



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**MIGRACIÓN A LAS REDES DE PRÓXIMA
GENERACIÓN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

P R E S E N T A:

**ANA LAURA ACA LINARES.
LORENA GALLARDO BOLAÑOS.**

ASESOR: ING. JESÚS REYES GARCÍA





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Dios

Por acompañarme siempre en todo momento de mi vida. Y poner en mi camino siempre a las personas indicadas para mostrarme la vida en sus diferentes formas.

A mis Padres

Quienes han sido mi principal motivación a lo largo del camino, quienes me apoyaron incondicionalmente, me alentaron a seguir adelante y con su ayuda he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de la vida.

Con cariño, respeto y admiración esto es un logro dedicado a ustedes.

A mis hermanos

Norma, Adriana Alejandra, José Roberto son un gran ejemplo para mí, gracias por estar conmigo y por nunca permitir que me alejara de esta meta.

A Ana Laura

Por ser una gran amiga, y que después de un tiempo por fin hemos terminado este proyecto que para ambas significa mucho.

A mis amigos de Universidad.

A todos y cada uno de ellos que me han dado su amistad incondicional y con quienes he vivido momentos inolvidables e irrepetibles, con quienes compartí mañanas, tardes y noches de estudio. Especialmente a Ania, Rocío, Marlene, Ulises, Paty, Andrés, Carlitos, Jose Luis, Yoel y Bernardo.

A mis Amigos del Trabajo

Que colaboraron de una manera u otra para que terminara este proyecto. Gracias por los ánimos, las enseñanzas, los regaños, y no puedo dejar de agradecerles en especial a Piñon, Marco, Anuar, Laura, Ara, Memo, Mike.

A mi Director de Tesis

Ing. Jesús Reyes García.

Por su ayuda, consejos, paciencia, y sobre todo el valioso tiempo para la realización de este trabajo.

A mis profesores

Que han sido parte importante en este proyecto sin ellos difícilmente estaría donde estoy ahora, con sus enseñanzas, tareas, exámenes, proyectos, me dieron el impulso para terminar esta y cada una de las metas que aun me faltan por cumplir.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería por el soporte institucional, enseñanzas crecimiento profesional y personal.

También

Agradezco a Cada una de las personas que de manera directa o indirecta colaboraron con este sueño.

Muchas Gracias a Todos.

Lorena Gallardo Bolaños.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haber guiado mis pasos y permitirme llegar hasta este momento, por ser mi fortaleza y refugio, y por haberme dado una nueva oportunidad...aquí estoy.

Agradezco a mis padres por darme la vida, por los principios y valores que han inculcado en mí, a ustedes que han trabajado tan duro y me han dado cuánto pudiera desear sin importar lo cansados o enfermos que estuvieran, siempre han estado ahí para ayudarme y darme todo su apoyo y cariño dejando que me preocupara por mis deberes mientras ustedes se ocupaban del resto. Ambos han sido para mí ejemplo de lucha, gracias por demostrarme que no importan los problemas que nos presente la vida siempre y cuando tengamos la fortaleza en Dios y estemos seguros de lo que queremos lograr. Papis ¿cómo podré pagarles todo lo que me han dado? Gracias!! Por haber infundado en mí el amor por el conocimiento y por darme la ocasión e instrumentos para perseguirlo, brindándome la oportunidad única de tener mi carrera profesional. Este triunfo no es sólo mío sino de los tres, pues cada esfuerzo realizado, cada tarea, trabajo, proyecto y examen aprobado siempre estuvo respaldado por palabras de aliento, por desayunos, comidas y cenas preparados con cariño, cuidados y atenciones... de amor paternal.

A mi padre José Artemio porque nunca dejó de levantarme por las mañanas aunque yo no quisiera y a mi madre Guadalupe porque cuando en las noches me veía haciendo tarea me decía "Ya duérmete" aunque no siempre le hacía caso. A ambos por sus bendiciones, cariño y amor infinito.

Agradezco a mis hermanas: Nancy, Paola y Lupita que siempre nos acompaña desde el cielo. Todavía tenemos mucho que aprender y espero lo hagamos juntas.

Nancy, eres el torbellino de la casa y aún siendo más chica que yo siempre has demostrado tu gran madurez y esa grandeza de persona que te hace tan especial y querida por todos; siempre has estado ahí cuando he caído, hemos llorado y reído juntas ¿recuerdas cuando me defendías en nuestros años de primaria? eres una gran hermana: muchas, muchas gracias !!!

Paola, la chiquita de la casa, gracias por estudiar conmigo química cuando aún ibas en kinder, por desvelarte conmigo estudiando cálculo y matemáticas, todo eso me ayudó y dio ánimo por las noches. Ahora es tu turno, demuéstranos que también se puede !!!

Agradezco a mi tía Porfis, mi confidente y amiga, gracias tía por escucharme, siempre has estado ahí cuando te necesito. Eres la consentida. Este triunfo también lleva una parte de ti.

A mis tíos: Rodrigo y Patricio que siempre que llegaban y me veían estudiando me preguntaban que si "¿ya mero?". Tío Rodris gracias por los consejos, por tu apoyo cuando me sentía sin salida; quiero que sepas que también has sido parte de este logro. Gracias tíos por apoyarme en momentos difíciles, su aliento fue importante para lograr esta meta.

A mis abuelitos Margarito y Evaristo, por sus bendiciones y "domingos", quiero que sepan que siempre quise compartir este gusto con ustedes y sé que lo están disfrutando. Gracias!

A mis abuelitas Elena y Juanita. Abuelita Elena gracias por todas sus oraciones pues a ellas debo muchos de mis éxitos. Abuelita Juanita gracias por estar siempre conmigo, su presencia y cariño así como sus comidas riquísimas hicieron menos difíciles las noches en que me desvelaba y me moría de hambre pues siempre había con que calmarla.

A Lorena por darme la oportunidad de culminar esta etapa tan importante trabajando al lado suyo. Gracias Lore, sufrimos un poco pero sí se pudo.

A Marlene, Rocío y Cynthia por ser mis confidentes, gracias por sus consejos en días soleados y nublados; gracias por esas horas al teléfono para escuchar una duda que surgía a media noche para la serie o examen del día siguiente. A Yessica, Mónica y Jorge por brindarme su amistad y confianza cuando éramos prebes y nadie nos quería y por saber que siempre estarán ahí cuando las necesite. Jaime gracias por tus consejos.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros de la Facultad de Ingeniería, que sin darnos cuenta vivimos 5 años compartiendo tantas experiencias: tareas, trabajos, series, departamentales, laboratorios, prácticas, seminarios y exámenes; sufrimos juntos y reímos juntos. A todos los que al pasar por mi vida han dejado alegrías y amistad sincera. Queríamos acabar la carrera y así fue: acabamos y también crecimos, gracias por esos años!!

Al Ing. Jesús Reyes García por ser nuestra guía en la realización de esta tesis, gracias por su paciencia y consejos para hacer un mejor trabajo.

Agradezco a mis profesores por transmitir sus conocimientos y enriquecer los míos ayudando a formarme un criterio propio, capaz de analizar y buscar respuestas y no conformarme con lo que se tiene a simple vista. A mis profesores de la carrera: gracias por forjar en mí el espíritu de nuestra Universidad.

A la Facultad de Ingeniería por brindarme la oportunidad de tener a mi alcance todas las herramientas para hacer de mí una excelente profesionalista con educación de primer nivel. Vino, mujeres...!!

Y a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater, por haberme dado la oportunidad de compartir en estos años sus instalaciones y fuente de conocimientos; además del orgullo de ser universitario con sangre azul y corazón dorado. Gracias. Goya, México, Pumas, Universidad!

Ana Laura Aca Linares.

Índice

MIGRACIÓN A LAS REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN

	PAG.
1. REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Introducción	3
1.2.1 Capa de conectividad primaria	6
1.2.2 Capa de acceso	6
1.2.3 Capa de servicio	6
1.2.4 Capa de gestión	7
2. REDES Y TECNOLOGÍAS ACTUALES Y EMERGENTES	
2.1 Conmutación	8
2.1.1 Conmutación por Circuitos	9
2.1.2 Conmutación de Mensaje	10
2.1.3 Conmutación de Paquetes	11
2.1.4 Comparación de las Técnicas de Conmutación de Circuitos y Conmutación de Paquetes	13
2.1.5 Impedimentos y Soluciones de la Conmutación	14
2.1.6 Tecnologías que utilizan conmutación por paquetes	16
2.2 La Red Telefónica Pública y La Red Digital De Servicios Integrados (ISDN)	17

2.2.1	Redes Telefónicas	17
2.2.2	Red Digital de Servicios Integrados (ISDN)	21
2.3	Las Redes de Datos	28
2.3.1	Introducción	28
2.3.2	Las primeras Redes	28
2.3.3	Objetivos de las redes	29
2.3.4	Aplicación de las redes	30
2.3.5	Modelo de referencia OSI	30
2.3.6	Elementos de interconexión	33
2.3.7	Tipos de Servicios	35
2.3.8	Tecnologías de transmisión	36
2.3.9	Topologías de Red	36
2.3.10	Medios de transmisión	37
2.4	Multiplexación PDH y SDH	39
2.4.1	PDH: La Jerarquía Digital Plesiócrona	39
2.4.2	SDH: La jerarquía Digital Sincronía	42
2.4.3	Comparación entre las jerarquías digitales	44
2.4.4	Estrategias de migración PDH a SDH	45
2.5	Tecnologías de Transporte	46
2.5.1	X.25	46
2.5.2	Frame Relay	50
2.5.3	IP	53
2.5.4	ATM (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>)	57
2.5.5	MPLS (<i>Multiprotocol Label Switching</i>)	62
2.6	Redes y tecnologías Ópticas	66
2.6.1	Aplicación de las redes	67
2.6.2	Estructura de una red	67
2.6.3	Redes Ópticas Pasivas (<i>PON's</i>)	68
2.7	Tecnologías de Acceso Alámbricas, Inalámbricas, Ópticas e Híbridas	71
2.7.1	Bucle digital de abonado (xDSL)	71
2.7.2	Redes híbridas de fibra y cable (HFC)	74
2.7.3	Cable MODEM	75
2.7.4	Fibra óptica (FTTx)	77
2.7.5	Comunicaciones por línea eléctrica (PLC)	80
2.7.6	Ethernet en la primera milla (EFM)	83
2.7.7	Telefonía Móvil Celular	84
2.7.8	WLAN's	99
2.7.9	ETSI HiperLAN2	102
2.7.10	Redes inalámbricas tipo PAN	104
2.7.11	Bucle inalámbrico	107
2.7.12	Wireless Local Loop	108

2.7.13 LMDS (<i>Local Multipoint Distribution System</i>)	109
2.7.14 MVDS (<i>Multipoint Video Distribution System</i>)	110
2.7.15 MMDS (<i>Microwave Multipoint Distribution System</i>)	110
2.7.16 WiMAX	111
2.7.17 Comunicaciones Móviles de Tercera Generación	113
2.7.18 Televisión digital terrestre (TDT)	115
2.7.19 Redes de acceso por satélite	117
2.7.20 HAP's (<i>High-Altitude Platform Stations</i>)	119

3. MIGRACIÓN HACIA UNA RED DE PRÓXIMA GENERACIÓN (NGN)

3.1 Evolución de Redes Actuales	125
3.2 Situación Actual de las Redes	127
3.2.1 Redes jerárquicas	127
3.2.2 La Red Telefónica Pública Conmutada	128
3.2.3 La Red Inalámbrica	129
3.2.4 La Red Internet	129
3.3 La Realidad de NGN Actual	130
3.3.1 La visión original y la realidad actual de las Redes Públicas de Nueva Generación (NGN)	130
3.3.2 El Fenómeno Internet	130
3.3.3 La visión de NGN original	131
3.4 El Proceso de Evolución	132
3.4.1 Características y elementos indispensables	132
3.4.2 Calidad de servicio	133
3.4.3 El estándar MPLS	133
3.4.4 Multicast	134
3.4.5 Fiabilidad y disponibilidad	134
3.4.6 El protocolo IPv6	134
3.5 Propuesta de Evolución	135
3.5.1 Primera etapa: Dotación de capacidad en el núcleo de la red	135
3.5.2 Dotación de calidad al núcleo de red	136
3.5.3 Despliegue de servicios	137
3.5.4 Mejora del acceso	137

3.6	Situación Final: Redes de Nueva Generación	138
3.6.1	Migración de redes de voz y datos y comunicaciones <i>wireless</i>	138
3.6.2	Voz sobre IP (VoIP)	138
3.6.3	Tecnología <i>Softswitch</i>	139
3.7	Evolución del Modelo de Red Tradicional (PSTN) hacia el nuevo concepto de NGN	143
3.7.1	Evolución hacia NGN	143
3.7.2	Servicios avanzados	145
3.7.3	Etapas de línea y de grupo en la arquitectura <i>softswitch</i>	145
3.7.4	Arquitectura Funcional de una red con <i>softswitch</i> sus elementos y sus relaciones	146
3.7.5	Tipos de arquitecturas de <i>Softswitch</i>	148
3.7.6	Ejemplos de integración de un <i>Softswitch</i>	149
3.7.7	<i>Softswitch</i> para el control del tráfico de Internet	150

4. REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN. ARQUITECTURA, PRINCIPIOS GENÉRICOS Y NORMALIZACIÓN

4.1	Realización de la Red de Nueva Generación	151
4.1.1	Requerimientos para una Red de Nueva Generación	152
4.1.2	Acciones y Normas	153
4.1.3	El impacto de NGN	153
4.2	Primera Publicación del Grupo Principal de NGN en la UIT-TLA UIT-T. Ambiente Objetivo, Servicios y Capacidades	154
4.2.1	Primera Publicación NGN	154
4.2.2	Ambiente Objetivo	155
4.2.3	Servicios	156
4.2.4	Capacidades para las NGN. Primera Publicación	158
4.3	Arquitectura Funcional NGN. Principios Genéricos, Arquitectura Funcional e Implementación	160
4.3.1	ITU-T Recomendación Y.2001(1)	161
4.3.2	Subsistema Multimedia IP para NGN (IMS)	164
4.4	Normalización	167
4.4.1	Introducción a normalización NGN	168
4.4.2	Condiciones para la definición de normas	168
4.4.3	Normas de señalización	169
4.4.4	Normas de acceso	174
4.4.5	Normas de gestión	177

4.4.6	Normas de creación de servicios	177
4.4.7	Normas de seguridad	178
4.4.8	Normas de desempeño y calidad del servicio (QoS)	181
4.4.9	Normas en evolución	186

5. CONCLUSIONES

5.1	Evolución tecnológica	190
5.2	El reto de un mercado cada vez más demandante	191
5.3	El desafío: VoIP	192
	5.3.1 El Softswitch	193
5.4	La migración a NGN	194
	5.4.1 Redes IP VPN	194
	5.4.2 Administración de redes IP VPN	195

BIBLIOGRAFÍA	196
---------------------	-----

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	198
---------------------------------	-----

1 Redes de Próxima Generación. Introducción

1.1 Antecedentes

Las telecomunicaciones están experimentando uno de los procesos más intensos y decisivos que hasta ahora se conocen. Después de los cambios en la regulación, que se iniciaron en todo el mundo desde mediados de los ochenta, las telecomunicaciones alcanzaron un momento de crisis en el año 2000. La cual se debió, en gran medida, a los modelos regulatorios que dieron más importancia al mercado, la apertura, las tarifas y no al servicio universal o a la calidad del servicio.

Entre el 2000 y el 2003, esta crisis de las telecomunicaciones se caracterizó porque durante estos años, en todas las empresas del sector: hubo escaso o nulo crecimiento, en comparación con el experimentado en los noventa además del descenso de las inversiones. Se dieron grandes quiebras y fraudes corporativos (*MCIWorldCom, Global Crossing, etc.*) que afectaron el valor y las ganancias de prácticamente todas ellas.

A partir del 2004, un nuevo factor de crisis comenzó a emerger para las grandes empresas de telecomunicaciones, en particular para aquellas que han venido operando principalmente como operadoras telefónicas o POTS (*Plain Operator Telephone Service*). Este factor de crisis es la evolución tecnológica que está en marcha. Esta evolución cambiará definitivamente el destino y la estructura del sector de las telecomunicaciones en todo el mundo y, en consecuencia, cambiará el rumbo y la estructura de todas las empresas del ramo. A esta evolución se le conoce genéricamente como la de las Redes de Próxima Generación (RPG) o *Next Generation Network (NGN)*.

El principal motor de negocio para las NGN es el crecimiento exponencial de la demanda de tráfico y servicios de datos como resultado del masivo crecimiento de Internet.

Las redes públicas que existen actualmente fueron ante todo construidas para manejar tráfico de voz, de forma que parece inevitable un cambio hacia redes de conmutación de paquetes centradas en datos, ya que éstos superan a la voz como principal generador de ingresos. Tras la inmensa popularidad de Internet, era inevitable que la nueva red se basara en el protocolo IP (Protocolo Internet). Sin embargo, la voz continuará siendo un servicio importante, de forma que con este cambio aparece la necesidad de transportar voz de alta calidad sobre IP, con todas las implicaciones que esto tiene para la fiabilidad y para la calidad del servicio.

Empresas y servicios de telecomunicaciones que antes operaban de manera separada, (por ejemplo: empresas y servicios de voz, empresas y servicios de TV., empresas y servicios de datos, etc.) podrán ya, en términos tecnológicos, unificarse y las empresas podrán proporcionar todos estos servicios a la vez usando sus propias redes IP. La tendencia general apunta a un escenario de integración de los servicios a las redes como se muestra en la Figura 1.1

Como veremos más adelante VoIP (voz sobre IP) es la tecnología en la cual las llamadas telefónicas pueden hacerse usando Internet, es la evolución tecnológica que está sucediendo aceleradamente en las telecomunicaciones. Las redes VoIP sustituyen a los operadores telefónicos tradicionales y no sólo abaratan los servicios de voz tradicionales, sino que proporcionan una gama mucho más amplia de servicios: ofrecen la oportunidad de integrar la voz al conjunto de aplicaciones de protocolo de Internet.

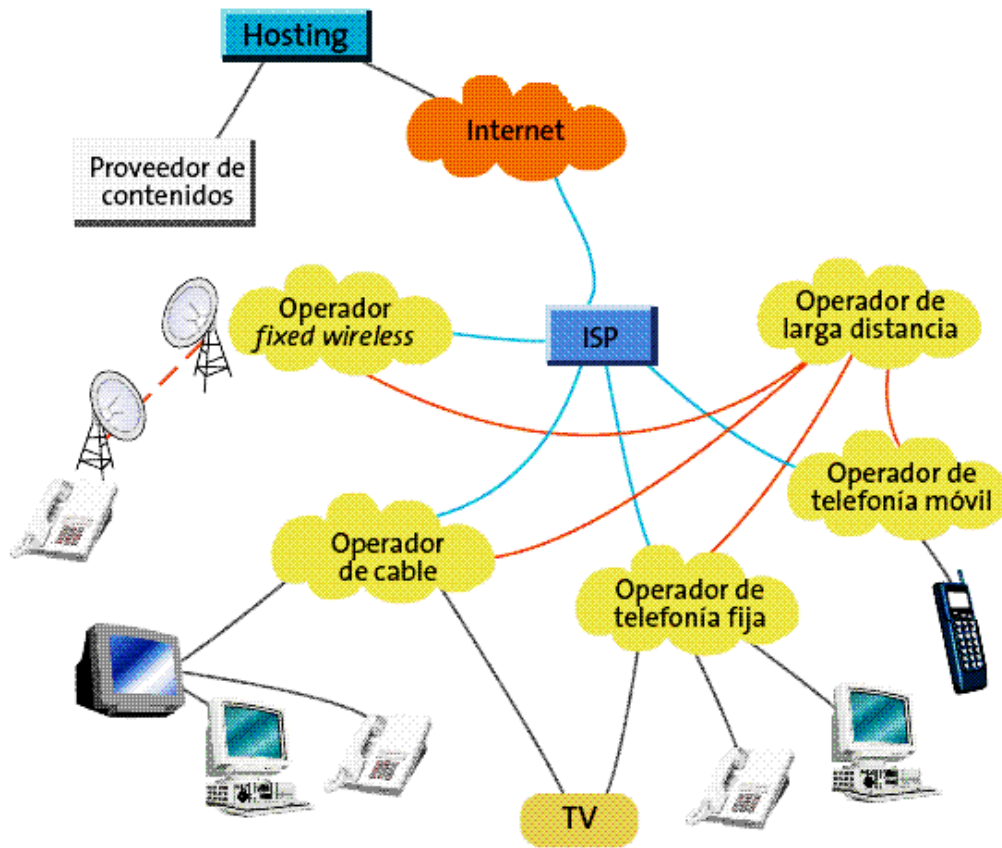


Figura 1.1 La convergencia de servicios en Redes de Próxima Generación

VoIP puede ser vista tan sólo como el inicio de una primera etapa de las Redes de Próxima Generación. El valor de la RTPC (Red de Telefonía Pública Conmutada) existente puede quedar reducido a cero, a menos que esta red evolucione rápida, eficiente y competitivamente para convertirse en una NGN. Este es uno de los desafíos más importantes que enfrentan las empresas telefónicas tradicionales, cuya red, desde el punto de vista de los clientes, se convertirá en una de varias para acceder a los nuevos servicios.

La oportunidad que la mayoría de los inversionistas en VoIP han estado esperando, se da cuando la transmisión VoIP consigue reemplazar a las centrales de conmutación de voz que conectan directo a los clientes.

A continuación hablaremos de las Redes de Próxima Generación, mencionando algunos principios básicos, considerando tecnologías existentes y emergentes, y haciendo una breve referencia a las redes que coexisten en el escenario actual para comprender la necesidad de evolución de las redes que demandan los usuarios para finalmente plasmar los avances que se tienen en Redes de Próxima Generación desde la migración, arquitecturas, generalidades y esfuerzos de regulación.

1.2 Introducción

Las Redes de Próxima Generación son redes convergentes multiservicios de voz/datos que funcionan en un mercado con una multiplicidad de proveedores, también son la respuesta tan esperada por aquellos operadores que buscan reducir en forma notable los costos de desarrollo de nuevos servicios, acelerar el tiempo de su comercialización, y disminuir los costos operativos (OpEx) además de también ser la respuesta para los vendedores de soluciones de telecomunicaciones centradas en IP.

La diferencia esencial entre las NGN y las redes de hoy en día, es el paso de las presentes redes "conmutadas en circuitos" a sistemas "basados en paquetes", tales como los que utilizan el protocolo Internet (IP). Se espera que las NGN proporcionen a los usuarios de líneas fijas y móviles una comunicación sin interfases y que ofrezcan a los usuarios y a diferentes proveedores de servicio, en un entorno multiservicios, multiprotocolos y multivendedores. Así pues, es absolutamente necesario contar con normas mundiales sobre las NGN, ya que se espera que la mayoría de los operadores pasen a una infraestructura IP.

Un principio de las NGN que destaca por encima de los demás es la flexibilidad ya que proporciona a los usuarios empresariales, servicios fijos y móviles que mejoran la forma en la que trabajan, y a los usuarios residenciales una serie completa de servicios. Sin embargo, el marco de trabajo de las NGN no es sólo el de facilitar la convergencia de voz y de datos, sino también la convergencia del transporte óptico y de la tecnología de paquetes, así como de las redes fijas y móviles. Consideramos que las NGN estarán impulsadas por los servicios, proporcionando todos los medios necesarios para ofrecer nuevos servicios y personalizar los ya existentes con el fin de generar ingresos en el futuro.

La tecnología óptica ha demostrado ser, con mucha diferencia, el medio de transporte más fiable y barato para transportar a largas distancias y, por consiguiente, ha sido la tecnología de transporte dominante en las redes centrales. Avances recientes, como la DWDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa), están incrementando enormemente los beneficios económicos del transporte sobre fibra óptica.

Ahora que el protocolo IP está destinado a convertirse en el protocolo que cubra todo en las redes centrales NGN, es importante que estas redes ópticas sean optimizadas para manejar tráfico IP. Una solución que está siendo perseguida activamente es la convergencia en las redes centrales de las capas óptica y de datos. Esto tiene una serie de ventajas, incluyendo un rápido aprovisionamiento de servicios y una protección de máxima eficacia como resultado del equipamiento de la red óptica con un conmutador por etiquetas de protocolo múltiple generalizado (GMPLS) y una interfaz óptica usuario-red.

Otro importante impulsor de las NGN es la disponibilidad de soluciones de gestión adecuadas. Puesto que las NGN se basarán en interfases abiertas, con todo lo que esto implica en términos de riesgos sobre la seguridad. Y juntarán en una sola red muchos tipos diferentes de servicios, la gestión de red tendrá que trabajar en un entorno mutiservicio y multisuministrador.

En consecuencia, será de vital importancia una mayor seguridad de la información para protegerse de las numerosas amenazas contra los datos cada vez más valiosos que estarán fluyendo constantemente a velocidades de Terabit/s por las futuras redes. Ya existen tecnologías para protegerse contra la mayoría de las amenazas. Las áreas principales de investigación son la confidencialidad, la integridad y la autenticación. Las herramientas criptográficas y de seguridad disponibles para garantizar que se satisfacen estas necesidades incluyen el cifrado, los resúmenes de mensajes y las firmas digitales, respectivamente. Además, es importante la calidad de las llamadas transportadas por la red de acceso.

Las NGN requieren una arquitectura que permita la integración sin solución de continuidad con servicios de telecomunicaciones tanto nuevos como tradicionales en redes de paquetes de alta velocidad, interactuando con clientes que poseen capacidades heterogéneas. Dicha arquitectura generalmente está estructurada alrededor de cuatro capas principales de tecnología. La capa núcleo de conectividad incluye el enrutamiento y la conmutación, pasarelas de red y acceso. La capa de acceso y el equipo local del cliente (*CPE-Customer-Premises Equipment*) incluye las diversas tecnologías usadas para llegar a los clientes. La capa de servidor de aplicaciones contiene servicios mejorados y aplicaciones de valor agregado. La capa de gestión proporciona funciones de dirección empresarial, de los servicios y de la red. Cada una de estas capas se basa en una serie de normas que son esenciales para la introducción con buen éxito de una NGN.

Las NGN deberán poder trabajar con servicios sumamente adaptables, que puedan crearse fácil y rápidamente, así como establecerse económicamente en toda la red. Si bien es importante habilitar nuevos servicios, también es importante preservar los servicios existentes provenientes de las redes anteriores. En la Figura 1.2 se muestra una arquitectura de NGN acorde en general con la visión de la mayoría de las empresas explotadoras. La arquitectura puede descomponerse en varias capas: conectividad de núcleo, acceso y equipo del local del cliente (*Access and Customer Premise Equipment = CPE*), y gestión.

La figura 1.2 muestra los siguientes elementos:

Services: Servicios

Voice Services: Servicios de voz

Multimedia Services: Servicios de multimedia

Data Services: Servicios de datos

Management: Gestión

MG: Media Gateway (pasarela de medios)

End-to-End Network Management: Gestión de red de extremo a extremo

ATM/IP Core: Núcleo ATM/IP

Other Carriers: Otras empresas de comunicaciones

TDM Equipment: Equipo TDM

New Access: Nuevo acceso

Access: Acceso

Premise: Local (del cliente)

Customer Premise Portfolio: Cartera del local del cliente

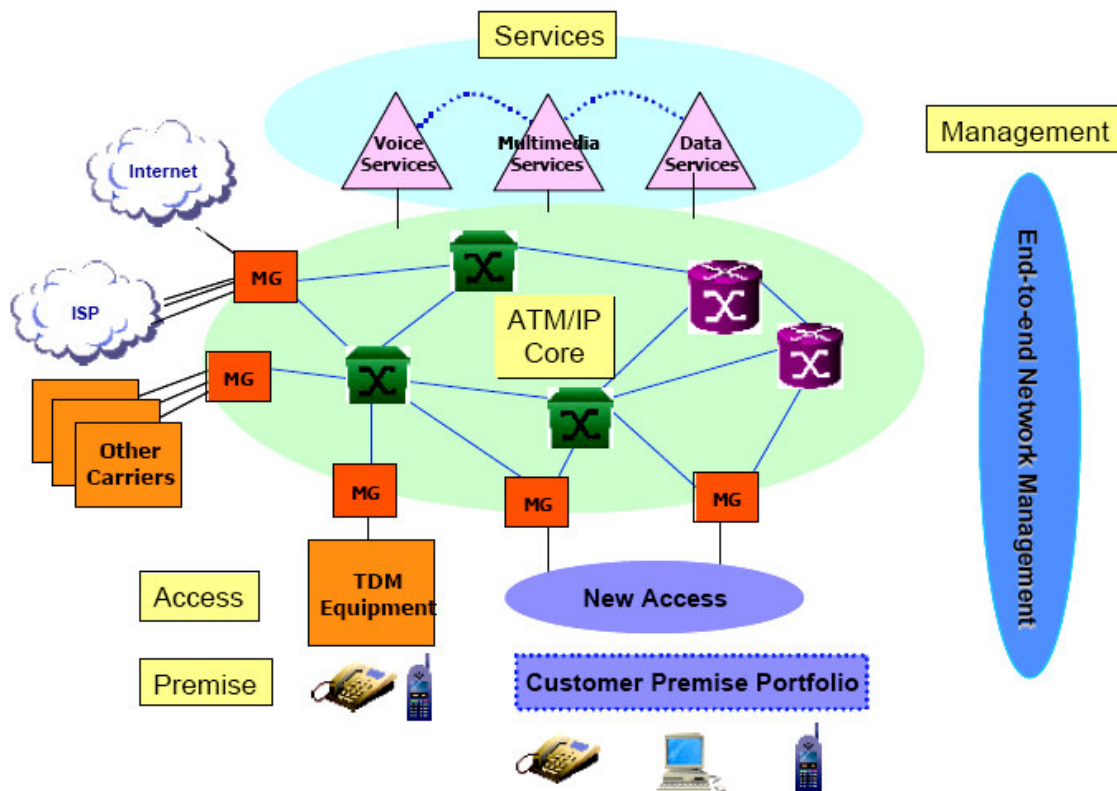


Figura 1.2 Arquitectura de red de próxima generación

1.2.1 Capa de conectividad primaria

La capa de conectividad de núcleo proporciona el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de ésta al otro. Está basada en la tecnología de paquetes, ya sea ATM o IP, y ofrece un máximo de flexibilidad. La tecnología que se elija dependerá de las consideraciones comerciales, pero la transparencia y la calidad del servicio (QoS) deben garantizarse en cualquier caso, ya que el tráfico de los clientes no debe ser afectado por perturbaciones de la calidad, tales como las demoras, las fluctuaciones y los ecos.

Al borde de la ruta principal de paquetes están las pasarelas: su función principal es adaptar el tráfico del cliente y de control a la tecnología de la NGN. Las pasarelas se interconectan con otras redes, en cuyo caso son llamadas pasarelas de red, o directamente con los equipos de usuarios finales, en cuyo caso se las denomina pasarelas de acceso. Las pasarelas interfuncionan con los componentes de la capa de servicio, usando protocolos abiertos para suministrar servicios existentes y nuevos.

1.2.2 Capa de acceso

La capa de acceso incluye las diversas tecnologías usadas para llegar a los clientes. En el pasado, el acceso estaba generalmente limitado a líneas de cobre o al DS1/E1. Ahora vemos una proliferación de tecnologías que han surgido para resolver la necesidad de un ancho de banda más alto, y para brindar a las empresas competidoras de comunicaciones un medio para llegar directamente a los clientes. Los sistemas de cable, xDSL e inalámbricos se cuentan entre las soluciones más prometedoras que están creciendo e introduciendo innovaciones rápidamente.

El equipo local del cliente, ya sea de su propiedad o arrendado, proporciona la adaptación entre la red de la empresa explotadora y la red o equipo del cliente. Puede tratarse de un simple teléfono, pero podemos apreciar una migración progresiva hacia dispositivos inteligentes que pueden trabajar con servicios tanto de voz como de datos.

1.2.3 Capa de servicio

Esta capa consiste en el equipo que proporciona los servicios y aplicaciones disponibles a la red. Los servicios se ofrecerán a toda la red, sin importar la ubicación del usuario. Dichos servicios serán tan independientes como sea posible de la tecnología de acceso que se use. El carácter distribuido de la NGN hará posible consolidar gran parte del equipo que suministra servicios en puntos situados centralmente, en los que pueda lograrse una mayor eficiencia. Además, hace posible distribuir los servicios en los equipos de los usuarios finales, en vez de distribuirlos en la red. Los tipos de servicio que se ofrecerán abarcarán todos los de voz existentes, y también una gama de servicios de datos y otros servicios nuevos de medios múltiples.

1.2.4 Capa de gestión

Esta capa, esencial para minimizar los costos de explotar una NGN, proporciona las funciones de dirección empresarial, de los servicios y de la red. Permite la provisión, supervisión, recuperación y análisis del desempeño de extremo a extremo necesarios para dirigir la red.

2 Redes y Tecnologías Actuales y Emergentes

2.1 Conmutación

Se lleva a cabo cuando un elemento de red busca una trayectoria para comunicar dos puntos buscando siempre el uso eficiente de dichas trayectorias. Una vez que se ha encontrado la trayectoria, esta se mantiene hasta que el proceso de comunicación es terminado por la fuente o el destino.

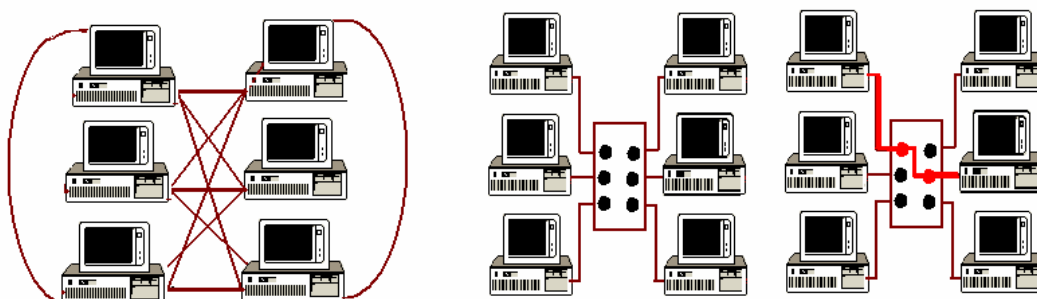


Figura 2.1 Red con conexiones en todas las trayectorias posibles vs Red que emplea alguna técnica de conmutación.

Surgieron las siguientes técnicas de conmutación:

1. Conmutación por circuitos
2. Conmutación por mensajes
3. Conmutación por paquetes

2.1.1 Conmutación por Circuitos

Se lleva a cabo cuando el sistema de conmutación reserva una trayectoria dedicada para comunicar dos puntos de la red. Un ejemplo de este tipo de conmutación es la red telefónica pública. En esta, cuando se hace una llamada telefónica, se asigna un circuito al usuario durante toda la duración de la llamada con el cual la información se transfiere en tiempo real. Cuando se termina la llamada, los circuitos e interruptores se vuelven disponibles para otros usuarios.

La desventaja de este esquema es que es susceptible al bloqueo (saturación) si no hay circuitos disponibles.

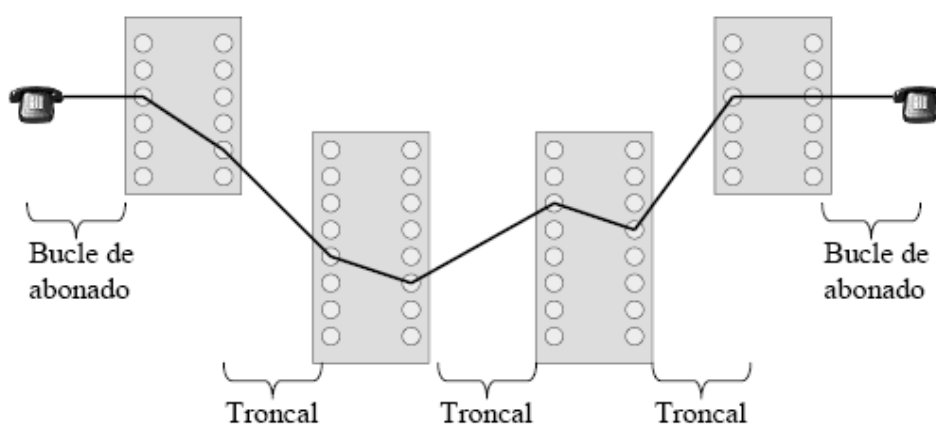


Figura 2.2 Conmutación por Circuitos - Telefonía

La red pública de telefonía utiliza conmutación de circuitos. Su arquitectura es la siguiente:

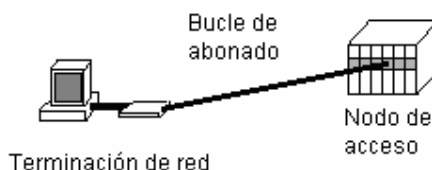


Figura 2.3 Bucle de Abonado de una Red Pública de Telefonía

- Abonados: son las estaciones de la red.
- Bucle local: es la conexión del abonado a la red. Esta conexión, como es de corta distancia, se suele hacer con un par trenzado.
- Centrales: son aquellos nodos a los que se conectan los abonados (centrales finales) o nodos intermedios entre nodo y nodo (centrales intermedias).
- Líneas principales: son las líneas que conectan nodo a nodo. Estas líneas principales transportan varios circuitos de voz haciendo uso de FDM o de TDM síncrona.

La conmutación de circuitos, a pesar de sus deficiencias es el sistema más utilizado para conectar sistemas informáticos entre sí a largas distancias debido a la interconexión que existe y a que una vez establecido el circuito, la red se comporta como si fuera una conexión directa entre las dos estaciones.

En las redes de telecomunicaciones surgió un problema: existían programas que deseaban conectarse y ejecutar acciones de una computadora al mismo tiempo. Con la técnica de conmutación de circuitos, esto no era posible o no era óptimo. Además, el flujo de la información no es de tipo continuo, es discreto; por ejemplo, una persona puede llegar a escribir hasta 2 caracteres por segundo, y esto para una red de telecomunicaciones es muy lento, considerando que normalmente se transmiten hasta 1,600 caracteres por segundo. Esto comenzó a causar problemas, por lo que pensaron en hacer más eficiente este esquema, así que se pensó en otra técnica de conmutación: la conmutación de mensajes

2.1.2 Conmutación de mensaje

Consiste en lo siguiente: en lugar de tener las líneas dedicadas a un origen y un destino, lo que se va a hacer es que cada mensaje sea conmutado a un circuito. El mensaje va a llegar al conmutador, y el conmutador va a asignar el mensaje a su nodo correspondiente; así podemos tener varios mensajes.

En la conmutación por mensajes, no se avisa al destinatario, se genera un mensaje con todos los datos y se envía. Esta información va por los nodos de la red, encaminándose en cada salto, de modo que si un nodo se cae, el mensaje no llega. Tiene como ventaja que si no hay información que transmitir el enlace se puede reutilizar para otra transmisión.

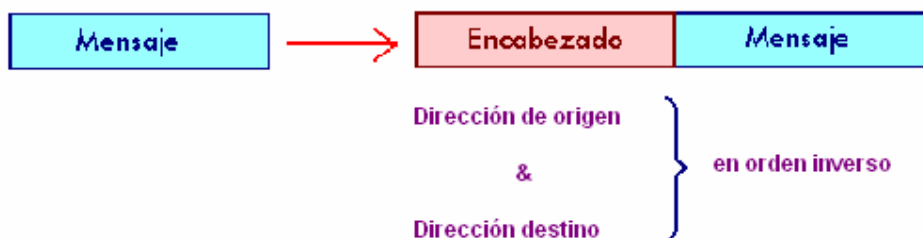


Figura 2.4 Mensaje desplegado agregando su encabezado para poder ser identificado

Para asegurar un desempeño óptimo es necesario procurar que el encabezado sea lo más pequeño posible. Además, por cada encabezado que se encuentre, el conmutador necesita analizarlo y procesarlo, por eso los conmutadores de mensajes deben de ser muy buenos. Es así que existe una conmutación mejor que la conmutación de mensajes: la conmutación de paquetes.

2.1.3 Conmutación de paquetes

En la conmutación por paquetes no existe un camino definido entre los puntos que conforman la red. Esta técnica tiene muchas ventajas para el tráfico intermitente de datos.

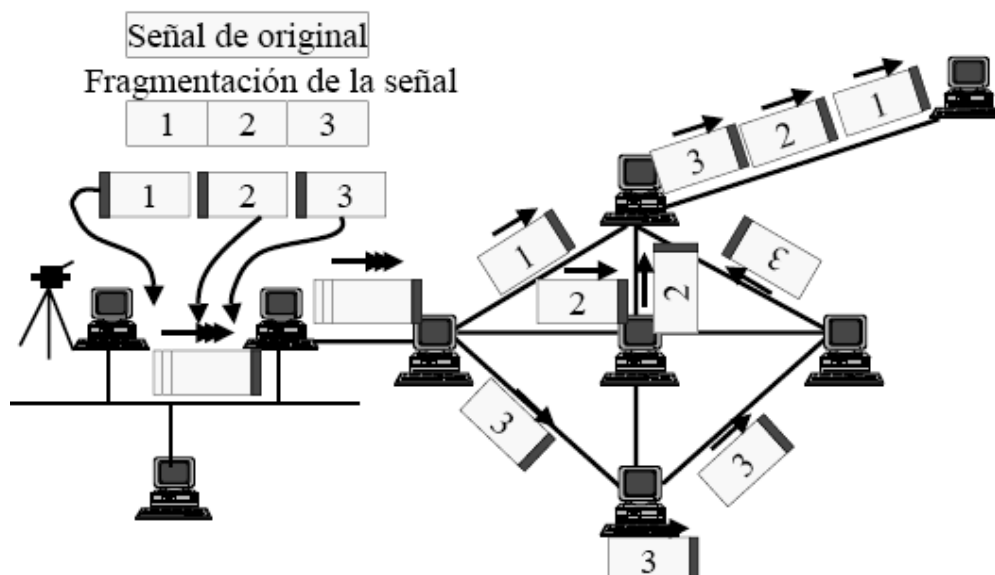


Figura 2.5 Principio de Conmutación de Paquetes

En este tipo de conmutación los mensajes (datos) se dividen en pequeños segmentos, llamados paquetes, antes de transmitirlos por la red. Cada paquete puede viajar por una trayectoria diferente a través de la red hasta llegar a su destino. Los paquetes de un mensaje pueden no llegar en el mismo orden en que fueron transmitidos debido a que cada uno de ellos puede tomar trayectorias diferentes. El retraso en la transmisión es pequeño (casi en tiempo real). Se requieren arreglos de interruptores un tanto complicados y a menudo caros.

Una de las ventajas de este tipo de conmutación es que no hay riesgos de bloqueo de la señal.

Al igual que en la conmutación por mensajes, se incluyen encabezados en cada mensaje con información sobre direccionamiento, corrección de errores, etc. lo cual introduce tráfico de *overhead* en la red.

En la Figura 2.6 se muestra un ejemplo en donde la fuente divide un mensaje en dos paquetes, etiquetados con el número 1 y 2 respectivamente, el paquete 1 toma un camino diferente al 2 y al llegar al destino estos son reensamblados para formar el mensaje original.

