



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO.

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS EN INGENIERÍA.

MONOGRAFÍA TITULADA:

REDES DE BANDA ANCHA.

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

PRESENTA:

JOSÉ LUIS MONTIEL ISLAS

ASESOR:

ING. MARIANO ARUMIR RIVAS

PACHUCA DE SOTO, HIDALGO 2006

Agradecimientos

Ing. Mariano Arumir Rivas. Por su excelente apoyo y buena orientación para hacer posible este documento.

Ing. Miguel Aristeo Rosas Yacotu. Por sus consejos y por ser un buen coordinador y amigo.

Y a todos los profesores que fueron eslabones claves para que este momento fuera una realidad.

DEDICATORIAS

*A mis padres
Francisca y José Luis con
todo mi amor y admiración, a
quien dedico todos mis
logros y por todo el apoyo
incondicional.*

*A mis hermanos
Elisa y Jorge que han sido y serán mis
mejores amigos por toda la vida.*

*A mi sobrino
Oscar por haber llenado de
alegría mi corazón.*

*A mi novia
Nancy con mucho amor,
le agradezco por compartir su tiempo
y hacer mi vida mas feliz.*

*A mis familiares y amigos
Aquellos que estuvieron
presentes en mi vida de
estudiante y me dieron su su
apoyo y confianza.*

Índice

Justificación	i
Objetivo general	iii
Objetivo específico	iv

Capítulo I

1.- Introducción a las Redes de Transporte de Alta Velocidad.

1.1 Introducción a Banda Ancha.....	1
1.2 Dimensiones Técnicas Básicas: Cómo Entender Banda Ancha.....	2
1.3 Problemas y Temas Relevantes.....	8
1.3.1. Áreas semi-urbanas y rurales.....	9
1.4 Tecnologías de acceso a la red.....	9
1.4 Tecnologías de acceso a la red.....	9
1.4.1. Las tecnologías xDSL en la red de acceso.....	12
1.5 ADSL.....	15
1.5.1 Funcionamiento y características de ADSL.....	15
1.6 ATM.....	21
1.6.1 Introducción a ATM.....	21
1.6.1.1 Gestión del ancho de banda.....	23
1.6.1.2 Soporte del tráfico broadcast.....	24

1.6.1.3	Canales conmutados.....	25
1.6.1.4	Escalabilidad.....	26
1.6.1.5	Tecnología universal.....	27
1.6.1.6	Puntos clave de la tecnología ATM.....	28
1.6.1.7	Multiplexación basada en celdas.....	29
1.6.1.7	Orientado a la conexión.....	29
1.6.1.8	Calidad de Servicio (QoS).....	30
1.6.1.9	Red inteligente.....	30
1.6.2	Topología de las redes ATM.....	31
1.6.3	Modificación de enlaces	32
1.6.4	Ampliaciones sucesivas.....	34
1.6.5	PNNI.....	34
1.6.6	Transporte de servicios tradicionales.....	36
1.6.6.1	Emulación de circuito.....	36
1.6.7	Frame Relay.....	38
1.6.8	Conmutación de voz (VSTN).....	40
1.6.9	Nuevas aplicaciones nativas en ATM.....	42
1.6.9.1	Broadcasting de vídeo.....	43
1.6.9.2	Videoconferencia.....	44
1.6.9.3	LAN virtual (VLAN).....	44
1.6.9.4	Conclusión de ATM.....	46
1.7	DWDM.....	47
1.7.1	DWDM como transporte para TDM.....	48
1.8	Multiplexor de acceso DSL.....	53
1.8.1	Integración de ATM y ADSL.....	53

1.9 Modelo para ofrecer servicios.....	59
1.10 ARQUITECTURA SDH.....	60
1.10.1 Interfaces ópticas de SDH.....	62
1.10.2 Interfases eléctricas de SDH.....	63
1.10.3 Aplicaciones de SDH.....	63
1.11 FAST Y GIGABIT ETHERNET.....	65
1.11.1 INTEROPERABILIDAD.....	65
1.11.2 COMO TRABAJA GIGABIT ETHERNET.....	66
1.12 FDDI (Fiber Distributed Data Interface).....	69
1.12.1 Funcionamiento del FDDI.....	70
1.12.2 COMPONENTES DE LA RED.....	71
1.12.3 Arquitectura de la red FDDI.....	72
1.12.4 LOS CAMPOS DE UNA TRAMA FDDI.....	7

CAPITULO II

2. REDES DE ACCESO (a Través de Cable)

2.1 Redes de Acceso.....	77
2.1.1 XDSL.....	77
2.1.2 Semejanzas entre las dos tecnologías.....	78
2.1.3 Redes Ópticas Pasivas.....	81
2.1.4 Redes Ópticas Pasivas Punto a Multipunto.....	90
2.2 TDMA.....	91
2.3 WDMA.....	95
2.4 SCMA.....	96

2.5 CDMA.....	98
2.6 ADSL en el Bucle de Abonado.....	101
2.6.1 En el extremo del usuario final.....	102
2.6.2 Para el operador de telecomunicaciones.....	104
2.6.3 En la red de acceso.....	105
2.7 Comunicaciones Eléctricas PLC.....	107
2.7.1 Entorno de PLC.....	107
2.7.2 Características de PLC.....	108
2.7.3 Conexión de PLC.....	109
2.7.4 Ventajas que ofrece PLC.....	110
2.8 Redes HFC y CATV.....	111

CAPITULO III.

3. REDES DE BANDA ANCHA RADIOELÉCTRICAS.

3.1 Comunicaciones inalámbricas LMDS Y MMDS.....	114
3.1.2 Aplicaciones.....	119
3.2 WLAN EN BANDA ANCHA.....	121
3.3 Wi-Fi y WEP.....	124
3.3.1 Wi-Fi VS WiMAX.....	124
3.4 WIRELESS ATM.....	127
3.4.1 Modelo ATM Inalámbrico.....	128
3.5 Tecnologías de Acceso al Medio de ATM inalámbrico en LAN.....	129
3.5.1 HIPERLAN tipo 2.....	129

3.5.2	Polling Protocol 2.....	130
3.5.3	DSA (Asignación de ranura Dinámica).....	131
3.5.4	GRAPO/RGRAP.....	132
3.5.5	Tecnologías de Acceso al Medio de ATM Inalámbrico en Satélite.....	133
3.5.6	Tecnologías de Acceso al Medio de ATM inalámbrico en Radio Celular.....	135
3.6	HiperLAN y Bluetooth.....	137
3.7	Tipos de redes inalámbricas.....	140
3.8	Redes inalámbricas tipo WAN/MAN.....	141
3.9	Redes inalámbricas tipo LAN.....	145
3.10	Redes inalámbricas tipo PAN.....	146
3.11	HomeRF.....	147
	CONCLUSIONES.....	156
	BIBLIOGRAFÍA.....	157
	GLOSARIO de Acrónimos y Términos.....	160

Justificación.

Imagine una red de telecomunicaciones con una velocidad impresionante donde se pueda navegar sin demoras de tráfico y poder bajar información, enviar fotos, música, videos y miles de archivos con mucha capacidad de información que podría tardar minutos o tal vez horas en cuestión de segundos.

Las redes de banda ancha o bien banda amplia, son la consecuencia de esa necesidad de manejar información a altas velocidades, en esta monografía se presentaran las tecnologías que han surgido.

En el capítulo uno se muestra cómo entender la banda ancha y las primeras tecnologías que fueron surgiendo con capacidades de alta velocidad en las telecomunicaciones, las cuales fueron iniciadas con medios físicos de par de cobre (ATM, DSL, xDSL, ADSL), siguiendo con nuevas tecnologías que ya son guiadas por fibra óptica como son (DWDM, SDH, FAST y GIGABIT ETHERNET, FDDI).

En el capítulo dos se hace referencia a los avances de las tecnologías de alta velocidad usando técnicas por fibra óptica, las cuales utilizan fibras monomodo por su mayor capacidad de información, utilizando las mismas topologías para redes. A partir del uso de la fibra óptica surgen las tecnologías como TDMA, WDMA, SCMA, CDMA.

JUSTIFICACIÓN

También se analizan técnicas donde ADSL se involucra con el bucle de abonado, y técnicas usando comunicaciones eléctricas PLC. Y las técnicas híbridas donde se utilizan fibra óptica junto con el cable coaxial, llamadas redes HFC y CATV, que abarca desde la TV digital interactiva hasta el acceso a Internet a alta velocidad, pasando por la telefonía.

En el tercer capítulo se analizan las tecnologías de banda ancha radioeléctricas, las cuales son inalámbricas tales como LMDS y MMDS las cuales cuentan con plataformas bien diseñadas para dar soporte a las comunicaciones y ancho de banda, otra tecnología que cuenta con ese tipo de técnicas es WLAN que es de área local, así mismo se analizan tecnologías aplicadas a futuras generaciones de comunicación como GSM y sus aplicaciones.

OBJETIVO GENERAL.

Crear una monografía en la cual los alumnos de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones dispongan de un acervo de información útil para la buena comprensión de que son y como operan Las Redes de Banda Ancha.

Objetivo Especifico.

- ANALIZAR LAS PRIMERAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA Y SUS PRIMERAS APLICACIONES EN CABLE TELEFÓNICO.
- ESTUDIAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE ACCESO A TRAVÉS DE CABLES COAXIAL Y FIBRA ÓPTICA.
- RECOPILEAR LA MAYOR INFORMACIÓN DE LAS REDES DE BANDA ANCHA RADIOELÉCTRICAS QUE SERÁN LAS FUTURAS GENERACIONES DE ENLACES PARA MANEJO DE INFORMACIÓN CON ALTA CALIDAD Y EFICIENCIA

Capítulo I

Introducción a las redes de transporte de alta velocidad.

1.1 Introducción a Banda Ancha.

Si bien Internet y las Tecnologías de Información y las Comunicaciones (TIC) han generado gran revuelo durante los últimos años, hay consenso que aún en 2002 no se ha visto su real impacto. Se está frente a un escenario similar al de la electricidad a fines del siglo 19, las ampollitas se encendían, pero no había poder suficiente como para hacer andar una planta. De hecho en 1900 la línea de transmisión de más alto voltaje era de 60 kilovolts [9].

Del mismo modo, la lenta masificación actual de (*Broadband*), o Banda Ancha, ha sido una de las piedras de tope para capitalizar el potencial de las TIC. Básicamente, el aumento en las capacidades de transmisión de datos por Internet ha sido muy lento en comparación con el aumento de capacidad de procesadores, en particular, o artefactos posibles de conectar la Red.

La no disponibilidad de Internet de “Alta Capacidad” es una restricción no sólo para comunicaciones más rápidas, video por demanda, y una mejor navegación en Internet: también está frenando el desarrollo de nuevas aplicaciones y tipos de contenido. No pasa por definirlo en términos de un ancho de banda mínimo, sino de ser “future-proofing”, es decir, permitir y estimular las nuevas formas de crear valor [19].

En este escenario, el futuro está lejos de ser dominado por computadores personales (PC) conectados a redes de alta-velocidad, sino por una serie de “*Internet appliances*” o aparatos conectados a Internet que la mayoría aún no imagina.

1.2 Dimensiones Técnicas Básicas: *¿Cómo Entender Banda Ancha?*

Para entender “Broadband” o Banda Ancha se necesita considerar aspectos técnicos. Esta sección define y presenta Banda Ancha en términos de las variables más importantes, Broadband es una plataforma convergente y se debe entender en términos de su capacidad para la provisión de una diversidad de aplicaciones y servicios, en vez de sólo en términos de ancho de banda [9].

Proveer “Banda Ancha” o simplemente “acceso a Internet” depende de la calidad de la oferta del proveedor relativa a la demanda de recursos por parte de las aplicaciones y contenidos que un usuario desea utilizar (Por ejemplo, aplicaciones donde pequeños retrasos o monitoreo online de equipo médico a distancia, videoconferencia, etc.).

Tiene que ver con proveer capacidad necesaria para no limitar las aplicaciones y servicios actuales además ser “future-proofing”, es decir, permitir y estimular el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios. Entre estos servicios y aplicaciones actuales y nuevas tenemos video por demanda, *Internet appliances* (refrigerador, cocina, juguetes, radio, TV, y otros aparatos online),

Proveedores de Aplicaciones de Internet, y Redes Virtuales de Trabajo, además de las aplicaciones típicas y otros porvenires. Teniendo esto en mente, y entendiendo la naturaleza relativa de Banda Ancha, las características principales que permiten entenderla son las siguientes [10].

(a) Velocidad o ancho de banda: Es ampliamente conocido y corresponde al número de bits que pueden ser transmitidos por la red por unidad de tiempo. Desde un punto de vista comercial se ha llegado a ofrecer capacidad levemente superior a sobre dial-up –64 kpbs- siendo llamada “Banda Ancha Light”, sin embargo dado que es sólo levemente superior al servicio telefónico, no responder a necesidades de “future proofing”. Contar con esta capacidad está siendo utilizada por países y ciudades como fuente de atracción de inversiones.

La necesidad de contar con infraestructura future proofing está siendo un tema en varios países al establecer estándares mínimos de ancho de banda para poder denominar servicios como de “Banda Ancha”.

Primero, porque más allá de pasar por un tema comercial o denominación de marcas da señales equívocas al mercado, usuarios, e inversionistas extranjeros.

Segundo, porque al ser un problema de “redes”, diferencias drásticas en capacidad en redes inmediatamente interconectadas pueden ocasionar problemas en la confiabilidad y calidad de comunicaciones, y control tecnológico del proveedor de servicio de acceso sobre contenidos y aplicaciones de terceras compañías.

b) Latencia (o tiempo de retraso) y “jitter”: Latencia corresponde al tiempo que demora un mensaje en viajar desde un punto a otro de una red, y que se descompone en los tiempos de propagación, transmisión y en cola, de la siguiente manera:

Tiempo de Propagación: resulta de la razón entre la distancia a recorrer entre dos puntos, y a velocidad de la luz en el medio de propagación (cable, fibra, aire, etc.)

Tiempo de Transmisión: es el tiempo que toma transmitir una unidad de datos y es resulta de la razón entre el tamaño del “paquete” de datos a enviar y el ancho de banda disponible.

Tiempo en Colas: corresponde a los atrasos ocasionados por colas en la red, debido a que los switches necesitan almacenar los paquetes por algunos momentos antes de direccionarlos.

De esta manera, dado que cada uno de ellos varía, se tiene el “Jitter” que corresponde a la variación en latencia (producto de los distintos caminos que puedan tomar los distintos paquetes de un mismo archivo), y tiene impacto negativo sobretodo para aplicaciones que utilizan video y audio, o comunicaciones sobre Internet.

Más importante aún es el RTT, Tiempo de Viaje Redondo, o de Ida y Vuelta, que -para 1 byte- corresponde aproximadamente a dos veces el tiempo de latencia o retraso, y es casi independiente de la capacidad de conexión.

A medida que el tamaño del objeto a enviar aumenta, la importancia relativa del RTT disminuye respecto a la capacidad de la conexión (ancho de banda), y la diferencia entre el tiempo de retraso percibido y RTT aumenta[19].

RTT es relevante porque establece una relación básica para entender Ancho de Banda y tiempos de transmisión. Básicamente, se tiene que:

1

Tiempo de Transferencia RTT =

$$(\text{Ancho de Banda}) * (\text{Tamaño de paquete a enviar})$$

La importancia de lo anterior está en aplicaciones sensibles a atrasos. Por ejemplo, un RTT superior a 200 milisegundos podría debilitar seriamente la calidad de ciertas aplicaciones, ej. Telefonía sobre IP, en algunos casos independientemente del ancho de banda disponible.

De este modo, la importancia de políticas de interconexión, estándares de calidad, y arquitectura de red son relevantes por su impacto en tiempos de propagación, y su importancia relativa al ancho de banda disponible y la demanda [10].

(c) Simetría en capacidades de subida y bajada: Si bien no necesariamente se requiere simetría de alta velocidad para todo tipo de las aplicaciones (p.ej. para navegar basta una baja capacidad de subida, con suficiente de bajada), cada vez se está haciendo más necesario minimizar la diferencia para algunas aplicaciones actuales y futuras.

(d) Conectividad “always-on” o siempre-en-línea: Otra de las características básicas de Broadband es conectividad continua 24 horas al día, 7 días a la semana- bajo condiciones de calidad mínima (Entendiendo por calidad ancho de banda, latencia y *jitter*). De esta manera, se aseguran requerimientos mínimos para permitir calidad en servicios y aplicaciones.

(e) Posibilidad de compartir recursos y crear redes de hogar: Otra de las ventajas de broadband sobre dial-up es la capacidad de compartir recursos entre computadores en el hogar, y crear redes combinando fijas e inalámbricas que permitan un uso más masivo y sofisticado de tecnologías de la información en el hogar.

Es importante considerar esto en decisiones actuales, porque la importancia del computador personal se verá disminuida en el futuro en comparación con la de los “Internet appliances” que, necesariamente, requerirán estar en red.

(f) Direccionamiento global: Banda Ancha le da una nueva importancia a la necesidad de tener un número IP único que permita identificar un “Internet host” o computador conectado a Internet.

Si bien hasta ahora no ha sido tan relevante, esto cambiando con el nacimiento de los Proveedores de Servicios de Internet, comunicaciones sobre IP, e “Internet appliances”. De esta manera, la asignación dinámica de números IP presenta un problema en el largo plazo.

(g) Controles sobre aplicaciones y contenido: La taxonomía básica de Internet distingue entre distintas “capas”. Uno de los potenciales conflictos con la llegada de Banda Ancha se presenta cuando quienes operan las capas inferiores de Infraestructura física, e Interconexión de Redes proveedores de acceso a backbone (IBP) y a Internet (ISP) ejercen control o censura sobre algunas aplicaciones y/o contenidos.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

La relevancia de lo anterior no sólo es importante desde un punto de libertad individual, sino porque en gran parte del mundo en desarrollo, los ISP están integrados con otras capas (aplicaciones, contenido, etc.), o podrían tender a integrarse más aún en el futuro con la llegada de servicios de mayor valor agregado [18].

Los grandes ISP proveen servicios de acuerdo a un modelo de negocio coherente con un plan de desarrollo de largo plazo. Así como actualmente hay una oferta limitada de compatibilidad en la industria del software, se está comenzando a generar similar tipo de “incompatibilidades” online. Esto puede ser aún más drástico en un futuro con ancho de banda “infinito” [17].

(h) Diseño y arquitectura de redes: Por último, este punto tiene que ver con qué se entiende por Banda Ancha desde un punto de vista comercial. El tema de “convergencia” de Internet y telecomunicaciones hace necesario diferenciar “Broadband” de puramente acceso a Internet de alta velocidad, televisión por cable de alta definición (también llamada de Banda Ancha en algunos lugares), etc.

No son menores cuando se está pensando en establecer estándares para el desarrollo de una infraestructura que permita servicios y aplicaciones como los mencionados a lo largo de este documento (con la certeza que habrá muchos más, y de mayor sofisticación).

1.3 Problemas y Temas Relevantes.

Además de lo anterior, hay algunos temas que han probado ser problemáticos en mercados más desarrollados y que sería importante considerar [13]:

1. **Competencia:** Dado los altos niveles de inversión y costo fijo de algunas arquitecturas, la falta de masa crítica hace que el mercado de acceso a Internet de Banda Ancha tenga características de monopolio natural. Más aún, en sectores semi-urbanos de altos ingresos en los Estados Unidos se ha dado que el resultado de competencia en términos de calidad y precio es peor que la existencia de un monopolista (Lo anterior, en los casos en que Internet de Banda Ancha ha llegado).

La posición de la FCC al respecto ha sido no regular, salvo en lo que respecta a las primeras capas (infraestructura y provisión de servicios de -acceso) donde la integración vertical puede frenar la innovación e inversión en nuevas soluciones, y dañar la competencia en las capas de aplicaciones y contenido.

En términos de generar un ambiente de competencia en las capas superiores, algunos temas a considerar tienen que ver con:

(a) Desagregación entre quienes son dueños de la infraestructura que llega a las casas –última milla- y quienes proveen servicios de acceso a Internet.

(b) Cómo manejar la manera en que los distintos medios de acceso –DSL, Cable, Powerline, Wireless- pueden coexistir y maximizar la creación de valor para los clientes.

1.3.1. Áreas semi-urbanas y rurales.

El reconocimiento de que Banda Ancha es fuente de oportunidades, pero de altos niveles de inversión y costo fijo, ha generado que algunas localidades rurales o semi-urbanas hayan generado soluciones innovadoras. Estas soluciones no sólo han generado que pueblos donde cualquiera puede tener acceso a Internet inalámbrica por medio de 802.11b, sino que estas mismas han disminuido los costos y han estimulado el desarrollo económico de la zona al atraer empresas por medio, entre otras cosas, de su privilegiada infraestructura tecnológica[19].

De este modo, una solución para áreas de baja densidad poblacional y escasa probabilidad de ser cubierta por los operadores tradicionales es permitir e incentivar la creación de proveedores locales (comunitarios). Si la historia se repite, la mayoría de estos serán absorbidos por los operadores tradicionales en el largo plazo.

1.4 Tecnologías de acceso a la red.

La necesidad de ancho de banda ha hecho nacer varias tecnologías de acceso de banda ancha: DSL (Línea de Abonado Digital) en todas sus formas simétricas y asimétricas, utiliza la infraestructura de cobre para dar servicios a velocidades de hasta algunos megabits por segundo [5].

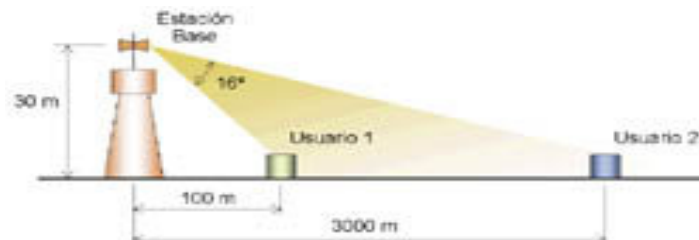


Figura 1.1. Perfil de una celda LMDS.

Con LMDS, los servicios locales de distribución multipunto ofrecen velocidades de banda ancha a usuarios residenciales y a profesionales independientes vía

tecnología inalámbrica; CMTS (Sistema de terminación de módem por cable) emplea el cable coaxial para entregar servicios digitales a muchos usuarios; UMTS, fue concebido para servicios de voz y de datos de tercera generación.

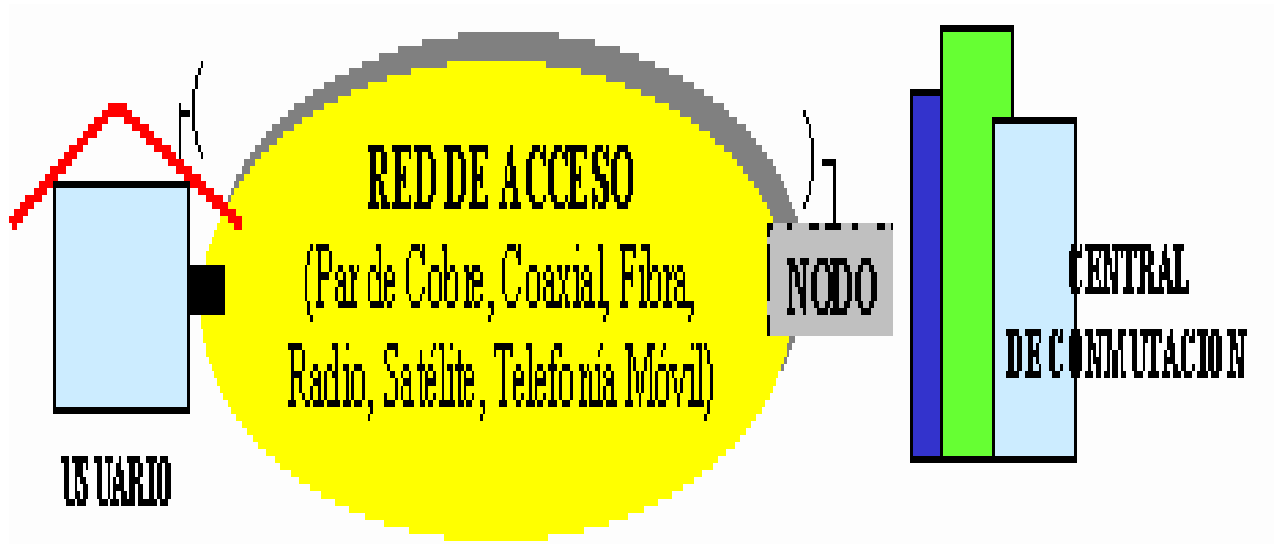


Figura 1.2. Red de Acceso.

A pesar de las enormes diferencias entre estas tecnologías, todas ellas se caracterizan por el aumento de la velocidad de transferencia de datos al usuario final en un orden de magnitud muy superior en comparación con las soluciones de banda estrecha que les precedieron. En consecuencia, todas abren la puerta a un conjunto amplio de nuevos servicios [20].

Otra similitud está en que todas pueden compartir el mismo protocolo subyacente: ATM. Como consecuencia, aunque el servicio final esté generalmente relacionado con las aplicaciones IP de tráfico se monta en ATM antes de entregarlo a la red de transmisión [4].

Es en la parte de acceso de la red donde ATM realmente brilla debido a las técnicas de compresión habilitadas por los operadores, permitiendo recoger los beneficios y eficiencias en costo, de una plataforma multiservicio. En el núcleo de la red, la principal ventaja de ATM está en la escalabilidad y en la disponibilidad.

De forma general, en documentos especializados se acostumbra a clasificar las redes de acceso en cuatro grupos principales según el medio de soporte: par trenzado, fibra/coaxial, inalámbrico, y todo fibra. La figura. 2 muestra algunas de las tecnologías e implementaciones que caen en las categorías anteriores.

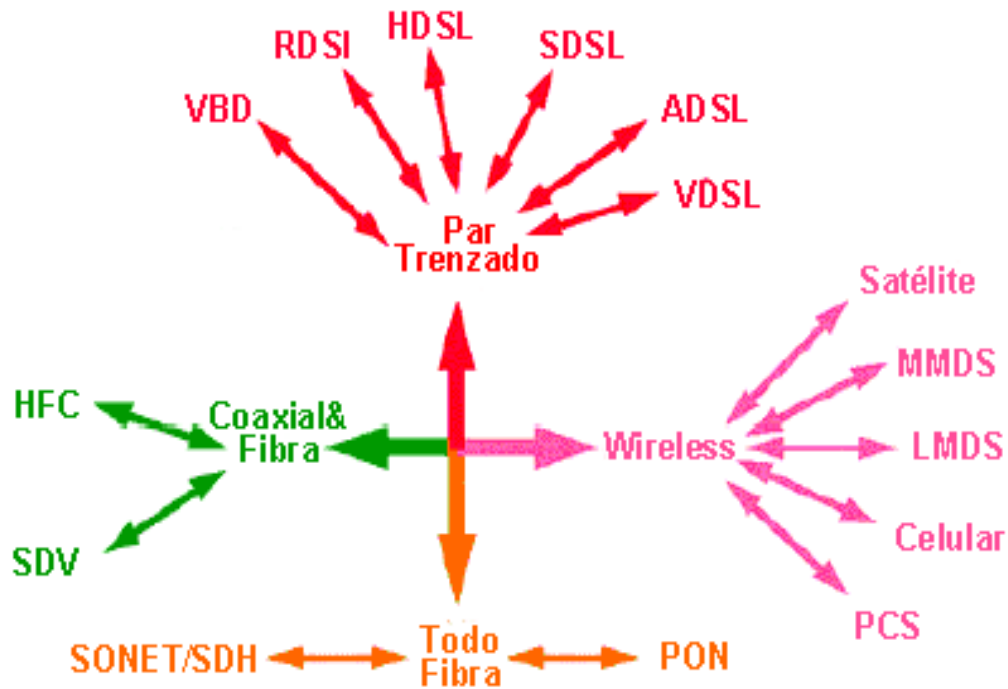


Figura 1.3. Alternativas de Acceso

1.4.1. Las tecnologías xDSL en la red de acceso.

La tecnología xDSL, surge por la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión del par de cobre. Hace referencia a toda la familia DSL las cuales utilizan técnicas de modulación modernas ayudadas por los avances en el procesamiento digital de señales para lograr transmitir a altas velocidades sobre el lazo de abonado local [3].

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

En la, figura 1.4 se muestra un resumen comparativo entre algunas de las tecnologías xDSL. La cantidad de abonados DSL ha venido aumentando a una gran velocidad, a finales del tercer cuatrimestre del pasado año ya había más de 30 millones de usuarios individuales y de negocios servidos por DSL, y se esperaba que el año concluyera con más de 36 millones si se mantenía la tasa de crecimiento mensual de 1.67 millones de accesos.

La técnica ADSL, por su carácter asimétrico, se adapta mejor al mercado residencial por lo que ha sido la más extendida a nivel mundial. Ésta va a ser objeto de análisis al igual que VDSL, que se puede emplear tanto en el sector residencial como en el corporativo.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Tipo de DSL	Simétrico/ Asimétrico	Distancia de la línea (m)	Velocidad Descendente (Mbps)	Velocidad Ascendente (Mbps)
IDSL	Simétrico	5400	0.128	0.128
SDSL	Simétrico	3000	1.544	1.544
HDSL (2 pares)	Simétrico	3600	1.544	1.544
SHDSL	Simétrico (1 par)	1800	2.312	2.312
	Simétrico (2 pares)	1800	4.624	4.624
ADSL G.lite	Asimétrico	5400	1.5	0.512
ADSL	Asimétrico	3600	8	0.928
VDSL	Asimétrico	300	52	6
	Simétrico	300	26	26
	Asimétrico	1000	26	3
	Simétrico	1000	13	13

Tabla 1.4 Comparativa entre algunos tipos de xDSL.

1.5 ADSL.

El ADSL es una técnica para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre. Una diferencia entre el esquema de modulación empleado por ella y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90), es que estos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 Khz. hasta los 1104 Khz., aproximadamente[3].

Esto hace que el ADSL pueda coexistir en un mismo lazo de abonado con el servicio telefónico, pues no se solapan sus intervalos de frecuencia, cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía, lo que constituye otra diferencia de gran importancia.

1.5.1 Funcionamiento y características de ADSL

Al tratarse de una modulación asimétrica, o sea, en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario-Red y Red-Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del lazo, en la central local. En la figura 1.5 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende [11].

En dicha figura se observa que además de los módems situados en el domicilio del usuario (ATU-R o ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o ADSL Terminal Unit-Central), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter" (divisor).

Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas, o sea, las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

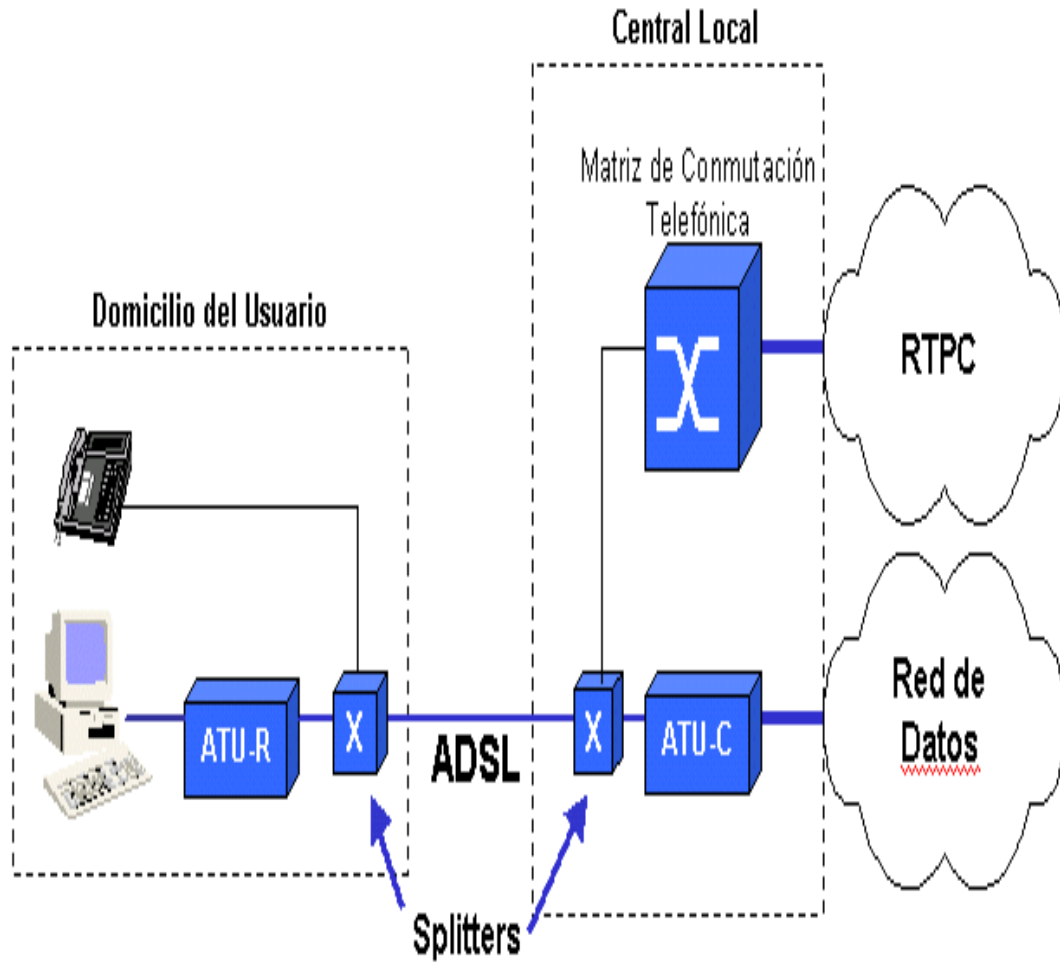


Figura 1.5 Enlace ADSL.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP (Carrierless Amplitude/Phase, Modulación de fase y amplitud con supresión de portadora) y DMT (Discrete MultiTone, Modulación multitono discreto). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) optaron por la solución DMT. Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal [6].

Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal / ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora.

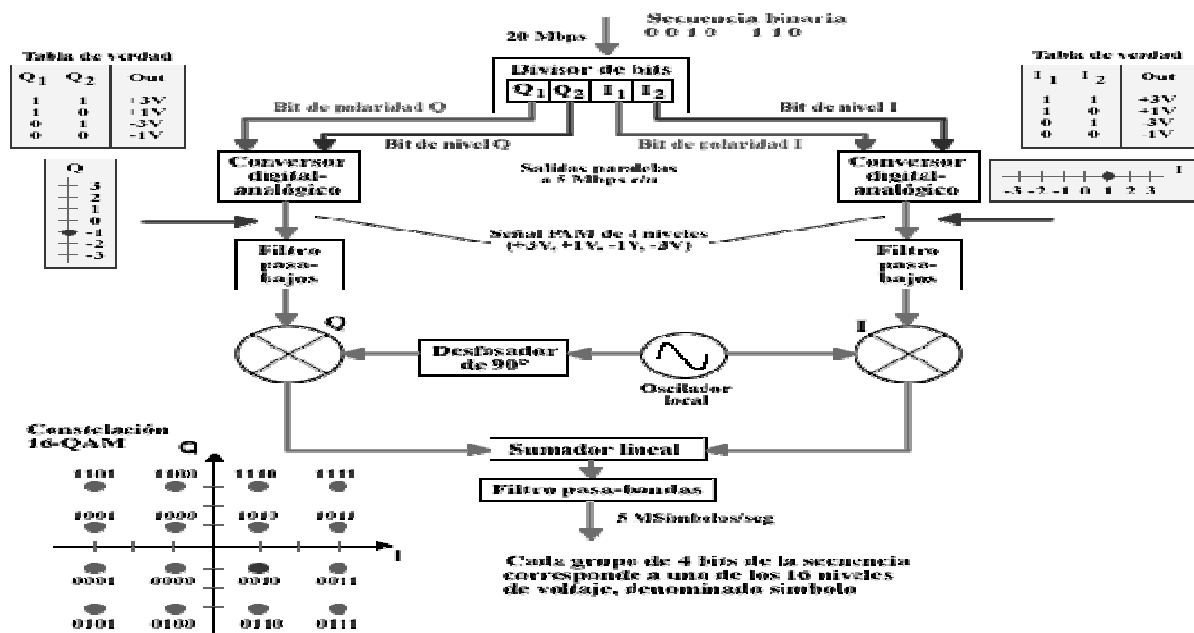


Figura 1.6. Diagrama de bloques de un modulador 16-QAM (ejemplo de operación).

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Esta estimación de la relación Señal / ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida. La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia consiste en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32[2].

El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) en el modulador, y en una FFT (Transformada Rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del enlace. Estas operaciones se efectúan fácilmente por el núcleo del módem al desarrollarse sobre un DSP; las mismas se describen a continuación:

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido descendente.
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido ascendente.
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal ascendente que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal descendente recibida.

Las últimas modificaciones a los estándares sobre ADSL han llevado al desarrollo de una nueva generación de módems capaces de transmitir hasta 8,192 Mbps en sentido descendente y hasta 0,928 Mbps en sentido ascendente. La separación de los trayectos en ADSL se efectúa por Multiplexación por División en Frecuencias (FDM) o por Cancelación de Eco, siendo esta última la que se ha impuesto[1].

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Se han presentado las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquellas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles.

La segunda modalidad, basada en un cancelador de eco para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño.

Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS, Plain Old Telephone Service), y en cambio sí se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles, aunque existen implementaciones que logran la compatibilidad[10].

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas, y cuanto mayor es la longitud de la línea, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud de la línea de abonado. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal / ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C[3].

Hasta una distancia de 2.6 Km. de la central, en presencia de muy altos niveles de ruido (peor caso), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media de la línea de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps.

Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, teletrabajador así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

Analizado el funcionamiento del ADSL, podemos destacar las principales ventajas del acceso a través de esta tecnología:

1. Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.
2. Este ancho de banda está disponible de forma permanente.
3. Se aprovecha una infraestructura ya desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.
4. El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto, intrínsecamente seguro.

El estándar G.992.2 de la UIT, más conocido con el nombre G.Lite y que es un tipo de ADSL se diferencia de éste en que se sustituyen los splitters del lado del cliente por microfiltros conectados en serie con el teléfono, que actúan como filtros pasabajo por lo que su implementación se ve favorecida.

Esto hace que el ancho de banda se vea limitado, soportando velocidades menores que ADSL, 1.536 Mbps y 512 Kbps en sentido descendente y ascendente respectivamente pero no requiere intervención en el lado del cliente del operador de telecomunicaciones. G.Lite soporta solo transporte ATM a diferencia del anterior que soporta tanto ATM como STM. En la actualidad, muchas de las computadoras presentes en el mercado integran módems G.Lite por lo que se ha extendido en gran medida su uso.

1.6 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[4].

1.6.1 Introducción a ATM

La función principal de una red digital de banda ancha es ofrecer servicios de transporte para diferentes tipos de tráfico a diferentes velocidades usando, como soporte, un limitado número de enlaces de comunicaciones de elevado ancho de banda.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

La metodología tradicional de las redes de transporte digital se basaba en la multiplexación estática en el tiempo (TDM) de los diferentes servicios sobre los escasos troncales de comunicación. Esta tecnología de multiplexación es tanto utilizada a velocidades pleisócronas, como en JDS (Jerarquía Digital Síncrona).

Los nuevos tipos de datos, aplicaciones y requerimientos de los usuarios de este tipo de servicios obligaron al desarrollo de una nueva tecnología que permitiera ofrecer este nuevo nivel de servicio. La nueva tecnología debería ser, además, lo suficientemente flexible como para asegurar un crecimiento rápido hacia las nuevas demandas que aparecerían en el futuro.

Después de un largo periodo de investigación y de diversas propuestas por parte de diferentes comités tecnológicos se define la nueva generación de tecnología para red de transporte digital de banda ancha.

Fueron diversos los motivos que forzaron una revolución tecnológica en el área del transporte digital de banda ancha. Entre ellos, la aparición de nuevas aplicaciones, la necesidad de incorporar el tráfico de LAN directamente en la red de transporte digital, las previsiones de crecimiento desmesurado, la necesidad de consolidar todos los tipos de tráfico.

1.6.1.1 Gestión del ancho de banda

La técnica de división en el tiempo que usan las redes de transporte digital "tradicionales" (p.e. redes basadas en multiplexores PDH, SDH) no es válida para el transporte del tráfico LAN, que es uno de los tipos de datos que más ha crecido en los últimos años y que más insistentemente pide un lugar en las redes de banda ancha[12].

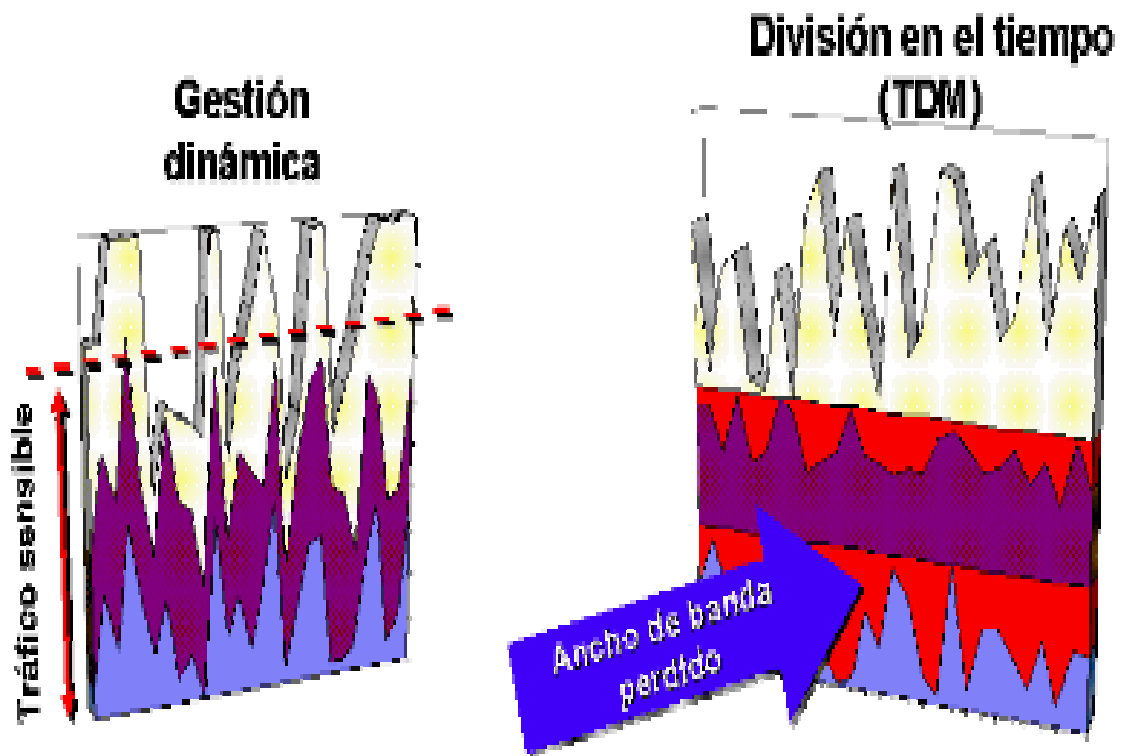


Figura 1.7. Gestión dinámica del ancho de banda

El tráfico de datos se caracteriza por una necesidad muy grande de ancho de banda pero en momentos muy puntuales. El uso de técnicas TDM para la multiplexación del tráfico de LAN sobre los troncales de comunicaciones lleva a un compromiso demasiado duro. Por un lado, si se le asigna un time-slot de poco ancho de banda, el rendimiento de las comunicaciones no será aceptable. Por otro lado, si se le asigna un time-slot de gran ancho de banda, se malgastará demasiado espacio del canal cuando no se efectúen transferencias.

ATM, como nueva tecnología de transporte digital de banda ancha, dispone de mecanismos de control dinámico del ancho de banda. De este modo, cuando una fuente de datos deja de emitir, el ancho de banda que resulta liberado del canal de comunicación se reasigna a otra fuente[4].

La gestión dinámica del ancho de banda va acompañada de unos complejos mecanismos de control de congestión que aseguran que el tráfico sensible (voz, vídeo,...) siempre dispondrá de la calidad de servicio requerida.

1.6.1.2 Soporte del tráfico broadcast

La evolución de las aplicaciones que requieren transporte digital muestra, desde hace tiempo, un claro cambio de rumbo de entornos punto a punto a entornos punto a multipunto. Aplicaciones como videoconferencias, tráfico LAN, broadcasting de vídeo, etc. requieren de soporte *broadcast* en la capa de transporte.

Antes de ATM, las tecnologías de transporte digital, se basaban en la multiplexación sobre canales punto a punto y, por lo tanto, no podían enfrentarse a este nuevo requerimiento de servicio.

ATM, aunque es una tecnología orientada a la conexión, contempla el uso de circuitos punto-multipunto que permiten ofrecer funciones de broadcasting de información. Los datos se replican en el interior de la red allí donde se divide el circuito punto-multipunto. Esta aproximación minimiza el ancho de banda asociado a tráfico broadcast y permite la extensión y crecimiento de estos servicios hasta niveles muy elevados[15].

1.6.1.3 Canales conmutados

Otro requerimiento que se le pidió a ATM fue que dispusiera de mecanismos para el establecimiento de circuitos conmutados bajo demanda del DTE. Estas funcionalidades que, hasta la fecha, solo se exigían a las redes de banda estrecha (RTC, RDSI, X.25, FrameRelay...) se hacen, cada vez más, necesarias en la capa de banda ancha (Cable-TV, Videoconferencia,...)[14].

ATM define un protocolo de señalización entre el DTE y la red, llamado UNI, que permite a este segundo, la negociación de canales conmutados bajo demanda. El protocolo, basado en el Q.931 de RDSI, permite al DTE la creación de un canal (punto a punto o multipunto) con una determinada calidad de servicio (ancho de banda, retardo, ...)

Otro protocolo (NNI) se encarga de la propagación de la petición de llamada dentro del interior de la red hacia el destino para su aceptación. El NNI es un protocolo no orientado a la conexión que permite la propagación de llamadas por múltiples caminos alternativos.

En el momento de definición de ATM se optó por un sistema de numeración de 20 bytes (basado en la numeración actual de la red telefónica básica) para los puntos terminales.

1.6.1.4 Escalabilidad

Uno de los principales problemas con los que se encuentran los administradores de las redes de transporte es cómo actuar frente a los continuos y cada vez más frecuentes cambios en los requerimientos tanto de cobertura como de ancho de banda. ATM se diseñó como una red "inteligente". El objetivo era que los nodos que componían la red fueran capaces de descubrir la topología (nodos y enlaces) que les rodeaba y crearse una imagen propia de como estaba formada la red[18].

Además, este procedimiento debía ser dinámico para que la inserción de nuevos nodos o enlaces en la red fueran detectados y asimilados automáticamente por los otros nodos. Esta filosofía de red, que es muy común en las redes de banda estrecha (redes de routers, FrameRelay,...), se implanta en la banda ancha con la tecnología ATM.

Los administradores de la red de transporte ATM pueden decidir libremente el cambio de ancho de banda de un enlace o la creación de uno nuevo (por ejemplo, para disponer de caminos alternativos) sin tener que, por ello, reconfigurar de nuevo la red.

Todos los nodos afectados por la modificación topológica actuarán inmediatamente como respuesta al cambio (por ejemplo, usando el nuevo enlace para balancear tráfico)

Los problemas de cobertura tampoco significan ningún problema. Un nodo que se inserta en la red descubre, y es descubierto por, el resto de nodos sin ninguna intervención por parte del administrador.

1.6.1.5 Tecnología universal

Un balance general de los puntos anteriores permite ver como la tecnología de transporte ATM incorpora y mejora muchas de las técnicas utilizadas únicamente, hasta entonces, en las redes de banda estrecha. Esto quiere decir que ATM es también una tecnología válida para este tipo de redes[15].

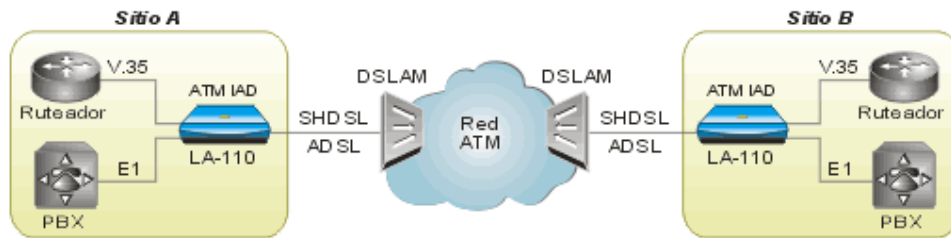


Figura 1.8 Servicios de línea arrendada sobre ATM

ATM se define como una tecnología universal válida tanto como transporte digital de banda ancha, como para backbone de alta velocidad en redes LAN o integración de servicios en redes corporativas sobre enlaces de baja velocidad. ATM es una solución global extremo a extremo; es tanto una tecnología de infraestructura como de aplicaciones.

1.6.1.6 Puntos clave de la tecnología ATM

ATM se basa en un conjunto de novedades tecnológicas que hacen posible que cumpla los requerimientos a ella exigidos.

Estandarización

Si bien sus orígenes se remontan a los años 60, es a partir de 1988 cuando el CCITT ratifica a ATM como la tecnología para el desarrollo de las redes de banda ancha (B-RDSI), apareciendo los primeros estándares en 1990[15].

Desde entonces hasta nuestros días ATM ha estado sometida a un riguroso proceso de estandarización; destinado no solamente a una simple interoperabilidad a nivel físico (velocidades SONET y SDH...), sino a garantizar la creación de redes multifabricantes a nivel de servicio, estandarizándose aspectos como Señalización (UNI, NNI), Control de Congestión, Integración LAN, etc.

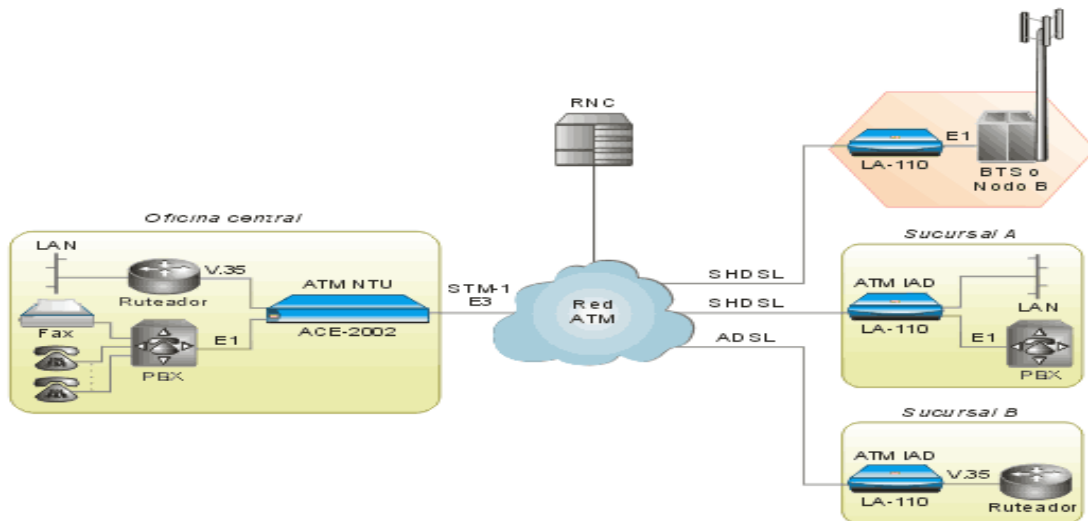


Figura 1.9 Servicios comerciales de voz, datos y LAN

1.6.1.7 Multiplexación basada en celdas

Para que se pueda gestionar correctamente el ancho de banda sobre un enlace, es necesario que las diferentes fuentes que lo utilizan presenten sus datos en unidades mínimas de información.

Para ATM se decidió una unidad mínima de 53 bytes fijos de tamaño. El uso de un tamaño fijo permite desarrollar módulos hardware muy especializado que conmuten estas celdas a las velocidades exigidas en la banda ancha (actual y futura). La longitud de la unidad debe ser pequeña para que se puedan, multiplexar rápidamente sobre un mismo enlace celdas de diferentes fuentes y así garantizar calidad de servicio a los tráficos sensibles (voz, vídeo,...)[31].

1.6.1.7 Orientado a la conexión

Que ATM fuera una tecnología orientada a la conexión permitía, entre otras cosas, conseguir una unidad mínima de información de tamaño pequeño. Como se ha dicho anteriormente, las previsiones de crecimiento para ATM obligaban al uso de un sistema de numeración de terminales de 20 bytes. Las tecnologías no orientadas a la conexión requieren que cada unidad de información contenga en su interior las direcciones tanto de origen como de destino.

Obviamente, no se podían dedicar 40 bytes de la celda para ese objetivo (la sobrecarga por cabecera sería inaceptable). Los únicos datos de direccionamiento que se incluye en la celda es la identificación del canal virtual que supone, únicamente, 5 bytes de cabecera (48 bytes útiles para la transmisión de información).

1.6.1.8 Calidad de Servicio (QoS)

Se definen cuatro categorías de tráfico básicas: CBR (Constant Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate), UBR (Undefined Bit Rate) y AVR (Available *Bit Rate*)[18].

En el momento de la creación, el DTE caracteriza el tráfico que va a enviar por el circuito mediante cuatro parámetros (PCR, SCR, CDVT y MBS) dentro de una de esas cuatro categorías. La red propaga esa petición internamente hasta su destino y valida si los requerimientos exigidos se van a poder cumplir.

En caso afirmativo, la red acepta el circuito y, a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento.

Los conmutadores ATM ejecutan un algoritmo llamado dual leaky buckets que garantiza, celda por celda, que se está ofreciendo la calidad de servicio requerida. Está permitido que el DTE envíe los datos por un circuito a más velocidad de la negociada. En ese caso el conmutador ATM puede proceder al descarte de las celdas correspondientes en caso de saturación en algún punto de la red[15].

1.6.1.9 Red inteligente

Una red de transporte ATM es una red inteligente en la que cada nodo que la compone es un elemento independiente. Como se ha comentado anteriormente, los conmutadores que forman la red ATM descubren individualmente la topología de red de su entorno mediante un protocolo de diálogo entre nodos.

Este tipo de aproximación, novedoso en las redes de banda ancha, abre las puertas a un nuevo mundo de funcionalidades (enlaces de diferente velocidad, topología flexible, balanceo de tráfico, escalabilidad,) y es, sin lugar a dudas, la piedra angular de la tecnología ATM.

1.6.2 Topología de las redes ATM

Con tecnología ATM se consigue crear una red de transporte de banda ancha de topología variable. Es decir, en función de las necesidades y enlaces disponibles, el administrador de la red puede optar por una topología en estrella, malla, árbol, etc. con una configuración libre de enlaces (E1, E3, OC-3,)[4].

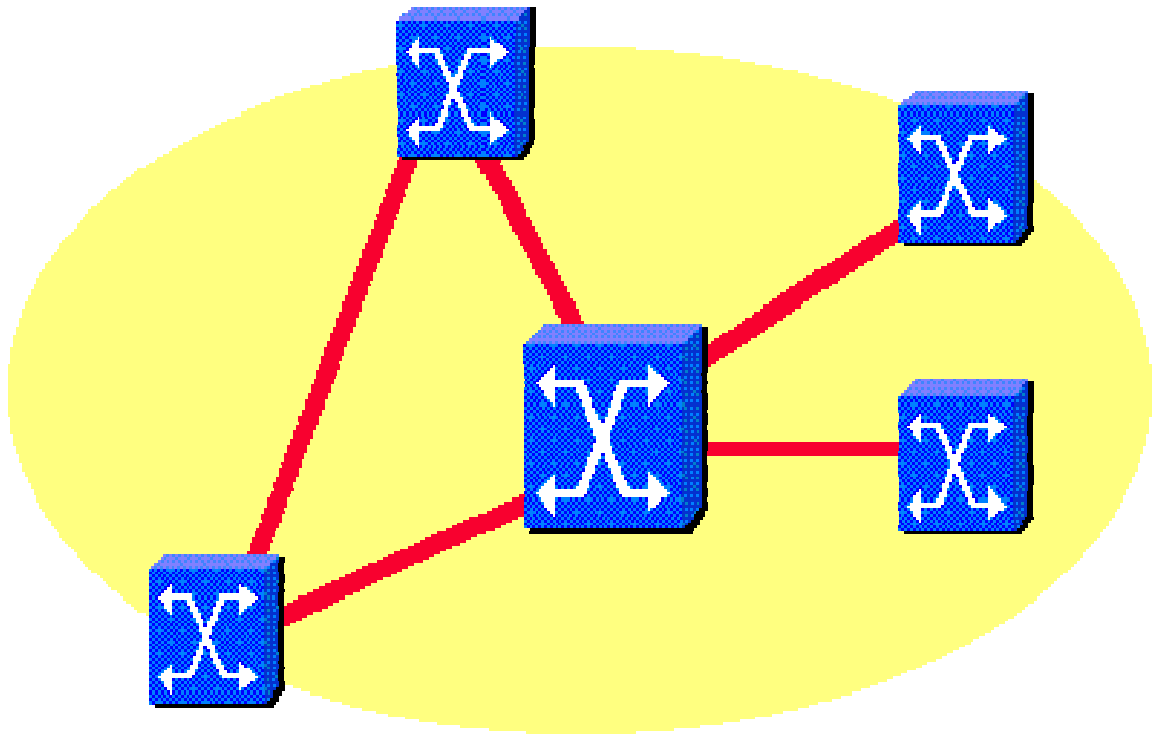


Figura 1.10. ATM no tiene topología asociada

La gran ventaja es la indiscutible capacidad de adaptación a las necesidades que ATM puede ofrecer. Una empresa puede empezar a desarrollar su red de transporte de banda ancha en base a unas premisas de ancho de banda y cobertura obtenidas a raíz de un estudio de necesidades. La evolución de las aplicaciones puede conducir a que una de esas premisas quede obsoleta y que se necesite una redefinición del diseño. En este caso, el administrador dispone de total libertad para cambiar enlaces o añadir nodos allí donde sea necesario.

1.6.3 Modificación de enlaces

Pongamos, por ejemplo, el caso de una dependencia que accede al resto de la red de transporte ATM mediante un enlace E1 a 2Mbps. Por un crecimiento inesperado en el número de trabajadores en dicha dependencia, las necesidades de ancho de banda sobrepasan el umbral de los 2Mbps que, en el momento del diseño de la red, se consideró suficiente[15].

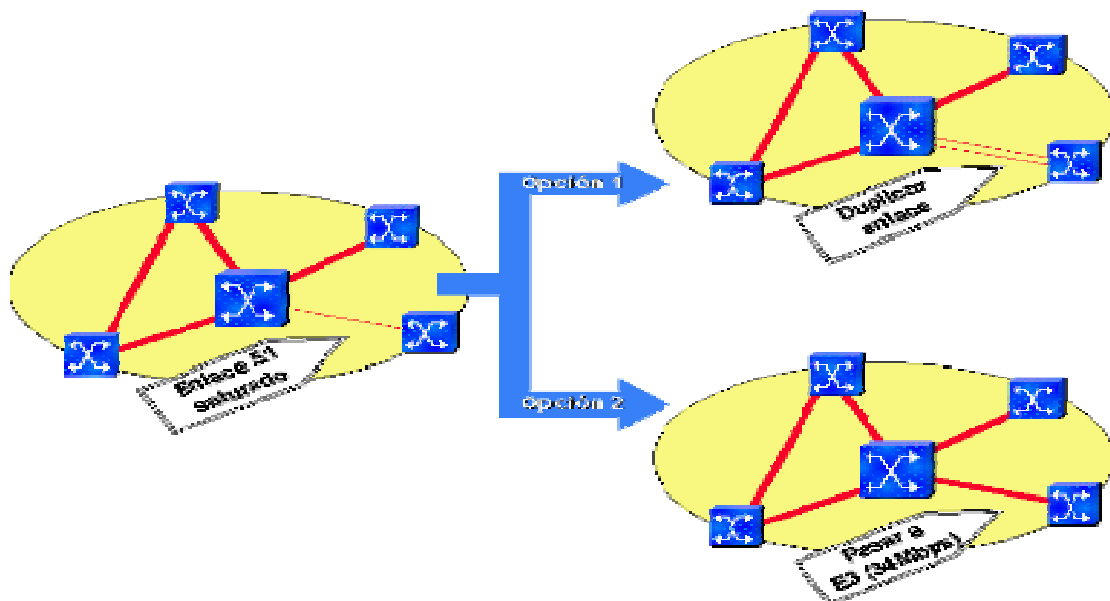


Figura 1.11.-Libertad de actuación frente a cambios de enlace

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Ante esta situación, el administrador de la red puede optar por dos soluciones. Una de ellas consiste en contratar un segundo enlace E1 para el acceso de la dependencia (un agregado de 4Mbps) o cambiar el enlace principal al otro nivel en la jerarquía (E3 a 34Mbps) Cualquiera de las dos actuaciones será detectada instantáneamente por los conmutadores ATM afectados sin necesidad de reconfigurar la red.

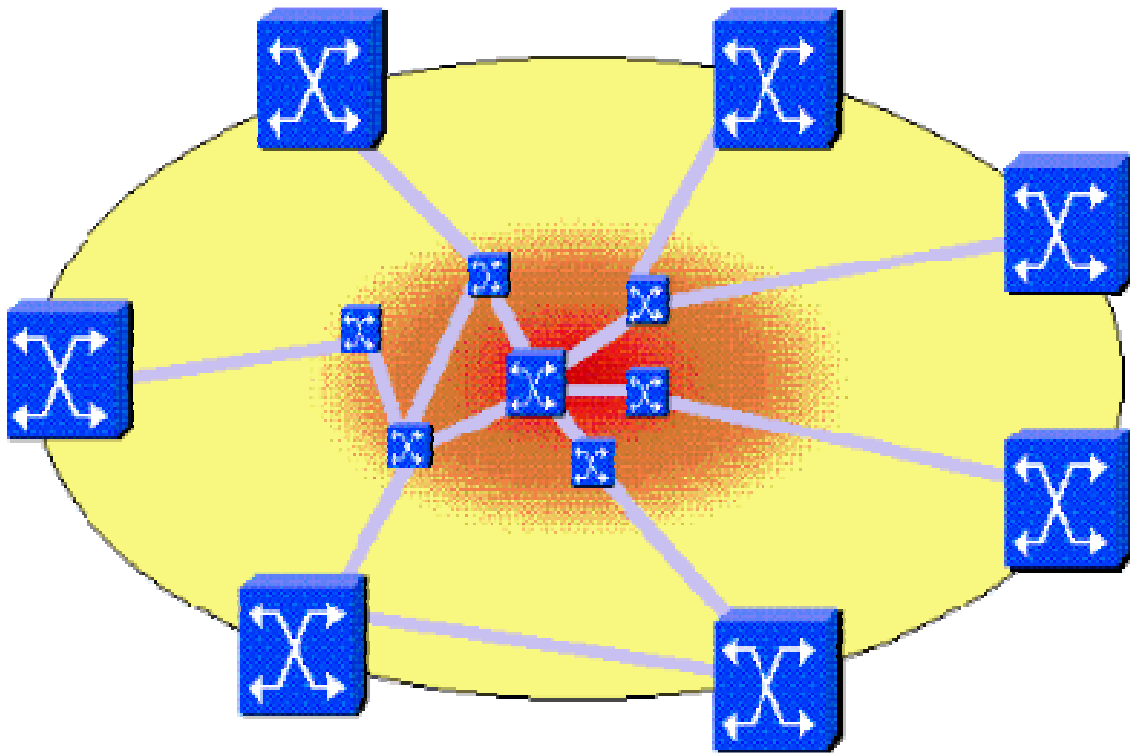


Figura 1.12.-Crecimiento ordenado en capas

1.6.4 Ampliaciones sucesivas

Otro problema muy frecuente con el que se encuentran los administradores de las redes de transporte es cómo adaptarse a los cambios relativos a requerimientos de cobertura geográfica. Estos cambios, que muchas veces son debidos a cambios estratégicos de las empresas y por lo tanto imprevisibles, estaban asociados a graves problemas tecnológicos y económicos antes de la aparición de la tecnología ATM[4].

Como hemos explicado anteriormente, los nuevos nodos insertados, son descubiertos automáticamente por el resto de conmutadores que conforman la red ATM. El procedimiento asociado a añadir una nueva dependencia a la red de transporte ATM es tan sencillo como elegir el tipo de enlace (E1, E3,) e instalar el nuevo conmutador. La red responderá automáticamente a esta ampliación sin ninguna necesidad de reconfigurar nada.

1.6.5 PNNI

En los dos puntos anteriores hemos explicado que los conmutadores que componen una red ATM son capaces de detectar, dinámicamente, los cambios de topología que ocurren a su alrededor. La base de todo este comportamiento es la existencia de un protocolo interno entre nodos el PNNI[8].

Un conmutador ATM intenta, continuamente, establecer relaciones PNNI con otros conmutadores por cada uno de sus puertos. Tan pronto se establece una de estas relaciones (por ejemplo, entre dos conmutadores adyacentes), se procede a un intercambio de información topológica entre ellos. De esta manera, cada conmutador puede hacerse una idea de como esta diseñada la red.

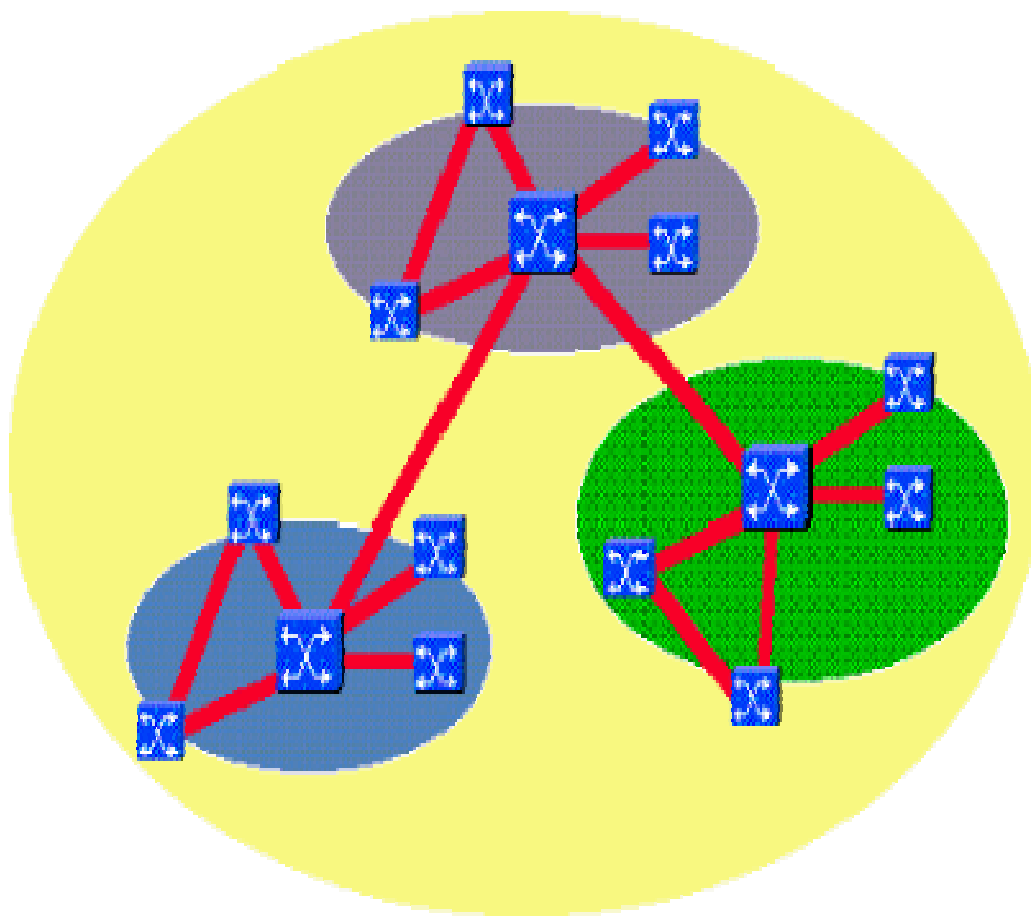


Figura 1.13.-PNNI permite organizar las redes en áreas

Frente a un cambio topológico (inserción de un nuevo nodo, fallo de un enlace existente,...) los nodos afectados notifican el evento a través de sus relaciones PNNI a el resto de conmutadores en la red. Este procedimiento está basado en el algoritmo SPF. Para permitir que este tipo de protocolo no represente un problema a la escalabilidad de la red, el PNNI usa una aproximación jerárquica. La red puede ser dividida en áreas dentro de las cuales se ejecuta una copia independiente del algoritmo.

