

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE

HIDALGO.



INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA.

REDES DE COMPUTADORES POR FIBRA ÓPTICA

M O N O G R A F Í A

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ING. EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

P R E S E N T A :

ORTÍZ GÁLVEZ NORMAN HOMERO

ASESOR: M. C. ARTURO AUSTRIA CORNEJO.

PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, AGOSTO 2008

AGRADECIMIENTOS:

A mi asesor el M. en C. Arturo Austria Cornejo por su ayuda en la elaboración de ésta monografía ya que sin su apoyo y guía no hubiera sido posible la conclusión de la misma, al tiempo dedicado a este trabajo y la ayuda que me brindó.

A mis profesores de la carrera porque gracias a ellos pude llegar hasta donde estoy y gracias a las cosas que me enseñaron pude terminar éste trabajo.

Al personal de la Biblioteca Central por su apoyo en el momento de investigar libros y documentos.

DEDICATORIA:

A mi familia por el ánimo y aliento que me dieron durante la elaboración de la monografía y la gran colaboración en el proceso de culminación de este trabajo.

A mi novia por ser mi motor y por brindarme su apoyo, ya que las veces que sentía que ya no podía la recordaba y me daba fuerzas, GRACIAS Flor aunque te encuentres muy lejos se que estás conmigo.

A mis amigos que han sido de las cosas más importantes de mi vida, por apoyarme y por tenerme confianza:

GRACIAS: Mayen, Víctor, Gastón, Nahum, Zeferino, Sergio, Octavio, Omar, Polo, Gittel, Cynthia, Jesús, Javier, Alex, Salvador, Miguel, Tele, Temo y Alfredo Cerón.

ÍNDICE

	Página.
CAPITULO 1 Introducción.	1
1.1 Historia y evolución de las redes.	1
1.2 Definición del problema.	8
1.3 Objetivo.	8
1.4 Justificación.	9
1.5 Estado del arte.	9
1.5.1 El mercado de las telecomunicaciones en la actualidad en México.	9
1.5.2 Servicio de telefonía local.	10
1.5.3 Servicio de larga distancia.	12
1.5.4 Radiotelefonía Móvil Celular.	14
CAPITULO 2 Redes de computadores.	16
2.1 Antecedentes.	16
2.2 Redes de cómputo.	19
2.2.1 Componentes de una red.	20
2.2.2 Servidores.	20
2.2.3 Estaciones de trabajo.	20
2.2.4 Tarjeta de red.	21
2.2.5 Tarjeta Ethernet con conectores RJ-45.	21
2.2.6 Concentradores o Hubs.	21
2.2.7 Repetidores.	21

2.2.8 Modelo de redes OSI.	22
2.2.8.1 Nivel físico.	22
2.2.8.2 Nivel de enlace de datos.	24
2.2.8.3 Nivel de red.	24
2.2.8.4 Nivel de transporte.	25
2.2.8.5 Nivel de sesión.	25
2.2.8.6 Nivel de presentación.	25
2.2.8.7 Nivel de aplicación.	26
2.3 Tipos de redes.	26
2.3.1 Red de área local (LAN).	26
2.3.2 Red de área metropolitana (MAN).	29
2.3.2.1 Ancho de banda.	31
2.3.2.2 Nodos de red.	31
2.3.2.3 Extensión de red.	31
2.3.2.4 Distancia entre nodos.	31
2.3.2.5 Trafico en tiempo real.	31
2.3.2.6 Integración voz/datos/video.	32
2.3.2.7 Alta disponibilidad.	32
2.3.2.8 Alta fiabilidad.	32
2.3.2.9 Alta seguridad.	33
2.3.2.10 Inmunidad al ruido.	33
2.3.2.11 Interconexión de RALs en un área urbana.	33
2.3.2.12 Interconexión de RALs en un entorno privado de múltiples edificios.	36
2.3.3 Redes de área extensa (WAN).	38

2.3.3.1 Equipos de interconexión.	39
2.3.3.2 Técnicas de interconexión.	39
2.3.3.3 Técnicas de conmutación.	39
2.3.3.4 Conmutación de circuitos.	39
2.3.3.5 Conmutación de paquetes.	40
2.3.3.6 Almacén y retransmisión.	41
2.3.3.7 Control de ruta.	41
2.3.3.8 Disponibilidad de la conexión.	42
2.3.3.9 Comunicación a petición del usuario.	42
2.3.3.10 Comunicación permanente, fija o dedicada.	42
2.3.3.11 Técnica de transmisión.	42
2.3.3.12 Velocidad de transmisión.	43
2.3.3.13 Fiabilidad de la red.	43
2.3.3.14 Dominio público.	44
2.3.3.15 Dominio privado.	44
2.4 Topologías de redes.	45
2.4.1 Topología.	45
2.4.2 Topología estrella.	46
2.4.2.1 Ventajas.	47
2.4.2.2 Desventajas.	47
2.4.2.3 Topología estrella cableada.	47
2.4.2.4 Resumen (Topología/cableado/protocolo).	47
2.4.3 Topología bus.	47
2.4.3.1 Desventajas.	49

2.4.3.2 Ventajas.	49
2.4.3.3 Resumen (Topología/cableado/protocolo).	49
2.4.4 Topología anillo.	49
2.4.5 Topología árbol.	51
2.4.5.1 Ventajas.	52
2.4.5.2 Desventajas.	52
2.4.5.3 Resumen (Topología/cableado/protocolo).	52
2.4.6 Topología punto a punto.	52
2.4.7 Topología multipunto.	53
2.5 Tecnologías de acceso de banda ancha.	55
2.6 Tecnologías alámbricas.	57
2.6.1 DSL.	57
2.6.2 ADSL.	59
2.6.3 HDSL.	60
2.6.4 RADSL.	60
2.6.5 SDSL.	61
2.6.6 VDSL.	61
2.6.7 Cable par trenzado.	61
2.6.7.1 Cable par trenzado no apantallado.	62
2.6.7.2 Cable par trenzado apantallado.	63
2.6.7.3 Cable par trenzado con pantalla global.	63
2.6.7.4 Ventajas.	65
2.6.7.5 Desventajas.	65
2.6.8 Cable coaxial.	66

2.6.9 Fibra óptica.	67
2.7 Tecnologías inalámbricas	69
2.7.1 Tecnología de comunicación móvil.	69
2.7.2 Tecnologías de acceso terrestre inalámbrico.	70
2.7.3 MMDS.	71
2.7.4 Acceso satelital.	73
2.7.5 Punto local radiofónico (Wireles Local Loop).	75
CAPITULO 3 Fibra óptica.	76
3.1 Definición.	76
3.2 Características.	83
3.2.1 Características mecánicas.	84
3.2.2 Ventajas de la fibra óptica.	85
3.3 Funcionamiento.	86
3.3.1 Reflexiones y refracciones de la luz.	87
3.3.2 Las leyes de la reflexión y refracción.	88
3.3.3 Ley de Snell.	88
3.4 Tipos de fibra óptica.	91
3.4.1 Fibra óptica múltimodo.	91
3.4.2 Fibra óptica monomodo.	92
3.4.3 Fibra óptica monomodo estándar (SSMF).	93
3.4.4 Fibra óptica de dispersión desplazada (DSF).	94
3.4.5 Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (NZDSF).	94
3.4.6 Fibra óptica compensadora de dispersión (DCF).	94

3.4.7 Fibra óptica mantenedora de polarización (PMF).	95
3.4.8 Fibra óptica de plástico (POF).	95
3.4.9 Fibra óptica de cristal fotónico.	95
3.5 Tecnología MPLS.	96
3.5.1 La conversión de IP: conmutación IP.	104
3.5.2 La convergencia real: MPLS.	106
3.5.3 Descripción funcional del MPLS.	109
3.5.3.1 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS.	109
3.5.3.2 Control de la información en MPLS.	114
3.5.3.3 Funcionamiento global MPLS.	115
3.5.4 Aplicaciones de MPLS.	116
3.5.4.1 Ingeniería de tráfico.	116
3.5.4.2 Clases de servicio (CoS).	118
3.6 GMPLS.	121
CAPITULO 4 Redes por fibra óptica.	127
4.1 Redes ópticas	127
4.1.1 Evolución del modelo de red óptica.	130
4.1.2 FDDI (Fiber distributed data interface).	132
4.1.2.1 Funciones de FDDI.	132
4.1.2.2 Nivel físico (PDM).	132
4.1.2.3 Nivel físico (PHY).	133
4.1.2.4 Nivel de enlace (MAC).	134
4.1.3 CDDI (Copper Distributed Data Interface).	136

4.1.4 FDDI II.	137
4.2 Comparación con otros medios de comunicación.	138
4.2.1 Ventajas de la fibra óptica vs microondas y cable de cobre.	139
4.2.2 Fibra óptica vs comunicación por satélite.	139
4.3 Internet por fibra óptica.	141
4.4 Protocolos de comunicación por fibra óptica.	144
4.4.1 El estándar SONET/SDH.	144
4.4.2 Estándar DWDM.	148
CAPITULO 5 Fibra óptica en la actualidad.	153
5.1 Fibra óptica sobre cable coaxial.	157
5.2 Aplicaciones de la fibra óptica.	158
5.2.1 Internet.	158
5.2.2 Redes .	159
5.2.3 Telefonía.	159
5.2.4 Medicina.	160
5.2.4.1 Ventajas.	160
5.2.4.2 Desventajas.	160
5.2.5 Sistemas de radio por fibra óptica.	162
5.2.6 Otras aplicaciones.	163
CAPITULO 6 Aplicación de las redes de fibra óptica en la infraestructura de RED UNO	167
6.1 Introducción.	167

6.2 Aplicación.	168
6.2.1 Ejemplos de conexiones.	169
6.3 Utilización en IPTv.	173
CONCLUSIONES	177
BIBLIOGRAFIA	179
REFERENCIAS	181
GLOSARIO Y SIGLARIO	184
VITE	194

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura.	Página.
2.1 Esquema de redes metropolitanas unidas por puentes.	36
2.2 Esquema troncal para interconexión de RALs.	38
2.3 Conmutación de circuitos.	40
2.4 Esquema de la técnica de conmutación de paquetes.	41
2.5 Topología estrella.	46
2.6 Topología bus.	49
2.7 Topología anillo.	50
2.8 Topología árbol.	51
3.1 Fibra óptica multimodo de salto de índice.	92
3.2 Fibra óptica múltimodo de índice gradual.	92
3.3 Fibra óptica monomodo.	93
3.4 Topología física ATM y topología lógica IP superpuesta.	101
3.5 Modelo funcional de IP sobre ATM.	102
3.6 Separación funcional de encaminamiento y envío.	105
3.7 Esquema funcional del MPLS.	109
3.8 Detalle de la tabla de envío de un LSR.	111
3.9 Ejemplo de envío de un paquete por LSP.	112
3.10 Estructura de la cabecera genérica MPLS.	113
3.11 Funcionamiento de una red MPLS.	116
3.12 Comparación entre caminos IGP con ingeniería de tráfico.	117
3.13 Jerarquía de interfaces conmutadas GMPLS.	124

3.14 Arquitectura de conmutador PSS.	125
4.1 Evolución de las capas de redes ópticas.	131
4.2 Acceso al tráfico en PDH frente a SDH.	144
4.3 Capas en SONET/SDH.	147
6.1.- Ejemplo de conexiones en una red óptica.	170
6.2.- Topología de la red UNINET.	172
6.3.Ejemplo de conexiones IPTv.	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Pág.
2.1 Resumen de protocolos, cableado y velocidad para cada topología.	53
2.2 Alcance máximo de las topologías.	55
2.3 Comparación de los diferentes tipos de DSL.	58
2.4 Tipos de cables coaxiales, impedancias y usos.	67
2.5 Velocidad de algunos materiales dieléctricos.	78
4.1 Fibra óptica vs cable coaxial.	139
4.2 Jerarquías SONET/SDH.	145
4.3 Tributarios virtuales.	146

CAPITULO 1

CAPITULO 1. Introducción.

1.1 Historia y evolución de las redes.

Todos sabemos qué tan importante es el desarrollo de tecnologías en esta época y que cada innovación tecnológica, incluye una adaptación por parte de la gente hacia estos nuevos inventos. Cuando Graham Bell inventó el teléfono y lo hizo comercial, se tuvo un gran impacto en la población, ya que logró comunicar a la gente. Por ejemplo, a la entrada del teléfono, se hizo que los médicos ya no tuvieran que vivir cerca de sus consultorios, ya que con una sola llamada se podía atender a sus pacientes. Por otro lado, se lograron sacar a las fábricas y maquiladoras de la zona urbana, hacia las afueras de las ciudades, ya que con este invento podían estar comunicados con sus proveedores y clientes, y por otra parte, el teléfono, hizo que se "acortaran distancias", ya que antes si surgía un problema, se tenía que convocar a una junta entre directores y gerentes de una empresa, tenían que viajar y reunirse en un lugar, y ahora con esta invención, bastaba una llamada para arreglar el problema.

Este es un claro ejemplo de como las tecnologías impactan a la humanidad. En México entre 1980 y 1990, la comunicación de voz y datos y se daba a base de 3 tecnologías:

- Cable de cobre
- Microondas
- Vía satélite

La telefonía en México fue creciendo paulatinamente. El 27 de julio de 1973, el presidente Luís Echeverría A. inauguró el teléfono número 2 millones. Para principios de la década de

1980 México solo contaba con 5 millones de teléfonos instalados. A principios de 1990 se introduce en México la primera red de fibra óptica, y en este mismo año, se planea la privatización de este medio de comunicación en México. Telmex se privatiza y esto da como consecuencia la reforma de las leyes para el sector privado que viene a México a hacer competencia.

A partir de 1997, empiezan a entrar empresas de telecomunicaciones extranjeras a México¹. Las primeras en entrar fueron Avantel (empresa formada por Banamex-Accival y MCI) y Alestra (empresa formada por Bancomer-GTE, Grupo Iusacell asociado Bell Atlantic, Motorola, y el Grupo Industrial Alfa en alianza con la estadounidense AT&T), brindando sólo servicios como telefonía de larga distancia a nivel nacional e internacional.

Avantel, al ser la primera empresa que quiere crear competencia a Telmex, decide crear su propia red, invirtiendo en México 1,800 millones de dólares en una inversión que les llevaría 3 años. Por otro lado, Alestra decide invertir en México, y esto hace que otras empresas se decidan por invertir en el sector de las telecomunicaciones en México.

Para las empresas la innovación se hizo encaminada por lo regular hacia lo que fue el internet y las redes de computadores con lo que se tuvo un gran crecimiento de este en México.

Internet es hoy en día una infraestructura informática extendida ampliamente y usado por la sociedad, en procesos como el comercio electrónico, la adquisición de información y la comunicación con otras personas en lugares remotos.

¹ Cabe mencionar que estas empresas entraron pero Telmex les proveyó de la infraestructura a cambio de una renta.

En el año de 1960 la agencia ARPA (Advanced Research Project Agency) del pentágono creo la primera red llamada ArpaNet, la cual tenia 4 computadoras conectadas, una en la Universidad de California en los Ángeles (UCLA), otra en el Instituto de Investigaciones de Stanford (SRI), una mas en la Universidad de California en Santa Bárbara (UCSB) y la ultima en la Universidad de UTAH, para 1971 se tenían 11 nodos mas y ya para el siguiente año se contaba con 40 nodos.

Poco después el Departamento de Defensa de los Estados Unidos se separo de ArpaNet y creo su propia red llamada MilNet, estas redes integraron el protocolo TCP/IP para comunicarse entre ellas, poco a poco se convirtió en un sistema de comunicación muy sólido y robusto. Poco después fueron apareciendo mas redes gubernamentales y de universidades que participaban en el proyecto y fue así como se convirtió en la red mas grande del mundo, al separarse la Agencia Militar esta dio acceso libre a quien quisiera, de la nacionalidad que fuera, siempre y cuando fuera para uso de investigación o académico. En ese momento la velocidad de transmisión de los nodos era de 56 Kbps.

La red que dio origen a la red de redes dejo de funcionar en 1990, pero ya existían varios organismos que se encargaban del despeño de Internet, como Europa que tenia el CERN (Siglas en francés de Consejo Europeo para la Investigación Nuclear), y dos años mas tarde crearía al ya conocido (WWW) World Wide Web, para el cual empleo tres recursos: HTML (Hypertext Markup Language), HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y un programa cliente llamado Web Browser.

En lo que respecta a México Internet empezó en la época de fines de los 80's, en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), se conecto a BINET a través de

una línea privada a una velocidad de 9600 bps, y en 1989 pudo acceder a Internet a través de la Universidad de Texas (UTSA) por la misma línea privada. La segunda escuela fue la Universidad Autónoma de México (UNAM), esta se conecto por enlace satelital a una velocidad de 56kbps con el Centro de Investigación Atmosférica de Boulder Colorado, siendo este et segundo nodo conectado a Internet en México, poco después se conectaron ambas escuelas por medio de una línea privada analógica a una velocidad de 9600 bps, la velocidad suficiente para proveer correos electrónicos, enviar y recibir archivos.

No fue hasta el año de 1994, con la formación de la Red Tecnológica Nacional (RTN), integrada por MEXnet y CONACyT, que el enlace creció a 2Mbps (E1), y en ese mismo año Internet se abrió a nivel comercial, ya que hasta entonces era solamente para uso de instituciones educativas.

Durantes los siguientes años se consolidaron redes como RTN (Red Tecnológica Nacional), creando un Backbone nacional y agrupando un gran numero de instituciones educativas y comerciales en toda la república, después surgieron ISP's (Internet service providers) comerciales dando servicio de conexión a Internet y servicios de valor agregado como acceso a bases de datos publica y privadas.

En diciembre de 1995 se hizo oficial el anuncio del centro de información de Redes de México (NIC-México), el cual se encarga de administración y coordinación de los recursos de Internet en México, tales como la administración y delegación de los dominios bajo ".mx".

En 1996 ciudades como Monterrey, N.L registran 17 enlaces E1 contratados con Telmex, para uso privado y así se consolidan los principales ISP's en el país de los mas de 100

ubicados a lo largo y ancho del país. Tan solo en los primeros meses el 2% de los host totales del país (16,000), ubicados bajo ".mx" tienen en sus nombres las letras WWW.

En el año de 1996 la apertura en el ámbito de empresas de Telecomunicaciones y las concesiones de telefonía de larga distancia, provocan un auge momentáneo en las conexiones a Internet. Ya en 1997 existen más de 150 proveedores de acceso a Internet (ISP's), que brindan sus servicios en México ubicados en los principales centros urbanos como lo son: Cd. de México, Monterrey, Guadalajara, Chihuahua, Tijuana, Puebla, Mérida y otras.

A principios del 2001 Internet se a convertido en la mayor red del mundo (Red de Redes), la cual cuenta con mas de 70 millones de ordenadores (host) repartida por mas de 200 países, y a la cual acceden mas de 400 millones de usuarios, y que disponen de miles de servicios telemáticos y que a menudo se ven afectados por virus (se han identificado mas 50,000) que causan enormes estragos si llegan a infectar el ordenador, como paso con un virus llamado Melissa en el año 1999 y I love you que apareció en el año del 2000, que se propagan con rapidez, este ultimo a través del correo electrónico.

El acceso a Internet se esta convirtiendo en una actividad común, tanto para usuarios particulares como en negocios que encuentran en este medio una manera muy sencilla y económica de comunicarse o de acceder a la información diversa, contenida en los servidores de la red, pero así como tiene sus ventajas también tiene sus inconvenientes, en la que destacan su lentitud dependiendo del proveedor del servicio y las condiciones de saturación de la red que pueden llegar a ser desesperante.

Es por eso que los proveedores de Internet se están esforzando en proporcionar vías mas rápidas de comunicación y así, frente al acceso por red conmutada o la RDSI (Red digital de

servicios integrados), que alcanza una velocidad de 56Kbps o 128 Kbps, aunque en el caso de la red conmutada y haciendo uso de la tecnología xDSL y un splitter para separar la voz de los datos, se pueden alcanzar varios Mbps los operadores tienen la oportunidad de ofrecer canales de TV y también acceso a servicios de telefonía y/o de transmisión de datos, que alcanzan velocidades de varias decenas de Mbps con la utilización de Cable módem. Como ya se dijo el crecimiento y el cambio constante han obligado a desarrollar nuevas tecnologías en todos los aspectos de las redes de datos. Como estaciones de trabajo con mayor poder de procesamiento, la complejidad de las aplicaciones, el tamaño de los archivos, la centralización de servidores y el incremento de los usuarios de la red deriva en la necesidad de incrementar el ancho de banda en las redes actuales y propone nuevas tecnologías para llevar esto a cabo.

Para esa época la introducción de nueva tecnología más rápida y eficaz era la prioridad de las empresas, y es ahí cuando entra al mercado la fibra óptica con esto reduciendo costes y velocidad.

Es al momento en que empresas extranjeras entran al país con la nueva tecnología de redes por fibra óptica la llamada tecnología FDDI. Que no es otra cosa que la transmisión de datos, voz y video a alta velocidad cubriendo una gran distancia.²

La FDDI o Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (Fiber Distributed Data Interface), es una interfaz de red en configuración de simple o doble anillo, con paso de testigo, que puede ser implementada con fibra óptica, cable de par trenzado apantallado (STP-Shielded Twisted Pair), o cable de par trenzado sin apantallar (UTP-Unshielded Twisted Pair).

² Comentario personal basado en lo leído en el artículo "FDDI: Redes de alta velocidad" publicado por el Ing. Juan Manuel González Nava.

La tecnología FDDI permite la transmisión de los datos a 100 Mbps., según la norma ANSI X3T9.5, con un esquema tolerante a fallos, flexible y escalable.

Esta norma fue definida, originalmente, en 1982, para redes de hasta 7 nodos y 1 Km. de longitud, denominada como LDDI (Locally Distributed Data Interface). Sin embargo, en 1986 fue modificada y publicada como borrador de la norma actual, e inmediatamente aprobada, apareciendo los primeros productos comerciales en 1990.

Las aplicaciones actuales requieren grandes cantidades de datos, y ello conlleva la necesidad de un ancho de banda superior al de las redes Ethernet y Token Ring actuales.

Las potentes estaciones de trabajo son capaces de procesar, adquirir y generar datos que dichas redes no son capaces de transmitir. En definitiva, los clusters y grupos de trabajo, requieren un ancho de banda como mínimo diez veces superior al de las redes actuales, especialmente para aplicaciones como finanzas, ingeniería, ciencia, telemedicina, edición electrónica, multimedia y otras de requerimientos similares para las aplicaciones de la sociedad actual. La falta del ancho de banda adecuado, en estos grupos de trabajo, es un cuello de botella que genera tiempos de espera, colisiones, reintentos y retransmisiones, y consecuentemente, la pérdida de productividad. Ello implica pérdidas económicas. FDDI multiplica por 10 el ancho de banda disponible, siendo ideal no sólo para grupos de trabajo, sino como backbone de grandes redes, e incluso como enlace entre diferentes edificios y redes metropolitanas.

FDDI es una tecnología, probada, normalizada, ampliamente extendida, que permite la interoperabilidad entre diferentes fabricantes y productos, y cuyos costes son cada vez menores, permitiendo incluso el aprovechamiento de redes de par trenzado actuales o la coexistencia con instalaciones actuales y futuras.

Entre los productos FDDI destacan las tarjetas adaptadores, con diferentes, concentradores, bridge/routers, etc., todos ellos soportados por diferentes fabricantes, con total interoperabilidad.

Los principales fabricantes de productos FDDI son: AT&T, CMC, Codenoll, DEC, Fibernet, INTERPHASE, Ungermann-Bass y Wellfleet.

Es por esto que el interés y la importancia de las redes por fibra óptica a aumentado en gran cantidad así como la demanda de este servicio que como se ve es principalmente utilizado para el envío de grandes cantidades de datos, principalmente utilizado por empresas. Las cuales anteriormente necesitaban lo que se llama una línea dedicada para el envío de la gran cantidad de información manejada por estas instituciones, aunque en un futuro estará al alcance en cuanto a costo para las personas.

1.2 Definición del problema.

El principal problema es la falta de documentación que existe con respecto a la implementación de la fibra óptica en las redes de computadores así como todas sus especificaciones y protocolos. Dado que en la actualidad la comunicación es algo muy esencial en la vida diaria y los requerimientos de los usuarios crecen día a día, cada vez se necesita tener un medio mucho mas rápido y seguro para dicha comunicación.

1.3 Objetivo.

Investigar a fondo el funcionamiento de las redes por fibra óptica, teniendo en cuenta tanto sus antecedentes, evolución, mejoras, ventajas y desventajas, así como conocer los principios de su funcionamiento, teniendo en cuenta todo esto conocer la forma en que se realiza el funcionamiento de dichas redes. Investigar desde lo que son las redes así como

sus topologías hasta su fusión con la fibra óptica para tener un panorama mas amplio de su funcionamiento. Investigar como se da la fusión de red de computadores con la fibra óptica para desarrollar un documento lo mas amplio posible de este tema.

1.4 Justificación.

Para desarrollar el documento el cual nos ayude a entender mejor las redes por fibra óptica vamos a investigar en diversos libros referentes al tema, tanto en bibliografía de redes como en paginas Web así como artículos y tesis publicadas ya a cerca de este tema.

Dicho documento nos dará la oportunidad de conocer las redes ópticas lo cual auxiliara en la comprensión de estas, tanto físicamente como lógicamente, mostrando tanto sus estructuras como sus técnicas de transmisión (protocolos).

1.5 Estado del arte.

1.5.1 El mercado de las telecomunicaciones en la actualidad en México.

El mercado de telecomunicaciones de México permanece dominado por Telmex como proveedor tradicional y sus subsidiarias. Comenta además que aunque sectores no estratégicos como las comunicaciones de datos e Internet se caracterizan por tener múltiples jugadores, las empresas tradicionales mantienen un collar de fuerza con la última milla, ya que hay pocas empresas además de Telmex que se encargan de contribuir en este sector. Los suscriptores móviles, los cuales sobrepasaron las líneas fijas a mediados del 2001, continúan creciendo a un paso acelerado. El reciente lanzamiento de servicios DSL y la migración hacia servicios de próxima generación seguramente elevarán drásticamente los mercados de Internet, hosting y datos móviles de banda ancha, materia en la cual México se mantiene rezagado a nivel mundial.

El servicio de telefonía local continúa siendo el mercado de servicios de telecomunicaciones más grande en términos de ingresos generados. Las comunicaciones de datos corporativas (circuitos privados) y el Internet, son los mercados que presentan un crecimiento más rápido y dinámico. El tamaño del círculo indica el tamaño relativo del sector de la industria en términos de ingreso. La pendiente de la curva en que se encuentra el círculo representa el cambio en los índices de crecimiento de un servicio en el tiempo. Como se puede observar en la gráfica, el nivel de ingresos generados por servicios de banda ancha todavía es relativamente bajos, aunque se espera un crecimiento rápido del sector en los próximos años.

A continuación se define la estructura y segmentos de la industria de las telecomunicaciones en México³:

- Compañías de Telefonía Local.
- Compañías de Larga Distancia.
- Servicio de Telefonía Celular.

1.5.2 Servicio de Telefonía local

Si bien el Título de Concesión le aseguro a Telmex el monopolio exclusivo de la telefonía básica por seis años, allí mismo se le indicó la obligación que tendría de permitir la interconexión de otras redes públicas de larga distancia a partir del primero de enero de 1997 .Después de la promulgación de la Ley Federal de Telecomunicaciones, el 5 de Enero de 1996 se publicó el acuerdo por el que se establece el procedimiento para obtener la concesión para la instalación, operación o explotación de redes públicas de telecomunicaciones locales.

³ Aunque en el mercado de las telecomunicaciones hay mas, yo creo que estas tres son las más importantes y las más usadas en la actualidad por los clientes, ya sean industrias o en su mayoría personas en sus hogares.

Las empresas concesionarias que tienen permitido ofrecer el servicio de telefonía local son:

Empresas Concesionarias de Telefonía Local (alambrada).

- Maxcom Telecomunicaciones, S.A. de C.V. (Maxcom) antes Amaritel, S.A. de C.V.
- Metro Net, S.A. de C.V. (Metronet)
- Megacable Comunicaciones de México S.A. de C.V. (Megacable)
- Red de Servicios de Telecomunicaciones, S.A. de C.V. (Redsetel)
- Unión Telefónica Nacional, S.A. de C.V. (Unitel)
- Teléfonos de México, S.A. de C.V. (Telmex)
- Teléfonos del Noreste, S.A. de C.V. (Telnor)
- Avantel Servicios Locales, S.A. (Avantel)
- México Red de Telecomunicaciones, S.A. de C.V. (MetroRed)
- BestCable, S.A. de C.V.
- BestPhone, S.A. de C.V.
- VPN de México, S.A. de C.V.
- Delta Comunicaciones Digitales de Nuevo León, S.A. de C.V.

Empresas concesionarias de Telefonía Local (Inalámbrica).

Concesionarios para la prestación del servicio de acceso inalámbrico móvil (PCS).

- Operadora Unefon, S.A. de C.V.
- Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel)
- Iusacell PCS, S.A. de C.V.
- Pegaso Comunicaciones y Sistemas, S.A de C.V. (PEGASO)
- Servicios de Acceso Inalámbricos, S.A. de C.V.

Concesionarios para la prestación del servicio de acceso inalámbrico fijo, Operadora Unefon, S.A. de C.V.

- Teléfonos de México, S.A. de C.V. (Telmex) o Axtel, S.A. de C.V.

México es uno de los países más rezagados de América Latina en número de líneas por habitante. Con el propósito de aumentar los niveles de teledensidad del país, la COFETEL reconoció como una actividad prioritaria dar inicio a la competencia en servicios de telefonía local bajo un marco regulatorio que promueva su operación en un ambiente de competencia efectiva. Se publicaron las Reglas del servicio Local y se realizó el desarrollo de la subasta del espectro radioeléctrico para el acceso inalámbrico fijo y móvil que terminó en mayo de 1998 y a cuyos ganadores les han sido otorgadas sus respectivas concesiones para la oferta de servicios de telefonía inalámbrica tanto fija como móvil.

1.5.3 Servicio de Larga Distancia

En junio del 2002 fueron publicadas las Reglas del Servicio de Larga distancia, las cuales regulan los siguientes puntos:

La operación del servicio de larga distancia, estableciéndose que los concesionarios de larga distancia podrán instalar una o más centrales para la prestación de este servicio y que los operadores del servicio local deberán instalar en sus centrales los equipos y sistemas necesarios para que el usuario pueda seleccionar el operador de larga distancia que prefiera, ya sea por marcación o por prescripción. La selección por prescripción del operador de larga distancia, de tal forma que una línea telefónica pueda estar suscrita a un solo operador de larga distancia para el transporte de

llamadas. La modalidad de selección por marcación del operador de larga distancia, conforme a los procedimientos en el Plan Técnico Fundamental de Numeración. El establecimiento de un Comité de Operadores de Larga Distancia y la contratación de un administrador de base de datos para ese servicio. La definición de las funciones de medición, tasación, facturación y cobranza de los servicios de larga distancia efectuados por los operadores del servicio.

Actualmente existen 21 empresas que cuentan con un título de concesión para ofrecer servicios de larga distancia tanto nacional como internacional, sin embargo, únicamente tres de ellas cuentan con una participación considerable: Telmex, Avantel y Alestra. Las empresas con concesión de telefonía de larga distancia son:

Compañías de Servicio Telefónico de Larga Distancia

- Alestra S. de R.L. de C.V.
- ATSI Telecomunicaciones, S.A. de C.V. antes Grupo Intelcom de México, S.A. de C.V.
- Avantel, S.A.
- Axtel, S.A. de C.V.
- Bestel, S.A. de C.V.
- B. Tel, S.A. de C.V.
- Iusatel, S.A. de C.V.
- Larga Distancia Internacional Mexicana, S.A. de C.V. (LADIMEX)
- Marcatel, S.A. de C.V.
- Maxcom Telecomunicaciones, S.A. de C.V.
- Miditel, S.A. de C.V.

- Operadora Protel, S.A. de C.V.
- Operadora Unefon, S.A. de C.V.
- Presto Telecomunicaciones S.A. de C.V.
- RSL COM NET de México S.A. de C.V
- Startel, S.A. de C.V.
- Teléfonos de México S.A. de C.V.
- Teléfonos del Noroeste, S.A. de C.V. (TELNOR)
- Telereunión, S.A. de C.V.
- Unión Telefónica Nacional, S.A. de C.V. (UNTTEL)
- VPN de México S.A. de C.V.
- W.L. Comunicaciones, S.A. de C.V

El total de tráfico de larga distancia en el año 2001 fue de alrededor de 26 mil millones de minutos de los cuales, 19 mil millones correspondieron a larga distancia nacional y 7 mil millones de minutos a larga distancia internacional. Se proyecta que para el año 2006 el tráfico de larga distancia nacional puede llegar a poco más de 43 mil millones de minutos, esto pudiera estarse impulsado por la baja en las tarifas y por el posicionamiento de más competidores que salgan al mercado con ofertas y planes atractivos.

1.5.4 Radiotelefonía Móvil Celular

Como parte integral del proceso de modernización de las telecomunicaciones, y paralelamente a la privatización de Telmex, se inició la competencia en el servicio de telefonía celular. Se otorgaron 16 concesiones y dos autorizaciones para introducir el servicio de telefonía celular en un régimen de dos empresas con competencia en cada

región del país. Al finalizar 1997, la radiotelefonía móvil con tecnología celular cubría alrededor de 170 ciudades, ofreciendo servicio a alrededor de 1.7 millones de usuarios.

Empresas concesionarias de telefonía celular.

Concesionarios de Radiotelefonía Móvil con tecnología celular en la banda A.

1. Baja Celular Mexicana, S.A. de C.V. (Región 1)
2. Movitel del Noroeste, S.A. de C.V. (Región 2)
3. Telefonía Celular del Norte, S.A. de C.V. (Región 3)
4. Celular de Telefonía, S.A. de C.V. (Región 4)
5. Comunicaciones Celulares de Occidente, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 5)
6. Sistemas Portátiles Celulares, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 6)
7. Telecomunicaciones del Golfo, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 7)
8. Portatel del Sureste, S.A. de C.V. (Región 8)
9. SOS Telecomunicaciones, S.A. de C.V. (Región 9)

Además se encuentran las siguientes empresas, que cuentan con concesión de servicio de acceso inalámbrico móvil (PCS):

- Operadora Unefon, S.A. de C.V.
- Pegaso Comunicaciones y Sistemas, S.A. de C.V. (PEGASO)
- Servicios de Acceso Inalámbricos, S.A. de C.V.

En el mercado de telecomunicaciones está ocurriendo un fenómeno interesante: debido al importante incremento de abonados celulares, la telefonía móvil se está convirtiendo en un servicio básico.

CAPITULO 2

CAPITULO 2. Redes de computadoras.

2.1 Antecedentes.

Una vez demostrado que un grupo de usuarios mas o menos reducido podía compartir una misma computadora, era natural preguntarse si muchas personas muy distantes podrían compartir los recursos disponibles (discos, terminales, impresoras, e incluso programas especializados y bases de datos) en sus respectivas computadoras de tiempo compartido.

Posteriormente de estos servicios saldrían redes de datos públicos como Tymnet y Telenet. Las redes de las grandes corporaciones (Xerox, General Motors, IBM, Digital Equipment Corporation, AT&T y Burroughs), y las redes de investigación, las redes comerciales, los sistemas de conferencia y las comunidades virtuales.

A medida que las redes de computadoras fueron captando mas adeptos, compañías tales como XEROX e IBM comenzaron a desarrollar su propia tecnología en redes de computadoras, comenzando por lo general, con redes de área local. Las redes de amplio alcance entonces, pasaron a ser usadas no solo para la comunicación entre computadoras conectadas directamente sino también para comunicar las redes de área local.

Con el establecimiento de ARPAnet, en U.S.A.-1968, comenzó a entreverse el impacto social de la telemática. La tecnología de ARPAnet fue utilizada para construir en 1976, la red comercial TELENET. En Europa, las compañías de teléfono, que controlan las redes publicas de transmisión de datos en cada país, adoptaron el protocolo X-25.

En 1987 la red ARPAnet dependiente del departamento de defensa norteamericano- utilizada al principio, exclusivamente para la investigación y desbordada por el interés demostrado por

sus usuarios por el correo electrónico, necesito transmitir datos que usaban gran espectro de banda (sonidos, imágenes y videos) y sufrió tal congestión que tuvo que declarar obsoletas sus redes de transmisión de 56.000 baudios por segundo (5.000 palabras por minuto). Posteriormente se convirtió en la espina dorsal de las telecomunicaciones en U.S.A. bajo su forma actual de INTERNET, una vez que quedo descostrada la viabilidad de redes de paquetes conmutados de alta velocidad.

Los servicios comerciales que concentraron una cantidad de bases de datos como DIALOG, empezaron alrededor de 1972. Los sistemas de conferencia computarizada comenzaron en 1976 y posteriormente encontraron viabilidad comercial en servicios centralizados como Delphi así como en sistemas algo mas distribuidos como Compuserve.

Mientras tanto, se fue desarrollando otra tecnología, basada en conexiones por líneas telefónicas en lugar de conexiones dedicadas. Dos de los primeros productos de esta tecnología fueron ACSNET y UUCP, que sobreviven en una forma modificada. Las redes a través de líneas telefónicas produjeron el más distribuido de los sistemas de conferencia: USENET. También BITNET puso a disposición de la comunidad académica la tecnología en redes de computadoras de IBM y lo difundió aun entre computadoras de otras marcas.

Los servicios prestados por las redes de computadoras se han difundido ampliamente y alcanzan ya a la mayoría en las naciones. A medida que su diversidad continua en aumento, la mayoría de las redes académicas, se conectan entre si, por lo menos con el propósito de intercambiar correo electrónico.

La comunicación mediante computadoras es una tecnología que facilita el acceso a la información científica y técnica a partir de recursos informáticos y de telecomunicaciones. Por eso, decimos que una red es, fundamentalmente, una forma de trabajo en común, en la que son esenciales tanto la colaboración de cada miembro en tareas concretas, como un buen

nivel de comunicación que permita que la información circule con fluidez y que pueda llevarse a cabo el intercambio de experiencias.

El estudio de redes de cómputo comprende un campo bastante amplio, ya que enfatizar en un todo lo correspondiente a la parte de redes de computadores es complejo debido al constante desarrollo que en este campo se da cada vez con más y mejores características relacionadas con herramientas administrativas del sistema.

El Internet es un notable avance en la conquista del Software de Redes, potente y sólido, puede adecuarse a diferentes equipos y usuarios. En redes no existe algo estándar o definido, a cualquier decisión le podemos encontrar límites, puesto que no existe un Sistema Operativo establecido, todos se encuentran en proceso.

Las redes tienden a crecer e innovarse, al principio se conectan unas cuantas personas y luego todo el mundo desea conectarse, hasta verse en la necesidad de conectarse a un correo electrónico.

El correo electrónico se ha convertido en la actualidad en un medio masivo de información, ya que gracias a él se han podido realizar intercambios de información de manera casi instantánea. La demanda por estos servicios se ha ido incrementando y cada vez mas personas se están uniendo a esta “comunidad virtual” por así llamarla, todo esto se ha llegado a lograr gracias a la tecnología en la actualidad casi toda las personas pueden tener acceso a un computador, lo que demanda como se dijo antes la innovación y crecimiento de esta tecnología.

Hemos visto grandes avances tecnológicos a lo largo de los años, pero como todo estos han llegado a un limite o tope, en lo que respecta a mi opinión las redes de computadores y el envío de información van a estar creciendo constantemente y reinventándose a cada día ya

sea por la necesidad de dar servicio a mas usuarios, de llevar a cabo la conexión y comunicación de una forma mas rápida o barata, pero siempre se estarán renovando, si no veamos lo que ha sucedido en la actualidad, se ha cambiado el cableado por fibra óptica que es mas eficiente aunque queda el problema del costo, pero eso se arreglara, y por eso pienso que las redes de computadores siempre serán el futuro.