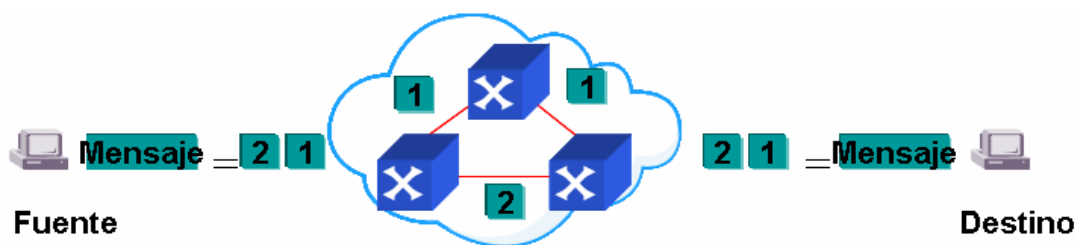


Figura 2.6 Conmutación de paquetes

Y existen dos variantes de conmutación de paquetes:

- **Conmutación de paquetes por Datagramas**

El emisor convierte el mensaje en paquetes. Cada paquete se conmuta y se envía pero no tienen que ir todos por el mismo camino, de modo que el receptor tiene que reensamblarlos cuando los recibe para formar el mensaje original.

Conmutación de paquetes (Datagrama)

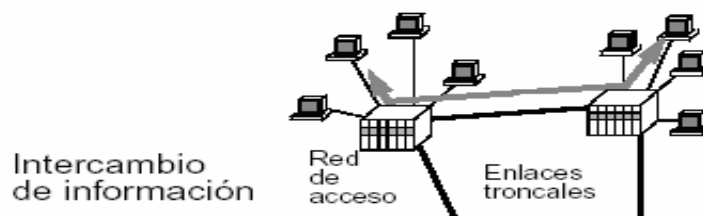


Figura 2.7 Conmutación de paquetes por Datagramas

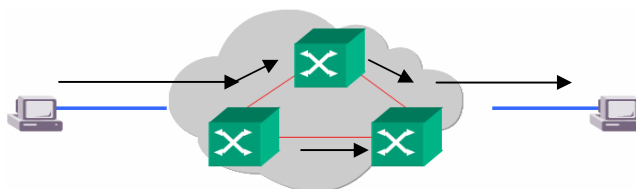
Sus características principales son:

- Considerado el método más sensible.
- No tiene fase de establecimiento de llamada.
- El paso de datos es más seguro.
- No todos los paquetes siguen una misma ruta.
- Los paquetes pueden llegar al destino en desorden debido a que su tratamiento es independiente.
- Un paquete se puede destruir en el camino, cuya recuperación es responsabilidad de la estación de destino.

- **Conmutación de paquetes por Circuitos Virtuales**

Antes de enviar cada paquete se establece un circuito virtual, indicando el destinatario. Una vez que se nos concede el circuito virtual, designado con un número, todos los paquetes que lleven ese número llegarán al destino por el mismo camino.

El sistema es similar a la conmutación de circuitos, pero se permite a cada nodo mantener multitud de circuitos virtuales a la vez.



2.8 Conmutación de paquetes por Circuito Virtual

Una ventaja adicional de la conmutación de paquetes (además de la seguridad de transmisión de datos) es que, como se parte en paquetes el mensaje, éste se está ensamblando de una manera más rápida en el nodo destino, ya que se están usando varios caminos para transmitir el mensaje, produciéndose un fenómeno conocido como "transmisión en paralelo". Además, si un mensaje tuviese un error en un bit de información, y estuviésemos usando la conmutación de mensajes, tendríamos que retransmitir todo el mensaje; mientras que con la conmutación de paquetes solo hay que retransmitir el paquete con el bit afectado, lo cual es mucho menos problemático. Lo único negativo, quizás, en el esquema de la conmutación de paquetes es de que su encabezado es más grande.

Desventajas de los Circuitos Virtuales frente a los Datagramas:

1. En datagramas no hay que establecer llamada (para pocos paquetes, es más rápida la técnica de datagramas).
2. Los datagramas son más flexibles, es decir que si hay congestión en la red una vez que ya ha partido algún paquete, los siguientes pueden tomar caminos diferentes (en circuitos virtuales, esto no es posible).
3. El envío mediante datagramas es más seguro ya que si un nodo falla, sólo un paquetes se perderá (en circuitos virtuales se perderán todos).

2.1.4 Comparación de las técnicas de Conmutación de Circuitos y Conmutación de Paquetes

Las ventajas de la conmutación de paquetes frente a la de circuitos son:

1. La eficiencia de la línea es mayor: ya que cada enlace se comparte entre varios paquetes que estarán en cola para ser enviados en cuanto sea posible. En conmutación de circuitos, la línea se utiliza exclusivamente para una conexión, aunque no haya datos a enviar.
2. Se permiten conexiones entre estaciones de velocidades diferentes: esto es posible ya que los paquetes se irán guardando en cada nodo conforme lleguen (en una cola) y se irán enviando a su destino.
3. No se bloquean llamadas: ya que todas las conexiones se aceptan, aunque si hay muchas, se producen retardos en la transmisión.
4. Se pueden usar prioridades: un nodo puede seleccionar de su cola de paquetes en espera de ser transmitidos, aquellos más prioritarios según ciertos criterios de prioridad.

**EVENTOS TEMPORALES DE CONMUTACION DE CIRCUITOS
Y EN CONMUTACION DE PAQUETES**

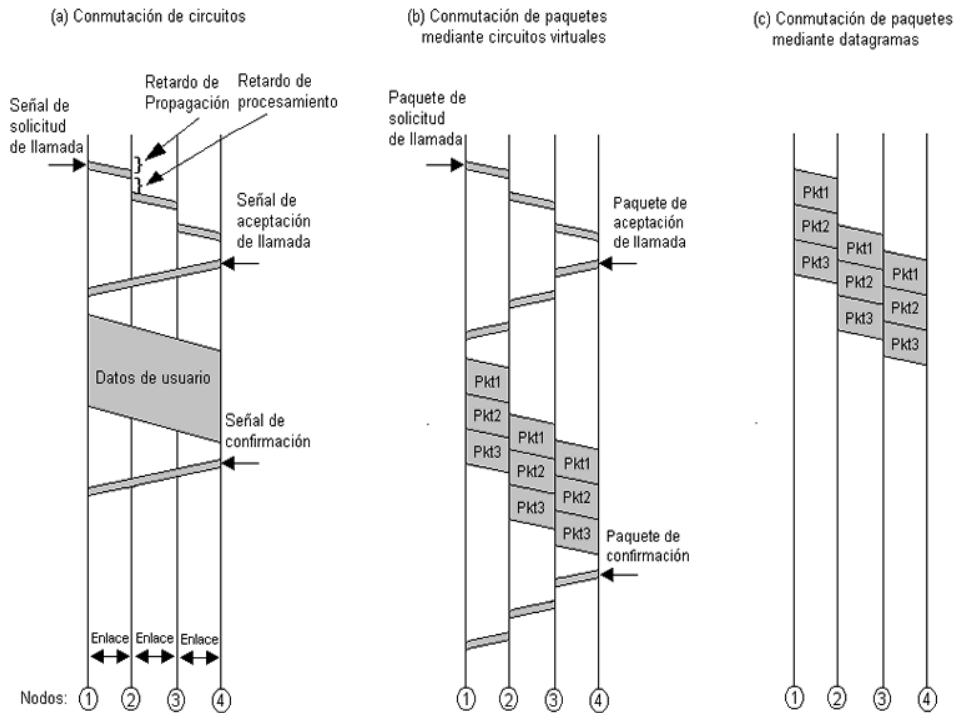


Figura 2.9 Eventos de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes

Para entender lo anterior hay que recordar que la conmutación de circuitos consta de cuatro fases:

1. Solicitud del circuito.
2. Confirmación del circuito.
3. Transmisión de información.
4. Desconexión de circuitos.

2.1.5 Impedimentos y Soluciones de la Conmutación

Durante los últimos tres años, las redes conmutadas han aumentado considerablemente su presencia, ofreciendo numerosas ventajas. Las redes conmutadas permiten desplegar sistemas más flexibles, alcanzando un mayor nivel de control de gestión y permitiendo el manejo de las modernas y complejas redes actuales.

La cuestión fundamental para las empresas no consiste en decidir si se cambian a una arquitectura conmutada, sino en determinar cuándo y cómo. Anteriormente, las redes se basaban en técnicas de acceso compartido, sobre todo para las redes de área local (LAN). Hoy en día, el tráfico adicional y aplicaciones pesadas que transitan por las redes han hecho que el enfoque de acceso compartido quede obsoleto ya que no permite lograr altos niveles de rendimiento y efectuar una práctica eficaz de gestión.

El desarrollo de una infraestructura conmutada dará soporte al despliegue de versiones más rápidas de *Ethernet*, el estándar dominante en protocolos para LAN. Pronto estaremos en la era de 10 *Gigabit Ethernet*. Con este ancho de banda, las organizaciones necesitarán características sofisticadas como las que ofrece la nueva generación de conmutadores, especialmente en lo que se refiere al enrutado eficaz de contenidos. Las redes de datos se han hecho imprescindibles en el funcionamiento diario habitual de cualquier organización. Sin una infraestructura de red que las sustente, la mayoría de las organizaciones serían incapaces de funcionar adecuadamente en la era moderna, caracterizada por la rapidez en las comunicaciones y el intercambio de grandes volúmenes de información. Por otro lado, comienzan a surgir aplicaciones ricas en contenidos multimedia, tales como vídeo y sofisticados servicios en la Web, con usos más intensivos de la red.

La conmutación surgió para resolver algunas cuestiones fundamentales en la construcción de redes. En un principio, el protocolo más utilizado, denominado *Ethernet*, se basaba en una topología de Bus y podía considerarse por tanto como un entorno de red compartida. Dicho de otro modo, *Ethernet* dependía de la disponibilidad de ancho de banda suficiente para poder garantizar la transmisión del tráfico por la red. Sin embargo, en los periodos de mayor ocupación, era casi una cuestión de suerte el disponer de suficiente ancho de banda, con colisiones cada vez más frecuentes en el tráfico de datos. Podríamos establecer la analogía con una situación en la que 12 personas intentasen mantener seis conversaciones diferentes y simultáneas, pero no pudiesen oírse unos a otros por causa del ruido. De esta forma, la introducción de la conmutación significa que se puede filtrar el tráfico de datos de forma más eficaz, y transmitirlo de uno a uno o de uno a varios, sin inundar la red con cargas innecesarias. Siguiendo con el ejemplo anterior, ahora se podrían mantener las seis conversaciones a la vez sin que unas interfiriesen en otras. Esta capacidad de filtrado distingue a los conmutadores de los *hubs* (concentrador) y enrutador, que se limitan a inyectar volúmenes de datos a través de la red y entre las mismas.

Inconvenientes

En una red de conmutación de circuitos, la conexión ofrece una velocidad de transmisión constante. Dado que tanto el emisor como el receptor deben transmitir y recibir datos a la misma velocidad, la interconexión de diversos tipos de equipos de datos y computadoras se encuentra bastante limitado.

Como se mencionó actualmente hay tres tipos de redes públicas de conmutación de paquetes: X.25, *Frame Relay* y ATM, estas presentan implementaciones bastante completas de los tres niveles del modelo OSI.

2.1.6 Tecnologías que utilizan conmutación por paquetes

- **GPRS**

GPRS (*General Packet Radio Services*) es una técnica de conmutación de paquetes, que es integrable con la estructura actual de las redes GSM. Esta tecnología permitirá usar velocidades de datos de 115 kbps.

Sus ventajas son múltiples, y se aplican fundamentalmente a las transmisiones de datos que produzcan tráfico discontinuo. Por ejemplo, Internet y mensajería.

Puede utilizar a la vez diversos canales, y aprovechar los espacios disponibles para las transmisiones de diversos usuarios. Por ello, no necesitamos un circuito dedicado para cada usuario conectado. De esta forma desaparece el concepto de tiempo de conexión, dejando paso al de cantidad de información transmitida: El cliente podrá ser facturado por los paquetes realmente enviados y recibidos.

El ancho de banda podrá ser entregado bajo demanda, en función de las necesidades de la comunicación.

Esta nueva tecnología permite la conexión permanente a Internet, sin necesidad de efectuar una llamada al proveedor de servicio de Internet. Simplemente se debe abrir y se estará conectado.

Principales ventajas de GPRS

- Tiene la misma funcionalidad en voz que los sistemas actuales
- Permite comunicaciones de voz y datos simultáneos
- Es un paso intermedio a la tercera generación de móviles (G3), el famoso UMTS. Hay quien lo llama 2'5G.
- El despliegue de GPRS puede servir en parte para actualizar después la red a UMTS

La red actual debe ser actualizada, principalmente añadiendo software a las centrales de conmutación, pero también añadiendo algunos dispositivos como:

- SGSN (*Serving GPRS Support Node*), algo así como un enrutador que se encarga de: asignar las direcciones IP, sigue los movimientos del usuario al cambiar de estación base y asegura la seguridad de la conexión
- GSN (*Gateway Support Node*) sirve de pasarela para conectar con otras redes, con Internet, etc.

Puesto que se usa conmutación de paquetes, la capacidad de la red se reparte entre los usuarios. Si hay pocos usuarios conectados se tendrán velocidades de datos altas, Si hay muchos usuarios la velocidad se verá reducida. La principal ventaja de GPRS es la capacidad de estar permanentemente conectado, no su alta velocidad.

Las aplicaciones del GPRS son, de entrada, las mismas que los actuales sistemas WAP, pero con la ventaja de estar conectados siempre.

Una aplicación más es que sirva de conexión a Internet para un ordenador portátil. El portátil se conecta por infrarrojos (IRDA) o vía radio (*Bluetooth*) al móvil, y el móvil se conecta a Internet. No se necesita cable y no se encontrarán problemas de conectores incompatibles en los lugares que se visiten.

- **Telefonía IP**

La Telefonía IP es una tecnología que permite el transporte de voz sobre redes IP, produciendo un efectivo ahorro en el gasto que incurren las corporaciones para sus llamadas de larga distancia nacional e internacional. Mediante la instalación de *gateways* y paquetes de software en dependencias estratégicas de la corporación, es posible obtener beneficios económicos tangibles a corto plazo al sustituir minutos de larga distancia convencional por minutos de voz sobre IP a un costo menor.

Razones que generan beneficio económico

La mayoría de las grandes organizaciones poseen redes privadas montadas sobre el protocolo TCP-IP con una importante capacidad. Parte de esa capacidad no utilizada puede ser empleada para transportar tráfico de voz IP, instalando *gateways* en los extremos.

La telefonía IP requiere de una red que opere bajo el protocolo TCP-IP. El principal pago que la organización debe realizar es la depreciación de sus redes (en el caso de ser una Intranet) o bien el costo de la conexión a Internet.

La telefonía IP hace un uso más eficiente de los recursos de red. En una llamada telefónica tradicional, se utiliza la tecnología denominada conmutación de circuitos, en la cual cada llamada hace uso exclusivo de un canal físico mientras dure la comunicación. En cambio, una llamada telefónica en formato IP utiliza el método de conmutación de paquetes. La voz es codificada digitalmente comprimida y encapsulada en paquetes. De esta forma, los canales de comunicación se reparten de acuerdo al tráfico de paquetes de entrada, donde un mismo canal puede ser compartido por varias comunicaciones a la vez.

2.2 La Red Telefónica Pública y La Red Digital De Servicios Integrados (ISDN)

2.2.1 Redes Telefónicas

La red telefónica es la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene, y ocasionalmente se ha afirmado que es "el sistema más complejo del que dispone

la humanidad". Permite establecer una llamada entre dos usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática, prácticamente instantánea. Este es el ejemplo más importante de una red con conmutación de circuitos.

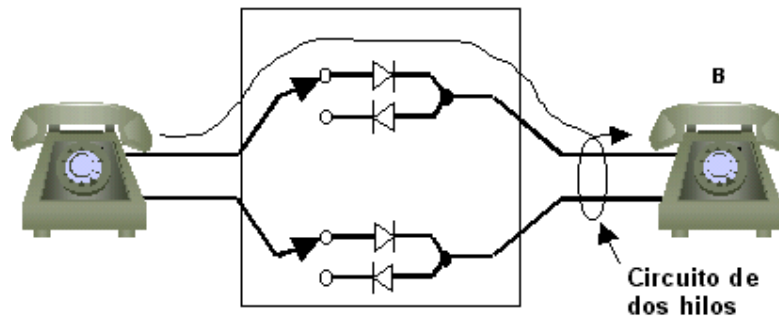


Figura 2.10 Circuito establecido en una llamada telefónica

Una llamada iniciada por el usuario origen llega a la red por medio de un canal de muy baja capacidad, el canal de acceso, dedicado precisamente a ese usuario denominado línea de abonado. En un extremo de la línea de abonado se encuentra el aparato terminal del usuario (teléfono o fax) y el otro está conectado al primer nodo de la red, que en este caso se llamó central local. La función de una central consiste en identificar en el número seleccionado, la central a la cual está conectado el usuario destino y enrutar la llamada hacia dicha central, con el objeto que ésta le indique al usuario destino, por medio de una señal de timbre, que tiene una llamada. Al identificar la ubicación del destino reserva una trayectoria entre ambos usuarios para poder iniciar la conversación. La trayectoria o ruta no siempre es la misma en llamadas consecutivas, ya que ésta depende de la disponibilidad instantánea de canales entre las distintas centrales.

Tipos de Redes Telefónicas

Existen dos tipos de redes telefónicas, las redes telefónicas públicas que a su vez se dividen en red móvil y red pública fija. Y también existen las redes telefónicas privadas que están básicamente formadas por un conmutador. A continuación hablaremos de la red telefónica pública fija, y hablaremos de la red móvil en el punto 7 de este mismo capítulo.

- **Red Telefónica Pública Fija**

Las redes telefónicas públicas fijas, están formados por diferentes tipos de centrales, que se utilizan según el tipo de llamada realizada por los usuarios.

Éstas son:

CCA – Central con Capacidad de Usuario
 CCE – Central con Capacidad de Enlace

CTU – Central de Transito Urbano
 CTI – Central de Transito Internacional
 CI – Central Internacional
 CM – Central Mundial

Es evidente que por la dispersión geográfica de la red telefónica y de sus usuarios, existen varias centrales locales, las cuales están enlazadas entre sí por medio de canales de mayor capacidad, de manera que cuando ocurran situaciones de alto tráfico no haya un bloqueo entre las centrales. Existe una jerarquía entre las diferentes centrales que le permite a cada una de ellas enrutar las llamadas de acuerdo con los tráficos que se presenten.

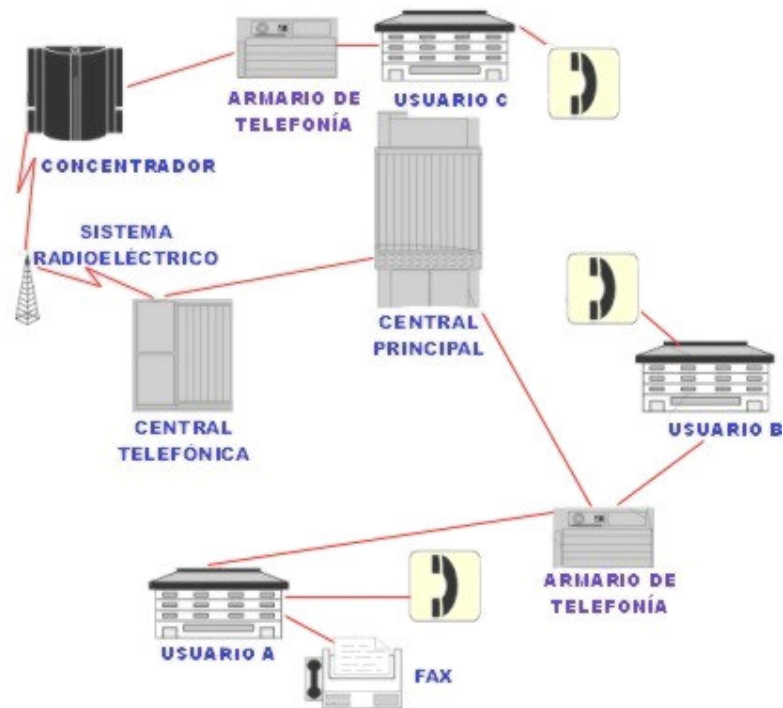


Figura 2.11 Red Telefónica Pública

Los enlaces entre los abonados y las centrales locales son normalmente cables de cobre, pero las centrales pueden comunicarse entre sí por medio de enlaces de cable coaxial, de fibras ópticas o de canales de microondas. En caso de enlaces entre centrales ubicadas en diferentes ciudades se usan cables de fibras ópticas y enlaces satelitales, dependiendo de la distancia que se desee cubrir. Como las necesidades de manejo de tráfico de los canales que enlazan centrales de los diferentes niveles jerárquicos aumentan conforme incrementa el nivel jerárquico, también las capacidades de los mismos deben ser mayores en la misma medida; de otra manera, aunque el usuario pudiese tener acceso a la red por medio de su línea de abonado conectada a una central local, su intento de llamada sería bloqueado por no poder establecerse un

enlace completo hacia la ubicación del usuario destino (evidentemente cuando el usuario destino está haciendo otra llamada, al llegar la solicitud de conexión a su central local, ésta detecta el hecho y envía de regreso una señal que genera la señal de "ocupado").

Jerarquía en la Red Telefónica Pública

La red telefónica está organizada de manera jerárquica e involucra las siguientes áreas:

- Red Primaria (Involucra los órganos de Central y de Conmutación)
- Red Secundaria (Constituye la planta externa y la red de cableado)
- Red de Abonado (Es la última milla, que llega directamente al usuario) este es el nivel más bajo de la red.

Con esta arquitectura se proporcionan a los usuarios diferentes rutas para colocar sus llamadas, que son seleccionadas por los mismos nodos, de acuerdo con criterios preestablecidos, tratando de que una llamada no sea enrutada más que por aquellos nodos y canales estrictamente indispensables para completarla (se trata de minimizar el número de canales y nodos por los cuales pasa una llamada para mantenerlos desocupados en la medida de lo posible).

Asimismo existen nodos (centrales) que permiten enrutar una llamada hacia otra localidad, ya sea dentro o fuera del país. Este tipo de centrales se denominan centrales automáticas de larga distancia.

El inicio de una llamada de larga distancia es identificado por la central por medio del primer dígito (en México, un "9"), y el segundo dígito le indica el tipo de enlace (nacional o internacional; en este último caso, le indica también el país de que se trata). A pesar de que el acceso a las centrales de larga distancia se realiza en cada país por medio de un código propio, éste señala, sin lugar a dudas, cuál es el destino final de la llamada. El código de un país es independiente del que origina la llamada. El tipo de central además de definir áreas de cobertura diferentes, permite establecer un sistema de facturación dependiendo del origen y destino de la llamada.

Cada una de estas centrales telefónicas, están divididas a su vez en 2 partes principales:

- Parte de Control
- Parte de Conmutación

La parte de control, se lleva a cabo por diferentes microprocesadores, los cuales se encargan de enrutar, direccionar, limitar y dar diferentes tipos de servicios a los usuarios.

La parte de conmutación se encarga de las interconexiones necesarias en los equipos para poder realizar las llamadas.

Perspectivas Futuras de las Redes Telefónicas

Las centrales modernas (los nodos de la red) están basadas en sistemas totalmente digitales, lo cual contribuye a que se puedan ofrecer al usuario servicios tan sencillos como conferencias de voz, transmisión de datos y videoconferencias; y tan rudimentarios como dar de alta la línea de un nuevo usuario, indicar el número que llama, transferir llamadas a otro número telefónico, etc. La clave para explotar el potencial de la infraestructura digital está, por una parte, en el hardware, y por la otra en el software, cada día de mayor importancia. Entre los servicios nuevos, que gracias a la digitalización de las centrales han podido ofrecerse al público, se encuentran las llamadas de larga distancia sin costo para el que las inicia (en México LADA 800), las llamadas con abono al que las recibe (el servicio 1-900 en Estados Unidos) y diversos tipos de señalización como la presencia de un tono que avisa a los interlocutores la llegada de otra llamada durante su conversación.

En un futuro no muy lejano estarán interconectadas las redes de telefonía con las de televisión por cable, y a través de esta interconexión los usuarios podrán explotar simultáneamente la gran capacidad de las redes de cable para televisión y la gran cobertura y capacidad de procesamiento que tienen las redes telefónicas.

Las redes telefónicas resultan lentas para la transmisión de una información cada vez más densa, especialmente cuando se trata de gráficos. Los nuevos materiales y las futuras redes telemáticas son la apuesta para sobrepasar el límite actual. Y el usuario debe sobrepasar también la barrera que implica todavía el manejo del ordenador y de los programas de navegación.

2.2.2 Red Digital de Servicios Integrados (ISDN)

Introducción a ISDN

Se define la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados - ISDN) como una evolución de las redes actuales, que presta conexiones extremo a extremo a nivel digital y capaz de ofertar diferentes servicios.

Decimos Servicios Integrados porque utiliza la misma infraestructura para muchos servicios que tradicionalmente requerían interfases distintas (télex, voz, conmutación de circuitos, conmutación de paquetes.); es digital porque se basa en la transmisión digital, integrando las señales analógicas mediante la transformación Analógico-Digital, ofreciendo una capacidad básica de comunicación de 64 Kbps.

Según la UIT-T podemos definir la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI o ISDN) como: una red que procede por evolución de la Red Digital Integrada (RDI) y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfases normalizados.

Podemos decir entonces que es una red que procede por evolución de la red telefónica existente, que al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios en un único acceso, independientemente de la naturaleza de la información a transmitir y del equipo terminal que la genere.

Principios de la RDSI

- 1) Soporte de aplicaciones, tanto de voz como de datos, utilizando un conjunto de aplicaciones estándar.
- 2) Soporte para aplicaciones conmutadas y no conmutadas. La RDSI admite tanto conmutación de circuitos como conmutación de paquetes. Además, proporciona servicios no conmutados con líneas dedicadas a ello.
- 3) Dependencia de conexiones de 64 Kbps. RDSI proporciona conexiones de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes a 64 Kbps. Este es el bloque de construcción fundamental de la RDSI.
- 4) Inteligencia en la red. Se espera que la RDSI pueda proporcionar servicios sofisticados por encima de la sencilla situación de una llamada de circuito conmutado.
- 5) Arquitectura de protocolo en capas. Los protocolos para acceso a la RDSI presentan una arquitectura de capas que se puede hacer corresponder con la del modelo OSI.
- 6) Variedad de configuraciones. Es posible más de una configuración física para implementar RDSI. Esto permite diferencias en políticas nacionales, en el estado de la tecnología, y en las necesidades y equipos existentes de la base de clientes.

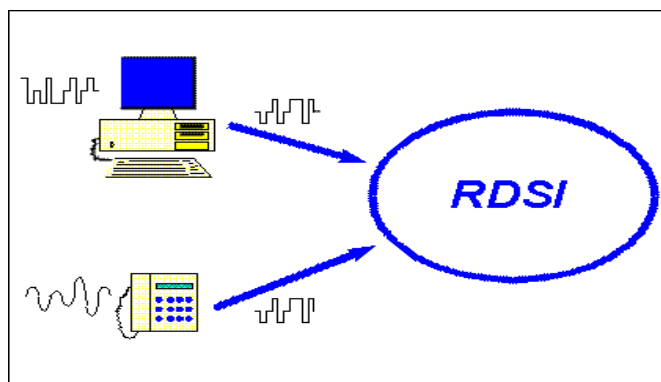


Figura 2.12. Integración de señales en RDSI

Como podemos observar Figura 2.1.2, en el teléfono se efectúa la conversión Analógico Digital. En el caso de equipos digitales, Ordenador, se transforma el código original a otro más adecuado a la comunicación.

Ventajas que aporta la RDSI

La RDSI ofrece gran número de ventajas, entre las que se pueden destacar las siguientes:

1. **Velocidad:** Actualmente el límite de velocidad en las comunicaciones a través de una línea telefónica empleando señales analógicas entre central y usuario mediante el uso de módems está alrededor de los 56 Kbps. En la práctica las velocidades se limitan a unos 45 Kbps debido a la calidad de la línea.
2. **Conexión de múltiples dispositivos:** Con líneas analógicas resulta necesario disponer de una línea por cada dispositivo del usuario, si estos se quieren emplear simultáneamente. Resulta muy caro enviar datos (archivos o vídeo) mientras se mantiene una conversación hablada. Con la RDSI es posible combinar diferentes fuentes de datos digitales y hacer que la información llegue al destino correcto. Como la línea es digital, es fácil controlar el ruido y las interferencias producidos al combinar las señales.
3. **Señalización:** La forma de realizar una llamada a través de una línea analógica es enviando una señal de tensión que hace sonar el teléfono destino. Esta señal se envía por el mismo canal que las señales analógicas de sonido. Establecer la llamada de esta manera requiere bastante tiempo. En una conexión RDSI, la llamada se establece enviando un paquete de datos especial a través de un canal independiente de los canales para datos.
4. **Servicios:** La RDSI no se limita a ofrecer comunicaciones de voz. Ofrece otros servicios; como transmisión de datos informáticos (servicios portadores), télex, videoconferencia, conexión a Internet, y opciones como llamada en espera, identidad del origen entre otras.

Canales de transmisión.

La RDSI dispone de distintos tipos de canales para el envío de datos de voz e información y datos de control: los canales tipo B, tipo D y tipo H:

1. **Canal B:** Transmite información a 64Kbps, y se emplean para transportar cualquier tipo de información de los usuarios, bien sean datos de voz o datos informáticos. Estos canales no transportan información de control de la RDSI.
2. **Canal D:** se utilizan principalmente para enviar información de control de la RDSI, como es el caso de los datos necesarios para establecer una llamada o para colgar. Por ello también se conoce como un "canal de señalización". Los canales D también pueden transportar datos cuando no se utilizan para control. Estos canales trabajan a 16Kbps o 64kbps según el tipo de servicio contratado.
3. **Canales H:** Combinando varios canales B se obtienen canales tipo H, que también son canales para transportar solo datos de usuario, pero a velocidades mucho mayores. Por ello se emplean para información como audio de alta calidad o vídeo.

El modelo OSI y la RDSI

El modelo OSI consta de 7 capas que nos proporciona un marco para comprender la tecnología *ISDN* que es usada para señalización, transferencia y administración de mensajes en diferentes sistemas de comunicación de datos. Cada capa del modelo es utilizada para mantener la comunicación a través de la red.

Cada capa tiene su propia función, y utiliza los servicios y la información proporcionada por las capas más bajas en ella después pasan la información procesada a la siguiente capa.

Las capas bajas determinan los protocolos físicos y de enlace de la red mientras que la capas altas son usualmente asociadas con aquellos protocolos que permiten aplicaciones para que se comuniquen a través de la red.

Los protocolos usados en los diferentes tipos de canales *ISDN* son variados. Los canales B pueden llevar cualquier cosa de la capa 2 hacia arriba mientras que los canales D se definen en las capas 2 y 3.

Las capas del modelo OSI son las siguientes:

1. Capa Física.
2. Capa de Enlace
3. Capa de Red
4. Capa de Transporte
5. Capa de Sesión
6. Capa de Presentación
7. Capa de Aplicación

Acceso a la RDSI

Existen dos tipos de acceso a la RDSI: Interfaz de Acceso Básico (BRI) e Interfaz de Acceso Primario (PRI). El acceso básico (BRI) ofrece dos canales B para transmitir la información que trabajan a 64Kbps. Un tercer canal, denominado D, transporta la información de señalización a 16Kbps. El protocolo de señalización utilizado en el canal D engloba las capas 1 a 3 del modelo de referencia OSI (capa física, de enlace y de red). Utilizando los dos canales B de forma agregada, el acceso básico a la RDSI nos proporciona un ancho de banda de hasta 128Kbps.



Figura 2.13 Modelo ISDN-OSI

Como podemos observar en la Figura 2.13 BRI y PRI utilizan las capas: física, de enlace y de red para señalización junto con el canal D. Mientras que el canal B utiliza las capas física y de enlace.

Tipos de servicio o modos de acceso

Podemos dividir la RDSI en dos clases según el ancho de banda: RDSI de banda estrecha y RDSI de banda ancha.

- **RDSI de Banda Estrecha**

Los Accesos de Usuario definidos para RDSI en banda estrecha permiten la comunicación a velocidades de 64 Kbps, o agrupaciones de está velocidad.

Debido a la estructura de transmisión y conmutación de la RDSI, técnicas digitales, la integridad de la información está asegurada. Lógicamente ésta integridad, permite unas comunicaciones secretas o al menos más inmunes a escuchas indeseadas. Por otra parte las técnicas digitales permiten un tratamiento de las señales de forma que la transmisión de la información no sufra degradaciones debido a la distancia o a perturbaciones externas, ruido, asegurando de esta forma una información más "limpia" de errores.

- **RDSI de Banda Ancha**

Esta nueva red es básicamente igual a la RDSI actual, con la diferencia de que la velocidad mínima a la que trabaje será de 2Mbps, pudiendo llegar a los 100Mbps. Estas velocidades permiten aumentar en gran medida el número de servicios que la red ofrecerá.

Para lograr esas características, la RDSI de banda ancha hace uso de la tecnología de redes ATM. También se están desarrollando ya gran variedad de aplicaciones para esta tecnología, entre las que destacan los servicios de televisión digital de alta definición por cable.

Relación entre ATM y B-ISDN.

La RDSI consta en un canal básico que podría operar en 64 kbps (CANAL B) y combinaciones de este con otros (CANAL D) forman la base de comunicación de la red. Sin embargo la demanda por comunicación de alta velocidad de paquetes aumentó; surgió la comunicación por videoteléfonos y videoconferencia lo que condujo a la necesidad de gran velocidad y servicios de banda ancha.

Es entonces cuando surge *B-ISDN* como una extensión de la RDSI que funciona como una red de comunicaciones que puede proporcionar servicios de banda ancha integrando una alta velocidad en la transmisión de datos, videoteléfono, videoconferencias, además de los tradicionales servicios de telefonía y telex.

Esta diversidad de servicios significó velocidades de transmisión en la región de 155 Mbps, 622 Mbps y 2.4 Gbps y por lo tanto la forma de transmitir y conmutar a estas velocidades. Mientras SDH fue utilizado para la transmisión surgía la solución para el problema de conmutación. Estas dos opciones juntas hicieron ATM una respuesta completa para B-ISDN.

La conmutación para banda ancha no es fácil y la señalización puede variar desde 10 bps hasta 100 Mbps, además el tiempo de distribución del servicio puede variar desde unos cuantos segundos hasta varias horas. Desde que ATM tiene la posibilidad de dar solución a estos problemas B-ISDN se convirtió en una realidad además de una opción de implementación para redes en el futuro.

La RDSI ofrece la capacidad de agregar canales para realizar conexiones a mayor velocidad.

En realidad, una llamada a 128Kbps son dos llamadas diferentes a 64Kbps cada una, existiendo un protocolo por encima que permite ver esa llamada como una sola. Lo que también quiere decir que una conexión a 128Kbps cuesta el doble que otra de igual duración a 64Kbps. Esto es así a pesar de que, en la práctica, doblar el ancho de banda no significa doblar la velocidad de transferencia máxima. La mejora del rendimiento depende de la utilización que el protocolo haga del ancho del mayor banda.

Conexiones RDSI

RDSI proporciona tres tipos de servicios para comunicaciones extremo a extremo.

1. Circuitos Conmutados sobre el canal B: La configuración de red y protocolos para conmutación de circuitos implican tanto a los canales B como al D. El canal B se usa para el intercambio transparente de datos del usuario. Los usuarios que se comunican pueden usar cualquier protocolo que deseen para comunicación de extremo a extremo. El canal D se usa para intercambiar información de control

entre el usuario y la red de establecimiento y cierre de llamadas, y para acceso a las instalaciones de la red.

2. Conexiones permanentes sobre canal B: Una conexión permanente entre puntos predeterminados, se puede proporcionar durante un periodo de tiempo indefinido después de la suscripción. No existe establecimiento y liberación de llamada sobre canal D.

3. Conmutación de paquetes:
 - Servicio RPCP (Red Pública de Conmutación de Paquetes).
 - Conmutación de paquetes proporcionado por RDSI.

Instalando una línea RDSI

De entre los equipos que se pueden conectar al bus de un interfase RDSI, quizá un computador sea el más difícil de configurar, ya que será necesario comprar un adaptador RDSI, así como configurar su software.

Otros equipos RDSI como teléfonos o fax tienen una instalación más directa.

Se expone a continuación cuestiones relativas a como adquirir una tarjeta de interfaz para un ordenador personal y a como configurar ese equipo.

Ventajas y Desventajas de una RDSI

- **Ventajas**

- La RDSI es una tecnología madura ya desde finales de los años 80's se ha venido desarrollando, probando y trabajando.
- Está soportada por un sistema de estándares mundiales.
- Tiene tasas de transferencia simétricas: la tasa de transmisión es la misma que la tasa de recepción.
- La tasa de transferencia es constante, es decir, si se tiene un canal de 64 kbps esa será la velocidad a la que usted transfiere.
- Tiene un precio competitivo comparado con otras tecnologías.

- **Desventajas**

- Se requiere una fuente de poder externa. Si la energía falla los teléfonos no trabajan.
- Los teléfonos digitales especiales requieren un Adaptador de Terminal para comunicarse con los dispositivos existentes en las *POTS (Public Old Telephone System)*.
- Resulta muy costoso actualizar una oficina central de conmutación de una RDSI; arriba de \$500 000 USD.
- Si la RDSI falla los teléfonos también fallan.

2.3 Las Redes de Datos

2.3.1 Introducción

Una red es un conjunto de computadoras conectadas entre sí, que pueden comunicarse compartiendo datos y recursos sin importar la localización física de los distintos dispositivos. A través de una red se pueden ejecutar procesos en una computadora o acceder a sus ficheros, enviar mensajes, compartir programas.

Las computadoras suelen estar conectadas entre sí por cables. Pero si la red abarca una región extensa, las conexiones pueden realizarse a través de líneas telefónicas, microondas, líneas de fibra óptica e incluso satélites.

Cada dispositivo activo conectado a la red se denomina *nodo*. Un dispositivo activo es aquel que interviene en la comunicación de forma autónoma, sin estar controlado por otro dispositivo

2.3.2 Las primeras Redes

Las primeras redes construidas permitieron la comunicación entre una computadora central y terminales remotas. Se utilizaron líneas telefónicas, ya que estas permitían un traslado rápido y económico de los datos. Se utilizaron procedimientos y protocolos ya existentes para establecer la comunicación y se incorporaron moduladores y demoduladores, para que, una vez establecido el canal físico, fuera posible transformar las señales digitales en analógicas adecuadas para la transmisión por medio de un módem.

Posteriormente, se introdujeron equipos de respuesta automática que hicieron posible el uso de redes telefónicas públicas conmutadas para realizar las conexiones entre las terminales y la computadora.

A principios de los años 70 surgieron las primeras redes de transmisión de datos destinadas exclusivamente a este propósito, como respuesta al aumento de la demanda del acceso a redes a través de terminales para poder satisfacer las necesidades de funcionalidad, flexibilidad y economía. Se comenzaron a considerar las ventajas de permitir la comunicación entre computadoras y entre grupos terminales, ya que dependiendo de el grado de similitud entre computadoras es posible permitir que compartan recursos en mayor o menor grado.

La primera red comercial fue la *TransCanada Telephone System's Dataroute*, a la que posteriormente siguió el *Digital Data System* de AT&T. Estas dos redes, para beneficio de sus usuarios, redujeron el costo y aumentaron la flexibilidad y funcionalidad.

El concepto de redes de datos públicas emergió simultáneamente. Algunas razones para favorecer el desarrollo de redes de datos públicas es que el enfoque de redes privadas es muchas veces insuficiente para satisfacer las necesidades de comunicación de un usuario dado. La falta de interconexión entre redes privadas y la demanda potencial de información entre ellas en un futuro cercano favorecen el desarrollo de las redes públicas.

2.3.3 Objetivos de las redes

Las redes en general, consisten en "compartir recursos", y uno de sus objetivos es hacer que todos los programas, datos y equipo estén disponibles para cualquiera de la red que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del usuario. En otras palabras, el hecho de que el usuario se encuentre a 1000 kilómetros de distancia de los datos, no debe evitar que este los pueda utilizar como si fueran originados localmente.

Un segundo objetivo consiste en proporcionar una alta fiabilidad, al contar con fuentes alternativas de suministro. Por ejemplo todos los archivos podrían duplicarse en dos o tres máquinas, de tal manera que si una de ellas no se encuentra disponible, podría utilizarse una de las otras copias. Además, la presencia de múltiples CPU (*Central Processing Unit* o Unidad Central de Proceso) significa que si una de ellas deja de funcionar, las otras pueden ser capaces de encargarse de su trabajo, aunque se tenga un rendimiento global menor.

Otro objetivo es el ahorro económico. Los ordenadores pequeños tienen una mejor relación costo / rendimiento, comparada con la ofrecida por las máquinas grandes. Estas son, a grandes rasgos, diez veces más rápidas que el más rápido de los microprocesadores, pero su costo es miles de veces mayor. Este desequilibrio ha ocasionado que muchos diseñadores de sistemas construyan sistemas constituidos por poderosos ordenadores personales, uno por usuario, con los datos guardados una o más máquinas que funcionan como servidor de archivo compartido.

Este objetivo conduce al concepto de redes con varios ordenadores en el mismo edificio. A este tipo de red se le denomina LAN (red de área local), en contraste con lo extenso de una WAN (red de área extendida), a la que también se conoce como red de gran alcance.

Un punto muy relacionado es la capacidad para aumentar el rendimiento del sistema en forma gradual a medida que crece la carga, simplemente añadiendo más procesadores.

Con máquinas grandes, cuando el sistema esta lleno, deberá reemplazarse con uno mas grande, operación que por lo normal genera un gran gasto y una perturbación inclusive mayor al trabajo de los usuarios. Otro objetivo del establecimiento de una red de ordenadores, es que puede proporcionar un poderoso medio de comunicación entre personas que se encuentran muy alejadas entre si.

Con el ejemplo de una red es relativamente fácil para dos o más personas que viven en lugares separados, escribir informes juntos. Cuando un autor hace un cambio inmediato, en lugar de esperar varios días para recibirlos por carta. Esta rapidez hace que la cooperación entre grupos de individuos que se encuentran alejados, y que anteriormente había sido imposible de establecer, pueda realizarse ahora.

2.3.4 Aplicación de las redes

El reemplazo de una máquina grande por estaciones de trabajo sobre una LAN no ofrece la posibilidad de introducir muchas aplicaciones nuevas, aunque podrían mejorarse la fiabilidad y el rendimiento. Sin embargo, la disponibilidad de una WAN si genera nuevas aplicaciones viables, y algunas de ellas pueden ocasionar importantes efectos en la totalidad de la sociedad. Para dar una idea sobre algunos de los usos importantes de redes de ordenadores, veremos ahora brevemente tres ejemplos: el acceso a programas remotos, el acceso a bases de datos remotas y facilidades de comunicación de valor añadido.

Una compañía que ha producido un modelo que simula la economía mundial puede permitir que sus clientes se conecten usando la red y corran el programa para ver como pueden afectar a sus negocios las diferentes proyecciones de inflación, de tasas de interés y de fluctuaciones de tipos de cambio. Con frecuencia se prefiere este planteamiento que vender los derechos del programa, en especial si el modelo se está ajustando constantemente ó necesita de una máquina muy grande para correrlo.

Todas estas aplicaciones operan sobre redes por razones económicas: el llamar a un ordenador remoto mediante una red resulta más económico que hacerlo directamente. La posibilidad de tener un precio mas bajo se debe a que el enlace de una llamada telefónica normal utiliza un circuito caro y en exclusiva durante todo el tiempo que dura la llamada, en tanto que el acceso a través de una red, hace que solo se ocupen los enlaces de larga distancia cuando se están transmitiendo los datos.