Cada área, a su vez, puede estar compuesta por un número indeterminado de sub-áreas y así indefinidamente. Las redes basadas en tecnología ATM con PNNI pueden crecer hasta más de 2500 conmutadores.

1.6.6 Transporte de servicios tradicionales

En el campo de las aplicaciones, una red de transporte digital ATM ofrece un conjunto nuevo de funcionalidades disponibles sin, por ello, dejar de ofrecer las funciones tradicionales[10].

1.6.6.1 Emulación de circuito

Mediante la emulación de circuito una red ATM se puede comportar exactamente igual que una red de transporte basada en tecnología SDH.

La técnica de emulación de circuito consiste en la creación de un canal permanente sobre la red ATM entre un punto origen y otro de destino a una velocidad determinada. Este canal permanente se crea con características de velocidad de bit constante (CBR). En los puntos extremos de la red ATM se disponen interfaces eléctricos adecuados a la velocidad requerida (E1, V.35, V.11,...) y los equipos terminales a ellos conectados dialogan transparentemente a través de la red ATM.

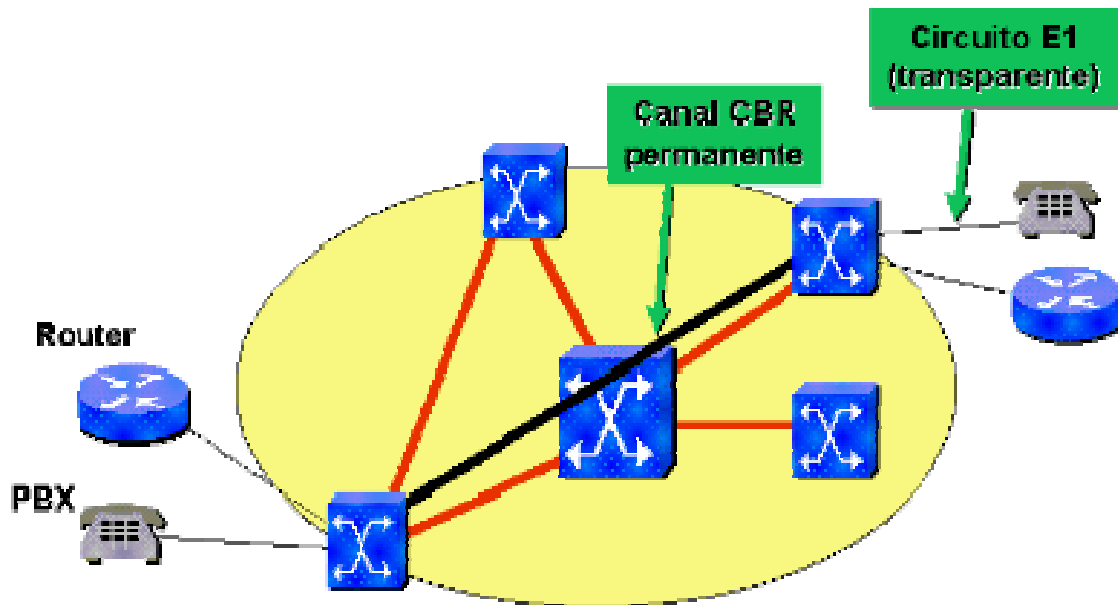


Figura 1.14.-Emulación de circuito

Los datos que envían los DTE en los extremos de la emulación de circuito, son transformados en celdas y transmitidos a través del circuito permanente CBR hacia su destino. A la vez que se procede a la transformación de la información en celdas, se ejecuta un algoritmo de extremo a extremo, que garantiza el sincronismo del circuito. Este conjunto de procedimientos está documentado en el método de adaptación a ATM AAL1[7].

Mediante la técnica de emulación de circuito, una red ATM puede comportarse como una red de transporte basada en la multiplexación en el tiempo (TDM). Este tipo de servicio permite transportar enlaces digitales de centralita, líneas punto a punto, enlaces E1 para codecs, etc. transparentemente. El objetivo en la definición de ATM fue que ésta fuera la nueva generación de red de transporte de banda ancha, con un conjunto de funcionalidades nuevas, pero completamente compatible con los servicios tradicionales de transporte.

1.6.7 Frame Relay

Sin evolucionar a aplicaciones nativas, ATM ofrece un conjunto nuevo de opciones para el transporte de datos que se benefician de la nueva concepción de la red de transporte. Este es el caso del transporte de Frame Relay sobre ATM. Una opción (no recomendada) consiste en el uso de la técnica de emulación de circuito para el transporte de FrameRelay sobre ATM. Esta aproximación obliga a la creación de una infraestructura de equipos de conmutación FrameRelay sobre la infraestructura ATM[6].

Siguiendo este esquema, el tráfico de un DTE (DTE1) a otro DTE (DTE2) atraviesa dos veces la red ATM. La primera por la emulación de circuito hasta el conmutador FrameRelay externo y la segunda desde el conmutador FR hasta DTE2.

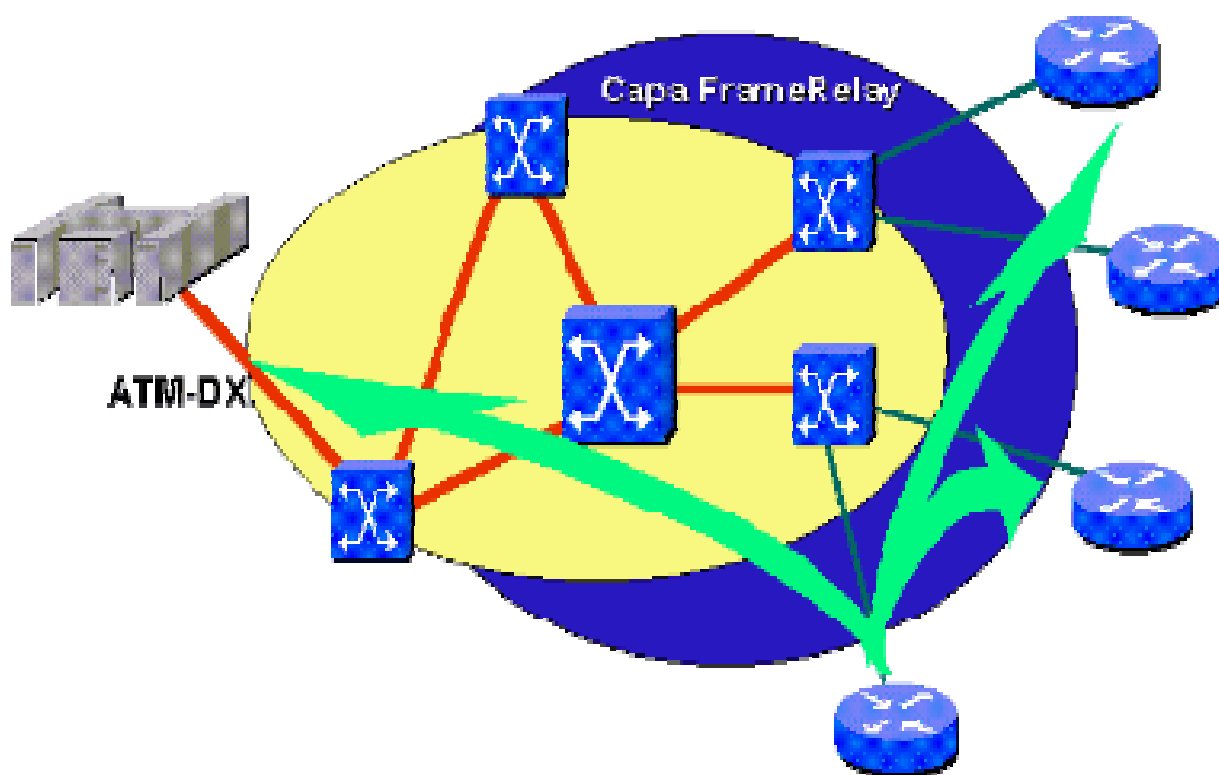


Figura 1.15.-Integración FrameRelay - ATM

La opción correcta para el transporte del tráfico Frame Relay sobre ATM se consigue con el uso del protocolo ATM-DXI. Mediante este protocolo se logra que la red ATM se comporte como un gran conmutador Frame Relay. Los DLCI de FR se transforman en VCI de ATM en la capa externa de la red de transporte. De este modo, los equipos terminales pueden transmitirse información directamente sobre la red ATM (sin la necesidad de un equipo externo que los interconecte).

Esta aproximación tiene dos ventajas adicionales. Por un lado, la red ATM conoce el volumen de tráfico que hay en cada momento y, por lo tanto, puede reasignar el ancho de banda no utilizado hacia otros servicios de datos[15].

Por otro lado, en caso de congestión en algún punto de la red, se pueden usar los mecanismos de Frame Relay de control de flujo para informar a los DTE que realicen sus transmisiones y, por lo tanto, solucionar la congestión sin descartar celdas, independientemente del transporte ATM, el uso de Frame Relay para el transporte de datos evita el uso de grandes y costosos routers centrales de comunicaciones que concentran múltiples líneas punto a punto.

1.6.8 Conmutación de voz (VSTN)

Como para el tráfico Frame Relay, ATM ofrece una nueva manera de transportar el tráfico de voz sobre la red de transporte (a parte de la obvia de emulación de circuito) La aproximación consiste en conseguir que la red de transporte ATM sea emulada como una gran centralita de tránsito (tandem PBX). Esta técnica recibe el nombre de conmutación de voz sobre ATM.

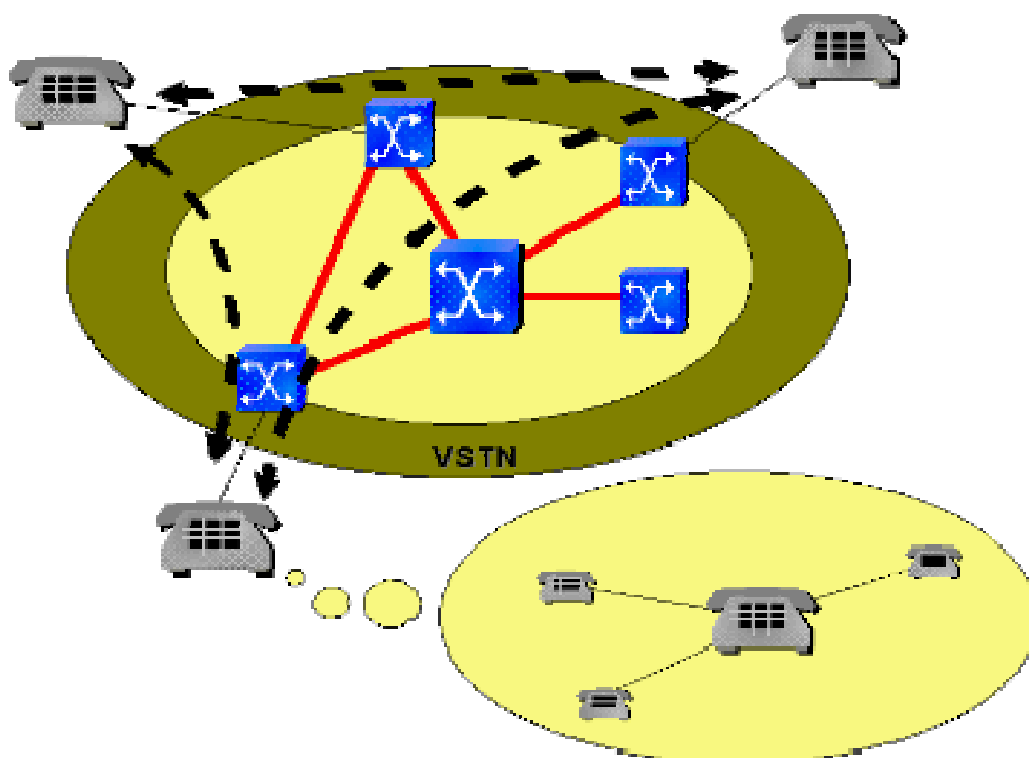


Figura 1.16.-Conmutación de voz sobre ATM

Lo que se busca es que el propio conmutador ATM pueda interpretar el canal de señalización de la centralita y crear canales conmutados para la transmisión de cada circuito de voz independientemente. El circuito va desde la centralita origen hasta la de destino sin la necesidad de pasar por ninguna centralita de tránsito externa[26].

Al igual que en el caso de FrameRelay, la red ATM puede conocer el número de llamadas de voz que hay en cada momento del tiempo y, por lo tanto, usar únicamente el ancho de banda necesario para su transmisión (el resto se reasigna a otros servicios).

Otras ventajas de esta aproximación es la capacidad de la red ATM de informar a las centralitas por el canal de señalización de como prosperan sus llamadas individualmente. Frente a estas notificaciones, una centralita puede decidir conmutar una llamada determinada por la red pública en caso de congestión en la red de transporte corporativa.

En el caso que las centralitas usen compresión de voz, el uso de la técnica de conmutación de voz sobre ATM les asegura que un determinado circuito se comprime/descomprime en un único punto y, por lo tanto, la señal no sufre la pérdida de calidad asociada a las redes basadas en muchos saltos entre centralitas. La conmutación de voz sobre ATM elimina la necesidad de grandes centralitas de tránsito existentes en las grandes redes de voz y hace más sencillas las tablas de encaminamiento con lo que la escalabilidad es mucho mayor (y mucho más económica)[39].

1.6.9 Nuevas aplicaciones nativas en ATM

En este último apartado enunciamos un pequeño conjunto de aplicaciones que disfrutan, actualmente, de los nuevos servicios ofrecidos por las redes de transporte ATM

1.6.9.1 *Broadcasting de vídeo*

Mediante el uso de circuitos multipunto, una red ATM puede replicar en su interior una fuente de datos única hacia múltiples destinos. La replicación se realiza únicamente, siguiendo una estructura de árbol, allí donde el circuito multipunto se replica. De esta manera, el consumo de ancho de banda en el núcleo de la red se minimiza[32].

La aplicación más inmediata de los circuitos multipunto de ATM se encuentra en la distribución masiva de señal de vídeo desde un origen hasta múltiples destinatarios (televisión por cable, broadcasting de vídeo,)

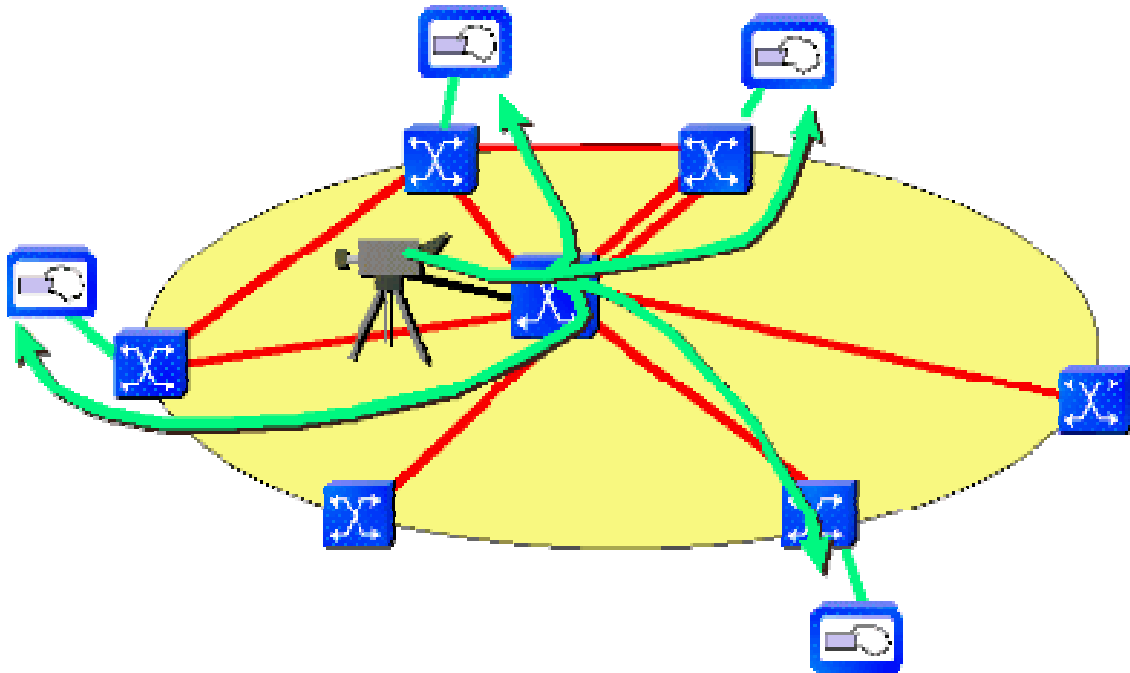


Figura 1.17.-Los circuitos multipunto en aplicaciones de broadcasting de vídeo.

1.6.9.2 Videoconferencia

Las aplicaciones de videoconferencia pueden verse como un caso específico de broadcasting de vídeo en el que múltiples fuentes envían señal hacia múltiples destinos de manera interactiva.

Los circuitos multipunto conmutados abren un nuevo mundo de posibilidades para las aplicaciones de videoconferencia de alta calidad. Una determinada dependencia puede entrar a formar parte de vídeo conferencia pidiendo, dinámicamente, una extensión de los circuitos multipuntos correspondientes hacia su punto de conexión[4].

1.6.9.3 LAN virtual (VLAN)

Desde el punto de vista del transporte de datos LAN, las infraestructuras de comunicaciones ATM permiten la aplicación de técnicas de redes virtuales. El administrador de la red puede hacer que un conjunto de dependencias conectadas a la red de transporte interconecten sus LAN de manera aislada de como lo hacen otras dependencias.

Las redes virtuales son muy útiles en aquellos casos en los que las dependencias conectadas a la red de transporte no forman parte de un mismo estamento y se requiere, por lo tanto, un invisibilidad de los datos para cada organismo. Aunque aisladas, se podrían interconectar las diferentes redes virtuales mediante una función de routing disponible en cualquier punto de la red que, entre otras cosas, garantizase unas determinadas políticas de seguridad.

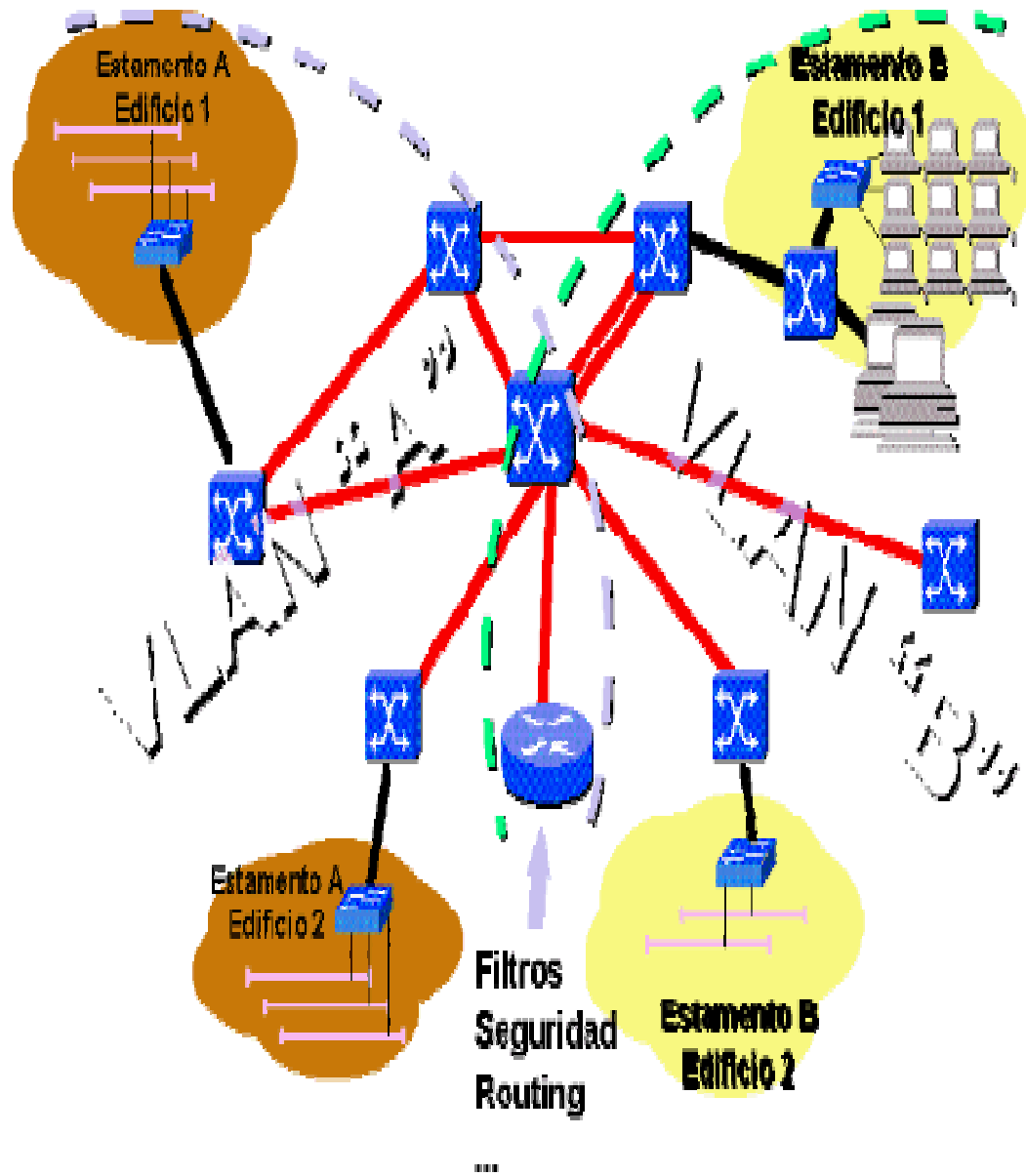


Figura 1.18.-ATM permite la creación de redes virtuales para el tráfico LAN

1.6.9.4 Conclusión de ATM

ATM, como infraestructura básica de transmisión de banda ancha, en redes corporativas de área metropolitana (MAN) o extensa (WAN), está sustituyendo a las soluciones basadas en multiplexores SDH. Las razones tecnológicas expuestas son sólo una parte de la historia. La otra parte, y fundamental hoy en día, es el coste de la solución.

Si atendemos a las capas de servicios de voz, datos y vídeo que se instalarán por encima de la infraestructura de transmisión, los ahorros que se consiguen al diseñar estos servicios directamente sobre ATM son sustanciales. Cuando consideramos los costes de posesión de la red, que tienen que ver con cambios, evolución, operación y mantenimiento de la misma, la partida de ahorro aportada por la solución ATM crece aún más.

El formidable despegue de ATM adquiere de esta forma un nuevo impulso y confirma su carácter de tecnología extremo a extremo, universal y globalizada[22].

1.7 DWDM

La discusión siguiente proporciona un cierto fondo encendido porqué la multiplexación de división de longitud de onda densa (DWDM) es una innovación importante en redes ópticas y qué ventajas puede proporcionar. DWDM trabaja combinando y transmitiendo señales múltiples simultáneamente en diversas longitudes de onda en la misma fibra.

En efecto, una fibra se transforma en fibras virtuales múltiples. Así pues, si se multiplexara ocho señales de OC -48 en una fibra, se aumentaría la capacidad de carga de esa fibra a partir de 2.5 Gb/s a 20 Gb/s. Actualmente, debido a DWDM, las solas fibras han podido transmitir datos que aceleraron a 400Gb/s.

Una ventaja dominante a DWDM es que es protocolo y de velocidad de transmisión de bites independiente de las redes DWDM basadas pueden transmitir datos en el IP, atmósfera, SONET /SADO, y Ethernet, y los índices binarios de la manija entre 100 Mb/s y 2.5 Gb/s. Por lo tanto, las redes DWDM-basadas pueden llevar diversos tipos de tráfico a diversas velocidades sobre un canal óptico.

De un punto de vista de QoS, las redes basadas en DWDM crean una manera de un costo más bajo de responder rápidamente a las demandas de la anchura de banda de los clientes y a los cambios del protocolo.

De perspectivas técnicas y económicas, la capacidad de proporcionar capacidad potencialmente ilimitada de la transmisión es la ventaja más obvia de la tecnología de DWDM. La inversión actual en planta de fibra no se puede preservar solamente, sino optimizar por un factor de por lo menos 32. Como demandas cambie, más capacidad se puede agregar, por mejoras simples del equipo o aumentando el número de lambdas en la fibra, sin mejoras costosas[19].

La anchura de banda a un lado, las ventajas técnicas que obligan lo más de DWDM puede ser resumida como sigue:

- **Transparencia**—porque DWDM es una arquitectura de la capa física, puede transparente apoyar TDM y formatos de datos tales como atmósfera, Ethernet del gigabit, ESCON, y canal de la fibra con los interfaces abiertos sobre una capa física común.
- **Escalabilidad**—DWDM puede liberar la abundancia de fibra oscura en muchas redes del área metropolitana y de la empresa para resolver rápidamente la demanda para la capacidad en punto de señalar acoplamientos y en los palmos de los anillos existentes de SONET/SDH.

1.7.1 DWDM como transporte para TDM.

Las inversiones de equipo existentes de SONET pueden ser preservadas. A menudo los nuevos equipos puestos en práctica pueden eliminar capas de equipo. Por ejemplo, el equipo de multiplexación de SONET puede ser evitado en conjunto interconectando directamente al equipo de DWDM de los interruptores de la atmósfera[32].

Además, las mejoras no tienen que conformarse con los interfaces específicos del índice binario, como con SONET, donde está bloqueada la agregación de los tributarios en valores específicos.

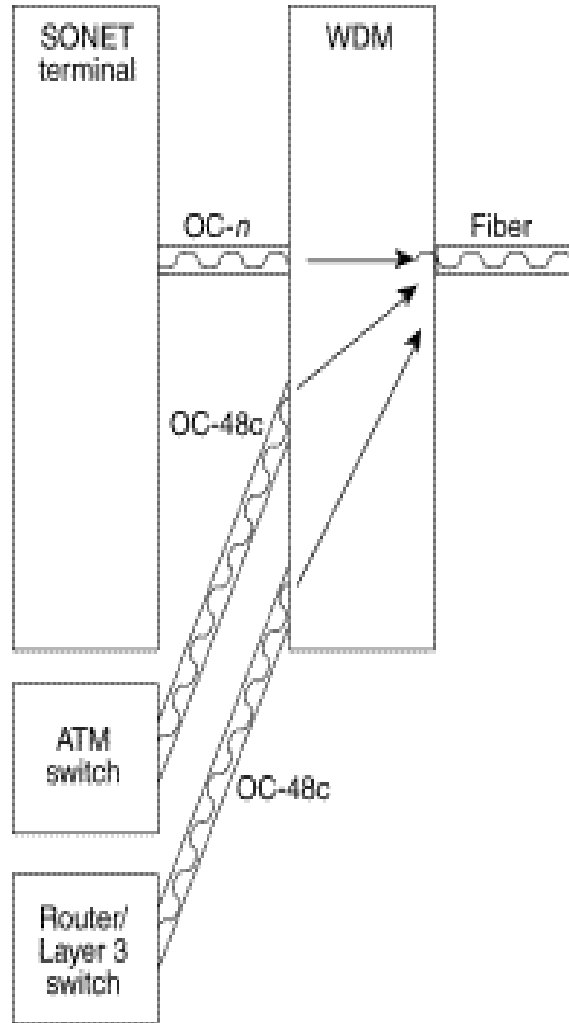


Figura 1.19.-Interfaces directos de SONET del interruptor a DWDM

Las señales ópticas se atenúan mientras que viajan a través de fibra y deben ser regeneradas periódicamente en las redes base. En redes ópticas de SONET/SDH antes de la introducción de DWDM, cada una fibra separada que llevaba una sola señal óptica, típicamente en 2.5 Gbps, requirió un regenerador eléctrico separado cada 60 a 100 kilómetros (37 a 62 millas).

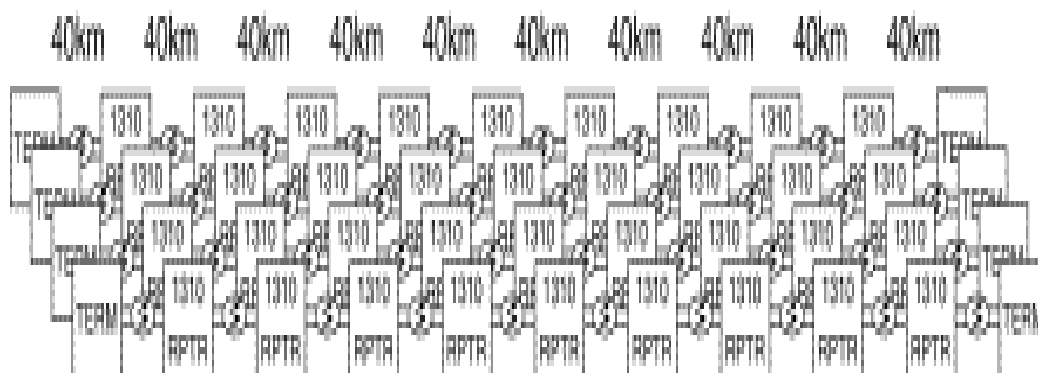
INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Mientras que las fibras adicionales fueron puestas una sobre otra en una red de la base, el costo total de regeneradores podría llegar a ser muy grande, puesto que se tendría el doble de fibras y posteriormente la necesidad de agregar los regeneradores que tardarían en encender las fibras.

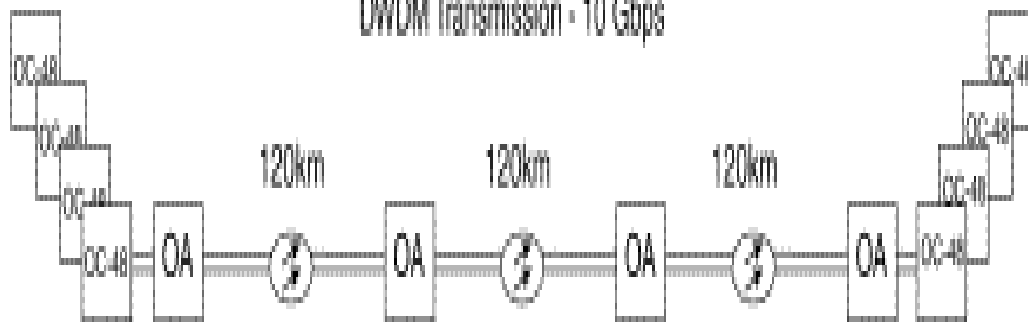
La parte superior demuestra la infraestructura requerida para transmitir en 10 Gbps (4 SR de x OC-48 interconectan) a través de un par de fibras de 360 kilómetros (que usan el equipo de SONET; la parte más inferior de la figura 15 demuestra la infraestructura requerida para la misma capacidad usando DWDM. Mientras que son ópticos los amplificadores se podrían utilizar en el caso de SONET para ampliar la distancia de pares antes de que tengan que alzar energía de la señal.

Porque con DWDM las cuatro señales se pueden transportar en un solo par de la fibra (contra cuatro), pocos pedazos de equipo se requieren. La eliminación del costo de los regeneradores (RPTR) requeridos para cada fibra da lugar a ahorros considerables[32].

Conventional TDM Transmission - 10 Gbps



DWDM Transmission - 10 Gbps



4-80775

Figura1.20.-DWDM Elimina Los Regeneradores

Una sola lata óptica del amplificador amplifica todos los canales en una fibra de DWDM sin demultiplexación y el proceso los individualiza, con un costo de un solo regenerador.

El amplificador óptico amplifica simplemente las señales, no las retransmite como lo hace un regenerador, así que las señales necesitan ser regeneradas periódicamente. Pero dependiendo del diseño del sistema, las señales se pueden ahora transmitir dondequiera a partir de 600 millares de kilómetros sin la regeneración. En el caso de agregar interfaces de velocidad de transmisión de bits más altos[4].