2.2 Redes de cómputo.

Una red consiste en dos o más computadoras unidas que comparten recursos como archivos, CD-Roms o impresoras y que son capaces de realizar comunicaciones electrónicas. Las redes están unidas por cable, líneas de teléfono, ondas de radio, satélite, etc. Su objetivo principal es lograr que todos sus programas datos y equipo estén disponible para cualquiera de la red que lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del usuario.

Otro de sus objetivos consiste en proporcionar una alta fiabilidad, al contar con fuentes alternativas de suministro, es decir que todos los archivos podrían duplicarse en dos o tres máquinas, de tal manera que si una de ellas no se encuentra disponible, podría utilizarse una de las otras copias. Igualmente la presencia de varios CPU significa que si una de ellas deja de funcionar, las otras pueden ser capaces de encargarse de su trabajo, aunque su rendimiento en general sea menor.

El ahorro económico debido a que los ordenadores pequeños tiene una mejor relación costo / rendimiento, en comparación con la que ofrece las máquinas grandes.

2.2.1 Componentes de una red.

Las redes de ordenadores se montan con una serie de componentes de uso común y que es mayor o menor medida aparece siempre en cualquier instalación.

2.2.2 Servidores.

Los servidores de ficheros conforman el corazón de la mayoría de las redes. Se trata de ordenadores con mucha memoria RAM, un enorme disco duro o varios y una rápida tarjeta de red. El sistema operativo de red se ejecuta sobre estos servidores así como las aplicaciones compartidas.

Un servidor de impresión se encargará de controlar el tráfico de red ya que este es el que accede a las demandas de las estaciones de trabajo y el que les proporcione los servicios que pidan las impresoras, ficheros, Internet, etc. Es preciso contar con un ordenador con capacidad de guardar información de forma muy rápida y de compartirla con la misma rapidez.

2.2.3 Estaciones de trabajo.

Son los ordenadores conectados al servidor. Las estaciones de trabajo no han de ser tan potentes como el servidor, simplemente necesita una tarjeta de red, el cableado pertinente y el software necesario para comunicarse con el servidor. Una estación de trabajo puede carecer de disquetera y de disco duro y trabajar directamente sobre el servidor. Prácticamente cualquier ordenador puede actuar como estación de trabajo.

2.2.4 Tarjeta de red.

La tarjeta de red o NIC es la que conecta físicamente el ordenador a la red. Las tarjetas de red más populares son por supuesto las tarjetas Ethernet, existen también conectores Local Talk así como tarjetas TokenRing.

2.2.5 Tarjeta Ethernet con conectores RJ-45.

Los conectores Local Talk se utilizan para ordenadores Mac, conectándose al puerto paralelo. En comparación con Ethernet la velocidad es muy baja, de 230KB frente a los 10 o 100 MB de la primera. Las tarjetas de Token Ring, son similares a las tarjetas Ethernet aunque el conector es diferente.

2.2.6 Concentradores o Hubs.

Un concentrador o Hub es un elemento que provee una conexión central para todos los cables de la red. Los hubs son cajas con un número determinado de conectores, habitualmente RJ.45 más otro conector adicional de tipo diferente para enlazar con otro tipo de red. Los hay de tipo inteligente que envían la información solo a quien ha de llegar mientras que los normales envían la información a todos los puntos de la red siendo las estaciones de trabajo las que decidan si se quedan o no con esa información.

Están provistos de salidas especiales para conectar otro Hub a uno de los conectores permitiendo así ampliaciones de la red.

2.2.7 Repetidores.

Cuando una señal viaja a lo largo de un cable va perdiendo fuerza a medida que avanza. Esta pérdida de fuerza puede causar pérdida de información. Los repetidores amplifican la

señal que reciben permitiendo así que la distancia entre dos puntos de la red sea mayor que la que un cable solo permite.

2.2.8 Modelo de redes OSI (Open Systems Interconnection)

Es la base del funcionamiento de las redes, por medio de sus siete niveles de este modelo se realiza la transmisión de datos dentro de la red, cada uno de sus niveles tiene una actividad específica dentro de la transmisión de paquetes completó así el envió, sus niveles son:

- 1) Nivel Físico.
- 2) Nivel de Enlace de Datos.
- 3) Capa de Red.
- 4) Capa de Transporte.
- 5) Capa de Sesión.
- 6) Capa de Presentación.
- 7) Capa de Aplicación.

2.2.8.1 Nivel Físico: Es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio (cable conductor, fibra óptica o inalámbrico; características del medio (p.e. tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena; etc.) como a la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc.).

Es la encargada de transmitir los bits de información a través del medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si esta es uni o bidireccional (simplex, duplex o full-duplex). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas/electromagnéticas.

Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable); o electromagnéticos. Estos últimos, dependiendo de la frecuencia /longitud de onda de la señal pueden ser ópticos, de micro-ondas o de radio. Cuando actúa en modo recepción el trabajo es inverso; se encarga de transformar la señal transmitida en tramas de datos binarios que serán entregados al nivel de enlace.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

1. Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica.
2. Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
3. Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
4. Transmitir el flujo de bits a través del medio.

5. Manejar las señales eléctricas/electromagnéticas
6. Especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.
7. Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de ésta).

2.2.8.2 Nivel Enlace de Datos: Este nivel proporciona facilidades para la transmisión de bloques de datos entre dos estaciones de red. Esto es, organiza los 1's y los 0's del Nivel Físico en formatos o grupos lógicos de información. Para: Detectar errores en el nivel físico, establecer esquema de detección de errores para las retransmisiones o reconfiguraciones de la red, establecer el método de acceso que la computadora debe seguir para transmitir y recibir mensajes. Realizar la transferencia de datos a través del enlace físico, enviar bloques de datos con el control necesario para la sincronía.

En general controla el nivel y es la interfaces con el nivel de red, al comunicarle a este una transmisión libre de errores.

2.2.8.3 Nivel de Red: Este nivel define el enrutamiento y el envío de paquetes entre redes, es responsabilidad de este nivel establecer, mantener y terminar las conexiones.

Este nivel proporciona el enrutamiento de mensajes, determinando si un mensaje en particular deberá enviarse al nivel 4 (Nivel de Transporte) o bien al nivel 2 (Enlace de datos).

Este nivel conmuta, enruta y controla la congestión de los paquetes de información en una sub-red. Define el estado de los mensajes que se envían a nodos de la red.

2.2.8.4 Nivel de Transporte: Este nivel actúa como un puente entre los tres niveles inferiores totalmente orientados a las comunicaciones y los tres niveles superiores totalmente orientados al procesamiento. Además, garantiza una entrega confiable de la información.

Asegura que la llegada de datos del nivel de red encuentra las características de transmisión y calidad de servicio requerido por el nivel 5 (Sesión). Este nivel define como direccionar la localidad física de los dispositivos de la red. Asigna una dirección única de transporte a cada usuario. Define una posible multicanalización. Esto es, puede soportar múltiples conexiones. Define la manera de habilitar y deshabilitar las conexiones entre los nodos. Determina el protocolo que garantiza el envío del mensaje. Establece la transparencia de datos así como la confiabilidad en la transferencia de información entre dos sistemas.

2.2.8.5 Nivel Sesión: proveer los servicios utilizados para la organización y sincronización del diálogo entre usuarios y el manejo e intercambio de datos. Establece el inicio y termino de la sesión. Recuperación de la sesión. Control del diálogo; establece el orden en que los mensajes deben fluir entre usuarios finales. Referencia a los dispositivos por nombre y no por dirección. Permite escribir programas que correrán en cualquier instalación de red.

2.2.8.6 Nivel Presentación: Traduce el formato y asignan una sintaxis a los datos para su transmisión en la red. Determina la forma de presentación de los datos sin preocuparse de su significado o semántica. Establece independencia a los procesos de aplicación considerando las diferencias en la representación de datos. Proporciona servicios para el nivel de aplicaciones al interpretar el significado de los datos intercambiados. Opera el intercambio. Opera la visualización.

2.2.8.7 Nivel Aplicación: Proporciona servicios al usuario del Modelo OSI. Proporciona comunicación entre dos procesos de aplicación, tales como: programas de aplicación, aplicaciones de red, etc. Proporciona aspectos de comunicaciones para aplicaciones específicas entre usuarios de redes: manejo de la red, protocolos de transferencias de archivos, etc.

2.3 Tipos de redes.

2.3.1 Red de área local (Lan).

Es una red que cubre una extensión reducida como una empresa, una universidad, un colegio, etc. No habrá por lo general dos ordenadores que disten entre si más de un kilómetro. Estas tienen una velocidad de 4 a 10 Mbps.

Una configuración típica en una red de área local es tener una computadora llamada servidor de ficheros en la que se almacena todo el software de control de la red así como el software que se comparte con los demás ordenadores de la red. Los ordenadores que no son servidores de ficheros reciben el nombre de estaciones de trabajo. Estos suelen ser menos potentes y tienen software personalizado por cada usuario. La mayoría de las redes LAN están conectadas por medio de cables y tarjetas de red, una en cada equipo.

Las principales funciones de la tarjeta de red son las siguientes:

- 1.- Comunicaciones de host a tarjeta.
- 2.- Buffering.
- 3.-Formación de paquetes.
- 4.- Conversión serial a paralelo.

5.- Codificación y decodificación.

6.- Acceso al cable.

7.- Saludo.

8.- Transmisión y recepción

Los pasos anteriores hacen que los datos de la memoria de una computadora pasen a la memoria de otra. La LAN debe tener un sistema de cableado que conecte las estaciones de trabajo individuales con los servidores de archivos y otros periféricos. Existe una gran gama de cableado para las redes LAN a continuación se mencionan:

- **Cable de par trenzado:** Es el mas económico y mas común en el medio de red.
- **Cable coaxial:** Es tan difícil de instalar y mantener que el cable de par trenzado y es el que se prefiere para redes LAN grandes.
- **Cable de fibra óptica:** Tiene mayor velocidad de transmisión que los anteriores, inmune a la interferencia de radio y capaz de enviar señales a distancias considerables sin sufrir atenuación. Es de un costo mayor.

Por lo general, para las redes pequeñas, la longitud del cable no es limitante para su desempeño, pero si la red crece tal vez llegue a necesitarse una mayor extensión de la longitud del cable o exceder la cantidad de nodos específica. Existen varios dispositivos que extienden la longitud de la red, donde cada uno tiene un propósito específico. Sin embargo muchos dispositivos incorporan las características de otro tipo de dispositivo para aumentar la flexibilidad y el valor.

Entre los más usados se encuentran:

- a. **Hubs o concentradores:** Son un punto central de conexión para nodos de red que están dispuestos de acuerdo a una topología física de estrella.
- b. **Repetidores:** Es un dispositivo que permite extender la longitud de la red, amplifica y retransmite la señal de red.
- c. **Bridge o puente:** Dispositivo que conecta dos redes LAN separadas para crear lo que aparenta ser una sola LAN.
- d. **Ruteadores:** Estos son similares a los puentes, solo que operan a un nivel diferente. Requieren por lo general que cada red tenga el mismo sistema operativo de red, para poder conectar redes basadas en topologías lógicas completamente diferentes como Ethernet y Token ring.
- e. **Compuertas:** Una compuerta permite que los nodos de una red se comuniquen con tipos diferentes de red o con otros dispositivos, un ejemplo de esto es que se puede tener una LAN que consista en computadoras compatibles con IBM y otra con Macintosh.

Después de cumplir todos los requerimientos de hardware para instalar una red LAN se necesita instalar un sistema operativo de red (Network Operative System NOS) que administre y coordine todas las operaciones de la red. Los sistemas operativos de red tienen una gran variedad de formas y tamaños, debido a que cada organización que los emplea tiene diferentes necesidades. Algunos sistemas operativos se comportan a la perfección en las redes pequeñas, así como otros se especializan en conectar muchas redes pequeñas en áreas bastante amplias.

Las principales funciones del NOS son:

- I. **Soporte para archivos:** Esto es, crear, compartir, almacenar y recuperar archivos, actividades esenciales en las que el NOS se especializa proporcionando un método rápido y seguro.
- II. **Comunicaciones:** Se refiere a todo lo que se envía a través del cable. La comunicación se realiza cuando por ejemplo, alguien entra en la red, copia un archivo, envía un correo electrónico o imprime.
- III. **Servicios para el soporte de equipo:** Aquí se incluyen todos los servicios especiales como impresiones, respaldos en cinta, detección de virus en la red, etc.

2.3.2 Red de área metropolitana (MAN).

Una red de área metropolitana es una red de alta velocidad (banda ancha) que dando cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado de cobre a velocidades que van desde los 2 Mbits/s hasta 155 Mbits/s.

El concepto de red de área metropolitana representa una evolución del concepto de red de área local a un ámbito más amplio, cubriendo áreas de una cobertura superior que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que pueden llegar a una cobertura regional e incluso nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana.

Las redes de área metropolitana tienen muchas aplicaciones, las principales son:

1. Interconexión de redes de área local (RAL).
2. Interconexión de centralitas telefónicas digitales (PBX y PABX).
3. Interconexión ordenador a ordenador.
4. Transmisión de vídeo e imágenes.
5. Transmisión CAD/CAM.
6. Pasarelas para redes de área extensa (WAN`s).

Una red de área metropolitana puede ser pública o privada. Un ejemplo de MAN privada sería un gran departamento o administración con edificios distribuidos por la ciudad, transportando todo el tráfico de voz y datos entre edificios por medio de su propia MAN y encaminando la información externa por medio de los operadores públicos. Los datos podrían ser transportados entre los diferentes edificios, bien en forma de paquetes o sobre canales de ancho de banda fijos. Aplicaciones de vídeo pueden enlazar los edificios para reuniones, simulaciones o colaboración de proyectos.

Un ejemplo de MAN pública es la infraestructura que un operador de telecomunicaciones instala en una ciudad con el fin de ofrecer servicios de banda ancha a sus clientes localizados en esta área geográfica.

Las razones por las cuales se hace necesaria la instalación de una red de área metropolitana a nivel corporativo o el acceso a una red pública de las mismas características las resume Sánchez en [17] a continuación:

2.3.2.1 Ancho de banda.

El elevado ancho de banda requerido por grandes ordenadores y aplicaciones compartidas en red es la principal razón para usar redes de área metropolitana en lugar de redes de área local.

2.3.2.2 Nodos de red.

Las redes de área metropolitana permiten superar los 500 nodos de acceso a la red, por lo que se hace muy eficaz para entornos públicos y privados con un gran número de puestos de trabajo.

2.3.2.3 Extensión de red.

Las redes de área metropolitana permiten alcanzar un diámetro entorno a los 50 kms, dependiendo el alcance entre nodos de red del tipo de cable utilizado, así como de la tecnología empleada. Este diámetro se considera suficiente para abarcar un área metropolitana.

2.3.2.4 Distancia entre nodos.

Las redes de área metropolitana permiten distancias entre nodos de acceso de varios kilómetros, dependiendo del tipo de cable. Estas distancias se consideran suficientes para conectar diferentes edificios en un área metropolitana o campus privado.

2.3.2.5 Tráfico en tiempo real.

Las redes de área metropolitana garantizan unos tiempos de acceso a la red mínimos, lo cual permite la inclusión de servicios síncronos necesarios para aplicaciones en tiempo real,

donde es importante que ciertos mensajes atraviesen la red sin retraso incluso cuando la carga de red es elevada.

2.3.2.6 Integración voz/datos/vídeo.

Adicionalmente a los tiempos mínimos de acceso, los servicios síncronos requieren una reserva de ancho de banda; tal es el caso del tráfico de voz y vídeo. Por este motivo las redes de área metropolitana son redes óptimas para entornos de tráfico multimedia, si bien no todas las redes metropolitanas soportan tráficos isócronos (transmisión de información a intervalos constantes).

2.3.2.7 Alta disponibilidad.

Disponibilidad referida al porcentaje de tiempo en el cual la red trabaja sin fallos. Las redes de área metropolitana tienen mecanismos automáticos de recuperación frente a fallos, lo cual permite a la red recuperar la operación normal después de uno.

Cualquier fallo en un nodo de acceso o cable es detectado rápidamente y aislado. Las redes MAN son apropiadas para entornos como control de tráfico aéreo, aprovisionamiento de almacenes, bancos y otras aplicaciones comerciales donde la indisponibilidad de la red tiene graves consecuencias.

2.3.2.8 Alta fiabilidad.

Fiabilidad referida a la tasa de error de la red mientras se encuentra en operación. Se entiende por tasa de error el número de bits erróneos que se transmiten por la red. En general la tasa de error para fibra óptica es menor que la del cable de cobre a igualdad de longitud. La tasa de error no detectada por los mecanismos de detección de errores es del

orden de 10-20. Esta característica permite a la redes de área metropolitana trabajar en entornos donde los errores pueden resultar desastrosos como es el caso del control de tráfico aéreo.

2.3.2.9 Alta seguridad.

La fibra óptica ofrece un medio seguro porque no es posible leer o cambiar la señal óptica sin interrumpir físicamente el enlace. La rotura de un cable y la inserción de mecanismos ajenos a la red implica una caída del enlace de forma temporal.

2.3.2.10 Inmunidad al ruido.

En lugares críticos donde la red sufre interferencias electromagnéticas considerables la fibra óptica ofrece un medio de comunicación libre de ruidos.

El ámbito de aplicación más importante de las redes de área metropolitana es la interconexión de redes de área local sobre un área urbana, pero otros usos han sido identificados, como la interconexión de redes de área local sobre un complejo privado de múltiples edificios y redes de alta velocidad que eliminan las barreras tecnológicas. A continuación se describen en mayor detalle estos escenarios de aplicación:

2.3.2.11 Interconexión de RALs en un área urbana.

La situación más extendida para el uso de una MAN describe un gran número de usuarios localizados en diferentes departamentos y administraciones dentro de un área urbana, requiriendo un sistema para interconectar las redes de área local ubicadas en estos lugares.

El objetivo de las redes de área metropolitana es ofrecer sobre el área urbana el nivel de ancho de banda requerido para tareas tales como: aplicaciones cliente-servidor, intercambio

de documentos, transferencia de mensajes, acceso a base de datos y transferencia de imágenes. Cuando las RALs que han de ser conectadas están dispersas por un área urbana, la red de área metropolitana está bajo el control de un operador público mientras no se liberalicen las infraestructuras. Por el contrario, por razones legales, el cliente no puede comprar, instalar y hacer propias las facilidades de transmisión (cableado entre edificios) necesarias para construir una red de área metropolitana. Estas guías técnicas siguen el proceso liberalizador en la Unión Europea y en futuras actualizaciones los resultados de la liberalización serán tenidos en cuenta.

No se está hablando en esta variante de una red privada, sino de una red de área metropolitana pública propiedad de un operador, el cual ofrece un servicio sobre toda la ciudad. Hay clientes que quiere conectar su equipo en diferentes lugares (RALs, Ordenadores, Servidores) de la red de área metropolitana para obtener el nivel de ancho de banda requerido extendiendo el entorno típico de aplicaciones de RAL a un área urbana.

En este caso, el cliente ha de tener en cuenta que diferentes instituciones podrían estar conectadas a la misma red de área metropolitana pública, en consecuencia ciertos requisitos adicionales de seguridad, privacidad y gestión de red que deben ser satisfechos por el operador público.

Los usuarios finales son conectados a la red de área metropolitana a través de nodos de acceso públicos, con lo cual los datos de una organización llegan evitando pasar a través de dispositivos de otras empresas. Estos mecanismos permiten que las redes de área metropolitana públicas ofrezcan seguridad en la transmisión de datos desde el punto de vista de la privacidad.

Las redes de área metropolitana públicas en diferentes ciudades son usualmente interconectadas por elementos de conmutación para formar una red de área extensa y, por lo tanto, no es necesario que el cliente instale nodos de acceso independientes para MAN y WAN. Las redes públicas de área metropolitana no pueden ser comparadas con redes de área local ya que éstas últimas están sujetas a limitaciones legales que sólo aplican a las redes privadas.

En contraste con una RAL, muchos tipos de MAN permiten la transmisión no sólo de datos, sino también de voz y vídeo. Una red MAN será recomendada cuando haya una necesidad para transportar simultáneamente diferentes tipos de tráfico tales como datos, voz y vídeo sobre un área no mayor de 150 kms de diámetro para entornos públicos o privados. Los objetivos son reducir el coste y al mismo tiempo mejorar el servicio al usuario.

La reducción del coste se alcanza minimizando el coste de la transmisión, posible por la integración de voz y datos, por la reducción del papel y por la mejora en la eficiencia de los sistemas. El servicio al cliente se alcanza a través de facilidades de información disponibles para los clientes. Adicionalmente, el cliente puede investigar nuevas aplicaciones tales como transmisión de imágenes y videoconferencia. En este escenario las RAL y ciertos tipos de WAN (X.25 y *Frame Relay*) no son soluciones válidas porque tienen limitaciones de transmisión para voz y vídeo. El acceso a la Red Digital de Servicios Integrados a través de redes MAN ofrece grandes capacidades necesarias para transferencia de tráfico multimedia. En este escenario la solución tecnológica es DQDB (*Dual Queue Distributed Bus*, Bus Dual con Colas Distribuidas).

A continuación en la figura 2.1 se incluye un esquema de redes metropolitanas unidas mediante dispositivos de interconexión (puentes o encaminadores).

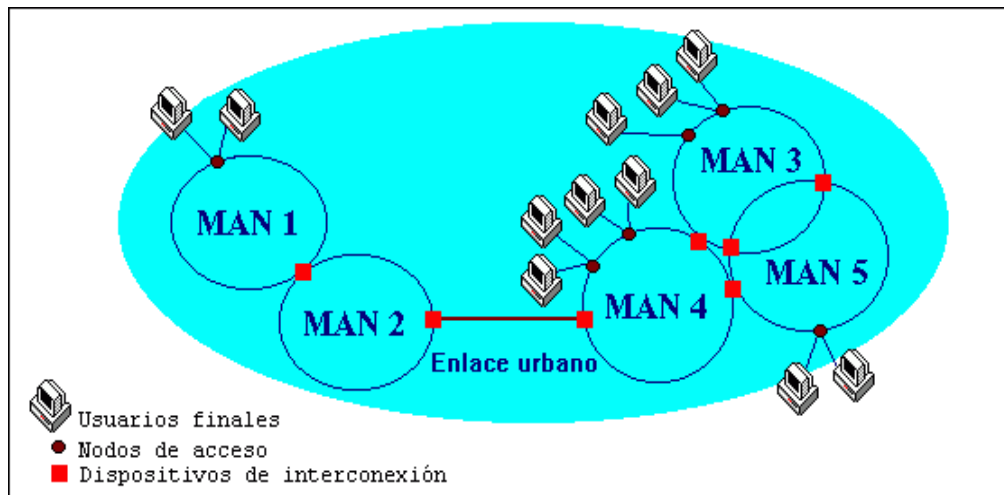


Figura 2.1 Esquema de redes metropolitanas unidas por puentes.

2.3.2.12 Interconexión de RALs en un entorno privado de múltiples edificios.

Este escenario describe una organización consistente en varios cientos de personas ubicadas en diferentes edificios en una gran zona privada (campus, administración, etc.), requiriendo un sistema para interconectar las redes de área local ubicadas en estos lugares.

El objetivo de la red es ofrecer sobre dicha área el nivel de ancho de banda requerido para tareas como: aplicaciones cliente-servidor, intercambio de documentos, transferencia de mensajes, acceso a base de datos y transferencia de imágenes. En resumen, poder extender las ventajas de las redes de área local a grandes redes privadas sobre entornos de múltiples edificios.

En este escenario, una red de área metropolitana permite al comprador construir una estructura dorsal de RALs en un área que cubre zonas privadas.

Las ventajas que ofrece una red privada de área metropolitana sobre redes WAN son:

- A. Una vez comprada, los gastos de explotación de una red privada de área metropolitana, así como el coste de una RAL, es inferior que el de una WAN, debido a la técnica soportada y la independencia con respecto al tráfico demandado.
- B. Una MAN privada es más segura que una WAN.
- C. Una MAN es más adecuada para la transmisión de tráfico que no requiere asignación de ancho de banda fijo.
- D. Una MAN ofrece un ancho de banda superior que redes WAN tales como X.25 o Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI-BE).

Las posibles desventajas son:

- A. Limitaciones legales y políticas podrían desestimar al comprador la instalación de una red privada de área metropolitana. En esta situación, se podría usar una red pública de área metropolitana.
- B. La red de área metropolitana no puede cubrir grandes áreas superiores a los 50 kms de diámetro.

La tecnología más extendida para la interconexión de redes privadas de múltiples edificios es FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*; Interface de Datos Distribuidos por Fibra). FDDI es una tecnología para RAL que es extensible a redes metropolitanas gracias a las características de la fibra óptica que ofrece el ancho de banda y las distancias necesarias en

este entorno. A continuación en la figura 2.2 se incluye un esquema de red troncal para interconexión de RALs.

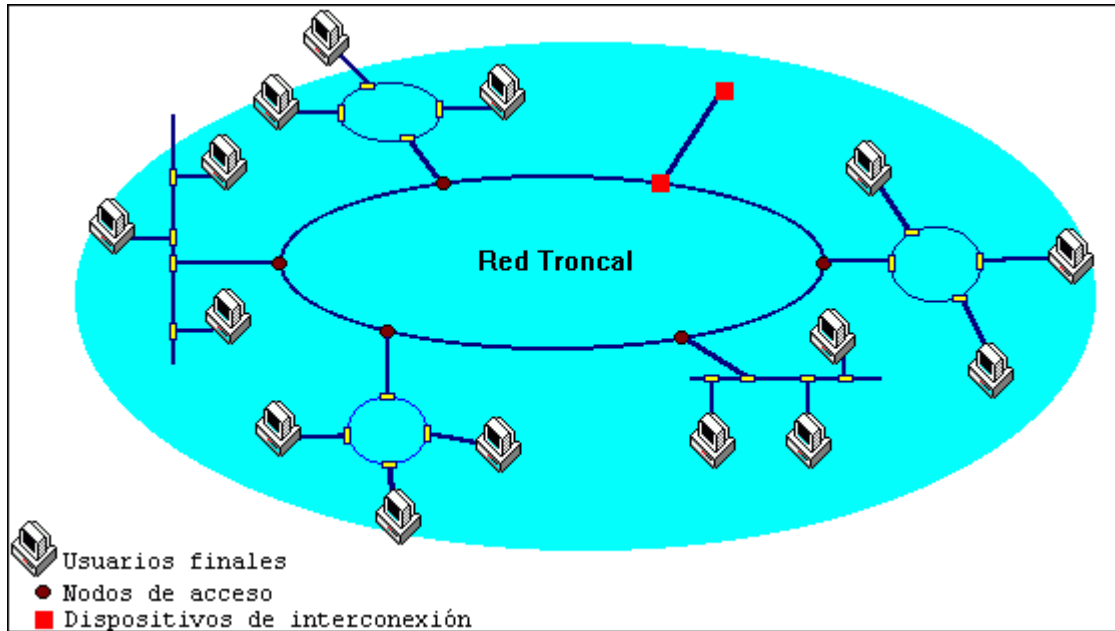


Figura 2.2 Esquema troncal para interconexión de RALs.

2.3.3 Redes de área extensa (WAN).

Las redes de área extensa cubren grandes regiones geográficas como un país, un continente o incluso el mundo. Cable transoceánico o satélites se utilizan para enlazar puntos que distan grandes distancias entre si. Con el uso de una WAN se puede conectar desde España con Japón sin tener que pagar enormes cantidades de teléfono. La implementación de una red de área extensa es muy complicada. Se utilizan multiplexadores para conectar las redes metropolitanas a redes globales utilizando técnicas que permiten que redes de diferentes características puedan comunicarse sin problema. El mejor ejemplo de una red de área extensa es Internet.

2.3.3.1 Equipos de interconexión.

Proporcionan el establecimiento de comunicaciones entre redes geográficamente dispersas creando un entorno de red de área extensa. Las funciones básicas de dichos equipos son:

- A. Extensión de la red
- B. Definición de segmentos dentro de una red
- C. Separación de una red de otra.

Estos elementos pueden ser: repetidores, bridges, routers, gateways o switches.

2.3.3.2 Técnicas de interconexión.

Son las diversas tecnologías utilizadas para transportar, encaminar, controlar y gestionar la transferencia de información a través de una WAN.

Abarcan normalmente los niveles 2 y 3 del modelo de referencia OSI (Enlace y Red). Las características principales de una WAN se describen en los siguientes puntos:

2.3.3.3 Técnica de Conmutación.

Una red consiste en una serie de nodos (nodos de conmutación) conectados entre sí por circuitos. Cada nodo se puede considerar como un conmutador que traspasa información de un circuito de entrada a un circuito de salida. Se pueden utilizar dos técnicas de conmutación:

2.3.3.4 Conmutación de circuitos.

Es el procedimiento que enlaza a voluntad dos o más equipos terminales de datos y que permite la utilización exclusiva de un circuito de datos durante la comunicación. El principio de funcionamiento es establecer un circuito para la comunicación entre los puntos que se desea intercambio de información. Este canal físico existe durante el diálogo entre ambos

nodos, permaneciendo después en el caso de líneas dedicadas o desapareciendo en el caso de utilizar una red conmutada. El establecimiento de una conexión a través de una red telefónica conmutada se basa en el principio de conmutación de circuitos (Figura 2.3).

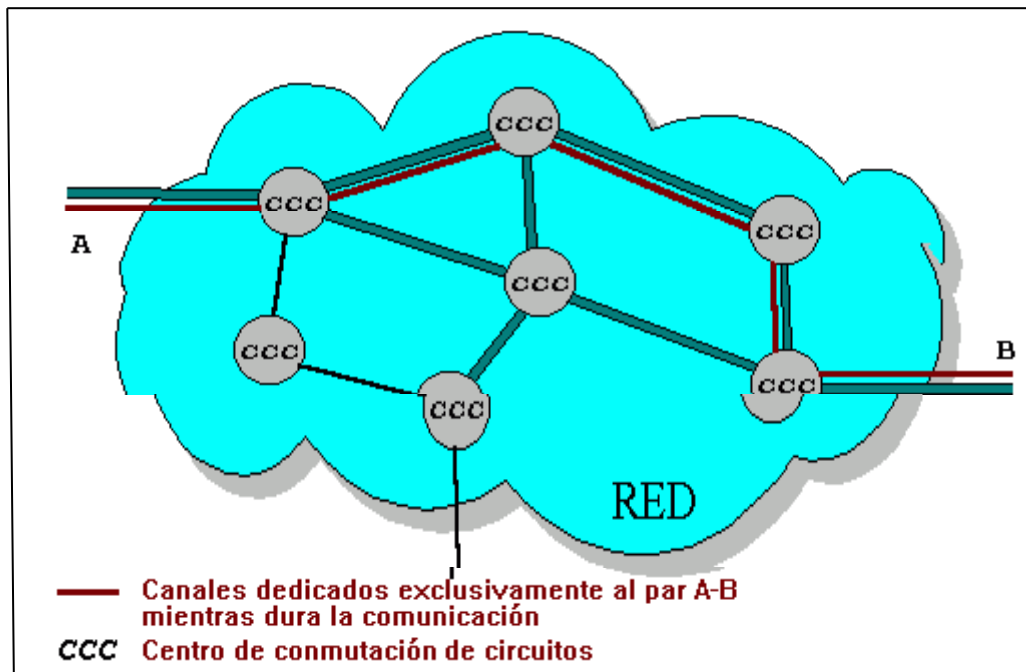


Figura 2.3 Se presenta un ejemplo de la técnica de conmutación de circuitos.

2.3.3.5 Conmutación de paquetes.

Procedimiento de transferencia de datos mediante paquetes provistos de direcciones, en el que la vía de comunicación se ocupa solamente durante el tiempo de transmisión de un paquete, quedando a continuación la vía disponible para la transmisión de otros paquetes.

En este tipo de sistemas, una comunicación entre dos equipos terminales de datos consiste en el intercambio de paquetes, los cuales viajan por la red a la que se le denominará también "de transporte de paquetes" a través de un canal lógico, realizado utilizando medios físicos compartidos con otras comunicaciones. En la figura 2.4 se presenta un ejemplo de la técnica de conmutación de paquetes.

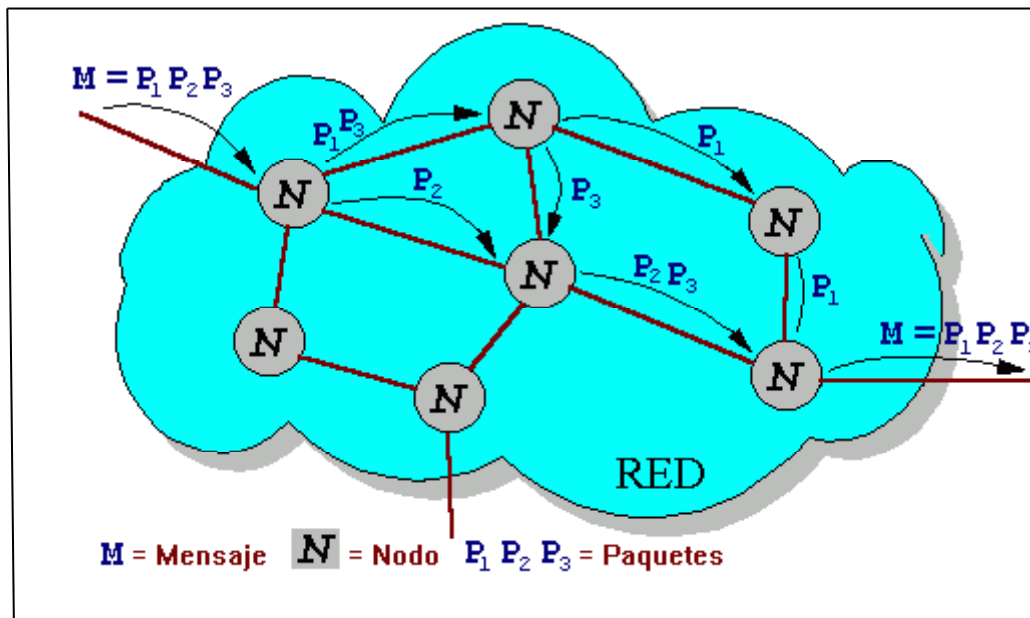


Figura 2.4 Esquema de la técnica de conmutación de paquetes.

Una red de transporte de paquetes está constituida básicamente por un conjunto de líneas de transmisión que enlazan un conjunto de nodos o centros de conmutación de paquetes. El nodo de interconexión está constituido por un ordenador, el cual recibe informaciones a través de los caminos que a él llegan, las almacena, determina el nuevo camino que debe seguir para llegar a su destino y las retransmite. En el funcionamiento de un nodo de interconexión se materializan dos conceptos:

2.3.3.6 Almacenamiento y retransmisión (*store and forward*).

Hace referencia al sistema de establecer un camino lógico de forma indirecta haciendo "saltar" la información desde el origen al destino a través de elementos intermedios (nodos).

2.3.3.7 Control de ruta (*routing*).

Hace referencia a la selección mediante un nodo del camino por el que debe retransmitirse una información para hacerla llegar a su destino. En ocasiones a los nodos de un sistema de este tipo se les denomina conmutadores de paquetes debido a las funciones que realizan.

El UIT-T publicó en 1976 la primera versión de un estándar para la interfaz entre terminales de abonado que funcionan en modo paquete y las redes públicas de conmutación de paquetes, ampliamente difundido, aceptado y en uso, conocido con el nombre de X.25.

2.3.3.8 Disponibilidad de la conexión.

Determina la posibilidad de poder disponer de un canal de comunicación en un momento determinado. Se puede realizar de dos maneras:

2.3.3.9 Comunicación a petición del usuario.

Se establece la conexión entre sistemas sólo cuando es necesario y es solicitada por el sistema que efectúa la llamada. La conexión está disponible durante el período de tiempo preciso. Al dar por finalizada la transmisión de información se anula la conexión. Es necesario establecer la llamada, mantenerla y anularla.

2.3.3.10 Comunicación permanentemente, fija o dedicada.

Se establece permanentemente una conexión entre los sistemas a través de la red. El canal de comunicación es permanente, sin limitación de tiempo ni utilización. Cualquiera de los sistemas puede intercambiar información en cualquier momento.

2.3.3.11 Técnica de transmisión.

Hace referencia a las características de la señal utilizada y al modo en que ésta utiliza el ancho de banda disponible proporcionado por el medio de transmisión. Puede ser analógica o digital.

Las señales analógicas transmitidas por la línea pueden corresponder a información digital enviada por el sistema de origen. Por ejemplo, si un sistema de tratamiento está conectado a una red que utiliza la técnica de transmisión analógica, se necesita un modem. Este modem transforma las señales digitales enviadas por el sistema de tratamiento en señales analógicas transmitidas por la línea y viceversa.

Aunque la técnica de transmisión sea digital, se necesita un adaptador terminal para manejar la interfaz con la red (señalización, pruebas, etc.) y para adaptar la velocidad de transmisión del sistema de tratamiento de datos a la velocidad de la interfaz de la red.

2.3.3.12 Velocidad de transmisión.

Es la velocidad media de transmisión de datos. Se mide en bits por segundo y las velocidades en las WAN pueden variar desde 600 bps a 64 Kbps y, actualmente, 2 Mbps aunque internamente pueden manejar velocidades de 34 Mbps, 155 Mbps o 622 Mbps.

Normalmente, el coste de la suscripción a una red está relacionado con su velocidad de transmisión.

2.3.3.13 Fiabilidad de la red.

Es la capacidad de la red para poder funcionar correctamente durante un período determinado. Generalmente, las redes de datos de conmutación de paquetes son redes fiables. Sin embargo, algunas de ellas están mejor protegidas que otras contra un comportamiento erróneo del equipo terminal conectado, que podría dañar la fiabilidad de la red. Por otra parte se pueden establecer conexiones de terminal a través de una red de conmutación de paquetes y de otras subredes que podrían ser menos fiables que la propia red de conmutación de paquetes. Por consiguiente, la fiabilidad de la conexión de terminal a

terminal sería menor que la que se espera de la red de conmutación de paquetes. En las redes de conmutación de paquetes públicas la fiabilidad de la red está garantizada por el operador. Los equipos de las redes de conmutación de paquetes privadas se benefician de la experiencia de las redes públicas y ofrecen la misma fiabilidad que ellas. No obstante, es el propietario de la red quien tiene la responsabilidad de aprobar los terminales que se utilizarán para la conexión a una red privada. Se pueden exigir los mismos requisitos que se aplican a los terminales para la conexión a redes públicas.

2.3.3.14 Dominio Público.

Una red de comunicaciones se denomina "Red Pública" cuando se utiliza, total o parcialmente, para la prestación de servicios de telecomunicaciones disponibles para el público. A este tipo de redes puede acceder cualquier usuario y comunicarse con cualquier otro que esté conectado a ella, sin ningún tipo de limitación.

Las Redes Públicas son de libre utilización por cualquier usuario que se abone a las mismas. Tienen grandes ventajas frente a las privadas en cuanto a economía de escala, aunque por el momento, sus prestaciones pueden resultar inferiores.

Las redes públicas de conmutación de circuitos proporcionan una buena eficiencia y resultan económicas solamente si existe una transmisión de datos prácticamente continua en dos sentidos. La transparencia de la conexión permite la transmisión de datos en cualquier código que acuerden los comunicantes.

2.3.3.15 Dominio privado.

Una red de comunicaciones pertenece al dominio privado (Red privada) cuando es ofertada únicamente para uso interno. Estas redes solo abarcan a los usuarios que pertenezcan a una

determinada organización y solo se pueden comunicar con miembros de la misma organización.