Una tercera forma que muestra el amplio potencial del uso de redes, es su empleo como medio de comunicación (*Internet*). Como por ejemplo, el tan conocido por todos, *correo electrónico (email)*, que se envía desde una terminal, a cualquier persona situada en cualquier parte del mundo que disfrute de este servicio. Además de texto, se pueden enviar fotografías e imágenes.

2.3.5 Modelo de referencia OSI

El objetivo perseguido por el modelo OSI establece una estructura que presenta las siguientes particularidades:

Estructura multinivel: Se diseñó una estructura multinivel con la idea de que cada nivel se dedique a resolver una parte del problema de comunicación. Esto es, cada nivel ejecuta funciones específicas.

Puntos de acceso: Entre los diferentes niveles existen interfases llamadas "puntos de acceso" a los servicios.

Dependencias de Niveles: Cada nivel es dependiente del nivel inferior y también del superior.

Encabezados: En cada nivel, se incorpora al mensaje un formato de control. Este elemento de control permite que un nivel en la computadora receptora se entere de que su similar en la computadora emisora esta enviándole información. Cualquier nivel dado, puede incorporar un encabezado al mensaje.

Unidades de información: En cada nivel, la unidad de información tiene diferente nombre y estructura:

- **Niveles del Modelo OSI**

Para enfrentar el problema de incompatibilidad de redes, la Organización Internacional para la Estandarización(ISO) investigó modelos de *networking* como la red de Digital *Equipment Corporation (DECnet)*, la Arquitectura de Sistemas de Red (SNA) y TCP/IP a fin de encontrar un conjunto de reglas aplicables de forma general a todas las redes. En base a esta investigación, la ISO desarrolló un modelo de red que ayuda a los fabricantes a crear redes que sean compatibles con otras redes.

El modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) lanzado en 1984 fue el modelo de red descriptivo creado por ISO. Proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red producidos por las empresas a nivel mundial.

El modelo OSI se ha convertido en el modelo principal para las comunicaciones por red. Aunque existen otros modelos, la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con el modelo de referencia de OSI. Esto es en particular así cuando lo que buscan es enseñar a los usuarios a utilizar sus productos.

El modelo en sí mismo no puede ser considerado una arquitectura, ya que no especifica el protocolo que debe ser usado en cada capa, sino que suele hablarse de modelo de referencia. Este modelo está dividido en siete capas:

1. Aplicación.
2. Presentación.
3. Sesión.
4. Transporte.
5. Red.
6. Enlace de datos.
7. Físico.

Nivel Físico

Define el medio de comunicación utilizado para la transferencia de información, dispone del control de este medio y especifica bits de control, mediante:

- Definir conexiones físicas entre computadoras.
- Describir el aspecto mecánico de la interfase física.
- Describir el aspecto eléctrico de la interfase física.

- Describir el aspecto funcional de la interfase física.
- Definir la Técnica de Transmisión.
- Definir el Tipo de Transmisión.
- Definir la Codificación de Línea.
- Definir la Velocidad de Transmisión.
- Definir el Modo de Operación de la Línea de Datos.

Nivel Enlace de Datos

Este nivel proporciona facilidades para la transmisión de bloques de datos entre dos estaciones de red. Esto es, organiza los 1's y los 0's del Nivel Físico en formatos o grupos lógicos de información. Para:

- Detectar errores en el nivel físico.
- Establecer esquema de detección de errores para las retransmisiones o reconfiguraciones de la red.
- Establecer el método de acceso que la computadora debe seguir para transmitir y recibir mensajes. Realizar la transferencia de datos a través del enlace físico.
- Enviar bloques de datos con el control necesario para la sincronía.
- En general controla el nivel y es la interfaz con el nivel de red, al comunicarle a este una transmisión libre de errores.

Nivel de Red

Este nivel define el enrutamiento y el envío de paquetes entre redes.

- Es responsabilidad de este nivel establecer, mantener y terminar las conexiones.
- Este nivel proporciona el enrutamiento de mensajes, determinando si un mensaje en particular deberá enviarse al nivel 4 (Nivel de Transporte) o bien al nivel 2 (Enlace de datos).
- Este nivel conmuta, enruta y controla la congestión de los paquetes de información en una subred.
- Define el estado de los mensajes que se envían a nodos de la red.

Nivel de Transporte

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

- Asegura que la llegada de datos del nivel de red encuentra las características de transmisión y calidad de servicio requerido por el nivel 5 (Sesión).
- Este nivel define como direccionar la localidad física de los dispositivos de la red.

- Asigna una dirección única de transporte a cada usuario.
 - Define una posible multicanalización. Esto es, puede soportar múltiples conexiones.
 - Define la manera de habilitar y deshabilitar las conexiones entre los nodos.
 - Determina el protocolo que garantiza el envío del mensaje.
-
- Establece la transparencia de datos así como la confiabilidad en la transferencia de información entre dos sistemas.

Nivel Sesión

Provee los servicios utilizados para la organización y sincronización del diálogo entre usuarios y el manejo e intercambio de datos. Establece el inicio y termino de la sesión.

- Recuperación de la sesión.
- Control del diálogo; establece el orden en que los mensajes deben fluir entre usuarios finales.
- Referencia a los dispositivos por nombre y no por dirección.
- Permite escribir programas que correrán en cualquier instalación de red.

Nivel Presentación

Traduce el formato y asignan una sintaxis a los datos para su transmisión en la red.

- Determina la forma de presentación de los datos sin preocuparse de su significado o semántica.
- Establece independencia a los procesos de aplicación considerando las diferencias en la representación de datos.
- Proporciona servicios para el nivel de aplicaciones al interpretar el significado de los datos intercambiados.
- Opera el intercambio.
- Opera la visualización.

Nivel Aplicación

Proporciona servicios al usuario del Modelo OSI.

- Proporciona comunicación entre dos procesos de aplicación, tales como: programas de aplicación, aplicaciones de red, etc.
- Proporciona aspectos de comunicaciones para aplicaciones específicas entre usuarios de redes: manejo de la red, protocolos de transferencias de archivos (FTP), etc.

2.3.6 Elementos de interconexión

La necesidad de interconexión entre redes (segmentos bus y anillos) es evidente, no sólo por su posible separación a nivel físico (redes WAN) sino por su dimensión a nivel local

(LAN) por necesidades de tráfico, distancias, etc. La tendencia actual es interconectar redes independientemente de los protocolos utilizados, a diferencia con lo tradicional que era realizar la conexión a nivel de sistemas. Se conectaba cierto sistema de una red con su homólogo en la otra.

Los equipos utilizados para la interconexión de redes siguiendo el modelo de referencia OSI son:

Repetidor

Dispositivo de la capa física que recibe datos sobre un enlace de comunicaciones y los transmite bit a bit, sobre otro enlace tan rápido como se reciben los datos, sin utilizar almacenamiento temporal. Las características más significativas es que permite incrementar la longitud de red, opera con cualquier protocolo pues trabajan con señales físicas, son de bajo coste y se utilizan en LAN y WAN.

Puente (*Bridge*)

Opera a nivel de enlace. Conecta redes homogéneas, es decir, que empleen igual protocolo de enlace. Son elementos inteligentes, constituidos como nodos de la red, que conectan entre sí dos subredes, transmitiendo de una a otra el tráfico generado no local. Al distinguir los tráficos locales y no locales, estos elementos disminuyen el mínimo total de paquetes circulando por la red por lo que, en general, habrá menos colisiones y resultará más difícil llegar a la congestión de la red.

Enrutador (*Router*)

Opera a nivel de red. Conecta redes de diferente topología (*Ethernet*, X.25). Permiten una distribución más efectiva del tráfico entre redes. Una aplicación adicional de los enrutadores es actuar como pasarela de seguridad (*firewall*) entre la red propia y otra red. Este filtrado puede ser por dirección IP, por servicio (puerto) o a nivel de aplicación.

Pasarelas (*Gateway*)

Son elementos de interconexión entre sistemas que realizan transformaciones a niveles superiores al nivel de red. Antes se utilizaban como elementos de interconexión, es decir, se salía de la red a través de un *gateway* para conectarse a otro sistema, limitando los servicios de conectividad a ese sistema, mientras que en la actualidad, se tiende a conectar las redes mediante *Routers* y *Bridges*, con el *gateway* localizado en una de las redes como un servicio más. Un ejemplo de uso es transformar el correo X.400 en correo TCP/IP.

Concentradores (*Hubs*)

Inicialmente eran dispositivos de concentración de cableado, pero en la actualidad incorporan puentes, enrutadores o conmutadores, permiten la interconexión de redes de distinto protocolo e incorporan además posibilidades de gestión de red.

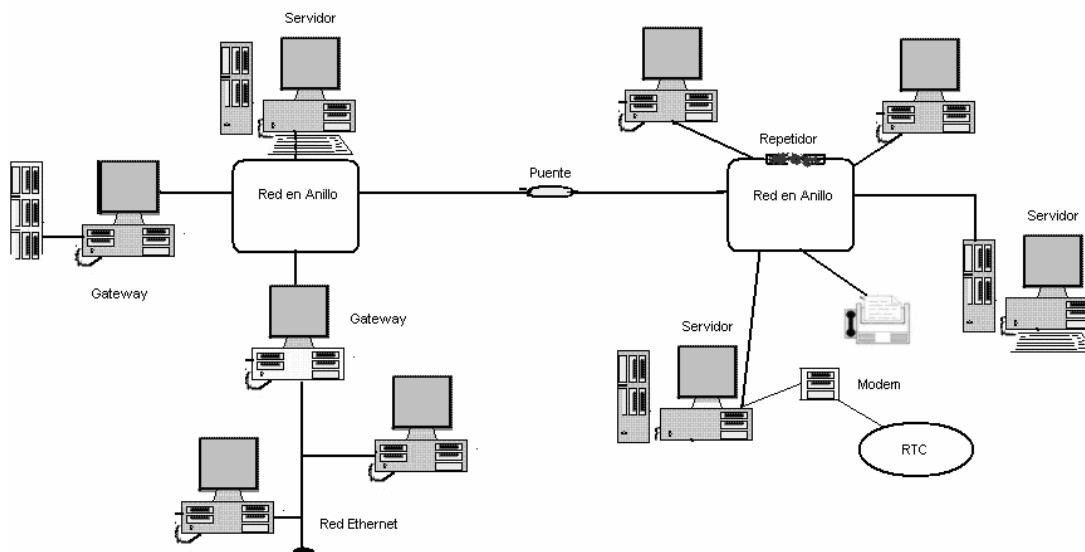


Figura 2. 14 Ejemplo de interconexión de redes

Un conjunto de capas y protocolos se denomina “arquitectura de red”. Actualmente existen muchas arquitecturas de red, entre las que figuran OSI, TCP/IP, SNA, etc. La mayoría de los protocolos y funciones de las capas de una arquitectura están desarrolladas en software (programas) pero últimamente se están desarrollando muchos protocolos, interfases y funciones, en hardware (equipos) y/o equipos programables.

2.3.7 Tipos de Servicios

Las capas de una arquitectura pueden ofrecer dos tipos de servicios: orientados a conexión y no orientados a conexión.

Servicios orientados a la conexión

Son muy similares a los servicios de telefonía, donde se establece una conexión marcando un número determinado. Una vez establecida la conexión, se puede intercambiar información en forma segura y ordenada. Luego de terminado intercambio de información, puede liberarse la conexión.

Servicios no orientados a la conexión

Toman su modelo del servicio de correos, donde el mensaje es enviado sin establecer previamente una conexión entre origen y destino. Cada mensaje debe contener la dirección completa de su destino. Dos mensajes enviados al mismo destino (dos cartas, en el ejemplo), pueden viajar por caminos completamente diferentes antes de llegar al destino, e incluso puede suceder que el mensaje enviado en segundo lugar llegue a destino antes que el enviado en primer lugar.

2.3.8 Tecnologías de transmisión

Redes de Difusión

Las redes de difusión tienen un solo canal de comunicación compartido por todas las máquinas de la red. Los paquetes cortos (llamados paquetes) que envía una máquina son recibidos por todas las demás. Un campo de dirección dentro del paquete especifica a quién se dirige. Al recibir el paquete, la máquina verifica el campo de dirección, si el paquete esta dirigido a ella, lo procesa; si esta dirigido a otra máquina lo ignora.

Los sistemas de difusión generalmente también ofrecen la posibilidad de dirigir un paquete a todos los destinos colocando un código especial en el campo de dirección. Cuando se transmite un paquete con este código, cada máquina en la red lo recibe y lo procesa. Este modo de operación se llama difusión (*broadcasting*). Algunos sistemas de difusión también contemplan la transmisión a un subconjunto de las máquinas, algo que se conoce como multidifusión.

Redes de Punto a Punto

Las redes de punto a punto consisten en muchas conexiones entre pares individuales de máquinas. Para ir del origen al destino un paquete en este tipo de red puede tener que visitar una ó más máquinas intermedias. A veces son posibles múltiples rutas de diferentes longitudes, por lo que los algoritmos de ruteo son muy importantes en estas redes.

2.3.9 Topologías de Red

En redes de datos se tienen las siguientes configuraciones básicas para la interconexión de dispositivos (ya sea de manera lógica o física):

Bus

Todos los dispositivos se encuentran conectados a un medio de transmisión de manera plana, es decir que la transmisión de uno es escuchada por todos al mismo tiempo.

Anillo

Aquí los dispositivos están conectados uno tras otro en cadena formando un anillo. Si un dispositivo quiere transmitir información a otro no directamente conectado, los dispositivos intermedios tendrán que retransmitir la información generada por el primer dispositivo hasta que llegue a su destino final.

Las topologías de bus y anillo son ejemplos de compartición de enlaces físicos, esto es, que todos los nodos utilizan el medio común de comunicación y cualquier señal que se genera en un nodo se propaga a todos los demás nodos activos. Sin embargo para que tenga efecto un intercambio de información confiable se debe establecer un enlace lógico entre los nodos involucrados.

Estrella

Es el tipo de topología física más común, y consiste de un dispositivo central al cual se conectan todos los demás dispositivos para su comunicación. Este nodo central se conoce como *HUB*

Malla

De uso común en redes WAN, consiste en la conexión entre dispositivos de acuerdo al interés de tráfico y de redundancia en conectividad.

2.3.10 Medios de transmisión

La conexión física entre dispositivos que integran una red de datos puede implementarse de muy diversas formas, que van desde el uso del par de cobre diseñado para las comunicaciones telefónicas, hasta la fibra óptica. En seguida se detallan las características de los medios de transmisión más comunes así como sus usos más comunes en el área de redes de datos.

Normalmente son utilizados tres tipos de cables en las redes locales:

Coaxial

Tipo de cable que consiste de un alambre central rodeado por una malla de alambre, separados ambos por un aislante. La malla está usualmente conectada a un sistema de tierras, y su función principal es minimizar la interferencia eléctrica y de radiofrecuencia. El cable coaxial se usa principalmente en la industria de televisión por cable y en redes de computadoras. Aunque es más caro que el cable telefónico, este es mucho menos susceptible a la interferencia y puede transportar muchos más datos

Uso en redes de datos:

- **Ethernet:** el cable coaxial es usado como medio de transmisión en dos implementaciones físicas de *Ethernet* 802.3, 10base2 y 10base5
- **Cable módem:** aprovechando la infraestructura física de las compañías de televisión por cable, la transmisión de datos por cable coaxial se ha vuelto una opción más de conectividad al Internet.
- **G.703:** una de las implementaciones físicas para la transmisión del primer orden de PDH (2048 kbps) es el uso de cable coaxial de 75 ohms. Usando como terminadores conectores BNC.
- **G.753:** una de las implementaciones físicas para la transmisión del tercer orden de PDH (34 368 Kbps) es el uso de cable coaxial de 75 ohms. Usando como terminadores conectores BNC.

Par torcido (TP: Twisted Pair)

El par torcido consta como mínimo de dos conductores aislados torcidos entre ellos y protegidos con una cubierta aislante. La implementación más común en redes de datos es la llamada UTP (*Unshield Twisted Pair*), que consiste de cuatro pares trenzados con una impedancia de 100 ohms. Otra implementación es la STP (*Shielded Twisted Pair*) de una impedancia de 150 ohms.

Uso en redes de datos:

- **Ethernet:** el par trenzado es usado en las siguientes implementaciones físicas de ethernet: 10baseT, 100baseT, 100baseT4.
- **Token Ring:** la implementación física usa cables UTP o STP con una distancia operando a 4 o 16 Mbps. Los cables que se conectan directamente a los dispositivos terminales son llamados "lobe" cables, los cuales son concentrados por dispositivos llamados MSAU (*Multi Station Access Unit*), formando topologías físicas tipo estrella. Los cables que interconectan MSAU's son llamados "patch" cables.

Fibra óptica

Es el medio de transmisión más moderno y avanzado. Utilizado cada vez más para formar la "espinas dorsal" de grandes redes. Las señales de datos se transmiten a través de impulsos luminosos y pueden recorrer grandes distancias (del orden de kilómetros) sin que se tenga que amplificar la señal.

Según los modos de implementación de la fibra para la propagación de luz dentro de ellas se tiene dos tipos: multimodo y monomodo. Para su uso y protección, la fibra es cubierta por amortiguadores, aislantes, mallas metálicas y en ocasiones gel.

Uso en redes de datos.

- **Ethernet:** la fibra óptica se usa en las siguientes implementaciones físicas de *Ethernet*: 100baseFX y 1000baseFX.
- **FDDI (Fiber Distributed Data Interface):** Usa fibra óptica como principal medio de transmisión, permitiendo distancias de 2 Km. usando fibra multimodo y de distancias aún mayores usando fibras monomodo
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy):** Tecnología de transmisión que usa fibra óptica entre la mayoría de sus dispositivos.
- **ATM (Asynchronous Transfer Mode):** Se usa como medio de transmisión principal a SDH, por lo que las interfaces hacia este son con fibras ópticas.

2.4 Multiplexación PDH y SDH

2.4.1 PDH: La Jerarquía Digital Plesiócrona

Introducción

Con la incursión de los sistemas digitales en los años 60, llegó la posibilidad de mejorar el rendimiento de las anteriores redes analógicas de telecomunicaciones. Estas redes estaban basadas en esquemas de modulación de frecuencia para la transmisión de canales de voz, pero esta técnica era muy rígida y degradaba la calidad de los canales debido a sucesivas modulaciones y demodulaciones analógicas, que introducían ruido en la señal transmitida.

El primer sistema de comunicaciones digitales fue instalado por los Laboratorios Bell en 1962 en USA, y consistía en 24 canales digitales de voz funcionando como lo que hoy es conocido como T1, esto es, 1544 kbit/s. De todas formas, esta tecnología no fue completamente adoptada hasta mediados de los años 70, dada la existencia de gran cantidad de sistemas analógicos de alto costo existentes, y dado que los semiconductores resultaban demasiado caros.

Aspectos Generales de PDH

El término plesiócrono se deriva del griego *plesio*, cercano y *chronos*, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente síncrona. La tecnología PDH, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad (bit rate), pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal.

Los canales de voz, y más concretamente, los canales telefónicos, son muestreados 8000 veces por segundo, de acuerdo con el criterio de Nyquist. De esta forma, cualquier tecnología de transmisión preparada para transportar esa información debe admitir una muestra del canal cada 125 μ s. Al ser PDH una técnica de TDM síncrono, la estructura de trama de cualquier trama PDH debe durar necesariamente 125 μ s, independientemente de el número de canales de voz transportados.

Dos aproximaciones han sido adoptadas, que difieren principalmente en el número de canales de voz que la trama contiene y en la forma en la que la señalización es transportada. La primera aproximación es la adoptada en Japón y USA, en la que 24 canales de voz son transportados en la trama. Además de esos 24 canales de voz, que son los que forman básicamente la trama T1, un único bit es añadido a esta trama lo que le proporciona alineamiento de trama y servicio mínimo de señalización. De esta forma, la capacidad total requerida es: $(24 \text{ canales} * 8\text{bit/canal} + 1\text{bit}) / 125 \text{ us} = 1,544 \text{ Mb/s}$.

Una aproximación diferente fue la adoptada en Europa, se tuvo un cuidado especial en proporcionar servicios de señalización y sincronización en la trama E1. En este caso 30 canales de voz son transportados por la trama, además de dos canales, de la misma capacidad que el canal de voz, que permiten la transmisión de información de alineamiento de trama, comunicación de alarmas y bits de CRC. Además, cada canal de voz es señalizado mediante un canal especialmente dedicado a ello, lo que permite disponer de 2 kbit/s de información de control para cada canal. De esta forma la capacidad total de transmisión en un enlace E1 es: $(32 \text{ canales} * 8 \text{ bits/canal}) / 125 \text{ us} = 2,048 \text{ Mb/s}$.

Estos circuitos pueden a su vez ser multiplexados dentro de circuitos de nivel más alto, dando lugar a las jerarquías de transmisión, requiriendo cada nivel más bits de control. La multiplexación PDH no está exento de problemas, los cuales surgen principalmente cuando se tienen que demultiplexar los circuitos transportados hasta cierto nivel, especialmente si es necesario extraer un canal de voz básico. Al tener todos los circuitos, en cada jerarquía su propio reloj, eso es, no hay una base de tiempos común para todos los sistemas (excepto, obviamente, en los que transmiten a la misma velocidad), no es posible extraer un circuito sin tener que demultiplexar completamente la señal hasta el nivel requerido. Este hecho se debe a una razón histórica, dado que los sistemas digitales han desplazado gradualmente a los anteriores sistemas analógicos, que tenían diferentes valores de temporización debido a razones tecnológicas.

La principal consecuencia de esta aproximación es que cada canal no tiene una asignación estricta en ningún *slot* temporal, y por lo tanto cada circuito es mapeado dentro de un nivel superior utilizando justificación, para acomodar cualquier diferencia en sus respectivos temporizadores. Es por esta razón que la jerarquía PDH es denominada plesiócrona, porque no es exactamente síncrona.

La justificación, o la inserción de bits para resolver la ausencia de información que se produce en ciertos momentos debido a diferencias de reloj, resuelven algunos

problemas, como el de la sincronización entre equipos terminales, pero también introduce otros. De estos problemas, uno de los más importantes, por lo menos cuando se considera el diseño de esta tecnología, es la necesidad de identificar el inicio de una nueva trama. Una vez que este inicio ha sido localizado, y dado que ya se conoce como la estructura de trama, es un procedimiento sencillo desmapear y extraer toda la información transportada en ese nivel.

Para realizar estas tareas se han desarrollado lo que se denominan “Multiplexores de Inserción y Extracción”, equipos que permiten añadir o sustraer cualquier señal hasta el nivel de detalle requerido. Ello incrementa el coste de la totalidad de la red PDH, dado que las líneas de transporte tienden a ser de la más alta velocidad posible, y que los circuitos a extraer serán, naturalmente, los de velocidad mas baja, que son los que la inmensa mayoría de usuarios demandan.

Otro factor a tener en cuenta, y uno importante, es la dificultad de realizar una correcta monitorización del estado de los enlaces, dado que es realmente difícil extraer e interpretar las señales de alarma. Ello hace más complicado reducir problemas en la red y corregir funcionamientos incorrectos.

Ordenes jerárquicos plesiócronicos

Actualmente los equipos PDH están siendo reemplazados por equipos de tecnología SDH en la mayoría de las redes de telecomunicación debido a las mayores capacidades de transmisión de estos y a sus mejores condiciones para la operación y mantenimiento centralizado.

- **Jerarquías de multiplexación**

En la tabla que sigue se muestran los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón.

Nivel	Norteamérica		Europa		Japón
	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación	Mbit/s
1	1,544	(T1)	2,048	(E1)	1,544
2	6,312	(T2)	8,448	(E2)	6,312
3	44,736	(T3)	34,368	(E3)	32,064
4	274,176	(T4)	139,264	(E4)	97,728

Tabla 2.1 Niveles de Multiplexación

Las velocidades de cada orden son levemente superiores al producto de la velocidad de tributario por el número de entradas, debido al agregado de información adicional (*OverHead*). A las jerarquías mencionadas se las denomina *Plesiócronicas PDH* porque el reloj usado en cada nivel de multiplexación es independiente de los otros niveles. En oposición se encuentra la jerarquía *Síncrona SDH* que adopta un solo reloj para toda la red.

2.4.2 SDH: La Jerarquía Digital Síncrona

Introducción

SDH es un estándar internacional para redes ópticas de telecomunicaciones de alta capacidad. Un sistema de transporte digital síncrono diseñado para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible para redes de telecomunicaciones.

En los últimos años los desarrollos realizados en fibras ópticas y semiconductores que se han aplicado a la transmisión de señales, han provocado por un lado una notable evolución técnica y económica y por otro la transición de analógica a digital. La clave para satisfacer los requerimientos crecientes de flexibilidad en las redes de comunicaciones es la utilización de la técnica de multiplexado síncrono, a diferencia del asíncrono (o plesiócrono) actual.

Principios básicos de SDH

En 1988, el CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico), basado en la primera parte de la norma SONET (Synchronous Optical Network), elaboró la llamada SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*, Jerarquía Digital Síncrona) con el mismo principio demultiplexado síncrono y capacidad de reserva. La primera jerarquía de velocidad síncrona fue definida como STM-1 (*Synchronous Transport Module*, Módulo de Transporte Síncrono) de 155.520 Mb/s. Este valor coincide con el triple de STS-1 de la red SONET

Los siguientes niveles se obtienen como $N \times \text{STM-1}$, habiendo definido el CCITT el $4 \times \text{STM-1} = 622.08 \text{ Mb/s}$ y $16 \times \text{STM-1} = 2488.32 \text{ Mb/s}$ (aproximadamente 2.5 Gb/s), encontrándose en discusión sistemas STM-8, STM-12 y STM-64 (10 Gbits/s). Todas las señales tributarias, de cualquier jerarquía y origen, deben poder acomodarse a la estructura síncrona del STM-1.

Problemas de la jerarquía digital síncrona

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 2 Mbit/s del sistema PDH hacia velocidades superiores.

La trama de 2Mb/s es síncrona. Lo que esto significa es que los intervalos de tiempo son síncronos 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, 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 de trama.

La trama de 2Mb/s es síncrona 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 y los *cross-connects* 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 multiplexador y la señal multiplexada de 2Mb/s.

La velocidad con que llegan y se escriben en las memorias elásticas los datos de cada canal es determinada por la velocidad de línea de la trama recibida. La velocidad con que se leen los datos se encuentra condicionada por el reloj interno de la central o *cross-connect*, con el cual generan las tramas que transmiten. Si la información a la entrada llega más rápidamente de lo que puede ser leída, la memoria elástica se llena hasta desbordar. Para evitar el desborde, el nodo de la red tira uno o varios octetos de información a la basura, vaciando la memoria elástica y permitiendo que de nuevo se vaya llenando lentamente (según la diferencia entre los relojes de escritura y lectura) hasta que sea necesario un nuevo vaciado. Esta acción corta un trozo de la secuencia de bytes transmitidos, constituyendo un *slip* negativo.

Puede darse el caso contrario. Si el reloj de escritura es más lento que el de lectura, la tendencia de la memoria elástica es a vaciarse. Cuando esto ocurre el nodo de la red deja de leer información reciente, transmitiendo uno o varios octetos viejos sin borrar el contenido de la memoria elástica, que de esta forma se vuelve a llenar. Estas repeticiones se llaman *slips* positivos. Los deslizamientos normalmente no son perjudiciales para las señales de voz, sin embargo pueden traer problemas en la transmisión de datos. Aplicar este concepto a SDH sería inadmisible, ya que si los nodos introdujeran *slips*, los receptores perderían el sincronismo al perder o ver repetidos trozos de secuencia.

Principio de interconexión de una red SDH

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.

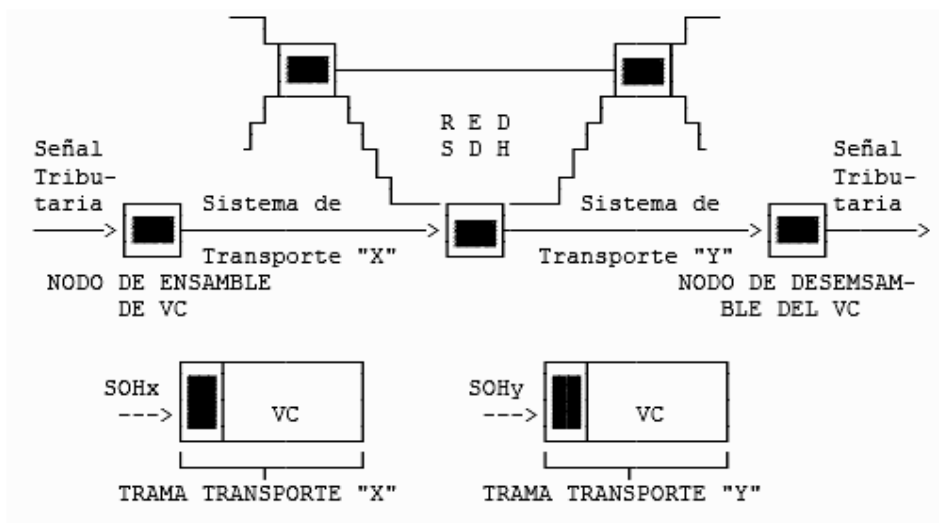


Figura 2.15 Interconexión SDH

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

Aplicaciones

La jerarquía SDH genera una nueva serie de productos, desde los multiplexores 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, "*cross-connect*" (con conexión cruzada) programables, "*drop insert*" (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.

Los "*drop-insert*" (DI) permiten derivar señales e insertar nuevas de menor capacidad en una línea principal, facilitado también por el sincronismo. Pero el equipo con mayor futuro, en las redes de telecomunicaciones es el "*cross-connect*" (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. La aplicación de estos equipos redundante en una mayor flexibilidad de las redes.

2.4.3 Comparación entre las jerarquías digitales

Otro campo posible de aplicación es en las redes de abonados digitales, sobretodo por la casi inexistencia de redes asincrónicas de este tipo. En la siguiente tabla se muestra una comparación entre las jerarquías digitales plesiócronas (PDH) y sincrónicas (SDH).

	PDH	SDH
Tipo de red	Plesiócrona Asincrónico Intercalación por bits	Sincrónica Sincrónico con punteros. Intercalación por byte
Tipo de Multiplexado		
Estructura de trama	Distinta para cada nivel Justificación positiva de bits	Idéntica en todos los niveles Justificación positiva cero-negativa de byte
Adaptación de tiempo		
Acceso a canales de bajo nivel	Solo por demultiplexado. No especificadas las mayores de 140Mb/s.	Por simple evaluación del puntero Especificada Nx155.52 Mb/s Hasta N-255
Velocidades máximas		

Tabla 2.2 Comparación de Jerarquías

2.4.4 Estrategias de migración PDH a SDH

Un tema importante es el balance entre las ventajas ofrecidas por el sistema SDH y el costo inherente a invertir en estas redes. Se impone entonces una estrategia de evolución desde PDH a SDH. Hay tres caminos alternativos, cada uno con sus ventajas y desventajas, algunos operadores de redes pueden encontrar necesario adoptar estrategias mixtas como la mejor respuesta al estado actual de sus redes y requerimiento de servicios.

Los acercamientos son:

- TOP-DOWN (método de capa o nivel)
- BOTTOM-UP (método de rama o isla)
- PARALLEL (método de extensión (*overlay*))

A continuación se muestra en la tabla cada uno de estos métodos:

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CAPA	Rápido progreso, una vez que una cantidad mínima de equipo se ha instalado.	La inversión precede a los beneficios de la utilización inicial de los recursos de SDH
ISLA	Mejoras en la calidad y acceso a los servicios; posibilidad de compartir puentes entre varias islas para disminuir la inversión inicial. Permite que áreas de bajo tráfico (zona rural) puedan migrar cuando su tráfico crezca y no antes	La funcionalidad completa del SDH no se obtiene a nivel nacional
PARALELO	Provee un sistema completo SDH para poner a prueba. Permite introducir servicio de premios y capacidades adicionales	Costo adicional de dos redes. Administración compleja de red. Los puentes pueden ser costosos y no reutilizables

Tabla 2.3 Métodos Señalados como Estrategia de Migración

SDH ofrece dos beneficios principales: gran flexibilidad de configuración en los nodos de la red y aumenta las posibilidades de administración tanto del tráfico como de los elementos de la red.

Esto hace que una red pueda ser llevada desde su estructura de transporte PDH pasiva a una que activamente transporte y administre información.

Características de SDH

- Auto-Reparable : reenrutamiento automático del tráfico sin interrupción del servicio
- Servicio sobre demanda: rápida provisión de servicios punto a punto bajo demanda.
- Acceso flexible: administración flexible de una gran variedad de servicios de ancho de banda fijo.

El estándar SDH también favorece la creación de estructuras de redes abiertas, incrementando la competencia en la provisión de servicios.

Ventajas y desventajas de SDH

- **Ventajas de SDH respecto a PDH**

- El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
- El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son sincronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la red.
- Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.
- Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores, esto gracias a los estándares internacionales.

- **Desventajas de SDH respecto a PDH**

- Algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.
- Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH, se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de bytes destinados a la cabecera de sección es muy grande, lo que nos lleva a perder eficiencia.

2.5 Tecnologías de Transporte

2.5.1 X.25

Introducción

X.25 es un protocolo de transmisión de paquetes que define procedimientos para el intercambio de datos entre un dispositivo del usuario, generalmente llamado equipo terminal de datos (DTE, *Data Terminal equipment*), y un nodo de la red llamado equipo terminal de circuito (DCE, *Data Circuit-terminating equipment*). El DCE es la interfase entre la red y el DTE del usuario. El DTE puede ser una computadora, una terminal o una estación de trabajo. La figura 2.16 muestra la arquitectura de una red conmutada por paquetes comparándola con la situación análoga que se tiene en el lazo local telefónico regular. El DTE se conecta al DCE, lo cual equivale a la conexión del suscriptor telefónico con la oficina central.



Figura 2.16 El protocolo X.25 comparado con el lazo local telefónico

A principios de los setenta, existían muchas redes de comunicación desarrolladas por diferentes compañías, organizaciones, y agencias de gobierno. Cada una de estas redes estaba diseñada principalmente para su uso propio. Por lo tanto, uno podía pensar que difícilmente tendrían algún tipo de interfase para interconectarse. Sin embargo, con el paso del tiempo, las redes fueron creciendo muy rápido por lo que se vio la necesidad de tener un protocolo de interfase de red común. Esta es la razón por la que el X.25 se convirtió en una recomendación estándar diseñada por el CCITT y que es revisado y reeditado cada cuatro años. La meta del X.25 es proveer un conjunto limitado de reglas de interfase para una red de comunicación de datos por paquetes. X.25 ha simplificado la tarea comunicar productos de diferentes fabricantes entre ellos mismos y con redes de paquetes.

En México, a finales de los setenta, se creó la RPTD (Red Pública de Transmisión de Datos), la cual posteriormente se llamó TELEPAC, la cual fue de las primeras redes públicas en México en transmitir paquetes a través de la recomendación de X.25, en la década de los ochentas nace la red de INFONET. Posteriormente en 1995 nace la Red Pública de Datos UniNet, ofreciendo servicios basados en las recomendaciones de X.25, Frame Relay e IP, la cual cuenta con la mayor cobertura a nivel nacional.

Actualmente X.25 en México es empleado por algunos clientes de Uninet que aún conserva una pequeña cantidad de ellos, ya que la mayoría han migrado a nuevas tecnologías como las que más adelante mencionaremos.

Aspectos Generales de X.25

La recomendación X.25 provee procedimientos comunes para el intercambio de datos entre un DTE y un DCE. Tales procedimientos como establecer una conexión con la red, intercambiar datos con otro DTE, terminar la conexión son llevados a cabo. Los procedimientos también incluyen algunas funciones como identificar los paquetes de terminales de usuario específicas o computadoras (con números de canal lógico o LCN, *Logical Channel Number*), reconocimiento y rechazo de paquetes, facilitando recuperación por errores y control de flujo.

La recomendación no contiene técnicas de conmutación y algoritmos de enrutamiento. Esto se debe al hecho de que X.25 solo trata con las comunicaciones entre el DTE y el DCE. No se ocupa de las operaciones internas de la red de paquetes. Sin embargo, el X.25 es generalmente utilizado en redes con conmutación de paquetes. Para el enrutamiento, la decisión se deja a la red individual. Los dos tipos más comunes son enrutamiento fijo y enrutamiento dinámico.

Estructura de X.25

La estructura del X.25 se basa en los protocolos de capas y en el modelo de referencia OSI. El X.25 solamente se ocupa de las capas más bajas: física, de enlace de datos, de red.

– Capa Física

Se ocupa de la señalización y de los niveles eléctricos de voltaje. Incluye muchos estándares tales como V.35, RS232 y el X.21.

– Capa de Enlace de Datos (*Frame Level*)

El nivel de trama provee una transmisión confiable, y libre de errores entre el DTE del usuario y el nodo de la red, DCE. Su tarea incluye detección de errores, control de flujo y reporte de cualquier problema en la transmisión al nivel de paquetes (capa de red). La palabra “trama” es utilizada para representar una unidad de datos individual transmitida entre dos estaciones (DTE y DCE). Esta unidad de trama de datos contiene una dirección, campo de control, campos de información, etc. Después de pasar un paquete de X.25 del nivel de paquete de una estación a su nivel de trama, este paquete es insertado en la trama como un campo de información. Ésta trama será enviada a la capa física para su transmisión real.

Existen varios protocolos que se pueden usar en el nivel de trama del X.25. El más común es el LAPB (*Link Access Protocol Balanced*).

– Capa de Red (*Packet Level*)

El nivel de paquete se ocupa de la creación de paquetes X.25, asignando canales lógicos, y manejando el control de flujo de paquetes y su secuencia.

Servicios X.25

La recomendación X.25 especifica dos tipos de servicios que pueden ser ofrecidos por una portadora: *servicio de llamada virtual (VC)* y *servicio de circuito virtual permanente (PVC)*.

– **Servicio de llamada virtual (VC)**

Antes de la transmisión de cualquier paquete de datos en un servicio VC, se debe de llevar a cabo una conexión virtual entre un canal lógico DTE de llamado y el canal lógico DTE destino. Esto es análogo a hacer una llamada telefónica antes de comenzar la conversación. Paquetes especiales con secuencias de bits específicas son utilizados para establecer y desconectar la conexión virtual.

Después de haber hecho la conexión virtual, los dos DTE proceden con una transmisión en ambos sentidos hasta que un paquete para desconectar sea transmitido. El término virtual es utilizado porque no existe una ruta física fija en la red. Los puntos terminales son identificados como canales lógicos en los DTE en cada extremo de la conexión, pero la ruta para cada paquete varía dependiendo del tráfico de la red.

– **Servicio de circuito virtual permanente (PVC)**

El servicio PVC es similar al VC ya que no existe una conexión física fija de extremo a extremo y la red inteligente provee la transferencia de datos entre los canales lógicos y cualquiera de los dos DTE. Un servicio PVC es análogo a un servicio de línea privada.

Otras similitudes entre PVC y VC es que la red tiene que entregar los paquetes en el orden preciso en el cual fueron enviados para su transmisión sin tomar en cuenta los cambios de ruta debido a la carga de la red o a fallas en el enlace; y cuenta con facilidades equivalentes tales como control de errores y análisis de fallas.

La diferencia entre el PVC y el VC es el método de interconexión. Un servicio PVC se establece por una petición al portador (*carrier*) dando el servicio de red conmutada por paquetes. Una vez que el PVC se ha establecido, las terminales necesitan transmitir solamente paquetes de datos en los canales lógicos asignados por el *carrier*.

Cada DTE puede tener varios canales lógicos activos simultáneamente con la interfase del X.25. Esto significa que algunos canales pueden ser utilizados por PVC y otros por VC al mismo tiempo.

Ejemplo de servicio X.25

Mencionaremos el caso de un cliente con servicios de tecnología X.25 y sus características:

Cliente:

Telefónica Data de México, S.A. de C.V.

Nombre del servicio:

Servicio de Transmisión de Datos por Conmutación de Paquetes a través de la Red de TDM soportando el protocolo X.25

Descripción del Servicio:

La prestación de este servicio está dirigida al entorno corporativo de Clientes Grandes, especialmente para quienes la confiabilidad de sus comunicaciones es un factor crítico (sector financiero).

Las características fundamentales de este servicio son:

- Requiere una conexión dedicada a la red TDM mediante una línea de acceso contratada con un operador local o bien de una conexión conmutada cuando el cliente ya cuenta con una dirección X.121 permanente dentro de la red u otras redes con las que TDM tenga conexión.
- Facturación del servicio sobre la base de tarifa fija, por cantidad de tráfico transmitido o ambas.
- El equipamiento de acceso a la red (*PDA, Router, switch, etc*) es responsabilidad del cliente.

Precios.

Los precios incluidos en el presente libro son en pesos moneda de curso legal en los Estados Unidos Mexicanos, sin incluir IVA (Impuesto al Valor Agregado).

Un puerto dedicado X.25 de la red de TDM para conexión con otros puertos dedicados nacionales, servicios de información tipo BBS (*Bulletin Board Service*) o acceso mediante marcado telefónico conmutado desde México.

Cargos de Contratación.	\$7000.00 - \$15,000.00
Renta Mensual.	\$4,000.00 - \$6,750.00

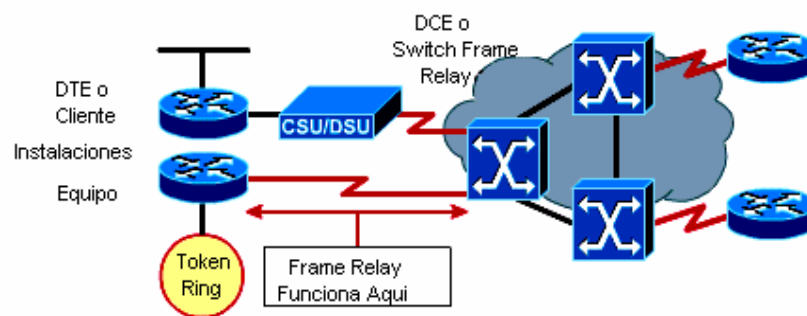
2.5.2 Frame Relay

Figura 2.17 Tecnología Frame Relay

Introducción

Propuestas iniciales para la estandarización fueron presentadas a la CCITT en 1984, aunque no hubo un gran avance entre la interoperabilidad de equipos hasta 1990

cuando Cisco, *Digital Equipment*, *Northern Telecom* y *StrataCom* formaron un consorcio enfocado al desarrollo de la tecnología *Frame Relay*. Este consorcio desarrollo una especificación que era conformada por las especificaciones básicas del protocolo (en ese entonces aún en revisión por la CCITT) y extensiones que proveían mejoras y aplicaciones más complejos. Estas extensiones son conocidas colectivamente como *Local Management Interface* (LMI).

La ANSI y la CCITT estandarizaron después sus propias variaciones de la especificación original LMI.

Frame Relay es descrita como la versión estilizada de X.25, ya que aprovechando la confiabilidad de los medios de transmisión digitales, algoritmos robustos para la detección y corrección de errores ya no son implementados, haciendo su operación más rápida y eficiente.

Las redes y el equipo de cómputo actuales tienen la potencia para trabajar con velocidades mucho más rápidas y transferir grandes cantidades de datos. Con la complejidad de las redes actuales, la administración puede resultar más compleja si no tiene las herramientas adecuadas. Cada ambiente es una combinación única de equipos de diferentes fabricantes. Frame Relay utiliza tecnología de conmutación de paquetes, similar a la X.25, pero es más eficiente y puede hacer que la red sea más rápida, sencilla y menos costosa.