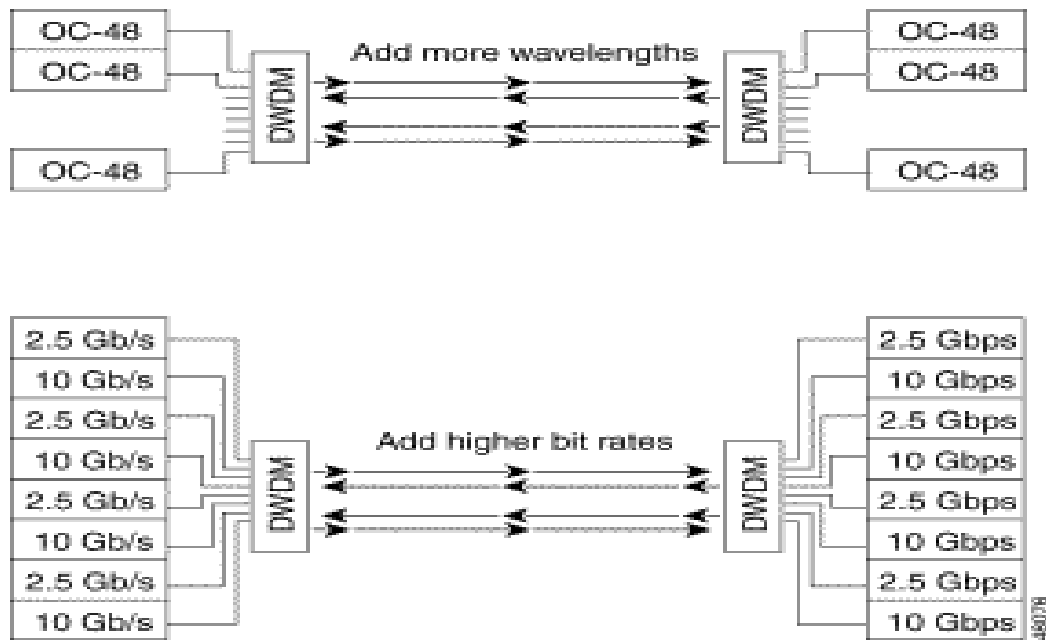


Figura 1.21.-Aumento con DWDM

Aunque los amplificadores están de gran ventaja, son a menudo innecesarios en redes metropolitanas. Donde están relativamente cortas las distancias entre los elementos de la red, la fuerza y la integridad de la señal pueden ser adecuadas sin la amplificación.

1.8 Multiplexor de acceso DSL

El DSLAM es un equipo ubicado en la central que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia la red WAN. Su utilización favoreció el despliegue de ADSL, al requerir menos espacio en las centrales[16].

La integración de varios ATU-Cs en el DSLAM es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL ya que facilita la instalación de todo el sistema.

1.8.1 Integración de ATM y ADSL

Las redes de comunicaciones de banda ancha en su mayoría emplean el ATM para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de celdas ATM sobre los enlaces ADSL y de esta forma se sacaría provecho a la gran velocidad de acceso del ADSL.

A nivel de enlace, algunos suministradores de equipos de central para ADSL plantearon otras alternativas al ATM, como PPP sobre ADSL y Frame-Relay sobre ADSL, pero finalmente se ha impuesto el primero. Otra alternativa que está siendo desplegada actualmente es el Ethernet sobre ADSL[3].

En la figura se muestra el modelo de referencia específico de ADSL para el modo ATM, el cual se asemeja al establecido para la RDSI pero con algunas diferencias.

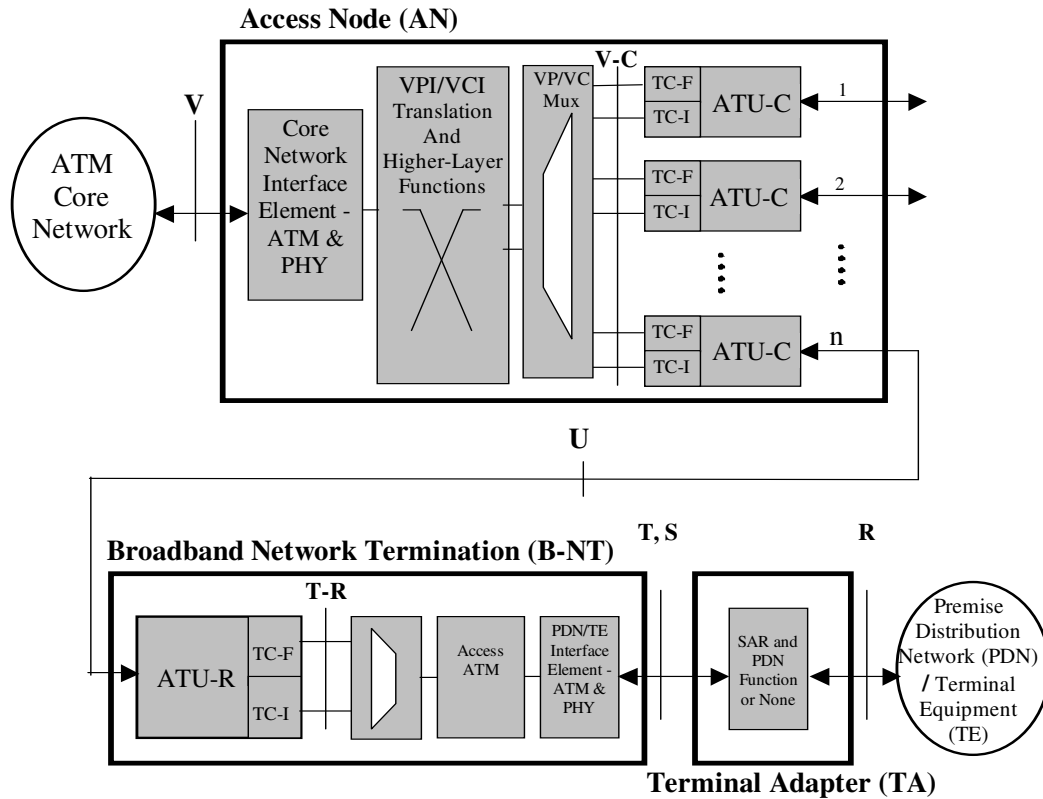


Figura 1.22. Modelo ADSL para modo ATM.

TC-F: Convergencia de la Transmisión de la trayectoria Rápida.

TC-I: Convergencia de la Transmisión de la trayectoria de Entrelazado.

Modelo de referencia específico ADSL para el modo ATM.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

La interfaz V conecta la red de núcleo y el nodo de acceso (AN). Dentro del AN, una interfaz lógica llamada V-C, como se define en T1.413, conecta las funciones individuales del ATU-C a las funciones correspondientes de capa ATM. La interfaz U conecta los ATU-R individuales en la B-NT remota a los correspondientes ATU-Cs en el nodo de acceso[15].

La interfaz S y T, conecta el bloque Terminación de Red (NT) al equipamiento de distribución de red (PDN) o al Equipo Terminal (TE). Dentro de la NT, una interfaz lógica llamada T-R, como se define en las recomendaciones ADSL PHY, conecta la función del ATU-R a la función de capa ATM. La interfaz R, conecta el bloque Adaptador Terminal (TA) al PDN o TE no basado en ATM.

La información, ya sean tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en celdas ATM, y el conjunto de celdas ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT. El ATM al permitir asignar el ancho de banda dinámicamente entre una serie de servicios y al ofrecer a los portadores las herramientas de gestión que le dan conocimiento de los niveles de rendimiento especificados de acuerdo al SLA, constituye la mejor variante para integrarse con ADSL[3].

La amplia adopción de ATM por la gran mayoría de proveedores DSL extiende los beneficios de ATM desde la última milla hasta el núcleo de la red. A su vez, la gran flexibilidad y adaptabilidad que presenta ATM para interoperar con otras tecnologías (TDM, GigE, POS/IP, Frame-Relay etc.), dan al operador la protección de su inversión reduciendo significativamente el costo y permitiendo así, introducirse en los segmentos competitivos del mercado.

En la actualidad, la evolución a la integración de Voz sobre DSL (VoDSL) en el lazo local, ha estimulado las inversiones de ATM en el área de acceso y núcleo de la red. Además, la evolución de los conmutadores ATM a soportar funcionalidades MPLS, vemos en los conmutadores MPLS ATM LSR extiende la disponibilidad a MPLS, para el transporte de IP en el núcleo de la red.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente.

Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda. Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en el ATM se contemplan diferentes categorías de servicio como CBR, VBR-rt, VBR-nrt, UBR, ABR, GFR, y UBR+ (UBR con MDCR), con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada VCC[3].

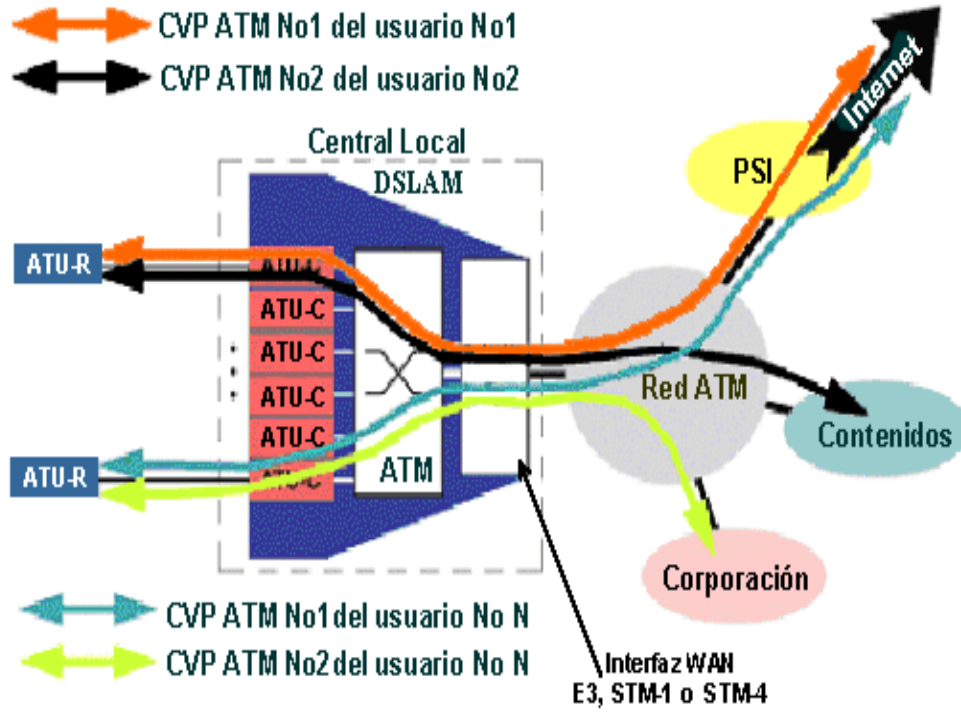
De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos).

La categoría de servicio más difundida para los servicios de datos es UBR, la cual no especifica parámetros de QoS o de tráfico. Las aplicaciones que no son de tiempo real no tienen gran necesidad de estos parámetros. Sin embargo, debido al impacto potencial de la congestión, muchos prefieren tener un mínimo de ancho de banda garantizado disponible para su uso.

Esto se logra con las categorías GFR o UBR. La especificación UBR original no incorpora mecanismos para tratar la congestión tal como PPD/EPD, que ha sido incorporado en muchos productos y en el estándar UBR. En los módems ADSL se definen dos canales, el canal rápido y el canal de entrelazado. El primero agrupa los CVPs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz[15].

El canal de entrelazado, llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los CVPs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

Los estándares y la industria han impuesto mayormente el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces (Figura 8), las interfaces WAN pueden ser STM-1, STM-4, E3 u otras estandarizadas, y el resto ADSL-DMT. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.



DSLAM ATM.

Figura 1.25.- ATM sobre ADSL.

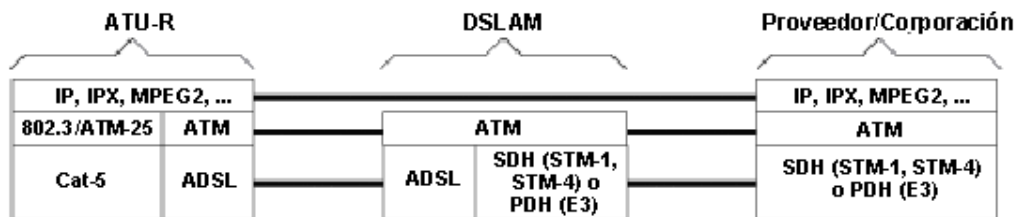


Figura 1.24.- Torre de protocolos de ATM sobre ADSL.

1.9 Modelo para ofrecer servicios

El ADSL Forum ha propuesto distintos modelos para ofrecer servicios, teniendo en cuenta las distintas alternativas de transporte en cada enlace de la conexión, los que se muestran en la siguiente figura.

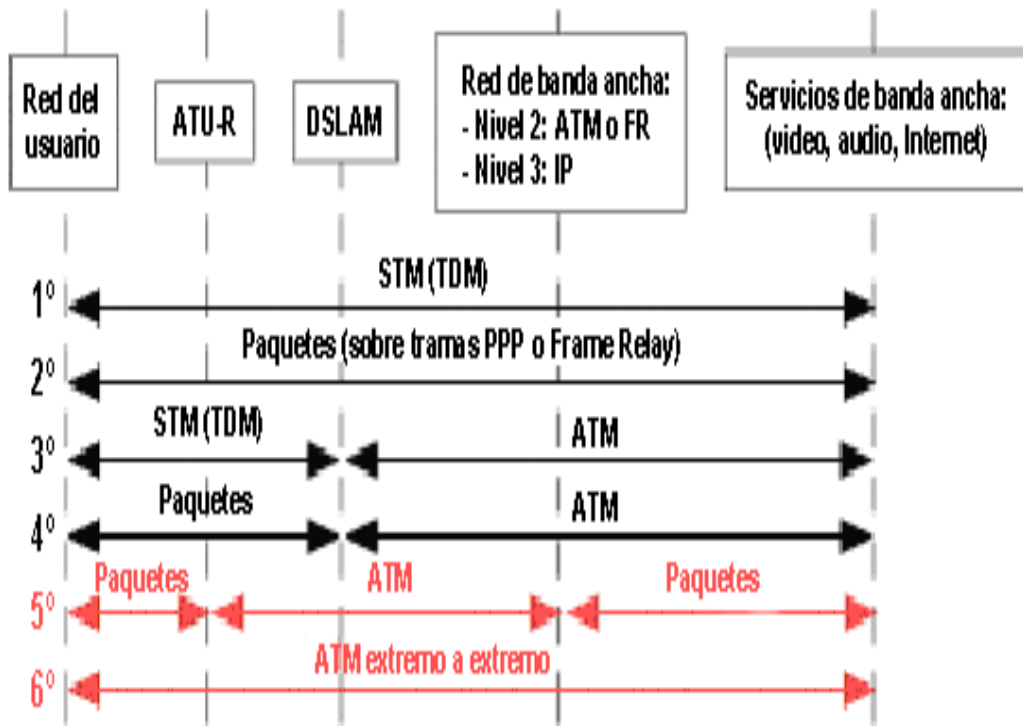


Figura 1.25.-Modelos para la prestación de servicios con acceso ADSL.

De acuerdo con lo explicado anteriormente, la solución que se ha impuesto ha sido el envío de celdas ATM sobre el enlace ADSL (entre el ATU-R y el ATU-C situado en el DSLAM). Por lo tanto, de los seis modelos que propone el ADSL Forum.

1.10 Arquitectura SDH.

En 1988, el CCITT, basado en la primera parte de la norma SONET, elaboró la llamada SDH (Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Sincrónica) con el mismo principio demultiplexado sincrónico y capacidad de reserva[42].

La SDH ha sido diseñada para transportar todas las señales ya existentes o nuevas, tanto europeas como norteamericanas, desde 2Mb/s hasta ATM. Tiene una arquitectura de niveles o capas, y cada uno de estos niveles requiere pruebas específicas.

Segmentos de una Red SDH.

La señal de SDH contiene funciones integradas de mantenimiento muy poderosas.

La Sección Regeneradora (RS) es la unidad de mantenimiento de nivel inferior, situada entre los puntos donde ocurre el entramado. Es muy importante en la localización de fallas[17].

El principal problema a resolver es la necesidad de sincronizar todos los nodos de la red. La idea del desarrollo de la SDH es una extensión de la trama síncrona de 2Mbit/s del sistema PDH hacia velocidades superiores.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

La trama de 2Mb/s es síncrona. Lo que esto significa es que los intervalos de tiempo son sincrónicos al encabezamiento de la trama: una vez sincronizado a la trama, un receptor puede extraer la información contenida en la trama sencillamente contando bytes hasta llegar a la posición deseada y copiando los bytes allí contenidos en una memoria.

Para insertar información en un intervalo de tiempo, el procedimiento sería igualmente sencillo: una vez alineado a la trama, el transmisor puede transferir los datos de su memoria al intervalo de tiempo adecuado, el cual encuentra contando los bytes desde la palabra de alineación trama[24].

La trama de 2Mb/s es sincrónica con sus tributarios de 64kb/s (cosa que no sucede con las tramas de 8, 34, 140 o 565 Mb/s). En la práctica ocurre que estos tributarios no siempre son sincrónicos y las centrales de conmutación periódicamente tienen que introducir deslizamientos o slips cada vez que haya un defasaje grande entre carga que ingresa a la memoria elástica a la entrada del MUX y la señal multiplexada de 2Mb/s.

Se puede pensar que una red SDH consta de una malla interconectada de nodos procesadores de señales SDH. La interconexión de dos nodos cualesquiera en esta red se logra mediante sistemas de transporte SDH individuales.

El VC se ensambla en el punto de entrada a la red SDH, se transmite intacto y se desensambla a la salida de la red. El encabezado de sección (SOH) se crea en el extremo de transmisión de cada nodo de red, y avanza hasta el nodo receptor. Así, el SOH pertenece únicamente a un sistema de transporte concreto y no se transfiere con el VC entre sistemas de transporte[29].

La trama SDH transporta dos tipos de datos: las señales tributarias y las señales auxiliares de la red, denominados encabezado global. El encabezado global aportan las funciones que precisa la red para transportar eficazmente las señales tributarias a través de la red SDH.

Las redes de transmisión actuales se desarrollaron sobre la base de la PDH, y por lo tanto no necesitaban en si mismas una sincronización, sin embargo la operación sincrónica de la red proporciona ventajas importantes, de manera que muchos operadores construyeron una red paralela para suministrar la distribución de la referencia de sincronización. Estos canales se suministran casi exclusivamente por grupos múltiplex primarios a 1544 kb/s (EE.UU.) y 2048 kb/s (Europa)[7].

El principio de conmutación utilizado en las centrales telefónicas digitales requiere que todos los conmutadores de red funcionen sincronizados. Lo mismo ocurre con una red de cruz conecta.

1.10.1 Interfaces ópticas de SDH.

Se definen para SDH interfases físicas tanto ópticas como eléctricas. Las ópticas a su vez se pueden ver en tres formas que son:

1. Local (indicados con **I-n**, donde n=nivel jerárquico STM). Abarca aplicaciones que requieren una transmisión a una distancia máxima de 2 Km., con estimaciones de pérdidas entre 0 y 7 dB con fibra monomodo. Los transmisores ópticos I-n pueden ser LEDs o transmisores láser de modo multilongitudinal (MLM) de baja potencia con longitud de onda de 1310 nm[19].

2. Corto alcance (indicados con **S-n.1** ó **S-n.2**, donde n=nivel jerárquico STM, 1=longitud de onda de 1310nm sobre fibra G.652; 2=longitud de onda de 1550nm sobre fibra G.652). Abarca aplicaciones a una distancia de hasta 15km, con pérdidas entre 0 y 12 dB, con fibra monomodo.

Se utilizan transmisores láser de modo monolongitudinal (SLM) o de modo multilongitudinal (MLM) de baja potencia (50W ó -13dBm) con longitudes de onda de 1310 ó 1550nm.

3. Largo alcance (indicados con **L-n.1** ó **L-n.2** ó **L-n.3**, donde n=nivel jerárquico STM, 1=longitud de onda de 1310nm sobre fibra G-652; 2=longitud de onda de 1550nm sobre fibra G-652 ó G-654; 3=longitud de onda de 1550nm sobre fibra G-653). Abarca aplicaciones a distancias de hasta 40km, con pérdidas entre 10 y 28dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores láser SLM ó MLM de alta potencia (500W ó -3dBm) con longitudes de onda de 1310 ó 1550nm.

1.10.2 Interfases eléctricas de SDH

Para aplicaciones Inter-oficinas se define una interfase eléctrica en el nivel STM-1 (y solo para este nivel). El código de línea es CMI según recomendación G.703.

1.10.3 Aplicaciones de SDH

SDH genera una nueva serie de productos, desde los multiplexadores necesarios para las nuevas transiciones de nivel, equipos de línea para fibra óptica para 155.52 Mb/s y 622.08 Mb/s, sistemas de radio, con conexión cruzada programables, derivación y agregado también programables en cualquier nivel, y todas las combinaciones posibles integradas, como por ejemplo multiplexores con drop insert ADM (Add Drop Multiplexer), etc. Pueden desarrollarse equipos de línea con tributarios ópticos, gracias a que las señales son sincrónicas.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Los derivación y agregado (DI) permiten derivar señales e insertar nuevas de menor capacidad en una línea M principal, facilitado también por el sincronismo. Pero el equipo con mayor futuro, en las redes de telecomunicaciones es el conexión cruzada (CC) que permite reordenar, derivar e insertar señales, sobre todo si las mismas son de niveles bajos, por ejemplo 2 Mb/s en 620 Mb/s, ya que en la SDH no es necesaria la demultiplexación como en la asincrónica. Los equipos de "cross-connect" se definen por su nivel de acceso y por su nivel de conmutación[21].

La aplicación de estos equipos redundante en una mayor flexibilidad de las redes. Si se analiza el ejemplo de la figura siguiente, desde una estación central de administración de la red A, puede controlarse la capacidad de transmisión entre cada una de las estaciones B, C, D y E, comandando por ejemplo los CC o los DI en esos nodos.

En algún caso puede quedar interrumpido el enlace B-C, pudiendo reorientarse el tráfico a través de B-D-C, eligiendo directamente los canales a transferir de ruta. En otro caso puede ocurrir que en D se produzca una demanda transitoria importante con motivo de algún evento especial, debiéndose incrementar la ruta B-D.

En un tercer caso puede requerirse un alquiler de troncales punto a punto exclusivos entre D y E.

Todos estos casos y muchos otros se resuelven de una manera mucho más sencilla con la estructura SDH, dando lugar al concepto de manejo integral de redes de telecomunicaciones (TMN, Telecommunications Management Network).

La transición hacia redes totalmente sincrónicas llevará algún tiempo, pero con las ventajas técnicas y económicas que ofrece, es fácil comenzar por los enlaces nuevos o ampliaciones punto a punto que no interfieren con las redes asincrónicas ya existentes, o en líneas de larga distancia reunir sistemas de 140 Mb/s en un STM-4 por incremento de tráfico. Otro campo posible de aplicación es en las redes de abonados digitales, sobretodo por la casi inexistencia de redes asincrónicas de este tipo.

1.11 FAST Y GIGABIT ETHERNET

1.11.1 INTEROPERABILIDAD

La alianza Gigabit Ethernet se ha comprometido a promover la adopción de esta tecnología como un estándar a ser ratificado por la IEEE. El interés de la alianza es demostrar la operabilidad de productos como: placa de red, switches, routers, etc.

Para superar la aceleración a 1 Gbps, fueron mezclados dos tecnologías: IEEE 802.3 Ethernet y ANSI x 3 T11 Fiber Channel. Con estas dos tecnologías juntas, el estándar puede aprovechar la alta velocidad de la tecnología de Fiber Channel, manteniendo el formato de frame de IEEE 802.3 de Ethernet, la compatibilidad con los medios instalados y el uso de duplex o semiduplex[1].

1.11.2 COMO TRABAJA GIGABIT ETHERNET.

Las especificaciones técnicas necesarias para Gigabit Ethernet podemos subdividirlas en las siguientes categorías:

- Opciones de cableado.
- Limitaciones de UTP.
- Estrategias de diseño de UTP.
- Niveles de Gigabit Ethernet.
- Calidad de servicio (QOS).
- Clase de servicio (COS).

A continuación pasamos a explicar cada una de las categorías.

Opciones de cableado: los productos para Gigabit Ethernet fueron diseñados para operar con Fibra Óptica, pero más tarde fue descubierto que el cable de cobre podía ser diseñado de tal manera que operará a 1000 Mbps. Los diferentes tipos de transceivers disponibles para los módulos de Gigabit Ethernet son[21]:

- 1000 Base SX: es un transceiver de fibra óptica de corta longitud de onda que puede usarse con fibra óptica multimodo con un núcleo central de 50 o 62.5 micrones de diámetro; y la distancia máxima es de 220 a 500 mtrs.
- 1000 Base LX: es similar al anterior pero con mayor longitud de onda y a su vez puede soportar mayor distancia. Usa fibra óptica multimodo de 50 o 62.5 micrones de diámetro de núcleo central. También puede usarse fibra óptica monomodo. Esta soporta distancias de 440 mtrs. a 5km.

Limitaciones de UTP: El UTP tiene una longitud de 100 mtrs. Una de las diferencias de UTP categoría 5, para Gigabit Ethernet es la utilización de cuatro pares trenzados en vez de 2 pares trenzados. Lo que ha causado problemas en el desarrollo del estándar UTP. A continuación mencionaremos algunos de los problemas[30].

-Atenuación: la transmisión de datos sobre 4 pares trenzados en cable UTP categoría 5 ha presentado pérdida de señal entre el transmisor y el receptor. Esta pérdida se conoce como atenuación; por lo que los diseñadores se han visto obligados a usar el rango más bajo de frecuencias para transmitir datos a la velocidad apropiada.

-Ruidos: se detectan ruidos cuando se opera con full-duplex, ya que el mismo alambre se usa para transmitir y recibir, lo que genera una pérdida de transmisión y recepción.

-Interferencias: son señales no deseadas que se producen entre dos alambres adyacentes, lo que es una dificultad para Gigabit sobre UTP. Por lo que se usan los cuatro pares de alambres causando posibles interferencias por cada par adyacentes a otro.

-Irradiación de energía: es necesario tener en cuenta esto porque los cables que deben usarse son sin malla protectora.

Estrategia de diseño de UTP: Un grupo de trabajo denominado "802.3ab Task Force" desarrolló una estrategia para solucionar los problemas mencionados anteriormente. 1000 Base-T adoptó estas soluciones:

- **Niveles de Gigabit Ethernet:** Para comprender bien los niveles es necesario conocer el modelo OSI (Open Systems Interconnect). Los hubs, switches, routers, etc. Son compatibles con los niveles 3 o 4.

Nivel 3: los dispositivos que se encuentran en este nivel son responsables de ejecutar el ruteo, es decir, el direccionamiento de los paquetes. Este nivel es conocido como el nivel de red. Ejemplo: puede ser un Switch o hub.

Nivel 4: es el nivel de transporte. En este nivel los dispositivos son responsables de reservar el ancho de banda para el transporte de los datos.

- **Calidad de servicio QOS:** Es una medida sobre la calidad de servicio de una red. La calidad de servicio implica garantizar el ancho de banda como así también la llegada de los paquetes en forma completa. Uno de los módulos en la implementación de la calidad es el RSVP (Resource Reervation Protocol); este es un protocolo que habilita a una estación para requerir la reserva de un ancho de banda garantizado a través de la red. El RSVP opera en el nivel 4 del modelo OSI. Los switches y routers habilitados por RVSP reservan el ancho de banda requerido para sesión de ésta.

- **Clase de servicio (COS)** Implica la priorización del tráfico a través de la red. Las decisiones de demorar o lanzar un paquete puede ser priorizado por los switches y routers.

1.12 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

FDDI es una red de alta velocidad basada en un medio de transmisión de fibra óptica, que se puede considerar como una MAN debido a las distancias que puede soportar (aunque con arquitectura LAN). Su principal utilidad es la interconexión entre ordenadores de alta velocidad y periféricos de todas las clases. Además el FDDI se aplica como una red primaria o dorsal o anillo de alta velocidad de redes de cualquier tipo[37].

Sus características fundamentales son las siguientes:

- Protocolo MAC basado en el estándar IEEE 802.5 (token ring).
- Protocolo LLC del estándar IEEE 802.5 utilizado para redes de área local.
- Tiene la posibilidad de usar par trenzado como fibra óptica.
- Tiene doble anillo para soportar las fallas.
- La velocidad es de 100 Mbps.
- Se puede conectar hasta 500 dispositivos por anillo, es decir que se pueden tener hasta 1000 conexiones físicas, lo que implica tener una cuenta de doble anillo 200 km.

- Se puede proporcionar servicios de datos síncronos y asíncronos, es decir, servicios de ancho de banda asegurado y servicios no asegurados.
- Si hay recursos suficientes, se podrán cubrir los servicios de datos asíncronos.

1.12.1 Funcionamiento del FDDI.

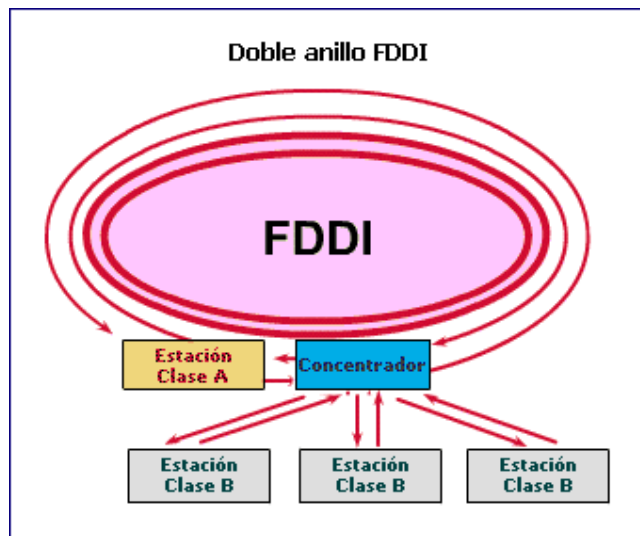


Figura 1.26.-Modelo FDDI

Consiste en un anillo que conecta estaciones con otras redes locales. Además tiene una estructura de doble anillo, en el cual se usa el anillo primario, dejando al secundario para cuando falla el primero[37].

El anillo está constituido por una colección de interfaces de anillos conectados por medio de líneas punto a punto.

En lo que representa al funcionamiento del anillo podemos decir que por éste va circulando una trama llamada testigo, que da derecho a transmitir a aquella estación que haya capturado el testigo.

Una vez capturado el testigo, la estación dispone de cierto tiempo para transmitir sus tramas, que se encargará de retirar de la red la propia estación emisora, tras lo cual habrá de liberar al testigo. Las tramas van circulando por la red pasando secuencialmente por las estaciones activas. Los anillos transmiten en sentidos opuestos. Normalmente solo se utiliza uno de los anillos que denominaremos primarios.

En caso de que se desactivaran ambos anillos en el mismo punto por rotura u otros motivos, entonces habría que aislar el segmento del anillo en el que se ha producido la falla, de manera que las estaciones duales que se encuentran en cada uno de los extremos del segmento, roto o donde se encuentra el problema se encarguen de restablecer el anillo.

Lo hacen enlazando el anillo primario con el secundario, en su punto de conexión, de modo que se vuelve a tener un anillo cerrado y funcionamiento. Aunque algunas estaciones primarias podrían quedar aisladas.

1.12.2 COMPONENTES DE LA RED.

En el FDDI un nodo es un elemento activo capaz de repetir las transmisiones que le llegan, ya que no realiza tareas de recuperación de errores[10].

Implica entidades PMS y PHY. Una estación es un nodo direccionable de la red. Además puede realizar tareas de transmisión e implica una entidad MAC.

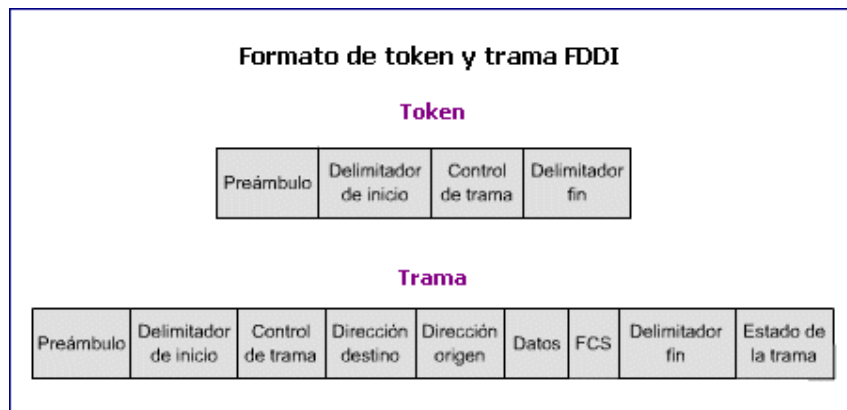


Figura 1.27.-Formato de token y trama FDDI

Los componentes de este tipo de red son:

1. Estación simple o SAS: es una estación conectada al anillo primario y en caso de que este fallara, podría quedar aislada la red.
2. Estación dual o Das: se encuentran conectadas a los anillos. En caso de fallo no quedan aisladas, ya que las estaciones duales en los extremos del segmento de la red donde ocurrió el fallo son las que se encargan de restablecer el anillo. Puede tener una o más estaciones MAC.
3. Concentradores: son nodos con puertos adicionales para estaciones simples. Un concentrador puede ser dual, siendo en algunos casos tolerantes a fallos.

1.12.3 Arquitectura de la red FDDI.

La arquitectura de esta red cubre el nivel físico y la subcapa MAC del nivel de enlace. La capa física se divide en dos subcapas, PMD (Physical layer Medium Dependant) y PHY (Physical layer Protocol) y la capa de enlace en las subcapas MAC (Medium Acces Control) y LLC(link layer Control), adoptando esta última el estándar 802.2[37].

El estándar SMT (Station Managment) proporciona la gestión al nivel de enlace, describiendo los aspectos de administración de la estación.

A continuación definiremos cada uno de los niveles, anteriormente mencionados.

El nivel Físico se divide en PMD y PHY.