2.4 Topologías de redes.

2.4.1 Topología

Se llama topología de una red al patrón de conexión entre sus nodos, es decir, a la forma en que están interconectados los distintos nodos que la forman. Los criterios a la hora de elegir una topología de red, en general se busca que evite el coste del encaminamiento (que es la necesidad de elegir el camino mas cómodo y simple entre los nodos y los demás), dejando en segundo plano factores como la renta mínima, el coste mínimo, etc. Otro criterio determinante es la tolerancia a fallos o facilidad de localización de estos. También tenemos que tener en cuenta la facilidad de instalación y reconfiguración de la red. Atendiendo a los criterios expuestos anteriormente hay dos clases generales de topologías utilizadas en LAN; topología bus y la topología anillo. A partir de ellas se derivan otras que reciben nombres distintos dependiendo de las técnicas que se utilicen para acceder a la red o para aumentar su tamaño. En algunos libros también consideran a la topología estrella, en la que todos los nodos se conectan a uno central. En una red estrella gran parte de la capacidad de proceso y funcionamiento de la red estarán concentradas en el nodo central, el cual deberá ser muy complejo y muy rápido para dar un servicio satisfactorio a todos los nodos.

De modo que existen estas topologías⁴:

- Estrella

⁴ Se mencionan aquí algunas de las mas usadas y más comunes a mi consideración también mencionaremos otras topologías pero de un modo mas general.

- Bus
- Anillo
- Árbol

2.4.2 Topología de estrella

Esta topología se caracteriza por existir en ella un punto central, o más propiamente un nodo central, al cual se conectan todos los equipos, de un modo muy similar a los radios de una rueda (Figura 2.5).

De esta disposición se deduce el inconveniente de esta topología, y es que la máxima vulnerabilidad se encuentra precisamente en el nodo central, ya que si este falla, toda la red fallaría. Este posible fallo en el nodo central, aunque posible, es bastante improbable, debido a la gran seguridad que suele poseer dicho nodo. Sin embargo presenta como principal ventaja una gran modularidad, lo que permite aislar una estación defectuosa con bastante sencillez y sin perjudicar al resto de la red.

Para aumentar el número de estaciones, o nodos, de la red en estrella no es necesario interrumpir, ni siquiera parcialmente la actividad de la red, realizándose la operación casi inmediatamente. La topología estrella es empleada en redes Ethernet y Arcnet.

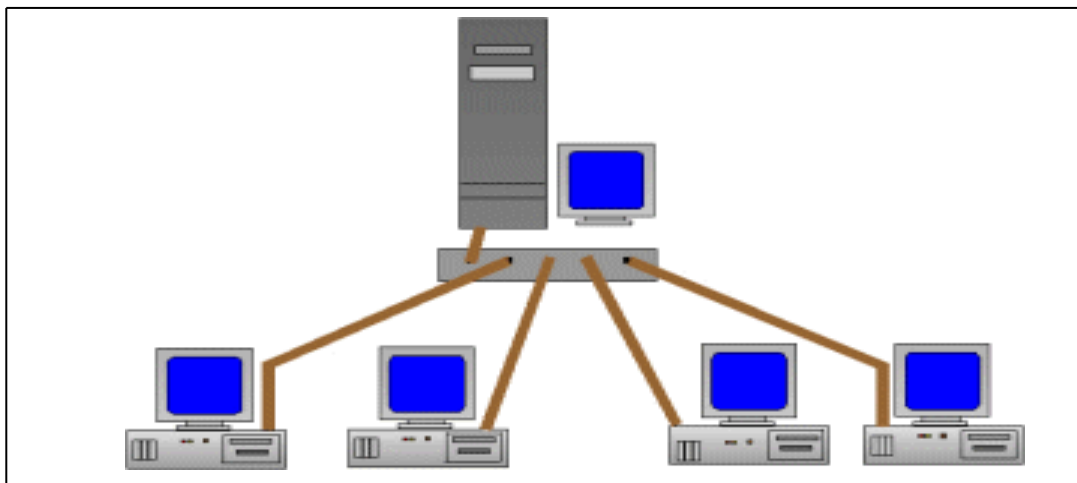


Figura 2.5 Topología estrella.

Cabe mencionar que esta topología utiliza cable UTP y Fibra óptica.

2.4.2.1 Ventajas de la Topología Estrella.

- Gran facilidad de instalación
- Posibilidad de desconectar elementos de red sin causar problemas.
- Facilidad para la detección de fallo y su reparación.

2.4.2.2 Inconvenientes de la Topología de Estrella.

- Requiere más cable que la topología de BUS.
- Un fallo en el concentrador provoca el aislamiento de todos los nodos a él conectados.
- Se han de comprar hubs o concentradores.

2.4.2.3 Topología de Estrella Cableada.

Físicamente parece una topología estrella pero el tipo de concentrador utilizado, la MAU se encarga de interconectar internamente la red en forma de anillo. Esta tipología es la que se utiliza en redes Token ring.

2.4.2.4 Resumen (topología/cableado/protocolo).

Estrella /Par Trenzado Fibra Óptica /Ethernet Local Talk

Estrella en Anillo /Par Trenzado /Token Ring

2.4.3 Topología bus

En la topología en bus, al contrario que en la topología de Estrella, no existe un nodo central, si no que todos los nodos que componen la red quedan unidos entre sí linealmente, uno a continuación del otro(Figura 2.6).

El cableado en bus presenta menos problemas logísticos, puesto que no se acumulan montones de cables en torno al nodo central, como ocurriría en una disposición en estrella. Pero, por contra, tiene la desventaja de que un fallo en una parte del cableado detendría el sistema, total o parcialmente, en función del lugar en que se produzca. Es además muy difícil encontrar y diagnosticar las averías que se producen en esta topología.

El bus es pasivo, no se produce por lo tanto regeneración de las señales en cada nodo. Los nodos de la red en bus transmiten la información y esperan a que esta no vaya a chocar con otra información transmitida por otro de los nodos. Si esto ocurre, cada nodo espera una pequeña cantidad de tiempo al azar, después intenta retransmitir la información.

Debido a que en el bus la información recorre todo el bus bidireccionalmente hasta hallar su destino, la posibilidad de interceptar la información por usuarios no autorizados es superior a la existente en una Red en estrella debido a la modularidad que ésta posee. La red en bus posee un retardo en la propagación de la información mínimo, debido a que los nodos de la red no deben amplificar la señal, siendo su función pasiva respecto al tráfico de la red. Esta pasividad de los nodos es debida más bien al método de acceso empleado que a la propia disposición geográfica de los puestos de red.

La Red en Bus necesita incluir en ambos extremos del bus, unos dispositivos llamados terminadores, los cuales evitan los posibles rebotes de la señal, introduciendo una impedancia característica (50 Ohm.)

Añadir nuevos puesto a una red en bus, supone detener al menos por tramos, la actividad de la red. Sin embargo es un proceso rápido y sencillo.

Es la topología tradicionalmente usada en redes Ethernet.

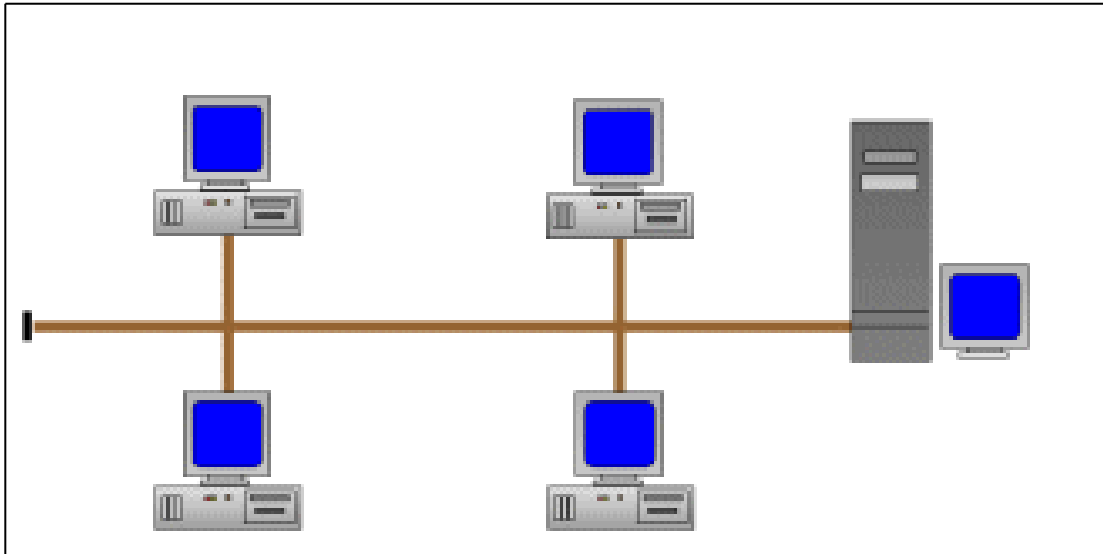


Figura 2.6 Topología bus.

2.4.3.1 Desventajas:

- Costo de administración alto.
- Dificultad para detectar un nodo o segmento de cable que funcione mal.
- Un nodo o segmento de cable defectuoso tira o bloquea la red.

2.4.3.2 Ventajas:

- Poca utilización de cable.
- Costo de implementación bajo.
- Facilidad para añadir nuevos nodos.

2.4.3.3 RESUMEN (TOPOLOGIA/CABLEADO/PROTOCOLO)

Bus /Coaxial, Par trenzado /Ethernet, Local Talk.

2.4.4 Topología anillo

El anillo, como su propio nombre indica, consiste en conectar linealmente entre sí todos los ordenadores, en un bucle cerrado. La información se transfiere en un solo sentido a través

del anillo, mediante un paquete especial de datos, llamado testigo, que se transmite de un nodo a otro, hasta alcanzar el nodo destino(Figura 2.7). El cableado de la red en anillo es el más complejo de los tres enumerados, debido por una parte al mayor coste del cable, así como a la necesidad de emplear unos dispositivos denominados Unidades de Acceso Multiestación (MAU) para implementar físicamente el anillo.

A la hora de tratar con fallos y averías, la red en anillo presenta la ventaja de poder derivar partes de la red mediante los MAU's, aislando dichas partes defectuosas del resto de la red mientras se determina el problema. Un fallo, pues, en una parte del cableado de una red en anillo, no debe detener toda la red. La adición de nuevas estaciones no supone una complicación excesiva, puesto que una vez más los MAU's aíslan las partes a añadir hasta que se hallan listas, no siendo necesario detener toda la red para añadir nuevas estaciones.

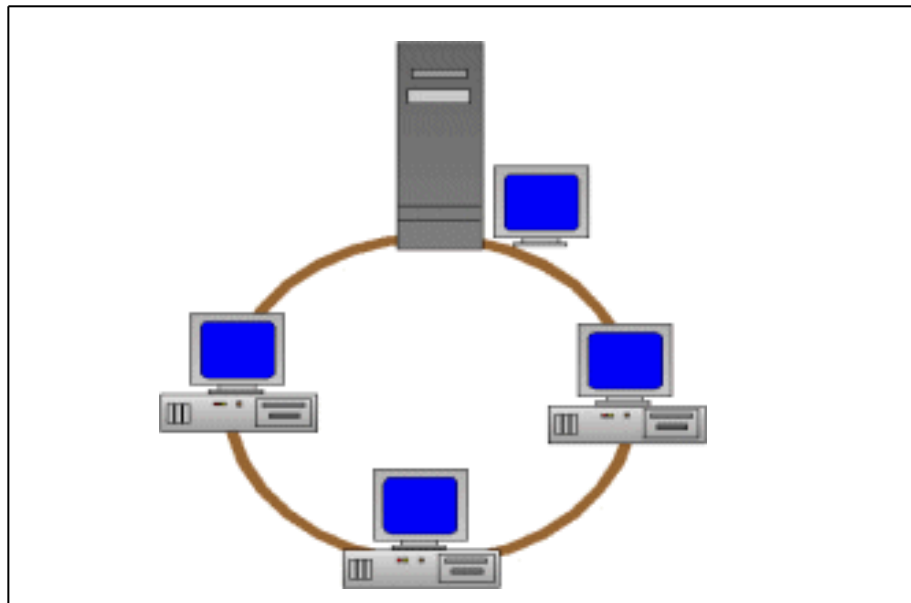


Figura 2.7 Topología anillo.

2.4.5 Topología árbol

La topología árbol combina características de las topologías árbol y bus la cual consiste en formar un conjunto de subredes Estrella conectadas a un Bus con esto estamos facilitando el crecimiento de nuestra red(Figura 2.8).

La topología en árbol es una generalización de la topología en bus. Esta topología comienza en un punto denominado cabezal o raíz (headend). Uno ó más cables pueden salir de este punto y cada uno de ellos puede tener ramificaciones en cualquier otro punto. Una ramificación puede volver a ramificarse. En una topología en árbol no se deben formar ciclos.

Una red como ésta representa una red completamente distribuida en la que computadoras alimentan de información a otras computadoras, que a su vez alimentan a otras. Las computadoras que se utilizan como dispositivos remotos pueden tener recursos de procesamientos independientes y recurren a los recursos en niveles superiores o inferiores conforme se requiera.

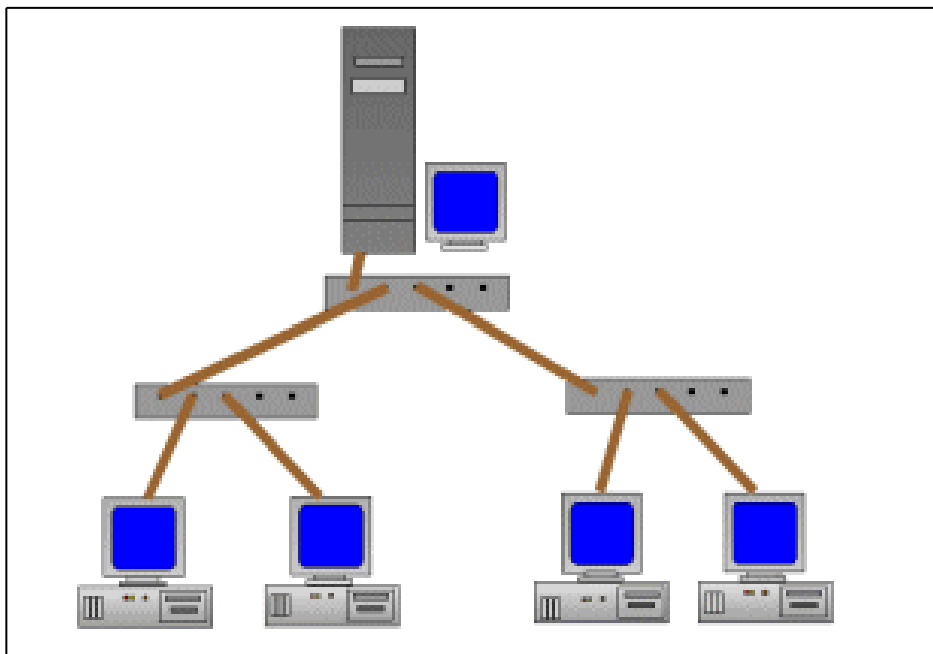


Figura 2.8 Topología árbol.

2.4.5.1 *Ventajas:*

- Cableado punto a punto para segmentos individuales.
- Soportado por multitud de vendedores de software y de hardware.

2.4.5.2 *Desventajas:*

- La medida de cada segmento viene determinada por el tipo de cable utilizado.
- Si se viene abajo el segmento principal todo el segmento se viene abajo con él.
- Es más difícil su configuración.

2.4.5.3 *RESUMEN (TOPOLOGIA/CABLEADO/PROTOCOLO).*

Árbol /Coaxial, Par trenzado, Fibra óptica /Ethernet.

Otras topologías utilizadas son las siguientes punto a punto y multipunto las cuales a continuación describiremos:

2.4.6 *Topología punto-a-punto.*

La topología punto-a-punto (PTP) conecta dos nodos directamente. Por ejemplo, dos computadoras comunicándose por modems, una terminal conectándose con una mainframe, o una estación de trabajo comunicándose a lo largo de un cable paralelo con una impresora. En un enlace PTP, dos dispositivos monopolizan un medio de comunicación. Debido a que no se comparte el medio, no se necesita un mecanismo para identificar las computadoras, y por lo tanto, no hay necesidad de direccionamiento.

2.4.7 Topología multipunto

La topología multipunto enlaza tres dispositivos juntos o más a través de un sistema de comunicación. Debido a que esta topología comparte un canal común, cada dispositivo necesita identificarse e identificar el dispositivo al cual se quiere mandar información. Este dispositivo para identificar transmisores y receptores se llama direccionamiento.

La tabla 2.1 nos muestra un resumen de los protocolos utilizados en las topologías así como el cableado y la velocidad:

Protocolo	Cable	Velocidad	Topología
ETHERNET	Par Trenzado ,Cable Coaxial ,Fibra Óptica	10 Mbps	Bus ,Estrella , Árbol
FAST ETHERNET	Par Trenzado ,Fibra óptica	23 Mbps	Bus ,Estrella
TOKEN RING	Par Trenzado	4 y 16 Mbps	Estrella ,Anillo

Tabla 2.1 Resumen de protocolos, cableado y velocidad para cada topología.

Dentro de las topologías existe un problema que es general y el cual es el conflicto en la transmisión de los datos, para solucionar estos problemas existen mecanismos los cuales nos ayudan a resolver estos problemas de transmisión, cabe mencionar que dichos conflictos difieren dependiendo de la topología que estemos utilizando.

Los mecanismos más comunes para la resolución de conflictos en la transmisión de datos son los siguientes:

- CSMA/CD: Son redes con escucha de colisiones. Todas las estaciones son consideradas igual, es por ello que compiten por el uso del canal, cada vez que una de ellas desea transmitir debe escuchar el canal, si alguien está transmitiendo espera a que termine, caso contrario transmite y se queda escuchando posibles colisiones, en este último espera un intervalo de tiempo y reintenta de nuevo.
- Token Bus: Se usa un token (una trama de datos) que pasa de estación en estación en forma cíclica, es decir forma un anillo lógico. Cuando una estación tiene el token, tiene el derecho exclusivo del bus para transmitir o recibir datos por un tiempo determinado y luego pasa el token a otra estación, previamente designada. Las otras estaciones no pueden transmitir sin el token, sólo pueden escuchar y esperar su turno. Esto soluciona el problema de colisiones que tiene el mecanismo anterior.
- Token Ring: La estación se conecta al anillo por una unidad de interfaz (RIU), cada RIU es responsable de controlar el paso de los datos por ella, así como de regenerar la transmisión y pasarla a la estación siguiente. Si la dirección de la cabecera de una determinada transmisión indica que los datos son para una estación en concreto, la unidad de interfaz los copia y pasa la información a la estación de trabajo conectada a la misma.

Se usa en redes de área local con o sin prioridad, el token pasa de estación en estación en forma cíclica, inicialmente en estado desocupado. Cada estación cuando tiene el token (en este momento la estación controla el anillo), si quiere transmitir cambia su estado a ocupado, agregando los datos atrás y lo pone en la red, caso contrario pasa el token a la estación siguiente. Cuando el token pasa de nuevo por la estación que transmitió, saca los datos, lo pone en desocupado y lo regresa a la red. En la tabla 2.2 se muestra tanto la

topología como su alcance máximo, con esto nos daremos cuenta de la extensión de cada topología y las diferencias entre ellas.

TOPOLOGÍA DE RED	LONGITUD MÁXIMO	SEGMENTO
Ethernet de cable fino (BUS)	185 Mts (607 pies)	
Ethernet de par trenzado (Estrella/BUS)	100 Mts (607 pies)	
Token Ring de par trenzado (Estrella/Anillo)	100 Mts (607 pies)	
ARCNET Coaxial (Estrella)	609 Mts (2000 pies)	
ARCNET Coaxial (BUS)	305 Mts (1000 pies)	
ARCNET de par trenzado (Estrella)	122 Mts (400 pies)	
ARCNET de par trenzado (BUS)	122 Mts (400 pies)	

Tabla 2.2 Alcance máximo de las topologías.

2.5 Tecnologías de última milla de banda ancha.

Como sabemos lo que se llama la “última milla” en cuestión de tecnología de banda ancha se esta refiere a lo que respecta a la conexión final entre la empresa y el usuario del servicio de banda ancha. En la actualidad este servicio se ha convertido en algo muy importante debido a que cada ves mas usuarios los cuales comprenden desde un hogar hasta pequeñas redes de compañías menores, requieren de una velocidad y calidad de servicio mejor, esto es posible solo que aun se encuentra el problema del coste, las grandes compañías también se

ven beneficiadas ya que pueden recurrir a este sistema y pueden realizar sus operaciones mas rápido ya sea por una línea dedicada o una red privada.

Las principales formas de conectarse a la última milla de banda ancha son las siguientes:

- Línea Telefónica Conmutada.
- Línea RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Frame Relay.
- Fibra Óptica (Cable unión de Occidente, AT&T, Propia).
- Radio Enlace (Propio, punto a punto, punto multipunto).

El segmento conocido como "última milla" requiere de una alta inversión para los proveedores de la red de transporte, dado que ésta debe ofrecer tecnología de punta y además debe de actualizarse continuamente.

Existen diferentes formas de poder lograr un futuro con acceso de banda ancha, dependiendo del medio de transmisión que se seleccione. Básicamente existen dos tipos de medios:

1. Los inalámbricos (medios no guiados).
2. Las líneas fijas o alambrados (medios guiados).

Los medios guiados pueden ser el par trenzado de cobre, cable coaxial y fibra óptica. Los medios no guiados son los que se transmiten usando el aire como medio de transmisión, éstos pueden ser los satélites y los sistemas inalámbricos terrestres.

Los usuarios de negocios y residenciales se han beneficiado por el acceso directo de banda ancha con conexiones DSL (línea digital de suscriptor) y módems para cable, pues ambos ofrecen acceso a Internet de bajo costo y alta velocidad. Además, el acceso a redes

de banda ancha no está limitado a cables de cobre o de fibra. En las grandes áreas metropolitanas ya han aparecido muchas redes inalámbricas que proporcionan transmisión de datos de alto ancho de banda sin cables y sin tener que pagar cuotas telefónicas. En esta sección se describirán las diferentes tecnologías, tanto alambradas como inalámbricas

2.6 Tecnologías alámbricas.

2.6.1 Línea suscriptora digital (DSL).

Una de las tecnologías más populares de banda ancha es DSL. Esta tecnología convierte la línea convencional telefónica de par trenzado de cobre en líneas digitales de alta velocidad. Las tecnologías DSL crearon el potencial de altas velocidades de transmisión mediante la conversión de la señal que se transmite de analógica a digital. Para poder lograr esto, es necesario instalar módems especiales tanto en el sitio del usuario final como en la oficina central del operador de red, el cual utiliza un multiplexor de acceso a DSL (DSLAM por sus siglas en inglés) que permite separar las señales de frecuencia de voz, del tráfico de alta velocidad. Respecto a DSL, se nos comenta que es una tecnología que usando diferentes frecuencias, permite la transmisión de datos a través de la línea telefónica donde DSL usa la infraestructura existente de línea telefónica del usuario final y no requiere de una línea adicional. La figura muestra el funcionamiento general de las tecnologías xDSL.

Existen diferentes variantes de DSL, de las cuales se consideran 5 como las más importantes. Éstas variantes se pueden observar en la tabla. Cabe señalar que la

velocidad que puede ofrecer DSL está limitada por la distancia desde donde se ubique el suscriptor hasta la oficina central (CO por sus siglas en ingles), a esta distancia se le conoce como Área de resistencia revisada designada (RRD). Esta información también se puede consultar en la tabla 2.3.

ISDN	144Kbps	144 Kbps	18,000 ft
HDSL/T1	1.544 Mbps	1.544 Mbps	12,000 ft
ADSL "Lite" (G.992.2)	160Kbps	1.5 Mbps	18,000 ft
ADSL	1.5 Mbps	12 Mbps	6,000 ft
VDSL	13 Mbps	52 Mbps	1,000 ft
	2 Mbps	13 Mbps	4,500 ft

Tabla 2.3 Comparación de los diferentes tipos de DSL.

Como se pudo observar en la tabla anterior, existen diferentes tipos de DSL, los cuales tienen diferentes características en cuanto a velocidades y radio RDD. La variedad de versiones de DSL permite que el usuario pueda seleccionar la que más se acopla a sus necesidades, dependiendo de la disponibilidad por parte del operador.

Algunos analistas ven a DSL como una plataforma que ayudará a impulsar la tecnología de fibra al hogar (FTTH por sus siglas en ingles). Argumenta además que la comisión Europea en un reciente reporte publicó que ADSL es una tecnología transitoria que será reemplazada por la fibra óptica en un plazo de 10 años.

El primer sistema DSL se desarrolló debido a la necesidad de una comunicación efectiva de calidad sobre el par de cobre. En un principio, el primer modo de transmisión digital fue la línea T1, la cual en sus inicios tenía problemas debido a que solamente se podía aplicar a distancias muy cortas, lo que obligaba al operador a aplicar repetidores a lo largo de su red. Debido a la creciente demanda por ancho de banda y a la necesidad de los operadores de poder utilizar su infraestructura ya existente, surgió DSL. En la figura puede observarse la evolución a través del tiempo de los sistemas DSL. Como se puede observar en la gráfica, el primer sistema fue el HDSL (High Speed DSL), con este sistema, se incrementó la distancia a la que podía transmitir una línea digital de alta velocidad sin requerir de algún amplificador o repetidor, pero surgió un problema, requería de hasta 3 pares de cobre. Las siguientes versiones de xDSL fueron mejorando este aspecto para sólo requerir de un par.

A continuación se hará una descripción de las variaciones más importantes de DSL.

2.6.2 Línea suscriptora asimétrica digital (ADSL).

ADSL es la variación más popular de los servicios DSL tanto para hogares como para pequeños negocios. Esta clase de servicios es llamada asimétrica debido a que la mayor parte del ancho de banda se destina para bajada, es decir, enviando datos al usuario, y una pequeña porción del ancho de banda se dedica a subida o envío de paquetes hacia la red. ADSL es un sistema de comunicación que transfiere información tanto analógica como digital en un par de cobre. La información analógica puede ser telefonía tradicional o señales ISDN en donde la máxima tasa de transmisión digital hacia el usuario final varía de los 1.5 a los 9 Mbps y la máxima velocidad del usuario a la red varía de 16 Kbps a 800 Kbps. Como se mencionó anteriormente, la velocidad de transmisión varía

dependiendo de la distancia, la distorsión de la línea y las características limitantes que imponga el proveedor del servicio. Usando la tecnología ADSL se pueden transmitir películas digitales, televisión, catálogos, audio con calidad de CD, ligas hacia corporativos que utilicen alta velocidad, e Internet de alta velocidad para pequeños negocios y hogares.

2.6.3 Alta unidad de datos DSL (HDSL).

Este sistema es usado dentro de los sitios corporativos y entre las compañías telefónicas y un usuario. La característica principal de HDSL es su ancho de banda simétrico, lo que significa igual monto de flujo de tráfico en ambas direcciones. Su máximo ancho de banda es aproximadamente de 2.3 Mbps, mucho menor al ADSL. HDSL fue creado para superar las limitantes significativas de los primeros sistemas de transmisión digital (TI y EI) entre las que se encuentra la máxima distancia entre repetidores, la cual era de 6000 pies.

2.6.4 Línea suscriptora digital de unidad adaptativa (RADSL).

RADSL opera con los mismos anchos de banda que ADSL, pero con una capacidad adicional de cargar dinámicamente el ancho de banda, el cual puede cambiar dependiendo de la calidad de la línea telefónica durante la transmisión o como resultado de las limitaciones impuestas por el proveedor de servicios (velocidades diferentes dependiendo del servicio).

2.6.5 Línea suscriptor simétrica digital (SDSL).

Es similar a la tecnología HDSL con una línea única, ofreciendo 1.5 Mbps (En el estándar americano) o 2Mbps (en el estándar europeo) de datos en ambas direcciones. Debido a que esta tecnología no puede compartir la línea con señales analógicas, es ideal para pequeñas y medianas empresas que tienen necesidad de tener el mismo ancho de banda de upstream como de downstream.

2.6.6 Muy alta unidad de datos DSL (VDSL).

Es la tecnología DSL más rápida existente hasta el momento, ya que ofrece velocidades que van desde los 13 hasta los 52 Mbps de bajada y de 1.5 a 26 Mbps de subida. Desafortunadamente el ancho de banda que permite se limita mucho por la distancia, como se pudo observar en la tabla anterior.

VDSL es vista como una tecnología que acercará a los usuarios a tener acceso a velocidades cercanas a lo que puede ofrecer la fibra óptica. Esta tecnología permite además tener acceso a línea telefónica sobre la misma línea de datos. La tecnología VDSL es muy similar a ADSL, pero, debido a que ADSL fue diseñada para implementarse en condiciones más hostiles, VDSL es más fácil de implementar.

2.6.7 Cable par trenzado.

Es de los más antiguos en el mercado y en algunos tipos de aplicaciones es el más común, consiste en dos alambres de cobre o a veces de aluminio, aislados con un grosor de 1 mm aproximado. Los alambres se trenzan con el propósito de reducir la interferencia eléctrica de pares similares cercanos. Los pares trenzados se agrupan bajo una cubierta común de PVC

(Policloruro de Vinilo) en cables multipares de pares trenzados (de 2, 4, 8, hasta 300 pares). Un ejemplo de par trenzado es el sistema de telefonía, ya que la mayoría de aparatos se conectan a la central telefónica por intermedio de un par trenzado.

Actualmente se han convertido en un estándar, de hecho en el ámbito de las redes LAN, como medio de transmisión en las redes de acceso a usuarios (típicamente cables de 2 ó 4 pares trenzados). A pesar que las propiedades de transmisión de cables de par trenzado son inferiores y en especial la sensibilidad ante perturbaciones extremas a las del cable coaxial, su gran adopción se debe al costo, su flexibilidad y facilidad de instalación, así como las mejoras tecnológicas constantes introducidas en enlaces de mayor velocidad, longitud, etc.

Básicamente se utilizan se utilizan los siguientes tipos de cable pares trenzados:

2.6.7.1 Cable de par trenzado no apantallado (UTP).

Cable de pares trenzados más simple y empleado, sin ningún tipo de apantalla adicional y con una impedancia característica de 100 Ohmios. El conector más frecuente con el UTP es el RJ45, parecido al utilizado en teléfonos RJ11 (pero un poco mas grande), aunque también puede usarse otro (RJ11, DB25, DB11, etc.), dependiendo del adaptador de red.

Es sin duda el que hasta ahora ha sido mejor aceptado, por su costo accesibilidad y fácil instalación. Sus dos alambres de cobre torcidos aislados con plástico PVC, han demostrado un buen desempeño en las aplicaciones de hoy. Sin embargo a altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente.

2.6.7.2 Cable par trenzado apantallado (STP).

En este caso, cada par va recubierto por una malla conductora que actúa de apantalla frente a interferencias y ruido eléctrico. Su impedancia es de 150 OHMIOS. El nivel de protección del STP ante perturbaciones externas es mayor al ofrecido por UTP. Sin embargo es más costoso y requiere más instalación. La pantalla del STP para que sea más eficaz requiere una configuración de interconexión con tierra (dotada de continuidad hasta el terminal), con el STP se suele utilizar conectores RJ49.

Es utilizado generalmente en las instalaciones de procesos de datos por su capacidad y sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas, pero el inconveniente es que es un cable robusto, caro y difícil de instalar.

2.6.7.3 Cable de par trenzado con pantalla global (FTP).

En este tipo de cable como en el UTP, sus pares no están apantallados, pero sí dispone de una apantalla global para mejorar su nivel de protección ante interferencias externas. Su impedancia característica típica es de 120 OHMIOS y sus propiedades de transmisión son más parecidas a las del UTP. Además puede utilizar los mismos conectores RJ45. El desmembramiento del sistema Bell en 1984 y la liberación de algunos países en el sistema de telecomunicaciones hizo, que quienes utilizaban los medios de comunicación con fines comerciales tuvieran una nueva alternativa para instalar y administrar servicios de voz y datos. Método que se designó como cableado estructurado, que consiste en equipos, accesorios de cables, accesorios de conexión y también la forma de cómo se conectan los diferentes elementos entre sí.

El EIA/TIA define el estándar EIA/TIA 568 para la instalación de redes locales (LAN). El cable trenzado mas utilizado es el UTP sin apantallar que trabajan con las redes 10Base-T de ethernet, Token Ring, etc. La EIA/TIA-568 selecciona cuatro pares trenzados en cada cable para acomodar las diversas necesidades de redes de datos y telecomunicaciones. Existen dos clases de configuraciones para los pines de los conectores del cable trenzado denominadas T568A y T568B. La configuración más utilizada es la T568A. Los cables de par trenzado más comúnmente usados como interfaces de capa física son los siguientes:

- 10BaseT (Ethernet)
- 100BaseTX (FastEthernet)
- 100BaseT4 (Fast Ethernet con 4 pares)
- 1000BaseT (Gigabit Ethernet)

El cable par trenzado se maneja por categorías de cable:

- **Categoría 1:** Cable de par trenzado sin apantallar, se adapta para los servicios de voz, pero no a los datos.
- **Categoría 2:** Cable de par trenzado sin apantallar, este cable tiene cuatro pares trenzados y está certificado para transmisión de 4 Mbps.
- **Categoría 3:** Cable de par trenzado que soporta velocidades de transmisión de 10 mbps de ethernet 10Base-T, la transmisión en una red Token Ring es de 4 Mbps. Este cable tiene cuatro pares.
- **Categoría 4:** Cable par trenzado certificado para velocidades de 16 Mbps. Este cable tiene cuatro pares.

- **Categoría 5:** Es un cable de cobre par trenzado de cuatro hilos de 100 Ohms. La transmisión de este cable puede ser a 100 Mbps para soportar las nuevas tecnologías como ATM (Modo de transferencia asíncrono).

Existen varias opciones para el estándar 802,3 que se diferencian por velocidad, tipo de cable y distancia de transmisión.

- **10Base-T:** Cable de par trenzado con una longitud aproximada de 500 Mts, a una velocidad de 10 Mbps.
- **1Base-5:** Cable de par trenzado con una longitud extrema de 500 Mts, a una velocidad de 1 Mbps.
- **100Base-T:** (Ethernet Rápida) Cable de par trenzado, nuevo estándar que soporta velocidades de 100 Mbps que utiliza el método de acceso CSMA/CD.
- **100VG AnyLan:** Nuevo estándar Ethernet que soporta velocidades de 100 Mbps utilizando un nuevo método de acceso por prioridad de demandas sobre configuraciones de cableado par trenzado.

2.6.7.4 Ventajas:

- Es muy económico.
- Es muy flexible.
- Es fácil de conectar.

2.6.7.5 Desventajas:

- Limitado a distancias de 100 Mts.
- Muy propenso a interferencias.

2.6.8 Cable coaxial.

Se usa normalmente en la conexión de redes con topología de Bus como Ethernet y ArcNet, es llamado así porque su construcción es de forma coaxial, tenemos el conductor central, un recubrimiento bio-eléctrico, una malla de alambre y un recubrimiento externo (*que funge como recubrimiento y como aislante*). La construcción del cable debe de ser firme y uniforme, ya que si no es así no se tiene un funcionamiento adecuado por factores que se mencionarán a continuación.

Cuando hay refracción alrededor del coaxial, esta es atrapada, y esto evita posibles interferencias. Una de las cosas mas importantes del coaxial es su ancho de banda y su resistencia (*o impedancia*); estas funciones dependen del grosor del conductor central (malla), si varia la malla, varía la impedancia también.

El ancho de banda del cable coaxial esta entre los 500Mhz, esto hace que el cable coaxial sea ideal para transmisión de televisión por cable por múltiples canales. Ahora, como se ve en la tabla 2.4, existen varios tipos de cable coaxial.

Cada cable tiene su uso particular, los primeros cables se usan para redes de datos (*10Base2 y 10Base5 ArcNet*) y el último se usa principalmente para televisión. Los RG8 y RG11 son coaxiales gruesos, ya que se están buscando ciertas prestaciones, y de cierta forma el grosor del cable central también va a afectar el factor de que tanta distancia podrá viajar una señal sin debilitarse, y estos coaxiales gruesos en particular permiten una transmisión de datos de mucha distancia, pero por otra parte, un metro de coaxial grueso puede llegar a pesar hasta medio kilogramo, y no puede doblarse fácilmente, de hecho, su

radió de curvatura no puede ser más que uno o dos kilómetros. Un enlace de coaxial grueso puede ser hasta 3 veces mas largo que un coaxial delgado.

Tipo	Impedancia	Usos
RG-8	50 ohms.	10Base5
RG-11	50 ohms.	10Base5
RG-58	50 ohms.	10Base2
RG-62	93 ohms.	ARCnet
RG-75	75 ohms.	CTV (Televisión)

Tabla 2.4 Tipos de cable coaxiales impedancias y usos.

2.6.9 Fibra Óptica.

Este medio de comunicación utiliza la luz confinada en una fibra de vidrio para transmitir grandes cantidades de información en el orden de los gigabits por segundo. Debido a que el láser trabaja a frecuencias muy altas, entre el intervalo de la luz visible y la infrarroja, la fibra óptica es casi inmune a la interferencia y el ruido.

Para transmitir los haces de luz se utiliza una fuente de luz como un LED (Diodo emisor de luz) o un diodo láser y en la parte receptora se emplea un fotodiodo o fototransistor para detectar la luz emitida. También será necesario colocar un convertor de luz (óptico) a señales eléctricas al final de cada extremo.

La transmisión óptica involucra la modulación de una señal de luz usualmente apagando, encendiendo y variando la intensidad de la luz sobre una fibra muy estrecha de vidrio llamado núcleo: el diámetro de una fibra puede llegar a ser de una décima del diámetro de un cabello humano. La otra capa concéntrica de vidrio que rodea el núcleo se llama revestimiento. Después de introducir la luz dentro del núcleo, esta es reflejada por el revestimiento, lo cual ocasiona que siga una trayectoria en zig-zag a través del núcleo.

Las dos formas de transmitir sobre una fibra son conocidas como transmisión en modo simple y múltimodo. En el modo simple (también llamado monomodo), se transmite un haz de luz por cada fibra y, dadas sus características de transmisión, es posible que el haz se propague a decenas de kilómetros. Por ello, este tipo de fibra es muy común en enlaces de larga distancia, como la interconexión de centrales telefónicas. En una fibra múltimodo, en cambio, más de un haz de luz puede ser transmitido. Esta versión se usa para distancias más cortas y sirve para interconectar LANs entre edificios, campus, etc.

La tecnología de la fibra óptica ha avanzado muy rápidamente; tanto, que hoy en día es posible incrementar la capacidad de una fibra y aumentar la distancia de propagación. Por ejemplo, los amplificadores de fibra dopada con erbio (EDFA) son repetidores/amplificadores que dopan a la fibra con el metal erbio a intervalos de 50 a 100 kilómetros. La introducción de los EDFA ha hecho posible que los sistemas de fibra óptica actuales operen a 10 Gbps. También abrieron el camino para la multicanalización por división de longitud de onda (WDM), que es el proceso de dividir el espectro de la fibra óptica en un número de longitudes de onda sin traslaparse una con la otra. Cada longitud de onda es capaz de soportar un canal de comunicaciones de alta velocidad.

Otra tecnología innovadora en las fibras ópticas es el DWDM (WDM Denso), que soporta más de 16 longitudes de onda; por ejemplo, los sistemas OC-48 (2.5 Gbps) pueden soportar entre 60 y 160 longitudes de onda y aún existen sistemas que soportan más de 320 longitudes de onda, lo que equivale a 320 canales de alta velocidad por fibra. Por el momento Bell Labs está trabajando para que en un futuro cercano, se puedan transmitir más de 15,000 longitudes de onda por fibra con la tecnología "Chirped-pulse WDM", con la cual las fibras ópticas tendrán una capacidad inimaginable.