Aspectos Generales de Frame Relay

Frame Relay es un protocolo WAN que opera en las capas 1 y 2 del modelo de referencia OSI. Originalmente fue desarrollado para usarse a través de interfases ISDN, pero hoy en día es usado sobre una gran variedad de interfases.

Además es una tecnología de conmutación de paquetes que permite a estaciones compartir dinámicamente el acceso a la red y el ancho de banda disponible. Tramas de longitud variable son usadas para una transmisión flexible y transparente, las cuales son conmutadas a través de varios segmentos de red hasta alcanzar su destino final. Técnicas de multiplexado estadístico controlan el acceso al medio, dando mayor flexibilidad y eficiencia al uso del ancho de banda disponible en la red.

Frame Relay es totalmente digital, reduciendo la posibilidad de error y ofreciendo excelentes velocidades de transmisión. La red Frame Relay típica trabaja de 56 ó 64 Kbps a 1.544 ó 2.048 Mbps.

Frame Relay fue desarrollada para resolver problemas de comunicaciones que otros protocolos no podían hacer: La creciente necesidad de alta velocidad, mayor ancho de banda eficiente, (tráfico "pesado"), un incremento de dispositivos de red inteligentes que disminuyen el procesamiento del protocolo y la necesidad de conectar LANs y WANs (*LAN-Local Area Network*, *WAN-Wireless Area Network*).

Dispositivos empleados en Frame Relay

Los dispositivos conectados a una WAN Frame Relay caen dentro de una de dos categorías generales: DTE (Equipo Terminal de Datos). Los DTEs, en general, se consideran equipo de terminal para una red específica y, por lo general, se localizan en

las instalaciones de un cliente. Algunos ejemplos de los dispositivos DTE son las terminales, computadoras personales, enrutadores y puentes (*bridges*).

Los DCE son dispositivos de interconexión del propietario de la compañía de larga distancia. El propósito del equipo DCE es proporcionar los servicios de temporización y conmutación en una red, que son en realidad los dispositivos que transmiten datos a través de la WAN. En la mayoría de los casos, éstos son *switches* y enrutadores.

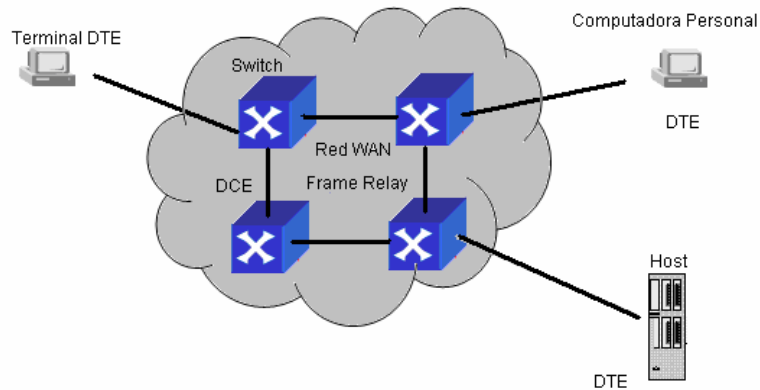


Figura 2.18 Dispositivos de Frame Relay

Función de Frame Relay

Envía información en paquetes, llamados tramas a través de una red compartida Frame Relay. Cada paquete contiene toda la información necesaria para enviar la información al destino correcto. Por lo que, cada punto terminal puede comunicarse con muchos destinos desde un sólo enlace de acceso a la red.

En lugar de tener asignado una cantidad fija de ancho de banda, los servicios Frame Relay ofrecen una Tasa Comprometida de Información (CIR) a la cual los datos son transmitidos. Pero si el tráfico y el contrato de su servicio lo permiten, los datos pueden ir a una velocidad más rápida de la que ha sido contratada.

Beneficios de Frame Relay

- **Frame Relay Privada**
 - Comparte puerto y enlaces
 - Ancho de Banda bajo demanda
 - Alta caudal y bajo retardo
 - Fácil expansión de la red
 - Fácil transición desde redes existentes
 - Coexistencia y simbiosis con LANs
 - Simplifica la administración de la red
 - Basada en estándares

– **Frame Relay Pública**

- Reduce los costos de transmisión a larga distancia
- Bajo costo de puesta en marcha
- Soporte de una variedad de equipos de usuario
- Permite la transmisión de ráfagas excediendo la clase de rendimiento o *throughput* el cual se refiere a cuántos datos se mueven durante una cierta cantidad de tiempo

2.5.3 IP

Introducción

En general una red de comunicaciones se compone de diferentes medios, los cuales deben garantizar la comunicación entre sí de todos los equipos conectados a la red. El nivel de red (del modelo de referencia OSI) oculta los detalles del medio, ofreciendo al usuario la imagen de una única red, aunque dicha red esté formada por varias redes distintas en medios físicos diferentes.

Así este nivel se encarga principalmente de la comunicación extremo a extremo y el enrutamiento. Además de que:

- Provee una red virtual única independiente de los medios físicos y protocolos de enlaces.
- Cada equipo que se conecta debe tener al menos una dirección que lo identifica dentro de la red, por lo que provee de un direccionamiento uniforme independiente de las redes físicas
- Aísla a la capa de transporte.
- Se encarga del establecimiento de rutas.
- Control de congestión dentro de la red.
- Adaptación al tamaño de trama del nivel de enlace.

El protocolo IP es el más utilizado para la interconexión entre redes y cuando se diseñó se tomó en cuenta la interconexión entre redes. Su trabajo es proporcionar un medio para el transporte de datagramas del origen al destino, sin importar si estas máquinas están en la misma red, o si hay otras redes entre ellas. IP es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. IP es el principal protocolo de la capa de red.

Aspectos Generales de IP

IP es el encargado de elegir la ruta más adecuada por la que los datos serán enviados. Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o

datagramas. En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

El Protocolo de Internet provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado “del mejor esfuerzo” (*best effort*)). IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante *checksums* o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar.

El protocolo IP cubre tres aspectos importantes:

1. Define la unidad básica para la transferencia de datos en una red interna, especificando el formato exacto de un Datagrama IP.
2. Realiza las funciones de enrutamiento.
3. Define las reglas para que los *host* y enrutadores procesen paquetes, los descarten o generen mensajes de error.

Los datos proporcionados por la capa de transporte son divididos en datagramas y transmitidos a través de la capa de red. Durante el camino puede ser fragmentado en unidades más pequeñas si deben atravesar una red o subred cuyo tamaño de paquete sea más pequeño. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de como estén de congestionadas las rutas en cada momento.

En la máquina destino, estas unidades son reensambladas para volver a tener el datagrama original que es entregado a la capa de transporte, por lo tanto, la cabecera deberá llevar la dirección de origen y la de destino, y deberán existir tablas de enrutamiento para el direccionamiento del datagrama. Por otro lado se trata además de un servicio no fiable, es decir, se pueden producir pérdidas, duplicaciones y/o desorden en la llegada de las tramas al destino.

El Datagrama IP

El esquema de envío de IP es similar al que se emplea en la capa de acceso. En esta última se envían tramas formadas por un encabezado y los datos. En el encabezado se incluye la dirección física del origen y del destino.

El datagrama IP es la unidad básica de transferencia entre el origen y el destino. Este datagrama viaja en el campo de datos de las tramas físicas de las distintas redes que va atravesando. El propio datagrama IP tiene también un campo de datos: será aquí donde viajen los paquetes de las capas superiores, estos también incluyen un encabezado, pero las direcciones empleadas son direcciones IP.

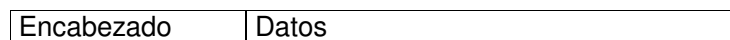


Figura 2.19 Datagrama IP

Un datagrama IP consiste en una parte de cabecera y en una parte de texto como se muestra en la Figura 2.19. La cabecera tiene una parte fija de 20 bytes y una opcional de longitud variable. El formato de la cabecera se muestra en la figura 2.20:

Version	Hlen	TOS	Longitud Total	
Identificación			Flags	Desplazamiento De Fragmento
TTL		Protocolo	Header Checksum	
Dirección IP de la Fuente				
Dirección IP del Destino				
Opciones IP (Opcional)				Relleno
DATOS				

Figura 2.20 Formato de la cabecera de IP

Implementación de IP sobre diferentes redes

Mientras que hace unos años se predecía que las redes ATM iban a hacer posible la convergencia de los servicios de voz, datos y vídeo, hoy se cree que el futuro pasa por IP

La popularidad de Internet ha propiciado una tendencia hacia el desarrollo de redes basadas en IP, que se ha convertido en un estándar. Mientras que en el tráfico por primera vez los datos (de Internet) superan a la voz. Esto presenta como ventajas fundamentales la facilidad con que pueden generarse nuevos servicios y la proliferación de terminales "inteligentes" que permitan el acceso simultáneo a múltiples servicios. La tremenda diferencia entre el crecimiento de Internet (del orden del 100 al 120 % anual) y el de los servicios de voz (10% anual) apunta a que esta tendencia se vaya a mantener en el futuro.

Hay una clara tendencia a pasar del modelo de conmutación de circuitos al de conmutación de paquetes, entre otras razones por la ineficiencia que presenta la conmutación de circuitos para el transporte de datos. Además, los proveedores de servicios muestran un creciente interés por cambiar sus infraestructuras de manera que permitan ofrecer a sus clientes múltiples servicios integrados en una sola conexión.

Si se mantiene esta tendencia, los servicios basados en IP tenderán a reemplazar a sus equivalentes de tecnologías tradicionales, ayudando a la convergencia de las numerosas redes existentes en una sola basada en IP

- IP sobre ATM

En conmutación, IP sobre ATM debería dejar su lugar a una sola capa IP en la que MPLS reemplace las funcionalidades de ATM como a continuación se explica:

Análogamente, se espera que en el nivel físico SONET/SDH sobre DWDM se vean reemplazados por lo que a menudo se denomina Red Óptica Inteligente o ION (*Intelligent*

Optical Network). ION hace posible un transporte aún más veloz con unos costes todavía más reducidos, reemplazando una capa entera de costoso equipamiento SONET/SDH con software. ION no se limita sólo a proporcionar las mismas funcionalidades que SONET/SDH, como fiabilidad y restauración del servicio, sino que también añade otras adicionales, como *point-and-click provisioning* o gestión del rendimiento de la red.

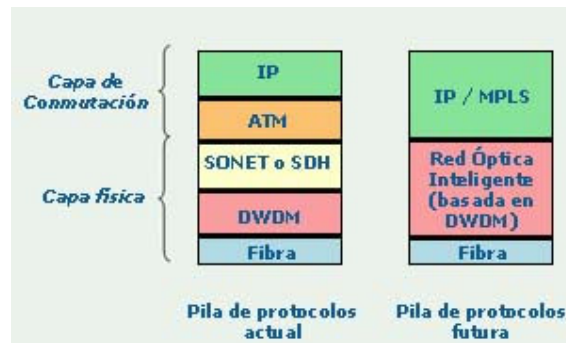


Figura 2.21 Capas de las Redes de Nueva Generación

Las redes basadas en el protocolo IP, entre las que se encuentra Internet, fueron concebidas para dar el mejor servicio posible en cada momento adicional al servicio telefónico. Por este motivo es necesaria la introducción de mecanismos en las redes que permitan suplir las deficiencias del protocolo IP y aportar los mecanismos que permitan controlar la calidad de las comunicaciones.

– Tendencias Actuales

Las tendencias actuales apuntan hacia el uso de los siguientes mecanismos:

- **MPLS:** Permite controlar el camino por el que pasa la información de cada una de las comunicaciones. Con ello será posible elegir la mejor ruta para cada comunicación en función de sus requisitos de calidad.
- **Diffserv:** Este mecanismo permite que cada uno de los nodos que forman la red sean capaces de tratar de distinta forma a cada una de las comunicaciones que pasan por él. Para ello el mecanismo da prioridad a aquellas comunicaciones que, como la voz, necesitan cumplir con unos requisitos más estrictos.

Por otra parte la incorporación de la tecnología MPLS a las redes IP facilita la aplicación de las teorías de dimensión de tráfico desarrolladas para las redes tradicionales.

Calidad de servicio en redes IP

Debería ser posible añadir la capacidad de calidad de servicio sin que fuera necesario sustituir toda la red IP por sistemas de la siguiente generación. Muy al contrario, se necesita un enfoque que tome la red existente tal como es y que permita garantías de calidad de servicio para servicios específicos mediante la adición de nuevos equipos.

Para conseguir la calidad de servicio de extremo a extremo se requieren los siguientes elementos:

- Los nodos de red han de ser capaces de garantizar la calidad de servicio.
- Existe un procedimiento para identificar una ruta entre el origen y el destino que puede ofrecer la calidad de servicio requerida.
- Existe reserva de recursos, es decir, se notifica a todos los nodos que se encuentran a lo largo de la ruta identificada que necesitan reservar los recursos para garantizar la calidad de servicio solicitada.

El MPLS es importante por dos razones. Por un lado presenta un enfoque orientado a la conexión, y permite la ingeniería de tráfico.

En lo que se refiere a calidad de servicio, la red de IP basada en el MPLS del futuro es muy similar a la red de ATM con dos diferencias:

- El contenido de la cabecera IP determina cómo se enruta el tráfico a través de la red.
- La red no está totalmente orientada a la conexión (como una red de ATM) sino que proporciona una infraestructura uniforme que combina un enfoque basado en la calidad de servicio orientado a la conexión, con un enfoque tradicional sin conexión y controlado por topología.

IP y las Redes de Próxima Generación

La idea que da origen a las Redes de Próxima Generación es la consideración de que cualquier información puede ser fragmentada en paquetes utilizando el protocolo IP (*Internet Protocol*) como medio de transporte; de lo que resulta un proceso de manipulación, almacenamiento y distribución de señales que genera todo un universo digital. A su vez, estas redes, basadas en IP, permiten la integración de múltiples servicios, que hasta hace poco tiempo requería de la intermediación de una plataforma dedicada para cada servicio. Hoy en día no resulta sorpresa ver como empresas que antes operaban de manera separada (empresas de cable, telefónicas) ya pueden unificarse y proporcionar toda una gama de servicios a través de sus redes IP (“*EoIP*” – *everything over IP*, Todo sobre IP). Estas redes IP o NGN traen consigo la capacidad de ofrecer múltiples e inimaginables servicios de valor agregado.

2.5.4 ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)

Introducción

ATM es un estándar de la ITU-T para la transmisión de celdas con información de múltiples servicios tales como voz, video y datos. ATM tuvo sus orígenes en 1988 cuando la ITU-T seleccionó ATM como la base para desarrollar el estándar B-ISDN (*Broadband Integrated Services Digital Network*), y fue concebida originalmente como una tecnología de alta velocidad para voz, video y datos sobre redes públicas.

La primera referencia del ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) tiene lugar en los años 60 cuando un norteamericano de origen oriental perteneciente a los laboratorios Bell describió y patentó un modo de transferencia no síncrono.

Sin embargo el ATM no se hizo popular hasta 1988 cuando el CCITT decidió que sería la tecnología de conmutación de las futuras red ISDN en banda ancha. Conseguido este primer objetivo y desechando los esquemas de transmisión síncronos, se empezaron a discutir aspectos tales como el tamaño de las células.

Por un lado los representantes de EEUU y algún otro país proponían un tamaño de células grande de unos 128 bytes: *'cuanto mayor es el tamaño de las células menor es el overhead -parámetro muy importante cuando se desean transmitir datos-'* era su argumento. Sin embargo los representantes de los países europeos el tamaño ideal de las células era de 16 bytes, y señalaron que un tamaño de célula de 128 bytes provocaría retardos inaceptables de hasta 85 ms. Este retardo no permitiría la transmisión de voz con cierto nivel de calidad a la vez que obligaba a instalar canceladores de eco.

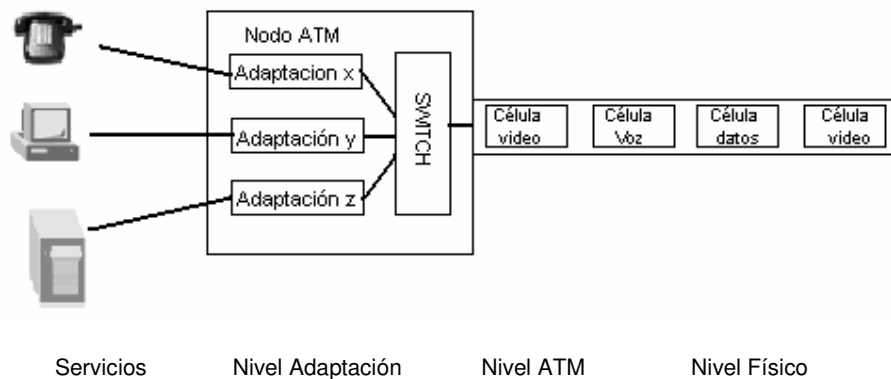


Figura 2.22 Arquitectura de un nodo de acceso ATM

El Nivel de Adaptación AAL adapta y segmenta el tráfico en trozos de 48 bytes. El Nivel ATM recibe los segmentos a los que añade la cabecera de 5 bytes creando de ese modo la célula de 53 bytes. Finalmente el Nivel Físico acepta las células y las convierte en señales ópticas o eléctricas dependiendo del medio de transmisión utilizado.

Aspectos Generales de ATM

El ATM puede ser considerado como una tecnología de conmutación de paquetes en alta velocidad con unas características particulares:

- Los paquetes son de pequeño y constante tamaño (53 bytes).
- Es una tecnología de naturaleza conmutada y orientada a la conexión.
- Los nodos que componen la red no tienen mecanismos para el control de errores
- Control de flujo.
- El *header* de las células tiene una funcionalidad limitada.

Simplificando al máximo podemos ver que una red ATM está compuesta por nodos de conmutación, elementos de transmisión y equipos terminales de usuarios. Los nodos son capaces de enrutar la información empaquetada en células a través de rutas conocidas como "Conexiones de Canal Virtual".

Jerarquía de transmisión

Bajo un punto de vista basado exclusivamente en la transmisión, el ATM se puede dividir en tres niveles que se combinan de forma jerárquica de modo que cada capa superior puede tener uno o varios de los elementos inferiores.

– Nivel Modo de Transferencia Asíncrona (ATM)

Encargado de construir las cabeceras de las células ATM, responsable del ruteo y el multiplexado de las células a través de los Canales y Rutas Virtuales. También es misión suya el control del flujo de datos y la detección de errores ocurridos en la cabecera aunque no en los datos.

– Modelo de Referencia ATM/B-ISDN

La arquitectura ATM usa un modelo lógico para describir la funcionalidad que soporta. Las funcionalidades de ATM abarcan la capa física y parte de la capa de enlace del modelo OSI. El modelo ATM está compuesto por tres planos que abarcan todas las capas:

1. Control.- Este plano es responsable de generar y administrar solicitudes de señalización.
2. Usuario.- Este plano es responsable de administrar la transferencia de información.
3. Administración.- Este plano ha sido dividido en dos planos más:
 - 3.1 Administración de capas (*Layer Management*) administra funciones específicas de cada capa como la detección de fallas y problemas con los protocolos.
 - 3.2 Administración de planos (*Plane Management*) administra y coordina funciones relativas o el sistema completo. Actualmente es un concepto abstracto con poca estandarización. Cumple un papel de administrador global del sistema.

Capa Física (*Physical Layer*) provee transmisión de celdas ATM sobre un medio físico que conecta dispositivos ATM.

La capa ATM (*ATM Layer*) combinada con la capa de Adaptación ATM (*AAL*), es análoga a la capa de enlace del modelo de referencia OSI. La capa ATM es responsable de establecer conexiones y pasar las celdas por la red ATM. Todo esto lo hace con la información del encabezado de cada celda ATM.

Capa de Adaptación ATM (*AAL*)

La función principal de la capa de Adaptación ATM (*AAL*) es convertir flujos de celdas en formatos que pueden ser usados por un amplio rango de aplicaciones (voz y video conferencia)

– Dispositivos ATM

Una red ATM consiste de *switches* ATM y dispositivos finales ATM.

El *switch* es responsable del tránsito de las celdas a través de la red ATM, su trabajo está bien definido: acepta celdas de entrada de un dispositivo final u otro *switch*, entonces actualiza la información en el encabezado (H) de la celda y rápidamente la conmuta a una interfase de salida hacia su destino

El dispositivo final ATM contiene una interfase ATM. Ejemplos de dispositivos finales son enrutadores, estaciones de trabajo, LAN, *switches*, etc.

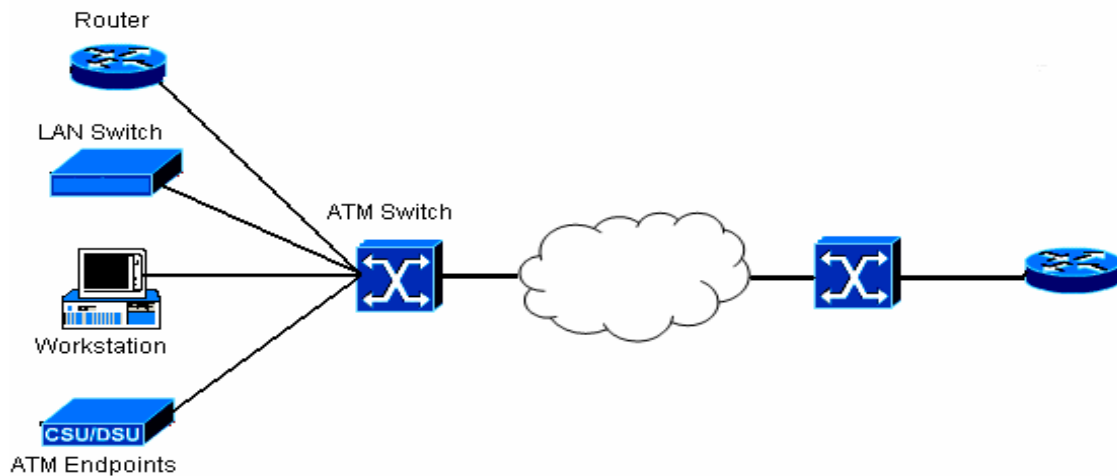


Figura 2.23 Dispositivos ATM

Interfases de red ATM

Los *switches* en la red ATM se conectan a través de enlaces punto-a-punto o interfases. Los *switches* ATM soportan dos tipos primarios de interfases: UNI y NNI.

La interfase UNI conecta dispositivos finales a un *switch* ATM. La interfase NNI conecta dos *switches* ATM.

Dependiendo si el *switch* pertenece o está localizado en las instalaciones de un cliente o pertenece y está operado por una institución pública, UNI y NNI pueden subdividirse en UNIs y NNIs públicas y privadas.

Una UNI privada conecta un dispositivo final con un *switch* ATM privado. Su contraparte pública conecta un dispositivo final o *switch* ATM privado con un *switch* ATM público. Una NNI privada conecta dos *switches* ATM dentro de la misma organización privada, mientras que un NNI público conecta dos *switches* ATM dentro de la misma organización pública.

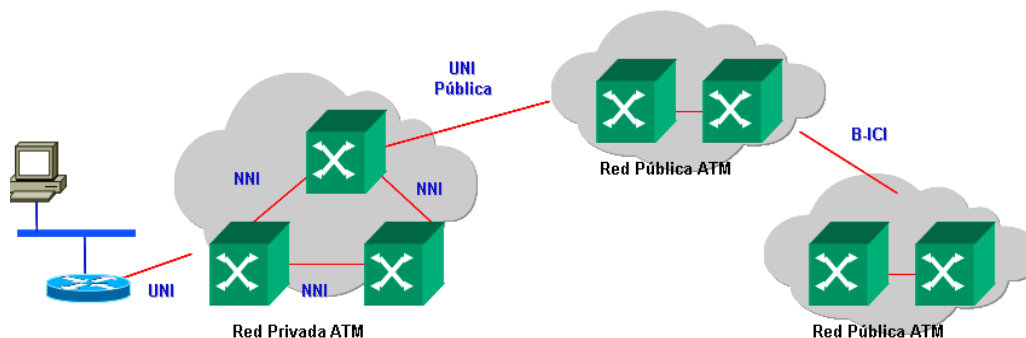


Figura 2.24 Interfases ATM

Servicios ATM

Existen tres tipos de servicios ATM: circuitos virtuales permanentes (PVC), circuitos virtuales conmutados (SVC), el servicio no orientado a conexión, que es similar a SMDS.

– Circuitos Virtuales Permanentes (PVC)

Un PVC permite conectividad directa entre sitios. En este sentido un PVC es similar a un enlace rentado. Entre sus ventajas tenemos que un PVC garantiza la disponibilidad de una conexión y no requiere de procedimientos de establecimiento de llamada entre *switches*. La principal desventaja es que un PVC incluye una conectividad estática y una instalación manual.

– Circuito Virtual Conmutado (SVC)

Un SVC es creado y liberado dinámicamente y permanece en uso solamente mientras la información es transferida. Un SVC requiere de un protocolo de señalización entre el dispositivo final y el *switch*. Sus principales ventajas son la flexibilidad y establecimiento automático de la llamada. Sus principales desventajas son el tiempo y el *overhead* requerido para establecer la conexión.

– Conexiones Virtuales ATM

Debido a que las redes ATM son orientadas a conexión, un Circuito Virtual (VC) debe establecerse antes de cualquier transmisión de información.

Existen dos tipos de conexiones en ATM: *Virtual Paths* (VP), que son identificados por los *Virtual Path Identifiers*, y *Virtual Channels*, que son identificados por los *Virtual Channel Identifier*.

Un *Virtual Path* es una colección de *Virtual Channels* que son conmutados transparentemente a través de la red ATM. Los VPI y VCI tienen significado local y son remapeados en cada *switch*.

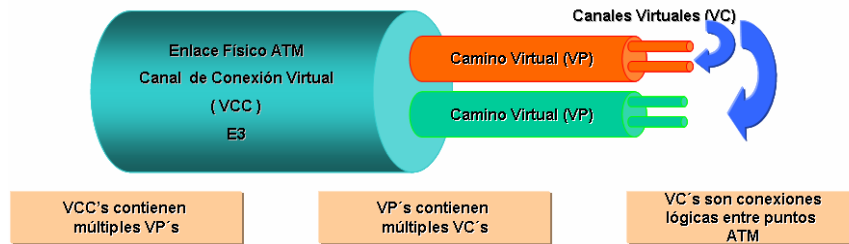


Figura 2.25 Conexiones Virtuales ATM

Futuro de ATM

Probablemente ATM es el acrónimo que está de moda en el mundo de las telecomunicaciones, en los últimos años se debatió bastante sobre si se consolidaría o no como la tecnología de red del futuro. Una de las razones que hizo prosperar es que las compañías telefónicas han visto en esta red su oportunidad para competir con los servicios que ofrecen las compañías de televisión por cable.

2.5.5 MPLS (*Multiprotocol Label Switching*)

Introducción

Uno de los grandes problemas de Internet es que no garantiza la calidad de servicio. La sencillez de TCP/IP hace que su eficiencia sea variable, y por lo tanto los paquetes se entregan de la mejor forma posible, algo que se conoce como "best-effort" o de mejor esfuerzo posible.

MPLS (*Multiprotocol Label Switching*: multiprotocolo de conmutación de etiquetas) es un estándar del IETF (*Internet Engineering Task Force*) que surgió para unificar las diferentes soluciones que los distintos fabricantes estaban proponiendo. Está basado en el uso de etiquetas que identifican la ruta para enviar los paquetes.

Los estándares MPLS ofrecen actualmente dos opciones para la distribución de las etiquetas usadas para enrutar los paquetes. La primera de ellas, conocida como RSVP, fue definida para reservar recursos de red para los flujos individuales con el fin de garantizar la calidad de servicio del mismo. LDP es la segunda opción disponible actualmente.

Aspectos Generales de MPLS

Es bien conocido que MPLS surgió de tecnologías similares existentes en la mitad de la década de los 90's. Si bien es cierto que MPLS mejora notablemente el rendimiento del mecanismo de envío de paquetes, éste no era el principal objetivo del grupo del IETF.

Los objetivos establecidos por ese grupo en la elaboración del estándar eran:

- *MPLS debía funcionar sobre cualquier tecnología de transporte, no sólo ATM.*
- *MPLS debía soportar el envío de paquetes tanto unicast como multicast.*

- MPLS debía ser compatible con el Modelo de Servicios Integrados del IETF, incluyendo el protocolo RSVP8.
- MPLS debía permitir el crecimiento constante de Internet.
- MPLS debía ser compatible con los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de las actuales redes IP.

Existe una idea falsa de MPLS, pues se dice que se encargara de eliminar totalmente el enrutamiento convencional por prefijos de red. Lo cual no puede ser posible, pues el enrutamiento tradicional siempre será un requisito en Internet, por lo siguiente:

- El filtrado de paquetes en los cortafuegos (FW) de acceso a las LAN corporativas y en los límites de las redes es un requisito fundamental para poder gestionar la red y los servicios con las necesarias garantías de seguridad. Para ello se requiere examinar la información de la cabecera de los paquetes, lo que impide prescindir del uso del nivel 3 en ese tipo de aplicaciones.
- No es probable que los sistemas finales (hosts) implementen MPLS. Necesitan enviar los paquetes a un primer dispositivo de red (nivel 3) que pueda examinar la cabecera del paquete para tomar luego las correspondientes decisiones sobre su envío hasta su destino final.
- Las etiquetas MPLS tienen solamente significado local (es imposible mantener vínculos globales entre etiquetas y hosts en toda la Internet).
- Del mismo modo, el último LSR (Label Switching Router) de un LSP (Label Switching Protocol) debe usar enrutamiento de nivel 3 para entregar el paquete al destino, una vez suprimida la etiqueta.

En el enrutamiento tradicional de IP, cada ruteador toma una decisión de envío basada en toda la cabecera del paquete IP y en la tabla de envío del ruteador de red. Esto no resulta totalmente eficaz, muy al contrario, debido a que el camino orientado al destino sigue de forma inequívoca el contenido de las tablas de envío de los ruteadores, un ruteador de acceso podría no solo determinar el siguiente salto, sino que podría identificar el trayecto completo hasta el destino.

Estructura de las redes MPLS

- Funcionamiento de MPLS

El MPLS funciona de la siguiente manera:

- Un LSR de recibe un paquete IP, analiza la cabecera IP y determina el destino.
- Un LSR de acceso añade una etiqueta al paquete del IP que identifica el trayecto orientado hacia el destino y envía el paquete hacia el siguiente LSR.
- El siguiente LSR envía el paquete basándose únicamente en la etiqueta. No inspecciona la totalidad de la cabecera del IP. Debido a que los valores de la etiqueta solo tiene un significado local, puede que le LSR tenga que intercambiar la etiqueta recibida por otra que sea válida en el enlace con el LSR siguiente.

Antes de cualquier envío de paquetes, es necesario que los LSR cuenten con un acuerdo acerca de la relación existente entre las etiquetas y los trayectos. Esto se consigue utilizando el protocolo de distribución de etiquetas (LDP). Siempre que la topología de la red experimente un cambio (por ejemplo, a causa de fallas de enlaces) se determinarán nuevos trayectos y el LDP proporcionará una nueva relación de las etiquetas a los trayectos.

Una de las principales cuestiones que originaron el MPLS fue el hecho de utilizar las redes ATM para conseguir un rápido envío de paquetes IP.

Los identificadores de conexión de ATM se pueden utilizar como etiquetas. El LSR de acceso añade el identificador de conexión ATM como una etiqueta, lo que en realidad significa que encapsula los paquetes IP en celdas ATM y los envía por medio de una conexión virtual ya establecida. El siguiente LSR los envía basándose únicamente en la etiqueta, que es exactamente lo que hace un conmutador ATM: éste mira el identificador de conexión que se encuentra en una cabecera de celda ATM, lo sustituye por otro valor si es necesario, y envía la celda al siguiente conmutador.

– **Control de la información en MPLS**

MPLS necesita la información de enrutamiento para establecer los caminos virtuales LPS's. Lo más lógico es utilizar la propia información de enrutamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP) para construir las tablas de enrutamiento (recuérdese que los LSR son ruteadores con funcionalidad añadida).

Esto es lo que hace MPLS precisamente: para cada "ruta IP" en la red se crea un "camino de etiquetas" a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSR's; el protocolo interno correspondiente se encarga de pasar la información necesaria.

El segundo aspecto se refiere a la información de señalización, pero siempre que se quiera establecer un circuito virtual se necesita algún tipo de señalización para arcar el camino, es decir, para la distribución de etiquetas entre los nodos. Sin embargo, la arquitectura MPLS no asume un único protocolo de distribución de etiquetas; de hecho se están estandarizando algunos existentes con las correspondientes extensiones; unos de ellos es el protocolo RSVP del Modelo de Servicios Integrados del IETF. Pero, además, en el IETF se definen otros nuevos, específicos para la distribución de etiquetas, como el caso del Label Distribution Protocol (LDP).

Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la Figura 2.27, donde quedan reflejadas las diversas funciones en cada uno de los elementos que integran la red MPLS. Es importante destacar que en el borde de la nube MPLS tenemos una red convencional de ruteadores IP. El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de ruteadores a una distancia de un sólo salto.

Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVC's ATM). Ahora, esa unión a un solo salto se realiza por MPLS mediante los correspondientes LPS's (puede haber más de uno para cada par de ruteadores).

La diferencia con topologías conectivas reales es que en MPLS la construcción de caminos virtuales es mucho más flexible y que no se pierde la visibilidad sobre los paquetes IP.

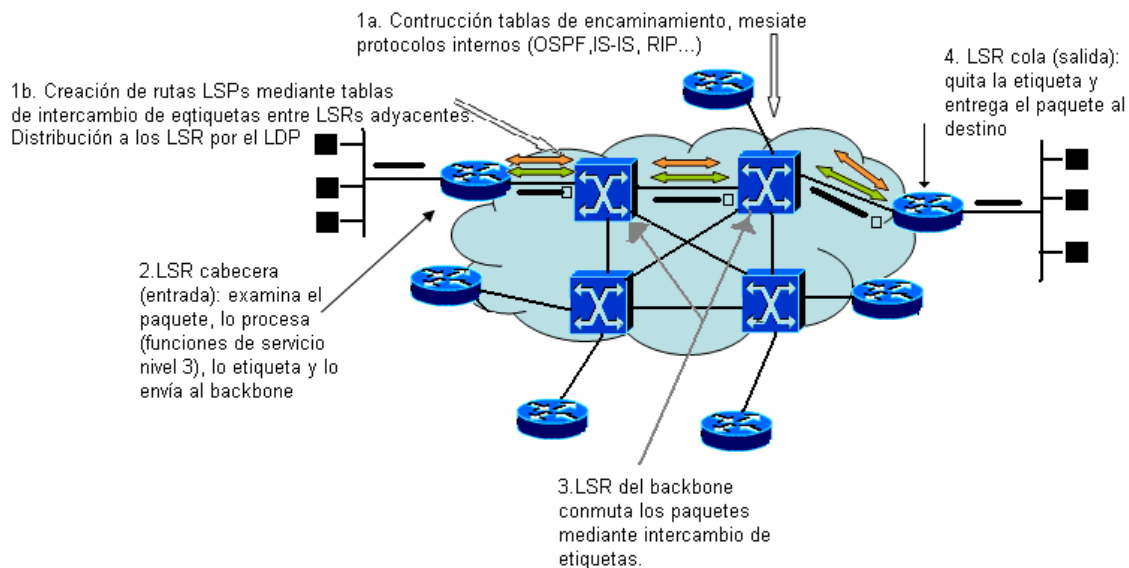


Figura 2.26 Funcionamiento de una red MPLS

ATM sobre MPLS

De la misma manera que ATM ha sido usado para transportar tráfico multiservicio sobre una red de área amplia, ahora existe la oportunidad de utilizar MPLS para transportar tráfico ATM a través de un núcleo IP-MPLS. Cuando el tráfico ATM es mediado sobre una red IP-MPLS, las conexiones ATM se transportan transparentemente sobre túneles LSP establecidos entre puntos del borde del núcleo.

En la red convergente ATM/MPLS, hay túneles LSP entre las pasarelas de mediación ATM/MPLS que rodean el borde de la red MPLS. Estos LSP sirven como túneles de transporte a través de la red MPLS. La red ATM ve a los nodos de mediación ATM/MPLS como conmutadores ATM, y a los túneles LSP como simples enlaces virtuales ATM punto a punto que conectan los nodos ATM.

Frame Relay sobre MPLS

El tráfico Frame Relay de los clientes puede ser encapsulado en paquetes MPLS y reenviados sobre un *backbone* MPLS a otro destinatario *Frame Relay* requerido por el cliente. Por lo cual los proveedores pueden añadir nuevos sitios con menos esfuerzo que típicamente Frame Relay proporciona y con una mayor seguridad de su información.

Con MPLS los paquetes son colocados en orden en una ruta previamente establecida y se mantienen en orden al menos que la ruta sea cambiada pero esto no sucede con frecuencia debido a que la ruta se establece antes de colocarlos.

Frame Relay puede ser directamente integrado en MPLS. Los *switches* de Frame Relay han sido actualizados para realizar distribución de etiquetas y enrutamiento. El DLCI es usado como la etiqueta.

El *header* de *frame relay* es remplazado por bits de control que contienen el FECN, BECN, y el DE bits

Ethernet sobre MPLS

Fiabilidad, relativa sencillez de instalación y mantenimiento, adaptabilidad y bajo costo de implementación son algunas de las características que avalan a Ethernet, aunque si hubiera que subrayar alguna en particular, probablemente, su mayor virtud sería la capacidad para evolucionar al ritmo que el desarrollo del mercado. Así Ethernet ha sido capaz de avanzar en esa carrera desde los 10 Mbps iniciales, hasta llegar a los 1.000 Mbps proporcionados por *Gigabit Ethernet*, sin olvidar la etapa intermedia de *Fast Ethernet* (100 Mbps).

La unión de Ethernet con MPLS es perfecta ya que MPLS mejora las funciones de Ethernet sin afectar a todo lo bueno de éste. EoMPLS (*Ethernet over MPLS*), implica dotar de una tecnología de nivel 2 de capacidades de nivel 3. MPLS aporta las capacidades orientadas a conexión que necesita Ethernet, centrada en el transporte, creando así servicios complejos con posibilidades de SLA's.

Cuando se utiliza EoMPLS para dar SLTs cada VLAN es mapeada a un LSP que se extiende a lo largo de la red. Cada LSP puede ofrecer ancho de banda reservado y todos los mecanismos de seguridad, ingeniería de tráfico y QoS disponibles. Una red con MPLS es capaz de dar baja latencia y los caminos de tráfico garantizados para que el tráfico multiservicio reciba el tratamiento real que requiere por sus características únicas de transmisión

2.6 Redes y Tecnologías Ópticas

Las redes en general, consisten en "compartir recursos", y uno de sus objetivos es hacer que todos los programas, datos y equipo estén disponibles para cualquiera de la red que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del usuario. En otras palabras, el hecho de que el usuario se encuentre a 1000 km de distancia de los datos, no debe evitar que este los pueda utilizar como si fueran originados localmente.

Un segundo objetivo consiste en proporcionar una alta fiabilidad, al contar con fuentes alternativas de suministro. Por ejemplo todos los archivos podrían duplicarse en dos o tres máquinas, de tal manera que si una de ellas no se encuentra disponible, podría utilizarse una de las otras copias. Además, la presencia de múltiples CPU significa que si una de ellas deja de funcionar, las otras pueden ser capaces de encargarse de su trabajo, aunque se tenga un rendimiento global menor.

Las computadoras pequeñas tienen una mejor relación costo / rendimiento, comparada con la ofrecida por las máquinas grandes. Estas son, a grandes rasgos, diez veces más

rápidas que el más rápido de los microprocesadores, pero su costo es miles de veces mayor. Este desequilibrio ha ocasionado que muchos diseñadores de sistemas construyan sistemas constituidos por poderosas computadoras personales, una por usuario, con los datos guardados una o más máquinas que funcionan como servidor de archivo compartido.

Este objetivo conduce al concepto de redes con varias computadoras en el mismo edificio. A este tipo de red se le denomina LAN (red de área local), en contraste con lo extenso de una WAN (red de área extendida), a la que también se conoce como red de gran alcance.

Un punto muy relacionado es la capacidad para aumentar el rendimiento del sistema en forma gradual a medida que crece la carga, simplemente añadiendo más procesadores.

Otro objetivo del establecimiento de una red de computadoras, es que puede proporcionar un poderoso medio de comunicación entre personas que se encuentran muy alejadas entre si. Esta rapidez hace que la cooperación entre grupos de individuos que se encuentran alejados, y que anteriormente había sido imposible de establecer, pueda realizarse ahora.

2.6.1 Aplicación de las redes

El reemplazo de una máquina grande por estaciones de trabajo sobre una LAN no ofrece la posibilidad de introducir muchas aplicaciones nuevas, aunque podrían mejorarse la fiabilidad y el rendimiento. Sin embargo, la disponibilidad de una WAN genera nuevas aplicaciones viables, y algunas de ellas pueden ocasionar importantes efectos en la totalidad de la sociedad.

Todas estas necesidades operan sobre redes por razones económicas: el llamar a un sistema remoto mediante una red resulta más económico que hacerlo directamente. La posibilidad de tener un precio más bajo se debe a que el enlace de una llamada telefónica normal utiliza un circuito caro y es exclusivo durante todo el tiempo que dura la llamada, en tanto que el acceso a través de una red, hace que sólo se ocupen los enlaces de larga distancia cuando se están transmitiendo los datos.

Otra forma que muestra el amplio potencial del uso de redes, es su empleo como medio de comunicación Internet). Como por ejemplo, el correo electrónico (e-mail), que se envía desde una terminal, a cualquier persona situada en cualquier parte del mundo que disfrute de este servicio.

2.6.2 Estructura de una red

En toda red existe una colección de máquinas para correr programas de usuario (aplicaciones). Seguiremos la terminología de una de las primeras redes, denominada ARPANET, y llamaremos host a las máquinas antes mencionadas. También, en algunas ocasiones se utiliza el término "Sistema Terminal" o "Sistema Final". Los host están conectados mediante una subred de comunicación, o simplemente subred. El trabajo de la subred consiste en enviar mensajes entre host, de la misma manera como el sistema

telefónico envía palabras entre la persona que habla y la que escucha. El diseño completo de la red simplifica notablemente cuando se separan los aspectos puros de comunicación de la red (la subred), de los aspectos de aplicación (los host).

Una subred en la mayor parte de las redes de área extendida consiste de dos componentes diferentes: las líneas de transmisión y los elementos de conmutación. Las líneas de transmisión (conocidas como circuitos, canales o troncales), se encargan de mover bits entre máquinas.

Los elementos de conmutación son computadoras especializadas que se utilizan para conectar dos o más líneas de transmisión. Cuando los datos llegan por una línea de entrada, el elemento de conmutación deberá seleccionar una línea de salida para reexpedirlos

2.6.3 Redes Ópticas Pasivas (PON's)

Las tecnologías de redes ópticas son la base de Internet y permiten transmisiones rentables a varios terabits gracias a tecnologías como la Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa (*DWDM*) que asigna los trenes de información a los distintos componentes de longitud de onda (colores) de la luz blanca y mejora considerablemente las capacidades de transmisión de las fibras ópticas.

La aprobación de la Recomendación UIT-T G.871/Y.1301 permitirá avanzar aún más en este interesante campo y constituirá un marco importante para la coordinación de nuevas Recomendaciones sobre distintos aspectos de la Red de Transporte Óptica (*OTN*).