SUBNIVEL FISICO PMD: está por debajo del nivel PHY, a quien ofrece sus servicios y se ocupa de aspectos que dependen del medio de transmisión que se está utilizando o los requisitos del rendimiento de la transmisión.

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Proporciona los servicios necesarios para el transporte de bits codificados de estación a estación, a través del medio de transmisión en cuestión. Se puede utilizar distintos tipos de medios, obteniendo varios estándares como:

MMF-PMD: es el estándar por defecto. Utiliza fibra multimodo, la distancia es punto a punto entre estaciones de 2 Km. En cuanto al transmisor que utiliza es al LED.

SMF-PMD: es útil para cubrir grandes distancias sin utilizar repetidores, pero es cara. Cubre distancias máximas entre estaciones de 60 Km. Utiliza fibra monomodo y un transmisor LASER.

TP-PMD Y LFC-PMD: para par trenzado apantallado o no apantallado y utiliza fibra óptica de bajo costo. El par trenzado se suele utilizar entre estaciones y concentradores.

SUBNIVEL FISICO PHY: especifica la codificación, decodificación, temporización y comprobación de las tramas de datos. Se utilizan dos niveles de codificación, por una parte codificación 4 de 5 y por la otra NRZI (Non Return to zero Invertion Ones). Es la subcapa PHY la que se encarga de transportar los datos a estos niveles de codificación. En la codificación 4 a 5 cada grupo de 4 bits es transformado en un símbolo de 5 bits, no permitiendo más de tres "ceros" seguidos.

En la codificación NRZI un "1" se representa con una transmisión al principio del intervalo de bit, y un "0" con ninguna transmisión. Se evita la pérdida de sincronización ya que la codificación 4 de 5 impide más de tres ceros consecutivos. Este tipo de codificación permite alcanzar 100 Mbps con 152 M baudios, ahorrando ancho de banda.

SUBNIVEL MAC: Se basa en el estándar 802.5 con testigo anticipado, o sea con la posibilidad de liderar el testigo inmediatamente después de realizarse la transmisión de las tramas.

- Por lo que existe la posibilidad de que haya varias tramas circulando al mismo tiempo por el anillo. El testigo va circulando por el anillo de estación a estación hasta que una de ellas lo captura y empieza a transmitir sus tramas, cuando haya concluido la transmisión o se haya terminado el tiempo de posesión del testigo, vuelve a liberar al testigo, transmitiendo una trama de testigo correspondiente. La estación transmisora se encarga de retirar las tramas que ha introducido del anillo.

Las actividades que realizan son:

- 1- direccionamiento
- 2- generación y recepción de tramas.
- 3- detección de errores y su corrección.
- 4- gestión del paso del testigo.

1.12.4 LOS CAMPOS DE UNA TRAMA FDDI.

Preámbulo: su longitud debe ser mayor o igual a 4 símbolos y sirve para sincronizar la trama con el reloj. De las estaciones.

Delimitador del inicio: indica el inicio de una trama.

Control de trama: indica el tipo de trama y las funciones de control su formato es CLFFZZZZ donde: C, es un bit, indica si usa servicio síncrono o asíncrono para transmitir la trama. L, es un bit de longitud de dirección, indica si se utiliza dirección de 16 o 48 bits. FF, es bit de formato, indica si se trata de una trama de datos de LLC o una trama SMT. ZZZZ, es un bit de control, indican el tipo de trama de control de la red o la prioridad de transmisión de una trama asíncrona LLC.

- Dirección de origen y de destino: indican la estación trasmisora y de destino.
- Campo de información de ruta: se usa en redes que soportan el mecanismo de enrutamiento fuente. Aparece cuando el primer bit de la dirección de origen está a 1.
- Campo de información: puede tener información de supervisión MAC, información de control SMT o datos del usuario LLC.
- Campo de verificación de trama: código de redundancia cíclico de 32 bits.
- Delimitador de final: marca el final de una trama (un símbolo T) o un testigo(dos símbolos T).
- Estado de la trama: contiene indicadores de control. Por lo que mencionaremos tres de ellos: detección de errores (E), dirección reconocida (A) y trama copiada (C).

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD

Diferencias con el estándar IEEE 802.5:

- El esquema del IEEE 802.5 es el que sigue FDDI. Una de las diferencias es que en FDDI se permite que una estación libere el testigo tan pronto como haya terminado de transmitir.
- Otra de las diferencias es la manera de reservar el ancho de banda para las transmisiones síncrona y asíncrona, es decir, cuando transmitir los datos asíncronos (pues los asíncronos tienen su ancho de banda asegurado).
- Cuando se captura el testigo, este es retenido un cierto tiempo durante el cual se pueden transmitir varias tramas, aunque en la mayoría de las implementaciones del 802.5 solo se permite transmitir una trama.
- Una última diferencia es la forma en que las estaciones acceden al testigo

CAPITULO II

Redes de acceso a traves de cable

2.1 Redes de Acceso.

2.1.1 XDSL

XDSL es un nombre genérico para una variedad de tecnologías de DSL (digital subscriber line; línea de suscriptor digital) desarrollada en la década de 1980 para ofrecer a las compañías de telefonía un medio dentro de la industria de la televisión por cable al proporcionar demanda de vídeo en las líneas de teléfono regulares. Aunque xDSL precede el servicio de módem por cable por un par de años, su empleo casi se ha limitado a las pruebas de campo. La tecnología carece de normas para toda la industria [3].

Las tecnologías de DSL son muy rápidas pues ofrecen velocidades de carga de hasta 32Mb y velocidad de descarga que va de 32Kb hasta mas de 1Mb, lo cual puede probar buena suerte para compañías que buscan ofrecer acceso de alta velocidad a Internet.

La xDSL tiene varias similitudes con la ISDN. Ambas tecnología requieren que las líneas telefónicas de cobre estén "limpias" de electricidad, y las dos pueden operar solo en líneas que tienen corridas relativamente cortas hacia la oficina central de la compañía de teléfonos. Dado que la xDSL se basa en teléfono, es más probable que el cable este disponible en áreas donde solo hay negocios.

En la mayor parte de los casos, la xDSL puede operar en cables telefónicos de par retorcido de grado de voz sin afectar la conexión de servicio de telefonía obsoleto (POTS), lo cual significa que las compañías de telefonía locales no tendrán que operar líneas adicionales para proporcionar el servicio de xDSL. En la actualidad muy pocas compañías telefónicas han escalado la plataforma para ofrecer servicio de Xdsl[16].

Algunas compañías de teléfono están planeando ofrecer el servicio de xDSL de punto por punto, en gran parte porque en este momento ofrecen servicios de línea rentada de T1 y T3. Las compañías técnicamente inteligentes incluso pueden crear sus propias WAN de xDSL, si rentan líneas de una compañía de teléfonos local y las conectan a su propio equipo de xDSL.

2.1.2 Semejanzas entre las dos tecnologías:

Hay muchas similitudes entre los módem por cable y xDSL. Ambos ofrecen velocidades muy superiores de los módem convencionales y también es posible utilizar cualquiera de los dos para una conexión de acceso remoto a una LAN.

Las dos tecnologías también presentan el problema de conectar a miles de usuarios de multimegabits a Internet sin crear cuellos de botella adicional. No está claro como harán las compañías de teléfonos locales para manejar el problema de ancho de banda, pero es probable que tengan que agregar capacidad de red de columnas de conexiones entre sus oficinas centrales para manejar el tráfico adicional generado por los usuarios de Internet xDSL.

En este capítulo se pretende dar una visión general sobre el panorama actual de las redes de acceso orientadas al estudio de Banda Ancha y como esta se comporta dentro de las tecnologías aplicadas en cable ya sea por par trenzado o por fibra óptica[3].

La red global de telecomunicaciones se divide habitualmente en dos grandes bloques, denominados red de conmutación y transporte, y red interna de usuario, ambos interconectados entre sí por la denominada red de acceso. La red de acceso interconecta la red de conmutación y transporte con las redes internas de usuario, por lo que los cambios tecnológicos en las otras dos partes de la red la afectan lógicamente de forma capital.

Dado el aumento en capacidad de conmutación derivado de las tecnologías actuales, estudios económicos han demostrado que la parte de la red dedicada a la conexión constituye una parte cada vez más importante en comparación con la red de transporte y conmutación, no sólo en cuanto a inversiones, sino también en cuanto a costos de operación y mantenimiento se refiere.

Así pues, cualquier reducción en su inversión repercute ampliamente en los costos globales de la red, incidiendo substancialmente en la relación entre ingresos e inversiones, y en la viabilidad de la introducción de nuevos servicios que requieran nuevas infraestructuras para su explotación[7].

Otro aspecto importante dentro del entorno de liberalización de las telecomunicaciones en que estamos sumergidos en la actualidad, es la posibilidad de que la red de acceso se comparta por parte de varios operadores, lo cual impone a la red de acceso el requisito de ser capaz de dar acceso a más de una red de conmutación y transporte, propiedad de distintos operadores.

Los requisitos que imponen en el acceso los usuarios de grandes negocios son muy distintos a aquellos que imponen los usuarios residenciales y de pequeños negocios. Mientras que para los primeros es importante disponer de una conexión con gran ancho de banda de forma flexible y absolutamente fiable, para los segundos.

Independientemente del ancho de banda requerido por cada usuario, una forma evidente de minimizar costos es compartiendo equipos o infraestructuras entre varios usuarios, lo que introduce el concepto de redes de acceso punto a multipunto.

Las redes punto a multipunto, además del aspecto topológico, implican que el tráfico generado por varios usuarios se concentra en un único punto de acceso lógico hacia la red de conmutación y transporte.

Cuanto más cerca de las redes internas de usuario se realice la concentración de tráfico, una mayor porción de la red es compartida entre los usuarios, y mayor es la reducción en costo por línea, siempre y cuando se acorte la complejidad del sistema.

La forma más rentable y fiable de transportar el tráfico concentrado es mediante fibra óptica. Actualmente, los componentes electrópticos, mientras no se realice una introducción masiva de fibra óptica en el bucle de abonado, constituyen la parte más importante en cuanto a costo de un sistema basado en fibra óptica.

Dentro de los sistemas basados en fibra óptica como medio de transporte, aquellos que utilizan componentes pasivos (PON) son, lógicamente, más eficientes en cuanto a inversión de componentes electroópticos por una parte, y más fiables por la otra.

2.1.3 Redes Ópticas Pasivas.

Una red óptica pasiva (PON) es aquella red de transmisión por fibra óptica que no incluye entre sus elementos ningún dispositivo activo, ya sea electrónico u optoelectrónico. Así pues, una PON está formada por fibras ópticas, acopladores ópticos, acopladores en longitud de onda, filtros, conectores ópticos, etc.[20].

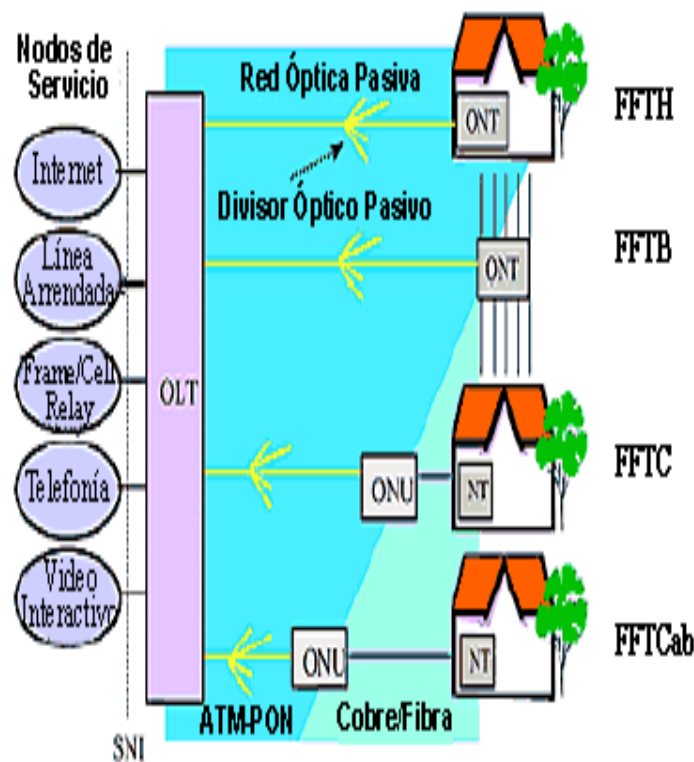


Figura2.1 PON sobre las arquitecturas

Las redes ópticas pasivas tienen diversas ventajas sobre aquellas que utilizan dispositivos activos, como por ejemplo la ausencia de alimentación, por lo que no son sensibles a cortes de fluido eléctrico, y el menor costo de operación, dado que no requieren mantenimiento y su fiabilidad es más alta.

Generalmente, el tipo de fibra que se utiliza en redes de Banda Ancha es fibra monomodo, debido principalmente a la mayor capacidad de transmisión con respecto a las fibras multimodo, ya que permite un mayor alcance sin necesidad de utilizar regeneradores activos.

Aunque hay posibilidades tecnológicas de utilizar una sola fibra para los dos sentidos de transmisión, normalmente se utilizan fibras distintas para cada sentido.

Ello es debido, en primer lugar, en que el precio actual de la fibra es lo suficientemente bajo en comparación con los costos de instalación, como para que se ubiquen más fibras, incluso para posibles ampliaciones de la red (denominadas fibras oscuras) y, en segundo lugar, al mayor costo de los componentes ópticos requerido para su instalación.

Las configuraciones en las que la fibra óptica llega hasta la casa del usuario se conocen como fibra al hogar (FTTH). Dependiendo del ancho de banda requerido, es posible incorporar un nivel adicional de concentración[28].

En este caso la fibra llega hasta puntos intermedios, prolongándose la conexión hasta el domicilio de los usuarios, bien mediante redes de cobre convencionales, o bien mediante redes coaxiales para televisión por cable (CATV), las cuales dan servicio a múltiples usuarios por terminación óptica, permitiéndose así un mayor grado de división del costo de los componentes electroópticos entre los mismos. Dependiendo del punto en que se realice dicha concentración, se denominan

Las redes ópticas pasivas se pueden implementar mediante diversas topologías representadas en la.

- *Estrella*

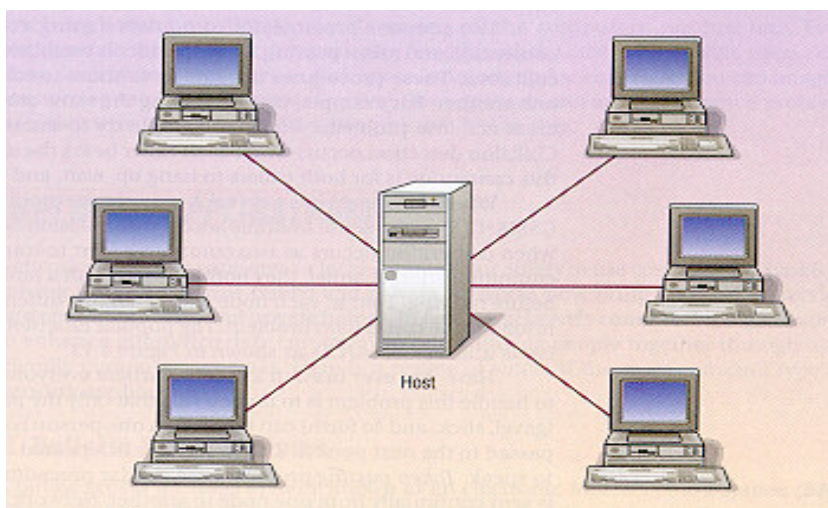


Figura2.2.Topología Estrella.

Se denomina configuración en Estrella a aquella que interconecta punto a punto, mediante fibras ópticas, el elemento de terminación de línea (OLT), situado en el lado de la central pública de conmutación, con todos los elementos de terminación de red (ONTs), situados en el lado de los usuarios. De forma análoga a la red actual de cobre, se requiere la disposición de repartidores de fibra intermedios entre la central de conmutación y las redes internas de usuario, para facilitar la interconexión entre los cables de fibra provenientes del OLT y los cables de fibra que llegan hasta los ONTs.

La fiabilidad de estos sistemas es alta dado que cada conexión al usuario es individual y no afecta al resto. Las bajas pérdidas en las conexiones permiten utilizar componentes electroópticos sencillos y relativamente baratos, cuya tecnología se puede considerar como bastante madura en la actualidad.

El mantenimiento de la red es sencillo en cuanto a localización de fallos, pero oneroso en cuanto al número de fibras a controlar y mantener. La evolución hacia la introducción de nuevos servicios es sencilla ya que el ancho de banda disponible para cada usuario es potencialmente muy grande.

- *Topología Bus*

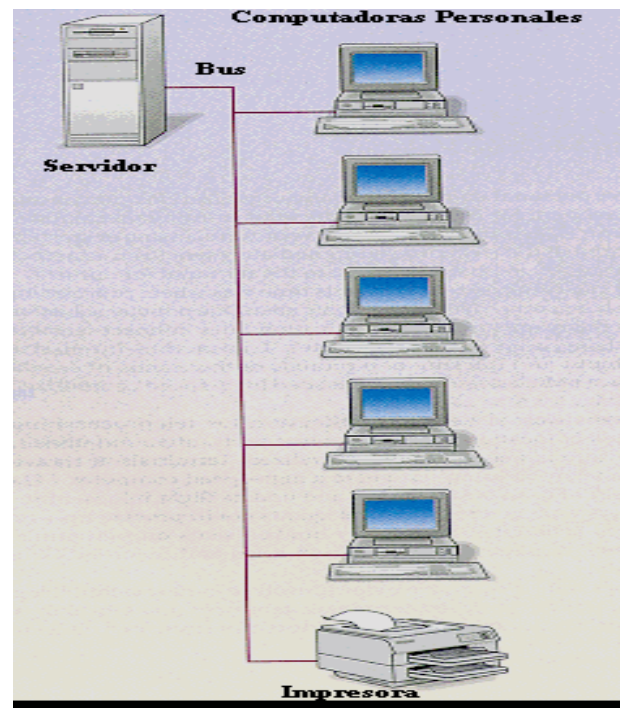


Figura 2.3 Topología Bus

En esta configuración la fibra se conecta de un ONT al siguiente. Cada elemento de terminación de red se conecta a la fibra mediante un acoplador direccional, el cual extrae una parte de la señal óptica en recepción. Todos los elementos de terminación de red reciben toda la información, desechándose aquella que no va dirigida al usuario determinado. En transmisión hacia la red se inyecta la potencia óptica en la fibra principal mediante dispositivos similares, de acuerdo a diversas técnicas de acceso al medio compartido.

Debido a que el principio básico de funcionamiento de estos sistemas es la extracción de potencia óptica en el sentido red a usuario, una limitación inherente a la topología consiste en la atenuación de la señal óptica a medida que se conectan nuevos usuarios.

Como el costo de los receptores ópticos es proporcional a la sensibilidad que presenten dichos dispositivos, el número posible de usuarios es reducido para un costo de instalación razonable.

Otro problema adicional, en cuanto a eficiencia a inversión se refiere, consiste en que la topología en forma de Bus no se corresponde con la configuración de las canalizaciones de la red de cobre actual, con lo que su implantación requiere de una gran inversión en ingeniería civil.

Como punto positivo se puede resaltar la facilidad de distribuir los costes de instalación en el tiempo, ya que tanto la obra de ingeniería civil, como las conexiones se pueden realizar a medida que crece la demanda de los usuarios.

- *Topología Anillo*

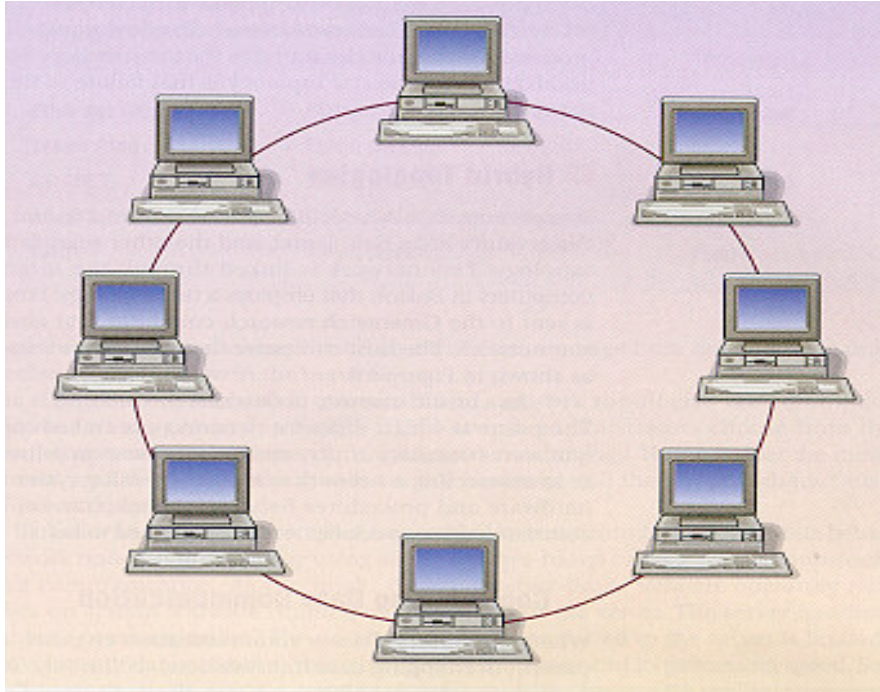


Figura 2.4 Topología Anillo.

Esta topología es análoga a la de Bus con la única diferencia de que los puntos iniciales y final del bus se interconectan entre sí. El problema adicional que presenta esta topología con respecto a la configuración en Bus, radica en que la instalación de un nuevo usuario supone la interrupción del servicio mientras se realizan las conexiones en la fibra.

Esta tecnología se aplica en la actualidad en la red de transporte JDS (Jerarquía Digital Síncrona), donde presentan una gran fiabilidad, pero con inversiones demasiado elevada para su uso cerca del bucle de abonado

- *Topología Árbol*

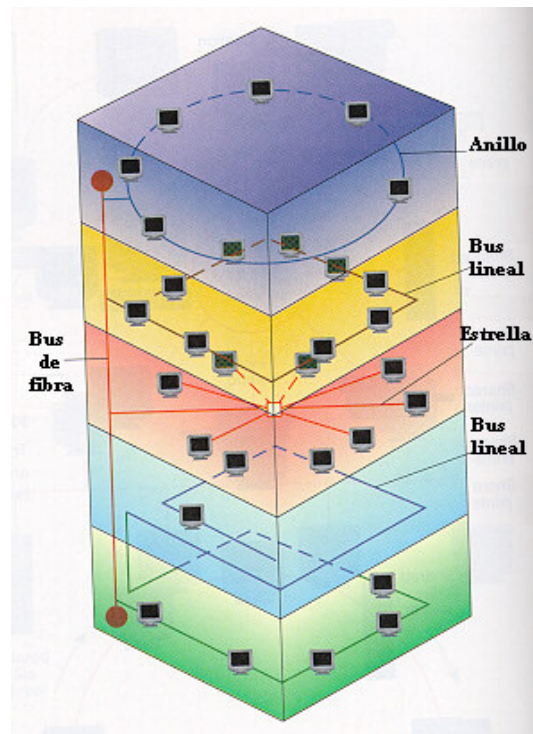


Figura 2.5 Topología Árbol

Una configuración de fibra óptica pasiva en Árbol se caracteriza por la existencia de varios puntos de distribución de señal óptica implementados mediante acopladores ópticos en cascada,

Al igual que en configuraciones en Bus y Anillo, esta estructura permite compartir entre varios usuarios, no sólo el mismo elemento de terminación de línea, sino también parte de la infraestructura de distribución óptica. De igual forma, las pérdidas de potencia óptica en los acopladores limitan el número de terminaciones de red posibles.

Otro punto en común es la posibilidad de distribuir los costos de instalación en el tiempo a medida que los usuarios soliciten servicios que impliquen una conexión a la red.

Al contrario que las topologías en Bus y Anillo, la de Árbol se adecua bien a la configuración de las canalizaciones de la red de acceso de cobre actual.

Si se tiene en cuenta que el ámbito de aplicación contemplado en la presente monografía es el de usuarios residenciales y de pequeños negocios. Ello implica, por las razones ya expuestas anteriormente, que la configuración punto a multipunto en forma de Árbol es la más adecuada.

La compatibilidad con la red de canalizaciones de la red actual supone la ventaja más relevante de la configuración en Árbol frente a las de Bus y Anillo. En la actualidad ya se están desplegando en planta en diversos países europeos sistemas de acceso por fibra del tipo PON para proveer servicios RDSI de Banda Estrecha. La mayoría de dichos sistemas presentan configuraciones en Árbol, lo cual, desde el punto de vista de evolución hacia servicios de Banda Ancha basados en tecnologías MTA, ratifica a esta configuración como la más favorable[27].

En este caso concreto, la eficiencia es máxima, ya que se puede aprovechar completamente la infraestructura óptica implantada. Incluso sería posible, si se desarrollan las interfaces adecuadas, reemplazar completamente los elementos de red de los sistemas de acceso desarrollados para Banda Estrecha, comportándose la nueva red de acceso en Banda Ancha como una red que posibilita el transporte transparente al tráfico de Banda Estrecha para aquellos usuarios que no demanden servicios de Banda Ancha, compatibilizando de esta forma ambas redes, en cuanto a red de acceso se refiere, y permitiendo una evolución suave y paulatina en la introducción de servicios de Banda Ancha para usuarios residenciales y de pequeños negocios.

2.1.4 Redes Ópticas Pasivas Punto a Multipunto

Una característica inherente a las redes punto a multipunto es que el medio de transmisión es compartido por varios elementos de terminación de red, lo cual implica que, en la dirección usuario a red, se ha de arbitrar un protocolo de acceso a dicho medio compartido.

Existen diversas técnicas para la implementación de dicho protocolo de acceso en redes ópticas pasivas, la mayoría de ellas heredadas de sistemas tradicionales cuyo medio de transmisión es de tipo eléctrico o radioeléctrico, mientras que la utilización de una longitud de onda para cada elemento de terminación de red (WDMA) es una técnica exclusiva para tecnologías ópticas[32].

Lógicamente, la transmisión de la información en la dirección red a usuario es más simple, ya que el tráfico se difunde hacia todos los usuarios, los cuales extraen el tráfico que va dirigido para cada uno de ellos.

En la presente sección se pretende introducir al lector en los principios básicos de cada técnica, destacando las ventajas e inconvenientes de cada una. Aunque varias de ellas se pueden utilizar en combinación, en este caso se desarrollan en casos independientes.

2.2 TDMA

La técnica de acceso múltiple por división en el tiempo, comúnmente conocida como TDMA ("Time Division Multiple Access"), consiste en asignar todo el ancho de banda disponible en el medio a un usuario, durante un tiempo determinado denominado *intervalo de tiempo*. La asignación del intervalo de tiempo en el cual está permitido transmitir puede ser fija (técnicas síncronas) o bajo demanda (técnicas asíncronas), lo cual se ajusta respectivamente al Modo de Transferencia Síncrono (MTS) y al Modo de Transferencia Asíncrono (MTA)[38].

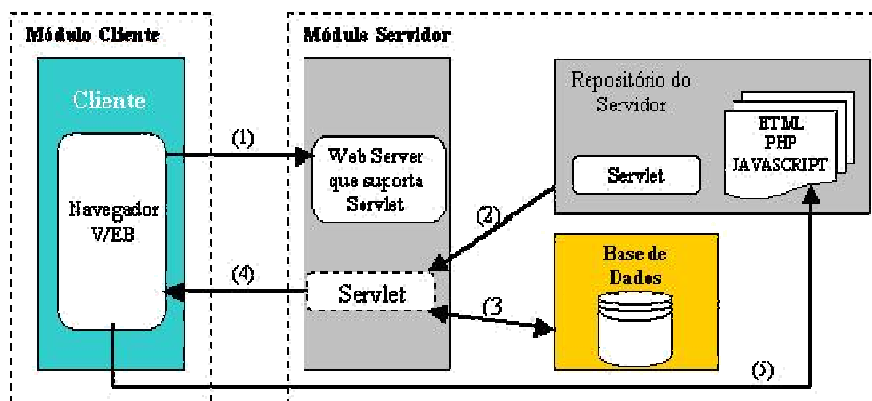


Figura 2.6 Modo de Transferencia Síncrono

En un sistema MTS, los intervalos de tiempo se pueden asignar de una forma semipermanente por parte del operador, o bien se asignan dinámicamente por el sistema durante la duración de una llamada pero, en cualquier caso, un intervalo de tiempo asignado a un usuario nunca puede ser utilizado por otro distinto, aunque éste no disponga de información que transmitir en un momento dado.

En un sistema MTA, por el contrario, la asignación de intervalos de tiempo se realiza de una forma dinámica dependiendo de la información a transmitir por cada usuario en cada momento, con lo que el ancho de banda total disponible se reparte entre todos los usuarios del medio compartido de una forma significativamente más eficiente.

Como contraprestación, los sistemas MTA necesitan transmitir más información de control para asegurar un reparto equitativo de los intervalos de tiempo. En general, en un Árbol de fibra óptica pasiva las distancias entre cada ONT y el OLT son diferentes, lo cual implica que los retardos de transmisión son diferentes. Ello conlleva que, aunque se utilicen intervalos distintos de transmisión, la información de distintos usuarios puede llegar al mismo tiempo al receptor óptico del OLT[41].

Es lo que se denomina una *colisión* y su consecuencia lógica es que la información enviada por dichos usuarios se pierde. La forma de evitar colisiones es asignar un retardo de transmisión distinto a cada elemento de terminación de red, de forma que la información enviada por cada uno de ellos llegue equalizada en tiempo al receptor óptico del elemento de terminación de línea, lo que equivale a que todos los ONTs estén a la misma distancia virtual con respecto al OLT.

Así pues, cada elemento de terminación de red necesita conocer el intervalo de tiempo en el que puede transmitir y el retardo de transmisión que ha de aplicar antes de transmitir cuando se le asigna el intervalo. La asignación de intervalos de tiempo la realiza el algoritmo de control de acceso al medio compartido, comúnmente conocido como MAC ("Medium Access Control"), mientras que el retardo de transmisión es calculado por el OLT y comunicado a cada ONT.

Para realizar el cálculo del retardo de transmisión de cada elemento de terminación de red se necesita conocer exactamente la distancia de cada uno al elemento de terminación de línea. El proceso mediante el cual se calcula dicha distancia es conocido como "ranging".

Aunque se calcule exactamente el retardo de transmisión con una precisión de bit, variaciones de temperatura provocan a su vez ligeras variaciones en dicho retardo, por lo que normalmente se dejan los denominados tiempos de guarda entre intervalos de tiempo consecutivos, en los que ninguno de los usuarios puede transmitir, para así evitar solapamientos en la información recibida en el OLT[38].

Otro de los problemas tecnológicos inherentes a este tipo de técnicas es la denominada sincronización de bit en la dirección usuario a red. La sincronización del sistema en la dirección red a usuario no presenta ningún problema, ya que la información es transmitida de forma continua, lo cual sugiere utilizar técnicas maduras basadas en PLLs para la extracción del reloj, con el cual se puede extraer a su vez tanto la información recibida, como transmitir la información en la dirección usuario a red.

El problema surge de nuevo en ésta última dirección de transmisión, ya que la fase con la que se recibe la información en el OLT es, en general, distinta para cada ONT y distinta a su vez de la fase del reloj del sistema, localizado en el elemento de terminación de línea.

La técnica convencional utilizada para resolver este problema consiste en dedicar parte de cada intervalo de tiempo a transmitir una secuencia aleatorizada de "1s" y "0s" para que un PLL se pueda sincronizar, antes de que llegue la información relevante, lo cual supone lógicamente una notable disminución de la eficiencia, en cuanto al uso del ancho de banda se refiere.

Por último, otro de los aspectos relevantes en sistemas TDMA se refiere a la diferencia en los niveles de potencia óptica recibida en el OLT desde los distintos ONTs situados entre sí a distintas distancias, debido a las diferencias en las pérdidas asociadas a cada rama del Árbol de la red óptica pasiva.

Así pues, el receptor óptico del elemento de terminación de línea ha de ser capaz de ajustar el umbral de detección lógica entre la recepción de intervalos de tiempo consecutivos para distinguir entre un '0' y un '1'. Conviene hacer notar que debido a la mencionada diferencia en el nivel de potencia óptica recibida, '0s' lógicos de un intervalo pueden estar por encima del umbral de detección para '1s' lógicos del intervalo de tiempo anterior [5].

Cabe resaltar que las técnicas TDMA han sido profusamente utilizadas en sistemas de acceso para Banda Estrecha, radioenlaces y comunicaciones por satélite. Las redes ópticas basadas en técnicas TDMA utilizan una sola longitud de onda, por lo que una ventaja de utilizar este tipo de métodos es que se puede disponer de otras longitudes de onda para proveer otros servicios, como por ejemplo servicios de distribución de vídeo, por la misma fibra.

Aunque los sistemas basados en técnicas TDMA no explotan al máximo el ancho de banda potencial de la fibra óptica, están consideradas como sistemas relativamente baratos de realizar y mantener y, por lo tanto, han de ser tenidos muy en cuenta como una de las opciones más adecuadas para la implementación de redes de acceso.

2.3 WDMA

La técnica de acceso múltiple por división en longitud de onda, comúnmente conocida como WDMA, explota la posibilidad que existe de fabricar semiconductores que emiten en distintas longitudes de onda[19].

Cada longitud de onda se asigna a un usuario, siendo combinadas todas ellas en la misma fibra y posteriormente separadas en el receptor del elemento de terminación de línea para realizar un sistema de acceso multiusuario.