Los cables de fibra óptica submarina son otro ejemplo de la gran capacidad que existe en este medio. El primer cable submarino con fibra óptica (el TAT-8) fue puesto en servicio en 1988 y utilizaba tres pares de fibra con repetidores espaciados cada 65 millas. Su capacidad es de 40,000 circuitos de voz bidireccionales. En el 2001, fue instalado otro cable trasatlántico: el AC-2, que ofrece una capacidad de 10 Gbps en 32 longitudes de onda sobre 8 pares de fibra para un total de 2.5 Terabits por segundo utilizando WDM.

2.7 Tecnologías inalámbricas.

2.7.1 Tecnologías de comunicación móvil

Las redes de telefonía celular de segunda generación (2G) proveen servicios de bajas velocidades de transmisión (9.6 Kbps) que se emplean comúnmente para voz o para aplicaciones de mensajes de texto. Las nuevas tecnologías de acceso a comunicación móvil de tercera generación (3G) actualmente ofrecen velocidades teóricas de más de 388 Kbps en vehículos en movimiento y demás de 2 Mbps para los peatones o usuarios

estacionarios. Los servicios de tercera generación surgieron originalmente visualizándolos como un protocolo universal de voz y datos por parte de la ITU.

El concepto de ofrecer servicios universales de telecomunicaciones móviles fue descartado al poco tiempo debido a la falta de concordancia en las frecuencias utilizadas y los enlaces utilizados a nivel mundial, ya que se pretendía utilizar una tecnología que pudiera residir en cdmaOne, GSM y PDC.

Eventualmente, las redes inalámbricas llegarán a ser más integradas a las redes IP, permitiendo una mayor homologación de los servicios IP y los servicios inalámbricos. Actualmente se está discutiendo la posibilidad de que la generación tecnológica 4G pueda convertir las señales inalámbricas de las redes celulares en una red inalámbrica nativa basada en IP.

2.7.2 Tecnologías de acceso terrestre inalámbrico.

La transmisión de señales de microondas terrestres se usan como una alternativa al cable coaxial o a la fibra óptica. Las bandas de frecuencia de alrededor de los 17 GHz se utilizan para enlaces punto a punto y punto a multipunto y éstas pueden usarse para proveer acceso a banda ancha para aplicaciones tanto a los hogares como a las empresas.

Una nueva tecnología, llamada láser de espacio libre acaba de ser lanzada en el Reino Unido a mediados del 2001. Esta tecnología es capaz de proveer acceso a más de 155 Mbps en distancias menores a los 6 Km., pero la falta de espectro ancho y el poco conocimiento de la tecnología hace que se vea todavía lejana su aplicación a nivel mundial.

Otro grupo de tecnologías de acceso inalámbrico de banda ancha que están teniendo una introducción fuerte son las comúnmente conocidas como "Cable inalámbrico". Este término

se emplea para las tecnologías inalámbricas terrestres que utilizan frecuencias de microondas para entregar video, datos y / o señales de voz a los usuarios finales. Existen dos clases de sistemas de cable inalámbrico, los cuales son MMDS y LMDS pero ésta última destaca más por su capacidad de ofrecer diversos servicios.

LMDS se espera que pueda proveer acceso de alta velocidad usando relativamente poco ancho de banda. El ancho de banda que utiliza es de 1,300 MHz, de los cuales, 850 MHz son empleados para bajada que se puede emplear para acceso de datos, de voz y 132 canales de televisión a 40,000 usuarios que estén dentro de la línea de vista del transmisor (es decir, que no debe de haber nada que interfiera entre el usuario final y la antena proveedora del servicio). Debido a que es un sistema que emplea frecuencias altas que se atenúan rápidamente, es necesario instalar antenas cada 8 Km. El reto clave para los operadores de LMDS será el inicio de la construcción del sistema, ya que a diferencia de los operadores de telefonía celular que normalmente comienzan con células grandes que gradualmente dividen en celdas más pequeñas, los sistemas LMDS pueden ofrecer únicamente áreas de cobertura con radios pequeños, lo que quiere decir que las compañías operadoras interesadas en ofrecer LMDS tendrán que enfocar sus áreas meta en las zonas con una gran concentración de usuarios potenciales.

Debido a que el equipo de LMDS es todavía muy costoso, no se vislumbra como una posible solución de acceso a banda ancha en un corto plazo.

2.7.3 MMDS.

El MMDS se concibió originalmente para la distribución de vídeo en aquellas zonas en las que, sus características hacían desaconsejable la implantación del cable. En los EUA,

por ejemplo, el sistema MMDS se implantó operando en la banda 2150 a 2686 MHz, pero en otros países la misma tecnología opera entre los 2 a 3 GHz.

Básicamente, los datos se transmiten mediante microondas utilizando un esquema TDM de multiplexación por división de tiempo. Entonces cada suscriptor dispone de un módem inalámbrico mediante el cual se recibe la señal en espera de la información dirigida a un usuario en particular. Los datos de retorno, también llamados upstream, son enviados utilizando la línea telefónica. El canal de downstream está compartido, con lo que es necesario algún tipo de algoritmo para administrar el empleo del canal por parte de los suscriptores.

El MMDS se basa en la distribución desde un punto de las señales a transmitir a los usuarios directamente. De este servicio también se le llama cable sin hilos, porque al igual que la televisión por cable puede distribuir varias señales hacia sus abonados. Como este sistema usa microondas, se requiere que no exista ningún tipo de obstáculo físico entre la antena emisora y la receptora. De esta forma, y para obtener la máxima eficiencia posible de transmisión, el equipo transmisor se instala en el punto de cota de terreno más alto.

Pero esta tecnología se está desarrollando en la actualidad para su utilización en más ámbitos de las comunicaciones, y no sólo utilizarse para la recepción de la señal de televisión. Por ejemplo se está estudiando la utilización de MMDS para proveer acceso a Internet a alta velocidad, ya que unos pocos canales con un ancho de banda de 6 MHz pueden servir para dar servicio de conexión a Internet de unos 10 Mbps de bajada atendiendo entre 500 a 4000 suscriptores por canal. En la figura se puede observar la configuración de un sistema típico MMDS.

2.7.4 Acceso satelital.

Los enlaces satelitales de banda ancha presentan dos clases de comunicación, unidireccional o bidireccional. En los sistemas unidireccionales, la solicitud de datos se envía a través de una línea telefónica convencional y la información se recibe vía satélite mediante una antena. La velocidad de transferencia máxima alcanzada en el enlace de bajada es de 400 kbps. Los enlaces satelitales bidireccionales de banda ancha son más eficientes. El enlace de subida alcanza velocidades de hasta 150 kbps y hacia el suscriptor se tienen tasas que varían entre 300 y 900 kbps. Los satélites son estaciones de relevo en órbita alrededor de la Tierra que reciben, amplifican y re-direccionan señales analógicas y digitales. Existen 3 tipos principales de satélites, según su elevación:

1. *Satélites de órbita baja (LEO)*: Se encuentran girando alrededor de la Tierra en una órbita polar en forma elíptica a una elevación que varía entre los 500 y los 700 Km. Las señales que pasan por este tipo de satélites presentan un retraso de 13 milisegundos en promedio.
2. *Satélites de órbita media (MEO)*: También se encuentran girando alrededor de la tierra en una órbita elíptica polar, pero a una elevación de entre los 5,000 y los 12,000 Km. El retraso en este tipo de satélites es de 84 milisegundos en promedio, lo suficiente para causar problemas a las aplicaciones de banda ancha.

Tanto este tipo de satélites como los LEO, necesitan de un gran número de unidades (mayor para el caso de los satélites LEO) para poder proveer cobertura global alrededor de la Tierra, debido a que la "huella" de cada satélite no abarca una gran porción de la superficie terrestre.

3. *Satélites de órbita geoestacionaria (GEO)*: Tienen una órbita circular alrededor del Ecuador a una altura de 36,000 Km. La velocidad del satélite es la misma que la de la Tierra, por lo que aparentemente se encuentran fijos en un punto. Solamente se necesitan 3 satélites GEO para abarcar toda la superficie terrestre. El retardo de la señal en esta clase de satélites es de aproximadamente 264 milisegundos, lo suficiente para causar serios problemas en las aplicaciones interactivas de banda ancha.

La principal ventaja que ofrece el acceso satelital es el acceso en cualquier parte, debido a la cobertura global con la que cuentan, en especial en países que no cuentan con infraestructura o para sitios muy remotos, es aquí en donde se encuentra el principal nicho de mercado para los servicios de banda ancha. Los servicios de banda ancha vía satélite son óptimos para comunidades rurales que nunca podrán ser cableadas para recibir banda ancha o que demorarán mucho tiempo en hacerlo.

En el año 2000 se contaba únicamente con alrededor de 75,000 suscriptores en los Estados Unidos y este número se estima que pueda crecer a 2.4 millones de usuarios en el 2006. Los altos costos que se requieren tanto en la instalación como para cubrir la renta de este servicio son el principal impedimento en el crecimiento. Aunado a esto, se tienen otras tantas desventajas en comparación a otros servicios. En primer lugar, el enlace pudiera verse afectado en el caso de fuertes lluvias y vientos. Además, se presenta un retraso de 0.7 segundos que se debe a los más de 70,000 Km. de viaje redondo en la transmisión. Esta situación provoca que los servicios satelitales de banda ancha resulten imprácticos para determinadas aplicaciones. Por otro lado, se tiene que la instalación de esta tecnología pudiera forzar ciertos cambios en la configuración de una LAN, ya que cada nodo de red requiere una dirección IP fija no ruteada y todos los navegadores y clientes de correo deben de apuntar a esta dirección .

2.7.5 Wireless Local Loop (Punto inalámbrico fijo).

La tecnología WLL (Wireless Local Loop), también conocida como Punto Inalámbrico Fijo, es la opción para quien busca servicios inalámbricos de banda ancha. Esta tecnología es diferente a la tecnología inalámbrica móvil pues no emplea dispositivos personales que se "mueven" dentro y fuera de las áreas de cobertura. Actualmente cuenta con unos 200,000 suscriptores en Estados Unidos y se proyecta un crecimiento en el número de usuarios a 1.5 millones en el 2004. WLL no presenta mayores problemas en su infraestructura, pues no requiere del tendido de una línea, aunque el equipo que se necesita para su instalación tiene precios considerablemente altos. Esta tecnología se emplea principalmente en hogares y empresas a las que no es posible hacer llegar el cableado. El suscriptor cuenta con un pequeño receptor de radio y una antena direccional orientada a la microcelda más cercana, que puede localizarse hasta unos 8 Km. de distancia. El receptor cuenta finalmente con una conexión Ethernet dirigida a una LAN o a una sola computadora personal. Los sistemas WLL tienen la capacidad de poder proveer unidades de líneas sencillas y múltiples para uno o más estándares telefónicos.

CAPITULO 3

CAPITULO 3. Fibra óptica

A continuación presentaremos las características de la fibra óptica así como su funcionamiento, los tipos de fibras ópticas, sus métodos y tecnologías de conexión, pero primero daremos una pequeña introducción histórica de la fibra óptica.

3.1 Definición.

Hoy en día es notable la forma en que la fibra óptica ha ganado terreno en el área de las telecomunicaciones, esto debido a la capacidad de transmitir grandes cantidades de información con mínimas pérdidas o requerimientos de potencia.

Las fibras ópticas son guías de luz que tienen el grosor de un cabello humano, y poseen la capacidad de transmitir a grandes distancias, por su característica de mínima pérdida de potencia durante la transmisión de una señal. Transportan la información por medio de ondas luminosas y no mediante electricidad, lo que evita la interferencia de ruido eléctrico y degradación de la señal. La fibra óptica es un filamento de plástico o cristal de alta pureza constituido por dos cilindros concéntricos con índices de refracción distintos; siendo el índice de refracción la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en otro medio. Dicho índice de refracción es una propiedad característica de cada medio. Gracias a fenómenos ópticos, la fibra es capaz de transportar información empleando señales luminosas. Por lo general, las transmisiones se realizan con rayos infrarrojos aunque existen transmisores en el rango de la luz visible conocidos como LEDs.

La construcción de la fibra óptica es sencilla, consta de un núcleo rodeado por un material llamado revestimiento. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, lo cual permite que exista reflexión total interna. Cuando un haz luminoso dentro de un medio como agua o vidrio se aproxima a la superficie con un cierto ángulo, toda la luz se refleja hacia atrás dentro del medio. Este fenómeno se llama reflexión total interna. Si se logra insertar un haz luminoso dentro de una varilla de vidrio, y se hace que dicho haz incida en la superficie de la varilla con un ángulo adecuado, entonces no existirán rayos refractados y todo el haz de luz será reflejado hacia dentro; si se logra que dicho rayo incida nuevamente sobre la superficie de la sustancia con un ángulo mayor, entonces el mismo viajará dentro de la varilla hasta el extremo opuesto.

Las enormes ventajas de la fibra óptica en comparación con los cableados de cobre y las transmisiones satelitales la hacen ser, hoy en día, la mejor opción para realizar enlaces de larga distancia. En la actualidad, la mayor parte de las comunicaciones intercontinentales se realizan a través de cables ópticos submarinos que, depositados en el fondo de los océanos, tejen una verdadera red alrededor del planeta. De este modo, las fibras ópticas han sustituido completamente a los cables coaxiales que, a diferencia de las fibras, transportan electricidad por un alambre de cobre rígido como núcleo, rodeado por varias capas de materiales como lo son un dieléctrico, una malla metálica y, finalmente, un material plástico que sirve de protección. El material dieléctrico define, en gran medida, la velocidad de transmisión que un coaxial alcanza.

La tabla 2.5 muestra las características de velocidad de algunos dieléctricos en comparación con la velocidad de la luz, misma que es de 300 mil kilómetros por segundo.

Material dieléctrico	% Velocidad	Velocidad (Km./s)
Polietileno sólido	65.9%	197,700
Teflón sólido	69.4%	208,200
Polietileno espumoso	80%	240,000
Teflón espumoso	85%	255,000

Tabla 2.5 Velocidad de algunos materiales dieléctricos.

Para el usuario, un beneficio notorio del uso de las fibras ópticas en las comunicaciones telefónicas intercontinentales, fue la desaparición en 1988, del tiempo muerto de 0,4 segundos, debido a los enlaces vía satélite. Sin embargo, la real explotación de las fibras ópticas está todavía en camino. Aunque existen actualmente ciudades en el mundo, particularmente en Japón y Estados Unidos, donde la fibra óptica ya llega a los hogares, resulta difícil pensar que en un futuro cercano se lograrán tener conexiones de fibra óptica en el hogar como una práctica común, esto debido a la inmensa infraestructura de las redes de cobre actuales. La sustitución de las redes de cobre no se prevé a corto y de hecho ni a mediano plazo. No obstante, la espina dorsal de las telecomunicaciones ya está constituida casi en su totalidad por fibra óptica. Mientras no exista un despliegue importante de las redes ópticas en última milla, las opciones que tienen los usuarios por lo pronto para acceso de la red en banda ancha, se limitan al uso de líneas telefónicas con tecnologías como la línea

digital de suscriptor asimétrica (ADSL) y a través de la televisión por cable (TV cable). Una característica de la ADSL es el permitir el uso de la Internet a velocidades superiores a 128 kbps sin ocupar la línea telefónica.

Las investigaciones enfocadas a crear dispositivos ópticos con posibilidad de conformar una red 100% óptica continúan. La intención es aprovechar aún más las bondades de las fibras ópticas. Uno de los logros en cuanto a este tema, es el amplificador de fibra dopada con erbio que consiste en un diodo láser que trabaja a 1480 o 980 nm; por su parte, el material de la fibra se contamina con partículas de erbio, un elemento perteneciente a las tierras raras. El láser de bombeo excita los iones de erbio, obteniéndose la amplificación de la señal transmitida. Las fibras dopadas de erbio suelen ser de unos 1020 m, y pueden alcanzar ganancias de varias decenas de decibeles (dB) con una señal de bombeo de unos cuantos milivolts. Hasta la llegada de los amplificadores de fibra dopada con erbio, no existía un dispositivo capaz de amplificar señales ópticas. El proceso para amplificar las señales que viajaban por la fibra óptica, consistía en realizar la conversión óptica a eléctrica, es decir, que se debía extraer la señal luminosa de la fibra, convertir esa información a señal eléctrica, llevar a cabo el proceso de amplificación y volver a convertir la información en señal luminosa para nuevamente inyectarla en la fibra. Los regeneradores opto electrónicos tienen la desventaja de ser muy costosos, además de limitar el desempeño del sistema, ya que cada regenerador opera con un formato de modulación predeterminada y una sola longitud de onda.

Por su parte, los amplificadores de fibra dopada con erbio, agrandan la señal sin necesidad de realizar conversiones ópticas a eléctricas, lo cual hace posible que se amplifiquen de manera simultánea todas las señales con diferentes longitudes de onda que viajen en el

interior de la fibra. En la fibra dopada con erbio, el factor de amplificación es insensible a la polarización de la señal incidente (la polarización caracteriza la dirección en la que vibra el campo eléctrico asociado a la onda luminosa). Este es un hecho esencial, ya que el estado de polarización de las señales se modifica de forma aleatoria a medida que se propagan por la fibra. Además, el amplificador no deforma las señales, las amplifica idénticas. Esta propiedad subsiste en condiciones extremas de funcionamiento. Por ejemplo, con una potencia de entrada demasiado elevada, disminuye la ganancia pero la señal no se distorsiona, a diferencia del caso de los amplificadores electrónicos.

A estos beneficios (insensibilidad a la polarización y ausencia de distorsión), se añaden la compatibilidad con las fibras estándar (sin reflexiones parásitas), las escasas pérdidas en las conexiones, el ruido mínimo, la insensibilidad a la temperatura entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Según las aplicaciones, la zona de ganancia explotable alrededor de la longitud de onda de $1,5\text{ }\mu\text{m}$ se extiende de 100 a 3.000 GHz .

Para aumentar la cantidad de información transportada en las fibras ópticas, esto es, el aumento del caudal, se usan la técnica de multiplexado y de conmutación. El multiplexado consiste en transportar por un mismo medio físico, en este caso una fibra óptica, las señales destinadas a un gran número de usuarios. El demultiplexado es el proceso inverso, es decir, extraer de un medio físico a través del cual viajan varias señales, la señal destinada a un usuario en particular. La conmutación es una operación de direccionamiento a nivel de la red global, por lo que cada destinatario recibe al final de la línea, la información que se le envía. Una de las técnicas de multiplexado óptico actuales se conoce como WDM, que consiste en

enviar varias señales luminosas de diferentes longitudes de onda, simultáneamente, por la misma fibra. El multiplexado y demultiplexado en longitud de onda se efectúan por medio de componentes ópticos pasivos, de modo similar a la descomposición y la recomposición de los colores del arco iris por un prisma. Cuando se hace incidir luz en un prisma de cristal, éste descompone la luz y refleja los colores del arco iris, o sea, que el prisma separa los componentes de la luz de acuerdo con su longitud de onda en azul, amarillo, rojo, etc. El multiplexado en longitud de onda también abre perspectivas de direccionamiento óptico en las redes; de esta manera, las comunicaciones se podrán dirigir de una vez por todas en tal o cual dirección según su longitud de onda. Por ejemplo, en las redes con encrucijadas, algunos países recibirán las longitudes de onda cortas y otros las largas: un direccionamiento automático de gran sencillez. Todas las grandes redes por instalar, se basan en la técnica de WDM. La técnica de multiplexación densa en longitud de onda DWDM se basa en la existencia de ciertos rayos láser que disparan bandas múltiples de luz a través de una sola fibra óptica, cada banda de luz tiene su propio color (longitud de onda) diferente a las demás. Los primeros sistemas de este tipo dividían a la fibra en ocho colores; los sistemas comerciales actuales permiten aumentar la capacidad de la fibra en 16 y hasta 32 veces. Cada color diferente es capaz de completar o transportar hasta 120 mil llamadas; los sistemas más novedosos son capaces de enviar por una fibra hasta 128 colores, fabricantes como Lucent han realizado pruebas en sistemas y han llegado a producir hasta 1,022 colores, en pocas palabras, una sola línea de fibra óptica puede ahora transportar de 120 mil llamadas hasta el impresionante número de 12 millones. Los expertos confían en que este número puede llegar a los 100 millones en los próximos años.

La diferencia entre las redes de comunicaciones basadas en cobre y las redes diseñadas con cables de fibra óptica son enormes. Con un solo hilo de fibra óptica se podrá tener acceso a Internet hasta mil veces más rápido que con la línea telefónica actual, veremos una televisión de forma interactiva y dispondremos de novedosos servicios de telefonía básica, donde se nos permita un contestador de voz para cada miembro de la familia. Y es que el cable de fibra óptica representa una tecnología de avanzada que permite transmitir una cantidad de información prácticamente ilimitada, con un costo mínimo de operación, sin importar si ésta se envía a cortas o a largas distancias. Las ventajas de la fibra óptica con respecto al hilo de cobre que usan actualmente muchas empresas de telecomunicaciones en todo el mundo, no se limitan a la rapidez, sino que también ofrecen mejor calidad. Por ejemplo, si con el cobre se pueden transmitir 14 mil 400 conversaciones telefónicas a la vez, la fibra óptica permite, simultáneamente, hasta tres millones y medio de llamadas sin interferencias eléctricas ni de radio. Sin embargo, a pesar de estas múltiples ventajas, la penetración del cable de fibra óptica en última milla es todavía muy escasa, ya que hace falta desplegar una infraestructura que requiere tiempo e importantes inversiones, las cuales no se recuperarán rápidamente, lo que hace que muchas empresas del ramo, no se decidan a invertir en estos cambios tecnológicos.

Ahora bien, lo que está claro, es que conforme se logren avances respecto a procesadores, filtros y dispositivos de almacenamiento que operen bajo un esquema 100% óptico, las comunicaciones y los servicios que éstas proporcionan se verán revolucionados y la inversión en cuanto a la tecnología óptica será millonaria. La implementación de esta tecnología permitirá nuevas oportunidades de negocio: muchas empresas con poco capital

podrán desarrollar nuevos servicios que lleguen a millones de personas, todo esto gracias a los desarrollos en las tecnologías para la implementación de redes ópticas.

3.2 Características.

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción. Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

Una fibra óptica se puede definir como fibra o varilla de vidrio u otro material transparente con un índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada.

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia primera abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica.

1. NUCLEO - De sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas.

2. FUNDA ÓPTICA - Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.
3. REVESTIMIENTO O PROTECCIÓN - Por lo general esta fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento, el núcleo es la parte mas interna de la fibra y es la que guía la luz. Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras.

El revestimiento es la parte que protege y rodea al núcleo, el conjunto de núcleo y revestimiento esta a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento y otros riesgos del entorno. Este medio de comunicación utiliza la luz confinada en una fibra de vidrio para transmitir grandes cantidades de información en el orden de los gigabits por segundo. Debido a que el láser trabaja a frecuencias muy altas, entre el intervalo de la luz visible y la infrarroja, la fibra óptica es casi inmune a la interferencia y el ruido. Para transmitir los haces de luz se utiliza una fuente de luz -como un LED o un diodo láser- y en la parte receptora se emplea un fotodiodo o fototransistor para detectar la luz emitida. También será necesario colocar un conversor de luz (óptico) a señales eléctricas al final de cada extremo.

3.2.1 Características mecánicas.

La fibra óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa. Por otra parte la mayoría de los casos de las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar el núcleo. La investigación sobre componentes opto electrónicos y fibras ópticas han traído consigo un

sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y microcurvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las micro curvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

- a. **Tensión:** Cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.
- b. **Comprensión:** Es el esfuerzo transversal.
- c. **Impacto:** Se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.
- d. **Enrollamiento:** Existe siempre un limite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.
- e. **Torsión:** Es el esfuerzo lateral y de tracción.
- f. **Limitaciones Térmicas:** Estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir de vidrio o a partir de materiales sintéticos.

3.2.2 Ventajas de la fibra óptica.

- 1.- La fibra óptica hace posible navegar en Internet a 2 millones de bps.
- 2.- Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día sin congestiones.
- 3.- Video y sonido en tiempo real.
- 4.- Es inmune al ruido y las interferencias.
- 5.- Las fibras no pierden luz por lo que la transmisión es segura y no puede ser perturbada.
- 6.- La materia prima para fabricarla es abundante.
- 7.- Compatibilidad con la tecnología digital.

- 8.- Presenta dimensiones mas reducidas que los medios ya existentes.
- 9.- Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que son convenientes para trabajar en ambientes explosivos y no dan sacudidas ni otros peligroso.
- 10.- El peso de las fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos.

3.3 Funcionamiento.

El canal de fibra óptica no permite que los rayos de luz deseados escapen de su interior. Es capaz de manejar transmisión de esos rayos de luz en dos sentidos de tal forma que uno puede (pero no necesariamente) mirar por un extremo y ver lo que está pasando en el otro extremo. Con estos rayos de luz existe la posibilidad de transmitir sonido, quizás también imágenes, estos sistemas de transmisión de fibra óptica abren un concepto completamente nuevo en sistemas de comunicaciones. Además, poseen ventajas únicas en cuanto a eliminación de ruidos e interferencias.

Esta es la esencia de la fibra óptica. La canalización de rayos de luz a través de "caminos de fibra ópticas" y la generación de frecuencias de luz apropiadas y de una forma también apropiada para permitir fácilmente el paso, cualquiera que sea el tipo de sustancia que se emplee para el canal. Esto implica que distintos tipos de sustancias (los cuales caen dentro de la categoría "óptica" o "de vidrio") poseen diferentes características que hacen la conductividad de ciertas frecuencias de luz más sencillas que de otras. En un concepto elemental, significa simplemente que algunos tipos de fibras ópticas conducen determinadas frecuencias de luz mejor que otras frecuencias. Se debe generar la frecuencia de luz apropiada que pase a través de un tipo de fibra dada. El funcionamiento de la fibra óptica tomándolo desde un punto de vista mas científico viene de lo que respecta a la rama de la

física conocida como óptica, ya que lo que respecta a la transmisión de un haz de luz por un medio se tienen que tomar en cuenta varios fenómenos como lo son la refracción y la reflexión que es lo que hace principalmente funcionar con tal eficacia a la fibra óptica.

Veremos todos estos aspectos así como sus principales leyes.

3.3.1 Reflexiones y refracciones de la luz.

Si un rayo de luz viaja de un medio a otro, se curvará en el caso en que los dos materiales posean diferentes propiedades de conductividad de rayos luminosos. Un ejemplo típico es como un humano observando a un pez en el agua, le ve en un punto donde realmente no está situado. El motivo por el que se curvan los rayos de luz es debido a que nuestra visión se basa en los rayos que penetran en nuestros ojos, y los rayos que forman el pez son rayos de luz reflejados, que salen del pez (y del agua) y entran en otro medio con distinta conductividad.

Es importante considerar ahora la trayectoria que describe el rayo a medida que se aproxima a la superficie de un medio diferente. El ángulo, medido desde una perpendicular a esa superficie, se denomina ángulo de incidencia del rayo sobre esa superficie. También podría existir un ángulo crítico de incidencia de forma que excederlo puede dar lugar a una situación de no reflexión (propagación). En la transmisión de ondas de radio cuando las ondas que no son reflejadas "golpean" la capa de Heaviside unas son reflejadas y otras no. Las que no son reflejadas "golpean" la capa con un ángulo mayor que el crítico para la reflexión y de esta forma atraviesan la capa de lado pesado a lo largo de una línea refractada.

3.3.2 Las leyes de la reflexión y la refracción.

A. Los rayos reflejados y refractados están situados en un plano que contiene el rayo incidente y la perpendicular (normal) a la superficie del material de reflexión o refracción, siendo el ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión. B. La ecuación: seno del ángulo de incidencia = n_2 / n_1 seno del ángulo de refracción. Donde n_2/n_1 es un número llamado índice de refracción (valor constante) del segundo medio con respecto al primero a través de los que pasa el rayo.

3.3.3 Ley de Snell.

Willebrod Snell fue la persona que descubrió la ley relacionada con estos fenómenos en el año 1621. Lo que él propuso es una ecuación que ha permanecido vigente durante varios cientos de años, que es importante para nuestro concepto de cómo viajan los rayos de luz a lo largo de nuestro "tubo luminoso". La expresión comúnmente utilizada de esta ley es: Ley de Snell = $n_1 \sin(\theta) = n_2 \sin(\phi)$ lo cual dice simplemente que la relación de los índices de refracción es igual a la relación de los senos del ángulo de incidencia y el ángulo de refracción. Un rayo de luz que viaja a través de la cubierta y que penetra en el material del núcleo de la fibra, se curva un ángulo menor que el de incidencia. O por decirlo de otra manera, el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo de refracción.

Como vemos el principio de funcionalidad de la fibra óptica se basa en estas leyes ya que lo que es el ángulo de incidencia así como el ángulo de refracción dentro del núcleo de vidrio es lo que logra que un haz de luz pueda recorrer una distancia considerable sin una atenuación importante en la señal. Una de las consideraciones más importantes en el funcionamiento de fibras ópticas y rayos de luz para transmisión de datos y comunicaciones es el hecho de que los rayos luminosos son prácticamente inmunes a las interferencias eléctricas cuando se

envían sobre un camino de transmisión de fibra óptica. Las radiaciones electromagnéticas, como descargas eléctricas, rayos y efectos de diafonía que actúan como fuentes de interferencias, son prácticamente eliminados en un sistema de transmisión por fibra óptica.

Debemos tener presente el significado del uso de la luz y de las frecuencias luminosas en las comunicaciones. Si consideramos el hecho de que para la transmisión de información es necesaria una pequeña banda de frecuencias (quizás del orden de los kilohertzios), pensemos entonces en la cantidad de bandas que puede contener la región luminosa del espectro de frecuencias sin que se interfieran unas con otras. Además, como las bandas pueden hacerse más anchas, es posible transmitir información a velocidades mucho mayores. Podrían llegar a usarse velocidades del orden de los gigahertzios e incluso superiores y aún así nos quedaría una anchura de banda suficiente para poder manejar un gran número de canales simultáneamente. En los sistemas de fibra óptica pueden enviarse datos digitales y analógicos de manera conjunta sin ningún tipo de problemas. Esto significa que los costes son menores que con los cables de cobre, hay también menor diafonía e interferencias, una menor cantidad de cables significa que casi inevitablemente, más tarde o más temprano todos los canales de comunicaciones telefónicas utilizarán este medio para la transmisión de datos, teléfono, telégrafo y señales de video. Si queremos enviar información a través de fibras ópticas que sean de un tipo determinado y construidas de forma que los rayos de luz viajen por su interior, en primer lugar debemos tener fibras de una pureza y composición necesarias para que esta luz pase fácilmente y sin mucha atenuación. En segundo lugar, precisamos alguna clase de fuente de luz que emita un haz brillante y muy direccional, de manera que podamos introducirlo en la fibra óptica con la mayor eficiencia posible. Las fibras tienen un diámetro muy pequeño (una fracción de milímetro) y que deben poseer una composición tal que las pérdidas de luz sean menores de 20dB/km. Con el canal

disponible dentro de la resistencia y del estado de pureza requeridos y con los LEDs y los lasers de estado sólido como fuentes luminosas. Los diodos tipo PIN y APD poseen la eficiencia de conversión de luz a electricidad necesaria, son de pequeño tamaño y además tienen un tiempo de recuperación lo bastante rápido.

Se ha descubierto por medio del análisis matemático y también a través de experimentos que en varios materiales existen las llamadas "ventanas ópticas". Esto significa que a unas determinadas frecuencias, las ondas pasaran a través de esos materiales más fácilmente que a otras frecuencias (luminosas). Parece ser que en el caso de las fibras ópticas, si tenemos frecuencias por encima de unas 1,28 micras (o en la región infrarroja), los efectos de dispersión y de las pérdidas de material debidas a la propagación de las ondas tienden a cancelarse unas con otras y crear "ventanas" (significando una transmisión a esas frecuencias realmente buena pues se han reducido las pérdidas en la fibra). Algunos experimentos tienden a demostrar que trabajando en frecuencias aún mayores que las infrarrojas, se puede llegar a conseguir unas características de transmisión, incluso sobre distancias superiores que las que hasta ahora se habían alcanzado. Lo que nosotros deseamos es la "ventana" apropiada para que los rayos de luz puedan ser enviados a nuestros dispositivos entrada/salida y obtener las mejores características de computación, control y comunicación. Esto quiere decir que los dispositivos de salida deben ajustarse a la fibra óptica para la transmisión de las frecuencias de la luz apropiadas con la intensidad correcta, así como con el ángulo de entrada y la polarización adecuadas.

El dispositivo de entrada debe ser diseñado de forma que acepte eficientemente esa polarización para asegurar un sistema lo más fiable, eficiente y de coste eficaz.

La funciónabilidad de la fibra óptica es muy adecuada para nuestras transmisiones a larga distancia, además de contar con una muy pequeña atenuación a distancias considerables también tenemos la fiabilidad así como la privacidad, ya que es de manera casi imposible poder interceptar información enviada por este medio ya que con la mas mínima ruptura del cable de fibra óptica este es imposible de reparar aparte no se podría usar ningún adaptador ya que como el haz de luz viaja en dicho núcleo reflejándose y refractándose en el núcleo al momento de ocurrir esta ruptura la información contenida es nula o se pierde.

3.4 Tipos de fibra óptica

Básicamente, existen dos tipos de fibra óptica: múltimodo y monomodo. La fibra óptica múltimodo es adecuada para distancias cortas, como por ejemplo redes LAN o sistemas de videovigilancia, mientras que la fibra óptica monomodo está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia.

3.4.1 Fibra óptica múltimodo.

Este tipo de fibra fue el primero en fabricarse y comercializarse. Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de forma simultánea, ya que este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada. El mayor diámetro del núcleo facilita el acoplamiento de la fibra, pero su principal inconveniente es que tiene un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos de estas fibras son 50/125 y 62,5/125 μm .

Existen dos tipos de fibra óptica múltimodo: de salto de índice(Figura 3.1) o de índice gradual(Figura 3.2). En el primer caso, existe una discontinuidad de índices de refracción

entre el núcleo ($n_1 = \text{cte}$) y la cubierta o revestimiento de la fibra ($n_2 = \text{cte}$). Por el contrario, en el segundo caso la variación del índice es gradual. Esto permite que en las fibras multimodo de índice gradual los rayos de luz viajen a distinta velocidad, de tal modo que aquellos que recorran mayor distancia se propaguen más rápido, reduciéndose la dispersión temporal a la salida de la fibra.

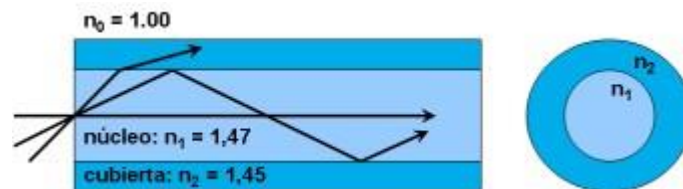


Figura 3.1 Fibra óptica multimodo de salto de índice.

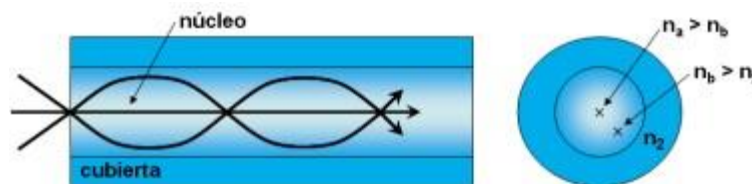


Figura 3.2 Fibra óptica multimodo de índice gradual.

3.4.2 Fibra óptica monomodo.

Las fibras ópticas monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho menor, lo que permite que se transmita un único modo y se evite la dispersión multimodal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos para estas fibras son de $9/125 \mu\text{m}$. Al igual que las fibras multimodo, las primeras fibras monomodo eran de salto de índice, si bien en la actualidad existen diseños bastante más complejos del perfil de índice de refracción que permiten configurar múltiples propiedades de la fibra. Las fibras monomodo también se caracterizan por una menor

atenuación que las fibras múltimodo, aunque como desventaja resulta más complicado el acoplamiento de la luz y las tolerancias de los conectores y empalmes son más estrictas. A diferencia de las fibras múltimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit, las cuales vienen limitadas principalmente por la dispersión cromática y los efectos no lineales(Figura 3.3).

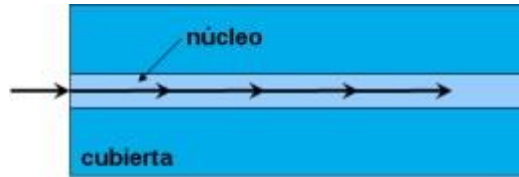


Figura 3.3 Fibra óptica monomodo.

3.4.3 Fibra óptica monomodo estándar (SSMF).

Esta fibra se caracteriza por una atenuación en torno a los 0,2 dB/Km. y una dispersión cromática de unos 16 ps/Km.-nm en tercera ventana (1550 nm). La longitud de onda de dispersión nula se sitúa en torno a los 1310 nm (segunda ventana) donde su atenuación aumenta ligeramente. Está normalizada en la recomendación ITU G.652 y existen millones de Km. de este tipo de fibra instalados en redes ópticas de todo el mundo, que se benefician de sus bajas pérdidas a 1550 nm y de la utilización de los amplificadores ópticos de fibra dopada con erbio (EDFA). Algunos ejemplos de este tipo de fibra serían: SMF-28 (Corning) y AllWave (Lucent). En el segundo caso, además, la fibra se caracteriza por eliminar el pico de absorción de OH, por lo que dispone de una mayor anchura espectral para la transmisión en sistemas multicanal CWDM.

3.4.4 Fibra óptica de dispersión desplazada (DSF).

Mediante la modificación geométrica del perfil de índice de refracción, se puede conseguir desplazar la longitud de onda de dispersión nula a tercera ventana, surgiendo de este modo las fibras de dispersión desplazada. Sus pérdidas son ligeramente superiores (0,25 dB/Km. a 1550 nm), pero su principal inconveniente proviene de los efectos no lineales, ya que su área efectiva es bastante más pequeña que en el caso de la fibra monomodo estándar.

Luego este tipo de fibras no son en principio adecuadas para sistemas DWDM, ya que el fenómeno no lineal de mezclado de cuatro ondas (FWM) produce degradaciones significativas. Este tipo de fibras se describe en la recomendación ITU G.653.

3.4.5 Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (NZDSF).

Para resolver los problemas de no linealidades de la fibra de dispersión desplazada surgieron este tipo de fibras, que se caracterizan por valores de dispersión cromática reducidos pero no nulos. En el mercado se pueden encontrar fibras con valores de dispersión tanto positivos (NZDSF+) como negativos (NZDSF-), con el fin de ser utilizadas en sistemas de gestión de dispersión. En la recomendación ITU G.655 se puede encontrar información sobre este tipo de fibras. Algunos ejemplos de este tipo de fibras serían: LEAF (Corning), True-Wave (Lucent) y Teralight (Alcatel).

3.4.6 Fibra óptica compensadora de dispersión (DCF).

Este tipo de fibra se caracteriza por un valor de dispersión cromática elevado y de signo contrario al de la fibra estándar. Se utiliza en sistemas de compensación de dispersión, colocando un pequeño tramo de DCF para compensar la dispersión cromática acumulada en

el enlace óptico. Como datos negativos, tiene una mayor atenuación que la fibra estándar (0,5 dB/km aprox.) y una menor área efectiva.

3.4.7 Fibra óptica mantenedora de polarización (PMF).

Es otro tipo de fibra monomodo que se diseña para permitir la propagación de una única polarización de la señal óptica de entrada. Se utiliza en el caso de dispositivos sensibles a la polarización, como por ejemplo moduladores externos de tipo Mach-Zehnder. Su principio de funcionamiento se basa en introducir deformaciones geométricas en el núcleo de la fibra durante el proceso de fabricación para conseguir un comportamiento birrefringente.