Las Recomendaciones que se elaboren en este nuevo marco permitirán proporcionar a los consumidores una anchura de banda a la demanda, adaptable a prácticamente cualquier necesidad, en un entorno de Red Óptica Conmutada. Estas nuevas Recomendaciones, que ofrecerán una mayor fiabilidad y permitirán reducir los costos, prepararán el camino de los servicios multimedios de flujo continuo que exigen mucha capacidad de transmisión.

En las redes actuales de fibra óptica se hace cada vez más necesario el análisis espectral en cualquier punto de la red. Los sistemas WDM convierten las fibras ópticas en verdaderas autopistas e información con capacidades de hasta 1Tb/s. Esto se ha logrado gracias a un mayor aprovechamiento de la banda espectral de la fibra óptica. Actualmente pueden transmitirse hasta 200 láseres de distinta longitud de onda en una misma fibra. Para el test y mantenimiento de estas redes es fundamental manejar equipos portátiles que trabajen en el dominio de la longitud de onda. Una nueva generación de equipos de medidas ópticas en campo está naciendo.

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

Una aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local o LAN que como sabemos son conjunto de Computadoras que pueden compartir datos,

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

Otros recursos informáticos conectados son las redes de área amplia o WAN o las centrales telefónicas particulares (PBX -*Private Branch eXchange*). Las WAN son similares a las LAN, pero conectan entre sí computadoras separadas por distancias mayores, situados en distintos lugares de un país o en diferentes países; emplean equipos físicos especializados y costosos. Las PBX proporcionan conexiones informáticas continuas para la transferencia de datos especializados como transmisiones telefónicas, pero no resultan adecuadas para emitir y recibir los picos de datos de corta duración empleados por la mayoría de las aplicaciones informáticas.

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

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

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

Es en este punto cuando la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) proporcionó la obtención, a partir de una única fibra, de muchas fibras virtuales, transmitiendo cada señal sobre una portadora óptica con una longitud de onda diferente. De este modo se podían enviar muchas señales por la misma fibra como si cada una de estas señales viajara en su propia fibra.

Los diseñadores de las redes utilizan muchos elementos de red para incrementar la capacidad de las fibras ya que un corte en la fibra puede tener serias consecuencias. En las arquitecturas eléctricas empleadas hasta ahora, cada elemento realiza su propia restauración de señal. Para un sistema de fibras tradicional con muchos canales en una fibra, una rotura de la fibra podría acarrear el fallo de muchos sistemas independientes.

Sin embargo, las redes ópticas pueden realizar la protección de una forma más rápida y más económica, realizando la restauración de señales en la capa óptica, mejor que en la capa eléctrica. Además, la capa óptica puede proporcionar capacidad de restauración de señales en las redes que actualmente no tienen un esquema de protección. Así, implementando redes ópticas, se puede añadir la capacidad de restauración a los sistemas asíncronos embebidos sin necesidad de mejorar los esquemas de protección eléctrica.

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

Otro de los grandes aspectos económicos de las redes ópticas es la capacidad para aprovechar el ancho de banda, algo que no sucedía con las fibras simples. Para maximizar la capacidad posible en una fibra, las empresas de servicios pueden mejorar sus ingresos con la venta de longitudes de onda, independientemente de la tasa de datos (*bit rate*) que se necesite. Para los clientes, este servicio proporciona el mismo ancho de banda que una fibra dedicada.

En el caso de abonados residenciales y PYMEs, las *PON's* constituyen la opción más adecuada en términos económicos. Este tipo de configuraciones, permite el despliegue de una sola fibra desde la cabecera de red (un solo transceptor óptico), a partir de la cual se pueden derivar un cierto número de ramificaciones (típicamente hasta 32) para dar servicio a otros tantos abonados. Los elementos básicos de una *PON* son: el terminador óptico de línea (*OLT*, *Optical Line Termination*), ubicado en la cabecera de red; los terminadores ópticos de red (*ONT*, *Optical Network Termination*), situados en las instalaciones de abonado; y la red de distribución óptica (*ODN*, *Optical Distribution Network*), compuesta por cables de fibra, divisores pasivos y acopladores.

Las primeras especificaciones para redes ópticas pasivas fueron definidas por el comité FSAN (*Full-Service Access Network*). Este organismo, constituido en 1995, elaboró el estándar para *PON's* basado en tecnología ATM, que se conoce como APON (ATM PON). Posteriormente, este mismo organismo, en colaboración con el ITU-T, decidió extender las características de este sistema con objeto de no limitar la oferta de servicios a ATM, dando lugar al estándar BPON (*Broadband PON*). Más recientemente, dentro de FSAN se ha lanzado una nueva iniciativa para la especificación de un estándar para *PON's* a velocidades superiores a 1 Gbit/s, denominado GPON (*Gigabit PON*).

Actualmente, las tecnologías FTTX no se pueden considerarse suficientemente maduras debido a que la mayoría de las soluciones disponibles se basan en soluciones propietarias ofrecidas por los distintos fabricantes. Algunas empresas y proveedores de servicios han optado por desplegar su propia infraestructura con fibra oscura, sobre la que usan *Gigabit Ethernet*. Algunos operadores regionales e ISP's pequeños utilizan este tipo de soluciones en combinación con CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*), una alternativa más barata que DWDM.

Como ejemplo de soluciones concretas proporcionadas por algunos fabricantes, cabe mencionar las siguientes:

- La tecnología OPTera Metro de Nortel, que permite a ISP's desplegar plataformas multiservicio (IP, ESCON, FICON, FDDI, ATM, *Fiber Channel*, TDM) sobre fibra oscura.
- La solución SRP (*Spatial Reuse Protocol*) de Cisco, que proporciona el transporte de paquetes sobre un anillo de fibra óptica usando conexiones SONET/SDH, DWDM y fibra directa.

- El mismo fabricante ofrece una solución FTTH basada en Ethernet con dispositivos de conversión entre enlaces ópticos 1000 BaseT y conexiones de usuario 10/100/1000 BaseT.
- Ericsson ofrece soluciones de telefonía con voz sobre IP y acceso simétrico de 10 Mbit/s de ancho de banda para redes ópticas sobre Ethernet.
- La empresa Synchronous, proporciona diversas soluciones FTTX mediante instalación de fibra directa hasta la acera o edificio.
- La compañía RAD Data Communications ofrece múltiples soluciones de acceso sobre fibra para diferentes tecnologías: ATM, SDH/SONET, convertidores/repetidores, Ethernet MAN.

Puesto que normalmente el tendido de fibra óptica se hace de manera subterránea, este tipo de tecnologías de acceso no causan ningún impacto medio-ambiental, ni ningún tipo de radiación o emisión hacia el exterior.

Los equipos ópticos asociados a las instalaciones FTTX suelen ubicarse en el interior del hogar o edificio con condiciones ambientales controladas. En consecuencia, las condiciones meteorológicas no tienen ninguna incidencia sobre los equipos. En el caso de equipos de intemperie, como los instalados en cabinas en las aceras para redes FTTC, es necesario aclimatar el lugar.

2.7 Tecnologías de Acceso Alámbricas, Inalámbricas, Ópticas e Híbridas.

2.7.1 Bucle digital de abonado (*xDSL*)

La interconexión desde los prestadores de servicios a las empresas puede realizarse mediante enlaces inalámbricos, o mediante el tendido de cables de cobre o fibras ópticas. Para minimizar los costos se han desarrollado técnicas que permiten utilizar estos mismos cables de cobre para brindar servicios digitales. Estas tecnologías se conocen "*Digital Subscriber Loop*" o bucle digital de abonado.

xDSL es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen actualmente vía módem, simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales.

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Loop*)

Brinda una conexión digital con velocidades de "subida" y de "bajada". Está pensada para servicios de acceso a Internet, en los que, por lo general, es mucha más la información que debe viajar desde Internet hacia la empresa que desde la empresa hacia Internet. La tecnología admite hasta 7 Mbps de "bajada" y 928 Kbps de "subida".

ADSL utiliza modulación DMT (*Discrete Multitone Modulation*) en frecuencias supra-vocales, y separadores o “*splitters*” en las oficinas donde se presta el servicio. Estos “*splitters*” separan el servicio telefónico del servicio de datos como se muestra en la figura 2.27. El servicio telefónico es conectado a un teléfono analógico, y el servicio de datos a un módem DSL. Generalmente este módem dispone de una puerta LAN (RJ45) para ser conectado directamente a la red de datos del cliente.

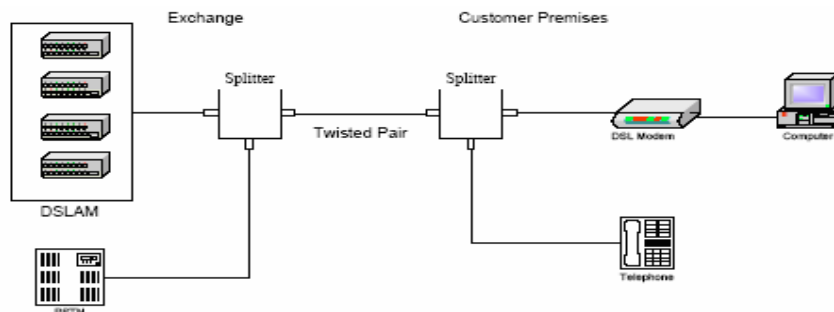


Figura 2.27 Modulación Discreta de Multitonos

ADSL *Light* o G.Light

Es similar a ADSL, pero no requiere de *splitters*. La tecnología fue pensada para brindar servicios a los hogares, dónde la simplicidad de instalación es un factor de especial importancia. Dado su público objetivo, la velocidad de transmisión máxima fue diseñada en 1.5 Mb/s, permitiendo equipos terminales más sencillos, y por lo tanto, más baratos.

Dado que no hay *splitters*, los problemas de interferencia se ven acentuados, pero por lo general no son problema en las velocidades en que trabaja G.Light. En algunos casos es necesario instalar microfiltros en teléfonos, para eliminar posibles ruidos.

HDSL (High Speed Symmetric Digital Subscriber Loop)

Brinda una conexión digital con iguales velocidades de “subida” y de “bajada” ya que utiliza dos pares de cobre, y Está pensada típicamente para servicios 1.5 y 2 Mbps, de tipo T1 o E1 y utiliza modulación 2B1Q. A diferencia de ADSL, los pares deben ser dedicados. No se pueden compartir otros servicios sobre los mismos pares por los que se brindan servicios HDSL

HDSL2 es una mejora a HDSL, que permite las mismas funciones, pero utilizando solamente un par de cobre.

SDSL es similar a HDSL, debido a que también es simétrica, sin embargo sus tasas de transferencia son más bajas y se encuentran en 1,544 Kbps.

UDSL es una propuesta unidireccional de HDSL, de modo que sólo existe una dirección de transmisión, con el doble de velocidad.

VDSL es un desarrollo moderno de ADSL y aún se encuentra en proyecto. Se cree que el estándar VDSL será capaz de transportar datos a velocidades entre 51 Mbps y 55 Mbps, sin embargo las longitudes de las líneas se encuentran limitadas actualmente a 300 m, lo que implica un repetidor al cabo de esa distancia.

RADSL es una evolución de ADSL en el sentido de que las líneas RADSL se adaptan automáticamente a la línea y ajustan la velocidad de transmisión máxima posible en cada momento, obteniendo así la máxima eficiencia posible para una línea de comunicación determinada.

La gran ventaja de las líneas DSL, en cualquiera de sus modalidades, es que sólo necesitan un teléfono. En la entrada de la casa se instala un *splitter*, que divide la línea telefónica en dos; una para las comunicaciones de voz y otra para las de datos.

Con la línea ADSL no hay que marcar ningún teléfono para conectarse a la red, sino que siempre estamos conectados, por esta razón también recibimos una dirección IP fija. Con la cual al estar conectado a Internet en forma constante y permanente, nuestra computadora se convierte en un nodo más de la enorme red, por esta razón necesitamos un *firewall* para protegernos de las intromisiones del exterior y para impedir que puedan acceder al contenido de nuestro disco duro.

En la figura 2.28 se muestran los anchos de banda requeridos para cada tecnología xDSL, así como los regímenes binarios que proporcionan:

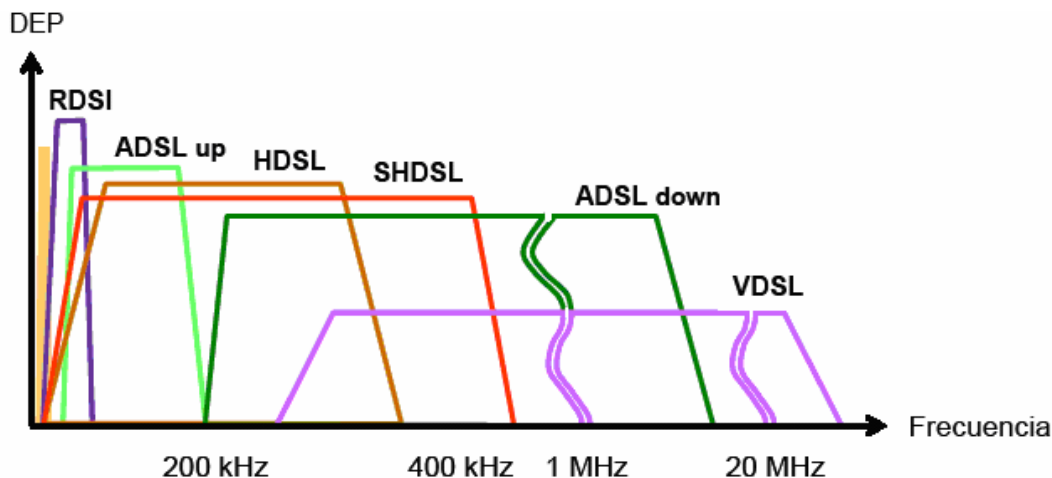


Figura 2.28 Anchos de Banda y caudales de xDSL

2.7.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)

Son redes que llegan hasta los hogares de la mayoría de poblaciones con una gran variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones como son los de vídeo de baja demanda (VOD), pago por visión (PPV), juegos interactivos, videoconferencia, telecompra, y acceso a bases de datos. Pero en la actualidad los que se han convertido en la principal prioridad son los de acceso a Internet a alta velocidad y telefonía.

Una red HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*) es una red de cable que combina el uso de la fibra óptica y el cable coaxial como soporte de la transmisión de las señales, se compone básicamente de cuatro partes claramente diferenciadas: la cabecera, la red troncal, la red de distribución, y la red de acometida de los abonados.

La cabecera es el centro de todo el sistema. Por ejemplo, para el servicio básico de distribución de señales unidireccionales de televisión (analógicas y digitales) dispone de una serie de equipos de recepción de televisión terrenal, vía satélite y de microondas, así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de producción. Las señales analógicas se acondicionan para su transmisión por el medio cable y se multiplexan en frecuencia en la banda comprendida entre los 86 y los 606 MHz. Las señales digitales de vídeo, audio y datos que forman los canales de televisión digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG (*Motion Picture Experts Group*).

Este tipo de redes representa la evolución natural de las redes clásicas de televisión por cable (CATV). Una red de CATV (*Cable Televisión*) está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del abonado.

Una vez añadida la codificación para corrección de errores y realizada una intercalación de los bits para evitarlas ráfagas de errores, se utiliza un modulador QAM (Modulación de amplitud en cuadratura) para transmitir la información hasta el equipo terminal de abonado (*set-top-box*). Los canales digitales de televisión y otros servicios digitales se ubican en la banda comprendida entre 606 y 862 MHz.

La red troncal suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH ó SDH (Jerarquía Digital Plesiócrona y Síncrona), que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

Las modernas redes de telecomunicaciones por cable híbridas fibra óptica-coaxial han de estar preparadas para poder ofrecer un amplio abanico de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de estos servicios establecen comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonado, y por tanto tienen un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal de retorno ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico.

Un problema que presenta la estructura típica de la red de distribución en una red HFC es que, así como todas las señales útiles ascendentes convergen en un único punto (nodo óptico), también las señales no deseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y

cada uno de los puntos del bus de coaxial, convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal ruido en el enlace digital de retorno. Este fenómeno se conoce como acumulación de ruido por efecto embudo (*noise funneling*). A esto hay que añadir el hecho inevitable de que el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente, sobre todo su parte más baja, entre 5 y 15-20 MHz.

La red de distribución HFC está basada en transporte mediante cable coaxial, siendo sus principales componentes los siguientes:

- **Activos: amplificadores de línea (*Line-Extender*)**

Sus características más importantes son:

- En sentido descendente, debe cumplir requisitos muy estrictos en lo que se refiere al ancho de banda a amplificar (50-860 MHz) y a potencia suministrada (debido a la importante atenuación del cable a estas frecuencias y las múltiples derivaciones que pueden existir hacia los usuarios). Por este motivo, se utilizan configuraciones de amplificación en paralelo (*power doubling*) o *feed forward*.
- Por el contrario, en el sentido ascendente pueden utilizar configuraciones más sencillas en *push-pull* (menos ancho de banda en la parte baja del espectro).
- Los amplificadores de línea disponen también de una fuente de alimentación interna y proporcionan continuidad de alimentación hacia el siguiente extensor.

- **Pasivos:**

Los principales elementos pasivos son los *taps* que derivan parte de la energía que circula por el coaxial hacia las terminaciones donde se conectan las acometidas de usuario. Las derivaciones se presentan en configuraciones multiterminal de dos, cuatro u ocho salidas.

2.7.3 Cable MODEM

La función de un módem de cable (CM) es convertir la red de televisión por cable (*CATV*) en una vía transparente para el transporte de datos a alta velocidad, ofreciendo hacia el usuario interfases estándar, normalmente 10/100 BaseT. En realidad, los módems funcionan como pasarelas (*gateways*), pasando de un protocolo Ethernet al protocolo utilizado en la red de cable.

Las redes de TV por cable explotan un gran ancho de banda, por lo que son sistemas intrínsecamente FDM (Múltiplexación por división de frecuencia). Los módems de cable son sintonizables automáticamente (*frequency agile*), es decir, pueden transmitir y recibir señales en cualquiera de las frecuencias de los canales ascendentes y descendentes.

Con objeto de permitir la asignación dinámica de ancho de banda a los usuarios, usan dos estrategias.

1. Acceso por contienda

Algunos módems de cable para sistemas simétricos usan técnicas como el acceso múltiple con detección de errores de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD) de redes locales tipo Ethernet, pero adaptadas a las redes de cable, basadas en el protocolo IEEE 802.7. La aplicación de estas técnicas en redes de cable no es muy adecuada debido al desperdicio ancho de banda asociado a la resolución de colisiones. La probabilidad de colisión es elevada al tener que recorrer la señal la distancia entre el usuario y la cabecera, siendo el comportamiento impredecible para altas cargas de tráfico.

2. Acceso mediante solicitud-reserva

En este caso la cabecera deja de ser un repetidor y pasa a controlar el acceso al canal ascendente al mismo tiempo que es el único transmisor del canal descendente. Este método es habitual en los sistemas asimétricos en donde varios canales ascendentes se encuentran asociados a cada canal descendente. Un conjunto de módems tiene que transmitir por un mismo canal hacia un único órgano de cabecera que es quien indica cuándo y cómo lo pueden hacer. Para ello, el canal ascendente se estructura en ranuras de tiempo

En principio los módems de cable fueron pensados para implementar el nivel físico y el de control de acceso MAC, ofreciendo una vía transparente de comunicación de datos tipo red de área local. Como se ha visto anteriormente, DOCSIS 1.1 requiere que los módems implementen ciertos protocolos superiores que faciliten su gestión.

Clasificación de los módems

Los módems se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- 1) Módems que implementan el nivel físico y MAC de forma transparente, comportándose como simples puentes, dejando a elección del usuario el empleo de cualquier tipo de protocolo sobre ellos.
- 2) Módems que encaminan tráfico IP. Algunos sistemas de módems de cable tienen como objetivo el transporte transparente de tráfico IP entre los usuarios y cabecera, donde se instala un enrutador que lo encamina hacia un canal descendente o hacia otro destino en una red diferente.
- 3) Módems basados en ATM. Fragmentan los paquetes de datos en células ATM (53 octetos) y utilizan los protocolos de señalización ATM para proporcionar diferentes clases de servicios.

Este tipo de módems proporcionan:

- a) plataformas multiservicio
- b) gestión de calidad de servicio
- c) creación de redes locales virtuales (*VLANs*)
- d) posibilidad de integrar voz y datos sobre ATM
- e) acceso Ethernet en el módem
- f) comportamiento como puente (*bridge*) transparente.

La especificación Europea para DOCSIS 1.1 (ETSI ES 201 488-2) se aprobó en diciembre de 2002. En el mismo mes apareció en EE.UU. la versión DOCSIS 2.0, que multiplica por tres las capacidades del canal ascendente, utilizando modulación 64QAM y admitiendo canales de 6.4 MHz.

La tendencia de las operadoras de cable es la progresiva sustitución de la planta de coaxial por fibra óptica, acercando la fibra hacia el usuario (FTTH, FTTC). En las nuevas operadoras, lo habitual es desplegar la red troncal con fibra óptica y la red de distribución con coaxial. A medida que los equipos ópticos sean más accesibles, más se acercará la fibra óptica al usuario.

En la mayoría de los casos, la topología de red es transparente para los módems, que simplemente exigen una serie de parámetros de calidad de servicio (*QoS*) en la transmisión para garantizar su correcto funcionamiento. Estos parámetros incluyen aspectos de nivel de ruido, interferencias, relación S/N, máximo retardo de propagación, capacidad nominal, caudal efectivo, etc.

En las redes de cable hay que tomar ciertas medidas de seguridad ya que, en principio, cualquier usuario podría escuchar la información transmitida a otro usuario. Para resolver este problema, los sistemas de módems de cable contemplan una serie de mecanismos de seguridad, control de acceso basado en la dirección IEEE MAC, y gestión remota basada en el empleo de claves secretas.

2.7.4 Fibra óptica (FTTx)

Para poder ofrecer servicios de banda ancha de manera masiva, resulta imprescindible disponer de una tecnología de acceso de elevada capacidad y bajo coste, que sea al mismo tiempo capaz de proporcionar los niveles de calidad de servicio adecuados para cada aplicación. Con el estado actual de la tecnología, las soluciones que se perfilan para conseguir este objetivo tan ambicioso se basan en el empleo de fibra óptica como medio de transmisión para alcanzar al usuario final.

Las tecnologías FTTX (*Fiber to the X*) se basa, en instalaciones de cable de fibra óptica directo hasta los hogares o edificios (escuela, empresa, oficina, parque tecnológico, etc.), tal como indica la Figura 2.29. Estas infraestructuras de acceso de alta capacidad, permiten ofrecer a los usuarios servicios de banda ancha tales como video bajo demanda o acceso de alta velocidad a Internet.

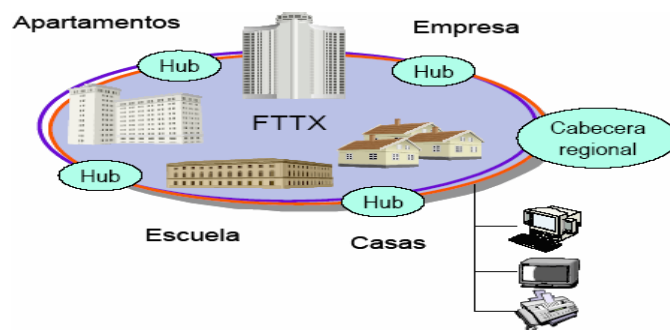


Figura 2.29 Conexiones de Tecnología FTTX

El empleo de fibra óptica en redes troncales, redes de área extensa (WAN's), redes de área metropolitana (MAN's) e incluso en redes de área local (LAN's), está cada vez más extendido. La demanda creciente de mayores anchos de banda para servicios basados en Internet está conduciendo a los proveedores de servicios y operadores de red regionales a desplegar sus propias redes ópticas. En la mayoría de los casos, estas redes se apoyan en las infraestructuras de fibra con DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) desplegadas por las grandes empresas de telecomunicaciones.

Las arquitecturas más habituales para el despliegue de redes FTTX son las configuraciones punto a punto y las redes ópticas pasivas (PON's). Normalmente, las primeras se utilizan para proporcionar acceso a abonados empresariales en entornos urbanos y metropolitanos. Este tipo de configuración requiere la existencia en la central o cabecera de un transceptor óptico por abonado.

Para llevar la fibra directa hasta las empresas, existe un amplio abanico de soluciones disponibles. Hoy en día cada vez es más frecuente el empleo de conexiones directas sobre fibra, vía sistemas DWDM, para el despliegue de redes ópticas privadas.

Multiplexación densa por división de la longitud de onda (*Dense Wavelength Division Multiplexing-DWDM*) Es una tecnología óptica que se utiliza para aumentar el ancho de banda. Funciona mediante la combinación y transmisión de múltiples señales simultáneamente a distintas longitudes de onda en la misma fibra. La multiplexación de ocho señales OC-48 en una fibra aumenta su capacidad portadora de 2,5 Gb/s a 20 Gb/s. En la actualidad, gracias a DWDM, las fibras únicas pueden transmitir datos a velocidades de hasta 400 Gb/s.

Una ventaja de DWDM es que es independiente del protocolo y de la tasa de bits. Las redes basadas en DWDM pueden transmitir datos en ATM, Ethernet, IP, y SONET/SDH a velocidades de bit de 100 Mb/s y 2,5 Gb/s. De hecho, las redes basadas en DWDM pueden portar distintos tipos de tráfico a diferentes velocidades.

Como se muestra en el ejemplo la Figura 2.30, estas redes pueden transportar cualquier protocolo y a distintas velocidades.

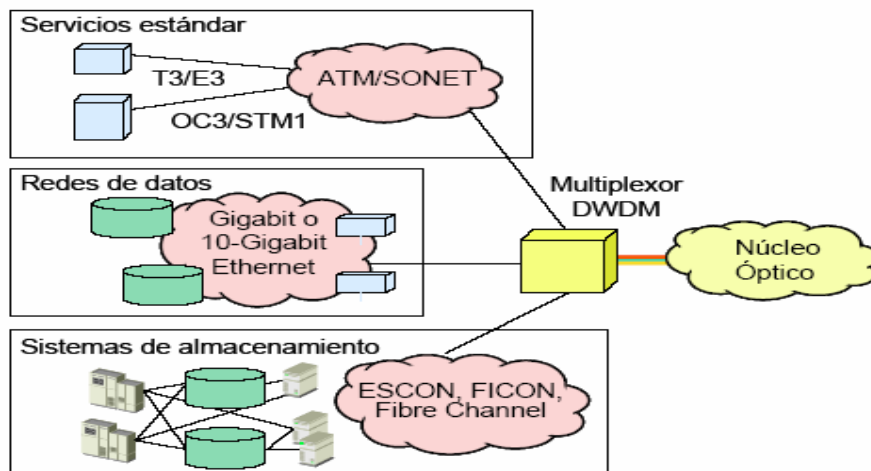


Figura 2.30 Redes basadas en DWDM

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

- La capacidad que poseen los diodos láseres de emitir luz a una longitud de onda estable y precisa con un ancho de línea espectral muy estrecho.
- El formidable ancho de banda de la fibra óptica (varios THz), el cual no ha sido aprovechado completamente durante tiempo.
- La transparencia de los amplificadores ópticos de fibra (EDFA) a las señales de modulación y su habilidad para amplificar de forma uniforme varios canales simultáneamente.

Así, existen soluciones basadas en SONET/SDH, ATM, Gigabit Ethernet, ESCON (*Enterprise System Connection*) o FICON (*Fiber Connectivity*). Esto permite ofrecer al usuario la solución que mejor se adapte a sus necesidades. A menudo, SONET/SDH se tacha de anticuada por ser una tecnología TDM optimizada para tráfico de voz. No obstante, se trata de una solución muy extendida para el transporte de datos a alta velocidad, ampliamente utilizada en Internet y redes de datos de grandes empresas. Los canales ESCON proporcionan enlaces bidireccionales de 17 Mbps en distancias.

La capacidad de ancho de banda que brinda la fibra óptica puede llegar hasta los hogares y soportar una amplia gama de productos con contenido de convergencia, como video por demanda, Voz sobre IP, contenidos por transmisión de flujo continuo y de datos de alta velocidad.

Debido a las múltiples ventajas de la fibra óptica, el acceso FTTX se ha revelado como la opción natural de los operadores de telecomunicaciones. Se han propuesto y probado en el laboratorio distintas arquitecturas FTTX y se está trabajando en la evaluación de prestaciones de una red de distribución WDM FTTX multiservicio (vídeo y datos de cable módem, ATM, etc.).

2.7.5 Comunicaciones por línea eléctrica (PLC)

La tecnología de comunicaciones sobre las líneas de potencia PLC (*Power Line Communication* - Comunicación por línea de potencia) también es conocida como BPL (*Broadband Power Line*) o DPL (*Digital Power Line*), ha posibilitado transportar información digital en banda ancha, a través del sistema eléctrico de media y baja tensión.

PLC es el nombre genérico para la transmisión de datos por el segmento de baja tensión de las redes eléctricas, que va desde la subestación eléctrica al domicilio u oficina del cliente. Durante años, los ingenieros han trabajado sobre la posibilidad de enviar una señal fiable por los cables eléctricos a pesar de las interferencias electromagnéticas y del ruido eléctrico.

Un desarrollo importante en este campo tuvo lugar en octubre de 1997, cuando la compañía británica *Norweb* en colaboración con el fabricante de telecomunicaciones canadiense *Nortel*, anunciaron que eran capaces de transmitir señales de datos a 1 Megabit por segundo a través del segmento de baja tensión de las redes eléctricas con una tecnología propia llamada "*Digital Powerline*" o DPL..

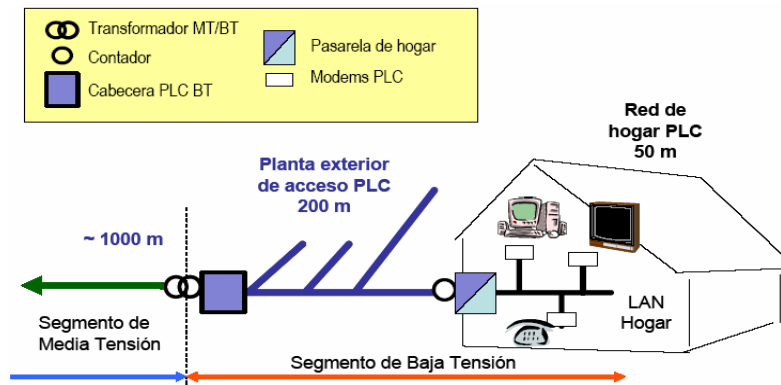


Figura 2.31 Tecnología PLC

Los sistemas PLC presentan normalmente interfaces de gestión SNMP (*Simple Network Management Protocol*), lo que está acorde con sus principales áreas de aplicación: acceso a Internet, telefonía IP, etc., es decir aplicaciones en el dominio de los datos.

Al ser PLC una tecnología en sus primeras fases de desarrollo es difícil hacer una estimación de precios. Los módems sencillos de casa de abonado (red doméstica) se pueden valorar entre 100 y 200 euros (estimaciones de 2003). Las cabeceras a poner en los transformadores de baja o media tensión pueden oscilar entre los 1500 y 3500 euros (siendo una parte importante del precio los acopladores a las líneas de energía, particularmente los acopladores a las líneas de media tensión).

El PLC en la primera milla no constituye un mercado maduro. Se considera a Alemania como pionera en el despliegue de esta tecnología, alcanzando en el 2001 los 20.000 abonados, lo cual explica que los principales suministradores europeos de estos equipos fueran Siemens y Ascom (Suiza). El 30 de septiembre de 2002, RWE de Alemania (empresa suministradora de energía) cesó sus servicios de PLC, alegando problemas regulatorios de utilización del espectro no resuelto.

Los sistemas PLC de primera milla instalados en la actualidad (de Ascom y Siemens) tienen capacidades de transporte efectivas entre 1.5 Mbps y 3 Mbps, a compartir por el número de abonados que dependan de un transformador de media a baja tensión (lo que puede llegar a un máximo de 200 abonados en el caso europeo, si se suscribieran todos). DS2, como se ha dicho, es líder en prestaciones con 27 Mbps en sentido descendente y 18 Mbps en sentido ascendente.

Ventajas de la tecnología PLC

- Como PLC se ha posicionado como un servicio de tipo IP utilizará enrutadores de paquetes en vez de los de conmutación de circuitos típicos, de los suministradores de telecomunicaciones tradicionales, manteniendo así los costes de los equipos de IT bajos.
- Como la electricidad se suministra a través de una conexión permanente, los servicios de transmisión de datos ofrecidos por la infraestructura eléctrica también están conectados permanentemente (no es necesario marcar el número de conexión) convirtiéndose en el ideal para el número creciente de servicios en línea. Las compañías eléctricas podrían pues comercializar un servicio básico de conexión a Internet con una suscripción mensual de tarifa plana, al igual que algunos operadores de cable. Pagar una tarifa estándar, sin tener en cuenta el nivel de utilización, será un gran atractivo para los clientes.
- Al dar a los clientes de las compañías eléctricas acceso a Internet mediante la red que ya les suministra la electricidad, esta tecnología se pone virtualmente al alcance de cualquiera, con una escala potencial de mercado de masas sin necesidad de hacer las inversiones necesarias para enterrar el cableado hasta los hogares.
- Ya existen varias tecnologías que transforman los cables eléctricos existentes en un cableado LAN. Lo que hace diferente a PLC es la alta velocidad de transmisión de datos que se puede conseguir y el hecho de que esté diseñada para trabajar en el exterior del hogar o del edificio. Por tanto, podrían instalarse sistemas sofisticados de automatización doméstica que permitan el acceso y el control remotos de aparatos electrodomésticos, alarmas antirrobo, etc.
- PLC podría también facilitar a las compañías eléctricas la oportunidad de ofrecer servicios de valor agregado, tales como la gestión de la energía (de modo que la empresa eléctrica suministradora del servicio pudiera introducir tarifas innovadoras dependiendo del uso de la energía), la información remota (la conexión permanente ofrecida por PLC se podría optimizar para proporcionar información en tiempo real o indicadores de estado para algunas aplicaciones de seguridad para sistemas de alarma/vigilancia) y la automatización de la distribución (lectura remota automática de contadores para mejorar el control y ayudar al proveedor en la gestión de los picos de demanda eléctrica). Algunas empresas eléctricas han empezado a usar recientemente estas técnicas.

Acceso a Internet

El acceso a Internet es la principal aplicación del PLC en la actualidad, ya que proporciona ancho de banda suficiente y la naturaleza a ráfagas de este tráfico permite una multiplexión eficaz. Parece además que los “segmentos de red PLC” (número de usuarios que dependen de un transformador de media a baja multiplicado por el coeficiente de penetración) tienen unas magnitudes adecuadas y comparables con los segmentos de redes de área local.

Servicios interactivos

Con el estado actual de la tecnología, PLC puede alcanzar anchos de banda y tiempos de latencia aceptables para servicios con diferentes grados de interactividad. En el caso de juegos en Red, el esquema del servicio con los jugadores conectándose a un servidor (*game room*) e intercambiando básicamente comandos de desplazamientos y acciones sobre escenarios previamente cargados no supone exigencias especiales (salvo mantener la latencia baja).

Otros (Videoconferencia, VPN, aplicaciones *peer to peer*)

Estos servicios generalmente son soportados a nivel IP por funciones de autenticación y seguridad del acceso que residen en los servidores de acceso a banda ancha. La videoconferencia y las aplicaciones *peer to peer* pueden necesitar anchos de banda excesivos para esquemas del medio de bajo voltaje. Existen módems punto a punto de transmisión por líneas de medio voltaje de 2 Mbit/s simétricos, que pueden ser suficientes para estas aplicaciones, pero en cualquier caso los usuarios de las mismas suelen tener a su disposición alternativas de telecomunicación tradicionales a precios muy competitivos.

Desventajas de la tecnología PLC

- Posiblemente haga interferencia sobre las transmisiones de radio en onda corta.
- Si las redes eléctricas están en mal estado, no es posible utilizar esta tecnología.
- La medida óptima de transmisión es de 100 metros.
- A mayor distancia es necesario instalar repetidores.
- El funcionamiento de electrodomésticos: taladros, licuadoras, lavadores etc. provocan ruido en las líneas, lo que dificulta la calidad de la comunicación.

El BPL permite a los consumidores recibir servicios de banda ancha a través de sus enchufes eléctricos, los usuarios simplemente conectan una línea de energía común y un módem en cualquier lugar de la casa u oficina sin necesidad de una instalación profesional o cableado adicional.

Para los usuarios del Internet el Servicio de BPL ofrece:

- Siempre el acceso de alta velocidad en el Internet a través de los enchufes de energía que hay en casa o en la oficina.
- Capacidad de voz IP en los servicios de telefonía a bajo costo sobre la red.
- Acceso de subida y bajada a la misma velocidad alta.
- Establecimiento de una red local desde todos los enchufes que existen del cableado eléctrico de energía sin cualquier cable o equipo adicional.
- Velocidad más rápida a un bajo costo mensual que otros servicios de banda ancha.
- Velocidades múltiples y planes de cuotas para satisfacer las necesidades y presupuestos individuales.
- Verdadera instalación sin el uso de alguna ruta o CD de instalación en pocos minutos.

Es probable que el BPL sea puesto en ejecución a través de los Estados Unidos rápidamente porque proveen a las empresas de servicio público ingresos adicionales a su infraestructura. También puede mejorar la eficacia y la fiabilidad del servicio eléctrico como también la velocidad de la restauración en una emergencia.

2.7.6 Ethernet en la primera milla (EFM)

La primera milla define una conexión entre la oficina central o el POP (punto de presencia) de otros proveedores de servicios y las instalaciones del cliente. EFM (Ethernet en la primera milla) ofrece conexiones Ethernet de LAN a WAN que transportan protocolos IP, lo que elimina la necesidad de conversiones de protocolos.

Ethernet en la primera milla es parte de un movimiento tecnológico más amplio: Ethernet extremo a extremo, entendiéndose por “extremo a extremo” desde los locales del usuario hasta el punto de acceso a la red troncal o al proveedor de servicios de datos. La Figura 2.32 muestra un diagrama de referencia de este nuevo paradigma de red.

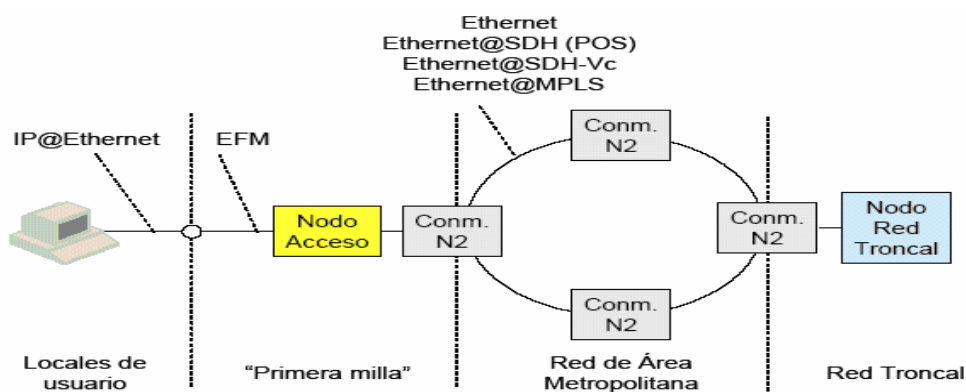


Figura 2.32 Modelo de Referencia Ethernet extremo a extremo

El grupo de trabajo IEEE 802.3ah formuló una versión establecida de la norma, que define los diversos tipos de conexiones Ethernet:

1. Punto a punto sobre cobre

- Corto alcance: 750 metros hasta 10 Mbps , usando VDSL (EoVDSL) (Ethernet sobre línea digital de abonado de muy alta velocidad)
- Largo alcance: 2.700 metros, pero a sólo 2 Mbps, usando G.SHDSL (línea digital de abonado simétrica de alta velocidad)

2. Punto a punto sobre fibra

- 100 Mbps a 1 Gbps sobre una o dos fibras En el caso de dos fibras , una fibra se usa para el tráfico de entrada y la otra para el tráfico de salida. En el caso de fibra única, ambos sentidos comparten la misma fibra y la separación se soporta mediante multiplexión por división de frecuencia.

3. Punto a multipunto sobre fibra

- Esta topología se crea usando las redes ópticas pasivas Ethernet (EPON). Un puerto ONU (unidad de red óptica) de la EPON del lado de la red puede soportar hasta 16 usuarios finales sobre fibra óptica dividida.

Para habilitar las funciones de gestión y monitoreo en las redes, el grupo de trabajo definió OAM (operación, administración y mantenimiento) como parte integral del documento IEEE Ethernet en la primera milla 802.3ah.

2.7.7 Telefonía Móvil celular

Antes de que toda la telefonía móvil fuese ni siquiera pensada, las primeras redes comerciales ya estaban instaladas en Estados Unidos en los años 40 mientras que en Europa no estuvieron disponibles hasta los años 50. La inmensa mayoría de los procesos no eran automáticos y las llamadas tenían que ser con ayuda de telefonistas. Operaban con diferentes áreas de llamadas y los terminales requerían un alto poder de transmisión. Estos sistemas tienen una baja capacidad y son muy caros de usar, así que los el numero de usuarios era muy selecto.

El punto de inflexión llegó a finales de los años 70 y principios de los años 80 con la introducción de la concepción celular y la introducción de la telefonía móvil llegando a estar disponible para un número mayor de usuarios. A partir de aquí numerosos estándares fueron surgiendo a nivel mundial pero con un cierto desorden porque cada país o grupo pequeños de países tenían su propio estándar. Consideramos que todos los primeros sistemas analógicos están dentro de la primera generación de los sistemas de telefonía móvil.

Los sistemas celulares fueron creados por los laboratorios Bell (AT&T) hace unos cincuenta años. Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar servicio, en áreas pequeñas o celdas (normalmente hexagonales), de menor o mayor tamaño, cada una de las cuales está atendida por una estación de radio. A su vez las células se agrupan en "clusters, de forma que el espectro de frecuencias se pueda utilizar en cada célula nueva, teniendo cuidado de evitar las interferencias.

- **Primera Generación**

La primera generación correspondió a la telefonía analógica, empleó el concepto de sistemas celular, que dividía el territorio en células y utilizando una técnica de acceso al medio conocida como FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) / FDD (*Frequency Division Duplex*) que era una técnica de acceso múltiple por división de frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación entre el transmisor y el receptor.

Se dice que fue Estados Unidos pionero en la telefonía móvil, pero en 1978 se desarrolló la primera red celular en Bahrein y que estaba constituida por un total de 250 usuarios que se comunicaban en la banda de 400 MHz. Al ver que eso funcionaba, ese mismo año la empresa estadounidense AT&T se centró en el estudio de esta tecnología y un año más tarde desarrolló el que sería el primer estándar de la telefonía móvil, AMPS (*Advanced Phone Mobile System*).

AMPS y NAMPS

AMPS (*arrowbadamps*) tiene sus orígenes en estudios realizados sobre esta tecnología a principio de los años 70. AMPS es un sistema con una arquitectura compleja y cara, en el cual toda la inteligencia fue situada en una central de conmutación de sistemas. A pesar de todo esto AMPS tuvo un gran éxito comercial, fue estandarizada y establecida en la redes de telefonía de los Estados Unidos en 1981. El punto de partida fue que el *roaming* debería estar disponible entre redes, aunque esto no estuvo disponible a gran escala hasta los años 90.