El término WDMA se asocia habitualmente a sistemas que utilizan longitudes de onda correspondientes a distintas ventanas ópticas. Se denomina ventana óptica a rangos de longitudes de onda cuya transmisión a través de una fibra óptica presenta pérdidas bajas.

Típicamente, existen tres ventanas ópticas para fibras de núcleo de silicio, centradas aproximadamente en 850 nm, 1.310 nm y 1.550 nm. Si las diferentes longitudes de onda están próximas unas a otras dentro de la misma ventana óptica, la técnica se denomina habitualmente como WDMA de alta densidad (HDWDMA).

Aunque HDWDMA y WDMA son diferentes en cuanto a implementación se refiere, se pueden considerar como conceptualmente análogas, por lo que a menudo el término WDMA engloba a ambas [18].

Un sistema de acceso basado en técnicas WDMA se puede realizar bien mediante transmisores/receptores sintonizables a la longitud de onda utilizada por cada usuario, o bien utilizando componentes ópticos selectivos en frecuencia para enrutar la información de forma adecuada en la propia red óptica pasiva. En cualquiera de los dos casos se necesita un protocolo de acceso para seleccionar dinámicamente la longitud de onda de una comunicación determinada.

Aunque los sistemas WDMA teóricamente aprovechan mejor el ancho de banda disponible en la fibra, existen limitaciones debidas, principalmente, al coste y prestaciones de los componentes ópticos necesarios para su implementación. Por otra parte, el uso de componentes ópticos complejos, simplifica el diseño de la parte electrónica.

2.4 SCMA.

La técnica de acceso múltiple por sub-portadora, comúnmente conocida como SCMA ("Sub-Carrier Multiple Access"), utiliza sub-portadoras de distintas frecuencias para "multiplexar/demulti-plexar" varios canales mediante modulación en intensidad de una o varias portadoras ópticas[13].

Los sistemas SCMA se pueden clasificar en sistemas de canal simple y sistemas de canal múltiple.

- Canal Simple

En este caso, cada flujo de información modula a una frecuencia sub-portadora eléctricamente y cada frecuencia sub-portadora modula a su vez a una portadora óptica distinta. Si no se aplican técnicas WDMA, las distintas portadoras ópticas tienen una longitud de onda muy parecida (~7 nm de diferencia).

Todas las portadoras ópticas se combinan en un acoplador óptico para formar la señal óptica "multiplexada" que se inyecta en la fibra.

- Canal Múltiple

Este sistema es similar al anterior en cuanto que cada flujo de información modula a una frecuencia sub-portadora eléctricamente pero, a diferencia del caso anterior, se combinan varias frecuencias sub.-portadoras en el dominio eléctrico antes de modular a su vez a una única portadora óptica. La principal ventaja con respecto a sistemas de canal simple es la posibilidad de "multiplexar" un mayor número de canales, permitiendo de esta forma un mayor aprovechamiento del ancho de banda potencial de la fibra.

Las prestaciones de estos sistemas están limitadas por la relación señal/ruido en el receptor óptico del OLT, afectada principalmente por interferencias por intermodulación de las portadoras ópticas (ruido de batido óptico), fluctuaciones en la intensidad del láser, ruido térmico, y ruido de cuantificación.

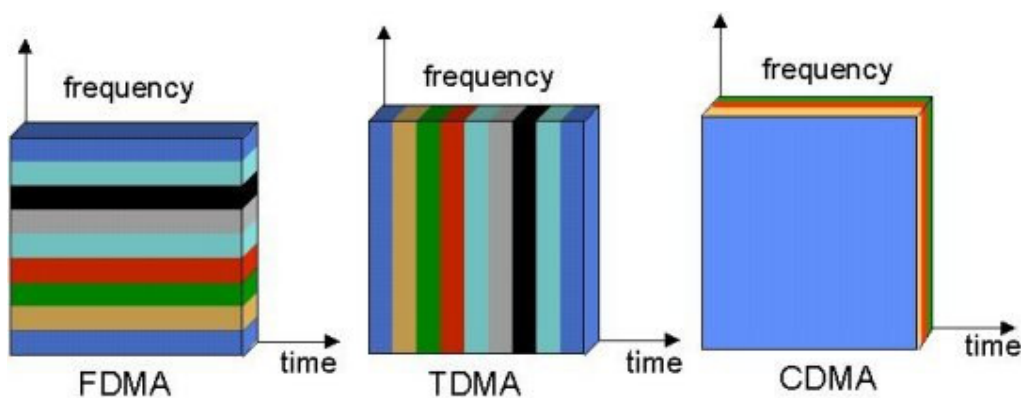


Figura 2.7 Relación Tiempo Frecuencia

2.5 CDMA

La técnica de acceso múltiple por división de código, comúnmente conocida como CDMA, se basa en técnicas de espectro ensanchado, permitiendo enviar información de varios usuarios al mismo tiempo, sobre la misma frecuencia electromagnética portadora, en un medio de transmisión común[23].

Para ello se utiliza un conjunto de códigos ortogonales, asignando una palabra de código distinta de dicho conjunto a cada conexión. El número de bits de la palabra de código se denomina factor de ensanchamiento. El mínimo número de '1s' en cualquier palabra de código del conjunto se denomina peso del código.

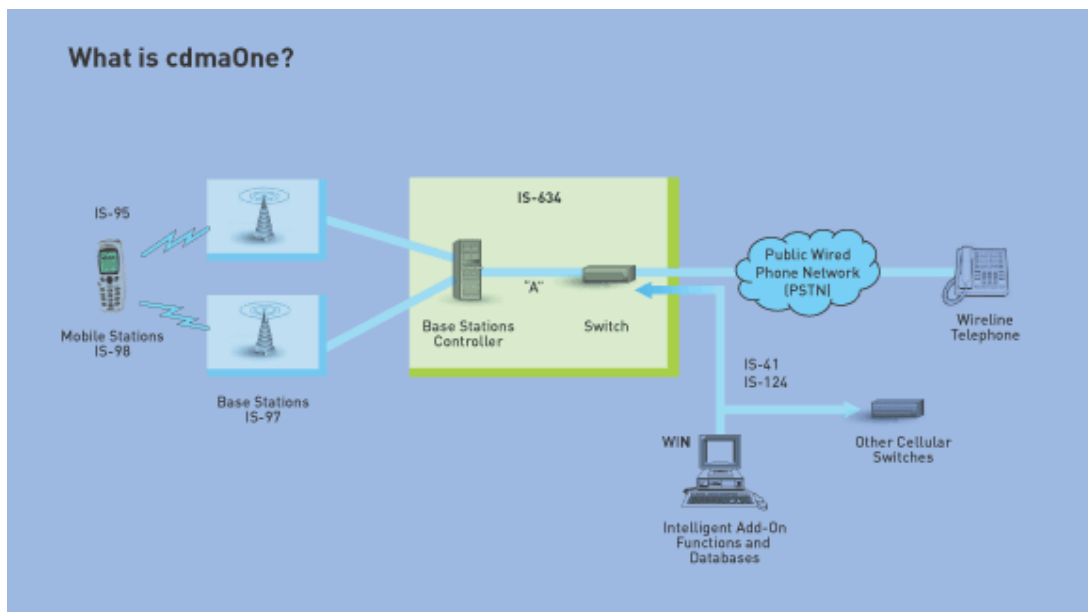


Figura 2.8 Comportamiento de cdma.

El flujo de datos de usuario se codifica multiplicando cada bit por la secuencia de la palabra de código. Lógicamente, la velocidad de transmisión de la señal resultante es n veces más rápida que la del flujo de datos, siendo n el factor de ensanchamiento, lo cual implica que el ancho de banda utilizable por el usuario es igual al máximo ancho de banda del medio físico de transmisión dividido por n .

La señal es inyectada en el medio de transmisión común, donde se le superpone el ruido generado por las interferencias de otros transmisores activos al mismo tiempo. La señal recibida se decodifica detectando picos de autocorrelación con la misma palabra de código usada en transmisión[29].

Como siempre, existen ciertas limitaciones en la elección de los parámetros de los códigos ópticos ortogonales. Por un lado el peso del código no debe ser muy pequeño para poder detectar picos de autocorrelación, a pesar del ruido generado por las interferencias de los demás canales, mientras que por otro, si el peso es muy alto, el número de palabras de código se reduce drásticamente.

Para un peso determinado, un aumento del número de bits implica un conjunto mayor de palabras de código, pero menor ancho de banda disponible por el usuario.

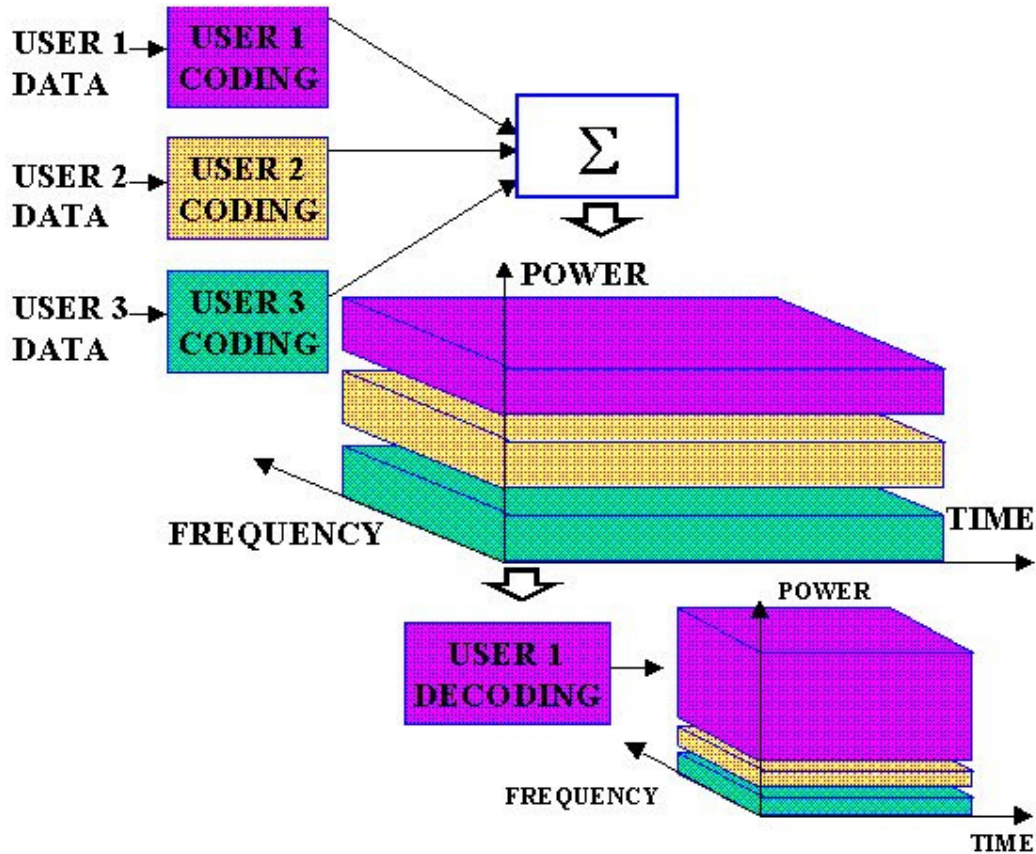


Figura 2.9 CDMA spreading

La mayor ventaja que reportan estas técnicas es su capacidad inherente de conmutación que no requiere de protocolos de control de acceso sofisticados. El principal inconveniente es el relativo bajo ancho de banda por usuario que presenta.

Se podría inferir de los comentarios anteriores que las técnicas CDMA son más adecuadas para redes de acceso con muchos usuarios y bajo ancho de banda demandado, mientras que las técnicas TDMA lo son para redes de acceso con relativamente pocos usuarios pero gran ancho de banda demandado por conexión[38].

2.6 ADSL en el Bucle de Abonado.

La tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) se lleva desarrollando desde 1992. Supone mejorar la transmisión por el bucle de abonado de par trenzado, permitiendo a los usuarios finales un acceso de alta velocidad a una gama de proveedores de servicios a un costo muy reducido.

Su desarrollo se basó en los estudios realizados sobre las técnicas de proceso digital, ya que se vio su capacidad de suministrar servicios de varios Megabits por segundo sobre la infraestructura de cobre existente. Actualmente, la tecnología de modems ADSL se considera suficientemente madura y está utilizando las más avanzadas técnicas de procesado digital[11].

Cada vez se hace más necesaria una conexión de banda ancha, dada la gran cantidad de datos, el tamaño creciente de los ficheros que se manejan en los intercambios cliente-servidor y el contenido cada vez mayor de multimedia en la World Wide Web.

El que este aumento de la banda para llegar al usuario se haga por ADSL o por una solución de fibra óptica se ve condicionado por el esfuerzo económico que supone cada alternativa y por las posibilidades de expansión en el mercado.

Su éxito vendrá dado por la capacidad de interconexión total entre equipos de distintos fabricantes, tanto para los destinados a los usuarios finales, como los correspondientes al lado del servidor. Ya se demostró en el desarrollo de la RDSI la absoluta necesidad de la total interoperatividad.

2.6.1 En el extremo del usuario final

El modelo de servicio de ADSL incluye un abanico de usuarios finales que va desde los residenciales hasta los negocios, pasando por los SOHO (pequeñas empresas y empresas en los hogares). Entre las instalaciones de la central telefónica y el ordenador del usuario se coloca un discriminador ("*splitter*"). Este aparato actúa simplemente como un filtro de frecuencias que considera como voz todo aquello que esté por debajo de los 3400 Hz[11].

En el enlace, se consideran independientes dos líneas de comunicación, una para voz y otra para datos; al hacer esta separación se evita el mayor problema actual en los accesos: la saturación de las centralitas de voz con tráfico de datos.

Las expectativas del usuario final frente a lo que ADSL le puede proporcionar son muy elevadas. Se promete un sistema con las siguientes características:

- Alta velocidad: la demanda de servicios de acceso remoto de banda ancha nunca ha sido tan grande como lo es actualmente. Casi todas las empresas tienen una conexión de banda ancha.
- Comparando los comportamientos de ADSL frente a otras tecnologías de acceso remoto como RDSI y RPTC, se comprueba que ofrece grandes mejoras.

También cabe distinguir la diferencia entre las expectativas de los distintos grupos de usuarios. Los usuarios de negocios es probable que deseen una calidad de servicio garantizada a pesar de tener que pagar un sobreprecio, mientras que los usuarios residenciales preferirán un servicio más barato.

- "*Plug & Play*": el ADSL se enfoca a un mercado popular, esto hace imprescindible su sencillez de instalación, facilidad de operación e integración no problemática con el equipo del cliente. Por ello, el usuario final necesita un conjunto de interfaces de red con la plataforma del cliente donde poder elegir.

Además es necesario elegir entre las funciones de conectividad que van desde un simple módem enchufable o un módem externo, hasta un router diseñado para alto rendimiento.

Esta proliferación de productos sólo puede soportarse si los equipos de los distintos vendedores son completamente compatibles (la libre competencia no debe realizarse a expensas de la compatibilidad operativa).

- Sencillez en el acceso: en el acceso remoto de banda estrecha (módem analógico), la interfaz humana establecida en los sistemas operativos usuales, es el icono de marcación. Si el ADSL quiere triunfar, ha de alcanzar la misma sencillez, conectándose al suministrador de servicios con un solo gesto.

Además, la configuración de la aplicación debe ser fácil y sencilla, aunque este punto es muy difícil de cumplir y requiere un esfuerzo extra por parte de los desarrolladores.

- Amplia conectividad: el sistema ADSL debe conseguir el mismo grado de conectividad que se tiene actualmente con el sistema de banda estrecha donde es posible marcar para acceder a cualquier suministrador de servicios del mundo.

- Simple en servicio: las conexiones ADSL sólo consumen recursos de la red cuando están siendo utilizadas, por ello es muy barato para el proveedor de acceso mantener establecida la conexión permanentemente. Así, el usuario ya no necesita marcar (con todo lo que ello implica de sincronización del módem, verificación de la contraseña etc.) cada vez que desee acceder a la información remota. En otras palabras, el usuario se beneficia de la conectividad permanente del IP.
- Superposición con los servicios de voz: el ADSL es un servicio de superposición, esto supone que el usuario puede utilizar los servicios de voz y los de acceso remoto al mismo tiempo. Este hecho contrasta con el uso de los modems de banda estrecha. Además, supone un beneficio para los operadores de red porque incrementa la tasa de llamadas completadas aunque a costa de instalar el divisor de frecuencias que separe ambos servicios.

2.6.2 Para el operador de telecomunicaciones.

En el modelo de servicios descrito, el operador de telecomunicaciones suministra un servicio de acceso remoto de banda ancha a sus clientes, es decir, el usuario final y el suministrador de servicio. El éxito vendrá dado por la habilidad de los operadores para cumplir los requisitos de sus clientes y sus propios objetivos de conectividad.

La tecnología que requieren ha de ser fácilmente desplegable para todos sus posibles clientes, escalable, sencilla de mantener y que proporcione un uso eficiente de los recursos. Sus funciones se extienden tanto a la red de acceso como a la de tránsito.

2.6.3 En la red de acceso

El mayor logro de este sistema consiste en la separación de los canales de voz y datos dentro del bucle de abonado. Los datos pueden ir modulados en frecuencia (FSK), en fase (PSK) o en amplitud (ASK)[23].

Supone una innovación frente al RDSI porque no emplea líneas por conmutación de circuitos, sino conexiones punto a punto. Su permanente operatividad le da ventajas frente a otros sistemas digitales de comunicación. Se han desarrollado diversos sistemas de modulación. Los dos principales son incompatibles entre si aunque basados en QAM, el de "Modulación de Amplitud y Fase sin Portadora" (CAP) y el de "Modulación Discreta Multitono" (DMT).

El sistema CAP permite la generación de una onda modulada capaz de transportar cambios de amplitud y de fase. Almacena partes de una señal en una memoria y luego une los fragmentos de la onda modulada. La señal portadora se suprime antes de la emisión ya que no contiene información, y se recompone luego en el módem receptor.

Esta modulación emplea todo el rango de frecuencias entre 4 KHz y 1,1 MHz como un único canal. Actualmente, además se incluye en algunos estándares de modems analógicos. Las principales ventajas de esta modulación son: bajo costo, baja latencia y velocidad de transmisión adaptativa.

Otra ventaja de la implantación del ADSL es su operatividad en el acceso de voz aún en momentos de caída del fluido eléctrico. Los usuarios reciben la alimentación a través de la línea telefónica, aunque no se mantenga la conexión de datos.

Esto ya se ofrece actualmente en el servicio telefónico básico, salvo en lugares remotos donde, por la longitud del bucle de abonado, no es posible emplear este sistema de alimentación a través del par de cobre y se hace necesario instalar alimentadores locales. Hay una serie de requisitos previos para que un usuario pueda disponer de ADSL, y no son limitaciones salvables por medio de la tecnología[11].

Un ejemplo son las distintas velocidades que ofrece ADSL, que se desarrollan en función de la longitud del cable telefónico. Para lograr velocidades de 1,5 Mbps es necesario que la distancia máxima no supere los 5,5 Km. entre un módem ADSL y otro, es decir, desde el ordenador del usuario a la central telefónica. A medida que la distancia aumente, la velocidad máxima alcanzable disminuirá.

Otro caso es el estado del cable en sí. Es necesario que el ruido en el cable sea mínimo, ya que la filosofía del sistema supone un bajo nivel de ruido. También supondrá un límite a la velocidad de transmisión. ADSL hace posible un despliegue inicial de los servicios de banda ancha sin excesivas inversiones en infraestructura, pero es de esperar que la penetración de abonados y el ancho de banda requerido en cada hogar crezcan gradualmente, excediendo más adelante las capacidades del ADSL y el módem de cable.

2.7 Comunicaciones Eléctricas PLC

Recientemente ha surgido un nuevo sistema de comunicaciones denominado Power Line Communication (PLC) para atender la demanda de una “Banda Ancha Real”. Esta tecnología consiste en utilizar las líneas de distribución eléctricas para la transmisión de información[21].

Aunque en otros países este sistema sea novedoso cabe destacar que ya en los años 90 se experimentó con esta tecnología en Inglaterra y Alemania, no llegando a obtener los resultados esperados. En España ya se ha realizado una prueba piloto de este sistema en Zaragoza con un gran éxito.

2.7.1 Entorno de PLC

Las líneas de distribución eléctrica que parten desde las centrales eléctricas y llegan a cada hogar están conformadas por diferentes tramos. Dichos tramos son diferenciables en alta, media y baja tensión. Tramo que abarca desde la central eléctrica hasta un transformador amplificador. Dicho tramo lleva una Tensión Media de entre 15 y 50 Kv.

El tramo comprendido entre el primer transformador amplificador y la primera subestación de transporte transporta una Tensión Alta de entre 220 y 400 Kv. El tramo de Tensión Media parte de las subestaciones de transporte hasta las subestaciones de distribución que son las encargadas de repartir la electricidad a todos los centros de distribución. La tensión transportada oscila entre 66 y 132 Kv en el primer tramo y 20 y 50 Kv en el segundo tramo[27].

Desde los centros de distribución hasta cada abonado se distribuye la energía eléctrica como corriente alterna de baja frecuencia (50 o 60 Hz) llevando una Baja Tensión de entre 220 y 320 v.

La tecnología PLC usa esa Baja Tensión pero a una alta frecuencia entre 1,6 y 30 Mhz. para hacer posible la transmisión de todo tipo de información. Para la transmisión de datos existen tres redes involucradas que son la Red IP o de transporte, la Red de Distribución o Media Tensión y la Red de Acceso o Baja Tensión que es el sustituto del bucle del abonado.

2.7.2 Características de PLC

Las principales características de Power Line Communication son varias: No es necesario ningún tipo de obra adicional para poder disfrutar es esta tecnología de Banda Ancha, al utilizar la propia red eléctrica para la transmisión de datos y voz.

No sufre de los inconvenientes de ADSL o cable que no llega en muchos casos al usuario final. Al estar ya implantada la red eléctrica permite llegar a cualquier punto geográfico[11].

Se dispone de una única toma a la cual se conecta un módem con tecnología PLC. La conexión es permanente durante las 24 horas del día. Su instalación por parte del cliente es sencilla y rápida.

El ancho de banda es de 45 Mbps aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 135 Mbps y en breve se llegará a 200 Mbps, permitiendo la distribución de datos, voz y vídeos a unas velocidades muchos más que aceptables. Posibilidad de implementar servicios como Internet a altas velocidades, telefonía VoIP (Voz sobre IP), Videoconferencias, VPN's, Redes LAN, Games online, Teletrabajo y comercio electrónico.

2.7.3 Conexión de PLC

Para poder disfrutar de ésta tecnología son necesarios varios dispositivos:

Módem PLC- Es el dispositivo instalado en el hogar del abonado y permite tanto la transmisión de datos como el servicio telefónico por voz.

Repetidor- Es instalado generalmente en el cuarto de contadores de una empresa, comunidad o parcela y es el dispositivo que se conecta con el módem del usuario. Su función principal es la de regenerar la señal PLC y permite la conexión de hasta 256 modems.

Dispositivo Head End (Cabeza final). Este dispositivo situado en los centros de las compañías eléctricas se conecta con los repetidores. Estos equipos están preparados para conectarse con redes IP (Ethernet) y existen dos tipos de equipos Head End, de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT) teniendo un alcance de 600 m. MT y 300 m. BT[27].

La topología de una red PLC simplemente consiste en la conexión a Baja Tensión del módem por parte del usuario y dicho dispositivo comunica, mediante un sistema protegido de algoritmos propiedad de la compañía encargada de la fabricación del chip PLC.

Este tramo de conexión entre el módem y el repetidor dispone de una velocidad de 45 Mbps distribuidos en 27 Mbps de bajada y 18 Mbps de subida y ésta comunicación es compartida por todos los usuarios que dependen del mismo repetidor. Esto indica que si en un repetidor concurren 100 conexiones la velocidad teórica de bajada es de 270 Kbps pero si las conexiones son 10 la velocidad será de 2,7 Mbps con lo cual siempre será más ventajoso que ADSL ya que como mucho se dispondrá de una velocidad de 256 Kbps.

El siguiente tramo de la topología es el perteneciente a Media Tensión y corresponde al conexionado entre el repetidor y el equipo Head End. El siguiente nivel es la comunicación entre equipos Head End ubicados en los diferentes centros de las compañías eléctricas. La velocidad de transferencia en estos tramos es de 135 Mbps y se realiza por medio de redes de transporte Gigabit Ethernet (1000 Mbps) o SDH/Sonet (red de telefónica de fibra óptica de hasta 40 Gbps).

2.7.4 Ventajas que ofrece PLC

La tecnología PLC como ya indicamos antes ofrece una serie de ventajas frente a otros sistemas de comunicación:

No es necesario ningún tipo de obra civil al ya estar implementada la red.

Con un solo repetidor se provee de conexión hasta 256 hogares.

Con el tiempo los costos se abaratarán.

Las velocidades ofrecidas pueden superar los 10 MB frente a los 2 MB de ADSL.

Se podrá realizar la conexión desde cualquier punto del hogar e incluso se permite la posibilidad de conectar dos modems y tener dos conexiones independientes.

Por medio de microfiltros se evitan las posibles interferencias generadas por los electrodomésticos.

Las tarifas de conexión, aunque todavía no están fijadas, no superarán las cuotas de ADSL.

Alternativa a ADSL que ocupa el 90% de la cuota de mercado.

2.8 Redes HFC y CATV

Las redes de cable híbridas fibra óptica-coaxial (HFC) son un tipo de red de acceso que se está convirtiendo en una de las opciones preferidas por los operadores de telecomunicaciones de todo el mundo para ofrecer a sus abonados un abanico de servicios y aplicaciones cada vez más amplio, y que abarca desde la TV digital interactiva hasta el acceso a Internet a alta velocidad, pasando por la telefonía [29].

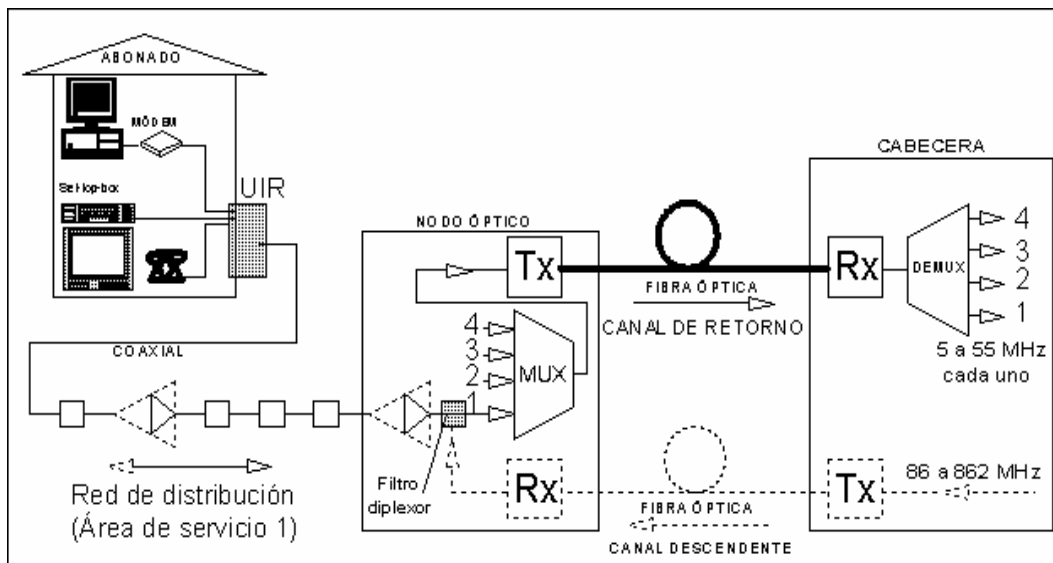


Figura 2.9 HFC

Las redes de acceso HFC constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital. El acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, etc.) mediante cable módems parece que se va a convertir en uno de los grandes atractivos de estas redes y en una fuente de ingresos importante para sus operadores.

Paralelamente al despliegue de servicios de TV y datos, los operadores de redes HFC están muy interesados en ofrecer servicios de telefonía a sus abonados, tanto residenciales como empresariales. Una red HFC puede amortizarse prestando simultáneamente una multiplicidad de servicios, uno de los cuales consiste en alquilar parte del excedente de capacidad de transmisión de la red troncal de fibra óptica a empresas o instituciones que la necesiten para interconectar redes locales de edificios distantes entre sí o para cursar tráfico telefónico directamente entre éstos[47].

Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes principales:

- Elementos de red: dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.

- Infraestructura HFC: incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.

- Terminal de usuario: set-top-box, cablemodems y unidades para integrar el servicio telefónico.

En la figura siguiente se muestra un esquema típico de este tipo de redes:

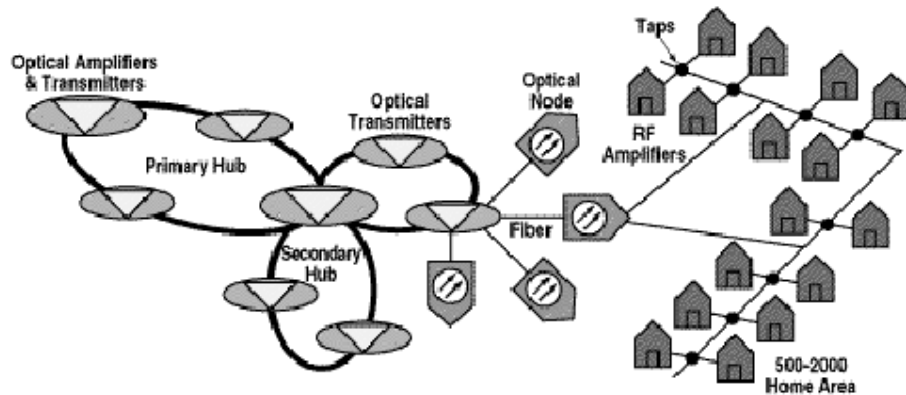


Figura 2.11 Redes HFC.

Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro en el que ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, entre las que se incluyen:

- Posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.
- Soporte de servicios conmutados y de difusión.
- Capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

CAPITULO III.

Redes de banda ancha radioeléctricas.

3.1 Comunicaciones inalámbricas LMDS Y MMDS.

3.1.1 LMDS

LMDS aparece como una prometedora tecnología de gran valor estratégico en el marco de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha. Su importancia se debe fundamentalmente a tres razones.

En primer lugar, los sistemas LMDS se pueden desplegar e instalar muy rápidamente en comparación con las tecnologías homólogas basadas en cable e incluso con relación a sus homólogas inalámbricas . Además, estos sistemas pueden ser ampliados muy fácilmente con un nivel de riesgo realmente bajo, gracias a la naturaleza intrínsecamente modular de su arquitectura.

En segundo lugar, LMDS permite el acceso a Internet de alta velocidad, tanto para el sector residencial como para el empresarial, gracias a las técnicas digitales que se han incorporado recientemente. Finalmente, esta tecnología presenta un importante potencial como tecnología de acceso (especialmente compatible con las redes de fibra óptica) para nuevos operadores que no dispongan de grandes recursos financieros, así como para los CLEC (Competitive Local Exchange Carrier).

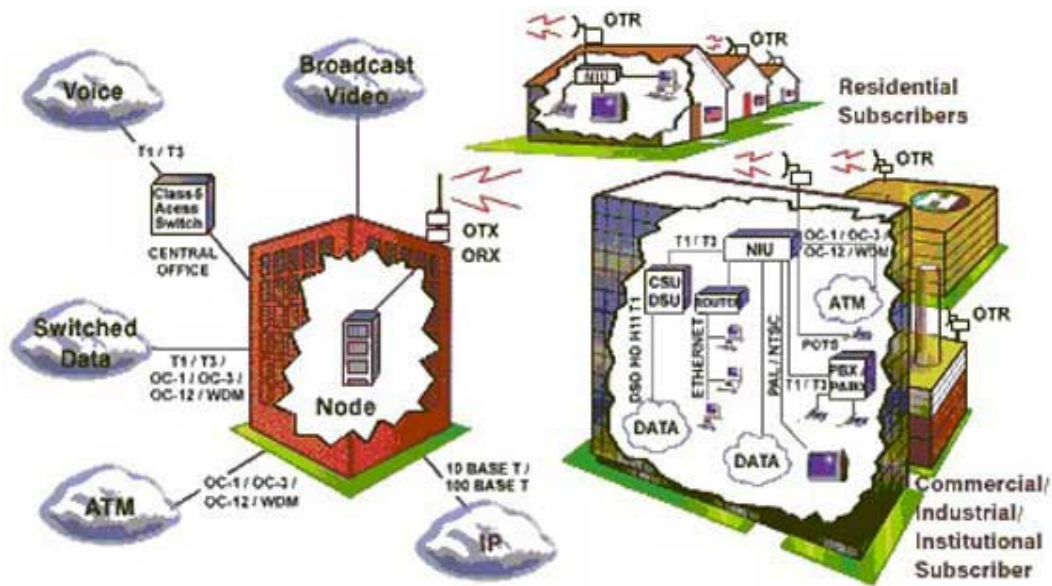


Figura 3.1 Redes LMDS

LMDS es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha que se inscribe en el marco del multimedia y se basa en una concepción celular[32].

De acuerdo con esta filosofía, estos sistemas utilizan estaciones base distribuidas a lo largo de la zona que se pretende cubrir, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios, generando así de una manera natural una estructura basada en células, también llamadas áreas de servicio, donde cada célula tiene un radio de aproximadamente 4 kilómetros (como promedio), pudiendo variar dentro de un intervalo en torno a los 2-7 kilómetros . Y como indica la primera sigla de su nombre –L (local) –, la transmisión tiene lugar en términos de distancias cortas.