3.4.8 Fibra óptica de plástico (POF).

Las fibras ópticas de plástico constituyen una solución de bajo coste para realizar conexiones ópticas en distancias cortas, como por ejemplo en el interior de dispositivos, automóviles, redes en el hogar, etc. Se caracterizan por unas pérdidas de 0,15-0,2 dB/m a 650 nm (se suele emplear como transmisor un LED rojo) y por un ancho de banda reducido como consecuencia de su gran apertura numérica (diámetros del núcleo del orden de 1 mm), pero por otra parte ofrecen como ventajas un manejo e instalación sencillos y una mayor robustez. Como ejemplo, las pérdidas que se producen son muy bajas con radios de curvatura de hasta 25 mm, lo que facilita su instalación en paredes y lugares estrechos. Además, avances recientes están propiciando mayores anchos de banda y distancias.

3.4.9 Fibra óptica de cristal fotónico.

Recientemente han surgido un nuevo tipo de fibras de sílice caracterizadas por una microestructura de agujeros de aire que se extiende a lo largo de la misma. Su inusual

mecanismo de guiado, basado en el denominado guiado intrabanda, hace que presenten toda una serie de propiedades únicas que las diferencian de las fibras ordinarias.

Entre estas propiedades, destaca la posibilidad de construirlas con núcleos de tamaño muy pequeño para acrecentar los efectos no lineales, así como con bandas de propagación monomodo muy extensas. Además, la dispersión cromática de estas fibras puede ajustarse mediante el diseño adecuado de su geometría, o sea de su microestructura, pudiendo obtenerse valores inalcanzables con la tecnología de fibra óptica convencional.

3.5 Tecnología MPLS.

El crecimiento imparable de la Internet, así como la demanda sostenida de nuevos y más sofisticados servicios, supone cambios tecnológicos fundamentales respecto a las prácticas habituales desarrolladas a mitad de los años 90. Nuevas tecnologías de transmisión sobre fibra óptica, tales como DWDM, proporcionan una eficaz alternativa al ATM para multiplexar múltiples servicios sobre circuitos individuales. Además, los tradicionales conmutadores ATM están siendo desplazados por una nueva generación de routers con funciones especializadas en el transporte de paquetes en el núcleo de las redes. Esta situación se complementa con una nueva arquitectura de red de reciente aparición, conocida como Multiprotocolo de switcheo de etiquetas (MPLS). MPLS se considera fundamental en la construcción de los nuevos cimientos para la Internet del próximo siglo. Esta presentación describe las características de MPLS, así como las nuevas posibilidades que abre en la prestación de servicios en un entorno superior de garantías respecto a lo que conocemos hasta ahora.

En la primera parte de la ponencia se analiza la evolución del ruteo en la Internet desde mitad de los 90 y las motivaciones que han llevado a la adopción del estándar MPLS. Se aprovecha esta introducción para avanzar un aspecto fundamental del MPLS, que consiste

en la clara separación entre las funciones de routeo (es decir el control de la información sobre la topología y tráfico en la red), de las funciones de forwarding (es decir el envío en sí de datos entre elementos de la red).

La segunda parte de la ponencia se centra en la descripción funcional del MPLS, de los principales componentes que intervienen en esta arquitectura y de la actuación conjunta de los mismos.

A continuación se pasa a discutir las ventajas de MPLS para el soporte de procedimientos de encaminamiento y envío de paquetes en *backbones* IP, y la posibilidad de proporcionar nuevas aplicaciones y servicios, en redes IP y en la Internet en general. En concreto, se presenta la utilidad del MPLS para el soporte de aplicaciones de: ingeniería de tráfico, de diferenciación de servicios en distintas clases (CoS) y de establecimiento de redes privadas virtuales (VPNs) sobre una topología "inteligente", muy superior en prestaciones a las soluciones tradicionales de túneles y circuitos virtuales.

Uno de los factores de éxito de la Internet actual está en la aceptación de los protocolos TCP/IP como estándar de facto para todo tipo de servicios y aplicaciones. La Internet ha desplazado a las tradicionales redes de datos y ha llegado a ser el modelo de red pública del siglo XXI. Pero si bien es cierto que la Internet puede llegar a consolidarse como el modelo de red pública de datos a gran escala, también lo es que no llega a satisfacer ahora todos los requisitos de los usuarios, principalmente los de aquellos de entornos corporativos, que necesitan la red para el soporte de aplicaciones críticas. Una carencia fundamental de la Internet es la imposibilidad de seleccionar diferentes niveles de servicio para los distintos tipos de aplicaciones de usuario. La Internet se valora más por el servicio de acceso y distribución de contenidos que por el servicio de transporte de datos, conocido como de

"*mejor-esfuerzo*". Si el modelo Internet ha de consolidarse como la red de datos del próximo milenio, se necesita introducir cambios tecnológicos fundamentales, que permitan ir más allá del nivel *mejor-ofrecedor* y puedan proporcionar una respuesta más determinística y menos aleatoria.

Junto a los últimos avances tecnológicos en transmisión por fibra óptica (principalmente DWDM), que lleva a conseguir anchos de banda de magnitudes muy superiores, y en tecnología de integración de circuitos ASIC (*Circuitos integrados de aplicación específica*), que permite aumentar enormemente la velocidad de proceso de información en la red, hemos de considerar la arquitectura MPLS, sustrato para la inclusión en la red de nuevas aplicaciones y para poder ofrecer diferentes niveles de servicio, en un entorno de mayor fiabilidad y con las necesarias garantías.

MPLS es un estándar emergente del IETF que surgió para consensuar diferentes soluciones de conmutación multinivel, propuestas por distintos fabricantes a mitad de los 90. Como concepto, MPLS es a veces un tanto difícil de explicar. Como protocolo es bastante sencillo, pero las implicaciones que supone su implementación real son enormemente complejas. Según el énfasis (o interés) que se ponga a la hora de explicar sus características y utilidad, MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM. También como un protocolo para hacer túneles (sustituyendo a las técnicas habituales de "*tunelización*"). O bien, como una técnica para acelerar el encaminamiento de paquetes incluso, ¿para eliminar por completo el *routeo*? En realidad, MPLS hace un poco de todo eso, ya que integra sin discontinuidades los niveles 2 (transporte) y 3 (red), combinando eficazmente las funciones de control del *routeo* con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2.

Pero, ante todo y sobre todo, debemos considerar MPLS como el avance más reciente en la evolución de las tecnologías de *routeo* y *forwarding* en las redes IP, lo que implica una evolución en la manera de construir y gestionar estas redes, las redes IP que queremos ver en el próximo milenio. Los problemas que presentan las soluciones actuales de IP sobre ATM, tales como la expansión sobre una topología virtual superpuesta, así como la complejidad de gestión de dos redes separadas y tecnológicamente diferentes, quedan resueltos con MPLS. Al combinar en uno solo lo mejor de cada nivel (la inteligencia del *routeo* con la rapidez del *switching*), MPLS ofrece nuevas posibilidades en la gestión de *backbones*, así como en la provisión de nuevos servicios de valor añadido. Para poder entender mejor las ventajas de la solución MPLS, vale la pena revisar antes los esfuerzos anteriores de integración de los niveles 2 y 3 que han llevado finalmente a la adopción del estándar MPLS.

A mediados de los 90 IP fue ganando terreno como protocolo de red a otras arquitecturas en uso (SNA, IPX, AppleTalk, OSI...). Por otro lado, hay que recordar que los *backbones* IP que los proveedores de servicio de red (NSP) habían empezado a desplegar en esos años estaban contruidos a base de *routers* conectados por líneas dedicadas T1/E1 y T3/E3. El crecimiento explosivo de la Internet había generado un déficit de ancho de banda en aquel esquema de enlaces individuales. Los respuesta de los NSPs fue el incremento del número de enlaces y de la capacidad de los mismos. Del mismo modo, los NSPs se plantearon la necesidad de aprovechar mejor los recursos de red existentes, sobre todo la utilización eficaz del ancho de banda de todos los enlaces. Con los protocolos habituales de encaminamiento (basados en métricas del menor número de saltos), ese aprovechamiento del ancho de banda global no resultaba efectivo. Había que idear otras alternativas de ingeniería de tráfico.

Como consecuencia, se impulsaron los esfuerzos para poder aumentar el rendimiento de los *routers* tradicionales. Estos esfuerzos trataban de combinar, de diversas maneras, la eficacia y la rentabilidad de los conmutadores ATM con las capacidades de control de los routers IP. A favor de integrar los niveles 2 y 3 estaba el hecho de las infraestructuras de redes ATM que estaban desplegando los operadores de telecomunicación. Estas redes ofrecían entonces (1995-97) una buena solución a los problemas de crecimiento de los NSPs. Por un lado, proporcionaba mayores velocidades (155 Mbps) y, por otro, las características de respuesta determinísticas de los circuitos virtuales ATM posibilitaban la implementación de soluciones de ingeniería de tráfico. El modelo de red "IP sobre ATM" (IP/ATM) pronto ganó adeptos entre la comunidad de NSPs, a la vez que facilitó la entrada de los operadores telefónicos en la provisión de servicios IP y de conexión a la Internet al por mayor.

El funcionamiento IP/ATM supone la superposición de una topología virtual de routers IP sobre una topología real de conmutadores ATM. El *backbone* ATM se presenta como una nube central (el núcleo) rodeada por los routers de la periferia. Cada router comunica con el resto mediante los circuitos virtuales permanentes (PVCs) que se establecen sobre la topología física de la red ATM. Los PVCs actúan como circuitos lógicos y proporcionan la conectividad necesaria entre los routers de la periferia.

Estos, sin embargo, desconocen la topología real de la infraestructura ATM que sustenta los PVCs. Los routers ven los PVCs como enlaces punto a punto entre cada par. En la figura 3.4 se representa un ejemplo en el que se puede comparar la diferencia entre la topología física de una red ATM con la de la topología lógica IP superpuesta sobre la anterior.

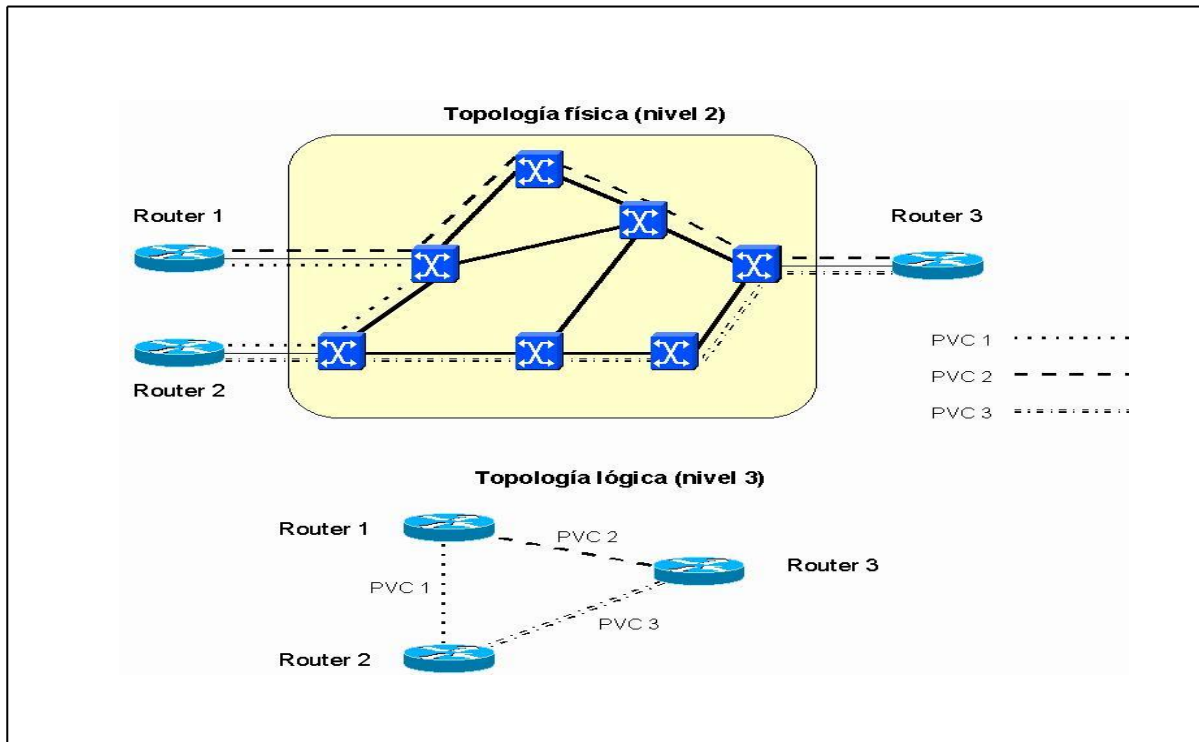


Figura 3.4 Topología física ATM y topología lógica IP superpuesta.

La base del modelo IP/ATM está en la funcionalidad proporcionada por el nivel ATM, es decir, los controles de software (señalización y *routeo*) y el envío de las celdas por hardware (conmutación).

En realidad, los PVCs se establecen a base de intercambiar etiquetas en cada conmutador de la red, de modo que la asociación de etiquetas entre todos los elementos ATM determina los correspondientes PVCs. (Más adelante se verá que el intercambio de etiquetas es uno de los componentes fundamentales en la arquitectura MPLS). Las etiquetas tienen solamente significado local en los conmutadores y son la base de la rapidez en la conmutación de celdas.

La potencia de esta solución de topologías superpuestas está en la infraestructura ATM del *backbone*; el papel de los routers IP queda relegado a la periferia, que, a mitad de los 90, tenían una calidad cuestionable, al estar basados en funcionamiento por software.

En la figura 3.5 se representa el modelo IP/ATM con la separación de funciones entre los que es routeo IP en el nivel 3 (control y envío de paquetes) y lo que es conmutación en el nivel 2 (control/señalización y envío de celdas). Aunque se trata de una misma infraestructura física, en realidad existen dos redes separadas, con diferentes tecnologías, con diferente funcionamiento y, lo que quizás es más sorprendente, concebidas para dos finalidades totalmente distintas.

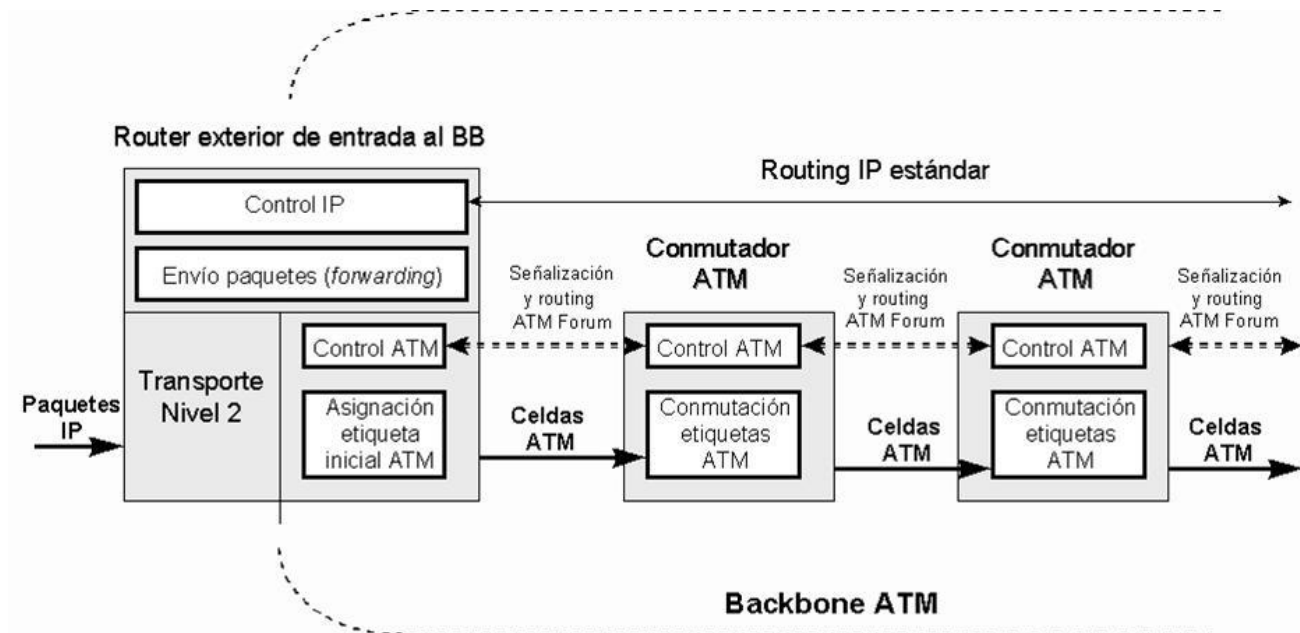


Figura 3.5 Modelo funcional IP sobre ATM.

La solución de superponer IP sobre ATM permite aprovechar la infraestructura ATM existente. Las ventajas inmediatas son el ancho de banda disponible a precios competitivos y la rapidez de transporte de datos que proporcionan los conmutadores. En los casos de NSPs de primer nivel (la mayor parte telcos), ellos poseen y operan el backbone ATM al servicio de sus redes IP. Los caminos físicos de los PVCs se calculan a partir de la necesidades del tráfico IP, utilizando la clase de servicio ATM, ya que en este caso el ATM se utiliza

solamente como infraestructura de transporte de alta velocidad (no hay necesidad de apoyarse en los mecanismos inherentes del ATM para control de la congestión y clases de servicio). La ingeniería de tráfico se hace a base de proporcionar a los *routers* los PVCs necesarios, con una topología lógica entre *routers* totalmente mallada. El "punto de encuentro" entre la red IP y la ATM está en el acoplamiento de los subinterfaces en los *routers* con los PVCs, a través de los cuales se intercambian los *routers* la información de encaminamiento correspondiente al protocolo interno IGP. Lo habitual es que, entre cada par de *routers*, haya un PVC principal y otro de respaldo, que entra automáticamente en funcionamiento cuando falla el principal.

Sin embargo, el modelo IP/ATM tiene también sus inconvenientes: hay que gestionar dos redes diferentes, una infraestructura ATM y una red lógica IP superpuesta, lo que supone a los proveedores de servicio unos mayores costes de gestión global de sus redes.

Existe, además, lo que se llama la "tasa impuesta por la celda", un *sobre encabezado* aproximado del 20% que causa el transporte de datagramas IP sobre las celdas ATM y que reduce en ese mismo porcentaje el ancho de banda disponible. Por otro lado, la solución IP/ATM presenta los típicos problemas de crecimiento exponencial $n \times (n-1)$ al aumentar el número de nodos IP sobre una topología completamente mallada. Piénsese, p. ej., en una red con 5 *routers* externos con una topología virtual totalmente mallada sobre una red ATM.

Son necesarios $5 \times 4 = 20$ PVCs (uno en cada sentido de transmisión). Si se añade un sexto *router* se necesitan 10 PVCs más para mantener la misma estructura ($6 \times 5 = 30$). Una pega adicional del crecimiento exponencial de rutas es el mayor esfuerzo que tiene que hacer el correspondiente protocolo IGP.

Como conclusión, podemos decir que el modelo IP/ATM, si bien presenta ventajas evidentes en la integración de los niveles 2 y 3, lo hace de modo discontinuo, a base de mantener dos redes separadas. El MPLS, tal como se verá en las secciones siguientes, logra esa integración de niveles sin discontinuidades.

3.5.1 La convergencia hacia IP: conmutación IP.

La convergencia continuada hacia IP de todas las aplicaciones existentes, junto a los problemas de rendimiento derivados de la solución IP/ATM, llevaron posteriormente (1997-98) a que varios fabricantes desarrollasen técnicas para realizar la integración de niveles de forma efectiva, sin las discontinuidades señaladas anteriormente.

Esas técnicas se conocieron como "conmutación IP" o "conmutación multinivel"). Una serie de tecnologías privadas —entre las que merecen citarse: *conmutación IP* de Ipsilon Networks, *conmutación TAG* de Cisco, (*ARIS*) de IBM, *navegador IP* de Cascade/Ascend/Lucent y (*CSR*) de Toshiba— condujeron finalmente a la adopción del actual estándar MPLS del IETF.

El problema que presentaban tales soluciones era la falta de interoperatividad, ya que usaban diferentes tecnologías privadas para combinar la conmutación de nivel 2 con el encaminamiento IP (nivel 3). Se resume a continuación los fundamentos de esas soluciones integradoras, ya que permitirá luego comprender mejor la esencia de la solución MPLS.

Todas las soluciones de conmutación multinivel (incluido MPLS) se basan en dos componentes básicos comunes:

- La separación entre las funciones de control (*routing*) y de envío (*forwarding*).
- El paradigma de intercambio de etiquetas para el envío de datos.

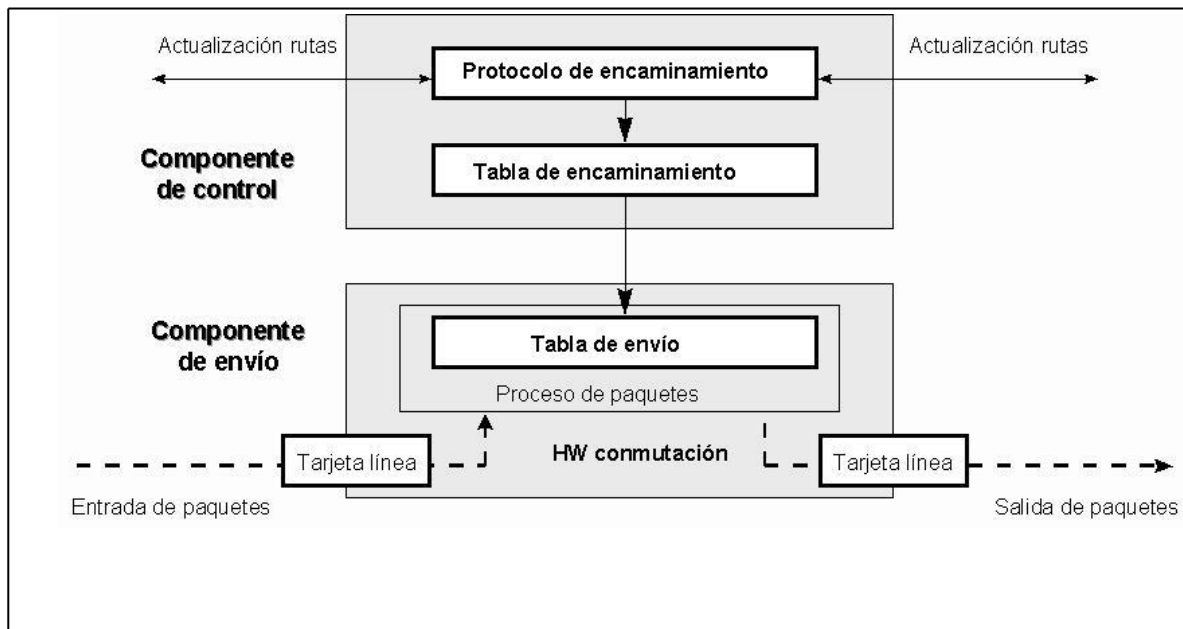


Figura 3.6 Separación funcional de encaminamiento y envío.

En la figura 3.6 se representa la separación funcional de esas dos componentes, una de control y la otra de envío. La componente de control utiliza los protocolos estándar de encaminamiento (OSPF, IS-IS y BGP-4) para el intercambio de información con los otros *routers* para la construcción y el mantenimiento de las tablas de encaminamiento. Al llegar los paquetes, la componente de envío busca en la tabla de envío, que mantiene la componente de control, para tomar la decisión de encaminamiento para cada paquete. En concreto, la componente de envío examina la información de la cabecera del paquete, busca en la tabla de envío la entrada correspondiente y dirige el paquete desde el interfaz de entrada al de salida a través del correspondiente hardware de conmutación.

Al separar la componente de control (encaminamiento) de la componente de envío, cada una de ellas se puede implementar y modificar independientemente. El único requisito es que la componente de encaminamiento mantenga la comunicación con la de envío mediante la tabla de envío de paquetes y actualice la información. El mecanismo de envío se implementa

mediante el intercambio de etiquetas, similar a lo visto para ATM. La diferencia está en que ahora lo que se envía por el interfaz físico de salida son paquetes "etiquetados". De este modo, se está integrando realmente en el mismo sistema las funciones de conmutación y de encaminamiento.

En cuanto a la etiqueta que marca cada paquete, decir que es un campo de unos pocos bits, de longitud fija, que se añade a la cabecera del mismo y que identifica una "clase equivalente de envío" (FEC). Una FEC es un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo camino a través de una red, aun cuando sus destinos finales sean diferentes. Por ejemplo, en el encaminamiento convencional IP por prefijos de red una FEC serían todos los paquetes unicast cuyas direcciones de destino tengan el mismo prefijo. Realmente, una etiqueta es similar a un identificador de conexión (como el VPI/VCI de ATM o el DLCI de Frame Relay). Tiene solamente significado local y, por consiguiente, no modifica la información de la cabecera de los paquetes; tan sólo los encapsula, asignando el tráfico a los correspondientes FEC. El algoritmo de intercambio de etiquetas permite así la creación de "caminos virtuales" conocidos como LSP, funcionalmente equivalentes a los PVCs de ATM y Frame Relay. En el fondo, lo que hace es imponer una conectividad entre extremos a una red no conectiva por naturaleza, como son las redes IP, pero todo ello sin perder la visibilidad del nivel de red (de aquí los nombres de conmutación IP o conmutación multinivel). Esta es la diferencia básica con el modelo IP/ATM. Al hablar de MPLS con más detalle se entenderán mejor estas peculiaridades.

3.5.2 La convergencia real: MPLS.

Ya se dijo anteriormente que el problema principal que presentaban las diversas soluciones de conmutación multinivel era la falta de interoperatividad entre productos privados de

diferentes fabricantes. Además de ello, la mayoría de esas soluciones necesitaban ATM como transporte, pues no podían operar sobre infraestructuras de transmisión mixtas (Frame Relay, PPP, SONET/SDH y LANs). Se quería obtener un estándar que pudiera funcionar sobre cualquier tecnología de transporte de datos en el nivel de enlace. De aquí que el Grupo de Trabajo de MPLS que se estableció en el IETF en 1977 se propuso como objetivo la adopción de un estándar unificado e ínter operativo. Durante el tiempo en que se ha desarrollado el estándar, se han extendido algunas ideas falsas o inexactas sobre el alcance y objetivos de MPLS. Hay quien piensa que MPLS se ha desarrollado para ofrecer un estándar a los vendedores que les permitiese evolucionar los conmutadores ATM a *routers* de *backbone* de altas prestaciones. Aunque esta puede haber sido la finalidad original de los desarrollos de conmutación multinivel, los recientes avances en tecnologías de silicio ASIC permiten a los *routers* funcionar con una rapidez similar para la consulta de tablas a las de los conmutadores ATM. Si bien es cierto que MPLS mejora notablemente el rendimiento del mecanismo de envío de paquetes, éste no era el principal objetivo del grupo del IETF. Los objetivos establecidos por ese grupo en la elaboración del estándar eran:

- MPLS debía funcionar sobre cualquier tecnología de transporte, no sólo ATM.
- MPLS debía soportar el envío de paquetes tanto unicast como multicast.
- MPLS debía ser compatible con el Modelo de Servicios Integrados del IETF, incluyendo el protocolo RSVP.
- MPLS debía permitir el crecimiento constante de la Internet.
- MPLS debía ser compatible con los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de las actuales redes IP.

También ha habido quien pensó que el MPLS perseguía eliminar totalmente el encaminamiento convencional por prefijos de red. Esta es otra idea falsa y nunca se planteó como objetivo del grupo, ya que el encaminamiento tradicional de nivel 3 siempre sería un requisito en la Internet por los siguientes motivos:

- El filtrado de paquetes en los cortafuegos de acceso a las LAN corporativas y en los límites de las redes de los NSPs es un requisito fundamental para poder gestionar la red y los servicios con las necesarias garantías de seguridad. Para ello se requiere examinar la información de la cabecera de los paquetes, lo que impide prescindir del uso del nivel 3 en ese tipo de aplicaciones.
- No es probable que los sistemas finales (*hosts*) implementen MPLS. Necesitan enviar los paquetes a un primer dispositivo de red (nivel 3) que pueda examinar la cabecera del paquete para tomar luego las correspondientes decisiones sobre su envío hasta su destino final. En este primer salto se puede decidir enviarlo por *routing* convencional o asignar una etiqueta y enviarlo por un LSP.
- Las etiquetas MPLS tienen solamente significado local (es imposible mantener vínculos globales entre etiquetas y *hosts* en toda la Internet). Esto implica que en algún punto del camino algún dispositivo de nivel 3 debe examinar la cabecera del paquete para determinar con exactitud por dónde lo envía: por *routeo* convencional o entregándolo a un LSR, que lo expedirá por un nuevo LSP.
- Del mismo modo, el último LSR de un LSP debe usar encaminamiento de nivel 3 para entregar el paquete al destino, una vez suprimida la etiqueta, como se verá seguidamente al describir la funcionalidad MPLS.

3.5.3 Descripción funcional del MPLS.

La operación del MPLS se basa en las componentes funcionales de envío y control, aludidas anteriormente, y que actúan ligadas íntimamente entre sí. Empecemos por la primera.

3.5.3.1 Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS.

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas ya expuesto, que permiten el establecimiento de los caminos LSP por la red. Los LSPs son simplex por naturaleza (se establecen para un sentido del tráfico en cada punto de entrada a la red); el tráfico dúplex requiere dos LSPs, uno en cada sentido. Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos en los que se intercambian las etiquetas, de modo que cada paquete se envía de un "conmutador de etiquetas" a otro, a través del dominio MPLS. Un LSR no es sino un router especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

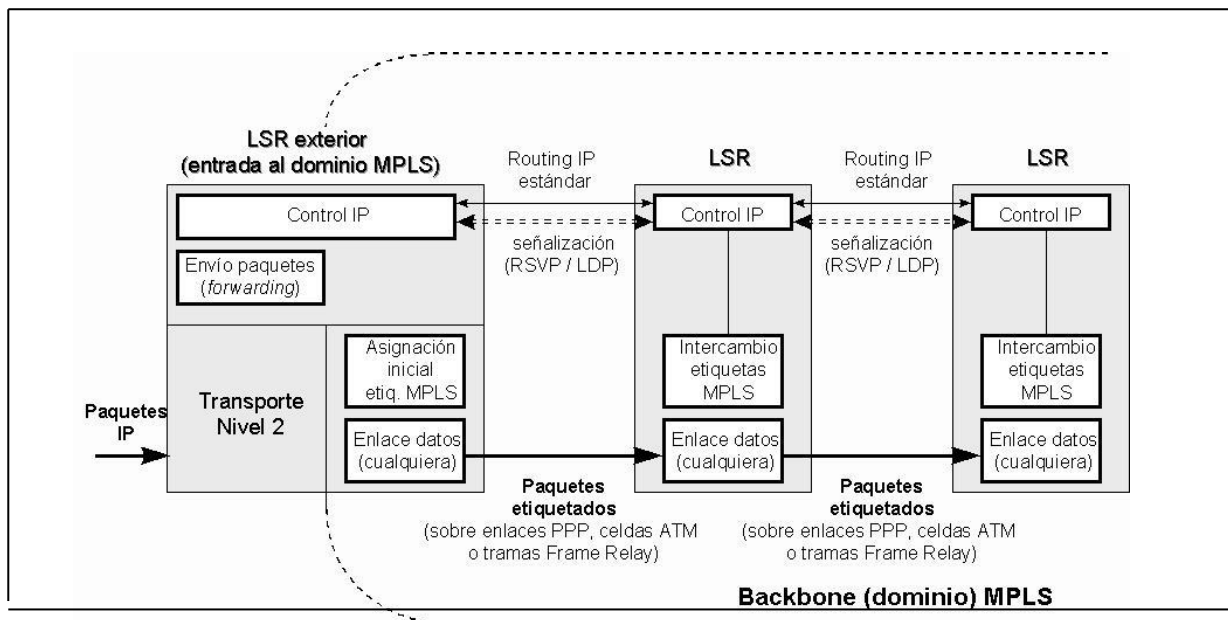


Figura 3.7 Esquema funcional del MPLS.

En la figura 3.7 se puede ver la funcionalidad del MPLS. Compárese con los esquemas vistos antes para observar las analogías y diferencias. Al igual que en las soluciones de conmutación multinivel, MPLS separa las dos componentes funcionales de control (*routeo*) y

de envío (*forwarding*). Del mismo modo, el envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas en los LSPs. Sin embargo, MPLS no utiliza ninguno de los protocolos de señalización ni de encaminamiento definidos por el ATM Forum; en lugar de ello, en MPLS o bien se utiliza el protocolo RSVP o bien un nuevo estándar de señalización (el *Protocolo de distribución de etiquetas*, LDP).

Pero, de acuerdo con los requisitos del IETF, el transporte de datos puede ser cualquiera. Si éste fuera ATM, una red IP habilitada para MPLS es ahora mucho más sencilla de gestionar que la solución clásica IP/ATM. Ahora ya no hay que administrar dos arquitecturas diferentes a base de transformar las direcciones IP y las tablas de encaminamiento en las direcciones y el encaminamiento ATM: esto lo resuelve el procedimiento de intercambio de etiquetas MPLS. El papel de ATM queda restringido al mero transporte de datos a base de celdas. Para MPLS esto es indiferente, ya que puede utilizar otros transportes como Frame Relay, o directamente sobre líneas punto a punto.

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSRs interiores del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío. Esta tabla se construye a partir de la información de encaminamiento que proporciona la componente de control, según se verá más adelante.

Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a cada paquete que llega por ese

interfaz y con la misma etiqueta (en los LSR exteriores sólo hay una etiqueta, de salida en el de cabecera y de entrada en el de cola).

En la figura 3.8 se ilustra un ejemplo del funcionamiento de un LRS del núcleo MPLS. A un paquete que llega al LSR por el interfaz 3 de entrada con la etiqueta 45 el LSR le asigna la etiqueta 22 y lo envía por el interfaz 4 de salida al siguiente LSR.

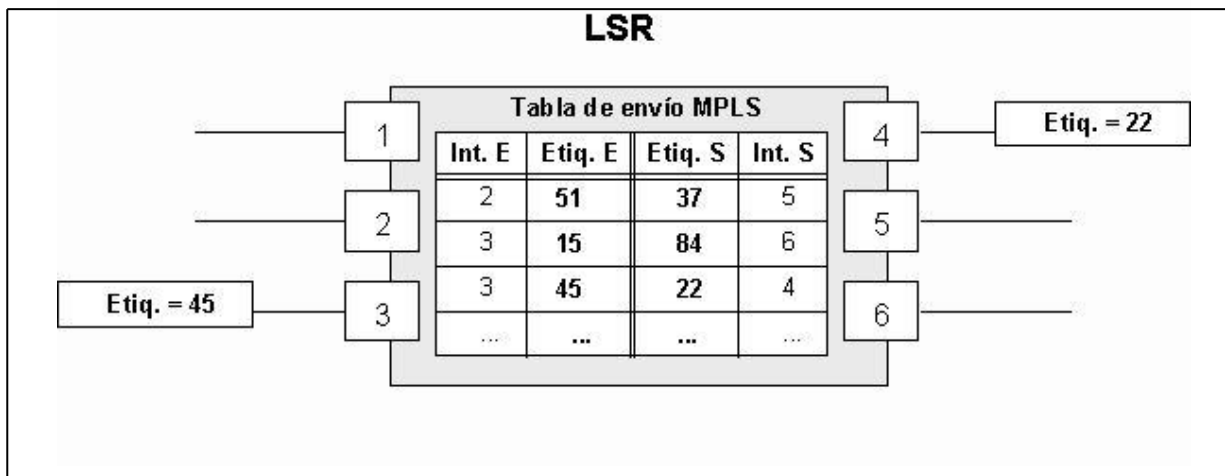


Figura 3.8 Detalle de la tabla de envío de un LSR.

El algoritmo de intercambio de etiquetas requiere la clasificación de los paquetes a la entrada del dominio MPLS para poder hacer la asignación por el LSR de cabecera. En la figura 3.9 el LSR de entrada recibe un paquete normal (sin etiquetar) cuya dirección de destino es 212.95.193.1. El LSR consulta la tabla de encaminamiento y asigna el paquete a la clase FEC definida por el grupo 212.95/16. Asimismo, este LSR le asigna una etiqueta (con valor 5 en el ejemplo) y envía el paquete al siguiente LSR del LSP. Dentro del dominio MPLS los LSR ignoran la cabecera IP; solamente analizan la etiqueta de entrada, consultan la tabla correspondiente (tabla de conmutación de etiquetas) y la reemplazan por otra nueva, de

acuerdo con el algoritmo de intercambio de etiquetas. Al llegar el paquete al LSR de cola (salida), ve que el siguiente salto lo saca de la red MPLS; al consultar ahora la tabla de conmutación de etiquetas quita ésta y envía el paquete por *routeo* convencional.

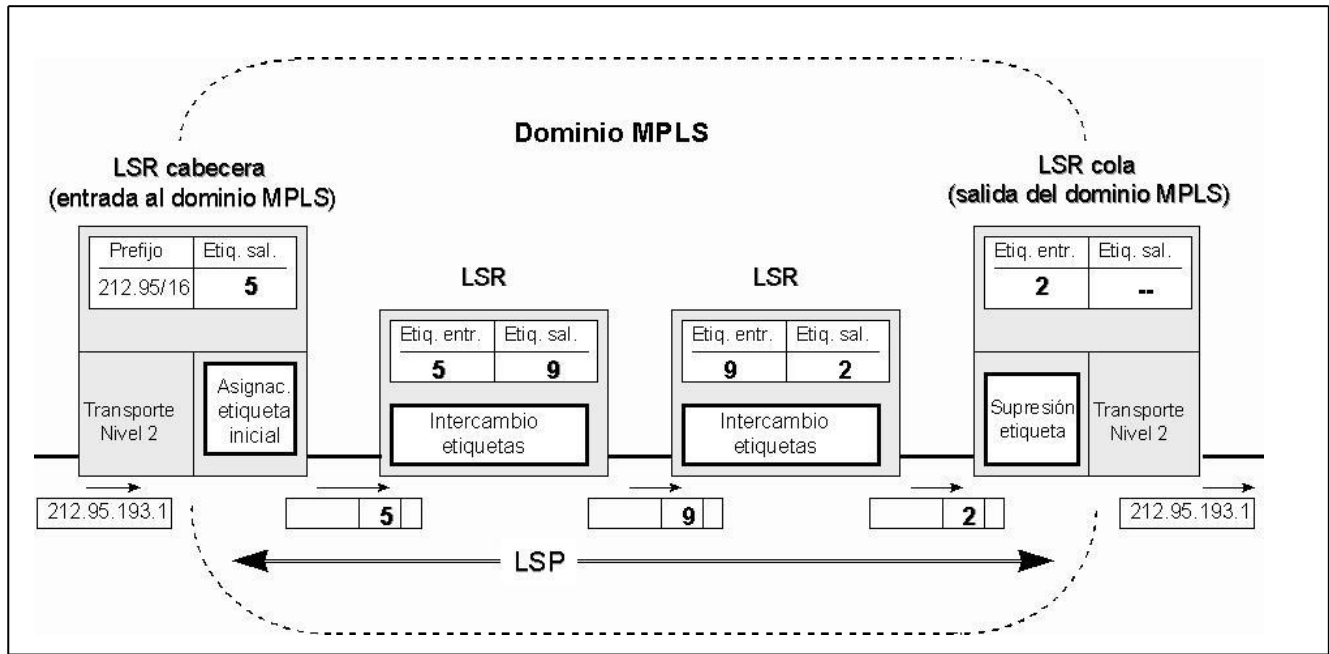


Figura 3.9 Ejemplo de envío de un paquete por un LSP.

Como se ve, la identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que no "mira" sino las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP. Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3.

