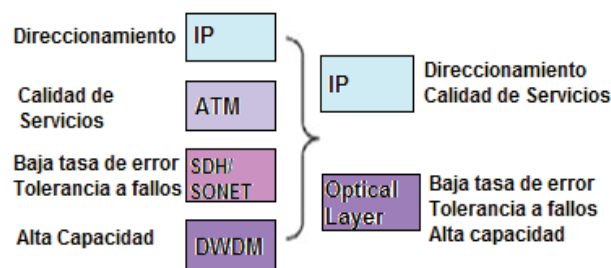


Figura 6. Nuevo modelo para red de transporte.

Esta nueva estructura de red óptica permite a las compañías de telecomunicaciones ofrecer un servicio de redes privadas virtuales IP basado en GMPLS (Generalized MPLS) directamente sobre tecnología DWDM dirigido tanto a empresas como a operadores. A través de él, la operadora proporciona diversas vías para aplicaciones de convergencia de voz, vídeo y aplicaciones de datos en una única conexión, con diferentes niveles CoS (Class of Service) y QoS (Quality of Service).

5. Redes ópticas en Panamá

Panamá se caracteriza por sus servicios de telecomunicaciones con mayores conexiones mundiales, y simultáneamente, de excepcional calidad. Fibra óptica, banda ancha, tecnología digital, conexión a Internet y telefonía celular, son términos que se emplean todos los días en nuestro país.

Los sistemas de fibra óptica son ampliamente utilizados para comunicación a larga distancia, proporcionando conexiones transcontinentales y transoceánicas; un ejemplo de esto son las redes submarinas (como Pan American System, Maya 1 y Arcos) que dan a Panamá cuatro conexiones internacionales de gran ancho de banda y rutas troncales de fibra óptica que reemplazan el sistema alimentado por enlace satelital, lo cual hace posible su interconexión con Norteamérica y América Latina, Asia, Europa, África y el resto del mundo en rutas redundantes.

Entre los beneficios de las conexiones internacionales se encuentran las conexiones rápidas y confiables para B2B (Business-to-Business), banca, comercio electrónico y otros negocios, así como también unidades adicionales de actividad de alta velocidad y precios internacionales más bajos para los consumidores.

A nivel nacional, Panamá tiene cuatro sistemas de cable óptico que se extienden por todo el país.

Con respecto a las empresas, aunque Cable & Wireless Panamá fue la primera en instalar anillos de fibra óptica, luego de privatizado el Instituto Nacional de Telecomunicaciones (INTEL), en la actualidad Panamá cuenta con una serie de empresas de telecomunicaciones, como Cable Onda, Global Crossing y Columbus Networks, que utilizan sistemas de fibra óptica [7].

Las empresas panameñas emplean las redes de fibra óptica no sólo para enviar voz a muy grandes distancias, sino también para soportar servicios de videos y televisión por Internet (por ejemplo: el video servicio como You-Tube e IPTV), e inclusive el reciente servicio de televisión por cable digital, ofrecido por Cable Onda y Cable & Wireless.

También hay empresas de transmisión eléctrica, como Unión Fenosa y la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), que han implementado un área de telecomunicaciones. En el caso de ETESA, se utiliza la fibra óptica para sus aplicaciones de Redes de Área Extendida (WAN), Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), Sistemas PLC (PowerLine Communications), Sistemas de Vigilancia Remota, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, las redes de fibra óptica son un modelo de red desarrollado para satisfacer las necesidades de capacidad de transmisión y seguridad, con la mayor economía posible, es por ello que se espera que más empresas (existentes o nuevas) en Panamá implementen tecnologías basadas en fibra óptica.

Referencias

- [1] Capmany Francoy, José / Ortega Tamarit Beatriz, "Redes Ópticas", Universidad Politécnica de Valencia, ISBN: 84-8363-001-X.
- [2] López, Mayté, 2009, "Evolución de las Redes Ópticas en el Futuro", URL: <http://www.monografias.com/trabajos72/evolucion-redes-opticas-futuro/evolucion-redes-opticas-futuro2.shtml> [Citado: Octubre 17 de 2009].
- [3] Puerto, Gustavo / Ortega, Beatriz / Capmany, José / Cardona, Karen / Suárez, Carlos, "Data networking evolution: Toward an all-optical communications platform", Septiembre 2008, URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfua/n45/n45a13.pdf>. [Citado: Octubre 18 de 2009].
- [4] Uyles Black, "Optical networks: third generation transport systems", Prentice Hall, Puerto Rico, 2002.
- [5] Hill, A. / Neri, F., "Optical Switching networks: from circuits to packets", IEEE Communications Magazine, Vol. 39, Issue 3, pp. 107-108, March 2001.
- [6] Ghani, N. / Dixit, S. / Wang, Ti-Shiang., "On IP-over-WDM Integration", IEEE Communications Magazine, Vol. 38, N° 3, pp. 72-84, March 2000.
- [7] Luna G., Manuel, "Columbus Networks en Panamá", La Estrella de Panamá, Marzo 27 de 2009.