Hasta hace pocos años, se creía que las frecuencias tan altas utilizadas en LMDS no permitirían ofrecer de forma viable un servicio masivo. La razón principal que se alegaba al respecto era la atenuación debida a la lluvia, y las altas potencias de emisión necesarias en consecuencia para lograr un cierto alcance de la señal, lo que haría inviable económicamente utilizar estas frecuencias como soporte de un servicio a la población en general, dada la dificultad de emitir y recibir con la calidad adecuada la potencia de señal necesaria[35].

Sin embargo, el LMDS ha conseguido superar estas dificultades, fundamentalmente en la banda de 28 GHz, como demuestran desde hace varios años los sistemas en operación comercial existentes. Dadas sus enormes posibilidades en banda ancha, el potencial de LMDS en el escenario de las telecomunicaciones sin hilos se compara en algunos sectores con la ruptura que supuso en su momento la fibra óptica en el mundo del cableado; de hecho, se le confiere el carácter de fibra óptica virtual.

En LMDS, cuando se establece una transmisión, esa "llamada" no puede transferirse desde una célula a otra como ocurre en el caso de la telefonía celular convencional; es por lo que LMDS se inscribe en el contexto de las comunicaciones fijas.

En definitiva, el sistema LMDS se puede contemplar, desde un punto de vista global, como un conjunto de estaciones base (también conocidas como hubs) interconectadas entre sí y emplazamientos de usuario, donde las señales son de alta frecuencia (en la banda Ka) y donde el transporte de esas señales tiene lugar en los dos sentidos (two-way) desde/hacia un único punto (el hub) hacia/desde múltiples puntos (los emplazamientos de usuario) , en base siempre a distancias cortas [37].

En consecuencia, se puede decir que LMDS es celular debido a su propia filosofía; en efecto, la distancia entre el hub y el emplazamiento de usuario viene limitada por la elevada frecuencia de la señal y por la estructura punto-multipunto, lo cual genera de forma automática una estructura basada en células.

En la banda Ka. El carácter innovador fundamental de la tecnología LMDS consiste en que trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, en la banda Ka de 28 GHz, concretamente en el intervalo 27,5 GHz-29,5GHz, y en la banda de 31 GHz utilizada habitualmente para control de tráfico y vigilancia metereológica, concretamente en el intervalo 31,0 GHz-31,3 GHz .

Las señales de elevada frecuencia se han considerado siempre inadecuadas para as comunicaciones terrestres debido a que experimentan reflexiones cuando encuentran obstáculos (como árboles, edificios o colinas) en su camino de propagación, originando lo que se conoce como zonas de sombra a las que no llega la señal; en cambio, como las frecuencias bajas atraviesan fácilmente estos obstáculos, han constituido tradicionalmente las frecuencias de elección para este tipo de comunicaciones .

Sin embargo, como las frecuencias altas del espectro ofrecen importantes ventajas en términos de ancho de banda fundamentalmente y bajo nivel de saturación del espectro, se está generando un gran interés en extender su aplicación desde el ámbito de las comunicaciones espaciales hacia el ámbito terrestre, siendo LMDS uno de los resultados tangibles en esta línea de actuación.

La comunicación en LMDS se establece de acuerdo con el concepto de radiodifusión (en este aspecto aparece como una tecnología similar a MMDS) , en concreto punto-multipunto donde las señales viajan desde o hacia la estación central hacia o desde los diferentes puntos de recepción (hogares y oficinas) diseminados por toda la célula[38] .

La particularidad aparece aquí, como se puede observar en la aseveración anterior, en que la comunicación se puede establecer en los dos sentidos simultáneamente (two-way) desde la estación central a los diferentes puntos de emplazamiento de usuario y viceversa.

Esto es posible gracias a la tecnología digital, que ha sido en realidad lo que ha conferido toda la importante potencia tecnológica y estratégica que presenta los sistemas LMDS actuales, a los que se ha dado en llamar LMDS de segunda generación para distinguirlos de los primeros desarrollos que utilizaban tecnología analógica y un esquema de modulación FM.

La tecnología LMDS utiliza el método de modulación QPSK que permite reducir las interferencias y aumentar casi hasta el cien por ciento. La reutilización del espectro. El ancho de banda conseguido gracias a estas características se acerca a 1 Gbps. Por otra parte, en lo que respecta al contexto de protocolos, LMDS aparece como un sistema especialmente neutro, lo cual aumenta su potencial integrador. LMDS puede trabajar en entornos ATM, TCP/IP y MPEG-2.

El LMDS es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, en torno a 28 ó 40 GHz, en las que existen bandas de frecuencia de unos 2 GHz con atenuación mínima (conocidas como "ventanas espectrales") ante los agentes atmosféricos.

Dada la anchura de banda disponible, el LMDS puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal (difusión, PPV, video on demand), telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (tele educación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.)[10].

3.1.2 Aplicaciones

- TV multicanal por suscripción
- Interconectividad de redes LAN
- Videoconferencia (IP o ISDN)
- Frame Relay
- Circuitos de Data dedicados (E1/T1, nX64)
- ASP
- ISP
- Telefonía fija convencional (POTS)

Las desventajas principales de MMDS son la carencia de una trayectoria de vuelta inband y la carencia de la suficiente anchura de banda para sobrepasar capacidad de canal del cable (ofreciendo servicios interactivos superiores de los datos)[35].

Conocida como MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service), funciona en el tramo 2,2 a 3,5 GHz. (de 2,2-2,4 GHz. en EE.UU. y 3,5 GHz en Europa).

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 subscriptores por canal.

3.2 WLAN EN BANDA ANCHA.

Las WLAN son redes de área local que utilizan ondas electromagnéticas para transmitir y recibir datos a lo largo de cortas distancias, en vez de utilizar redes de hilo. Los dispositivos móviles acceden a la red mediante conexión, por vía radioeléctrica, a un punto de acceso alámbrico que pasa el tráfico hacia adelante y hacia atrás por la red[41].

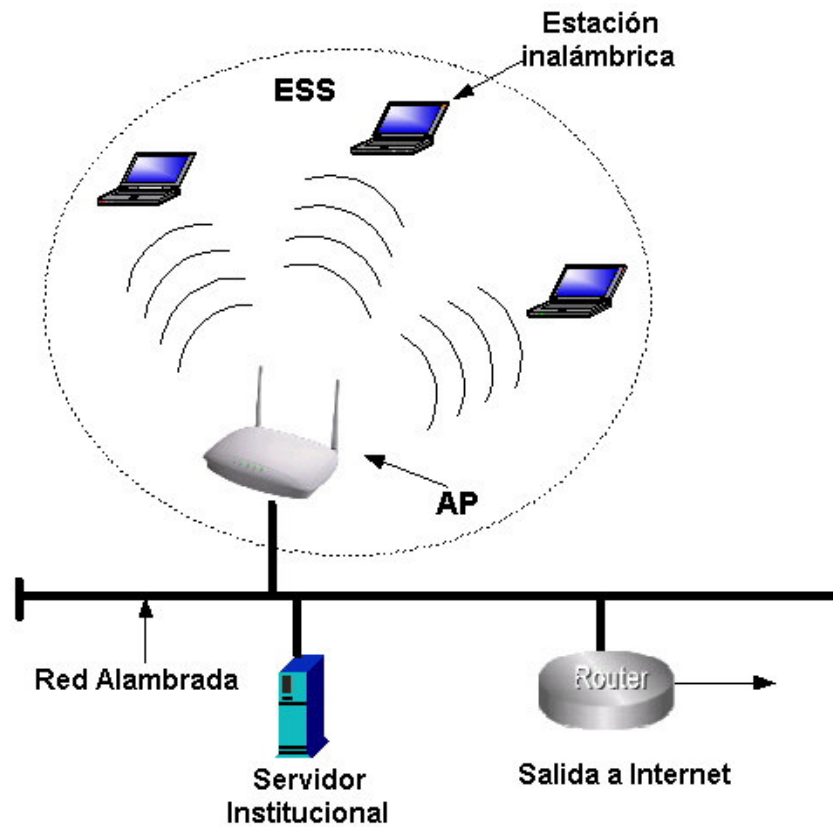


Figura 3.2 Diagrama de una red wlan

Las WLAN son un medio eficaz de compartir el acceso inalámbrico a Internet desde una conexión de banda ancha dentro de una distancia de 100 metros. Éstas también se utilizan cada vez más para proporcionar acceso de banda ancha a lo largo de grandes distancias en zonas rurales y países en desarrollo (utilizando equipos y tecnologías especiales para aumentar la distancia efectiva de los puntos de conexión).

El tipo más común de tecnología WLAN se conoce como fidelidad inalámbrica (Wi-Fi); sin embargo, Wi-Fi es una de las diversas normas WLAN pero no un sinónimo de éstas. Entre las otras tecnologías WLAN cabe citar Home RF2, HiperLAN2, y 802.11a.

En las zonas rurales y en los países en desarrollo, sobre todo en regiones que no poseen aún acceso a una infraestructura alámbrica tradicional, la banda ancha puede ayudar a "saltar" esas infraestructuras y ofrecer acceso a servicios de voz, datos e Internet. Esto es particularmente visible con las tecnologías WLAN, tales como Wi-Fi, que son fáciles de instalar y poco onerosas[28].

Están en curso en todo el mundo diversos proyectos que apuntan a encontrar el modo de utilizar la tecnología WLAN para el último tramo. Por ejemplo, el Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT está ejecutando tres proyectos piloto con el fin de determinar la calidad de funcionamiento de las WLAN para proporcionar acceso comunitario en zonas rurales en Bulgaria, Uganda y Yemen.

A medida que van bajando los precios de la fibra óptica, las zonas rurales y las economías en desarrollo podrán llegar a estar en condiciones de dar pasos agigantados y utilizar cableado de fibra óptica de alta velocidad para todas las nuevas conexiones, en vez de las antiguas líneas de cobre que son comunes en todo el mundo en desarrollo.

Las WLAN tienen su campo de aplicación específico, igual que Bluetooth, y ambas tecnologías pueden coexistir en un mismo entorno sin interferirse gracias a los métodos de salto de frecuencia que emplean,

Sus aplicaciones van en aumento y, conforme su precio se vaya reduciendo, serán más y más los usuarios que las utilicen, por las innegables ventajas que supone su rápida implantación y la libertad de movimientos que permiten.

La banda de 5 GHz que utiliza se denomina UNII, que en los Estados Unidos está regulada por la FCC, el cual ha asignado un total de 300 MHz, cuatro veces más de lo que tiene la banda ISM, para uso sin licencia, en tres bloques de 100 MHz, siendo en el primero la potencia máxima de 50 mW, en el segundo de 250 mW, y en el tercero puede llegar hasta 1W, por lo que se reserva para aplicaciones en el exterior[24].

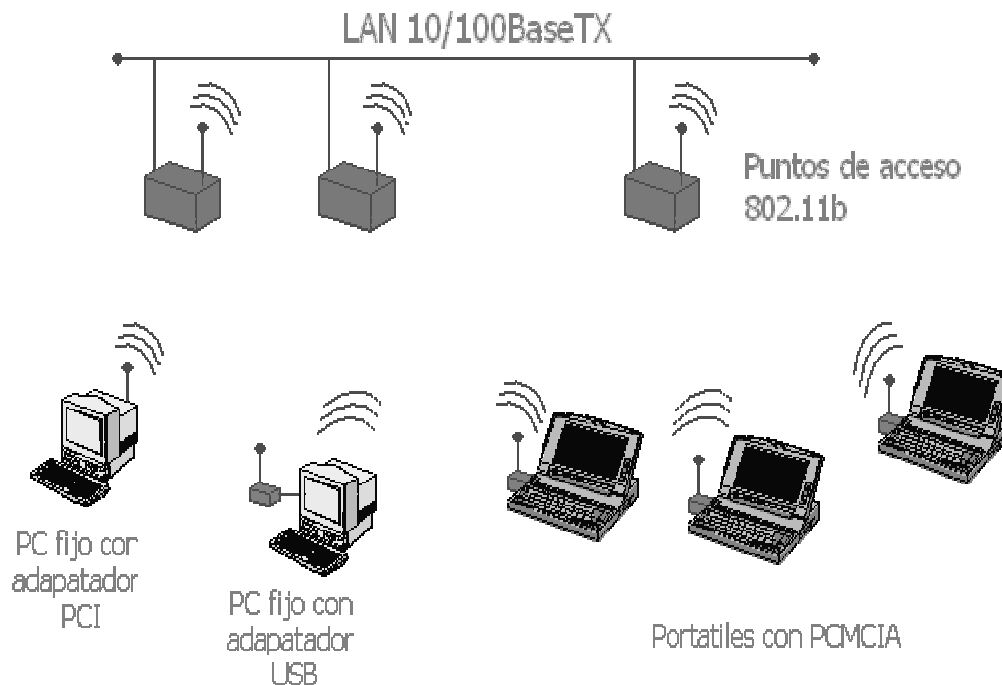


Figura 3.3.Redes Lan Inalámbricas.

3.3 Wi-Fi y WEP

A finales de la década de los 90, los líderes de la industria inalámbrica (3Com, Aironet, Lucent, Nokia, etc.) crean la WECA, una alianza para la Compatibilidad Ethernet Inalámbrica, cuya misión es la de certificar la interfuncionalidad y compatibilidad de los productos de redes inalámbricas 802.11b y promover este estándar para la empresa y el hogar. Para indicar la compatibilidad entre dispositivos inalámbricos, tarjetas de red o puntos de acceso de cualquier fabricantes, se les incorpora el logo "Wi-Fi" (estándar de Fidelidad Inalámbrica), y así los equipos con esta marca, soportada por más de 150 empresas, se pueden incorporar en las redes sin ningún problema, siendo incluso posible la incorporación de terminales telefónicos Wi-Fi a estas redes para establecer llamadas de voz[23].

3.3.1 Wi-Fi VS WiMAX.

Parece ser que la tecnología Wifi y, toda su familia de estándares (802.11a, 802.11b y 802.11g) se nos va a quedar corta, muy corta en breve.

WiMax parece ser el nuevo paso hacia un mundo sin cables. WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es el nombre del estándar 802.16a, aprobado en el WiMax Forum. Lo que hace distinto a WiMax es su alcance y su ancho de banda. WiMax ofrece tasas de transferencia de 124Mbit/s a distancias de hasta unos 70 kilómetros de una estación base.

Este nuevo concepto de banda ancha permitirá que los proveedores de servicios puedan ofrecer acceso a Internet directamente a las casas, además está considerada como una alternativa más barata a las líneas de suscripción digital (DSL) ya que los costos de instalación son mínimos.

El hecho de que WiMAX no sea todavía una tecnología de consumo ha permitido que el estándar se desarrolle conforme a un ciclo bien establecido, lo que garantiza su estabilidad y cumplimiento de sus especificaciones, algo parecido a lo que sucedió con la tecnología GSM en los últimos años, con su total garantía de estabilidad.

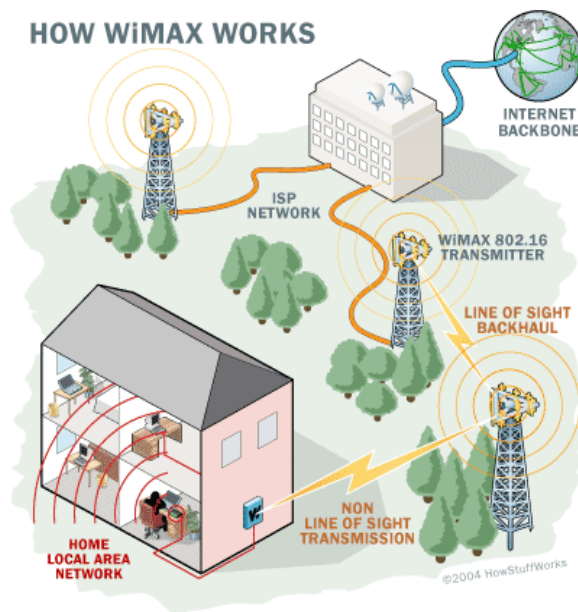


Figura 3.4 Diagrama WiMAX

Para hacernos una idea de las ventajas de esta tecnología, seis puntos de acceso con este sistema dan cobertura de 360 grados para 1.200 abonados a un costo de unos 6.000 euros, mientras que, con otras tecnologías de sistemas multipunto, una red de 500 abonados cuesta una media de 96.000 euros, como podemos ver la diferencia, tanto en costo como radio de cobertura es abismal, eso sin hacer hincapié en la tasa de transferencia[12].

	WiMAX 802.16	Wi-Fi 802.11	Mobile-Fi 802.20	UMTS y cdma2000
Velocidad	124 Mbit/s	11-54 Mbit/s	16 Mbit/s	2 Mbit/s
Cobertura	40-70 km	300 m	20 km	10 km
Licencia	Si/No	No	Si	Si
Ventajas	Velocidad y Alcance	Velocidad y Precio	Velocidad y Movilidad	Rango y Movilidad
Desventajas	Interferencias??	Bajo alcance	Precio alto	Lento y caro

Figura 3.5 Tabla de comparación de tecnologías.

Una firma de investigación de Telecomunicaciones ha llevado a cabo un estudio cuya conclusión es que la tecnología inalámbrica WiMax podría acaparar parte de la cuota de mercado de la tercera generación de telefonía móvil y DSL, destacando que si bien en algunos casos podría complementarlas, en otros podría sustituirlas.

WiMax será el claro ganador entre las nuevas tecnologías inalámbricas de alta velocidad, WiMax captará el 70 por ciento de este segmento de mercado para 2009 debido a su alto rendimiento y flexibilidad comparado con las alternativas. La 3G será importante para su movilidad, pero WiMax competirá directamente con la DSL.

3.4 WIRELESS ATM.

La tecnología ATM inalámbrica permite satisfacer las necesidades que tienen los usuarios de redes punto a punto, de tener movilidad y acceso global para la transmisión inalámbrica de datos integrados (voz, datos y vídeo) con garantía de Calidad de Servicio (QoS). Esto abarca tanto las redes LAN como las redes WAN.

Por ello, es necesario adaptar la filosofía ATM concebida para un medio como la fibra óptica al medio inalámbrico. ATM fue desarrollado para ser usado en grandes anchos de banda y baja tasa de errores. En este artículo se presentan distintas Tecnologías de Métodos de Acceso para redes inalámbricas ATM satelitales, celulares y LAN inalámbricas[20].

Estas tecnologías tienen como punto clave determinar quién puede usar un canal compartido, en un medio donde existen limitaciones de ancho de banda, alto promedio de bit de errores y de difusión; es decir, su función principal es resolver estos problemas.

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM), ha sido propuesto como una tecnología para todos los tipos de redes y servicios. Se proyecta que ATM será el estándar futuro para B-ISDN (Red de Servicios Digitales Integrado de Banda Ancha). Desde el punto de vista de servicio, ATM combina la información de datos y la información de multimedia dentro de una red.

Existen diversas y muchas técnicas de acceso al medio para ATM inalámbrico. Entre ellos se encuentran técnicas de contención en donde varios usuarios comparten un canal común de modo tal que pueden existir colisiones (S-ALOHA). Otras técnicas son determinísticas, ya que cuando un usuario necesita un canal, lo solicita desde el punto de control (como TDMA). Y otras son de sondeo o polling, donde la forma tradicional de repartir un canal entre usuarios competidores es que alguien los sondee (Polling Protocol 2).

3.4.1 Modelo ATM Inalámbrico

La tecnología ATM se basa en la transmisión asíncrona de celdas, de longitud fija (53 bytes) a velocidades elevadas. El hecho de que las celdas sean de longitud fija permite intercalar celdas de distintas fuentes que transmiten información de diferentes características, como voz, dato y vídeo. La celda ATM está constituida por una cabecera de 5 bytes que contiene la información necesaria para transmitir la celda ATM a través de la red y 48 bytes que están destinados a información de usuario[31].

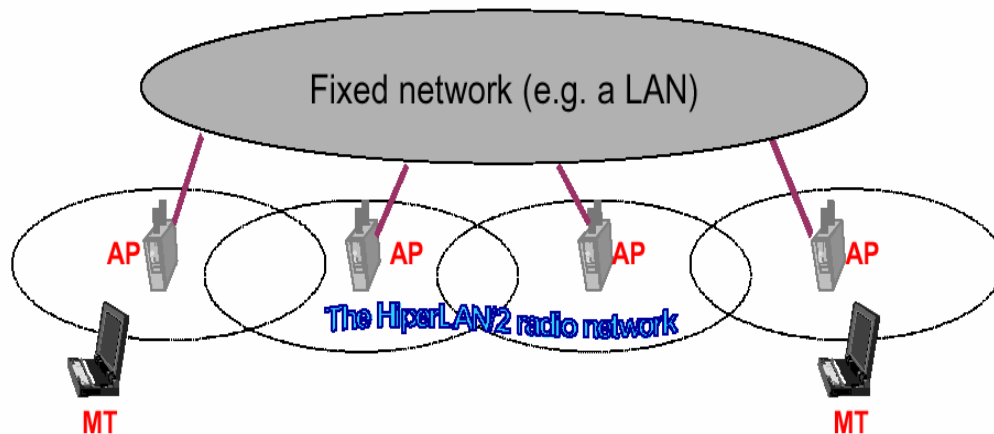


Figura 3.5 Modelo LAN inalámbrico

Debido a que los medios inalámbricos son de tipo difusión, es necesario presentar un modelo ATM, que tenga una capa de Control de Acceso al Medio (MAC) y Control de Enlace de Lógico (LLC) para soportar el medio. En la figura 2 se muestra el modelo:

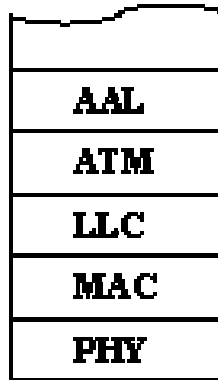


Figura 3.6 Modelo ATM

3.5 Tecnologías de Acceso al Medio de ATM inalámbrico en LAN:

3.5.1 HIPERLAN tipo 2

(Red de Area Local de Alto Rendimiento): es un estándar europeo y fue desarrollado por el forum de estandarización ETSI (European Telecommunication Standard Institute) RES10, el cual opera en banda de frecuencia de 5 Ghz. Básicamente es un sistema de difusión que ofrece principalmente servicios de redes de área local. Esta técnica está todavía en desarrollo y se espera que HIPERLAN llegue a velocidades mayores a 500 Mbps.

En HIPERLAN, la frecuencia disponible del espectro no permite la distribución celular de frecuencias. Un esquema de enrutamiento dinámico es empleado, en el cual un mensaje es enviado usando la misma frecuencia. En este caso la zona local que cubre la recepción y la zona local que cubre la interferencia debe ser diferenciada[40].

3.5.2 Polling Protocol 2

Este protocolo separa el enlace descendente del enlace ascendente, y divide el enlace ascendente en dos (02) fases, transmisión y petición. Una transmisión de enlace ascendente ocurre en respuesta a un sondeo (poll) desde una estación base, y la trama MAC a transmitir consiste de una celda ATM y un número indicando el número de celdas que esperan en el terminal móvil. La estación base usa esta información para controlar el algoritmo de sondeo (encuesta)[15].

Durante períodos muertos la estación base inicia una fase de petición. En esta fase la estación base sondea a los terminales inactivos para transmitir el número de celdas en espera. La estación base mantiene información de la cantidad de celdas que tiene cada estación esperando y el instante en el cual a la estación se le permitirá transmitir la próxima vez.

Este instante es decidido con la ayuda del promedio máximo de celdas negociadas (durante la etapa de configuración de la llamada), y la información sobre cuando fue la última vez que se le permitió transmitir a la estación. Así, el algoritmo de asignación hace cumplir este promedio máximo de celdas negociadas por espacio de celdas.

3.5.3 DSA (Asignación de ranura Dinámica)

Este protocolo separa el enlace ascendente y descendente. El enlace descendente es usado para paquetes en difusión y transmitir reconocimientos y sondeo (cada uno en un tiempo como parte de una difusión de celdas o como un lote completo en un instante de tiempo).

Este tipo de topología hace mejoras en el ancho de banda para mayor eficiencia del manejo de la red en cuanto a la comunicación de las terminales y de los equipos que operan para saber si la red necesita mayor espacio o tiempos de recuperación.

Los terminales usan las transmisiones del enlace ascendente para informar a la estación base el número de celdas en espera y el tiempo de vida más pequeño que le resta. (Smallest residual life). La estación base usa esta información como entrada al algoritmo de sondeo[18].

Esta información no es suficiente cuando la cantidad de celdas (o su tiempo de vida restante) cambian rápidamente. Así que el protocolo utiliza una fase de contención especial donde las estaciones que necesitan transmitir lo harán de acuerdo a S-ALOHA.

También los terminales inactivos usan esta fase de contención. El algoritmo de sondeo calcula prioridades de acuerdo al número de celdas en espera y su vida restante más pequeña y asigna la próxima ranura de transmisión a la estación con la prioridad más alta. Se destaca que un sistema S-ALOHA divide el tiempo en intervalos discretos de manera tal que los usuarios transmitan por ranuras de tiempo. Debe existir una estación que emite una señal de comienzo de cada intervalo[23].

3.5.4 GRAPO/RGRAP.

EL Randomly Addressed Polling (RAP) es un protocolo de contención el cual limita el número de transmisiones simultáneas tanteando a través de una selección aleatoria. El protocolo separa los canales de enlace ascendente y descendente, y principalmente le concierne el enlace ascendente. La estación base transmite un mensaje de listo, cuando está listo para recibir mensajes del enlace ascendente.

En respuesta, cada uno de los nodos activos (en total N nodos activos) escogerá y transmitirá un número aleatorio ($0,1,..P-1$), de manera que permita a la estación base recibir todos los números transmitidos simultáneamente. La estación detectará N^* ($\leq N$) números diferentes; para cada número la estación base difundirá este número. Y los terminales los cuales escogieron este número transmitirán un paquete[33].

El GRAP provee mejoras sobre RAP, proporcionando una estructura de supertrama la cual consiste de $p+1$ tramas, denominadas G_1, G_2, \dots, G_p . Cada una de las tramas es una trama RAP separada. Un nuevo nodo unirá tramas G_p , mientras un nodo en la cual en la supertrama previa fue exitosamente sondeada (polled), con el número aleatorio i (y tiene más paquetes a transmitir) unirá la trama G_i en la actual supertrama.

GRAPO mejora sobre este concepto cambiando dinámicamente el número de grupos a Q ($\leq p$), y requiere de nuevas llegadas para juntar un grupo aleatorio. Las estaciones que no fueron exitosamente sondeadas (polled) son tratadas como nuevos arribos. Por otro lado, R-GRAP mejora sobre GRAP introduciendo una fase separada, llamada la fase de reservación. Cuando un terminal tiene periodos o muchos datos, envía estos transmitiendo el primer paquete de acuerdo al protocolo GRAP, con un conjunto especial de bits, los cuales indican que siguen más datos.

Si el paquete es transmitido exitosamente el terminal no sólo recibe un ACK desde la estación base, sino también un número de reservación. Estos números de reservaciones son usados después de la última trama GRAP, cuando comienza la fase de reservación. En la fase de reservación, la estación base sondeará todos (o algunos, de acuerdo a un algoritmo de polling) los números de reservaciones y la estación puede transmitir sus tramas en un modo de contención libre.

3.5.5 Tecnologías de Acceso al Medio de ATM Inalámbrico en Satélite.

En la comunicación por satélite los errores se producen en forma de ráfagas. Esta forma de generar errores constituye uno de los problemas a resolver para conseguir a ATM funcionando en el entorno de satélites, con los niveles de calidad de servicios propios del ATM. La celda ATM tiene sólo un bit en su cabecera para corregir errores, ya que la existencia de más de un error de bit, en un medio tan ideal como lo es la fibra óptica es muy poco probable y por tanto el número de celdas ATM descartadas es muy bajo[12].

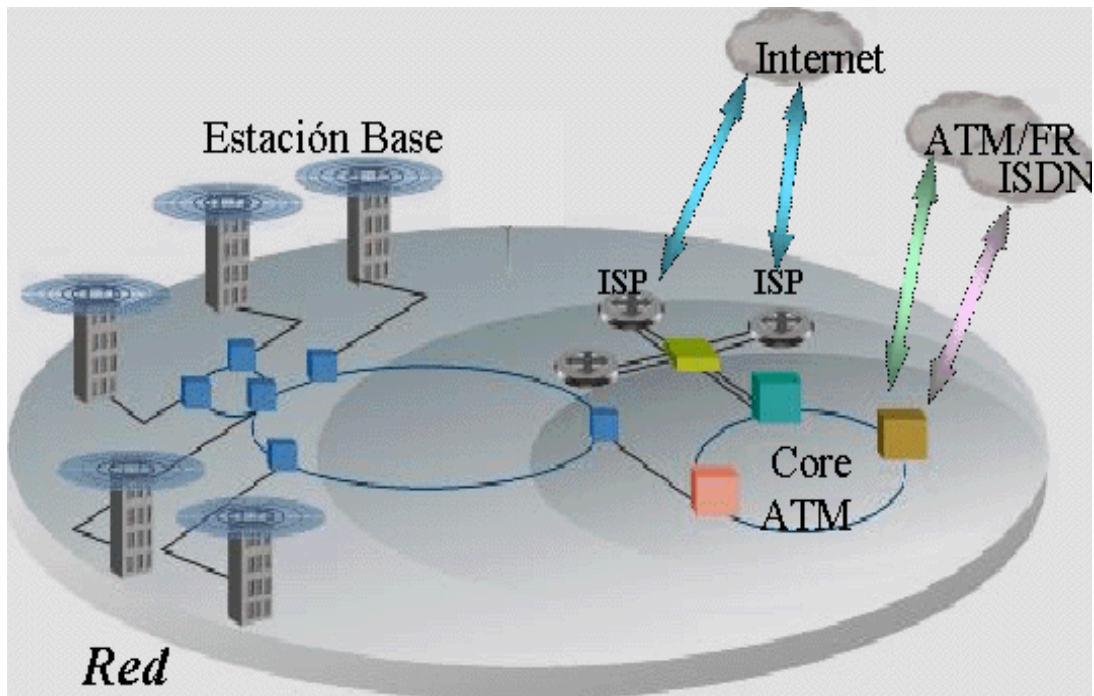


Figura ATM inalámbrico

Sin embargo, en el entorno de satélites, al aparecer los errores en forma de ráfaga, la probabilidad de la existencia de más de un error de bit es lo suficientemente elevada como para provocar que el número de celdas ATM descartadas haga que la calidad de servicio disminuya hasta niveles no adecuados.

Otro aspecto importante para conseguir resultados en ATM vía satélite viene dado por la infraestructura de satélite, que deben alcanzar mayores niveles de flexibilidad. "Los esquemas de acceso convencionales como SCPC (Single Channel Per Carrier) y TDMA (Time Division Multiple Access) deben evolucionar hacia esquemas que optimicen el funcionamiento de ATM.

En los nuevos desarrollos dentro de este contexto, cabe citar MF-TDMA (Multifrecuencia- TDMA) en el que el acceso al satélite se hace en modo de ráfaga por diferentes estaciones terrestres y secuencialmente por los usuarios. Esta técnica presenta la posibilidad de reducir los tamaños de las antenas, al mismo tiempo que aumenta la velocidad del enlace, lo cual redundaría en el nivel de beneficios de ATM[15].

El control de la congestión, un tema de especial relevancia en el contexto de la filosofía ATM, constituye un aspecto en el que aparecen problemas en el entorno del satélite, ya que los retardos de propagación asociados al satélite pueden aumentar la congestión, por lo que se pierden celdas y se disminuye la calidad del servicio. En las redes por satélites es necesario generar mecanismos de Control de Congestión que presenten baja sensibilidad al retardo. Un método basado en la asignación de ancho de banda a petición podría ayudar a solucionar este aspecto.

El método que se puede utilizar es el DAMA (Método de Acceso Múltiple de Asignación por Demanda), el cual está basado en la asignación de la capacidad del satélite sólo cuando es necesario, mediante técnicas de asignación y liberación dinámicas.

3.5.6 Tecnologías de Acceso al Medio de ATM inalámbrico en Radio Celular

Los sistemas de comunicación por radio basados en técnicas celulares consisten en la división de un área geográfica dada en porciones relativamente reducidas, estando cada una de ellas servidas por una estación base multicanal de baja potencia. Las pequeñas porciones de territorio en que se divide el área geográfica que se pretende cubrir se llama celda de cobertura.

Mediante la técnica celular cuando un móvil se desplaza de una celda a otra, se envía la información a la estación base de la celda origen para enviarla seguidamente a la celda destino[10].

En una estructura celular un controlador central o punto de acceso controla el canal y asigna su utilización a los móviles que están bajo su control, con lo que se genera un flujo de información entre móviles y punto de acceso; flujo en el que se pueden incluir datos relativos al tráfico para que el punto de acceso pueda tomar decisiones en cuanto a asignación de capacidad a los móviles. En una estructura ATM, los puntos de acceso radio, que van a requerir servicio, están conectados a un sistema ATM.

El diseño de red celular-radio ATM considerado más eficaz, actualmente, es el basado en la técnica TDMA, siempre que los terminales móviles puedan indicar al punto de acceso las necesidades de tráfico de forma eficaz. La técnica TDMA asigna ranuras de tiempos para diferentes conexiones. Existe otra técnica llamada CDMA (Acceso Múltiple por División de Código). El gran problema de CDMA es que necesita un gran ancho de banda. El acceso a un enlace de radio TDMA puede estar controlado centralizadamente.

El terminal móvil puede transmitir (enlace ascendente) y recibir (enlace descendente) datos. Esto debe ser soportado en la interfaz de radio. Para ello, se utiliza dos métodos: 1) FDD (Frequency Division Duplexing) donde existe una frecuencia para el enlace ascendente y una frecuencia para el enlace descendente. 2) TDD (Time Division Duplexing) donde al enlace ascendente y descendente se les otorga la misma frecuencia pero en diferentes ranuras de tiempo.