Según las especificaciones del IETF, MPLS debía funcionar sobre cualquier tipo de transporte: PPP, LAN, ATM, Frame Relay, etc. Por ello, si el protocolo de transporte de datos contiene ya un campo para etiquetas (como ocurre con los campos VPI/VCI de ATM y DLCI de Frame Relay), se utilizan esos campos nativos para las etiquetas. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para etiquetas (p. ej. enlaces PPP o

LAN), entonces se emplea una cabecera genérica MPLS de 4 octetos, que contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3). En la figura 3.10 se representa el esquema de los campos de la cabecera genérica MPLS y su relación con las cabeceras de los otros niveles. Según se muestra en la figura, los 32 bits de la cabecera MPLS se reparten en: 20 bits para la etiqueta MPLS, 3 bits para identificar la clase de servicio en el campo EXP (experimental, anteriormente llamado CoS), 1 bit de *parada* para poder apilar etiquetas de forma jerárquica (S) y 8 bits para indicar el TTL (*time-to-live*-"*tiempo de vida*") que sustenta la funcionalidad estándar TTL de las redes IP.

De este modo, las cabeceras MPLS permiten cualquier tecnología o combinación de tecnologías de transporte, con la flexibilidad que esto supone para un proveedor IP a la hora de extender su red.

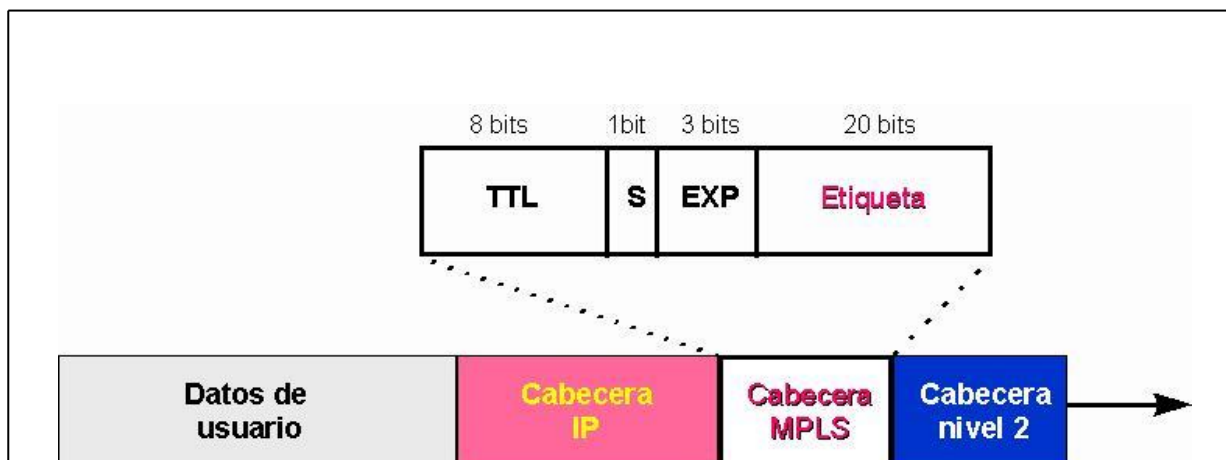


Figura 3.10 Estructura de la cabecera genérica MPLS.

3.5.3.2 Control de la información en MPLS.

Hasta ahora se ha visto el mecanismo básico de envío de paquetes a través de los LSPs mediante el procedimiento de intercambio de etiquetas según las tablas de los LSRs. Pero queda por ver dos aspectos fundamentales:

- Cómo se generan las tablas de envío que establecen los LSPs.
- Cómo se distribuye la información sobre las etiquetas a los LSRs.

El primero de ellos está relacionado con la información que se tiene sobre la red: topología, patrón de tráfico, características de los enlaces, etc. Es la información de control típica de los algoritmos de encaminamiento. MPLS necesita esta información de *roteo* para establecer los caminos virtuales LSPs. Lo más lógico es utilizar la propia información de encaminamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP...) para construir las tablas de encaminamiento (recuérdese que los LSR son *routers* con funcionalidad añadida). Esto es lo que hace MPLS precisamente: para cada "ruta IP" en la red se crea un "camino de etiquetas" a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSRs; el protocolo interno correspondiente se encarga de pasar la información necesaria.

El segundo aspecto se refiere a la información de "señalización" (las comillas se ponen por el impacto que puede suponer este término para los puristas del mundo IP, de naturaleza no conectiva). Pero siempre que se quiera establecer un circuito virtual se necesita algún tipo de señalización para marcar el camino, es decir, para la distribución de etiquetas entre los nodos.

Sin embargo, la arquitectura MPLS no asume un único protocolo de distribución de etiquetas; de hecho se están estandarizando algunos existentes con las correspondientes

extensiones; unos de ellos es el protocolo RSVP del Modelo de Servicios Integrados del IETF (recuérdese que ése era uno de los requisitos). Pero, además, en el IETF se están definiendo otros nuevos, específicos para la distribución de etiquetas, cual es el caso del (LDP).

3.5.3.3 *Funcionamiento global MPLS.*

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la figura 3.11, donde quedan reflejadas las diversas funciones en cada uno de los elementos que integran la red MPLS. Es importante destacar que en el borde de la nube MPLS tenemos una red convencional de *routers* IP. El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de *routers* a una distancia de un sólo salto. Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVCs ATM). Ahora, esa unión a un solo salto se realiza por MPLS mediante los correspondientes LSPs (puede haber más de uno para cada par de *routers*).

La diferencia con topologías conectivas reales es que en MPLS la construcción de caminos virtuales es mucho más flexible y que no se pierde la visibilidad sobre los paquetes IP. Todo ello abre enormes posibilidades a la hora de mejorar el rendimiento de las redes y de soportar nuevas aplicaciones de usuario.

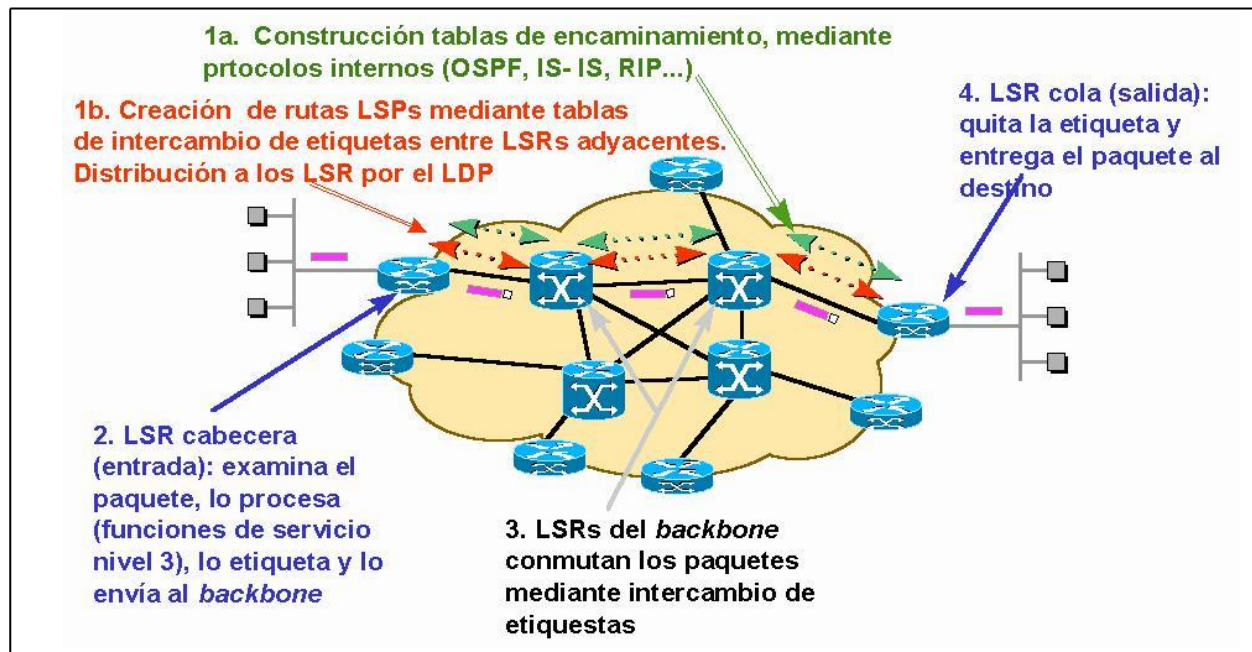


Figura 3.11 Funcionamiento de una red MPLS.

3.5.4 Aplicaciones de MPLS.

Las principales aplicaciones que hoy en día tiene MPLS son:

- Ingeniería de tráfico.
- Diferenciación de niveles de servicio mediante clases (CoS).
- Servicio de redes privadas virtuales (VPN).

Veamos brevemente las características de estas aplicaciones y las ventajas que MPLS supone para ello frente a otras soluciones tradicionales.

3.5.4.1 Ingeniería de tráfico.

El objetivo básico de la ingeniería de tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén suprautilizados, con posibles puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar infrautilizados. A comienzos de los 90 los

salto más. MPLS es una herramienta efectiva para esta aplicación en grandes backbones, ya que:

- Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.
- Permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.
- Permite hacer "encaminamiento restringido" (CBR), de modo que el administrador de la red pueda seleccionar determinadas rutas para servicios especiales (distintos niveles de calidad). Por ejemplo, con garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.

La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes.

3.5.4.2 Clases de servicio (CoS).

MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados, según el Modelo DiffServ del IETF. Este modelo define una variedad de mecanismos para poder clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio, con diferentes prioridades. Según los requisitos de los usuarios, DiffServ permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de vídeo y voz interactiva. Para ello se emplea el campo ToS (Tipo de servicio),

rebautizado en DiffServ como el octeto DS. Esta es la técnica CoS de marcar los paquetes que se envían a la red.

MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP. De es te modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- El tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP
- Entre cada par de LSR exteriores se pueden provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. P. ej., un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico mejor-ofrecedor, tres niveles de servicio, primera, preferente y turista, que, lógicamente, tendrán distintos precios.

En el momento actual, todos los NSPs tienen ante sí el enorme reto de gestionar redes cada vez más complejas y extensas, con una mayor gama de servicios y con creciente demanda de ancho de banda, calidad y garantías. Para los backbones, las posibilidades que ofrecen la extensión de infraestructuras de fibra óptica y las nuevas tecnologías de transmisión DWDM son enormes. En este contexto, la evolución natural hacia redes IP y aplicaciones TCP/IP han llevado a desarrollar la arquitectura MPLS como una de las opciones más prometedoras para proporcionar los nuevos servicios del siglo XXI. MPLS es el último paso en la evolución de las tecnologías de conmutación multinivel (o conmutación IP). La idea básica de separar lo que es el envío de los datos (mediante el algoritmo de intercambio de etiquetas) de los procedimientos de encaminamiento estándar IP, ha llevado a un acercamiento de los niveles

3 y 2, con el consiguiente beneficio en cuanto a rendimiento y flexibilidad de esta arquitectura.

Por otro lado, el hecho de que MPLS pueda funcionar sobre cualquier tecnología de transporte —no sólo sobre infraestructuras ATM— va a facilitar de modo significativo la migración para la próxima generación de la Internet óptica, en la que se acortará la distancia entre el nivel de red IP y la fibra.

MPLS abre a los proveedores IP la oportunidad de ofrecer nuevos servicios que no son posibles con las técnicas actuales de encaminamiento IP (típicamente limitadas a encaminar por dirección de destino. Además de poder hacer ingeniería de tráfico IP, MPLS permite mantener clases de servicio y soporta con gran eficacia la creación de VPNs. Por todo ello, MPLS aparece ahora como la gran promesa y esperanza para poder mantener el ritmo actual de crecimiento de la Internet.

MPLS tal como es, no funciona para redes ópticas, ya que aunque lo que se transmite son paquetes, estos paquetes viajan sobre longitudes de onda, y el direccionamiento, no se realiza sobre los router's sino sobre las longitudes de onda. Esto para aprovechar de una mejor manera las longitudes de onda que se tienen en servicio. Para esto, se crearon otros protocolos de direccionamiento de tráfico que funcionaran para comunicaciones ópticas, y básicamente funcionando igual que MPLS, solo que en lugar de revisar que router, tiene menos tráfico para direccional la información, lo que se revisa son las longitudes de onda. De ahí nace el nombre de MP λ S.

3.6 GMPLS.

Una generación después nace GMPLS (Multiprotocolo generalizado de conmutación de etiquetas) que es un protocolo el cual reconozca cuando utilizar MPLS y cuando utilizar las longitudes de onda. Es decir como su nombre lo indica es un protocolo general que engloba los dos multi protocolos de switcheo por etiquetas.

GMPLS combinado con la conmutación fotónica representa el planteamiento más prometedor para la consolidación de las redes troncales. GMPLS es el resultado de una serie de esfuerzos del Optical Internetworking Forum (OIF), Optical Domain Service Interconnect consortium (ODSI) y la Internet Engineering Task Force (IETF) para desarrollar un protocolo que pueda ser utilizado con cualquier tipo de tráfico. Así, ofrece un plano de control integrado, el cual extiende el conocimiento de la topología y la gestión de ancho banda a lo largo de todas las capas de red, permitiendo de forma efectiva la consolidación de los servicios y el transporte. El resultado final es un desplazamiento del punto de demarcación entre ambos

El plano de control GMPLS incluye funcionalidades tales como enrutamiento, gestión del enlace, señalización y recuperación. Bajo GMPLS, existen tres componentes principales involucrados en el establecimiento de un canal:

1. Exploración de recursos: se obtiene información acerca de los recursos de red tales como conectividad o capacidad de los enlaces. Los mecanismos utilizados para diseminar esta información de estado se basan en una extensión del (IGP).
2. Selección de ruta: se utiliza para seleccionar una ruta apropiada a través de la red óptica inteligente en base a unas ciertas restricciones impuestas por el entorno y las limitaciones de la capa física.

3. Gestión de ruta: incluye distribución de etiquetas, así como establecimiento, mantenimiento y terminación de ruta. Estas funciones se realizan por medio de un protocolo de señalización extendido como Protocolo de reservación de recursos por ingeniería de tráfico (RSVP-TE) o Protocolo de distribución de etiquetas con restricción de ruteo (CR-LDP).

Estos componentes del plano de control son separables e independientes entre sí, y precisamente esta modularidad es la que permite que el plano de control pueda configurarse de forma flexible. La implantación de GMPLS en una determinada arquitectura de red no es necesario que se realice toda de una vez. No es una cuestión de todo o nada, sino más bien de dónde primero y en qué orden. Para empezar, GMPLS y PSS pueden desplegarse solamente en una capa del modelo tradicional de red "overlay", para posteriormente extenderse en sucesivas fases según se requiera y mejorar de este modo la eficiencia de la red.

El proceso de implantación de GMPLS y PSS se puede resumir en las siguientes fases:

- I. Fase 0: supongamos que esta es la fase inicial en la que se encuentran la mayoría de las redes actuales basadas en un modelo "overlay". La red de servicios IP ejecuta protocolos IP/MPLS. Por otro lado, la red de transporte (SONET/SDH óptico) utiliza protocolos propietarios o de gestión de red para facilitar la configuración y el establecimiento de las conexiones entre los elementos de red. Las peticiones de establecimiento o de terminación de conexiones se realizan por vía telefónica o a través de un interfaz Web.

II. Fase 1: se diseña para aumentar la velocidad y la precisión de las peticiones de conexión, incrementando de este modo la eficiencia y flexibilidad de la red. Se automatizan las peticiones de la red de servicio a la red de transporte para el establecimiento y terminación de conexiones. Para ello se utiliza un interfaz de señalización basado predominantemente en GMPLS.

III. Fase 2: consiste en la estandarización de los protocolos a través de las capas, acercando la red hacia un control integrado de las capas de servicio y transporte. En esta fase, los protocolos GMPLS sustituyen a los protocolos propietarios y de gestión de red en la red de transporte para facilitar el establecimiento de conexiones entre nodos.

Fase 3: esta es la fase final de la integración. Una vez que los operadores pueden aprovechar la eficiencia de una arquitectura de red con integración vertical, la integración del plano de control continúa. GMPLS es entonces el estándar para los protocolos de señalización y enrutamiento de todos los tipos de tráfico (longitudes de onda, TDM y paquetes) a través de la red de conmutadores PSS. Todos los elementos de red tienen ahora conocimiento del resto de elementos de red que transporten cualquier tipo de tráfico. Finalmente, la eficiencia de los conmutadores se maximiza convenientemente mediante la instalación de una combinación óptima de tarjetas de línea para los diferentes tipos de servicios en función de la carga de tráfico. El desarrollo de GMPLS comenzó con los siguientes planteamientos:

- I. Los protocolos de señalización y de enrutamiento desarrollados y utilizados en las redes IP pueden extenderse y adaptarse para cumplir con las necesidades de otros tipos de tráfico, como TDM y longitudes de onda.
- II. Esta extensión permitiría una completa integración para todos los tipos de tráfico.
- III. Asimismo, las mejoras en la tecnología de conmutación fotónica permitirían la conversión de longitud de onda y, con los protocolos apropiados, la conmutación óptica inteligente sería posible.

Luego GMPLS tiene una completa serie de capacidades que pueden utilizarse para unir diversas partes de la red diseñadas para transportar múltiples tipos de tráfico. La figura 3.13 representa esquemáticamente la jerarquía de interfaces conmutados de GMPLS. De este modo, sobre una misma fibra podemos transportar simultáneamente longitudes de onda opacas o transparentes, canales SONET/SDH y paquetes IP, conmutando y gestionando todos estos servicios en los nodos ópticos de una forma completamente flexible.

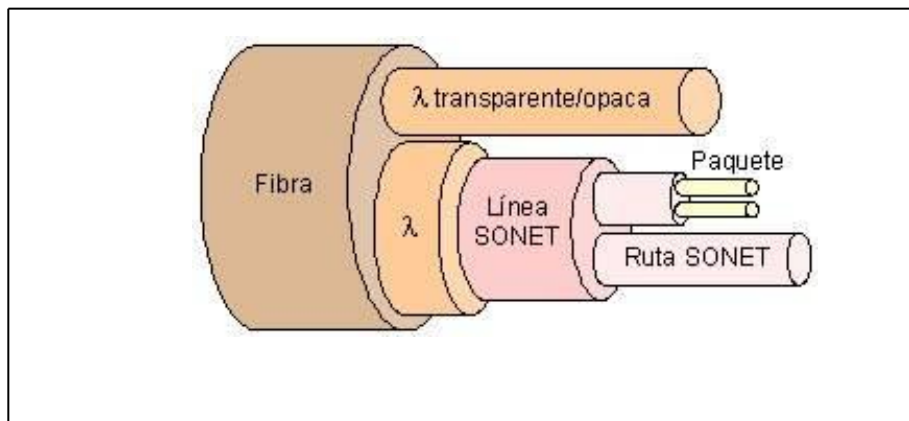


Figura 3.13 Jerarquía de interfaces conmutados de GMPLS.

Una arquitectura de red con integración vertical como la presentada anteriormente requiere de un veloz conmutador fotónico opaco que sea capaz de conmutar simultáneamente los

diferentes tipos de tráfico. Al mismo tiempo, esta clase de red reduce el tipo de dispositivos desplegados, pues no son necesarios dispositivos específicos de cada capa de red, sino un único dispositivo llamado conmutador PSS (servicio de conmutación fotónico). Con tarjetas de línea eléctrica y una veloz infraestructura óptica, este dispositivo combina los mejores atributos de las tecnologías óptica y eléctrica. Esta infraestructura óptica le asegura una escalabilidad prácticamente ilimitada.

Por otro lado, las tarjetas de línea son específicas para cada tipo de tráfico, por lo que el conmutador se puede adaptar fácilmente a diferentes entornos simplemente con un cambio de las tarjetas. Precisamente esta versatilidad hace que el conmutador PSS sea perfecto para una posible migración de un modelo "overlay" a una arquitectura de red basada en GMPLS.

En la figura 3.14 se muestra la arquitectura de un conmutador PSS configurado para múltiples tipos de tráfico. Se puede observar cómo existen tarjetas específicas para cada tipo de tráfico, las cuales se pueden sustituir y configurar en función de las demandas.

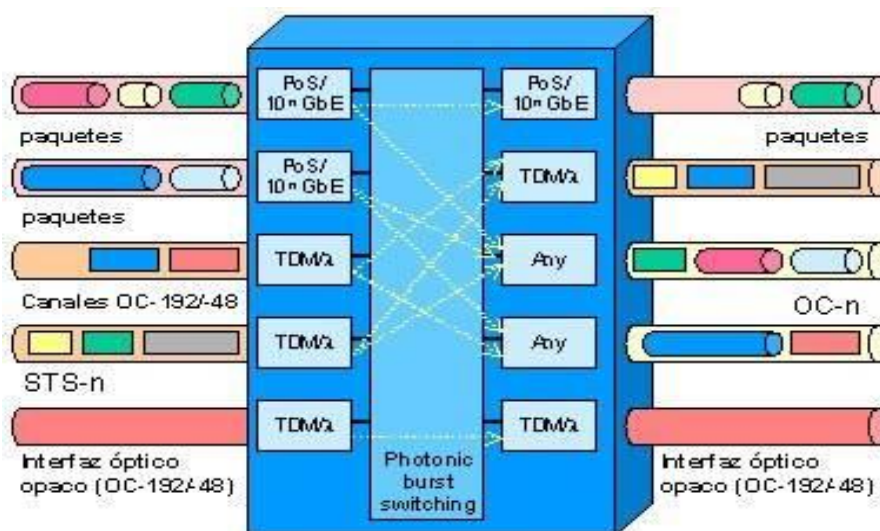


Figura 3.14 Arquitectura de un conmutador PSS.

En la actualidad, multitud de compañías trabajan para desarrollar productos y soluciones basadas en GMPLS. Por ejemplo, el conmutador DiamondWave™ de la empresa Calient Networks. Se trata de un conmutador fotónico que incluye funcionalidades GMPLS para el desarrollo de redes completamente ópticas de próxima generación.

El módulo de conmutación óptica que constituye el núcleo del dispositivo se compone de microespejos basados en tecnología MEMS 3D. Dado que el conmutador emplea tecnología OOO (conexión completamente óptica y transparente de señales sin conversión al dominio eléctrico), es independiente de la tasa de bit y de los protocolos utilizados.

Al mismo tiempo, presenta otras características muy deseables como son: tamaño compacto (acomoda 1024 puertos en un único rack), bajas pérdidas (menos de 3,5 dB), bajo consumo (por debajo de 2 W por puerto) y capacidad antibloqueo. La tecnología GMPLS siendo la mas útil en el uso de redes ópticas dado por sus características y funcionalidad es la vanguardia en este tipo de redes.

CAPITULO 4

CAPITULO 4. Redes por fibra óptica (redes ópticas).

4.1 Redes ópticas.

Las redes de fibra son ampliamente utilizadas para comunicación a larga distancia, proporcionando conexiones transcontinentales y transoceánicas, ya que una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor o regenerador para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de los sistemas de transmisión por fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores ópticos recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Una aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local o LAN : conjunto de ordenadores que pueden compartir datos, aplicaciones y recursos (por ejemplo impresoras). Las computadoras de una red de área local, están separadas por distancias de hasta unos pocos kilómetros, y suelen usarse en oficinas o campus universitarios. Una LAN permite la transferencia rápida y eficaz de información entre un grupo de usuarios y reduce los costes de explotación. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electro ópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

Otros recursos informáticos conectados son las redes de área amplia o WAN o las centralitas particulares (PBX). Las WAN son similares a las LAN, pero conectan entre sí ordenadores

separados por distancias mayores, situados en distintos lugares de un país o en diferentes países; emplean equipos físicos especializados y costosos. Las PBX proporcionan conexiones informáticas continuas para la transferencia de datos especializados como transmisiones telefónicas, pero no resultan adecuadas para emitir y recibir los picos de datos de corta duración empleados por la mayoría de las aplicaciones informáticas.

Las redes por fibra óptica son un modelo de red que permite satisfacer las nuevas y crecientes necesidades de capacidad de transmisión y seguridad demandadas por las empresas operadoras de telecomunicación, todo ello además con la mayor economía posible.

A continuación se señala como mediante las nuevas tecnologías, con elementos de red puramente ópticos, se consiguen dichos objetivos de aumento de capacidad de transmisión y seguridad.

Cuando las empresas encargadas de abastecer las necesidades de comunicación por medio de fibra necesitaron mayor capacidad entre dos puntos, pero no disponían de las tecnologías necesarias o de unas fibras que pudieran llevar mayor cantidad de datos, la única opción que les quedaba era instalar más fibras entre estos puntos. Pero para llevar a cabo esta solución había que invertir mucho tiempo y dinero, o bien añadir un mayor número de señales multiplexadas por división en el tiempo en la misma fibra, lo que también tiene un límite.

Es en este punto cuando la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) proporcionó 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 podían enviar muchas señales por la misma fibra como si cada una de estas señales viajara en su propia fibra.

Los diseñadores de las redes utilizan muchos elementos de red para incrementar la capacidad de las fibras ya que un corte en la fibra puede tener serias consecuencias.

En las arquitecturas eléctricas empleadas hasta ahora, cada elemento realiza su propia restauración de señal. Para un sistema de fibras tradicional con muchos canales en una fibra, una rotura de la fibra podría acarrear el fallo de muchos sistemas independientes. Sin embargo, las redes ópticas pueden realizar la protección de una forma más rápida y más económica, realizando la restauración de señales en la capa óptica, mejor que en la capa eléctrica. Además, la capa óptica puede proporcionar capacidad de restauración de señales en las redes que actualmente no tienen un esquema de protección. Así, implementando redes ópticas, se puede añadir la capacidad de restauración a los sistemas asíncronos embebidos sin necesidad de mejorar los esquemas de protección eléctrica.

En los sistemas que utilizan únicamente multiplexación eléctrica, cada punto que demultiplexa señales necesitará un elemento de red eléctrica para cada uno de los canales, incluso si no están pasando datos en ese canal. En cambio, si lo que estamos utilizando es una red óptica, solo aquellas longitudes de onda que suban o bajen datos a un sitio necesitarán el correspondiente nodo eléctrico. Los otros canales pueden pasar simplemente de forma óptica, proporcionando así un gran ahorro de gastos en equipos y administración de red.

Otro de los grandes aspectos económicos de las redes ópticas es la capacidad para aprovechar el ancho de banda, algo que no sucedía con las fibras simples. Para maximizar la

capacidad posible en una fibra, las empresas de servicios pueden mejorar sus ingresos con la venta de longitudes de onda, independientemente de la tasa de datos (bit rate) que se necesite. Para los clientes, este servicio proporciona el mismo ancho de banda que una fibra dedicada.

4.1.1 Evolución del modelo de red óptica.

Las redes ópticas en la actualidad presentan un gran número de capas. Cada una de estas capas está preparada para manejar un determinado tipo de tráfico y proporcionar unos servicios específicos. Con el tiempo han surgido incluso equipos independientes que están especializados en una capa y en un tipo de tráfico como por ejemplo: enrutadores IP, conmutadores ATM, dispositivos SONET/SDH o conmutadores DWDM. Si bien este planteamiento permite simplificar el diseño de los dispositivos, conduce a redes complejas y difíciles de gestionar.

Por ello, últimamente se está tendiendo a reducir el número de dispositivos distintos que podemos encontrar en la red, consolidando determinadas capas y mejorando sus funcionalidades, a la vez que se eliminan otras redundantes. Como se comentó en el anterior artículo, se tiende a un esquema de red con tan sólo dos capas. En este escenario, el modelo "punto" proporciona una mayor eficiencia de red que el modelo "overlay" tradicional, ya que se puede desarrollar un plano de control común para todas las capas con una única serie de protocolos como GMPLS. Para el correcto funcionamiento de esta red basada en GMPLS, se requieren además elementos de conmutación ópticos capaces de encaminar o conmutar el tráfico de cualquier tipo: TDM, paquetes o longitudes de onda. En la figura 4.1 se puede ver la evolución que está sufriendo el modelo de capas de las redes ópticas.

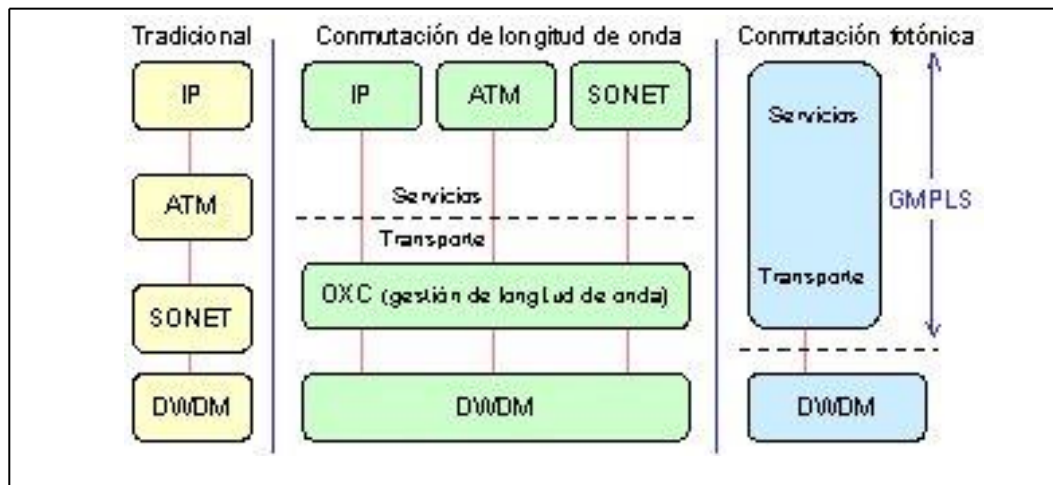


Figura 4.1 Evolución de las capas de redes ópticas.

Actualmente, los esfuerzos para mejorar la eficiencia y escalabilidad de las redes se centran en tres planteamientos distintos: IP sobre DWDM, MP λ S y GMPLS con conmutación fotónica. IP sobre DWDM utiliza direccionamiento y enrutamiento IP sobre redes DWDM. La mayoría de los desarrollos emplean paquetes sobre SONET (PoS) directamente sobre canales DWDM con el fin de consolidar los planos IP y de datos sobre las longitudes de onda y la fibra. No obstante, esto conduce finalmente a un sacrificio de velocidad y además no existe ningún mecanismo de comunicación entre los enrutadores y otros equipos de transporte. MP λ S, por su parte, propone añadir extensiones al protocolo del plano de control con el fin de incorporar etiquetas y mecanismos de señalización a los servicios de longitud de onda y ofrecer conexiones inteligentes entre los OXCs en sistemas DWDM de largo alcance. Al igual que IP sobre DWDM, MP λ S se construye sobre una estrategia ya existente, por lo que tiene al apoyo de diversos fabricantes de OXCs. Sin embargo, este planteamiento asume un modelo "overlay" basado en un interfaz usuario-red y, por lo tanto, no integra el plano de encaminamiento de los paquetes de datos. Las redes MP λ S requieren pues enrutadores en su núcleo para procesar los paquetes, así como ADMs y DXCs de banda ancha para

procesar las ranuras temporales de los canales SONET/SDH. Dado que MPLS se aplica sobre los OXCs, y los OXCs disponibles comercialmente ofrecen una conmutación relativamente lenta y no pueden manejar paquetes o tráfico TDM de una forma eficiente, el plano de control proporciona mejoras tan solo a un número limitado de servicios. Luego no se espera que MPLS gane aceptación en más de unas pocas aplicaciones de larga distancia específicas.

Toda esta evolución da lugar a lo que es la FDDI que a continuación se explicara.

4.1.2 FDDI (Interfaz de fibra de distribución de datos).

Con el objeto de crear un estándar para las redes de alta velocidad la ANSI (Asociation American National Standard Institute) formo el comité X3T9.5 el cual redacto las recomendaciones necesarias para redes de este tipo. A dicho estándar se le conoce como FDDI (Fiber Distributed Data Interface) el cual propone una red con una velocidad de transmisión de 100 Mbps.

4.1.2.1 Funciones de FDDI.

Las funciones de FDDI se definen en el SMT (Station Management). Abarcan la capa física (PMD y PHY) y parte de la capa de enlace (MAC). Por ello, FDDI se instala en los niveles más bajos de la torre OSI. No habría problemas en usar otros protocolos para las capas superiores, en principio. Por contra, las implementaciones solo han conseguido encapsular correctamente ARP e IP sobre FDDI.

4.1.2.2 Nivel Físico: PMD.

En el nivel dependiente del medio (PMD), FDDI no impone restricciones al tipo de fibra que debe usarse. Puede utilizarse fibra multimodo (MMF), o fibra monomodo (SMF). Las fibras

serán de dimensiones 62,5/125 o 85/125 (diámetro del núcleo/diámetro de la fibra). MMF necesitar mejores emisores y receptores que SMF para mantener las mismas longitudes de enlace. En cualquier caso, la potencia de transmisión mínima es de -16 dBm y la potencia recibida mínima es de -26 dBm, lo que deja un margen de 11 dBs para pérdidas. Los transmisores pueden ser LED o láseres. Los receptores pueden ser diodos PIN o de avalancha. Se trabaja en la ventana de 1300 nanómetros. En una misma red puede haber enlaces con fibras MMF y SMF, aunque deben examinarse con cuidado. Se recomienda emplear conectores SC preferentemente. También pueden emplearse conectores ST. La probabilidad de error requerida es $4 \cdot 10^{-11}$.

4.1.2.3 Nivel Físico (PHY).

El otro subnivel físico, PHY, define el protocolo de introducción de datos en la fibra. FDDI introduce redundancia en los datos en transmisión. Usa un código 4B/5B, transmite 5 bits por cada 4 bits que le envía el nivel superior. La elección de los códigos se hizo para equilibrar la potencia en continua del código, y evitar secuencias de 0's o 1's demasiado largas. El régimen binario efectivo que soporta la fibra son 125 Mbps.

MAC define la longitud máxima de trama en 4500 bytes para evitar problemas de desincronización. No hay longitud de trama mínima. El formato de trama es:

PA = Preámbulo: 30 caracteres IDLE, para sincronismo. SD = delimitador de inicio. No se repite en el campo de datos.

FC = control de trama. Tipo de trama (síncrona).

DA = Dirección de destino.

SA = Dirección de destino.

INFORMACION: Datos transmitidos.

FCS= Redundancia de la trama con CRC-32.

ED = Delimitador de fin de trama. No se puede repetir en el campo de datos.

FS = Frame Status. Receptor informa a origen del resultado de la trama (trama errónea, bien recibida, ...)

Una estación que está transmitiendo trama debe retirarla del anillo. Mientras lo hace, puede introducir nuevas tramas, o transmitir caracteres IDLE, hasta retirarla completamente. Dado que protocolos superiores (UDP, por ejemplo) definen longitudes de trama diferentes, las estaciones deben estar preparadas para fragmentar/ensamblar paquetes cuando sea necesario.

4.1.2.4 Nivel de enlace: MAC.

MAC aporta las mayores novedades de FDDI. FDDI soporta dos tipos de tráfico:

Tráfico síncrono: voz, imágenes, información que debe ser transmitida antes de un determinado tiempo. podría decirse que es tráfico de datos en tiempo real.

Tráfico asíncrono: e-mail, ftp, información para la cual el tiempo que tarde en llegar al destino no es el factor decisivo.

La filosofía que persigue FDDI es atender primero el tráfico síncrono y después el tráfico asíncrono. Para ello, cada estación tiene varios temporizadores:

Token Rotation Time (*TRT*): tiempo transcurrido desde que llegó el último testigo.

Token Hold Time (*THT*): tiempo máximo que una estación puede poseer el testigo.

Todas las estaciones tienen un parámetro fijo, el Target Token Rotation Time (*TTRT*), que fija el tiempo que tarda el testigo en dar una vuelta al anillo, y cada una tiene un parámetro propio, Synchronous Time (*ST* o *Ci*, dependiendo de autores). Este parámetro fija el tiempo máximo que una estación está transmitiendo tráfico síncrono. El mecanismo que se sigue es el que se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

- 1) Cuando llega el testigo, comprobamos que ha llegado a tiempo. Para ello, vemos si $TRT > 0$. Si es cierto, la estación captura el testigo. Si es falso, la estación lo deja pasar a la siguiente estación. En cualquier caso, *TRT* se reinicializa a *TTRT*.
- 2) Una vez la estación posee el testigo, el valor de *TRT* se carga en *THT*. Se comienzan a transmitir tramas síncronas.
- 3) *THT* llega a cero. En ese caso, se termina el turno de la estación, y se pasa el testigo a la siguiente.
- 4) Antes de que *THT* llegue a 0 se acaban las tramas síncronas que tenía la estación preparada para transmitir. Se transmiten ahora todas aquellas tramas asíncronas de que se dispongan, hasta que *THT* llegue a cero.
- 5) Si acabamos también las tramas asíncronas, pasamos el testigo.

Se plantea un problema cuando se acaba el THT mientras se está transmitiendo una trama. Este fenómeno se llama overrun. El intervalo máximo entre dos testigos en una estación ronda $2 \cdot TTRT$. Las estaciones se conectan mediante un doble anillo de fibra óptica. En cada anillo, la información circula en una dirección. En caso de que caiga un enlace entre dos estaciones, las fibras se puentean internamente en las estaciones, de modo que el anillo no se para. Esta configuración clasifica las estaciones en dos clases:

DAS: Dual Attachment Station. Estación conectada al doble anillo. Capaces de reconfigurarse. M s caras.

SAS: Single Attachment Station. Estación conectada a uno de los dos anillos solamente son mas baratas.

4.1.3 CDDI.

CDDI (Copper Distributed Data Interface) no es otra cosa que *FDDI utilizando cables de cobre* en lugar de fibra óptica como medio de transmisión. Sólo afecta al PMD. Para seguir cumpliendo los requerimientos de ruido y velocidad de transmisión se reduce la distancia máxima de enlace a 100 m. Para evitar también la radiación que produce el par trenzado sin blindaje (UTP) cuando se utilice este medio de transmisión se utiliza un código diferente, NRZ- III. Básicamente, es NRZ con tres niveles, subiendo y bajando niveles hasta llegar a los extremos. De este modo, baja la frecuencia máxima que soporta el par trenzado, reduciéndose las radiaciones.

La principal ventaja que aporta CDDI es la reducción en los costes de implantación de FDDI, sobre todo cuando se quiere hacer llegar FDDI hasta los terminales de usuario (FDDI- on-desk). Los terminales suelen estar ya cableados, por lo que sustituir el cobre por la fibra

óptica aparece como un coste innecesario en muchos casos. Además, los receptores y transmisores ópticos que emplea FDDI resultan demasiado caros frente a los dispositivos electrónicos que utiliza CDDI. Por lo demás, los cambios en el código no son relevantes y la reducción en la distancia máxima no es importante, puesto que CDDI se utilizaría dentro de los edificios, en los que las distancias suelen ser inferiores a esos 100 metros críticos.

4.1.4 FDDI II.

FDDI-II cambia el servicio que ofrece. Amplía SMT hasta completar el nivel de enlace. Ahora el nivel de red no ve un único canal de 100 Mbps sino que este canal se divide en 16 canales isócronos de 6,144 Mbps (WBC), y un canal de transmisión de paquetes, de 768 Kbps (PDG). Las tramas son de 0.125 ms y contienen intercalados los distintos canales. Inicialmente, se envían 2,5 bytes de preámbulo que sincronizan el reloj de 8 Khz. que inicia las tramas y 12 bytes de cabecera de la trama. Se envía el byte correspondiente al PDG. Luego se envía un byte de cada canal. Cuando se llega a un byte múltiplo de 8 en los WBC se vuelve a enviar 1 byte de PDG.

Usualmente, los testigos se pasan a través del PDG. Los WBC pueden subdividirse en canales menores, en funciones de las necesidades de las estaciones. Aparece ahora un nuevo tipo de tráfico, de prioridad mayor que el síncrono de FDDI, que es el tráfico conmutado. Hay dos testigos, testigo restringido y testigo sin restricciones. Dependiendo de las restricciones en tiempo de llegada de las tramas se utiliza una combinación de tráfico y testigos.