NAMPS (*Narrowbadamps*) es una variante de AMPS desarrollada por motorota a principios de los 90. El espacio de canal es reducido lo que incrementa la eficiencia en frecuencia en un factor 3. Este estándar es compatible con AMPS así que hace posible que se sigan usando las redes existentes y las infraestructuras instaladas. El uso de NAMPS fue limitado porque la reducción del canal incrementó el precio de los terminales. Las redes de este tipo estaban en uso a finales de 1996 con más de un millón de suscriptores. Sin embargo la mayoría de las redes son combinadas AMPS/NAMPS en las que solo una pequeña proporción de los canales han sido en realidad convertidos a NAMPS.

En cuanto a los sistemas basados en satélites, las características básicas son el haz de cobertura global (cada satélite ilumina toda la superficie terrestre que está en su campo de visión) y el gran tamaño de los terminales portátiles. Destaca particularmente, por su enorme popularidad, la organización INMARSAT (*INternational MARitime telecommunication SATellite*) que, en banda-L, cuenta con aproximadamente 30000 terminales en todo el mundo.

Los principales usuarios son marítimos (INMARSAT-A), y utilizan satélites GEO. Al comienzo de los años 80, la organización Qualcomm lanzó el servicio Omnitrac tanto en Norteamérica (con satélites GSTAR) como en Europa (con satélites EUTELSAT). Proporcionaban servicios de mensajes bidireccionales e información de posición automática (APR) mediante medidas tomadas un par de satélites GEO en la banda Ku (14-12 Ghz). El mercado al que va dirigido este servicio, es el de la industria del transporte en carretera, y aproximadamente 45000 camiones se equiparon al final de 1993 con terminales Qualcomm, el 90% de los cuales fueron vendidos en USA y sólo un 10% en Europa. El crecimiento fue mucho menor del esperado, sobre todo en Europa, a causa del alto costo de los equipos y de la expectación suscitada por la segunda generación de móviles, concretamente por la red europea GSM. Esta limitación del crecimiento también es aplicable a los servicios de INMARSAT.

NMT, NMT-450 Y NMT-900

Fue en 1975 en la Conferencia Nórdica de las Telecomunicaciones donde se presentó el nombre de NMT, que era un estándar abierto. Todos los desarrolladores de los países involucrados; Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia tenían permisos para diseñar sistemas que fueran compatibles con el estándar. Debido a que NMT fue introducido en todos los países escandinavos, el *roaming* fue uno de los principales aspectos del departamento de diseño.

Una variante de NMT conocida como NMT-450 fue la que se instauró en España y Francia años más tarde, así como en otros países del este de Europa, en años posteriores. Éste estándar usa un sistema celular que utiliza una estructura de red jerárquica. Comparado con el estándar americano NMT.450 se hizo comercial casi a la vez que el AMPS. Sin embargo NMT-450 estaba basado en una técnica más avanzada, como se demuestra por ejemplo en que las estaciones base son relativamente inteligentes, cosa que no pasaba en AMPS debido a que todas las funcionalidades estaban situadas en la central de conmutación.

En 1986 apareció el NMT-900 en Escandinava; que también fue instaurado en Suiza y Holanda, que basado en su antecesor ofrecía el *roaming* entre estas redes.

TACS

Pero NMT no fue el único estándar Europeo porque mientras éste se desarrollaba en los países nórdicos, en el Reino Unido se generó un estándar basado en el americano y que recibió el nombre de TACS (*Total Access Communication System*). Sin embargo este estándar utilizaba otra banda de frecuencia diferente a la del estándar americano, porque antes de su desarrollo los británicos ya tenían asignada una banda de frecuencia para la telefonía móvil; la banda de 900MHz. Ésta tecnología se añadió en Italia, España y Austria a principios de los años 90. Las redes TACS formaron la mayor red de telefonía móvil antes de la instalación de GSM.

Otros Estándares

NMT y TACS no son los únicos estándares desarrollados en Europa, sino que también se pueden destacar otros más. A principio de los años 80's Alemania también estaba metido en la lucha por el desarrollo de las tecnologías móviles y creó su propio estándar conocido como C-450, que fue puesto en el mercado en 1985 y que trabajaba en la banda de 450 MHz. Este tipo de redes no tuvieron mucho éxito y solo fueron instaladas en Portugal y Sudáfrica. Los países que instalaron C-450 fue debido a la flexibilidad que éste proporcionaba.

También aparecieron dos estándares para terminar con la lista de estándares europeos. El primero de ellos es RC-2000 que se desarrolló y se implantó únicamente en Francia desde 1981. Es un híbrido entre las comunicaciones de radio y telefonía móvil. Tiene tres bandas: la más baja se utiliza para las comunicaciones locales, la segunda para comunicarse con el exterior y la tercera se añadió más tarde para proporcionar estos servicios. El segundo de los estándares es RMTS que se utilizó en Italia y que se instaló en 1983. Proporcionaba una gran calidad de transmisión pero el problema es que tiene un límite en el máximo de clientes gestionados por el proveedor del servicio.

Japón también investigó y desarrolló su propio estándar llamado NTT (*Nippon Telegraph and Telephone*), A mediados de los años 80, desarrollaron un nuevo estándar: NNT que se utilizó exclusivamente en Japón que desde aquel entonces se posicionó en la guerra en el desarrollo de la telefonía móvil.

Principales estándares de la primera generación

- FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)

Es una técnica de control de acceso al medio en la cual el espectro radioeléctrico se divide en una serie de secciones o ranuras dependiendo del número de usuarios que tengamos en ese momento. La configuración es rígida e invariante pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora y es válida cuando se puede garantizar que durante la mayor parte del tiempo cada una de ellas ocupará activo el ancho de banda que se le asignó. Por esa razón se llama acceso múltiple con división de frecuencia con asignación fija.

En FDMA cuando el número de subportadoras aumenta, el ancho de banda asignado a cada una de ellas debe disminuir lo que conlleva a una reducción de la capacidad de las mismas.

- El estándar americano: AMPS (*Advanced Mobile Phone System*)

Los sistemas de primera generación como éste usaban la modulación en frecuencia, y FSK (*frequency shift keying*) para la señalización. El propósito general de las redes con este estándar era el de proporcionar cierta movilidad a aquellos usuarios que viajaran en sus coches. Al principio se pensó que este estándar no tendría límites y que la división de celdas sería ilimitada. Pero cuando instalaron las primeras redes a principios de los años 80's notaron que con las celdas cada vez más pequeñas, se volvía imposible colocar las estaciones base en los lugares donde la cobertura sería óptima

Este estándar utiliza una modulación FSK que es la más simple de las modulaciones digitales y por lo tanto es de bajo desempeño. Es similar a la modulación de frecuencia (FM), pero más sencillo, dado que la señal moduladora es un tren de pulsos binarios que solo varía entre dos valores de tensión discretos.

El funcionamiento del sistema se describe a continuación: todo comienza cuando el móvil quiere comunicarse con la estación base más cercana sobre uno de los canales de voz asignados para esa celda. La estación base lo que hace es conectarse a través de los troncales a la MSC (*Mobile Switching Central*) más cercana, el cual le proviene de la red pública.

Posteriormente se transmiten datos para el establecimiento de la conexión, y una vez conseguido se podrá transmitir datos entre el usuario móvil y la central a través del aire. Luego la voz se conmuta desde la MSC hacia la PSTN (*Public Switched Telephone Network*).

Ocurre a veces que se produce un deterioro de la calidad de transmisión de una llamada y se procede entonces a realizar un cambio de celda; este proceso se conoce como *handoff* o *handover*. Como consecuencia de esto la voz se transmite desde el MSC a una nueva estación base, lo cual implica la reelección del modo de conmutación del MSC.

Los principales parámetros de un sistema AMPS son:

- Tolerancia en la ubicación de la estación base: Este nivel decrece gradualmente a medida que la tolerancia de la posición se incrementa de 0 a $\frac{1}{4}$ del radio de la celda, pero decrementa rápidamente más allá de este punto de quiebre. Por lo tanto la tolerancia fue determinada en $\frac{1}{4}$ del radio de la celda.
- Radio máximo de la celda
- Radio mínimo de la celda: Esta definido en una milla (1.6 Km.), el limite lo dan la instalación correcta de las estaciones base y el proceso de *hand-off*, transferencia de llamadas entre celdas.

- Los estándares europeos: NMT y TACS

NMT es un sistema celular que usa una red normal de arquitectura jerárquica. Frecuencias emparejadas son usadas para comunicaciones entre teléfonos móviles y estaciones base. Los terminales móviles transmiten en la banda de 450 MHz y recibe en la banda de 460MHz, así que la separación es de 10 MHz. Los servicios de datos no son soportados aunque dispone de un ancho de banda de 3 KHz que permite el uso de módems telefónicos.

Como ya hemos dicho TACS fue diseñado en base a AMPS y desde la perspectiva técnica el gran cambio producido en el ancho del canal, el cual fue reducido desde los 30 KHz. para AMPS a los 25 KHz de TACS, mientras que las bandas de frecuencia fueron situadas entre los 800 y los 900 MHz. Existe otro tipo de TACS que es el TACS extendido (ETACS) que usa una banda de frecuencia más larga.

- El estándar japonés: NTT

Este sistema desarrollado en Japón usaba dos porciones de 15 MHz en la banda de 800 MHz y un espaciado de canales de 25 KHz. Cuando la capacidad de celdas aumentó durante los años 80, Japón desarrolló otro nuevo estándar que tenía una mayor eficiencia en el uso del ancho de banda aunque seguía operando en el mismo espectro. El único cambio importante que se hizo el canal de espaciado fue reducido a 12.5 KHz., y con ello la interferencia minimizada.

- **Segunda Generación 2G**

A partir de 1983 los costos de los celulares se abarataron y por lo tanto se dio un incremento en el consumo de la telefonía celular, en este momento se utilizaba un sistema analógico llamado AMPS (*Advance Mobile Phone Service*) y al estudiar el sistema, se hicieron predicciones en las cuales para 1990 la capacidad del sistema podría saturarse.

Ante la posible saturación de la demanda del consumidor, existían tres tipos de maneras de expandir el sistema celular:

1. Moverse hacia nuevas frecuencias de banda
2. Dividir las células existentes en otras más pequeñas
3. Introducir una nueva tecnología y hacer más eficiente el ancho de banda

Se estudiaron las tres alternativas; como dividir las células resultaba muy caro y el moverse hacia nuevas frecuencias no se encontraba disponible en ese momento, se optó por la tercera opción como el mejor camino. En 1987 se declaró que las licencias de telefonía celular podrían emplear una tecnología alternativa de la banda de los 800Mhz, esto logró que la industria de celulares buscara una nueva forma de transmisión que incrementara la eficiencia de las comunicaciones comparadas con el sistema AMPS.

En 1988, se creó la “*Cellular Technology Industry Association*” (CTIA), organismo que tenía como objetivo introducir la nueva tecnología, productos y servicios para 1991. Los objetivos eran:

- Incrementar la capacidad del sistema comparado con AMPS (analógico)
- Modo dual y compatibilidad AMPS/Digital durante la transmisión de datos
- Nuevas capacidades como fax y servicio de mensajes cortos (SMS)
- Asegurarse de que el equipo estaría listo para 1991
- Lograr un servicio estándar de alta calidad

Después de largos debates con la TIA (*Telecommunications Industry Association*), se creó un sistema de tecnologías híbrido que trabajaría con TDMA IS-136, CDMA IS-195 y el estándar del GSM europeo; tomando en cuenta que cada una de estas tecnologías tienen ventajas sobre el AMPS. Así fue como surgió PCS que quiere decir *Personal Communications Service* (Servicio de Comunicaciones Personales) y se refiere principalmente al conjunto de tres tipos de tecnología celular.

Características Generales

Los sistemas de segunda generación utilizan protocolos de codificación más sofisticados y se emplean en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: GSM (*Global System por Mobile Communications*); IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136) y CDMA (*Code Division Multiple Access*) y PDC (*Personal Digital Communications*), éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas de segunda generación soportan velocidades de información más altas por voz, pero limitados en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (*Short Message Service*). La mayoría de los protocolos ofrecen diferentes niveles de encriptación.

Estándares de la Segunda Generación

- El estándar TDMA

TDMA o acceso múltiple por división del tiempo es una técnica acceso totalmente digital mediante la cual varias estaciones acceden u ocupan el ancho de banda existente. A diferencia de FDMA donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tienen asignada una misma ranura, con cierto ancho de banda fijo y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que le guste dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia hasta que les toque nuevamente su turno.

Actualmente el acceso múltiple TDMA es común en los sistemas de telefonía fija. Las últimas tecnologías en los sistemas de radio son la codificación de la voz y la compresión de datos, que eliminan la redundancia y períodos de silencio y decrementan el tiempo necesario en representar un período de voz. Los usuarios acceden a un canal de acuerdo con un esquema temporal. Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre FDMA.

- El estándar europeo: GSM

GSM es el estándar actual de telefonía móvil celular más exitoso en el mundo. El 70% de los abonados digitales a nivel mundial operan con este estándar. Los sistemas Siemens de segunda generación permiten una migración gradual hacia la 3ª generación (UMTS), pasando por GPRS y EDGE. Las bandas de frecuencia en las que trabaja son:

- Transmisión de la estación móvil: 890-915 MHz
- Transmisión de la estación base: 935-960 MHz

El estándar GSM ofrece una alta fiabilidad y numerosas ventajas técnicas, como la posibilidad de poder usar el mismo teléfono en el extranjero gracias al *roaming* internacional, en forma totalmente automática.

En cuanto a la seguridad GSM dispone capacidades de Cifrado de las comunicaciones de voz y datos y un completo sistema de autenticación para el acceso al sistema por parte de los terminales. También ofrece la posibilidad de que los móviles puedan realizar la transmisión en la modalidad de saltos de frecuencia bajo mandato de la red, para lograr una mayor protección gracias a la diversidad de frecuencia. También se puede transmitir sólo cuando haya señal moduladora a fin de economizar la duración de la batería de los terminales portátiles y reducir interferencias.

Las redes celulares como GSM, dominan el mercado de las zonas urbanas, suburbanas y rurales (densidad de tráfico media-alta). Los sistemas vía satélite de segunda generación se caracterizan básicamente por el empleo de múltiples haces. Persiguen un segmento de mercado en el cual las redes terrestres no son competitivas, bien porque la densidad de tráfico es muy baja (desiertos,) o porque simplemente las redes terrestres no son realizables (servicios marítimos y aeronáuticos) o bien porque no es económicamente viable implantarlas (tercer mundo).

Se advirtió que la clave para mejorar la penetración de los satélites en el mercado era la reducción de tamaño y del costo de los terminales de usuario, la reducción de las tarifas y la compatibilidad con los sistemas terrestres. Los modelos GSM ofrecen más beneficios, funciones y diseños más atractivos. Estos celulares son más económicos comparados con los TDMA y CDMA, gracias a las economías de escala que otorga fabricar para el 70% de los suscriptores de telefonía celular del mundo.

Coexistencia de estándares

Los principales problemas de coexistencia que nos podemos encontrar en la segunda generación, tendrán lugar entre los diferentes sistemas europeos, americano y asiático. Estos se solucionarán mediante tecnologías en los móviles conocidas como banda dual, Tribanda y Quatribanda.

La banda dual permite las comunicaciones móviles en Europa. Las bandas que dan cobertura en Europa son la 900 y la 1800 mediante GSM, así hablamos de GSM 900 y GSM 1800. Usualmente la cobertura en 1800 MHz corresponde a las áreas urbanas mientras que la de 900 MHz corresponde a las suburbanas, esto se debe, a que la red GSM 900 tiene más alcance pero tiene menos capacidad de penetración, por eso es ideal para ser utilizada en espacios abiertos, y menos indicada en las ciudades o en zonas verticalmente urbanizadas.

La conmutación entre las dos redes se hace automáticamente cuando una de ellas está saturada o no posee cobertura suficiente. La banda GSM 900 está cada vez más saturada por lo que los dispositivos de banda dual poseen una ventaja respecto a los dispositivos GSM normales al poder conmutar a una segunda banda de comunicaciones.

La tecnología tribanda viene a extender las bandas de comunicación en telefonía móvil existentes al mercado Americano. En este caso, se añade a las anteriores la banda en 1900 MHz, con lo que los dispositivos tribanda funcionan a 900/1800/1900 MHz.

La tecnología quatribanda amplía la cobertura al Sureste asiático y Japón. Las anteriores frecuencias se amplían con GSM 850 MHz, de forma que los dispositivos Quatribanda operan a 850/900/1800/1900 MHz en redes GSM.

- Los estándares americanos: CDMA y IS-54

IS-54

Los sistemas IS-54 añaden canales de tráfico digitales a un sistema EAMPS, simplemente sustituyendo canales de tráfico analógicos existentes por canales digitales TDMA, por lo que las bandas de frecuencia son las mismas. Los equipos digitales operan paralelamente a los que funcionan según el sistema EAMPS y los dos sistemas disponen de un grupo de canales de control comunes a ambos modos de operación. Estos canales de control realizan funciones de difusión (*broadcast*), búsqueda (*paging*) y acceso.

La modulación utilizada por este estándar será la FSK para los canales de control dado que no se produce variación con respecto del sistema AMPS original. En cambio para los canales de tráfico (DTC *Digital Traffic Channel*) se utiliza una modulación DPSK.

CDMA.

Es una técnica que emplea una serie de códigos especiales para proporcionar múltiples canales de comunicación dentro de un solo segmento dedicado del espectro electromagnético. Los actuales sistemas de telefonía celular dividen el ancho de banda disponible en canales que se distribuyen entre las diferentes celdas que componen el sistema. En CDMA la división de los distintos canales de comunicación se realiza empleando diferentes códigos dentro de una misma porción de espectro con un ancho de banda mucho mayor que el de un sistema convencional. Este objetivo se consigue mediante una técnica denominada espectro ensanchado (*spread spectrum*), la cual fue empleada por primera vez en el año 1949 y cuya aplicación ha venido siendo fundamentalmente de tipo militar.

En CDMA las señales pueden ser recibidas en presencia de niveles muy altos de interferencia. Aunque el límite práctico depende de las condiciones del canal, la recepción puede tener lugar en presencia de señales interferentes 18dB por encima del nivel de la señal deseada. Debido a esta característica, los canales disponibles se pueden reutilizar en todos los sectores de todas las celdas. La mitad de la interferencia total provendrá de la propia celda y la otra mitad provendrá de las celdas adyacentes, encontrándose todas ellas operando en la misma frecuencia.

En CDMA un aumento de la potencia transmitida por un móvil afecta a todas las demás comunicaciones debido a que se incrementa la interferencia experimentada por las señales de todos los demás usuarios. CDMA intenta que todas las señales lleguen con la misma potencia.

Diferencias de CDMA con sistemas analógicos y digitales

Todos los usuarios comparten la misma frecuencia. Para un sistema completamente cargado se pueden soportar hasta 35 comunicaciones en una misma frecuencia. Los canales son dúplex a dos frecuencias con un ancho de banda aproximadamente

1.23MHz separados 45MHz ambos sentidos de transmisión. La banda utilizada es de la 800MHz. En las estaciones base sólo es necesario un transmisor/receptor por cada celda o sector.

Los distintos canales de comunicación se diferencian por el código empleado. No es necesario realizar una planificación de frecuencias como en los sistemas celulares convencionales.

El límite del sistema no es estricto, es decir, la aparición de nuevos usuarios añade más interferencia al sistema lo cual provoca una mayor tasa de error en todas las comunicaciones. También el sistema CDMA se beneficia del ciclo de actividad de la voz lo cual provoca un considerable incremento respecto de la capacidad teórica del sistema, evaluada para un ciclo de actividad vocal.

CDMA es la base del sistema IS-95 desarrollado por Qualcomm. El área de cobertura de IS-95 depende del número de usuarios activos (carga de cada celda). Esto significa que el tamaño de la celda en un sistema IS-95 CDMA decae a medida que el número de usuarios se incrementa.

El mayor sustento para CDMA ha sido su incremento en capacidad. Este importante requisito puede ser logrado a través de un acceso múltiple eficiente, codificación adecuada y tipo de modulación. Los límites de la cantidad de la celda son impuestos por la cantidad del espectro disponible y por el grado de interferencia de co-canales

- El estándar japonés

El estándar japonés PDC utiliza un sistema TDMA con tres ranuras de tiempo como IS-54. También se usa un eficiente método de codificación de voz. Las tres ranuras de tiempo proporcionan una alta eficiencia en el espectro y de acuerdo con algunos especialistas no japoneses, más del doble de buena que en GSM. En este estándar la estación base y los terminales móviles usan diversidad de antena, de esta manera se ha hecho un intento para evitar el uso de ecualizadores complicados (como en GSM y D-AMPS).

Se pueden usar dos bandas de frecuencias: la de 800MHz y la de 1.5GHz. Para un futuro se está pensando la posibilidad de utilizar seis ranuras de tiempo que proporcionará al sistema del doble de capacidad y de un servicio de datos más rápido.

- **Generación 2.5**

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes de generación 2.5 antes de entrar masivamente a la tercera generación (3G). La tecnología 2.5 es más rápida, y más económica para actualizar a 3G.

La generación 2.5 ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas 2G, como: GPRS (*General Packet Radio System*), HSCSD (*High Speed Circuit Switched*), EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*), IS-136B e IS-95Bm entre otros. Los carriers europeos y estadounidenses se moverán a 2.5 antes de llegar a la tercera generación. Mientras que Japón irá directo de 2G a 3G.

- El estándar GPRS (*General Packet Radio Service*)

GPRS es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de “paquetes”, al contrario de GSM que utiliza conmutación de circuitos. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

Con GPRS podremos, utilizando el mismo espectro radioeléctrico, alcanzar velocidades de hasta 56 Kbps y los operadores estarán en condiciones de facturar en función del volumen de datos transmitidos y no del tiempo de conexión, haciendo mucho más atractivos para el usuario final los servicios de valor agregado.

En GPRS los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta tecnología. La mayoría de estos terminales soportarán también GSM, por lo que podrá realizar sus llamadas de voz utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a Internet, WAP, etc.) tanto con GSM como con GPRS.

Además la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red.

Mejoras de GPRS frente a GSM

Como ya sabemos GPRS está basado en GSM, con las siguientes mejoras:

- Velocidad de transferencia mayor que en GSM, hasta 144Kbps
- Conexión permanente: Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.

Los servicios que obtendrá un usuario de este sistema serían los equivalentes a tener un PC conectado a Internet, siendo este de tamaño bolsillo. Los principales servicios que ofrece son:

- Acceder en movilidad a Internet y al correo electrónico. GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el Terminal GPRS como módem.
- Acceder con facilidad a la intranet corporativa
- Acceso a cuentas de correo corporativas (intranet)
- Acceso a bases de datos y aplicaciones corporativas desde un dispositivo móvil
- Acceso GPRS a aplicaciones WAP para usos empresariales (a través del servicio WAP).
- Acceso a servicios de información (a través del servicio WAP).

- El estándar EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM*)

EDGE es una evolución de GSM/GPRS hacia la 3ª generación. Si bien EDGE posee un nuevo esquema de modulación en la interfaz de radio, utiliza el espectro de radio GSM y la red de conmutación existentes. EDGE ofrece a los operadores móviles un camino para la evolución de datos móviles y servicios multimedia, triplicando la velocidad de los datos en comparación con GPRS.

EDGE fue inicialmente desarrollado para operadores de redes móviles que fracasaron en ganar espectro a UMTS. EDGE da la posibilidad de ofrecer datos de servicio a velocidades cercanas a aquellas que ofrece las redes de tercera generación (UMTS). Por otra parte, representa una alternativa para operadores UMTS que inicien el desarrollo de sus redes UMTS sólo en ciudades densamente pobladas pero que desean dar una cobertura amplia.

Terminales capaces EDGE se necesitarán porque existen terminales GSM que no soportan las nuevas tecnologías y necesitarán ser mejoradas para usar las funcionalidades de las redes EDGE.

Más tarde la industria introdujo lo que se llama el Compact EDGE. Esto es una versión del efecto eficiente de EDGE que soportará tasas de datos de 384 kbits pero que sólo requerirá de una parte del espectro pequeña y por tanto podría trabajar con partes del espectro limitadas. De todo esto surgió el EDGE con evolución TDMA.

- El estándar HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*)

HSCSD proporciona a un usuario el poder acceder a varios canales a la vez. Como tal, hay una conexión directa entre la mayor velocidad y los costes asociados de usar más recursos de radio (es caro para los usuarios finales tener que pagar por múltiples llamadas).

En sistemas donde se encuentra desarrollado HSCSD, GPRS ocupa el tercer lugar en cuanto prioridad, donde el primer lugar es para la voz y la segunda para HSCSD. Puede ser utilizado para realizar llamadas, de tal manera que las llamadas HSCSD pueden ser reducidas a un solo canal si las llamadas buscan ocupar este canal. HSCSD no afecta a disponibilidad del servicio de voz pero se la afecta. Es difícil ver como HSCSD puede ser desarrollado en redes ocupar y todavía otorgar un buen servicio al usuario con una tasa de datos continua alta. HSCSD es además el más indicado en aquellas redes nuevas o aquellas con suficiente capacidad compartida. Sin embargo HSCSD es mucho más fácil de implementar que GPRS porque algunos vendedores de GSM requieren un software mejorado para estaciones base y no un nuevo hardware.

Existen un par de razones de porque HSCSD debería ser prioritario con respecto a GPRS. El hecho es que los paquetes asociados pueden ser enviados en diferentes direcciones para llegar al mismo destino debería hacer de la transmisión más segura ya que hay diferentes maneras de llegar al usuario final.

Sin embargo esta naturaleza de los paquetes de transmisión, significa que los paquetes están sujetos a retraso variable y algunos pueden sufrir pérdidas. Mientras que la retransmisión de paquetes está incorporada en los estándares GPRS, por supuesto esto toma tiempo y en el caso de las aplicaciones de transmisión de video pueden causar peor calidad de imagen.

Otra razón de porqué es mejor utilizar HSCSD podría ser el caso en mientras GPRS es complementario para las comunicaciones con redes basadas en paquetes como Internet, HSCSD puede ser la mejor manera de comunicar con otras comunicaciones de

conmutación de circuitos como puede ser PLMN y ISDN. Nokia utiliza HSCSD con cierto éxito.

- **Tercera Generación 3G**

Pero el mercado de las telecomunicaciones evoluciona muy rápidamente y actualmente ya se encuentra implantada la tercera generación de telefonía móvil que no tardará en sobrepasar a la segunda generación y ya se están haciendo estudio para la cuarta generación.

La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

En relación a las predicciones sobre la cantidad de usuarios que podría albergar 3G, se calcula que en 2006 habrá más de 1,150 millones en el mundo, comparados con los 700 millones que hubo en el 2000. Dichas cifras nos anticipan un gran número de capital involucrado en la telefonía inalámbrica, lo que con mayor razón las compañías fabricantes de tecnología, así como los proveedores de servicios de telecomunicaciones estarán dispuestos a invertir su capital en esta nueva aventura llamada 3G

- El estándar UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

El estándar UMTS nace con el objetivo de unificar los distintos sistemas de telefonía móvil empleados en todo el mundo, al tiempo que pretende mejorar las funcionalidades de los sistemas actuales. UMTS son las siglas en inglés del Sistema Universal de Comunicaciones Móviles. UMTS es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de "tercera generación" de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), y lo que se explica más adelante sobre UMTS y los servicios UMTS es igualmente válido para otros miembros de la familia IMT-2000 (norma de telefonía móvil para 3G).

El sistema UMTS, conocido también como 3ª generación de comunicaciones móviles, operará en una banda de frecuencias distinta a la de GSM, GPRS y EDGE, cuya principal característica consiste en ser una frecuencia estándar unificada que permitirá una única cobertura global vía radio. Así, mientras el cambio fundamental entre la primera y segunda generación introdujo una sustancial mejora de la calidad de voz y servicios, la transición entre la 2ª y la 3ª viene impulsada por la demanda de los usuarios de un acceso rápido a servicios multimedia en cualquier momento y lugar del mundo.

Se abre ante todos un nuevo abanico de posibilidades como la realización de videoconferencias, el acceso a intranets corporativas, juegos interactivos, realización de compras online o control remoto de los dispositivos domésticos desde el teléfono móvil.

Algunos organismos de estandarización como la ITU-R (sección de la Unión Internacional de Telecomunicaciones encargada de las Radiocomunicaciones) y el ETSI (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación) han estado trabajando en un proyecto que pretende universalizar las comunicaciones móviles, satisfaciendo cualquier necesidad y en cualquiera de los entornos comentados en el punto anterior. La idea es englobar en un único estándar, las diferentes tecnologías de sistemas inalámbricos, celulares y, sobre todo, vía satélite. El papel desempeñado por los satélites en las comunicaciones móviles de tercera generación, no se reducirá al ámbito que ocupan los de segunda generación, sino que entrará en competencia directa con las redes terrestres.

Aspectos Técnicos

UMTS se basa en extender las actuales tecnologías móviles, inalámbricas y satélites proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa, usando un innovador programa de acceso radioeléctrico y una red principal mejorada.

UMTS alcanzará velocidades de transmisión de hasta 2 Mbps lo que hará posible conexiones a Internet desde los teléfonos móviles a gran velocidad. Actualmente, transmitir 2 MB de vídeo a través de la red GSM cuesta media hora, mientras que con el sistema UMTS serán necesarios tan sólo 8 segundos. Permitirá estar conectado a la red de forma permanente sin pagar más que cuando se utilice el terminal para realizar una operación.

Ofrece un nuevo interfaz radio denominado UTRA (UMTS *Terrestrial Radio Access*). Dicha interfaz está basado en tecnología CDMA permitiendo aumentar considerablemente la velocidad de transferencia de datos, y soportará dos modos de operación el FDD (*Frequency Division Duplex*) y el TDD (*Time División Duplex*). El primero en introducirse será FDD que está basada en un esquema de Secuencia Directa CDMA y soporta una velocidad de hasta 384 Kbps. El TDD está basado en la multiplexación en tiempo y en código, se ha diseñado y optimizado para ser usado en zonas con alta densidad de tráfico.

El mayor beneficio de los sistemas 3G es que ofrecerán servicios finales de alta capacidad, calidad y velocidad actualmente inalcanzables, subsanarán el vacío entre telefonía móvil e Internet. UMTS integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad con beneficios como:

- Conectividad virtual a la red en todo momento.
- Formas de facturación alternativas (por bites, por sesión, tarifa plana, ancho de banda asimétrico de enlace ascendente-descendente) según lo requieran los variados servicios de transmisión de datos que están haciendo su aparición.

Ventajas de UMTS:

1. El sistema UMTS mantendrá la compatibilidad con GSM.
2. La frecuencia para UMTS Será de 2GHz y será posible transmitir datos a 2 Mbps, con lo que será posible la videoconferencia móvil.

3. Integra transmisión de paquetes, con lo que se dispondrá de conexión permanente a la red (no sólo al efectuar la comunicación) y se podrá facturar por volumen de datos en lugar de por tiempo.
4. Velocidad adaptable, con lo que se optimiza su uso, al asignar el ancho de banda de forma dinámica (dependiendo del tipo de llamada, imagen, voz.).
5. Es un sistema global, diseñado para funcionar en todo el mundo, empleando tanto redes terrestres como enlaces por satélite.
6. Proporcionará servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios.
7. Bajos costos del servicio para asegurar un mercado masivo, con tarifas competitivas.

- **Cuarta generación 4G**

Aún cuando la tercera generación todavía no está totalmente extendida a nivel mundial, ya se está haciendo estudios para el desarrollo de la cuarta generación de telefonía móvil.

A finales de este año 2005 la empresa de telecomunicaciones japonesa NTT DoCoMo abrirá un centro de investigación y desarrollo en la capital China, para desarrollar la cuarta generación. Se espera que esta tecnología sea capaz de transmitir datos a velocidades muy superiores a las de la tercera generación que recién se está instalando en muchos países. La tercera generación permite aplicaciones multimedia dentro de un rango que va de entre los 384 Kbps y 2.4 Mbps, que se queda un poco pequeña para los 100 Mbps que se espera llegar con la cuarta generación.

La otra gran ventaja de la 4G será la velocidad. Mientras que las redes 3G proporcionan 2 Mbps, la 4G alcanzará desde 20 a 100 Mbps en los tramos UMTS, e incluso un *Gigabyte* en las redes locales y los *hotspots*. Gracias a ello podrán utilizarse varias aplicaciones de forma simultánea, como videoconferencias o reproducción de películas a través del móvil con la máxima resolución. Aunque la 4G empieza a asomar en las conferencias y debates especializados, ya existen operadoras y fabricantes que experimentan con ella, especialmente en Asia.

2.7.8 WLAN's

Una WLAN es simplemente una Red de Área Local interconectada de forma inalámbrica. Es decir WLAN es una red en la que una serie de dispositivos (PC, *workstations*, impresoras, servidores,..) se comunican entre si en zonas geográficas limitadas sin necesidad de tendido de cable entre ellos.

La gran ventaja de esta tecnología es que ofrece movilidad al usuario y requiere de una instalación muy sencilla. Es decir, una WLAN es una alternativa a una LAN cableada que nos permite estar moviéndonos por la empresa o salir a tomar el sol al campus universitario sin perder la conexión de nuestro portátil con *Internet* o con una base de datos actualizada instantáneamente. Actualmente las WLAN se utilizan como redes autónomas de ordenadores o como complemento inalámbrico a redes cableadas ya existentes, ya que permiten ampliar dichas redes de forma muy sencilla

Las redes locales inalámbricas (WLAN's) permiten la interconexión de ordenadores en área local como las LAN clásicas pero sin necesidad de usar cables. Las WLAN's pueden utilizarse de dos formas:

- Para establecer redes ad-hoc, esto es, redes cerradas donde un grupo de terminales próximos se comunican entre sí sin acceso a redes externas, por ejemplo un grupo de usuarios en una sala de reuniones.
- Como redes de acceso inalámbricas donde los terminales se comunican con un punto de acceso a través del cual pueden acceder a redes externas. Por ejemplo acceso a Internet desde un aeropuerto donde existe una WLAN.

En 1997 la IEEE publicó el primer estándar para redes de datos inalámbricas, la Recomendación IEEE 802.11. Esta recomendación define la subcapa MAC y la capa física (PHY) para las redes inalámbricas. Desde su publicación inicial, varios grupos de trabajo la han ampliado, en las recomendaciones 802.11a, 802.11b, etc.

Los principales estándares de WLAN se resumen en la Tabla 2.4

Principales estándares de WLAN

Origen	Estándar	Frec.	Nivel físico	Velocidad máxima	Disponible	Referencia
IEEE	802.11b	2,4 GHz	DSSS	11 Mbit/s	2001	standards.ieee.org/wireless www.wi-fi.org
IEEE	802.11a	5 GHz	OFDM	54 Mbit/s	2002	
IEEE	802.11g	2,4 GHz	OFDM/ DSSS	54 Mbit/s	Fin 2002	
ETSI	HiperLAN2	5 GHz	OFDM	54 Mbit/s	2003	www.hiperlan2.com www.etsi.org/bran
ETSI / IEEE	5 GHz Unified Protocol (5-UP)	5 GHz	OFDM	108 Mbit/s	2003?	
Bluetooth SIG	Bluetooth	2,4 GHz	DSSS/ FHSS	0,721 Mbit/s	2002	www.bluetooth.com

Tabla 2.4 Principales estándares de WLAN

Nótese que las velocidades citadas en la tabla son las velocidades de transmisión que se pueden alcanzar como máximo en un canal físico. Las velocidades útiles ofrecidas al nivel de aplicación en condiciones típicas de uso suelen ser significativamente menores y variables, decreciendo con la distancia entre el terminal y el punto de acceso y con el número de usuarios que comparten el mismo canal.

Normalización

Los estándares de WLAN del IEEE y de ETSI.

- IEEE 802.11b

El estándar IEEE 802.11b, conocido también como “Wi-Fi”, define los niveles físico y de acceso al medio (MAC) El acceso al medio se basa en un mecanismo de contienda similar al de Ethernet, sin calidad de servicio. Su velocidad es baja comparado con otras WLAN (aunque superior a la de las redes celulares 2G/3G) y su seguridad es bastante débil.

- IEEE 802.11a

El IEEE 802.11a permite alcanzar una velocidad máxima de 54 Mbit/s por canal, casi 5 veces superior a la velocidad máxima del 802.11b. Este estándar usa Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM74), más complejo que Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) de 802.11b, por lo que ha tardado más en desarrollarse (a pesar de haberse definido antes como indica la letra ‘a’ de su nombre) 802.11a us. a frecuencias más altas, en la banda de 5 GHz, con espacio para más canales y menos propensa a interferencias que la banda de 2,4 GHz. En el lado negativo, el uso de frecuencias más altas causa una mayor absorción de las señales por obstáculos, lo que tiende a reducir el alcance de 802.11a comparado con el de 802.11b. La relativa robustez de OFDM frente a interferencias multitrayecto compensa en parte la desventaja anterior, por lo que en la práctica el alcance de ambos sistemas es similar.

- IEEE 802.11g

La versión IEEE 802.11g puede alcanzar la misma velocidad máxima que 802.11^a pero usando la misma banda de 2,4 GHz que 802.11b con dos opciones: OFDM o DSSS mejorado. Entre las ventajas de esta versión cabe citar la compatibilidad con 802.11b y un mayor alcance esperado debido a combinar las ventajas de OFDM en cuanto a multitrayecto con la menor absorción de la banda de 2,4 GHz. Como la superficie cubierta crece con el cuadrado de la distancia, un mayor alcance permite cubrir una misma zona con menos puntos de acceso. Por ejemplo, un incremento de alcance del 50% se traduce en una reducción del número de puntos de acceso a menos de la mitad. Esto puede ser interesante para cubrir zonas amplias donde hay pocos usuarios o donde estos generan poco tráfico.

En cuanto a las desventajas, el estándar 802.11g va más retrasado que 802.11^a y, debido a la mayor interferencia en la banda de 2,4 GHz, su velocidad efectiva tiende a ser menor. Por otra parte, el mayor alcance teórico de 802.11g no es aprovechable cuando la densidad de usuarios o el tráfico generado es alto o cuando hay problemas de interferencia (o de escuchas no autorizadas) entre redes próximas, por ejemplo, entre oficinas de empresas que comparten un mismo edificio. Existe la posibilidad de instalar puntos de acceso duales 802.11a/802.11b, aunque esto implica usar dos antenas diferentes, mientras que 802.11g puede usar las mismas antenas que 802.11b.

Actividades en IEEE 802.11

Las tres versiones 802.11a, b y g tienen como problemas comunes una débil seguridad, carencia de calidad de servicio y limitaciones de movilidad. Varios grupos del IEEE están trabajando en soluciones para ellos. Estos grupos se denominan también 802.11 más una letra, pero no pretenden definir estándares de WLAN alternativos a los tres citados, sino sólo extensiones de los mismos para solucionar los problemas anteriores.

802.11b permite cifrar la información con un procedimiento llamado *Wired Equivalent Privacy* (WEP), pero WEP tiene vulnerabilidades conocidas desde 2001 que permiten descifrar la información en muy poco tiempo (horas o incluso minutos). Los grupos IEEE 802.11i y 802.11x están trabajando en varias soluciones que mejoren la seguridad del cifrado y añadan funciones de autenticación. Se están estudiando tanto soluciones compatibles hacia atrás con WEP, como soluciones más robustas basadas en algoritmos nuevos, como el *Advanced Encryption Standard* (AES). 802.11x ha sido aprobado recientemente.

Por su parte, el grupo 802.11e pretende introducir calidad de servicio en 802.11b cambiando el mecanismo de acceso al medio basado en contienda por otro más controlado basado en TDMA. El grupo 802.11f se ocupa de definir funciones de traspaso normalizadas que permitan a un usuario cambiar de un canal radio a otro o de un punto de acceso a otro sin perder la comunicación (similar a la posibilidad de cambiar de célula transparentemente que ofrecen GSM o UMTS).

Otros grupos y actividades en curso son: el 802.11d, que está definiendo versiones de 802.11b en otras bandas de frecuencia; el 802.11h, que se ocupa de mejorar el control de potencia transmitida y la selección de canal radio del 802.11a en línea con los requisitos de ETSI; y el 802.11j, el más reciente, ocupado de la coexistencia de 802.11a con el estándar europeo HiperLAN2.

A la espera de que estas extensiones se normalicen definitivamente, algunos fabricantes ofrecen en sus productos soluciones propietarias para mejorar la seguridad (por ejemplo, esquemas que cambian las claves de cifrado con suficiente frecuencia) o la movilidad entre canales y puntos de acceso.

2.7.9 ETSI HiperLAN2

HiperLAN1 se definió a principios de los años 90, pero no tuvo éxito. HiperLAN2 se ha desarrollado en el proyecto *Broadband Radio Access Networks* (BRAN75) de ETSI iniciado en 1997, y tiene mejores perspectivas por la coordinación entre organismos de normalización y el interés de fabricantes europeos y japoneses. Ericsson y Panasonic han demostrado ya prototipos de HiperLAN2.

802.11a e HiperLAN2 son muy parecidos en el nivel físico, aunque HiperLAN2 tiene ventajas en cuanto a control de potencia y cambio automático de frecuencia en caso de interferencia. Sin embargo por encima del nivel físico ambos estándares tienen diferencias significativas.

El MAC de 802.11a usa un protocolo de acceso distribuido con posibilidad de colisiones y los correspondientes plazos de espera y retransmisión. En cambio, el acceso en HiperLAN2 es coordinado por el punto de acceso que asigna recursos en el canal radio a los terminales que quieren transmitir. El control centralizado de HiperLAN2 permite regular el acceso de las terminales a los recursos para ofrecer calidad de servicio.

Por encima del nivel MAC HiperLAN2 usa un procedimiento de control de errores con tres opciones: asentimiento y retransmisión selectiva, retransmisión preventiva o sin retransmisiones. A cada terminal se le asigna el procedimiento más adecuado a sus necesidades de calidad de servicio. Por su parte, el bloque *Radio Link Control* (RLC) se encarga de la gestión de recursos radio (por ej. selección dinámica de frecuencias, control de potencia), de la señalización con los terminales que solicitan recursos y de funciones de seguridad (autenticación y cifrado).

Y la arquitectura de HiperLAN2 incluye un nivel de convergencia para facilitar su interconexión con diferentes redes. El nivel de convergencia incluye una parte común basada en paquetes (para redes IP) y otra basada en células (para ATM) y bloques específicos para Ethernet, PPP, UMTS e IEEE1394 (*Firewire*). En particular, este enfoque facilita la integración de HiperLAN2 como una interfaz de acceso de alta velocidad para UMTS, además de su uso general como WLAN.

El proyecto ETSI BRAN ha trabajado también en otros dos sistemas complementarios de HiperLAN2, llamados Hiperaccess e Hiperlink. El primero es básicamente una versión de HiperLAN2 para enlaces fijos punto a multipunto con la misma velocidad y mayor alcance, que puede servir como bucle de acceso radio para usuarios residenciales y pequeñas empresas o para conectar WLAN' en *hot spots* a la Internet, sustituyendo por ejemplo enlaces T1 o E1 alquilados. El segundo es un enlace inalámbrico en la banda de 17 GHz de alta velocidad y corto alcance, que se puede usar para sustituir el cableado a los puntos de acceso, por ejemplo para interconectar HiperLAN2 e Hiperaccess. El IEEE está considerando una solución similar con enlaces 802.11a punto a multipunto.