En un sistema TDMA centralizado, una estación base asigna ranuras de tiempo a los terminales. Los terminales usan las ranuras de tiempo para transmitir y recibir tráfico. Las ranuras de tiempo son asignadas dinámicamente al terminal de acuerdo a sus necesidades y a los recursos disponibles en las interfaces de radio. El mecanismo de control centralizado permite a la red mantener un control total sobre el enlace de radio. Así se garantiza más fácilmente el servicio a todos los terminales.

3.6 HiperLAN y Bluetooth

Estas tecnologías inalámbricas utilizan técnicas avanzadas de modulación que permiten un gran nivel de seguridad así como resistencia a la interferencia de dispositivos electrónicos y a otros usuarios. Además, la mayoría de los usuarios podrán compartir una banda de frecuencia sin interferencia. Estas nuevas tecnologías utilizan bandas de frecuencias sin licencia, que permiten el uso libre para el uso de la frecuencia[46].

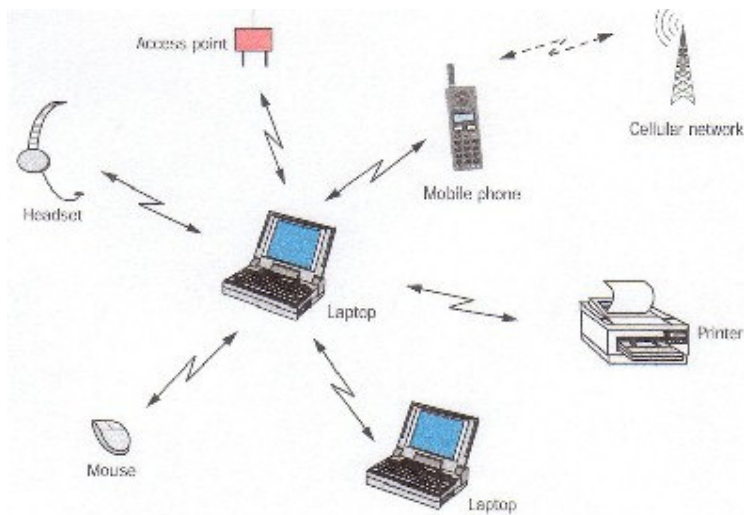


Figura 3.7 Esquema de una red bluetooth

En este artículo vamos a describir cada una de las tecnologías de acceso a Internet en sus diversas categorías WAN/MAN, LAN y una última categoría en redes inalámbricas conocida como PAN (Personal Area Network). Al final del presente artículo se describirán las tendencias en el acceso a Internet sin alambres.

Son muchas las ventajas que ofrecen las tecnologías inalámbricas para el acceso a Internet. En un principio las únicas tecnologías inalámbricas que existían eran la satelital y a través de enlaces de microondas. A partir de ahí los proveedores de servicios a Internet brindaban a sus usuarios el acceso a los servicios a través de medios cableados tales como cobre, cable, fibra óptica entre otros.

Es decir el usuario no accedía de forma directa inalámbricamente la supercarretera de la información. Los pocos dispositivos que existían en esa época eran lentos, limitados y no eran ampliamente operables debido a que no existían estándares y sólo estaban disponibles por unos pocos fabricantes.

El mercado estaba muy segmentado y los precios de los equipos eran elevadísimos que era imposible su expansión en el mercado y limitaba el desarrollo de nuevas tecnologías inalámbricas en las redes de computadoras.

Hoy en día gracias a la creación de nuevos estándares en el área inalámbrica se está permitiendo la fabricación de nuevos productos, a un precio cada vez más accesibles a los usuarios y con más ancho de banda. A continuación se describen otros factores que han influido en la selección de la opción inalámbrica para el acceso a redes e Internet.

REDES DE BANDA ANCHA RADIOELECTRICAS

- Se han abierto frecuencias que no necesitan permisos para transmisión en las bandas de 2.4 a 2.4835 GHz y 5 GHz, conocidas como bandas de frecuencia de espectro esparcido, que habían estado reservadas para equipos industriales, científicos y médicos.
- Se han incrementado la velocidad de las dorsales de Internet que enlazan las redes inalámbricas.
- Están cambiando los patrones de trabajo, más gente de negocios necesita acceder a Internet desde cualquier lugar.
- Es más fácil para el proveedor de servicios de telecomunicaciones e Internet brindar a sus usuarios acceso sin alambres que cablear a cada uno de ellos.
- Es más fácil la incorporación de un nuevo usuario a una red inalámbrica

Con los nuevos productos y tecnologías inalámbricas los usuarios podrán tener acceso a las redes corporativas e Internet desde su casa, de camino al trabajo o en la carretera sin una conexión física. Con teléfonos inteligentes será posible recibir Internet y enlazarse directamente a computadoras, máquinas de fax y otros dispositivos de oficina.

Las computadoras estarán interconectadas entre sí sin alambres y se enlazarán a la red alámbrica a través de un dispositivo de acceso. A su vez, las conexiones entre las redes alámbricas podrán ser inalámbricas.

En pocos años, la velocidad de los dispositivos inalámbricos se incrementará dramáticamente debido en gran medida a las nuevas tecnologías inalámbricas y a los nuevos estándares, los cuales permitirán la interoperabilidad entre los equipos y compatibilidad de las redes. Con esto los fabricantes de equipos inalámbricos incrementarán sus ventas y al mismo tiempo se decrementarán poco a poco los precios de los productos inalámbricos. Con la estandarización de los sistemas ganaremos todos.

3.7 Tipos de redes inalámbricas

Al igual que las redes tradicionales alámbricas vamos a clasificar a las redes inalámbricas en tres categorías[44].

- WAN/MAN (Wide Area Network/Metropolitan Area Network)
- LAN (Local Area Network)
- PAN (Personal Area Network)

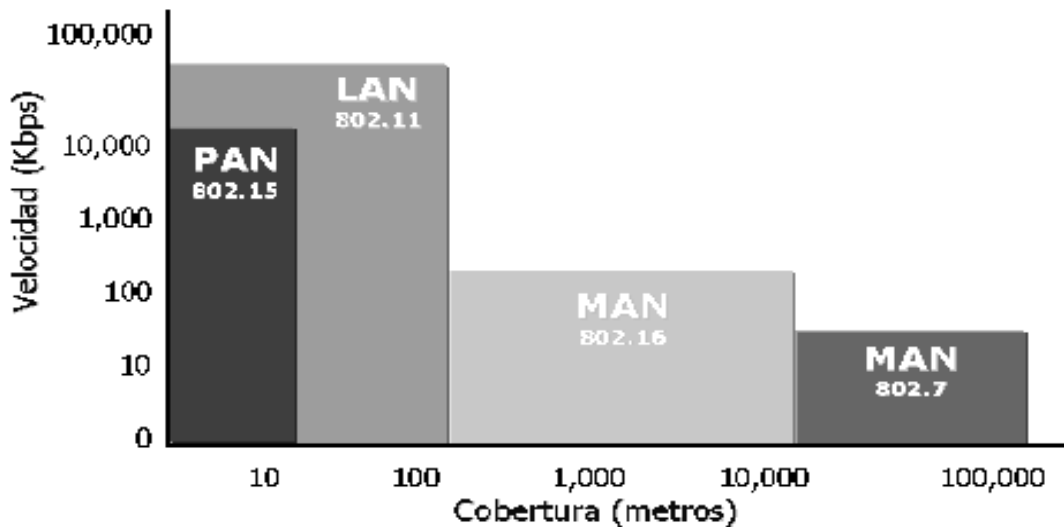


Figura 3.8 Categorías de redes inalámbricas

En la primera categoría WAN/MAN, pondremos a las redes que cubren desde decenas hasta miles de kilómetros. En la segunda categoría LAN, pondremos las redes que comprenden de varios metros hasta decenas de metros. Y en la última y nueva categoría PAN.

3.8 Redes inalámbricas tipo WAN/MAN

- Telefonía celular analógica y celular
- Radiolocalización de dos vías (pagers)
- Radio enlaces terrestres de microondas
- Láser/infrarrojo
- WLL (Wireless Local Loop)
- LMDS/MMDS
- Comunicaciones por satélite

En la categoría MAN/WAN tenemos primeramente al acceso a Internet por medio de telefonía celular. Aunque originalmente la telefonía celular fue utilizada para la transferencia de voz, muy pronto se desarrollaron protocolos para poder transferir datos a través de esta tecnología inalámbrica[42].

La primera de ellas fue CDPD (Celular Digital Packet Data), desarrollada a mediados de los 90s por AT&T. CDPD provee la transmisión inalámbrica de datos digitales como Internet a través de la telefonía celular. Actualmente provee transferencias hasta 14.4 Kbps si se emplea la técnica de acceso múltiple CDMA (Code Division Multiple Access), mientras que en TDMA (Time Division Multiple Access) está limitada a 9.6 Kbps. CDPD se utiliza actualmente para transmitir mensajes breves a PDAs y correo electrónico a teléfonos celulares.

Es posible el acceso limitado a Internet debido a que CDPD está basado en el protocolo de Internet TCP/IP. Con CDPD es posible transferir datos a través de redes públicas basadas en circuitos como en paquetes. En un futuro cercano aparecerán nuevos servicios con más alta velocidad basados en CDPD a través de redes basadas en paquetes.

Otro protocolo que provee acceso a Internet es WAP (Wireless Access Protocol). Con WAP son posibles las comunicaciones de datos entre redes inalámbricas a celulares y otros dispositivos portátiles como PDAs, radiolocalizadores, teléfonos inteligentes, etc.

Las especificaciones de WAP soportan la mayoría de los servicios y protocolos de las redes celulares de hoy en día tales como GSM, PDC, TDMA, CDMA y CDPD. Uno de los principales objetivos de la especificación WAP es permitir que dispositivos portátiles se interconecten con las redes inalámbricas independientemente de sistemas operativos y protocolos.

Es por eso que WAP utiliza un lenguaje conocido como WML (Wireless Markup Language) que permite la conexión entre las redes y los dispositivos portátiles. Con WAP y WML el contenido de Internet puede ser formateado para uso en una pequeña pantalla de un dispositivo portátil. Aunque WAP no es aún un estándar oficial, es ampliamente aceptado y es de hecho un estándar de facto[38].

Con el advenimiento de la tercera (3G) y cuarta generación (4G) de la telefonía celular será posible el acceso a Internet a más altas velocidades en el orden de cientos de Kbps e inclusive hasta Mbps.

Otras tecnologías WAN/MAN que permiten el acceso a Internet a altas velocidades son MMDS, LMDS, WLL, enlaces de microondas terrestres, vía laser infrarrojo y comunicaciones vía satélite.

Con MMDS es posible la provisión de Internet a altas velocidades en el rango de decenas de Mbps a distancias de más de 40 Km., limitándola únicamente la curvatura de la tierra y la línea de vista. Con LMDS se puede transferir información hasta en el rango de Gbps, debido a que trabaja en una banda de frecuencia mayor [20-30 GHz] y con mas capacidad de canal, pero funciona en celdas con cobertura de 5 a 8 km.

Por último en esta categoría el acceso a Internet vía satélite ha jugado un papel preponderante hoy en día. La ventaja más importante de las comunicaciones vía satélite en el acceso a Internet es la gran cobertura que tiene, alta capacidad en el orden de decenas de Mbps, provee accesos más directos a las dorsales satelitales, las comunicaciones vía satélite pueden penetrar áreas remotas donde otros medios de transmisión serían imposibles de llegar.

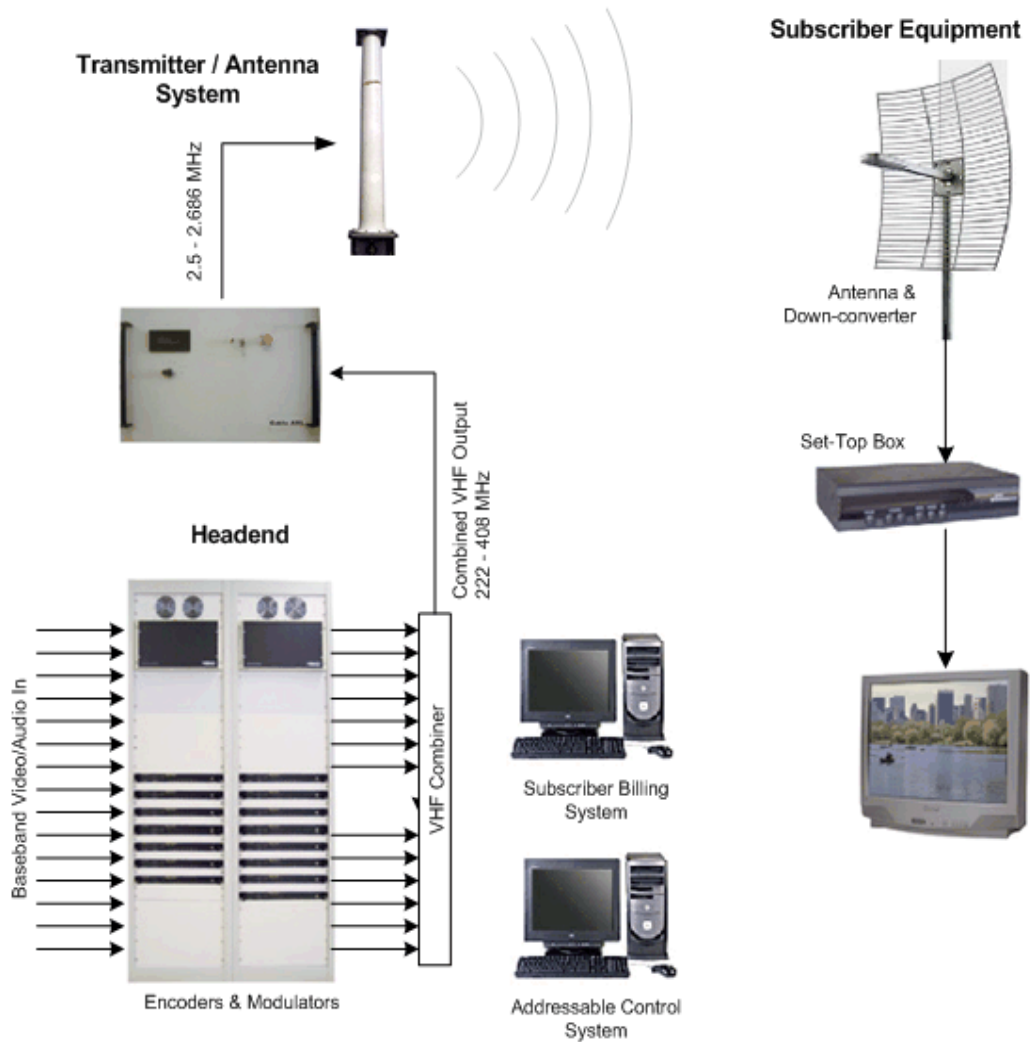


Figura 3.9 Diagrama de un sistema MMDS

En otras palabras la comunicación vía satélite es capaz de dar acceso a Internet hasta en una isla a miles de kilómetros de distancia. Quizá este sea el medio inalámbrico más caro al principio debido a que hay que comprar infraestructura costosa como las estaciones terrenas y pagar las altas mensualidades de ancho de banda a un proveedor satelital. Existen opciones satelitales mucho más económicas para usuarios residenciales o para pequeñas oficinas[40].

Estos sistemas que operan de manera híbrida y asimétrica utilizan pequeños platos reflectores para la recepción de la información de Internet y empleando otro medio alternativo para el regreso de la información, ya sea mediante una línea privada de menos ancho de banda o mediante un módem casero. Este sistema permite la recepción de Internet a velocidades de hasta 400 Kbps, un ejemplo de este servicio es DirecPC.

Existen también sistemas satelitales económicos pero que operan de manera bidireccional para pequeños negocios o para proveedores de Internet mediante pequeñas estaciones terrenas transmisoras/receptoras.

3.9 Redes inalámbricas tipo LAN

- IEEE 802.11x
- HiperLAN/2

Las redes locales inalámbricas se han vuelto muy populares hoy en día, éstas pueden proveer acceso a Internet por ejemplo a estudiantes alrededor de un campus universitario utilizando una computadora portátil provista con una tarjeta con acceso inalámbrico. En este sentido la IEEE ha desarrollado varios estándares en que lo que LAN se refiere. La especificación IEEE 802.11 define redes locales inalámbricas que emplean ondas de radio en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz conocido como espectro esparcido.

Las velocidades típicas de esta tecnología son 11 Mbps en la especificación IEEE 802.11b y está en desarrollo la especificación IEEE 802.11a en la banda de 5 GHz que alcanzará velocidades de hasta 54 Mbps[30].

Por otro lado el foro global HiperLAN2 definió una especificación que opera en la banda de 5 GHz y que permite la transferencia de datos de hasta 54 Mbps que utiliza una técnica de modulación conocida como OFDM (Orthogonal Digital Multiplexing) para transmitir señales analógicas. OFDM es muy eficiente en ambientes dispersos en el tiempo, como oficinas, donde las señales de radio son reflejadas desde muchos puntos, donde la señal llega a diferentes tiempos de propagación antes de que llegue al receptor.

Debido a que HiperLAN es orientado a conexión posee características de Calidad de Servicio (QoS).El soporte de QoS en combinación con las altas velocidades de HiperLAN facilita la transmisión de diferentes tipos de ráfagas de datos como video, voz y datos.

3.10 Redes inalámbricas tipo PAN

- Bluetooth
- IEEE 802.15
- HomeRF

Las redes tipo PAN son una nueva categoría en redes que cubre distancias cortas y cerradas. Algunas de estas tecnologías son Bluetooth, 802.15 y HomeRF.

Bluetooth es una tecnología inalámbrica europea desarrollada por Ericsson que permite la interconectividad de dispositivos inalámbricos con otras redes e Internet. Bluetooth al igual que 802.15 y HomeRF trabajan en la banda de frecuencias de espectro esparcido de 2.4 GHz. Bluetooth es capaz de transferir información entre un dispositivo a otro a velocidades de hasta 1 Mbps, permitiendo el intercambio de video, voz y datos de manera inalámbrica.

El Estándar IEEE 802.15 se enfoca básicamente en el desarrollo de estándares para redes tipo PAN o redes inalámbricas de corta distancia. Al igual que Bluetooth el 802.15 permite que dispositivos inalámbricos portátiles como PCs, PDAs, teléfonos, pager, entre otros, puedan comunicarse e interoperar uno con el otro.

Debido a que Bluetooth no puede coexistir con una red inalámbrica 802.11x, de alguna manera la IEEE definió este estándar para permitir la interoperabilidad de las redes inalámbricas LAN con las redes tipo PAN.

3.11 HomeRF

También es una especificación que permite la interconexión de dispositivos inalámbricos en un área pequeña. Con cualquiera de estas tres últimas tres tecnologías se podrá acceder a la red de tu casa u oficina desde un teléfono celular y podrás controlar dispositivos o consultar a distancia los datos importantes para tu beneficio y acceso a Internet con sólo conectarte a tu red en el caso de que tengas tu red casera u oficina conectada a Internet[46].

CONCLUSIONES.

- Este trabajo de investigación reúne una serie de datos e información útil para todo aquel estudiante y catedrático, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones que en algún momento tenga el deseo o necesidad de consultar acerca de las características de las redes de banda ancha, sus aplicaciones y principales funciones.
- Temas tomados como el análisis de redes por cable, fibras o sistemas de microondas, nos da un panorama amplio de cómo podemos encontrar las aplicaciones de la banda ancha.
- En esta monografía se pueden comprender mejor los antecedentes, origen y fundamentos de las redes de banda ancha, el desarrollo de las tecnologías y aplicaciones. Se hacen notar las diferencias en cuanto a los equipos y normas de cada una de las redes y su contribución a la banda ancha.
- El análisis de las ventajas y desventajas son un punto clave para su correcta aplicación de acuerdo a las necesidades que se tengan, mismas que se utilizarán para determinar una correcta aplicación.

Bibliografía

1. Chatterjee, S. Requirements for Success in Gigabit Networking. Communications of the ACM 1997
2. Catlet, C. E., In Search of Gigabit Applications. IEEE Communications, abril 1992
3. Golaroski Walter, Tecnologías ADSL y XDSL. McGraw Hill/ Interamerica España 2000
4. Guijarro Coloma Luis, Redes ATM Principios de Interconexión. ALFAOMEGA 2000
5. Enciclopedia de las Ciencias Tomos 1, 9, 10. Editorial Cumbre S.A. 1987
6. Enciclopedia Microsoft Encarta. Microsoft Corporation 1993-1998.
7. Huidrobo José M., Roldan David. Redes y Servicios de Banda Ancha. Mc Graw Hill. 2004
8. Kessler Cary, RDSI Conceptos, funciones y servicios Mc Graw Hill, 2001
9. M. Caballero José. Redes de Banda Ancha Alfaomega 1998.
10. Schwartz Mischa. Redes de Telecomunicaciones. Iberoamerica. 1994

Consultas electrónicas.

11. <http://www.adsl.com>.
12. <http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBandAccess/Internetaccess.pdf>
13. <http://www.ietf.org>
14. http://www.dsllife.com/news/news_sf12_10_02.htm.
15. <http://www.atmforum.com/pages/interworksw/dsl.html>
16. [http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBand Access](http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBandAccess)
17. [http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBand Access/vodsl.pdf](http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBandAccess/vodsl.pdf)
18. <http://www.comunicacionnlted.com>
19. <http://www.mersdh.org/cater/optica.html>
20. [http://www.iect.org/online/ BroadBand/ont](http://www.iect.org/online/BroadBand/ont)
21. www.vicomsoft.com/knowledge/reference/xdsl1.html -
22. www.dsllife.com/
23. <http://murray.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Hall/fdma.htm>
24. <http://www.canalti.com/magazine/0298/cdma.cfm>
25. <http://www.eolnet.net/empresas/DAMA/vision.htm>
26. <http://www.insesur.com/gsm.htm>
27. <http://www.netarroba.com.mx/presentaciones/net99/tsld0>
28. <http://www.suretel/SCPC.com>
29. <http://www.decom.fee.unicamp.br/~luna/foro.html>
30. <http://www.comunicaciones.nitronics.es/tecnolog.htm>.
31. <http://www.atis.com/home/dwdm>.
32. <http://www.ciug.org>

33. <http://www.infotech.tu-chemitz.de/paetz/atm>
34. <http://www.maginec.net>
35. <http://merit.edu/internet.html>
36. <http://www.eff.org>
37. <http://www.telecommunicationssys.com/index/fddi-files>
38. <http://www.vicomsoft.com/knowledge/reference/xdsl1.html>
39. <http://www.dsllife.com/xdsl>
40. <http://www.eoinet.net/empresas/cdma.htm>
41. <http://www.mobilecomms.technologie.com>
42. <http://www.com21.com/pages/eap.html>
43. <http://www.aol.com/sonnet>
44. <http://www.cam-ork.co.uk/radio/>
45. <http://www.insesur.com/hiperlan.htm>
46. <http://www.ericsson.com>
47. <http://www.dechfcamp.br/asad.ds>

Glosario de Acrónimos y Términos

Acrónimos

ADSL (Línea Digital de Abonado Asimétrica)

ACK Acknowledgement, acuse de recibo.

ATM Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)

ATU-C ADSL Terminal Unit-Central

ATU-R ADSL Terminal Unit-Remote

AVR Available Bit Rate

CAP Carrierless Amplitude/Phase (Modulación de fase y amplitud)

CBR Constant Bit Rate

CCITT Consultative Committee for International Telegraph and Telephone (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía)

CMTS (Sistema de terminación de módem por cable)

CPE Customer Premises Equipment (Equipo en Instalaciones de Cliente)

DLCI Digital Loop Carrier

DMT Discrete MultiTone, (Modulación multitono discreto)

DNS Domain Name System (Sistema de Nombres de Dominio)

DSL (Línea de Abonado Digital)

DSP Digital Signal Processing. (Procesado digital de señal).

DTE Equipo Terminal de Datos

DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing

FCC Federal Communications Comisión (Comisión Federal de Comunicaciones)

I Glosario de Acrónimos y Términos

FDM Frequency Division Multiplexing (Multiplexado por División de Frecuencia)

FDDI Distribución de datos de interfase por fibra

FFT Transformada Rápida de Fourier

IBP Proveedores de acceso a backbone

IETF Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)

IFFT Transformada Rápida de Fourier Inversa

IGMP Internet Group Management Protocol (Protocolo de Gestión de Grupos en Internet)

IN Intelligent Network (Red Inteligente)

IntServ Integrated Services Internet QoS model (modelo de Calidad de Servicio en Servicios Integrados de Internet)

IP Internet Protocol (Protocolo Internet)

IP Multicast Extensión del Protocolo Internet para dar soporte a comunicaciones multidifusión

IPBX Internet Protocol Private Branch Exchange (Centralita Privada basada en IP)

IPSec IP Security (Protocolo de Seguridad IP)

ISP Internet Service Provider (Proveedor de Servicios Internet, PSI)

ITU-T International Telecommunications Union - Telecommunications (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

JDS (Jerarquía Digital Síncrona)

LAN Local Area Network. Red de área local. Sistema de comunicación de datos que permite que diversos dispositivos se comuniquen directamente entre sí dentro de un área geográfica reducida. Normalmente su área suele circunscribirse a un edificio.

LDP Label Distribution Protocol (Protocolo de Distribución de Etiquetas)

I Glosario de Acrónimos y Términos

LMDS Local Multipoint Distribution System

LSR Label Switching Router (Encaminador de Conmutación de Etiquetas)

MBONE Multicast Backbone (Red Troncal de Multidifusión)

MCU Multipoint Control Unit (Unidad de Control Multipunto)

MEGACO Media Gateway Control (Control de Pasarela de Medios)

MGCP Media Gateway Control Protocol (Protocolo de Control de Pasarela de Medios)

MMDS Sistema de Distribución Multipunto de Multicanales

MOS Mean Opinion Score (Nota Media de Resultado de Opinión)

MPLS Multiprotocol Label Switching (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo)

NT Terminación de Red

OLR Overall Loudness Rating (Índice de Sonoridad Global)

PBX Private Branch Exchange (Centralita Telefónica Privada)

PDH Plesiochronous Digital Hierarchy. Jerarquía digital plesiócrona. Técnica de multiplexación de datos para sistemas de transmisión que no están sincronizados completamente. Las tramas se construyen a partir de grupos de canales de 2Mbit/s, por lo que es necesario ajustar el tráfico.

PHB Per Hop Behaviour (Comportamiento por Salto)

PoP Point of Presence (Punto de Presencia)

POTS Plain Old Telephone Service (Servicio Telefónico Tradicional)

QoS Quality of Service. Calidad de Servicio. Término genérico para definir el conjunto de parámetros que definen el tipo y la calidad del servicio proporcionado.

QoS Quality of Service (Calidad de Servicio)

RAS Registration, Authentication and Status (Registro, Autenticación y Estado)

RDSI Red Digital de Servicios Integrados

RSVP Reservation Protocol (Protocolo de Reserva)

RTCP Real Time Control Protocol (Protocolo de Control de Tiempo Real)

RTP Real Time Protocol (Protocolo de Tiempo Real)

SAP Session Annunciation Protocol (Protocolo de Anuncio de Sesión)

SCMA

SCN Switched Circuit Network (Red de Circuitos Conmutados)

SDP Session Description Protocol (Protocolo de Descripción de Sesión)

SDH Synchronous Digital Hierarchy. Jerarquía digital síncrona. Técnica de multiplexación de datos para sistemas de transmisión en los que se sincronizan transmisor y receptor. Permite gran flexibilidad en cuanto a las velocidades de los canales que se unen para formar una trama.

SIP Session Initiation Protocol (Protocolo de Inicio de Sesión)

SLA Service Level Agreement (Acuerdo de Nivel de Servicio)

SONET Red óptica sincronía

SONET/SDH

SPF Shortest Path First

SS7 Signalling System Number 7 (Sistemas de Señales número 7)

STMR Side Tone Masking Rating (Índice de Enmascaramiento para el Efecto Local)

RTT Round-Trip Time.(Tiempo de Viaje Redondo)

TCP Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)

TC-F: Convergencia de Transmisión de la trayectoria Rápida.

TC-I: Convergencia de Transmisión de la trayectoria de Entrelazado

TIC Tecnologías de Información y las Comunicaciones

TDM Time Division Multiplexing (Multiplexado por División de Tiempo)

TDMA Time Division Multiple Access (Acceso al multiplexador por división de tiempo)

TE Equipo Terminal

UBR Undefined Bit Rate

UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones. Siglas en castellano de la ITU. Organización internacional perteneciente a Naciones Unidas donde los gobiernos y el sector privado coordinan todos los aspectos relacionados con las telecomunicaciones. Consta de tres sectores principales, el UIT-R, el UIT-T y el UIT-D.

UDP User Datagram Protocol (Protocolo de Datagramas de Usuario)

UMTS. Universal Mobile Telecommunications System. Sistema de telecomunicaciones móviles universales. Término utilizado en el marco europeo para las comunicaciones móviles de tercera generación.

VBR Variable Bit Rate

VDSL Very high bit rate Digital Subscriber Line. Tecnología de transmisión que permite alcanzar las mayores velocidades sobre hilos de cobre convencionales (hasta 52 Mbit/s) con el inconveniente de reducir el alcance operativo

VLAN Virtual Local Area Network (Red de Área Local Virtual)

VPN Virtual Private Network (Red Privada Virtual)

WDMA Multiplexado por división de acceso a frecuencia.

xDSL Cualquiera de las tecnologías de Líneas de Suscripción Digital (por ejemplo, ADSL)

TERMINOS

Always-on (siempre en línea)

Bluetooth. Tecnología de comunicaciones personales de corto alcance. Varios organismos actúan en su promoción, entre ellos el Bluetooth SIG y el grupo IEEE 802.15.1.

Broadband. Banda Ancha

Broadcast. Es un tipo de comunicación punto a multipunto que permite el envío o difusión de información a todos los receptores. La diferencia frente al multicast es que este último permite el envío a un determinado grupo de receptores, pero no necesariamente a todos.

Circuit Switching (conmutación de circuitos). Técnica de comunicación en la que se establece un canal (o circuito dedicado) durante toda la duración de la comunicación. La red de conmutación de circuitos más ubicua es la red telefónica, que asigna recursos de comunicaciones (sean segmentos de cable, «ranuras» de tiempo o frecuencias) dedicados para cada llamada telefónica.

Codec (codec). Algoritmo software usado para comprimir/ descomprimir señales de voz o audio. Se caracterizan por varios parámetros como la cantidad de bits, el tamaño de la trama (frame), los retardos de proceso, etc. Algunos ejemplos de codecs típicos son G.711, G.723.1, G.729 o G.726.

Extranet (extranet). Red que permite a una empresa compartir información contenida en su Intranet con otras empresas y con sus clientes. Las extranets transmiten información a través de Internet y por ello incorporan mecanismos de seguridad para proteger los datos.

Frame Relay. Access Device. Dispositivo de acceso a frame relay

Intranet (intranet). Red propia de una organización, diseñada y desarrollada siguiendo los protocolos propios de Internet, en particular el protocolo TCP/IP. Puede tratarse de una red aislada, es decir no conectada a Internet.

Jitter (variación de retardo). Es un término que se refiere al nivel de variación de retardo que introduce una red. Una red con variación 0 tarda exactamente lo mismo en transferir cada paquete de información, mientras que una red con variación de retardo alta tarda mucho más tiempo en entregar algunos paquetes que en entregar otros. La variación de retardo es importante cuando se envía audio o video, que deben llegar a intervalos regulares si se quieren evitar desajustes o sonidos ininteligibles.

MEDIO FISICO .Conexión directa realizada por par de cobre desde la central telefónica hasta el aparato terminal.

NNI. Es un protocolo no orientado a la conexión que permite la propagación de llamadas por múltiples caminos alternativos.

Online (en línea) esto significa que se esta teniendo una comunicación y se esta conectado.

Packet switching (conmutación de paquetes). Técnica de conmutación en la cual los mensajes se dividen en paquetes antes de su envío. A continuación, cada paquete se transmite de forma individual y puede incluso seguir rutas diferentes hasta su destino. Una vez que los paquetes llegan a éste se agrupan para reconstruir el mensaje original.

Router (encaminador, enrutador). Dispositivo que distribuye tráfico entre redes. La decisión sobre a donde enviar los datos se realiza en base a información de nivel de red y tablas de direccionamiento. Es el nodo básico de una red IP.

Splitter. Divisor

Tandem PBX Técnica recibe el nombre de conmutación de voz sobre ATM.

TELECOMUNICACIONES.1) Toda transmisión y/o emisión y recepción de señales que representan signos, escritura, imágenes y sonidos o información de cualquier naturaleza por hilo radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos./2) Son todos aquellos sistemas eléctricos que permiten que las personas entre si, o con máquinas, intercambien a distancia mensajes audibles, escritos o visuales como ocurre por ejemplo en los servicios de: Telefonía, Telegrafía, Telex, Facsímil, Teleproceso, Transmisión de datos, Televisión y otros.

TELECONFERENCIA. Conferencia entre más de dos participantes situados en dos o más lugares diferentes y que utilizan facilidades de telecomunicación.

TELEFONÍA. 1) Servicio telefónico vocal básico en tiempo real. /2) Es una de las ramas de aplicación de la electricidad, que estudia los procedimientos necesarios para establecer un camino de conversación entre dos abonados.

TRANSMULTIPLEXOR. Equipo que transforma las señales multiplexadas por división de frecuencia (grupo primario o secundario) en señales multiplexadas por división en el tiempo de igual estructura que las procedentes de un equipo múltiplex MIC. El equipo realiza también la función inversa.