El rendimiento de FDDI se mide en dos aspectos: Retardo de las tramas en llegar a la estación destino y cantidad de datos que llegan a destino por segundo. Un primer parámetro de importancia es el TTRT. Si es pequeño, el testigo circula muy rápidamente, de modo que

el retardo es pequeño. Si es grande, el throughput es mayor, pero estaciones con mucha carga retrasan a las demás. Los valores típicos de TTRT rondan los 4 ms, según [2] o los 165 ms, según [6]. Otro factor a tener en cuenta es el tamaño de los paquetes. Si es grande, aumenta el throughput. Si es pequeño, disminuye el retardo.

4.2. Comparación con otros medios de comunicación.

La principal forma de distinguir las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de comunicación es comparándolos.

A continuación lo haremos, primero el cable coaxial, como sabemos es un cable cubierto por una malla protectora la cual protege a la transmisión de perturbaciones tanto eléctricas como físicas (clima, roedores, etc.) por esta parte esta bien pero recordemos que la fibra óptica igual esta protegida contra este tipo de interferencias, el cable coaxial principalmente es utilizado para redes LAN debido a su limitante de distancia la cual es de segmentos con un máximo de 185 metros, en cambio la fibra óptica puede llegar a cubrir longitudes de 50 km, la velocidad de transmisión también es otra ventaja de la fibra óptica, también hay que tomar en cuenta el peso del cable y la cantidad que se usa para la instalación de cada una, la fibra óptica supera por mucho en esto al cable coaxial a continuación veremos una tabla 4.1 de comparación.

CARACTERISTICAS	FIBRA OPTICA	CABLE COAXIAL
Longitud de la bobina (Mts)	2000	230
Peso (Kg./km)	190	7900
Diámetro(mm)	14	58

Radio de curvatura (cms)	14	55
Distancia entre repetidores (kms)	40	1.5
Atenuación (dB/km) para un sistema de 56 Kbps	0.4	40

Tabla 4.1 Fibra óptica vs cable coaxial.

4.2.1 Ventajas de la fibra óptica vs microondas y el cable de cobre.

Un análisis comparativo de la fibra óptica con las microondas y el cobre nos demuestra lo siguiente:

La fibra óptica opera con una velocidad de 2.5Gbps, mientras que el cobre a 1.54Gbps y las microondas a 1Gbps. Además, transmite más información con menos espacio, 1/4 lb de fibra óptica transmite lo que 33 ton de cobre. La fibra óptica garantiza una trayectoria sin obstrucciones, mientras que el polvo y otros factores ambientales degradan los servicios por microonda.

Los servicios sobre cobre no se pueden escalar o emigrar a altas velocidades, mientras que en la fibra óptica la escalabilidad es rápida y sin límites.

El costo de la tecnología de fibra óptica es menor que la de cobre, debido a la gran demanda que ha tenido en los últimos años. Lo mismo aplica para los costos de actualización, ya que la tendencia en el uso de la fibra óptica acelera la obsolescencia de los servicios sobre cobre.

4.2.2 Fibra óptica vs comunicación por satélite.

Ventajas de la fibra óptica.

- Gran ancho de banda
- Inmunidad a la interferencia y ruido
- Bajo costo inicial en equipo de comunicaciones

- No requiere personal especializado
- No hay costos por el mantenimiento de la línea.
- No usa el espectro radioeléctrico
- No existe retardo

Ventajas vía satélite.

- Gran ancho de banda
- Gran cobertura nacional e internacional, incluyendo las zonas rurales.
- Costo insensible a la distancia

Desventajas de la fibra óptica.

- Cobertura limitada (del cableado)
- Alto costo de operación mensual
- Costos dependientes de la distancia
- Requiere contratación de la línea ante una compañía telefónica
- No es accesible para las áreas rurales, debido a su costo y la cantidad de fibra que se tendría que instalar.

Desventajas vía satélite.

- Costo de operación mensual muy alto.
- Retardo de 1/2 segundo
- Inversión inicial en equipo de comunicaciones muy costoso (estaciones terrenas y demás dispositivos).
- Muy sensible a factores atmosféricos

- Sensible a la interferencia y ruido
- Sensible a eclipses
- Requiere de personal especializado
- El mantenimiento corre a cargo del usuario
- No recomendable para aplicaciones de voz
- Hace uso del espectro radioeléctrico

Con la comunicación satelital la principal ventaja de la F.O. es la accesibilidad, ya que el coste es mucho mas alto en la comunicación satelital ya sea por el equipo o por el ancho de banda que se ocupa y en satélites es muy alto el precio por este ancho de banda, así como requiere de un personal mas especializado en el manejo del equipo.⁵

4.3 Internet por fibra óptica.

El servicio de conexión a Internet por fibra óptica, derriba la mayor limitación del ciberespacio: su exasperante lentitud. El propósito del siguiente artículo es describir el mecanismo de acción, las ventajas y sus desventajas.

Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia. El ciberespacio es un mundo lento hasta el desespero. Un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.

Esto se debe a que las líneas telefónicas, el medio que utiliza la mayoría de los 50 millones de usuarios para conectarse a Internet, no fueron creadas para transportar videos, gráficas, textos y todos los demás elementos que viajan de un lado a otro en la red.

⁵ Comentario personal hecho después de leer un artículo en “La jornada”.

Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.

La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps (velocidad que alcanza en Santa Fe de Bogotá), impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28.000 o 33.600 bps.

Otra ventaja del servicio es que el acceso a Internet es inmediato. En la conexión por línea telefónica, el usuario debe esperar a que su PC marque el número del teléfono de su proveedor a la Red; si la línea está ocupada, el proceso puede tomar varios minutos y, en algunos casos, horas. A través de la fibra óptica, la persona sólo activa su *browser*, y ya está conectada a Internet (*browser* u ojeador es el programa que se utiliza para navegar por la Red).

Un beneficio más: como no es por teléfono, no se le 'caerá' la llamada. Es común que luego de llevar varias horas bajando un *software* de Internet, se caiga la llamada y sea necesario reiniciar todo el proceso. Con la fibra óptica eso no sucede. La conexión es directa y permanente. Adicionalmente, la línea de teléfono no estará ocupada mientras navega.

Un punto más a favor: un hogar u oficina pueden conectar hasta ocho computadores al mismo tiempo, usando la misma conexión.

Las desventajas del servicio de fibra óptica son: la limitación para conectarse a Internet desde más de un lugar, el costo inicial y una cuota mensual más alta.

Como la conexión se realiza por la línea de fibra óptica que pasa cerca a su hogar, únicamente esa persona se puede conectar a Internet cuando está en él. Por el sistema

convencional, en cambio, no hay limitación. Como hay líneas telefónicas en cualquier sitio, un usuario puede navegar desde su casa, la oficina, un hotel, un teléfono celular.

Igualmente, sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica. El costo inicial es otro obstáculo. Por el sistema tradicional, la persona sólo requiere un PC y un módem (el aparato que permite a los computadores comunicarse por la vía telefónica). Un módem cuesta entre 1000 y 2000 pesos y la mayoría de los PC vienen con uno incluido (o sea que no tendrá que comprarlo). En el caso de la fibra óptica, es necesario comprar un cable-módem, el equivalente al módem en el otro sistema, y una tarjeta de red para el PC, que cuestan 5000 y 1000 pesos, respectivamente.

Adicionalmente, se debe pagar por la conexión inicial: entre 450 y 1000 pesos. En el otro sistema no debe pagar porque la línea telefónica ya está en su casa. La mensualidad también es más alta para la conexión con fibra óptica: la mayoría de las empresas que ofrecen este servicio, no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes. Esto cuesta entre 600 y 2200 pesos, dependiendo del plan a que se acoja. Por su parte, en la conexión por línea telefónica, hay diversos planes y precios, entre ellos los de varias empresas que permiten conectarse, sin límite de tiempo, por 300 o 400 pesos al mes. Viendo lo anterior nos damos cuenta que si queremos contar con Internet de alta velocidad a través de fibra óptica nos costara un poco ya que no es económico, pero viéndolo desde el punto de vista de una empresa o industria este sería muy beneficioso y vendría a ser un servicio muy rentable gracias a las ventajas que esto nos daría.

4.4 Protocolos de comunicación por fibra óptica.

Como vimos en el capítulo 2 existe la tecnología MPLS y GMPLS para la comunicación a través de fibra óptica, pero estas no son las únicas a continuación veremos los otros protocolos que se utilizan en las redes ópticas.

Estos son DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) y SONET/SDH SONET (Synchronous Optical Network) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Mencionaremos sus principales características de funcionamiento sobre las redes ópticas.

4.4.1 El estándar SONET/SDH.

Por primera vez, las capacidades de las redes de datos han sobrepasado a las capacidades de las redes de voz. Conforme crecen Internet y sus aplicaciones, también lo hace la demanda de conectividad y velocidades de red más rápidas. En respuesta a estas demandas, surgieron estándares como SONET (Synchronous Optical Network) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy), los cuales continúan hoy día creciendo y evolucionando.

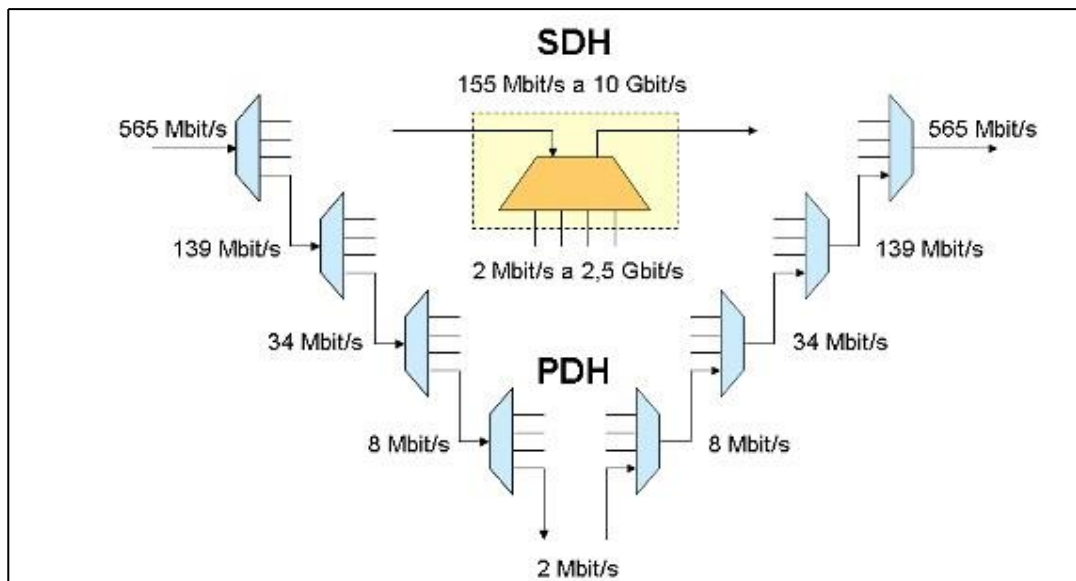


Figura 4.2 Acceso al tráfico en PDH frente a SDH.

Las tramas y señales de los distintos niveles de la jerarquía SONET se obtienen mediante multiplexado síncrono a nivel de bytes. Estas señales se conocen con el nombre de STS-n (señal de transporte síncrona de nivel n) donde $n = 1, 3, 12, 48, 192$. Por otro lado y en el caso de SDH, las señales se conocen con el nombre de STM-n (módulo de transporte síncrono de nivel n), donde $n = 1, 4, 16, 64$. Los niveles estándar de las jerarquías SONET y SDH se resumen en la tabla 4.2. En este caso, una señal STS-n (STM-n) se obtiene por entrelazado de bytes de n señales STS-1 (STM-1) en un único paso, sin necesidad de multiplexado recursivo como ocurría con PDH (en la figura 4.2 se muestra una comparativa entre ambos sistemas). Dado que todos los terminales de la red disponen de una referencia de reloj estable, no son necesarios ningún tipo de bits de relleno o de trama durante el multiplexado de señales. Esto aumenta la eficiencia, ya que la tasa binaria de una señal STS-n (STM-n) es exactamente n veces la tasa binaria de una señal STS-1 (STM-1). Al mismo tiempo, las señales STS-1 (STM-1) pueden extraerse directamente sin necesidad de tener que demultiplexar la señal STS-n (STM-n) completa.

Nivel SONET	Nivel SDH	Tasa de línea (Mbit/s)
STS-1	-	51,84
STS-3	STM-1	155,52
STS-12	STM-4	622,08
STS-48	STM-16	2488,32
STS-192	STM-64	9953,28

Tabla 4.2 Jerarquías SONET/SDH. (Obtenido en [25]).

Sin embargo, todo lo comentado con anterioridad no impide que el sistema SONET/SDH pueda acomodar aplicaciones con velocidades diferentes (incluso el transporte de señales PDH). Por ejemplo, la señal STS-1 está pensada específicamente para proporcionar el transporte de una señal T-3. Por otro lado, las señales de menor velocidad como T-1 y T-2 pueden transportarse en el interior de una trama STS-1 destinando una porción de la misma que se conoce como tributario virtual (virtual tributary, VT). En la tabla 4.3 se indican tres tamaños posibles de VTs.

Tipo	Señal transportada	Tasa binaria (Mbit/s)
VT-1.5	1 T-1 (1,544 Mbit/s)	1,728
VT-2	1 E-1 (2,048 Mbit/s)	2,304
VT-6	1 T-2 (6,312 Mbit/s)	6,912

Tabla 4.3Tributarios virtuales. (Obtenido en [25]).

Para acomodar diferentes tipos de VTs de una forma eficiente, la trama STS-1 se divide en siete secciones. Cada una de estas secciones puede contener un VT-6, tres VT-2s o cuatro VT-1.5s. Gracias a la información proporcionada por unos punteros, se puede acceder a estos VTs de forma individual e independiente en el interior de la trama STS-1. Un puntero colocado en una determinada posición de la trama STS-1 identifica la posición del primer byte del VT. Para poder compensar las desviaciones presentes en los relojes de los sistemas PDH, los VTs pueden desplazarse independientemente en la trama STS-1. No obstante, su posición exacta queda siempre determinada por el correspondiente puntero. Por lo tanto, esta mejora en la accesibilidad facilita las labores de conmutación y de extracción de los niveles VT más finos. Finalmente, SONET también permite la concatenación de varias

tramas STS-1 para proporcionar la capacidad de transporte demandada por otras señales de alta velocidad tales como DBDQ, ATM o FDDI. La concatenación se realiza en múltiplos de STS-3c o STS-12c (el sufijo se coloca para realizar esta diferenciación).

Las altas velocidades de transmisión del sistema SONET/SDH son posibles gracias a la utilización de fibra óptica como medio de transporte. Los equipos terminales SONET/SDH convierten una señal eléctrica STS-n (o la correspondiente señal STM) en una señal óptica OC-n (optical carrier) con la misma velocidad. La señal OC-n se transmite entonces sobre fibra óptica monomodo, pudiendo viajar unos 40 km sin necesidad de regeneración o amplificación.

Una conexión de fibra extremo a extremo entre dos terminales SONET se puede descomponer en tres capas jerárquicas: la capa de ruta (path layer), la capa de línea (line layer) y la capa de sección (section layer). Esta estructura se representa de forma esquemática en la figura de abajo. Los elementos de terminación de ruta (Path Terminating Element, PTE) delimitan una ruta. Esta ruta está compuesta de varias líneas situadas entre diferentes nodos de red. Por último, cada una de estas líneas consta de diferentes secciones de repetición colocadas entre regeneradores o amplificadores (Figura 4.3).

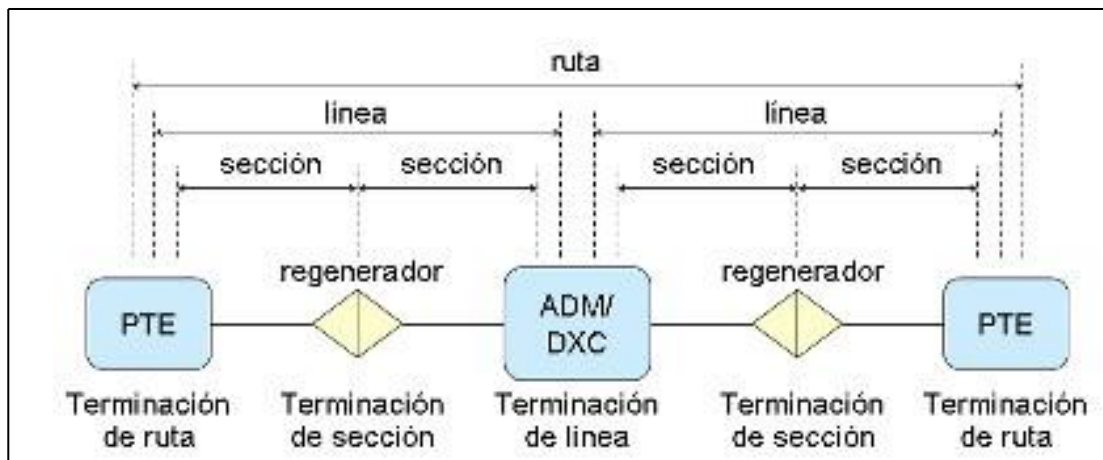


Figura 4.3 Capas en SONET/SDH.

Aunque el estándar SONET/SDH para redes ópticas fue establecido hace más de 10 años, la tecnología y la velocidad de las redes ópticas han ido evolucionando constantemente. Así, se puede hablar ya de señales OC-768 (40 Gbit/s), OC-1536 (80 Gbit/s) o incluso OC-3072 (160 Gbit/s), que no se encontraban definidas inicialmente en el estándar. De hecho, existen equipos comerciales que operan a algunas de estas velocidades, por lo que no se puede establecer todavía dónde se encuentra el límite de velocidad.

Una importante característica del estándar SONET/SDH es su capacidad de monitorizar la integridad de las señales digitales que alcanzan los nodos de la red. Aunque el mecanismo de monitorización es intrusivo y requiere conversión opto electrónica, detecta y aísla rápidamente posibles fallos en la red. Al mismo tiempo, durante una pérdida de señal, de trama, o cualquier otro fallo, SONET/SDH proporciona ancho de banda adicional para el transporte de señales de alarma que puedan restaurar la situación.

Dada la gran cantidad de tráfico que circula por las fibras ópticas, cualquier corte de la línea o fallo de un nodo sería catastrófico si no fuera porque la rápida restauración del servicio es una parte integral de las estrategias de diseño y operación de la red. SONET/SDH también mejora la gestión de la red proporcionando canales de datos OAM&P (Operations, Administration, Maintenance and Provisioning).

En definitiva, todas estas medidas contribuyen a reducir los desplazamientos de personal de mantenimiento y de este modo reducir grandes costes a los operadores de servicio.

4.4.2 Estandar DWDM.

La introducción de nuevos servicios de valor añadido tales como vídeo bajo demanda o aplicaciones multimedia requiere de una gran cantidad de ancho de banda para satisfacer las

necesidades de los usuarios. Las soluciones que tienen los proveedores de servicio para satisfacer este aumento de la demanda de tráfico son diversas. Por una parte pueden instalar más fibra, aunque ésta es una solución cara y en algunos casos inviable. Otra solución consiste en utilizar técnicas de multiplexación por división en el tiempo (TDM), donde el aumento de capacidad se consigue por medio de ranuras de tiempo más pequeñas que permiten transmitir mayor cantidad de bits (datos) por segundo. Esta tecnología ha sido utilizada en las redes de transporte basadas en los estándares SDH/SONET. No obstante, el principal problema al que se enfrentan los proveedores de servicio es el relacionado con el salto a una capacidad mayor. Basándose en la jerarquía SDH, la capacidad inmediatamente superior a los 10 Gbit/s son los 40 Gbit/s, por lo que se obtiene más capacidad de la que pudiera necesitarse en un principio, con el correspondiente desembolso económico pues hay que actualizar todos los transmisores y receptores del sistema.

Finalmente, la tercera alternativa consiste en DWDM, que permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte de las redes existentes. Por medio de multiplexores, DWDM combina multitud de canales ópticos sobre una misma fibra, de tal modo que pueden ser amplificados y transmitidos simultáneamente. Cada uno de estos canales, a distinta longitud de onda, puede transmitir señales de diferentes velocidades y formatos: SDH/SONET, IP, ATM, etc. Es decir, DWDM puede multiplexar varias señales TDM sobre la misma fibra. Las redes DWDM futuras se espera que transporten 80 canales OC-48/STM-16 de 2,5 Gbit/s (un total de 200 Gbit/s), ó 40 canales OC-192/STM-64 de 10 Gbit/s (un total de 400 Gbit/s), la capacidad equivalente a unos 90.000 volúmenes de enciclopedia por segundo. A diferencia del sistema WDM convencional, en este caso todas las portadoras ópticas viajan por la fibra con separaciones inferiores a 1 nm.

Una de las principales ventajas de los sistemas DWDM es su modularidad, la cual permite crear una infraestructura que se basa en añadir nuevos canales ópticos de forma flexible en función de las demandas de los usuarios. Así, los proveedores de servicio pueden reducir los costes iniciales significativamente, al tiempo que desarrollan progresivamente la infraestructura de red que les servirá en el futuro.

Sin embargo, la revolución de los sistemas DWDM no hubiese sido posible sin las características clave de tres tipos de tecnología:

1. La capacidad que poseen los diodos láseres de emitir luz a una longitud de onda estable y precisa con un ancho de línea espectral muy estrecho.
2. El formidable ancho de banda de la fibra óptica (varios THz), el cual no ha sido aprovechado completamente durante tiempo.
3. La transparencia de los amplificadores ópticos de fibra (EDFA) a las señales de modulación y su habilidad para amplificar de forma uniforme varios canales simultáneamente.
4. Los rápidos avances producidos en DWDM en los últimos años, junto con la creciente demanda de servicios de alta velocidad y gran ancho de banda, están provocando cambios sustanciales en las arquitecturas de las redes ópticas. Así, la tecnología DWDM se está expandiendo progresivamente desde el núcleo de las redes ópticas de alta velocidad hacia las redes metropolitanas y de acceso. Y todo ello provocado por el éxito alcanzado por las soluciones DWDM de largo alcance que han permitido un aumento espectacular en la capacidad de las redes ópticas de transporte.”

La primera generación de redes WDM surgió para aliviar el problema del agotamiento de capacidad de las redes SDH/SONET, y tal y como se ha comentado, consistía simplemente en combinar múltiples longitudes de onda en una misma fibra. El número de canales era pequeño (del orden de 16) y la protección se realizaba en las capas 2 ó 3.

La segunda generación de redes metropolitanas DWDM dobla el número de canales e introduce protección de anillo, permitiendo que los proveedores de servicio proporcionen servicios basados en longitud de onda. Adicionalmente, las arquitecturas de red que emplean DWDM de segunda generación soportan interfaces multiservicio protegidos, tales como Gigabit Ethernet, ESCON y SDH/SONET. Si bien estas mejoras son enormes en comparación con las redes SDH/SONET convencionales, la segunda generación de redes posee limitaciones en cuanto a capacidad, coste, escalabilidad y gestión de red. La conmutación entre múltiples anillos metropolitanos se realiza de forma centralizada y las longitudes de onda se demultiplexan antes de ser conmutadas/enrutadas de forma individual. Esto da lugar a conmutadores con un gran número de puertos (por ejemplo, 1024 x 1024) para poder gestionar el tráfico entre anillos, resultando en costes elevados. Adicionalmente, la mayoría de OXCs existentes realizan conversiones opto electrónicas a la entrada y a la salida del conmutador debido a la falta de estándares de interconexión de longitudes de onda en entornos donde existen equipos de múltiples fabricantes.

Finalmente, las redes ópticas de tercera generación se caracterizan por ofrecer gestión dinámica de las longitudes de onda directamente en el dominio óptico, proporcionando ventajas significativas con respecto a la segunda generación de redes. Asimismo, el número de canales es mayor y existe una monitorización de prestaciones más sofisticada que se

realiza sobre cada canal óptico. Por medio de láseres sintonizables y filtros, junto con tarjetas de interfaz de múltiples velocidades, se puede realizar la gestión dinámica de longitudes de onda en el dominio óptico de una forma rápida y eficiente. Sin embargo, la clave para ganar clientes consiste en su habilidad para proporcionar nuevos servicios o cambiar la capacidad de los existentes de forma rápida.

CAPITULO 5

CAPITULO 5. Fibra óptica en la actualidad.

En la actualidad es espectacular la forma en que la fibra óptica ha ganado terreno en el área de las telecomunicaciones, debido a la capacidad de transmitir grandes cantidades de información con mínimas pérdidas o requerimientos de potencia. Las fibras ópticas son guías de luz que tienen el grosor de un cabello humano y transmiten la información a grandes distancias por medio de ondas luminosas y no mediante electricidad, lo que evita la interferencia de ruido eléctrico y degradación de la señal.

Las enormes ventajas de la fibra óptica, en comparación con los cableados de cobre y las transmisiones satelitales, la hacen ser la mejor opción para realizar enlaces de larga distancia. En la actualidad, la mayor parte de las comunicaciones intercontinentales se realizan mediante cables ópticos submarinos que, depositados en el fondo de los océanos, tejen una verdadera red alrededor del planeta.

Aunque existen actualmente ciudades en el mundo, particularmente en Japón y Estados Unidos, donde la fibra óptica ya llega a los hogares, resulta difícil pensar que en un futuro cercano se lograrán tener conexiones de fibra óptica en el hogar como una práctica común, debido a la inmensa infraestructura de las redes de cobre actuales.

La sustitución de las redes de cobre no se prevé a corto ni mediano plazos. No obstante, la espina dorsal de las telecomunicaciones ya está constituida casi en su totalidad por fibra óptica.

Actualmente se está llevando a cabo una transformación en muchos lugares del mundo y se están cambiando líneas eléctricas por fibras ópticas, como en los cableados telefónicos en las ciudades. Las fibras ópticas están reemplazando a los conductores de cobre debajo de las calles y en las profundidades de los océanos.

La transmisión de comunicaciones por medio de fibras ópticas ha tenido ya un impacto tremendo en el manejo de transmisión de información. Ya se vislumbra que los sistemas con fibras ópticas operen a velocidades extremadamente altas, lo que incrementará en forma extraordinaria sus capacidades; por ejemplo, será posible que un par de fibras tenga capacidad para conducir 50 mil llamadas telefónicas simultáneas.

Se ha complementado el sistema de transmisiones con base en fibras ópticas con el desarrollo de láseres microscópicos, como fuentes de luz. Los primeros láseres pequeños, fabricados con materiales semiconductores, que fueron construidos en la década de los setenta, eran del tamaño de un grano de sal de mesa y se pudieron adaptar fácilmente a las fibras ópticas.

Los láseres semiconductores son aún más pequeños. Dos millones de ellos caben en un bloque del tamaño de una uña. En los circuitos electrónicos las conexiones tradicionales hechas con cables metálicos se están reemplazando por fibras ópticas y láseres semiconductores como fuentes de radiación. Sin embargo, una vez que la luz sale de la fibra, se necesita reconvertirla en señal eléctrica para alimentarla a los dispositivos electrónicos que usan electricidad. Por ejemplo, las conexiones entre chips de computadoras se pueden hacer por medio de fibras ópticas.

Hasta el momento las líneas telefónicas con fibras ópticas que se han colocado en muchas ciudades solamente conectan un poste con el siguiente, y del poste al hogar o la oficina todavía hay cableado con alambres que conducen electricidad. Una vez que éstos se cambien por fibras ópticas, hecho que a la larga ocurrirá, aumentará mil veces la capacidad de información y se podrán hacer cosas como comprar por medio de la televisión, instalar videófonos, que no solamente transmiten la voz, sino también envían imágenes,

De la misma forma en que las fibras ópticas han iniciado la transformación radical de las comunicaciones, también han empezado una revolución en algunos aspectos de la medicina. Por medio de estas fibras se ha abierto una ventana hacia los tejidos del cuerpo humano. Insertando fibras ópticas a través de aberturas naturales o pequeñas incisiones, y ensartándolas a lo largo de arterias u otras trayectorias, los médicos pueden observar los pliegues del intestino, las cámaras del corazón y muchas otras regiones antes inaccesibles.

La primera aplicación médica de las fibras ópticas fue en sistemas de imágenes, llamados fibroscopios, y se llevó a cabo en 1957 por Basil L. Hirschowitz y Lawrence Curtis, de la Universidad de Michigan. Ellos construyeron el primer fibroscopio para observar el estómago y el esófago.

A partir de esa fecha los dispositivos se han refinado de tal forma que pueden inspeccionar prácticamente cualquier órgano o sistema del cuerpo humano.

Las fibras ópticas usadas en medicina han sido incorporadas en el fibroscopio, compuesto por dos manojos de fibras ópticas. Uno de ellos conduce luz visible y sirve para iluminar el tejido bajo escrutinio, y el otro se utiliza para transmitir la imagen.

El manajo que ilumina recibe la luz de una fuente de alta intensidad y a la salida ilumina el tejido. La luz reflejada se recoge en el otro manajo, que la transmite a algún medio que la transforma en una imagen de televisión o en una fotografía.

Se ha añadido al fibroscopio otro manajo de fibras ópticas que transmite radiación de láser con el fin de realizar alguna operación, como la eliminación de bloqueos de una arteria. Si este bloqueo no es tratado, produce un ataque mortal al corazón. Por medio del manajo de iluminación el médico puede ver la placa que bloquea la arteria. Entonces se acciona un globo elástico con el fin de impedir el flujo de sangre mientras dura la intervención. En seguida se envía un haz de radiación de láser por el tercer manajo de fibras ópticas, que por ser energético vaporiza la placa y destruye el bloqueo. Posteriormente se desinfla el globo y se restablece la circulación. De esta manera se puede remover el bloqueo sin necesidad de operaciones peligrosas y costosas.

Una importante aplicación de las fibras ópticas en la medicina ha sido la de proveer energía de radiación láser dentro del cuerpo, directamente a los órganos de interés, para realizar cirugía y terapia, eliminando en gran medida los procedimientos invasivos en los cuales tejidos sanos se deben cortar o eliminar con el fin de poder llegar al lugar de la enfermedad, como ocurre con las operaciones tradicionales. Así, con ayuda de las fibras ópticas ya empieza a ser posible el tratamiento de tumores y cánceres, pues se destruyen las células malignas sin dañar los tejidos vecinos.

En varios laboratorios del mundo, por ejemplo en ATT Bell Laboratories de Estados Unidos, se está llevando a cabo un notable esfuerzo de investigación para construir dispositivos que

realicen con fotones, o sea con luz, funciones que hasta ahora se han logrado con medios electrónicos, como en los amplificadores, rectificadores, transistores, etcétera.”⁶

5.1 Fibra óptica sobre cable coaxial.

Las subestaciones de transmisión y subestaciones receptoras de energía eléctrica están interconectadas por líneas de transmisión. En la parte superior de cada una de las torres llevan un hilo de guarda, cuya función es proteger a las líneas contra descargas. Esta protección consiste en interceptar las descargas atmosféricas y conducir las a tierra por medio de un conductor conectado a tierra. El hilo de guarda se instala en la parte más elevada de la torre de transmisión y subestación. Pero ¿qué tiene que ver esto con la fibra óptica? Mucho en verdad, pues estos hilos de guarda llevan en su interior fibras ópticas que le permiten a la Comisión Federal de Electricidad establecer una red de telecomunicación confiable, rápida y económica, a través de cualquier línea aérea de alta tensión.

El cableado denominado CGFO cumple con la función del cable de tierra tradicional y además el de sistema de telecomunicación económico y de alta capacidad, ya que soporta las necesidades de comunicación de esta compañía y aporta, al mismo tiempo, una gran capacidad extra para otras aplicaciones u operadores de telecomunicaciones. En la actualidad, la CFE cuenta con 2,500 kilómetros de líneas de fibra óptica. Algunas de las empresas que rentan su infraestructura son Avantel, IUSACELL y Elektra. La tecnología CGFO emplea fibras de tipo monomodo y multimodo, las primeras se utilizan en cables submarinos e interurbanos a 140 y 565 Mb/s; las segundas en distribución de televisión, transmisión de datos, redes locales y punto a punto y otras aplicaciones. El “núcleo óptico” es un tubo holgado, relleno de gel (absorbente de hidrógeno) y protegido de la temperatura. La

⁶ Resumen personal hecho después de leer el artículo de Cuauhtemoc Valdiosera “El impacto de la fibra óptica” publicado en selecciones reader’s digest de junio del 2005.

parte metálica la conforma un tubo de aluminio y una o dos capas de hilos del mismo metal o acero.

Otras aplicaciones de la fibra óptica en CFE son los medidores de campo eléctrico vectorial, diseñados y construidos por el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Mediante la técnica de transmisión de información por fibra se realizan mediciones de alta interferencia electromagnética para evaluar el estado de aislamiento interno de transformadores de corriente, empleados en alta tensión y en otros equipos de potencia. También se ha trabajado en la aplicación de fibras para la medición de voltaje y corriente en plantas eléctricas, donde se requiere controlar, supervisar y registrar la generación, transmisión, distribución y venta de energía. La mayor parte de las mediciones en sistemas de potencia se basa en la utilización de transformadores de voltaje y de corriente. Sin embargo, mientras los sistemas de potencia se extienden y conectan de manera compleja y los voltajes de operación se incrementan, la tecnología convencional presenta limitaciones como su alto costo, entre otras. Es por ello que el IIE desarrolló sensores ópticos, con alta confiabilidad y bajo costo, para medir todas las variables encontradas en sistemas eléctricos de potencia.

5.2 Aplicaciones de la fibra óptica.

5.2.1 Internet.

La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28 000 033 600 bps.

5.2.2 Redes.

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí por unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

5.2.3 Telefonía.

Con motivo de la normalización de interfaces existentes, se dispone de los sistemas de transmisión por fibra óptica para los niveles de la red de telecomunicaciones públicas en una extensa aplicación, contrariamente para sistemas de la red de abonado (línea de abonado), hay ante todo una serie de consideraciones.

Para la conexión de un teléfono es completamente suficiente con los conductores de cobre existentes. Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, entre otros, la fibra óptica se hará imprescindible para el cliente.

5.2.4 Medicina.

La fibra óptica flexible es comúnmente utilizada en el diagnóstico de la patología laringotraqueal, pero son más sus limitaciones que sus ventajas y su uso se debe reservar para casos muy específicos.

5.2.4.1 Ventajas:

Permite visualización en los casos en los cuales el espejo laríngeo o un endoscopio rígido no son útiles. Es fundamental en la valoración de la rinofaringe y el velo del paladar, así como en la evaluación de alteraciones neurológicas de la faringe y la laringe. Es de gran utilidad en el estudio de lesiones subglóticas, el cual en casos seleccionados puede hacerse bajo anestesia local, teniendo en cuenta las recomendaciones que se dan más adelante juega un papel muy importante en casos de intubación difícil y es indispensable para la realización de la laringoplastia tipo I.

5.2.4.2 Desventajas:

La mayor desventaja que tienen los endoscopios flexibles es la distorsión de la imagen en un alto porcentaje, lo cual es un factor negativo en el diagnóstico, especialmente cuando hay lesiones pequeñas en los pliegues vocales. Acoplados a sistemas de video se pierde bastante calidad en la imagen y en ocasiones, en especial cuando hay imágenes de alto contraste se presenta interferencia, la cual genera unas líneas oblicuas en la pantalla del monitor que dificultan el proceso de observación. En conjunto con la luz estroboscópica la calidad de la imagen no es la mejor; se reportó la diferencia en la calificación del cierre glótico en estudios de estroboscopia comparando endoscopios rígidos y flexibles, y esto puede ser explicado por el tipo de lentes utilizados en cada endoscopio. En los endoscopios flexibles la óptica permite una visión tipo "gran angular", donde se obtiene una imagen

panorámica mejor pero con menor definición de detalles. Existe también el riesgo de desencadenar un laringoespasma por estímulo directo sobre las estructuras de la laringe, o producir lesiones de la mucosa. Es un instrumento frágil que puede descomponerse fácilmente si no se maneja correctamente.

Recomendaciones para el uso de la fibra óptica flexible:

1. Escoger un aparato *sin* canal de trabajo, dado que no es mucha la utilidad del mismo pero sí aumenta el diámetro de la fibra, la hace más firme, y como consecuencia más molesta para el paciente.
2. Reservar su uso para casos seleccionados: Cuando mediante laringoscopia indirecta o laringoscopios rígidos no sea posible la observación. Para estudio de lesiones subglóticas y en la realización de la laringoplastia tipo I como método de control de la adecuada ubicación del implante.
3. Para evaluación de lesiones subglóticas bajo anestesia local se requiere en primera instancia tener la seguridad de que el procedimiento no va a comprometer la vida del paciente, pues si existe una disminución significativa del diámetro de la vía aérea, se hace necesario asegurar la misma mediante la realización previa de una traqueostomía. En todo caso, el procedimiento debe ser explicado claramente al paciente, y se requiere de una muy buena anestesia tópica de la zona.
4. Para el diagnóstico en casos de disfonía es preferible utilizar otros métodos más precisos.

5.2.5 Sistemas de radio por fibra óptica.

Los sistemas radio sobre fibra óptica, caracterizados por combinar dispositivos de radiocomunicaciones con enlaces de fibra óptica, se espera que encuentren un rol cada vez más importante en las redes de telecomunicaciones. El futuro de las redes parece dirigirse hacia comunicaciones inalámbricas con una movilidad cada vez mayor, al tiempo que los operadores intentan, cada vez más, acercar su infraestructura de fibra óptica hacia las redes de acceso. En este sentido, los sistemas radio sobre fibra proporcionan la sinergia adecuada entre la óptica y la radio, permitiendo la fusión entre estos dos tipos de tecnología tan dispares.

Básicamente, los sistemas radio sobre fibra se aprovechan de la fibra óptica para transportar señales de radio directamente hasta un punto remoto de radiación en espacio libre (estación base). Dependiendo de la aplicación considerada, las señales radio pueden ser VHF, UHF, microondas o incluso ondas milimétricas. En cuanto a la fibra óptica, éste es el medio de transmisión ideal por varias razones. En primer lugar, sus bajas pérdidas (inferiores a 0,25 dB/km para 1550 nm) unido a la existencia de amplificadores ópticos de fibra dopada con erbio (EDFA) permite alcanzar grandes distancias. En segundo lugar, su inmunidad frente a las interferencias electromagnéticas. Y en tercer lugar, su gran ancho de banda de transmisión únicamente limitado por la dispersión cromática.

Entregando las señales de radio directamente, el enlace de fibra evita así la necesidad de generar la portadora de alta frecuencia en la estación base, el cual es normalmente un emplazamiento de difícil acceso. Para cualquier sistema de transmisión, cuestiones prácticas como tamaño, peso, fiabilidad, coste y consumo del equipamiento remoto son de vital importancia. Así, la gran ventaja de los sistemas radio sobre fibra es su aptitud para

concentrar la mayoría del equipamiento más costoso de alta frecuencia en un lugar centralizado (estación de control), permitiendo que el resto de equipamiento del emplazamiento remoto sea simple, ligero, de pequeño tamaño y bajo consumo. Esto redundará en una instalación más rápida y sencilla, con baja necesidad de mantenimiento y con mayor simplicidad en la provisión de potencia eléctrica. Al mismo tiempo, la centralización del equipamiento de alta frecuencia aumenta la flexibilidad y el potencial de reutilización o compartición entre otros usuarios. Y tan importante como todo lo anterior, la frecuencia radiada puede ser extremadamente estable, lejos de la influencia de las variaciones climáticas tan severas que pueden sufrir las estaciones base.

5.2.6 Otras aplicaciones.

Las fibras ópticas también se emplean en una amplia variedad de sensores, que van desde termómetros hasta giroscopios.

Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación, además del calor y el movimiento.

Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso. También se han desarrollado fibras que transmiten rayos láser de alta potencia para cortar y taladrar materiales.

Otros usos también son:

- La fibra óptica se puede usar como una guía de onda en aplicaciones médicas o industriales en las que es necesario guiar un haz de luz hasta un blanco que no se encuentra en la línea de visión.
- La fibra óptica se puede emplear como sensor para medir tensiones, temperatura, presión así como otros parámetros. Los sensores de fibra óptica son dispositivos del grosor de un cabello humano que ofrecen características muy atractivas para la medición. Entre estas características, se puede destacar que la fibra "es inmune a interferencias electromagnéticas, es un elemento no conductor de la electricidad, su tamaño es pequeño y, además, en el mismo cable de fibra se puede realizar la medición simultánea de varios parámetros, en el ámbito biomédico, los sensores se pueden utilizar para medir parámetros como la respiración humana, la acidez o el nivel de oxígeno y dióxido de carbono de la sangre; en el campo medioambiental, para medir la calidad de aguas o los escapes de gases en plantas que utilizan amoníaco o compuestos orgánicos volátiles nocivos; y, para medir la humedad, la temperatura o si existen escapes de gases
- Es posible usar latiguillos de fibra junto con lentes para fabricar instrumentos de visualización largos y delgados llamados endoscopios. Los endoscopios se usan en medicina para visualizar objetos a través de un agujero pequeño. Los endoscopios

industriales se usan para propósitos similares, como por ejemplo, para inspeccionar el interior de turbinas.

- Las fibras ópticas se han empleado también para usos decorativos incluyendo iluminación, árboles de Navidad.

Gracias al avance de la tecnología en fibra óptica hoy la podemos ver inmiscuida en casi todas las ramas de la tecnología, y debido a que la fibra óptica con este avance se convertirá en un medio de transmisión el cual bajara mucho su coste pronto todos podremos gozar de los beneficios de esta maravilla tecnológica, desde nuestro hogar, trabajo, escuela, etc. estaremos en contacto con la tecnología de fibra óptica.

En la actualidad la fibra óptica solo se utiliza en la medicina para realizar endoscopias y auxiliar al cirujano en intervenciones en lugares difíciles de acceder para las manos del hombre pero pronto se podrá ver el uso de la fibra óptica en la biomédica en desarrollos desde prótesis de extremidades las cuales se moverán gracias a la conexión del cerebro con un MODEM para fibra óptica como el desarrollo de venas y arterias artificiales las cuales tendrán una mayor duración que las actuales.

En Wisconsin también se esta desarrollando una cornea a partir de fibra óptica lo cual ayudara a las personas con desprendimiento o curvatura de cornea a recuperar la vista y sin la necesidad de utilizar un equipo estorboso o difícil de cargar para poder lograr tener visión una ves mas.

Estos son los principales usos generales de la fibra óptica además de las telecomunicaciones.

CAPITULO 6

CAPITULO 6. Aplicación de las redes de fibra óptica en la infraestructura de RED UNO.

6.1 *Introducción.*

Por principio de cuentas vamos a explicar lo que es RED UNO. RED UNO es el consorcio de Telmex el cual se encarga por medio de su red Uninet, de interconectar así como de brindar servicios de Internet, enlaces, voz sobre IP, así como la video conferencia, todo esto en todo el país, los bancos, aeropuertos, fabricas, empresas y diversos clientes que utilizan estos tipos de servicios logran la intercomunicación gracias a RED UNO.

Un ejemplo claro son los bancos los cuales que cuentan con sucursales en todo el país, y pueden tener contacto y comunicación entre ellas gracias a la infraestructura provista por RED UNO, todo esto significa un crecimiento continuo debido a las necesidades de estos clientes, por lo que cada día se trata de mejorar este servicio, es ahí donde entran las redes de fibra óptica, ya que se reduce tiempo de transmisión y aumenta la seguridad dentro de la red, en la actualidad la red Uninet abarca desde sur america hasta parte de EU teniendo enlaces con equipos tanto en LA como en Argentina, gracias a la fibra óptica y a su poca atenuación se pueden lograr estas conexiones.

6.2 Aplicación.

La aplicación de las redes de fibra óptica en la red Uninet se lleva acabo a través de la conexión de equipos Cisco los cuales para realizar este tipo de conexiones utilizan tarjetas POS (packet over sonet) que es el protocolo por el cual se logra la comunicación por fibra óptica. La conexión de éstas tarjetas se realiza mediante los puertos de la tarjeta principalmente tienen como destino otros puertos POS, cabe mencionar que tales conexiones no son directas ya que entre un equipo y otro la fibra se conecta a un panel de parcheo donde se realizan las conexiones, este tipo de conexiones se realizan muchas veces con un atenuador para ajustar la potencia tanto de recepción y transmisión, con el fin de lograr la interconexión. A continuación vemos la principal configuración que lleva una interfaz de tipo POS.

```
interface POS6/0/0
description ENLACE XXXXXXXXXX A bbint-dallas-bryan-X-posY/Y
bandwidth 10000000
ip address XXXX YYYY
no ip directed-broadcast
encapsulation ppp
load-interval 30
tag-switching ip
crc 32
pos flag s1s0 2
service-policy output STM64_bwrem
end
```

Como vemos en el ejemplo anterior las interfaces POS se utilizan para distintos tipos de enlaces tanto STM1-STM4-STM16, etc. Es la confiabilidad que nos da la fibra óptica para realizar conexiones a distancia y tener una atenuación muy baja, como se menciona anteriormente muchas veces se atenúa la señal por razones de seguridad de los puertos o simplemente para hacer funcionar el enlace. Las conexiones POS se realizan también para poder tener un acceso a Internet de manera mas efectiva, esto se realiza mediante los equipos Dial-up que son los equipos que dan la salida a los clientes hacia el servicio de Internet administrado por RED UNO, mencionaremos algunos ejemplos para el uso de las redes de fibra óptica. A continuación mencionaremos estos ejemplos.

6.2.1 Ejemplos de conexiones.

Para las conexiones que se utilizan en una LAN utilizamos la fibra óptica debido a la gran rapidez de transmisión que tiene, esto nos permite brindar una calidad del servicio de mayor rapidez y confiabilidad a continuación se muestra en la imagen una red LAN en la cual tenemos las conexiones hacia de los equipos que dan salida a los clientes hasta donde se da salida a la red administrada por RED UNO.

TOPOLOGIA NODO MONCLOVA-MONCLOVA

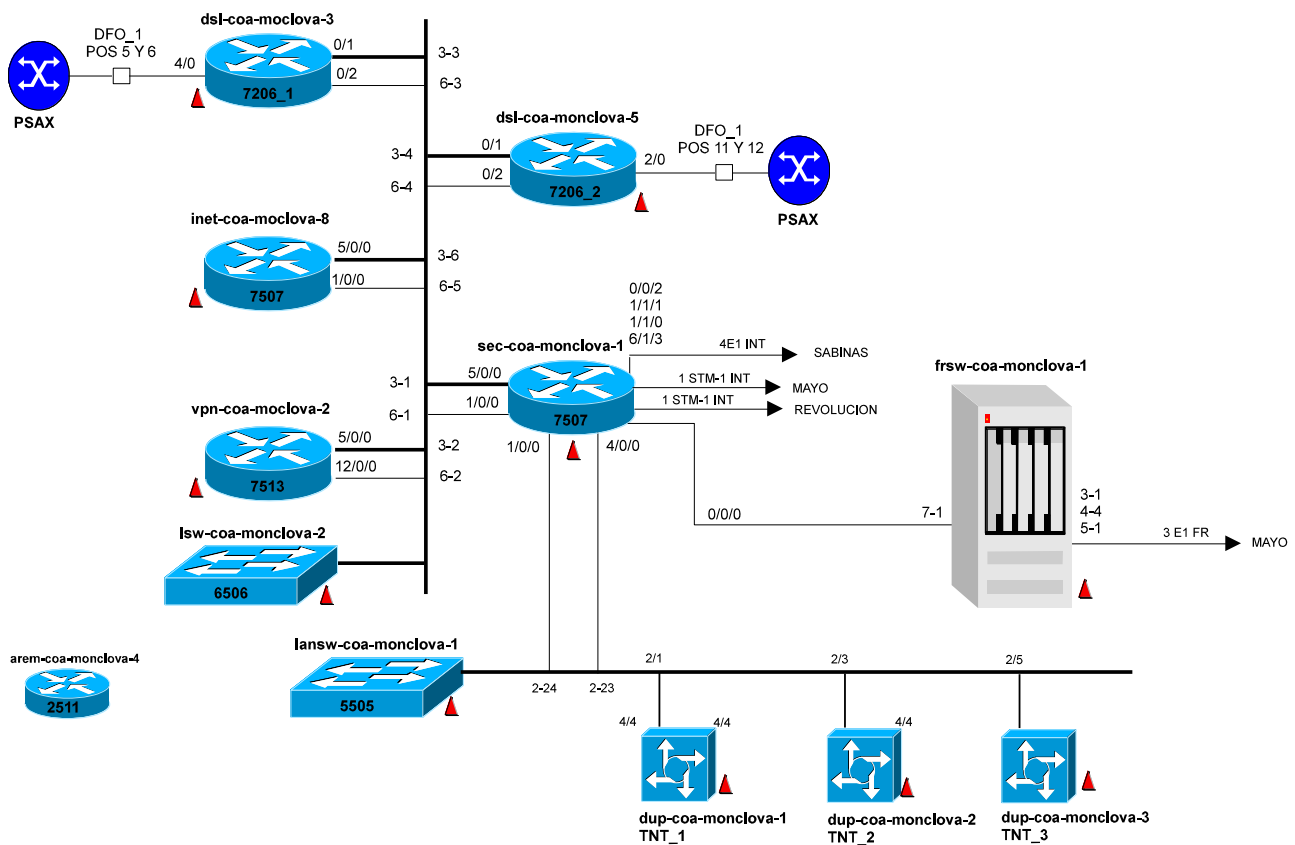


Figura 6.1 Ejemplo de conexiones en una red óptica.

Como podemos ver en la figura 6.1 tenemos conectados a la LAN tres equipos DUP (dial-up) en los cuales se tienen las conexiones de los clientes, de este modo se conectan a la LAN por un puerto cada uno de los equipos dial-up, como podemos ver estas conexiones van hacia el equipo lanswitch el cual recibe por medio de las conexiones todas las salidas de los dial-up, dentro del switch se separan las conexiones en VLAN's las cuales son asignadas debido al tipo de servicio que se va a utilizar, en la imagen nos muestra como dicha LAN tiene su salida por un equipo sectorial el cual es de una capacidad mayor a cualquier otro

equipo en la red, por lo que el lanswitch redireccióna la salida de los dial-up hacia el sectorial el cual les dará la salida hacia Internet.

La salida que tiene hacia Internet lo hace por medio de enlaces hacia los clúster principales de cada zona, el país se divide en tres clúster principales o mas bien se debería de decir zona, ya que dentro de estas zonas existen los equipo los cuales dan salida a toda un región del país.

La distribución de estas zonas se realiza de la siguiente manera:

Metro: Tiene sus dos salidas por los nodos de Nextengo y Vallejo, estos equipos dan salida a todo el centro del país y sur.

Occidente: Tiene sus dos salidas principales en los nodos de CTG y Tlaquepaque, las cuales dan salida a todos los nodos dentro de la zona de occidente.

Norte: Tiene sus salidas por los nodos de Revolución y Mayo, las cuales dan salida a toda la zona norte del país.

Cabe mencionar que entre éstos 6 nodos principales existen enlaces redundantes para poder tener gestión hacia ellos en cualquier momento, estos enlace son de fibra óptica para poder cubrir estas distancias y tener una mínima atenuación, con esto se demuestra una vez mas la confiabilidad de la fibra óptica para su uso en redes de computadores. Dentro de la red Uninet se manejan las conexiones así como los enlaces importantes por medio de fibra óptica, los equipos que dan salida a los nodos siempre son aquellos los cuales tienen un chasis con mayor o una mayor capacidad para soportar el servicio de fibra óptica. En la figura 6.2 se muestra como esta asignada la topología en el nodo de Uninet.

6.3 Utilización en IPTv.

En la actualidad se esta utilizando la fibra óptica para aumentar las expectativas de los usuarios así como la gama de servicios que se pueden ofrecer. Uno de estos servicios es la utilización de redes por fibra óptica para la transmisión de información y el envío de señal de video, lo cual es conocido como IPTv, este servicio permite al usuario y le da la posibilidad de obtener tanto el servicio de Internet o transmisión de datos así como la transmisión de video, todo esto por medio del mismo enlace o conexión. Este servicio es muy requerido por empresas las cuales tienen sucursales en puntos separados por una distancia considerable y requieren de un servicio de Internet o transmisión de datos de alta velocidad así como también pueden realizar video-conferencias o la transmisión de video en tiempo real.

Este tipo de aplicación permite al usuario poder adecuar el servicio de acuerdo a sus necesidades, esto le permite tener un mejor aprovechamiento del ancho de banda y de los recursos de su red.

Se preguntaran como puede realizarse esto si el usuario no es el que gestiona los equipos involucrados ni su enlace o conexión. Bueno esto es sencillo, al contratar el enlace o conexión el proveedor le ofrece un determinado ancho de banda pongamos por ejemplo un enlace STM 1 entonces se le pregunta al usuario que en este enlace por el cual se le dará el servicio de IPTv cual va ser su prioridad en el servicio, si quiere una transmisión de video excelente y una transmisión de datos buena o viceversa, dependiendo de las necesidades del usuario se adecua la conexión esto por medio de las QoS dando prioridad a uno de los servicios o simplemente teniendo los dos servicios con la misma calidad. Lo que hacen las calidades de servicios para dar prioridad a un servicio es segmentar la utilización del ancho de banda, esto quiere decir que si el usuario necesita una calidad de video mayor a la de la

transmisión de datos, se aplicara un QoS mayor para el trafico de video que para el trafico de datos, con la asignación de una mayor QoS para video implicara que se designe un mayor ancho de banda para la transmisión de este trafico dejando los datos en segundo plano en tanto a uso de ancho de banda, si el usuario deseara tener un mejor servicio de transmisión de datos y menor de video solamente se aplica la mayor QoS para el trafico de datos y uno menor para el video. También se puede realizar una nivelación en el uso del ancho de banda esto es aplicando la misma calidad de servicio para ambos servicios.

Últimamente se esta integrando la tecnología T-play que es la transmisión o el servicio de video, voz y datos, en los cuales al igual que como se comento anteriormente el uso o administración del ancho de banda se realizara mediante el uso de calidades de servicio adecuándose a las necesidades del usuario. Esto se logra integrando equipos que nos auxiliien a realizar la separación de los tipos de trafico algo así como un traductor o descompositor de trafico el cual separa el trafico de video y voz del trafico de datos para así redireccionarlos a su destino.

Para esto se utilizan equipos que nos ayuden a redireccionar el tráfico esto es una ventaja ya que podremos liberar la carga de tráfico de la conexión, estos equipos nos auxiliian para poder asignar un camino de trafico y de gestión para cada usuario si así se desea o para un grupo de usuarios, esto depende del requerimiento de cada usuario.

En el mercado actual se están utilizando equipos Alcatel para realizar esta función, estos equipos separan en dominios de VPLS las lanes para tener un mejor tratamiento de cada uno de los servicios. Para poder realizar esto se utilizan Vlan's asignadas a cada usuario para poder separar el tráfico de cada uno así como para poder establecer una gestión entre los equipos.

A continuación se muestra como se realizan dichas conexiones:

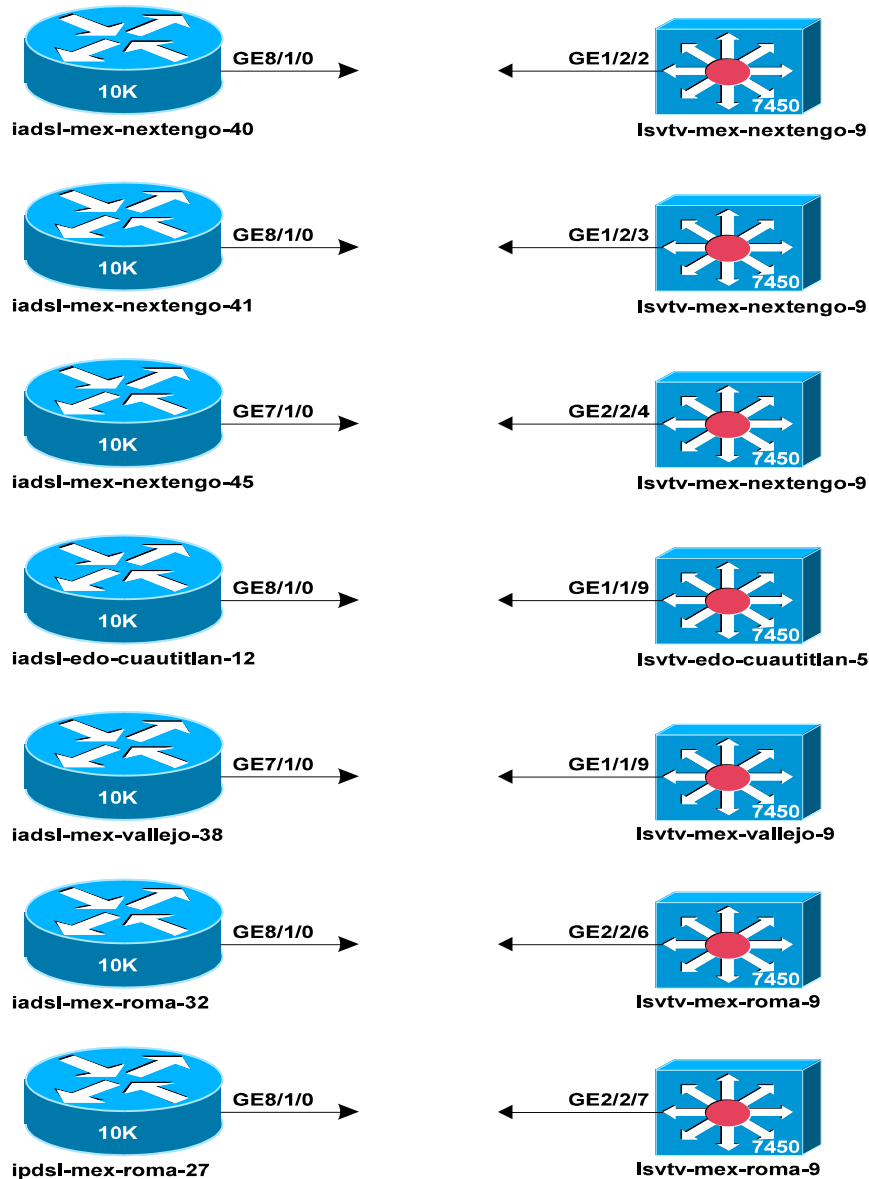


Figura 6.3. Ejemplo de conexiones IPTv.

Como se puede observar en la figura 6.3 las conexiones entre estos dos equipos se realizan mediante las interfaces gigabit, tales conexiones son las que hacen posible la transmisión de datos y video por la misma interfaz. Cabe mencionar que actualmente se está llevando a

cabo un proyecto para englobar las interfaces Giga en una sola, esto para ahorrar espacio en los equipos y para aumentar la transmisión y recepción en cuanto a velocidad.

En el caso de los equipos Alcatel los puertos Giga son usados como una referencia en el equipo de puerto de entrada de trafico, aquí es donde el uso de las Vlan's es esencial ya que asociamos el puerto a VPLS como una referencia de entrada y salida del tráfico del cliente, y por lo tanto se tiene que tener una concordancia en cuanto al identificador de Vlan para que el traspaso de tráfico se realice sin problemas.

Este tráfico de paso en los equipos Alcatel se entregan hacia los anillos ópticos de Telmex los cuales redireccionan las peticiones de los usuarios y su tráfico de entrada y salida, con esto podemos decir que el equipo el cual nos permite tener la capacidad de soportar la transmisión de video, voz y datos es el equipo Alcatel.

Esto nos da una muestra de lo que se espera para las tecnologías de T-play las cuales revolucionarán la transmisión de voz, datos y video, todo lo anterior en cuanto a rapidez y calidad.

CONCLUSIONES

En mi opinión la fibra óptica es recomendable para empresas ya que para pequeños usuarios debido a su elevado coste sería inaccesible, y no sólo por el coste de instalación sino también por el coste de las cuotas ya que también es elevado, además hay que tener la posibilidad de contar con una línea de fibra óptica cerca de tu hogar ya que si esto no es posible, no se puede realizar la instalación.

Después de realizar la investigación de este tema me pareció bien resumir todo en 5 conclusiones finales y son las que les muestro a continuación:

1. La historia de la comunicación a través de la fibra óptica revolucionó al mundo de la comunicación, con aplicaciones, en todos los órdenes de la vida moderna, lo cual constituyó un desarrollo tecnológico realmente importante.
2. El funcionamiento de la fibra óptica es un complejo proceso con diversas operaciones interconectadas las cuales en conjunto logran que ésta sirva como medio de transportación de una señal luminosa, ya sea por LED's o láser.
3. El transmisor, receptor y guía de fibra óptica, los cuales son dispositivos implícitos en este proceso, realizan una importante función técnica para la eficaz realización del proceso de comunicación por fibra óptica.

4. La fibra óptica tiene como ventajas indiscutibles, la alta velocidad al navegar por Internet, así como su inmunidad al ruido e interferencia, reducidas dimensiones y peso, y sobre todo su compatibilidad con la tecnología digital.

Sin embargo tiene desventajas como: ser accesible sólo para ciudades que cuentan con la instalación, el elevado costo, la fragilidad de las fibras y la dificultad para repararlas.

5. Actualmente se han modernizado mucho las características de la fibra óptica, en cuanto a coberturas más resistentes, mayor protección contra la humedad y un empaquetado de alta densidad, lo que constituye un adelanto significativo en el uso de la fibra óptica, alentando el desarrollo tecnológico alrededor del mundo.

Definitivamente los pequeños consumidores deberemos esperar a que el desarrollo de ésta tecnología avance un poco más y se logre la accesibilidad para todos, y entonces podremos beneficiarnos de las ventajas que ofrece la fibra óptica. Y lo que será una realidad más palpable en cuanto avance el desarrollo de la tecnología T-play ya que contará con precios accesibles a los usuarios así como la calidad en cuanto a la transmisión y recepción que hasta ahora sólo era privilegio de las grandes compañías o los usuarios más selectos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Martín Pereda, José Antonio "Sistemas y redes ópticas de comunicaciones" Prentice Hall.2002.
- [2] L. Berger, et. al, "Generalized MPLS - Signalling Functional Description",
- [3] E. C. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, "*Multiprotocol Label Switching Architecture*", Internet Draft, agosto 2004
- [4] C. Henry "Documentos de diseño de una red óptica" Prentice hall agosto 2003.
- [5] TORRES, Gabriel. "Redes de Computadores: Curso Completo." Axcel Books, 2001.
- [6] Néstor Gonzáles Sáenz, "Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos", McGraw-Hill, 1987
- [7] Butzman Varela Hugo Iván, Tesis "estudio comparativo en base a costos de un anillo Metropolitano de fibra óptica y un anillo metropolitano con tecnología fso (free space optic)"ITESM campus Monterrey, julio 2004.
- [8] Hernández Pérez Rosendo, Tesis "Análisis del acceso local de banda ancha" ITESM campus Monterrey, julio 2005.
- [9] Cardoso Ramos José, Tesis "Estudio del impacto social económico y tecnológico de la fibra óptica en México."ITESM campus Monterrey, diciembre 2004.
- [10] Gs Comunicaciones. "Tópicos en Telecomunicaciones redes de datos." Ed. Gs Comunicaciones, 1996.
- [11] Huidobro, Manuel; "Acceso y redes de Banda ancha". [En línea]. www.cibertele.com/nuevo/publicaciones/huidobro_02.pdf
- [12] Huidobro, Manuel. "Fundamentos de Telecomunicaciones." Ed. Parainfo, Primera edición, ISBN 84-283-2820-X, 2001.

-
- [13] Tittel, Ed "Redes de computadores" Schaum Mcgraw-Hill / interamericana de España, s.a.
- [14] Tanenbaum, Andrew S."Redes De Computadoras (4ª Ed.)" De Prentice Hall México 2003.
- [15] Gallo, Michael A. Y Hancock, William M. Thomson "Comunicación entre Computadoras y Tecnologías de Redes" Paraninfo, S.A. 2002.
- [16] Peter Norton "Redes y comunicación de datos" Editorial McGraw Hill Jul/1995.
- [17] José Daniel Sánchez Navarro "Tipos de redes" Editorial McGraw Hill Feb/1996.
- [18] Rubio Martínez "Introducción a la Ingeniería de Fibra Óptica" , Baltasar Ra-Ma 2004.
- [19] Bob Chomycz "Instalaciones de fibra óptica" Mcgraw-Hill ISBN: 8448114671.
- [20] José Martín Sanz: "Comunicaciones ópticas", ed. García, 2004.

REFERENCIAS

- [21] <http://isdn.ncsl.nist.gov/misc/hsnt/journals> (Consultada 2007- Vigente)
- [21] [22] <http://www.comsoc.org>(Consultada 2006- Vigente)
- [21] [23] <http://www.usuarios.isid.es>(Consultada 2006- Vigente)
- [21] [24] <http://www.cisco.com>(Consultada 2007- Vigente)
- [21] [25] <http://www.juniper.net/techcenter>(Consultada 2007- Vigente)
- [21] [26] <http://www.radioptica.com>(Consultada 2007- Vigente)
- [21] [27] <http://www.avaya.com.mx>(Consultada 2006- Vigente)
- [21] [28] <http://www.redesopticas.reuna.cl>(Consultada 2007- Vigente)
- [21] [29] http://es.wikipedia.org/wiki/cable_de_fibra_optica(Consultada 2007- Vigente)
- [21] [30] http://el_guerrero.pe.tripod.com/tutorial (Consultada 2006- No disponible)
- [21] [31] <http://www.fibercom.es>(Consultada 2007- Vigente)

- [21] [32] <http://www.tutorialprofesores.com>(Consultada 2006- Vigente)
- [21] [33] http://www.proton.uctma_udg.mx(Consultada 2006- Vigente)
- [21] [34] <http://www.red111.com.mx>(Consultada 2008- Vigente)
- [21] [35] <http://www.computer.org/internet/>(Consultada 2007- Vigente)
- [21] [36] http://usuarios.lycos.es/Fibra_Optica/comparacion.htm(Consultada 2007- Vigente)
- [37] Javier Rodríguez Albornoz “Dep. de electrónica de la universidad técnica de Santa María” España 2005.
- [38] Edsel Enrique Ureña León-Especialista en redes y telecomunicaciones. Revista Facultad de Ingeniería - Universidad de Tarapacá ISSN 0718-1337.
- [39] Murillo, Eduardo; Marzola, Emilio, “¿Qué es una WLAN?” [En línea]; <http://www.unisinu.edu.co/Webunisinu/TCP/exp/redeswlan.htm>; [2003].
- [40] Reina, Federico; Ruiz, Juan.“Introducción a las Redes de Área Local.” [En línea].http://enete.us.es/docu_enete/varios/redes/ÍNDICE.asp. [2003].
- [41] FDDI: Una RED DE FIBRA ÓPTICA - Mariano José Benito Gómez. Lugar: E.T.S.I.T. de Valladolid.
<http://www.cicese.mx/~aarmenta/frames/redes/fddi/spanish.html>

- [42] LA FIBRA ÓPTICA: características, ventajas e inconvenientes
http://usuarios.lycos.es/Fibra_Optica/
- [43] Conceptos básicos de la utilización de la fibra óptica
<http://halcon.laguna.ual.mx/metodologia/fibra/fibraopt.htm>
- [44] <http://www.unavarra.es/info/not76.html>
- [45] <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/abril/fibraoptica.htm>
- [46] www.ice.go.cr/esp/cencon/pdf/fibraoptica.pdf
- [47] <http://www.encolombia.com/otorrino28100-endoscopia2.htm>

GLOSARIO Y

SIGLARIO

- * ADSL (Asymmetric digital subscriber line): línea de suscriptor asimétrica digital.
- * ADM: Administrador avanzado de datos.
- * ANSI (Association american national standard institute): Instituto estándar nacional de la asociación Americana.
- * ASIC (Aplication specific integrated circuits): Circuitos integrados de aplicación específica.
- * ATM: Modo de transferencia sincronía.
- * CBR: Encaminamiento restringido.
- * CO: Oficina central.
- * CoS: Servicios de distintas clases.
- * CR-LDP (Constraint routed label distribution protocol): Protocolo de distribución por etiquetas de encaminamiento restringido.
- * CWDM: Transmisión en sistemas multicanal.
- * DQDB (*Dual Queue Distributed Bus*): Bus Dual con Colas Distribuidas.
- * DCF (Dispersion compesating fiber): Fibra óptica compensadora de dispersión.
- * DLCI: Identificador de la conexión de datos.
- * DWDM (Dense wave Light division multiplexing): multiplexacion densa en la longitud de onda.
- * EDFA: Fibra óptica dopada con erbio.
- * FDDI: Interface de distribución de datos por fibra óptica.
- * FEC (Forwarding equivalente class): Clase equivalente de envío.
- * FWM: Fenómeno no lineal de mezclado de cuatro ondas.
- * GMPLS (Generalizad multiprotocol label switching): Multiprotocolo generalizado de switcheo por etiquetas.

- * IETF: Sociedad de Internet de estándares de transferencia.
- * IGP (Internet gateway protocol): Protocolo de puerta a Internet.
- * ISP: Proveedor de servicio de Internet.
- * IP (Internet protocol): Protocolo de Internet.
- * IPX: Intercambio de paquetes entre redes.
- * LDDI (Locally Distributed Data Interface): Interfase local de distribución de datos.
- * LED (Light emitting diode): Diodo emisor de luz.
- * LDP (Label distribution protocol): Protocolo de distribución por etiquetas.
- * LMDS (Local multipoint distribution service): Servicio de distribución local multipunto.
- * LSP (Label-switching paths): Caminos virtuales, funcionan casi igual a circuitos virtuales permanentes.
- * LSR (Label-switching router): Router especializado en envío de paquetes.
- * MAU: Unidad de acceso multiestacion.
- * MMDS (Multichannel multipoint distribution service): Servicio de distribución por multicanal multipunto.
- * MMF: Fibra óptica múltimodo.
- * MPLS (Multiprotocol label switching): Multiprotocolo de switcheo por etiquetas.
- * MP λ S: Multiprotocolo de switcheo por longitud de onda (λ).
- * NSP: Proveedor de servicio de red.
- * NZDSF (Non-zero dispersión shifted fiber): Fibra óptica de dispersión desplazada no nula.
- * OCn (Optical carrier): Transporte óptico.
- * OSPI: El camino mas corto al IGP
- * PBX: Centrales particulares.

- * PMF (Polarization maintaining fiber): Fibra óptica mantenedora de polarización.
- * POF (Plastic optic fiber): Fibra óptica de plástico.
- * PPP: Protocolo punto a punto.
- * PSS (Photonic service switching): Servicio de switcheo fotonico.
- * PTE (Path terminal element): Elemento terminal de encaminamiento.
- * PVCs: Circuitos virtuales permanentes.
- * RAL: Red de área local.
- * RIU: Unidad de interfaz.
- * RRD (Revised Resistance Design Área): Área designada de resistencia revisada.
- * RSVP (Resource reservation protocol): Protocolo de reserva de servicios.
- * RSVP-TE (Resource reservation protocol for traffic engineering): Protocolo de reserva de servicios por ingeniería del tráfico.
- * SDH (Synchronous digital hierachy): Jerarquía digital sincrona
- * SMF: Fibra óptica monomodo.
- * SMT (Station mangement): Estación de direccionamiento.
- * SNA: Arquitectura del sistema de red.
- * SONET (Synchronous optical network): Red óptica sincronía.
- * STMn: Modulo de transporte síncrono de nivel n.
- * STSn: Señal de transporte sincronía de nivel n.
- * TDM: Multiplexación por división de tiempo.
- * ToS (Type of service): Tipo de servicio.
- * TTL (Time to live): Limite en el periodo de tiempo en que una unidad de datos puede existir antes de que sea deshabilitada.
- * UBR (Unspecified bit rate): Bit de valoración no especificado.

- * VPN: Red privada virtual.
- * VT (Virtual tributary): Tributario virtual.
- * WDM (Wavelegth división multiplexing): Multiplexación por división de longitud de onda.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line ó Línea de Abonado Digital Asimétrica): es una tecnología que, basada en el par de cobre de su línea telefónica normal, la convierte en una línea de alta velocidad. Emplea los espectros de frecuencia que no son utilizados para el transporte de voz, y que por lo tanto, hasta ahora, no se utilizaban. Abriendo de esta forma un canal de datos, que permite el transporte a alta velocidad, permitiendo a su vez (gracias a esa separación datos/voz), poder aplicar una tarifa plana para ese transporte de datos (los de Internet).

ANSI El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute) es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). La organización también coordina estándares del país estadounidense con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo. Por ejemplo, los estándares aseguran que la fabricación de objetos cotidianos, como pueden ser las cámaras fotográficas, se realice de tal forma que dichos objetos puedan usar complementos fabricados en cualquier parte del mundo por empresas ajenas al fabricante original. De éste modo, y siguiendo con el ejemplo de la cámara fotográfica, la gente puede

comprar carretes para la misma independientemente del país donde se encuentre y el proveedor del mismo.

ASIC: son dispositivos definibles por el usuario. Los ASICs, al contrario que otros dispositivos, pueden contener funciones analógicas, digitales, y combinaciones de ambas. En general, son programables mediante máscara y no programables por el usuario. Esto significa que los fabricantes configurarán el dispositivo según las especificaciones del usuario. Se usan para combinar una gran cantidad de funciones lógicas en un dispositivo. Sin embargo, estos dispositivos tienen un costo inicial alto, por lo tanto se usan principalmente cuando es necesario una gran cantidad.

ATM: La tecnología llamada Asynchronous Transfer Mode (ATM) Modo de Transferencia Asíncrona es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha (B-ISDN), para muchos ya no hay cuestionamientos; el llamado tráfico del "Cyber espacio", con su voluminoso y tumultuoso crecimiento, impone a los operadores de redes públicas y privadas una voraz demanda de anchos de banda mayores y flexibles con soluciones robustas. La versatilidad de la conmutación de paquetes de longitud fija, denominadas celdas ATM, son las tablas más calificadas para soportar la cresta de esta "Ciberola" donde los surfedores de la banda ancha navegan.

CBR: Permite hacer "encaminamiento restringido", de modo que el administrador de la red pueda seleccionar determinadas rutas para servicios.

DWDM: método de multiplexación muy similar a la Multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos. Varias señales portadoras (ópticas) se transmiten por una única fibra óptica utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser cada una de ellas. De esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar comunicaciones bidireccionales.

FDDI: Topología de red local en doble anillo y con soporte físico de fibra óptica. Puede alcanzar velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps y utiliza un método de acceso al medio basado en paso de testigo (token passing). Alcanza una distancia máxima de 100 kilómetros, con un número máximo de repetidores de 100 y un número máximo de estaciones permitidas de 500.

FEC: Tráfico que se encamina bajo una etiqueta. Subconjunto de paquetes tratados del mismo modo por el conmutador.

IETF: Organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, tales como transporte, encaminamiento, seguridad. Fue creada en EE.UU. en 1986.

IGP : Los protocolos IGP más utilizados son RIP, OSPF y IS-IS. Interior Gateway Protocol (IGP, protocolo de pasarela interno) IGP es un protocolo que genera tablas de enrutamiento dentro de un sistema autónomo. Muchos protocolos de enrutamiento pasan sus tablas de enrutamiento dentro de un sistema autónomo.

ISP : Empresa dedicada a conectar a Internet la línea telefónica de los usuarios o las distintas redes que tengan, y dar el mantenimiento necesario para que el acceso funcione correctamente. También ofrecen servicios relacionados, como alojamiento web o registro de dominios entre otros.

IP: Protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

IPX: Protocolo de nivel de red de Netware. Se utiliza para transferir datos entre el servidor y los programas de las estaciones de trabajo. Los datos se transmiten en datagramas.

LED: Dispositivo semiconductor que emite luz policromática, es decir, con diferentes longitudes de onda, cuando se polariza en directa y es atravesado por la corriente eléctrica. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo, pudiendo variar desde el ultravioleta, pasando por el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo, recibiendo éstos últimos la denominación de diodos IRED.

LDP: Protocolo para la distribución de etiquetas MPLS.

LMDS: Tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

LSR: Elemento que conmuta etiquetas. router especializado en envío de paquetes.

MAU: Dispositivo multi-pórticos del equipamiento en el que se conectan hasta 16 estaciones (ó puestos) de trabajo. La MAU brinda un control centralizado de las conexiones en red. La MAU mueve las señales desde una estación hasta la siguiente estación (ó puesto) de trabajo activa en el anillo. También brinda un relé incorporado de modo de impedir un corte en el servicio de la red si fallase una única conexión ó dispositivo.

MMDS: Tecnología inalámbrica de telecomunicaciones, usada para el establecimiento de una red de banda ancha de uso general o, más comúnmente, como método alternativo de recepción de programación de televisión por cable.

MPLS: Mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

PBX: Es una central telefónica que es utilizada para negocios privados. En comparación a una compañía telefónica.

PPP: El protocolo PPP permite establecer una comunicación a nivel de enlace entre dos computadoras. Generalmente, se utiliza para establecer la conexión a Internet de un particular con su proveedor de acceso a través de un modem telefónico. Ocasionalmente también es utilizado sobre conexiones de banda ancha (como PPPoE o PPPoA). Además del simple transporte de datos.

RSV: Protocolo que permite reservar los canales o rutas en redes internet para la transmisión por unidifusión y multidifusión. Es un protocolo de nivel de red en la estructura de capas de Internet y OSI.

SDH: Se puede considerar como la evolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La jerarquía SDH se desarrolló en EEUU bajo el nombre de SONET y posteriormente el CCITT en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH.

SNA: Arquitectura de red diseñada y utilizada por IBM para la conectividad con sus hosts o mainframe —grandes ordenadores y servidores muy robustos que soportan millones de transacciones que por lo general son utilizados en bancos— así como los servidores IBM AS/400, considerados como servidores middlerange. Por otro lado existe el servidor SNA Server o el Host Integration Server que corriendo en Microsoft Windows Server, funciona como gateway entre la red de mainframes en SNA y una red TCP/IP con Windows (Donde el que realiza la consulta es por lo general un host IBM que aprovecha la infraestructura de servidores Windows NT/2000/2003).

SONET: Tecnología para transportar muchas señales de diferentes capacidades a través de una jerarquía óptica síncrona y flexible. Esto se logra por medio de un esquema de multiplexado por interpolación de bytes. La interpolación de bytes simplifica la multiplexación y ofrece una administración de la red extremo a extremo. El primer paso en el proceso de la multiplexación de SONET implica la generación de las señales del nivel inferior de la estructura de multiplexación. En SONET la señal básica la conocemos como señal de nivel 1.

STMn: Unidad de transmisión básica de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), correspondiente al primer nivel básico. Es una trama de 2430 bytes, distribuidos en 9 filas y 270 columnas.

STSn: Está formada por un conjunto de 810 bytes distribuidos en 9 filas de 90 bytes. Este conjunto es transmitido cada 125 microsegundos, correspondientes a la velocidad del canal telefónico básico de 64 Kbps.

TDM: es la más utilizada en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

TTL: concepto usado en redes de computadores para indicar por cuántos nodos puede pasar un paquete antes de ser descartado por la red o devuelto a su origen.

VPN: tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet.

WDM: tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

Norman H. Ortíz Gálvez (31/08/1981).

Ing. Electrónica y telecomunicaciones.

Corregidora #4 Col.Centro.

Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo.

(01-738)72-5-23-58 noor_ga@Hotmail.com