Comparación entre las tecnologías WLAN's				
Característica	802.11	802.11b	802.11a	HiperLAN2
Espectro	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz	5 GHz
Máxima tasa de transmisión	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Conexión	No-orientado a conexión	No-orientado a conexión	No-orientado a conexión	orientado a conexión
Encriptación	RC4 de 40 bits	RC4 de 40 bits	RC4 de 40 bits	DES, 3DES
Multicast	Si	Si	Si	Si
Soporte de redes fijas	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet, IP, ATM, UMTS, FireWire, PPP
Selección de frecuencias	FHSS o DSSS	DSSS	portadora única	portadora única con selección dinámica de frecuencias
<i>FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum</i> <i>DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum</i> <i>ATM: Asynchronous Transfer Mode</i> <i>IP: Internet Protocol</i> <i>DES: Data Encryption Standard</i> <i>UMTS: Universal Mobile Telephone Service</i> <i>PPP: Point-Point Protocol</i>				

Tabla 2.5 Comparación entre las Tecnologías WLAN's

Las redes locales inalámbricas se integran en una red privada igual que las otras redes locales. Por ejemplo, los puntos de acceso de la WLAN se conectan a un *hub* Ethernet y de éste a un enrutador IP.

2.7.10 Redes inalámbricas tipo PAN

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.

Redes de cobertura personal (PAN)

Las redes se clasifican según su tamaño; las más pequeñas se consideran las de cobertura personal (personal area network) PAN. Que son redes pequeñas, las cuales están conformadas por no más de 8 equipos, por ejemplo: café Internet

En el caso más simple, la PAN puede ser una red capaz de operar independientemente. Debe soportar un amplio rango de velocidades de transmisión, posiblemente con un gran número de dispositivos sencillos, soportando tasas de datos de muy baja velocidad, así como un número reducido de dispositivos de mayor capacidad, como PDAs (*Personal Digital Assistant*), cámaras, etc.

Por lo tanto, la PAN se divide en dos redes: una formada por los dispositivos de baja velocidad y otra por los dispositivos de alta velocidad.

- PAN de baja velocidad: Un Dispositivo Virtual

Los dispositivos de baja velocidad y reducida capacidad son los denominados terminales básicos (*basic Terminals*, bTs), los cuales están bajo el control de un dispositivo de mayor capacidad denominado el dispositivo Maestro (M). Los bT se encuentran a poca distancia del Maestro (alrededor de 2 metros) y sólo mantienen comunicación directa con él, razón por la cual conforman una topología estrella.

Para fines de comunicación e interoperabilidad con otros dispositivos externos, el conjunto de los bTs y el Maestro actúan como un dispositivo único denominándose dispositivo virtual (*Virtual Device*, VD). El Maestro coordina las comunicaciones entre los bT y otros dispositivos que se encuentran alrededor del dispositivo virtual. Como se muestra en la Figura 2.33, el Dispositivo Virtual actúa como un concentrador de baja a alta velocidad a través del Maestro y puede ser visto como tal desde la perspectiva de la PAN de alta velocidad.

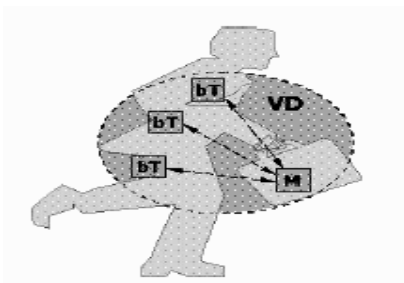


Figura 2.33 El Dispositivo Virtual, una pequeña red de dispositivos básicos

- **PAN de alta velocidad: Una Red de Área Personal**

Aparte de los pequeños sensores, una persona podría también llevar una cámara digital, un PDA, o quizás un ordenador portátil. Para acomodar tasas de datos de mayor velocidad sin desperdiciar ancho de banda, lo cual ocurrirá si los datos que envía la cámara hacia el PDA pasan a través del Maestro, se utiliza una topología que posibilite la comunicación directa entre los dispositivos de alta velocidad. De manera optimista se puede decir que la red estará completamente conectada, aunque esto no siempre se pueda garantizar.

Por lo tanto, la figura global de una PAN es una topología mallada donde uno de los nodos puede ser un dispositivo virtual, que agrupa a los dispositivos de baja velocidad, y los otros nodos son terminales avanzados (*Advanced Terminals, aTs*), como se muestra en la Figura 2.34. Notar que la reconfiguración dinámica de la red y de los aspectos de seguridad son menos cruciales en este nivel que en los de LAN o WAN.

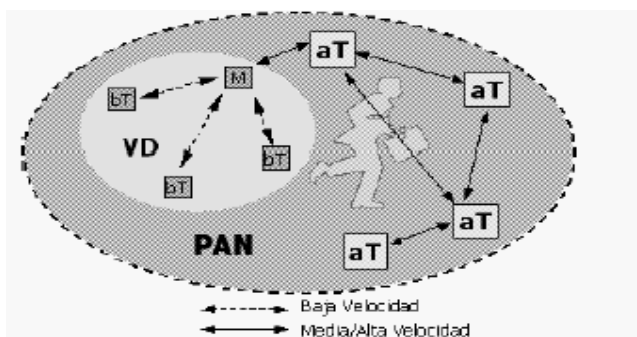


Figura 2.34 La Red de Área Personal, una red de terminales avanzados

- **Bluetooth**

Es un protocolo estándar de comunicaciones que permite la conexión entre toda clase de dispositivos. 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.

Se trata de una tecnología de radio de corto alcance para la conexión sin hilos de dispositivos móviles (PDAs, teléfonos móviles, portátiles, hornos de cocina, frigoríficos, termostatos, etc.) y que opera en el espectro de frecuencias de 2.4 GHz. La tecnología Bluetooth es el resultado de los logros conseguidos por 9 compañías líderes en la industria de las telecomunicaciones como son 3 Com, Ericsson, Intel, IBM, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba. Todas estas compañías fundaron el SIG (Special Interest Group) en julio de 1999 con objeto de formar un soporte industrial para que el protocolo Bluetooth se convirtiera en un estándar industrial.

El SIG actualmente cuenta con más de 3300 compañías miembros. Esto es lo que está haciendo que este estándar esté creciendo tan deprisa. Este protocolo está pensado para permitir que diferentes dispositivos intercambien datos de forma inalámbrica. Esta conexión se basa en FHSS en la banda de 2.4 GHz, soportando tasas de hasta 1 Mbps y alcanzando rangos entre 10 centímetros y 10 metros, pero estos rangos se pueden

extender hasta 100 metros aumentando la potencia transmitida. Entre sus características está que incluye soporte para hasta tres canales de voz, seguridad, disponibilidad actual, bajo consumo de potencia y bajo coste. La gran ventaja de Bluetooth (que lo diferencia de otros similares como HomeRF) estriba en que quiere ser totalmente funcional incluso sin PC. Es decir, se trata de un sistema ad-hoc: no hay una estación base o un controlador central. De hecho, la especificación Bluetooth es un estándar que contiene la información necesaria para asegurar que todos aquellos dispositivos que soporten la tecnología inalámbrica bluetooth se puedan comunicar con los demás.

La especificación está dividida en dos secciones:

Volumen 1: Núcleo. En él se describe cómo funciona la tecnología, esto es, la arquitectura del protocolo Bluetooth.

Volumen 2: Perfiles Bluetooth. Describe cómo se usa la tecnología, esto es, como se usan las diferentes partes de la especificación para que un dispositivo Bluetooth cumpla una función deseada. La última versión del estándar Bluetooth es la versión 1.2, soporta tasas de hasta 10 Mbps e incluye soporte para el protocolo Internet.

Los productos Bluetooth que salgan al mercado llevarán un identificador por dos motivos:

1. Es el identificador de que un producto cumple esa tecnología.
2. Bluetooth es invisible, no como IrDA que puede ser identificada por el plástico especial que llevan los productos dentro del cual se encuentra en transmisor.

Ventajas de Bluetooth

La tecnología Bluetooth elimina la necesidad de utilizar cable para realizar la conexión de ordenadores, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y otra clase de dispositivos. Para ello se inserta en los dispositivos digitales un microchip que incorpora un transmisor/receptor. Con la tecnología Bluetooth se pueden realizar todas las conexiones instantáneamente y sin cable. Esta tecnología facilita una transmisión segura y rápida de voz y datos, incluso cuando los dos dispositivos entre los que se establece la comunicación no se encuentran en la misma línea de visión. El enlace por radio opera en una banda de frecuencia global lo que asegura que sea compatible en cualquier lugar del mundo.

Las ventajas que ofrece la tecnología Bluetooth, propias de las redes inalámbricas, son:

- Se puede disponer de puntos de acceso de voz y datos.
- No se necesita cable.

- **Estándar IEEE 802.15**

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, *paggers*, entre otros, puedan comunicarse e interactuar 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.

- **Home RF**

HomeRF también es una especificación que permite la interconexión de dispositivos inalámbricos en un área pequeña. Con cualquiera de estas tres últimas 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 acceder Internet con sólo conectarte a tu red en el caso de que tengas tu red casera u oficina conectada a Internet.

2.7.11 Bucle inalámbrico

Dentro de la denominación común de redes fijas de acceso inalámbrico pueden encontrarse diferentes tecnologías cuyo objetivo último es abaratar los costes de despliegue de una nueva red de telecomunicaciones en uno de sus aspectos más onerosos: el bucle de abonado, o como se le conoce en el mundo anglosajón, la última milla.

Esta tecnología tiene sus antecedentes en los servicios de difusión que se pusieron en funcionamiento en los EE.UU. en la década de los 70, utilizando la banda de 2 GHz. Posteriormente se convirtió el servicio en bidireccional y se amplió la anchura de banda disponible utilizando la banda de los 3 GHz, dando lugar al servicio conocido bajo las siglas MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*).

Más adelante, cuando la anchura de banda disponible no fue suficiente para satisfacer las necesidades de los abonados, comenzó a utilizarse la banda de 23-25 GHz, dando lugar al servicio designado por las siglas LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) que a la postre se convirtió en la designación general de todos los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha.

En la actualidad, la tecnología continúa evolucionando y se están diseñando sistemas que funcionan en las bandas de 35 GHz e incluso 42 GHz, ampliando considerablemente la capacidad efectiva disponible para los usuarios. Estos avances se complementan además con técnicas adaptables en modulación y detección y corrección de errores que incrementan el caudal efectivo disponible para los usuarios.

2.7.12 Wireless Local Loop

Wireless Local Loop es un sistema en el cual la central de comunicaciones local y los suscriptores, se conectan usando la tecnología de radio bases en lugar de hacerlo a través de cables. Los servicios de acceso de WLL generalmente están basados en tipos diferentes de tecnologías: analógicas o digitales, LMDS, o distintos sistemas desarrollados para aumentar las capacidades de la telefonía inalámbrica.

El sistema WLL fijo tiene cuatro usos potenciales: para llevar los servicios de telefonía a las áreas desatendidas en el mundo; para proveer de servicios avanzados a las áreas de negocios; para reemplazar los sistemas cableados en las zonas comerciales y residenciales; y como una alternativa de tecnología de bucle local para mercados nuevos o liberalizados. WLL está siendo implementado en países en desarrollo que no cuentan con sistemas de cableados adecuados.

De manera que WLL ofrece las ventajas de una instalación y configuración rápida, lo cual elimina los altos costos asociados al tendido de cables. La tecnología WLL es particularmente atractiva en lugares donde la topología del terreno hace que la instalación de cables sea problemática. WLL también puede satisfacer la necesidad de expandir el número de usuarios conectados a la red rápidamente.

El término *Wireless Local Loop*, también es usado para referirse a sistemas móviles de bajo poder. Semejantes sistemas están típicamente basados en microteléfonos de uso dual que pueden ser operados a través de estaciones bases de la red de la oficina o del hogar para uso de telefonía inalámbrica y a través de la red pública cuando los usuarios están fuera del alcance de la estación base matriz.

Los costos en infraestructura tienden a ser menores que la de los sistemas celulares, ya que las estaciones base son más simples; sin embargo, la movilidad de tales sistemas tiende a ser limitada ya que las celdas son más pequeñas y están restringidas a un área geográfica específica. Ejemplo de este tipo de sistemas, son el *Personal Access Communications System* (PACS) y *Personal Wireless Telecommunications* (PWT), ambos implementados en EUA, *Digital Enhanced Cordless Telephone* (DECT) utilizado en Europa; y el *Personal Handyphone System* (PHS), usado principalmente en Japón.

2.7.13 LMDS (Local Multipoint Distribution System)

Es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha que se inscribe en el marco del multimedia y se basa en una concepción celular. 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 una estructura basada en células, también llamadas áreas de servicio, donde cada célula tiene un radio de aproximadamente 4 Km. (como promedio), pudiendo variar dentro de un intervalo en torno a los 2 ó 7 Km. Y como indica la primera sigla de su nombre –L (local)–, la transmisión tiene lugar en términos de distancias cortas.

La tecnología LMDS utiliza el método de modulación QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) que permite reducir las interferencias y aumentar casi hasta el cien por cien la reutilización del espectro. El ancho de banda conseguido gracias a estas características

se acerca a 1 Gbps. Por otra parte, LMDS puede trabajar en entornos ATM, TCP/IP y MPEG-2.

La comunicación en LMDS se establece de acuerdo con el concepto de radiodifusión en este aspecto aparece como una tecnología similar a MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution System*), donde las señales viajan desde o hacia la estación central a los diferentes puntos de recepción (hogares y oficinas) diseminados por toda la célula. 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.

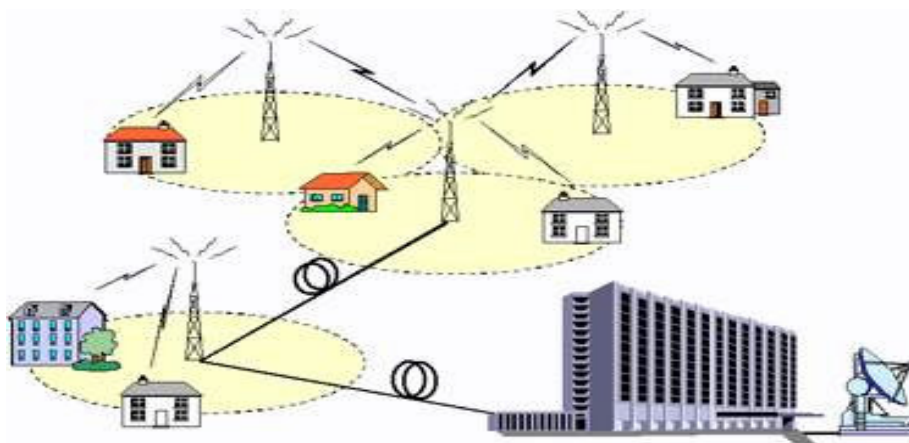


Figura 2.35 Sistema LMDS

2.7.14 MVDS (*Multipoint Video Distribution System*)

En Europa, el sistema homologado al LMDS es el llamado MVDS, que funciona en la banda 40.5 GHz a 42.5 GHz, sobre el que la ETSI ya ha emitido la recomendación

Los sistemas MVDS están diseñados para ofrecer difusión de canales de televisión digital, y servicios interactivos de voz y datos. Deben ser compatibles con la RDSI y ofrecer datos a Nx64 Kbps, hasta un máximo de 2 Mbps. Se reservan 100 MHz para el canal de retorno y el resto de la banda se divide en canales de 40 MHz de ancho de banda. Son, por lo tanto, sistemas asimétricos, pero la propuesta futura es la tendencia hacia la cuasisimetría, ofreciendo servicios de banda ancha como los que se puedan ofrecer sobre soportes ópticos.

En ese momento podrán ser usados en lugar del cable en la “última milla” o sustituyendo a toda la red de acceso, con la ventaja económica y en rapidez que esto supone, al tratarse de un sistema de radio. Así, aunque su aplicación primera parecía dirigirse a áreas residenciales suburbanas o incluso rurales, donde el cable no es rentable, resulta ser de gran rentabilidad en zonas urbanas, donde se puede explotar su gran potencialidad. En las áreas de gran población es donde se puede extraer mayor ventaja

de la estructura celular del sistema MVDS: con un pequeño número de estaciones base se podría dar servicio a un área de gran amplitud, corrigiéndose sobre la marcha con más celdas allí donde el tráfico lo requiriera.

Sin embargo, las grandes pérdidas por transmisión a través de obstáculos a frecuencias de 40 GHz supone un problema para la implantación del sistema MVDS, principalmente en entornos urbanos o suburbanos, en los que no es posible garantizar la visión directa entre la antena de la estación base y la de cada uno de los terminales nómadas que se encuentren en su celda. Como se demuestra en esta tesis con medidas realizadas en esa banda, la atenuación por propagación a través de paredes es de tal importancia que difícilmente se logra penetrar más allá de una habitación, manteniéndose dentro de niveles de radiación seguros.

2.7.15 MMDS (*Microwave Multipoint Distribution System*)

El sistema MMDS se concibió originalmente para la distribución de video en zonas inaccesibles para instalar cable. Se basa en la distribución de señales a través de microondas, desde un punto hacia múltiples usuarios, por lo que no debe existir ningún obstáculo físico entre la antena emisora y la receptora.

Con esta tecnología, en conjunto con el Sistema Local de Distribución Multipunto (LMDS, por sus siglas en inglés), se pueden ofrecer, además, servicios de televisión por cable, videoconferencia y otras soluciones multimedia.

Una oferta interesante y de vanguardia es la que recién anunció Maxcom, que en la modalidad llamada Triple Play, ya está ofreciendo servicios de telefonía, televisión e Internet, de manera inicial en la ciudad de Querétaro y en alianza con Sistemas Interactivos de Telecomunicaciones, un proveedor de cable de esa entidad. La ventaja para los usuarios es tener todas sus soluciones de comunicaciones y entretenimiento con un solo proveedor, una sola factura y un solo punto de atención a clientes.

Otra opción para proveer servicios de banda ancha en zonas remotas es vía satélite, sus principales ventajas son la cobertura y la calidad de transmisión. Pegaso Banda Ancha ofrece en México servicios de conexión a Internet a usuarios finales, además de servicios de conducción de señales, permanentes o temporales, a terceros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones y prestadores de Servicios de Valor Agregado, así como a organizaciones o particulares que buscan crear sus redes privadas virtuales. Las velocidades de conexión asimétrica de sus cuatro servicios básicos son: 256/64 Kbps, 512/128 Kbps, 1024/256 Kbps, 2048/512 Kbps.

2.7.16 WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*-Intercomunicación Mundial para Acceso por Microondas) es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16d) diseñado para ser utilizado en el área metropolitana o MAN proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología portátil LMDS.

Integra la familia de estándares IEEE 802.16 y el estándar HyperMAN del organismo de estandarización europeo ETSI. La nueva versión 802.16a, ratificada en marzo de 2003, utiliza una banda del espectro más estrecha y baja, de 2-11 GHz, facilitando su regulación. Su instalación es muy sencilla y rápida (culminando el proceso en dos horas) y su precio competitivo en comparación con otras tecnologías de acceso inalámbrico como Wi-Fi: entre 5.000 euros y 25.000 euros.

Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en OFDM, y con 256 subportadoras puede cubrir un área de 48 Km. permitiendo la conexión sin de línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 Mbps con un índice de modulación de 5.0 bps/Hz y dará soporte para miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1,5 MHz a 20 MHz. Este estándar soporta niveles de servicio (*SLA's*) y calidad de servicio (*QoS*).

WiMAX se sitúa en un rango intermedio de cobertura entre las demás tecnologías de acceso de corto alcance y ofrece velocidades de banda ancha para un área metropolitana.

El *WiMAX Forum* es un consorcio de empresas (inicialmente 67 y hoy en día más de 100) dedicadas a diseñar los parámetros y estándares de esta tecnología, y a estudiar, analizar y probar los desarrollos implementados. En principio se podría deducir que esta tecnología supone una grave amenaza para el negocio de tecnologías inalámbricas de acceso de corto alcance en que se basan muchas empresas, pero hay entidades muy importantes detrás del proyecto. Las principales firmas de telefonía móvil también están desarrollando terminales capaces de conectarse a estas nuevas redes. Después de la fase de pruebas y estudios cuya duración prevista es de unos dos años, se espera comenzar a ofrecer servicios de conexión a Internet a 4 Mbps a partir de 2007, incorporando WiMAX a los ordenadores portátiles y PDA.

WiMAX es parte del estándar 802.16 de IEEE. Es una tecnología inalámbrica de área extendida que promete proporcionar acceso sin cables sobre un rango mucho mayor que el estándar 802.11 de tecnología *wireless LAN*, más conocido como Wi-Fi. Aunque va a soportar multitud de protocolos, el más importante será el protocolo 802.16x, sucesor del actual 802.11, el cuál verá publicada la especificación de su versión e en menos de un mes.

Un sistema de WiMax tiene dos partes:

- Por un lado están las torres WiMax, que dan cobertura de hasta 8.000 Km. cuadrados según el tipo de señal transmitida.
- Por otro están los receptores, es decir, las tarjetas que conectamos a nuestro PC, portátil, PDA y demás para tener acceso.

Además, podemos encontrar dos tipos de formas de ofrecer señal:

1. Cuando hay objetos que se interpongan entre la antena y el receptor. En este caso se opera con bajas frecuencias (entre los 2 y los 11 Ghz) para así no sufrir interferencias por la presencia de objetos. Naturalmente esto hace que el ancho de banda disponible sea menor. Las antenas que ofrezcan este servicio tendrán una cobertura de 65 km cuadrados (más o menos como las de los teléfonos móviles).

2. Cuando no hay nada que se interponga y hay contacto visual directo. En este caso se opera a muy altas frecuencias, del orden de 66 Ghz, disponiendo de un gran ancho de banda. Además, las antenas que ofrezcan este servicio tendrán una cobertura de hasta 9.300 Km. cuadrados.

La tecnología WiMax puede cambiar la forma en la que se conciben las conexiones inalámbricas a Internet en las ciudades. Por un lado las compañías de telecomunicaciones pueden, con unas pocas torres repartidas estratégicamente por toda la ciudad, dar cobertura total a los habitantes de la misma, y encima, a un precio mucho menor pues no tendría que cablear ni mantenerlo.

Estándar WiMax Forum

Con el fin de velar por tener un formato estándar y que no ocurra lo mismo que con el HD-DVD y el BluRay, se ha creado el WiMax Forum, un consorcio de organismos y empresas (actualmente más de 100), que se encarga de velar por el formato, de incluir características que puedan satisfacer a la mayor cantidad de usuarios y de hacer pruebas de los diferentes prototipos.

Aplicaciones de wimax

Las primeras aplicaciones WiMax van a ubicarse en el ámbito del acceso, tanto para empresas tipo PYMEs (provisión de Nx64 Kbps, 2 Mbps) como para el entorno residencial y SoHo (Wireless DSL con 512 kbps o 1 Mbps de pico), probablemente con más incidencia en los entornos rurales. También como solución de conectividad de islas WiFi ya desplegadas hoteles, aeropuertos, estaciones, etc.

2.7.17 Comunicaciones Móviles de Tercera Generación

La tecnología UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

Es el sistema de telecomunicaciones móviles de tercera generación, que evoluciona desde GSM pasando por GPRS hasta que UMTS sea una realidad y tenga un papel principal en las telecomunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanzarán a 2000 millones de usuarios en todo el mundo en el año 2010.

El principal avance es la tecnología WCDMA (*Wide Code Division Multiple Access*) heredada de la tecnología militar, a diferencia de GSM y GPRS que utilizan una mezcla de FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) y TDMA (*Time Division Multiple Access*). La principal ventaja de WCDMA consiste en que la señal se expande en frecuencia gracias a un código de ensanchado que sólo conocen el emisor y el receptor.

Esta forma de modulación tiene numerosas ventajas:

- Altas velocidades de transmisión de hasta 2 Mbps, al usar todo el espectro.
- Alta seguridad y confidencialidad debido a la utilización de técnicas que permiten acercarse a la capacidad máxima del canal.
- Acceso múltiple de eficacia máxima mientras no coincidan las secuencias de saltos.
- Alta resistencia a las interferencias.
- Posibilidad de trabajar con dos antenas simultáneamente debido a que siempre se usa todo el espectro y lo importante es la secuencia de salto, lo que facilita el *handover*, donde GSM falla mucho.
- UMTS ofrece otra serie de ventajas como *roaming* y cobertura a nivel mundial ya sea vía enlace radio terrestre o vía satélite, y está altamente estandarizado con una interfaz única para cualquier red.

UMTS es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios que ofrece:

- Facilidad de uso y bajos costos: UMTS proporcionará servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, amplia gama de terminales para realizar fácil acceso a los distintos servicios, bajo coste de los servicios para asegurar un mercado masivo.
- Nuevos y mejorados servicios: Los servicios vocales mantendrán una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirán a UMTS servicios de voz de alta calidad junto con servicios de datos e información. Las proyecciones muestran una base de abonados de servicios multimedia en fuerte crecimiento hacia el año 2010, lo que posibilita también servicios multimedia de alta calidad en áreas carentes de estas posibilidades en la red fija, como zonas de difícil acceso
- Acceso rápido: La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos de hasta 144 Kbps sobre vehículos a gran velocidad, 384 Kbps en espacios abiertos de extrarradios y 2 Mbps con baja movilidad (interior de edificios). Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.

Sistema	Kbps max. teóricos	Kbps max. reales	Comentarios
GSM	9,6	9,6	Conmutación de circuitos
HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)	57,6	28,8	Se agrupan varios canales GSM para una misma transmisión de datos
GPRS	171,2	44	Conmutación de paquetes
EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution)	384	70	Cambio de sistema de modulación
UMTS	De 384 a 2000	100	Interfaz radio UTRAN

Tabla 2.6 Arquitectura del sistema UMTS

La estructura de redes UMTS esta compuesta por dos grandes subredes:

1. La red de telecomunicaciones

Que es la encargada de sustentar el traspaso de información entre los extremos de una conexión.

2. La red de gestión.

Que se encarga de la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados, el registro y definición de los perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos, así como la operación de los elementos de la red, con el fin ya de asegurar el correcto funcionamiento de ésta, la detección y resolución de averías o anomalías, o también la recuperación del funcionamiento tras periodos de apagado o desconexión de algunos de sus elementos.

Una red UMTS se compone de los siguientes elementos:

- Núcleo de Red (*Core Network*).

El Núcleo de Red incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El enrutamiento reside en las funciones de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfases bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del Núcleo de Red, el UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

- Red de acceso radio (UTRAN).

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el *Core Network*. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y se compone de una serie de sistemas de red radio o RNC (*Radio Network Controller*) y una serie de Nodos B dependientes de él. Los Nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base.

- Terminales móviles.

Las especificaciones UMTS usan el término *User Equipment* (UE).

2.7.18 Televisión digital terrestre (TDT)

La televisión digital terrestre (TDT) es un nuevo concepto de televisión, que pretende proporcionar a los espectadores la posibilidad no sólo de recibir muchos más canales, mayor calidad de imagen y sonido, películas en varios idiomas en su receptor, sino también añadir interactividad, basándose en la tecnología Internet.

El cambio es inmediato y aunque el apagón analógico estaba previsto para el 2012 ha sido adelantado, estableciéndolo por ley en el 2010. Sin embargo las diferentes cadenas privadas apuestan por adelantar aún más esa fecha y es que todo está listo para el cambio

TDT utiliza las ondas hercianas para transmitirse. Cada emisora, que ocupa un determinado ancho de banda, se modula para situarse en un determinado rango de frecuencias, y se envían posteriormente a través del aire. Se denominan hercianas por la frecuencia a la que se transmiten, en UHF (*ultra high frecuencias*). Es como si a cada emisora la colocáramos en un número de un "casillero", y trasmitiéramos ese casillero por el aire. Por lo tanto, cada receptor debe conocer el número de casillero en el que llega dicha emisora (Telecinco, Antena 3, TVE1, etc.) para poder así recibirla.

Los objetivos de la TDT, además de ofrecer una televisión de mayor calidad, pueden resumirse en los siguientes

- Proporcionar mayor cantidad de programas utilizando el mismo espectro que la actual televisión analógica, o incluso liberando partes del mismo, y esto:
- Manteniendo las coberturas nacionales de la actual distribución analógica. Con capacidad de proporcionar programación regional y local de forma efectiva.
- Proporcionar una radiodifusión más robusta que permita la recepción de los programas en condiciones donde la televisión analógica ofrece resultados pobres o donde no es factible, por ejemplo
- En presencia de interferencias, propagación multitrayecto, ruidos, etc.
 - Recepción por aparatos portátiles no conectados a una antena exterior direccional.
 - Receptores móviles a velocidad vehicular (autobuses, trenes).
- Utilizar lo máximo posible la infraestructura existente de televisión analógica: antenas emisoras, antenas receptoras de los usuarios, instalaciones de antena colectiva, etc.
- Coexistencia espectral con la televisión analógica.
- Proporcionar flexibilidad para poder intercambiar calidad y cantidad. Ser capaz de soportar la evolución hacia un servicio de Televisión de Alta Definición.
- Soportar el acceso condicional (suscripción, pago por visión).
- Proporcionar interactividad con el usuario.

El plan para efectuar la transición hacia la TV digital en México es similar al puesto en práctica por Estados Unidos a partir de 1997. La idea es que la introducción se lleve a cabo mediante un procedimiento de transmisión simultánea, el cual consiste en que a cada empresa que opere actualmente un canal de TV le sea otorgado temporalmente, por parte de la SCT, un canal adicional con el objetivo de que la programación se transmita al mismo tiempo, en un canal, con señal analógica y, en el otro, con el sistema digital. De esa forma se iniciará un periodo de transición que, en el caso de México, concluiría en 2021 y durante el cual se produciría el cambio de aparatos receptores por parte de la población, así como la necesaria renovación de equipos por parte de las empresas televisivas.

Al término de ese periodo transitorio y una vez que se haya consolidado el cambio del sistema analógico al digital las empresas devolverán a la SCT uno de los dos canales. El plan incluye seis periodos de tres años cada uno. El primero concluirá en diciembre de 2006 y durante éste la TV digital deberá empezar a ser introducida en el Distrito Federal, Monterrey, Guadalajara, Tijuana, Mexicali, Ciudad Juárez, Nuevo Laredo, Matamoros y Reynosa. En los siguientes periodos se irán incorporando las televisoras comerciales y culturales de toda la república hasta llegar al trienio final, que irá del 1 de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2021, cuando la conversión hacia la TV digital se completaría.

La transición hacia la TV digital representa un proceso largo que exigirá una fuerte inversión de las televisoras (un cálculo extraoficial señala dos mil 500 millones de dólares), la SCT considera justo que éstas cuenten con "seguridad jurídica" para afrontarlo (así se expresa en el "numeral 6" del documento publicado el 2 de julio). De ahí que el gobierno haya establecido en el documento como criterio para la renovación de concesiones que éstas coincidan en su vigencia con el periodo previsto para completar la conversión digital, es decir, el 31 de diciembre de 2021.

2.7.19 Redes de acceso por satélite.

Tradicionalmente los satélites de comunicaciones se han utilizado para establecer enlaces troncales que transportan circuitos telefónicos conmutados, circuitos alquilados y canales de televisión punto a punto. Más recientemente, los avances tecnológicos y el uso de frecuencias más altas han permitido reducir el tamaño y el coste de los terminales, haciendo posible el acceso directo de los usuarios al satélite. Así, desde hace años se emplean satélites para distribuir programas de TV directamente a los usuarios, equipados con antenas bastante pequeñas (ej. entre 60 y 90 cm). La introducción de un canal de retorno terrestre (por ejemplo por módem telefónico o por RDSI) permite prestar además servicios interactivos. En los sistemas de TV digital por satélite, parte de la capacidad puede utilizarse para acceso a Internet sustituyendo flujos de vídeo por flujos de paquetes IP, de forma similar a la combinación de servicios de TV e Internet sobre redes de cable.

Los satélites se usan también para comunicar usuarios corporativos, mediante terminales con tamaños típicos de antenas entre 1 y 2 m que permiten comunicación bidireccional a través del satélite. Este tipo de terminales se conoce como VSAT (*Very Small Aperture Terminal*). Los más pequeños, con antenas menores de 0,5 m, se llaman USAT (*Ultra Small Aperture Terminal*).

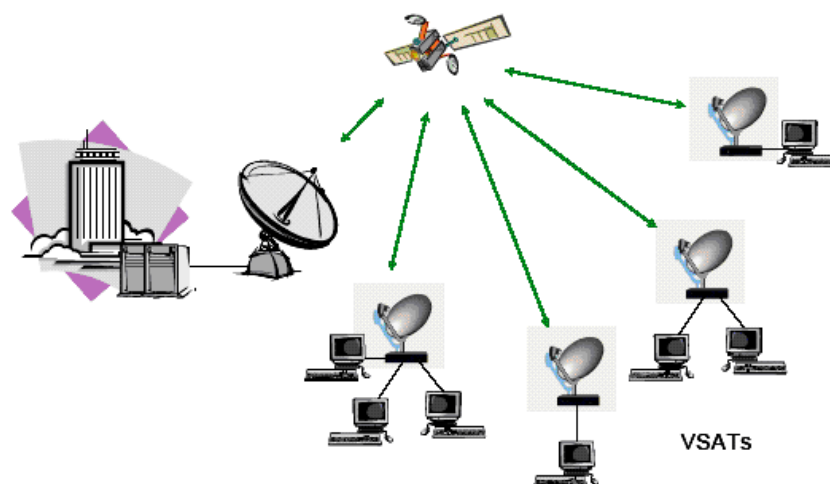


Figura 2.36 Red Satélite

La tendencia actual de las redes satelital es evolucionar hacia la prestación de servicios de acceso multimedia de banda ancha, en particular acceso a Internet, con terminales fijos o, como mucho, portátiles, y usando una nueva generación de satélites con funciones avanzadas y mayor capacidad que los actuales

Existen tres arquitecturas básicas de redes de acceso por satélite en función del tipo de canal de retorno desde los usuarios hacia la red:

1. Unidireccionales, sin canal de retorno. Sólo permiten servicios unidireccionales, por ejemplo distribución de TV.
2. Híbridos, con canal de retorno a través de otra red diferente, por ejemplo red telefónica conmutada o RDSI. Permiten prestar servicios interactivos asimétricos, por ejemplo navegación por la Web para usuarios residenciales.
3. Sistemas bidireccionales, con comunicación en ambos sentidos a través del satélite. Normalmente la capacidad disponible en el sentido de bajada es mayor que en el de subida. Estos sistemas pueden utilizarse para crear redes privadas virtuales (VPN) para empresas con muchas sucursales, en particular si están situadas en áreas rurales. Por ejemplo, el servicio de Correos de EE.UU. tiene unas 17.000 estafetas conectadas mediante la red satelital de *Spacenet*.

Los sistemas híbridos tienen como ventaja que los terminales son más baratos y pueden ser instalados por el propio usuario. Existen diversas formas de coordinar el canal de ida por satélite con el de retorno por la otra red, de forma que la información que el usuario pide por el canal de retorno sea encaminada por el satélite.

Los terminales satélite bidireccionales son más caros y usan antenas mayores que deben ser instaladas por personal especializado, pero tienen la ventaja de que no dependen de otra red para el canal de retorno. Típicamente los sistemas bidireccionales han estado más orientados al mercado de negocio, pero pueden extenderse al mercado residencial si su coste baja. Algunas empresas ofrecen ya sistemas bidireccionales para usuarios residenciales que utilizan la misma antena para recepción de TV y para acceso a Internet, con coste y prestaciones comparables a los de ADSL.

Los satélites geoestacionarios con terminales fijos se han utilizado durante décadas y actualmente la tecnología es muy fiable. La mayoría de los satélites en servicio actualmente se limitan a hacer de repetidores, recibiendo señales en unas frecuencias y retransmitiéndolas a la Tierra en otras. Algunos de los satélites de baja órbita actuales y la mayoría de los satélites de nueva generación en proyecto incluyen conmutación a bordo

En general, la principal ventaja de las redes satélite es su capacidad de difusión eficiente de información en áreas muy extensas, permitiendo el acceso desde áreas rurales u otras donde no existen redes alternativas, con coste independiente de la distancia dentro de toda la zona de cobertura. Su principal limitación, en el caso de los satélites GEO, es el elevado retardo que agregado a otros retardos de redes terrestres puede afectar negativamente al funcionamiento de servicios interactivos.

Ventajas y desventajas del acceso por satélite

El acceso a Internet por satélite es una alternativa al servicio DSL y al servicio CM, y sobre todo, su mayor ventaja es su capacidad de llegar a áreas donde otras alternativas no pueden alcanzar. Se requiere la línea visual para que una antena parabólica vea el satélite. En condiciones de tiempo extremas, el servicio puede verse impactado.

El costo del equipo de satélite y su instalación es más alto que las otras alternativas, y a veces, los proveedores cubren el costo con varias promociones contractuales y de mercadeo. Debido a conexiones largas por satélite, el retraso en la transmisión puede ser mayor que con otras alternativas. Esto no debe causar ningún problema con aplicaciones actuales de Internet, las cuales son principalmente para navegar en Internet y usar el correo electrónico.

2.7.20 HAP's (*High-Altitude Platform Stations*)

La banda de frecuencias actualmente identificada en todo el mundo para este tipo de aplicaciones HAPS formando parte del servicio fijo, es la banda entre 47,2 – 47,5 GHz (500 MHz para el trayecto descendente) y 47.9 – 48.2 GHz (otros 500 MHz para el trayecto ascendente). Estas bandas se designan como bandas en 47/48 GHz. La atribución mundial al servicio fijo para aplicaciones HAPS se efectuó en 1997, concretamente en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT celebrada en Ginebra en ese año (CMR-97).

Puesto que la estratosfera es una zona bajo la influencia de la Tierra, los estudios se efectúan en la Comisión de Estudio 9 del UIT-R (sistemas y redes del servicio fijo que operan con estaciones entre puntos fijos terrestres). Como la plataforma HAPS funciona como un repetidor, su aplicación puede extenderse en el futuro a otros servicios tales como el servicio móvil e incluso el servicio de radiodifusión. Actualmente se realizan estudios en relación para su aplicación en sistemas móviles de tercera generación, conocida como IMT-2000 a escala mundial por la UIT o UMTS en Europa.

Uno de estos sistemas notificado a la UIT, conocido como "Sky Station", sus características están contenidas en la Recomendación UIT-R F.1500. El sistema central comprende una plataforma de gran altitud situada en la estratosfera, en un emplazamiento fijo con respecto a la Tierra, que funciona como estación repetidora (HAPS), como se indica en la Figura 2.37

- a) Las estaciones terminales de usuario se encuentran distribuidas en tierra, en una disposición de tipo celular que permite una mejor reutilización de frecuencias. Los terminales de usuario son dispositivos portátiles que comunican directamente con la carga útil del HAPS. Inicialmente no está prevista la interconexión directa de los terminales de usuario entre sí porque complicaría excesivamente la complejidad de la carga útil en la HAPS.



Figura 2.37 Sistema "Sky Station"

Una terminal de usuario consta de una antena con su unidad de interfaz digital. Se prevén diversos tipos de unidades de interfaz digital, incluyendo tarjetas para computadores personales y terminales multifunción para funcionamiento en el interior de los edificios.

- b) La plataforma HAPS es el globo ubicado en la estratosfera que contiene el repetidor de radiocomunicaciones o carga útil. Toda conmutación de comunicaciones entre usuarios se realiza directamente en la carga útil, que contiene una gran unidad de conmutación ATM normalizado por el UIT-T; no está prevista la interconexión directa entre los terminales sino solo mediante esta plataforma HAPS o, a través de la red pública de telecomunicaciones.

- c) Las estaciones de cabecera, situadas también en tierra, facilitan la interconexión con la red pública de telecomunicaciones (RTPC o Internet). La mayoría de las estaciones de cabecera se diseñan como unidades no atendidas y autónomas que funcionan por control a distancia desde los centros de control de las HAPS.

Con las estaciones de cabecera los usuarios pueden acceder a las actuales redes públicas tales como la RTPC y a Internet. El sistema se ha diseñado de forma que las estaciones de cabecera puedan estar situadas básicamente en cualquier punto de la zona de cobertura, a fin de minimizar los requisitos de infraestructura en el suelo. Normalmente se situarán en una instalación central de operador o en un punto de presencia de proveedor de servicio de Internet para minimizar el coste. Pueden añadirse estaciones de cabecera en tierra, a medida que la operación lo exija, en cualquier momento.

- d) Centros de control (CC) del sistema son necesarios para efectuar diversos tipos de tareas, tales como:

- CC de recursos que se encarga del control en tiempo real de todos los recursos de la red HAPS. Los CC de recursos efectúan tareas tales como la autenticación del usuario, control de la llamada, gestión del recurso radioeléctrico, gestión del tráfico y la recogida de datos de utilización a efectos de facturación y contabilidad.
- CC de configuración para el seguimiento, telemetría y las instrucciones de la plataforma y carga útil. Son funciones parecidas a la de los centros de operaciones de satélites con funcionamiento durante las 24 horas del día.
- CC comercial regional que se encarga del control comercial y financiero local, incluyendo la facturación a los abonados, la contabilidad del operador, los análisis de tendencias, etc. Un centro comercial regional puede ocuparse de un grupo de sistemas HAPS

Altitud de la plataforma HAPS

En el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (Nota S1.66^a) se estipula que las aeronaves HAPS deberán estar situadas a una altura sobre la superficie terrestre limitada entre 20 y 50 Km. La limitación inferior de 20 Km trata de evitar choques con ciertas aeronaves de tipo comercial o científico, mientras que el límite superior obedece a la multitud de meteoritos existentes que podrían alterar la configuración de la plataforma e incluso dañar seriamente su carga útil.

Los dos sistemas HAPS actualmente especificados han fijado la altitud entre 21 Km y un máximo en 25 Km. Ello se debe principalmente a la velocidad del viento que es mínima para ese margen de alturas.

Altitudes superiores permitirían una mayor zona de cobertura e incluso obtener un mayor aporte de energía solar al estar más altas y próximas al Sol, pero dificultarían el mantenimiento en posición de la plataforma e incrementaría la energía necesaria para su funcionamiento (mayor potencia de transmisión necesaria) al estar más alejada.

La densidad atmosférica a una altitud de 50 Km es muy inferior a la de la altitud de 20 Km, en una relación aproximada de 1/90. Esto significa que la aeronave HAPS situada a 50 Km de altitud necesitaría 90 veces más de gas helio que la situada a 20 Km y requeriría una longitud de la estructura 4,5 veces mayor. Suponiendo que a una altitud de 20 Km se necesita una HAPS de 200 m de longitud para aguantar un cierto peso, a una altitud de 50 Km se requeriría una aeronave de 900 m de longitud para el mismo peso. Es absolutamente imposible construir una aeronave HAPS tan enorme con la tecnología actual y la previsible en un futuro próximo.

Aporte de energía eléctrica

La plataforma HAPS precisa energía eléctrica durante las 24 horas del día, tanto para el funcionamiento del paquete de comunicaciones como para el mantenimiento en posición de la aeronave. Esta función de aporte de energía se efectúa durante el día con baterías alimentadas por células solares eficaces que irían situadas en la superficie superior de la aeronave, y durante la noche mediante baterías de regeneración de combustible hidrógeno-oxígeno.

Los componentes de las células de combustible de regeneración y del subsistema electrolítico de que va equipada la plataforma, convierten el agua en combustible durante el día y dicho combustible se utiliza para generar la energía eléctrica que requiere el funcionamiento nocturno. El electrolito convierte el agua en gases hidrógeno y oxígeno para el funcionamiento nocturno de la célula de combustible.

Sistema de propulsión

El sistema de propulsión para el mantenimiento en posición de la HAPS consta de unas hélices de velocidad variable activadas por un motor eléctrico, aunque también pueden emplearse otros tipos de propulsión con características de funcionamiento similares. Las HAPS en 47/48 GHz utilizarían un sensor GPS diferencial para el mantenimiento en posición, mediante un control en bucle cerrado de su emplazamiento espacial, con precisión dentro de un círculo de 400 m de radio y una variación vertical de ± 700 m de altitud.

La carga útil cuenta con un sistema giroscópico de 3 ejes. Dicha carga útil tiene su propio sistema de estabilización para compensar el movimiento de la plataforma y mantener un esquema de cobertura estable en el suelo. La carga útil aporta también su propio control térmico, estando refrigerada por un fluido presurizado.

Zonas de cobertura en tierra de las HAPS

La zona de cobertura total de una aeronave HAPS en las bandas en 47/48 GHz se han dividido en tres zonas, necesarias para garantizar un servicio de banda ancha coherente a los usuarios a lo largo de toda la zona de visibilidad en el suelo de la HAPS, que tendría un diámetro de aproximadamente unos 1 000 Km. Estas zonas, resumidas en el Cuadro 1 a continuación, son:

- Zona de cobertura urbana

Se extiende entre 36 y 43 Km desde un punto situado directamente bajo la plataforma. Los usuarios de estas zonas pueden utilizar módems de terminal de usuario portátil con una apertura de haz de unos 11° , o una ganancia de antena de 26 dBi, y antenas de 10 cm x 10 cm. Las antenas de la plataforma deben tener una ganancia de 30 dBi (con 1 W de potencia en RF por canal). Todos los usuarios de estas zonas tendrán un ángulo de elevación comprendido entre 30° y 90° desde el suelo hacia la plataforma HAPS. Los terminales de usuario requieren aproximadamente una potencia en RF de transmisión de 0,15 W.

- Zona de cobertura suburbana

Va desde la zona de cobertura urbana hasta 76,5/90,5 Km, dependiendo de la altitud de funcionamiento de la HAPS. Los usuarios de la zona de cobertura suburbana deberían utilizar antenas directivas de elevada ganancia (41 dBi) con una potencia de transmisión de 0,2 W. Pueden también utilizarse las mismas antenas en las zonas de cobertura urbana para instalaciones fijas en azoteas. Las antenas de transmisión de la plataforma son las mismas que para la zona de cobertura urbana. Los ángulos de elevación oscilan entre 15° y 30° .

- Zona de cobertura rural

Los ángulos de elevación van de 15° a 5° . Esta zona se reserva para el acceso especializado de gran velocidad de transmisión punto a punto y para coberturas de zona amplia en bandas de frecuencia inferiores, semejantes a las de 800 MHz en 5 GHz. Hay demasiada atenuación atmosférica debida a la lluvia en 47/48 GHz.

Sistema de antenas de la HAPS para comunicaciones

Los sistemas de antenas que se indican a continuación corresponden a los dos sistemas cuyas características se conocen actualmente.

- **Sistema en 47/48 GHz**

En 47/48 GHz, la carga útil típica a bordo de la plataforma HAPS tendría un sistema de antenas de ranura giroscópico con una unidad de inserción para polarización que asegure un aislamiento adecuado de polarización cruzada.

El sistema de antenas proyectará un total de 700 haces para cada una de las zonas de cobertura urbana y suburbana, y una cobertura selectiva en la zona de cobertura rural, con un total de hasta 700 haces máximo. El esquema de células facilitará una reutilización de frecuencias con un factor de 7:1.

- **Sistema en 28/31 GHz**

Recientes estudios efectuados para la otra banda de frecuencias en 28/31 GHz muestran preferencia por el tipo de antena multi-puntual o multihaz. El número de haces puntuales sería de 367. El tamaño de cada una de las trazas de cada haz es igual (hasta de 6 Km de diámetro) en este caso. Esto puede lograrse asignando las distintas ganancias de antena a cada haz puntual conforme a su ángulo de elevación y utilizando diagramas de haz elíptico.

Otras características indicadas de los sistemas HAPS son:

- Altura de la plataforma o aeronave HAPS, fijada en 25 Km como máximo
- Plan de alimentación en energía de las HAPS, con baterías solares durante el día y baterías secundarias de regeneración de combustible durante la noche
- Funcionamiento ininterrumpido durante las 24 horas del día
- Unidad de comunicaciones embarcada en la HAPS, equipada con conmutación a bordo y multiplexores del tipo ATM
- Antena de haces a bordo de la HAPS y cobertura tipo celular en tierra, para optimizar la utilización del espectro de frecuencias disponible
- Transmisión (síncrona TDM) y conexión a las redes públicas telefónica y de datos (RTPC e Internet)
- Número limitado de señales transmisoras simultáneas hacia las HAPS, determinado obviamente por la banda de frecuencias total que se utilice y la anchura de banda de cada señal portadora

La última CMR (Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones) celebrada en Estambul (Turquía) en el mes de Mayo del año 2000 (CMR-2000) designó para algunos países otras bandas de frecuencias inferiores para HAPS, bandas en 28/31 GHz, es decir entre 27,5 – 28,35 GHz para el trayecto descendente, y 31,0 – 31,3 GHz para el trayecto ascendente. La justificación para esta nueva designación era la dificultad de utilizar las bandas 47/48 GHz en zonas o regiones de lluvia intensa.

No obstante, su utilización está sujeta a estudios de compartición de frecuencias con otros servicios existentes en esas bandas, dado que esta segunda designación exigió que el empleo de las bandas en 28/31 GHz por las HAPS no deberá causar interferencias perjudiciales a los otros tipos de sistemas del servicio fijo o a los otros servicios con atribuciones a título primario con igualdad de derechos, ni reclamar protección con respecto a los mimos.

No existe todavía ningún sistema HAPS en operación comercial, pero sí notificados a la UIT para su inscripción en el Registro Internacional de Frecuencias; dos de ellos, cuyas características se conocen, pudieran entrar en funcionamiento en un futuro próximo.

3

Migración hacia una Red de Próxima Generación (NGN)

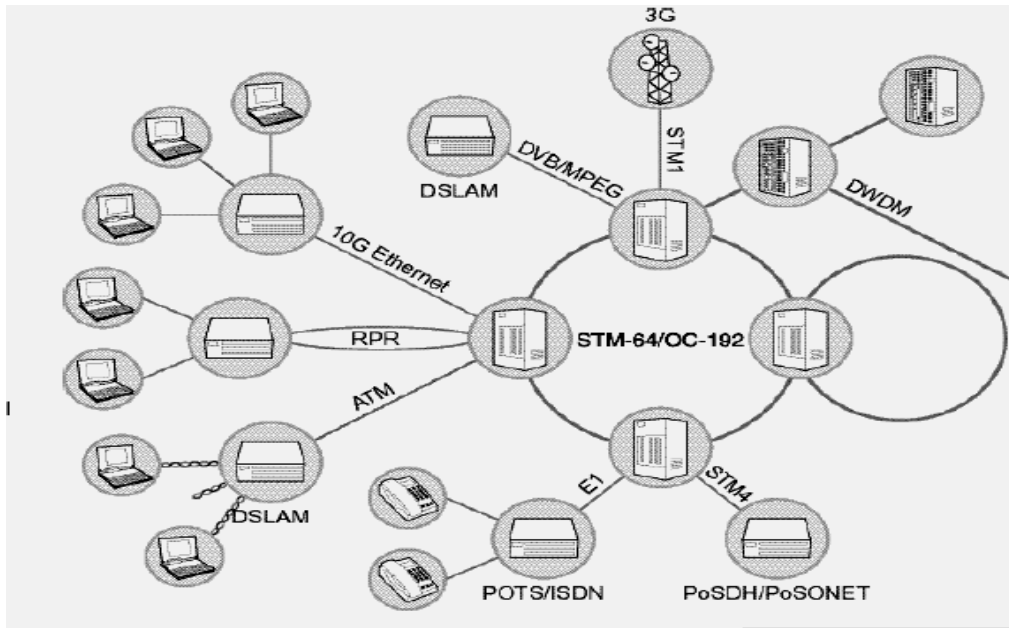
3.1 Evolución de Redes Actuales

Introducción

La infraestructura de las comunicaciones públicas conmutadas en la actualidad consiste en una variedad de redes y tecnologías, de las cuales la mayoría, están basadas en estructuras de conmutación de circuitos. La tecnología evoluciona hacia redes basadas en paquetes y los proveedores de servicio necesitan la habilidad para interconectar sus clientes sin perder la fiabilidad, conveniencia y funcionalidad de las redes telefónicas públicas conmutadas.

Las políticas de liberalización, las nuevas tecnologías y la aparición de las redes de nueva generación (NGN) han redefinido el negocio de las telecomunicaciones. Internet y las tecnologías asociadas han modificado las arquitecturas de red con la convergencia de las redes de circuitos y de paquetes.

En la actualidad TCP/IP, 10 GbEthernet, ATM, SDH, SONET y DWDM se entremezclan en una nueva generación de nodos que integran acceso, enrutamiento, multiplexación y conmutación para crear redes flexibles de múltiples servicios.



Las NGN se configuran en torno a nodos SDH/SONET multitecnología
 Figura 3.1 Redes NGN y su configuración

La evolución de las redes de comunicaciones públicas nos sitúa en las redes de conmutación de circuitos que predominan en la actualidad, como la red pública telefónica conmutada (PSTN). Sin embargo, la próxima generación de redes (NGN) nos transportará a redes basadas en paquetes como la red Internet. La idea es proporcionar una diversidad de servicios de comunicaciones basados en IP (Protocolo de Internet) equivalentes a los servicios de redes tradicionales por su calidad y facilidad de uso.

La implementación cada vez más rápida del acceso en Banda Ancha hace que los proveedores de servicios tengan que reevaluar su estrategia global para introducir la transmisión de los servicios de voz usando tecnología de paquetes en sus redes. Mientras que las estrategias anteriores se concentraban en usar la transmisión de voz por paquetes para el tránsito entre centrales locales, la realidad actual es que las soluciones de voz basadas en paquetes encuentran hoy un nuevo mercado al poder acceder directamente al usuario final mediante una conexión de Banda Ancha.

Este hecho plantea a los proveedores de servicios la opción de introducir la voz con tecnología de paquetes en la red de tránsito o en la red de acceso. Los aspectos de calidad de servicio (QoS) de extremo a extremo son el reto más importante para el despliegue de los servicios de voz sobre paquetes.

Empresas y servicios de telecomunicaciones que antes operaban de manera separada, (por ejemplo: empresas y servicios de voz, empresas y servicios de T.V., empresas y servicios de datos, etc.) podrán ya, en términos tecnológicos, unificarse y las empresas podrán proporcionar todos estos servicios a la vez usando sus propias redes IP.

Esto significa que las redes y los protocolos IP son las tecnologías que finalmente han hecho posible la convergencia de todos los servicios de telecomunicaciones en la misma plataforma tecnológica y en las mismas redes.

3.2 Situación Actual de las Redes

3.2.1 Redes jerárquicas

Pensando en reducir los grupos troncales de salida y entrada en centrales de manera razonable, además de permitir el manejo de grandes intensidades de tráfico en ciertas rutas se creó una red sistemática. El término "orden" aquí es significativo y conduce a las redes jerárquicas.

Una red jerárquica tiene niveles que dan órdenes de la importancia de los conmutadores que hacen la red, y ciertas restricciones se imponen en el flujo de tráfico.

Por ejemplo, en la Figura 3.2 hay tres niveles o filas del conmutador. Los rectángulos más pequeños del diagrama son las centrales de bajo ranking, que han estado marcados con un "3" para indicar el tercer nivel o fila. Observe las restricciones (o las reglas) de la circulación.

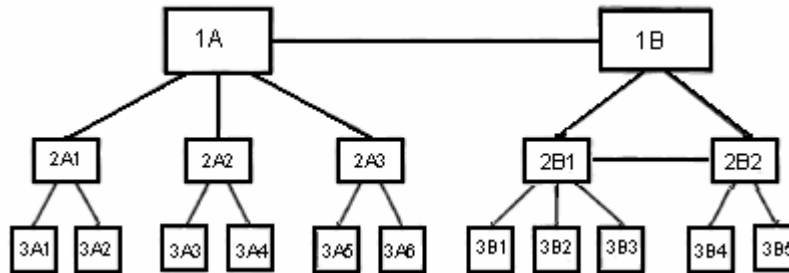


Figura 3.2 Tráfico en una red jerárquica de tres niveles

Como se traza la Figura 3.2, el tráfico del área de 3A1, hacia 3A2 tendría que atravesar el conmutador 2A1. Además, el tráfico del conmutador o central 2A2 a 2A3 tendría que atravesar La central 1A. Llevando el concepto algo más adelante, el tráfico de cualquier conmutador o central de A a cualquier conmutador o central de B tendría que necesariamente ser encaminado por el conmutador o central 1A.

Las Redes Jerárquicas de ATT y del CCITT (hoy ITU-T)

Actualmente existen dos tipos de red jerárquica, sirviendo cada porción a cerca del 50% de los teléfonos del mundo. Éstas son la red de ATT, usada generalmente en Norteamérica, y la red del CCITT, usada típicamente en Europa o las áreas del mundo bajo influencia europea.

Cada una de las redes tiene cinco niveles o filas en la jerarquía, aunque la CCITT tiene en cuenta un sexto nivel. La diferencia básica está en la nomenclatura usada. Para la CCITT particularmente en Europa, la terminología distingue entre las centrales en *tándem* y las centrales de tránsito. Aunque ambos realizan la misma función, la conmutación de troncales, servicios en *tandem* de un conmutador o central local, un conmutador o central del tránsito conmuta troncales en el área de larga distancia

También, en esquemas internacionales de enrutamiento del CCITT, debemos esperar ver el término "CT" el significado: "central de tránsito". CCITT pone generalmente un número después de CT, como sigue: CT1, el conmutador o central de más alto nivel del tránsito en el enrutamiento del CCITT; CT2, la de orden siguiente a la más alta; y CT3, la tercera en orden de mérito. En terminología del CCITT, las troncales sirven como conexiones de más alto nivel.

Los centros primarios concentran los demás centros o centrales para que el tráfico interconecte la red interurbana. El término "centro" se puede relacionar con "central" significando un nodo o un conmutador de la conmutación, generalmente de un orden más alto.

La Tabla 3.1 aclara las nomenclaturas comparativas de los dos tipos de jerarquía, con el rango más alto en la parte superior.

ATT	CCITT
Class 1. Centro Regional	Centro Cuaternario
Class 2. Centro Seccional	Centro terciario
Class 3. Centro Primario	Centro Secundario
Class 4. Punto de facturación	Centro primario
Class 5 Oficina Terminal	Oficina Local

Tabla 3.1 Tipos de jerarquía

La red básica actual consta de tres redes interrelacionadas, que son:

- 1) La Red de Telefonía Pública Conmutada (RTPC)
- 2) Red inalámbrica
- 3) La Red de Internet

3.2.2 La Red Telefónica Pública Conmutada

También conocida como la red telefónica tradicional, con líneas dedicadas, centrales de conmutación telefónica, nodo telefónico como núcleo de la red y un sistema universal de numeración. Estos componentes desaparecen como tales en la evolución tecnológica. El sistema de numeración puede cambiar. El concepto de la línea dedicada resulta sumamente costoso, pues la línea dedicada requiere del mantenimiento de la costosa RTPC que la mayor parte del tiempo no está en uso.

3.2.3 La Red Inalámbrica

Encabezada por la telefonía celular, pero que no sólo es telefonía celular. De hecho, nuevas tecnologías inalámbricas (entre las que despuntan el WiFi y el WiMax) anticipan un desarrollo creciente del inalámbrico. Lo que ha sucedido con la telefonía móvil celular puede ser un anuncio de este proceso. En los últimos quince años, la red de telefonía móvil celular ha tenido un avance espectacular marcado por cuatro generaciones tecnológicas (primera generación analógica, segunda generación digital sistema GSM, segunda generación y media: sistemas GPRS, *Edge* y *bluetooth*). A esta intensa evolución tecnológica ha correspondido un crecimiento también intenso.

3.2.4 La Red Internet

El proveedor de servicio de Internet (ISP) provee una conexión a la red troncal usando enrutadores relativamente simples que permiten conmutar cada paquete según la dirección de destino. Utilizando las aplicaciones de la terminal del usuario (por ejemplo, la computadora) cualquier información puede convertirse en datos y enviarse como paquete sobre Internet, ya se trate de texto, información, voz, música, televisión, videoconferencias, comercio electrónico, etc. Al convertirse en bites, la voz puede ser transmitida por Internet como paquetes de datos. Este es el principio básico de VoIP o Voz Sobre Protocolo Internet.

A pesar de las dudas de los proveedores de servicios respecto a introducir tecnologías de voz por paquetes en el entorno de redes públicas, la adopción de Voz sobre IP (VoIP) en el segmento de empresas ha ido creciendo de manera continuada. Para las empresas, la justificación comercial de soluciones VoIP está siendo cada vez más determinante y atractiva, ya que crece proporcionalmente sobre la base de una creciente conectividad IP entre localizaciones de la empresa (por ejemplo, utilizando redes privadas virtuales, VPNs) desplegadas para servicios de datos y acceso a Internet.

3.3 La Realidad de NGN Actual

3.3.1 La visión original y la realidad actual de las Redes Públicas de Nueva Generación (NGN)

Durante los últimos años, las tecnologías de las NGN han sido promocionadas extensamente como la opción adecuada para las redes de telecomunicaciones del futuro. Diferentes estudios de perfil comercial demostraban los ahorros de gastos de capital y de explotación que, junto con la promesa de nuevos servicios generadores de ingresos, hicieron que la transición a la transmisión por paquetes fuera una proposición interesante.

Sin embargo, la evolución hacia la voz empaquetada ha sido lenta. Las primeras demandas de voz sobre tecnologías de paquetes alegando "motivos tecnológicos" han dado paso a una estrategia más sólida desde el punto de vista financiero: la voz "empaquetada" por motivos de negocio ya que en estos años los operadores han encontrado buenas ganancias al explotar estos servicios.

3.3.2 El Fenómeno Internet

El rápido desarrollo de Internet durante los últimos años de la década de los 90 provocó un vuelco en el enfoque de los operadores hacia las redes de voz y datos. En los momentos iniciales se buscaron soluciones que eran soportadas sobre las redes existentes, realizando las mínimas adaptaciones imprescindibles que permitían un funcionamiento adecuado. Sin embargo, conforme las tasas de crecimiento del tráfico de Internet se disparaban, comenzaron a detectarse los primeros cuellos de botella en los diseños existentes, que obligaban a una profunda reconsideración de todo el entorno.

Se apostaba a una solución común basada en las redes IP, sin embargo, las soluciones IP tradicionales presentaban carencias importantes que las hacían poco adecuadas: estaban aún basadas en equipos con serias limitaciones en su capacidad, no existía una solución adecuada de calidad de servicio y los aspectos de seguridad estaban deficientemente tratados.

En este contexto es donde aparece y se desarrolla el concepto de las NGN, como una solución para la convergencia de las redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas y que facilita el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros.

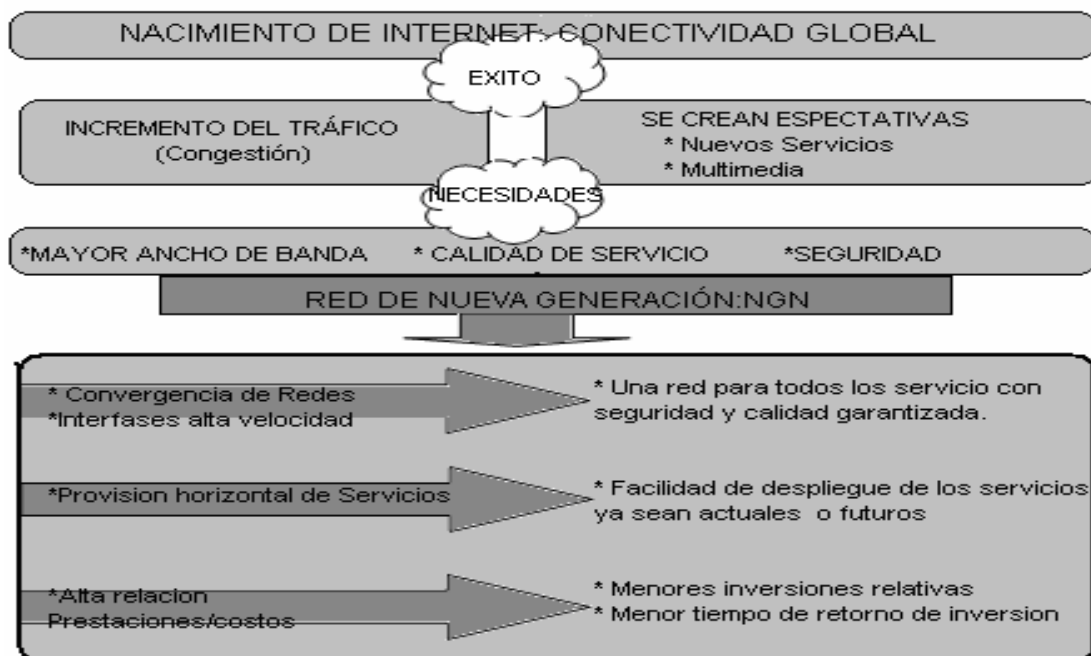


Figura 3.3 La influencia de Internet en el desarrollo del concepto NGN

3.3.3 La visión de NGN original

La visión original respecto a las NGN estaba motivada en gran medida por la convergencia de redes de circuitos y redes de paquetes en una única NGN multiservicio. Se consideraba que esta red aportaría una atractiva serie de beneficios para los proveedores de servicios.

Entre las promesas originales de las NGN estaban las siguientes:

- Invirtiendo en tecnología de NGN, pueden congelarse todas las inversiones ya existentes en tecnología TDM (*Time Division Multiplex*).
- Las instalaciones de voz basadas en paquetes son más económicas que las instalaciones basadas en TDM, debido a las ventajas de costo intrínsecas del protocolo IP.
- Las NGN ofrecen considerables ahorros operacionales y de explotación, ya que pueden integrarse múltiples redes en una única red multiservicio. Además, las redes de paquetes son menos jerárquicas, son más escalables y fáciles de implementar.
- Las NGN ofrecen nuevas oportunidades de ingresos gracias a la flexibilidad que ofrecen a la hora de desarrollar e implementar nuevos servicios.

Aunque estas promesas continúan siendo relevantes cuando se piensa en una arquitectura objetivo a largo plazo o en despliegues de redes sin heredar infraestructura alguna, en la realidad, las NGN han demostrado ser menos manejables cuando se está considerando una fase de transición en un entorno de mercado y de red en el que se prevé que tanto las redes TDM como las redes de voz por paquetes coexistan, durante una serie de años.

3.4 El Proceso de Evolución

Solución NGN Clase 4 Redes Larga Distancia

Esta solución está dirigida a los operadores que necesitan reemplazar conmutadores de circuitos de sus centrales de larga distancia obsoletos, o desplegar una NGN superpuesta para manejar el tráfico creciente de voz en el núcleo de red, y ofrece dentro de las fronteras de la red del operador, la flexibilidad requerida para direccionar dinámicamente los cambiantes flujos impuestos por las nuevas corrientes de tráfico de la interconexión y el tráfico móvil creciente

Solución NGN Clase 5 Redes Interurbanas

Esta solución permite a un operador desplegar una NGN superpuesta para manejar un gran incremento del número de abonados en áreas específicas de su región de servicio. Un softswitch puede dar servicio a más de un área al mismo tiempo, facilitando de esta manera el concepto de superposición; este tipo de softswitches pueden dar servicio con todo tipo de terminales –teléfonos estándar, teléfonos IP, nuevas terminales multimedia y PC's- ya sea conectados directamente a la red de datos o vía pasarelas de medios.

El proceso de evolución se planteará en varias fases: comenzará por una evolución del núcleo de la red e irá extendiéndose de forma progresiva hacia el acceso. Este proceso responde a la conveniencia de mantener las soluciones existentes mientras se produce la evolución. Conforme se extienda la implantación de la NGN hacia el acceso se podrá absorber la funcionalidad de las redes de acceso existentes, estando siempre sujeta a la discreción de cada operador de red.

3.4.1 Características y Elementos Indispensables

Las características fundamentales a tener en cuenta en una NGN son las siguientes:

- La convergencia de los servicios de voz (suministrados en red fija y móvil), vídeo y datos se hará sobre la misma infraestructura de red.

- Tendrá soporte de MPLS (*Multi Protocol Label Switch*) para servicios de ingeniería de tráfico (*TE*), redes privadas (VPN), etc.
- Dispondrá de soporte de políticas de Calidad de Servicio (QoS). Para el caso de los servicios de voz, el nivel de calidad deberá ser al menos como la existente en la red clásica.
- Dispondrá de alta escalabilidad, disponibilidad, fiabilidad y seguridad.
- La independencia entre las diferentes capas y el empleo de estándares de carácter abierto permitirá a los operadores construir sus redes y sus plataformas de control y de provisión de servicios empleando componentes procedentes de los catálogos de fabricantes distintos. De esta manera se conseguirá diluir la atadura a la que estaban sometidos a la hora de implementar sus soluciones.

Los elementos indispensables con que debe contar toda implementación de red que pretenda ser considerada como una NGN son los siguientes:

- Los sistemas de transmisión serán de última generación y basados en tecnologías ópticas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).
- Se dispondrá de una política de calidad de servicio (QoS) efectiva y totalmente operativa.
- Se dispondrá de una política de seguridad tanto a nivel de red como de cliente.
- Se incorporarán técnicas eficaces, en el entorno de equipo y sistema, que aseguren unas cotas de fiabilidad y disponibilidad adecuadas.

3.4.2 Calidad de Servicio

- Dispondrá de jerarquización del tráfico. Se integrarán las funciones de agregación y clasificación de flujos en distintas clases de tráfico y la marcación de prioridades.
- Monitorización y control del tráfico en la interfaz de cliente.
- Existirá un acuerdo de nivel de servicio entre cliente y operador.

3.4.3 El estándar MPLS

- Los servicios de Red Privada Virtual (VPN).
- Los servicios de transporte transparente para redes tradicionales como TDM (*Time Division Multiplexing*), FR (*Frame Relay*) y ATM.
- El soporte a ingeniería de tráfico para las redes IP.
- El soporte de fiabilidad para los servicios de cliente final.

3.4.4 Multicast

Los contenidos son enviados sólo a quien los solicita, siempre y cuando esté autorizado a recibirlos, y la replicación de contenidos se produce en la propia red sin afectar a la fuente ni al destino de los mismos.

Las ventajas aportadas por el uso de las técnicas *multicast* son fundamentalmente:

- La optimización del uso de los recursos de red. El consumo de ancho de banda se concentra en la periferia de la red, y se optimiza en la troncal haciéndolo prácticamente independiente del número de clientes.
- Las necesidades de capacidad de proceso del servidor de información, que son pequeñas y, en todo caso, totalmente independientes del número de clientes de los contenidos. La capacidad de los servidores se determinará por el número de contenidos distintos que sirvan y no por los clientes de dichos contenidos.

3.4.5 Fiabilidad y disponibilidad

Las soluciones convergentes se basan en el uso de redes de datos sobre las que se soportarán todos los servicios actuales y los futuros, incluyendo la voz. Será por tanto de vital importancia asegurar unas cotas de fiabilidad y disponibilidad para estas redes, cuanto menos, similares a las disponibles en la red de voz tradicional.

3.4.6 El protocolo IPv6

El caso del desarrollo del protocolo IPv6 es, en cierta medida, similar al del estándar MPLS. Inicialmente el desarrollo se pensó para que resolviera aquellas carencias fundamentales detectadas en IPv4. Sin embargo, en paralelo al desarrollo de IPv6, se produjo un proceso de adaptación y ampliación de IPv4 que dio respuesta a gran parte de las carencias detectadas.

No obstante, IPv6 presenta aún una ventaja fundamental que le hace especialmente atractivo en entornos móviles 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*): el incremento prácticamente ilimitado del número de direcciones disponibles. Esta característica asegura por sí sola un uso extensivo de IPv6 en los entornos móviles de la llamada 3ª generación en los que cada terminal puede conectarse a una red IP.

El grupo de trabajo del 3GPP se dedica a la elaboración de especificaciones técnicas para la tercera generación de sistemas móviles. La propuesta de este grupo, conceptualmente hablando, se basa en la utilización de las tecnologías IP para la

comunicación extremo a extremo de terminales móviles heterogéneos, luego deben contemplar los desarrollos del IETF, y de hecho han elegido SIP para el control de llamada y señalización

3.5 Propuesta de Evolución

La primera etapa pasa por dotar de gran capacidad al núcleo de las redes. Introduciendo cambios en los servicios, aumentando los niveles de calidad de servicio que las redes van a ser capaces de ofrecer y dotando al acceso de una mayor velocidad que haga extensibles los servicios hasta el usuario final.

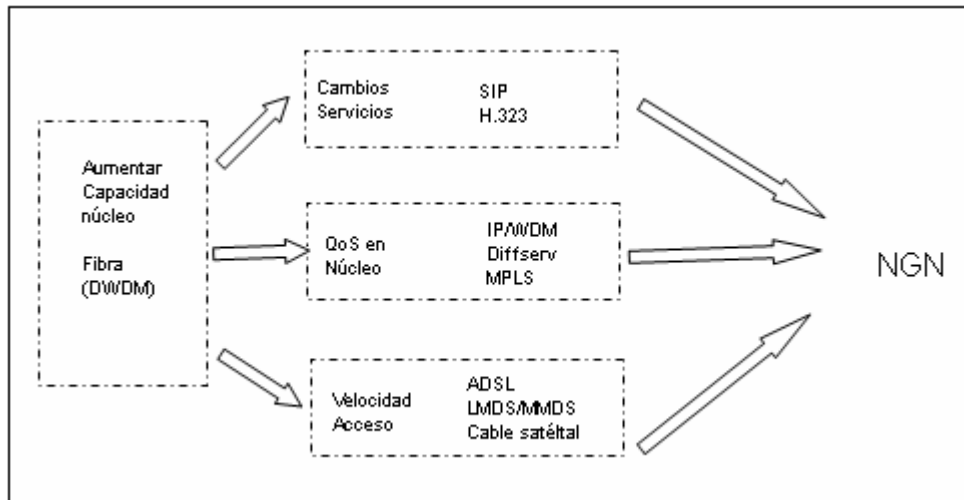


Figura 3.4 Evolución propuesta hacia las redes de nueva generación

Cada operador, debe analizar de manera meticulosa cuál es su situación actual para identificar en qué punto se encuentra dentro de la citada propuesta de migración y, a partir del mismo, ser capaz de determinar cuáles deben ser las directrices que gobiernen su futura evolución particular.

Primera etapa

3.5.1 Dotación de capacidad en el núcleo de la red

Como primer paso de todo el proceso se necesitará que los operadores doten a sus redes de un núcleo de elevada capacidad, que va a constituir el pilar fundamental de sus

infraestructuras. Esta etapa se ve favorecida por el despliegue de redes de fibra y tecnologías de transmisión óptica.

Aquéllos que ya disponen de una base instalada de fibra óptica también se ven beneficiados, puesto que la implantación de WDM no requiere el tendido de nueva fibra sino que permite la reutilización de la ya desplegada.

Este núcleo de red debe garantizar la interconexión con las redes de circuitos, con el objeto de que pueda ser aprovechado para la oferta de servicios tanto de voz como de datos, lo cual va a permitir obtener un ahorro de costos considerable en equipamiento de transmisión y en tareas de gestión. En esta etapa se debe asegurar la perfecta convivencia entre las redes de circuitos y las de paquetes.

3.5.2 Dotación de calidad al núcleo de red

En esta misma etapa necesitaremos la incorporación de herramientas que permitan gestionar el tráfico y ofrecer garantías de QoS en el interior de la red, entran en acción soluciones como MPLS o *DiffServ*. La primera es capaz de dotar a las redes de cierta orientación a conexión, lo que proporciona una serie de habilidades de gran importancia en lo que respecta a tareas de gestión de tráfico.

DiffServ, por su parte, va a permitir a los operadores diferenciar flujos dentro del conglomerado de tráfico IP que circulará por sus redes. Esto posibilitará la oferta de calidades diferenciadas para los distintos servicios.

El desarrollo de estas soluciones va a permitir eliminar la capa ATM de las redes, constituyendo un paso más en la migración hacia la red objetivo basada en la implementación de IP directamente sobre WDM.

El otro paso es la eliminación de SONET/SDH. Este protocolo fue adoptado en el contexto de las redes destinadas al transporte de tráfico de voz y deja de tener sentido en un escenario gobernado por las tecnologías de conmutación de paquetes.

En la actualidad, se mantienen vigentes por sus maduros mecanismos de gestión. Sin embargo, en el momento en que esta funcionalidad sea adoptada por WDM y sea posible realizar la gestión de las redes a nivel óptico, nada detendrá la eliminación de la capa SONET/SDH.

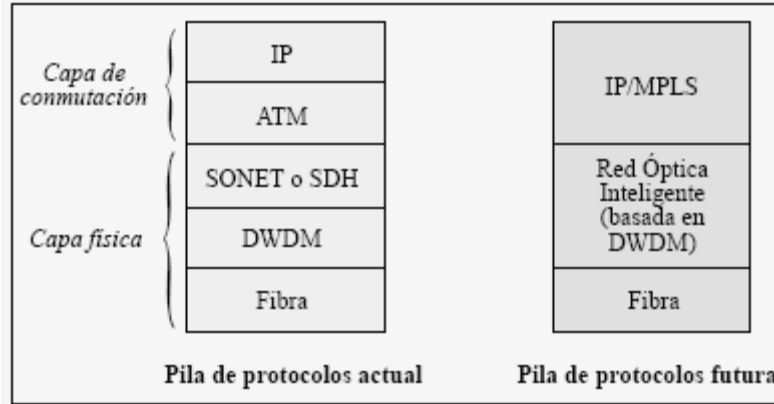


Figura 3.5 Presente y futuro del núcleo de red.

3.5.3 Despliegue de servicios

Los servicios se van a convertir en la base de las operaciones de los operadores y en la pieza clave que permita asegurar la viabilidad de sus modelos de negocio la clave de su futuro reside en los servicios. Se considera imprescindible que los nuevos servicios se monten sobre la nueva red basada en conmutación de paquetes, puesto que esta solución resulta mucho más eficiente y flexible.

Su provisión se llevará a cabo en nodos de servicio conectados a la red troncal, con esto se consigue eliminar la complejidad del núcleo de la red y se transfiere a los extremos, que pasa a ser una solución mucho más escalable.

3.5.4 Mejora del acceso

De nada sirve que en el núcleo de las redes se disponga de altas velocidades y capacidad para dar cabida a todo el tráfico si esto no se hace extensible al acceso, el cual se constituye como el principal cuello de botella para extender los servicios hasta los usuarios finales.

Son varias las nuevas tecnologías que se están proponiendo para aliviar esta situación. Unas tratan de explotar las características del bucle de abonado tradicional para tratar de dotarle de una mayor capacidad, como es el caso de la familia DSL, mientras que otras apuestan por nuevos medios de transmisión, como las tecnologías de acceso inalámbrico.

ADSL puede resultar la tecnología preferida por los operadores establecidos, puesto que les va a permitir reaprovechar la infraestructura de cobre y toda la red de centrales que ya tienen desplegada. Los nuevos operadores, ante los problemas que se están produciendo en lo que respecta a compartir el bucle de abonado, pueden optar por tecnologías

alternativas como el acceso por medio de soluciones inalámbricas como LMDS, que además les permiten llegar al público en poco tiempo y de manera económica.

3.6 Situación Final: Redes de Nueva Generación

Una vez se hayan completado todas las etapas del proceso propuesto, los operadores dispondrán de una red basada en conmutación de paquetes que será el soporte de toda la nueva gama de servicios convergentes de voz y datos.

3.6.1 Migración de redes de voz y datos y comunicaciones *wireless*

Históricamente para el tráfico de voz y el de datos han existido dos redes separadas. Hoy en día existe el firme convencimiento de que mantener las dos redes separadas no es factible. Especialmente ahora que las redes de datos han probado su fiabilidad y la necesidad de ancho de banda está creciendo rápidamente.

Con la llegada del GPRS (*General Packet Radio Service*) y el UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), el incremento del ancho de banda en comunicaciones móviles es también un hecho. El aumento tanto en el número de trabajadores móviles como en el volumen de tráfico de datos nos llevará a realizar importantes inversiones para potenciar la capacidad de las redes.

El crecimiento en tráfico de datos, el cual algunos estiman en un factor 10 en los próximos tres años, junto con el aumento de tráfico de multimedia que soportan las redes de datos, forzará a las operadoras ya existentes y a las nuevas, a invertir en actualizar sus redes de tecnología ATM o IP.

3.6.2 Voz sobre IP (VoIP)

VoIP es la tecnología en la cual las llamadas telefónicas pueden hacerse usando Internet, es la evolución tecnológica que está sucediendo aceleradamente en las telecomunicaciones. Las redes VoIP no sólo abaratan los servicios de voz tradicionales, sino que proporcionan una gama mucho más amplia de servicios: ofrecen la oportunidad de integrar la voz al conjunto de aplicaciones de protocolo IP.

El protocolo IP ha cumplido su promesa de ser barato, eficiente, flexible y confiable además de que unifica todas las comunicaciones digitales. En términos generales:

- Opera al nivel de capa de Red

- Ofrece direccionamiento lógico de la red
- Ofrece selección dinámica de las rutas
- Opera sobre cualquier esquema de transmisión

VoIP puede ser vista tan sólo como el inicio de una primera etapa de las NGN. La RTPC existente tiene que evolucionar rápida, eficiente y competitivamente para convertirse en una NGN. Este es uno de los desafíos más importantes que enfrentan las empresas telefónicas tradicionales, cuya red, desde el punto de vista de los clientes, se convertirá en una de varias para acceder a los nuevos servicios.

Las empresas telefónicas enfrentan un desafío enorme de transición no sólo tecnológica, sino operativa y de mercado. Frente a los nuevos escenarios de competencia y evolución tecnológica, muchas están adoptando estrategias agresivas de reestructuración. Al igual que NTT en Japón, Verizon en EUA detuvo ya la actualización y el mantenimiento de los conmutadores más antiguos.

La transmisión VoIP reemplaza las centrales de conmutación

La estrategia de las empresas en cuanto a conectividad, es otra evolución tecnológica llamada PLC (*Power Line Communication*), que es la tecnología que permite la transmisión de datos por el segmento de baja tensión (o red secundaria) de las redes eléctricas, desde la subestación eléctrica al domicilio u oficina del cliente.

VoIP anticipa una nueva era de las telecomunicaciones, etapa que ya es conocida como la etapa de las NGN. Es preciso desarrollar estrategias más intensas e innovadoras de capacitación, para acceder a la nueva materia de trabajo y a los nuevos servicios, en entornos de competencia cada vez más demandantes y agresivos.

La realización de forma adecuada del concepto de las NGN por parte del operador de red, hace posible mejorar el nivel de cumplimiento de los planes de negocio y de esta manera aumentar los ingresos del operador.

3.6.3 Tecnología *Softswitch*

La evolución de las redes de telecomunicaciones públicas nos sitúa en las redes de conmutación de circuitos que predominan en la actualidad, como la RTPC. Sin embargo, las NGN nos transportarán a redes basadas en paquetes como la red Internet. La idea es proporcionar una diversidad de servicios de comunicaciones basados en IP equivalentes a los servicios de redes tradicionales por su calidad y facilidad de uso.

El *softswitch* ofrecerá lo mejor de las redes telefónicas tradicionales e Internet, creando de esta manera un alto porcentaje de confiabilidad, combinado con rápidas reducciones en los costos e innovadores servicios. Se podrán obtener servicios y calidad similares, pero a

menor precio, y se beneficiará un porcentaje más alto de la población por las continuas mejoras de rendimiento y costos que ofrece la tecnología de Internet.

Softswitch

Es un dispositivo que provee el control de llamadas y los servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes y utiliza estándares abiertos para crear redes integradas de última generación capaces de transportar voz, video y datos con gran eficiencia y en las que la inteligencia asociada a los servicios está desligada de la infraestructura de red. Sirve como plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios, además de habilitar al proveedor de servicio para soportar nuevas aplicaciones multimedia integrando las existentes con las redes inalámbricas avanzadas para servicios de voz y datos.

La interconexión de las redes de circuitos y las redes conmutadas está provocando la evolución de los centros de conmutación actuales mediante la tecnología de *softswitch*, la cual se basa en una combinación de software y hardware que se encarga de enlazar las redes de paquetes (ATM o IP) y las redes tradicionales, las cuales desempeñan funciones de control de llamadas tales como la conversión de protocolos, la autorización, contabilidad y administración de operaciones. Esto significa que los *softswitches* buscan imitar las funciones de una red de conmutación de circuitos para conectar abonados (clase 5), interconectar múltiples centrales telefónicas (clase 4 o *tandem*) y ofrecer servicios de larga distancia (clase 3), de la misma manera como lo hacen las centrales telefónicas actuales. Además, según los fabricantes —como Nortel, Lucent, Cisco y HP— el uso de esta tecnología ayudará a los operadores a suministrar servicios nuevos y tradicionales a menor costo.

Características

Una característica clave del *softswitch*, es su capacidad de proveer a través de la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento. Si la confiabilidad de una red IP llega a ser inferior al nivel de la calidad de la red tradicional, simplemente el tráfico se desvía a esta última. Las interfases de programación permitirán que los fabricantes independientes de software creen rápidamente nuevos servicios basados en IP que funcionen a través de ambas redes: la tradicional y la IP.

Además los conmutadores por software permiten ofrecer servicios de voz avanzados así como nuevas aplicaciones multimedia, las cuáles se caracterizan por:

- Su inteligencia. La cual les permite controlar los servicios de conexión asociados a las pasarelas multimedia (*Media Gateways*) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo.
- La posibilidad de seleccionar los procesos. Los cuáles se pueden aplicar a cada llamada.

- El enrutamiento de las llamadas en función de la señalización y de la información almacenada en la base de datos de los clientes. Además de la capacidad para transferir el control de una llamada a otro elemento de red.
- Interfases con funciones de gestión como los sistemas de facturación y provisión.
- Puede existir con las redes tradicionales de redes conmutadas y también puede proveer los servicios de la tecnología de conmutación de paquetes.
- Los servicios que pueden soportar incluye voz, fax, video, datos y nuevos servicios que serán ofrecidos en el futuro. Mientras que los dispositivos finales incluyen teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadoras, beepers, terminales de videos conferencia y más.

Ventajas

- Los operadores se vuelven independientes de los vendedores de la tecnología y de los protocolos que los soportan.
- Los proveedores ganarán más control sobre la creación de servicios, en donde la verdadera guerra telefónica se peleará, y el software reducirá el costo total del servicio.
- Un *softswitch* es generalmente 40 ó 45% menos costoso que un *switch* de circuitos. Debido a que los *softswitches* utilizan arquitectura de cómputo general en donde el precio y desempeño han mejorado considerablemente, la industria espera que esta tecnología pueda brindar aún mayores ventajas en su costo que los *switches* de circuitos.
- Los vendedores pronostican una embestida de la industria de desarrolladores, quienes crearán servicios basados en estándares que podrán encajar en cualquier red, fácil y rápidamente.
- Un *softswitch* puede ser distribuido por toda la red o de manera centralizada. En redes grandes se pueden distribuir varios *softswitches* para administrar diferentes dominios o zonas. También se puede tener acceso a servicios desde la plataforma de manera local o desde otras regiones. Las redes más pequeñas pueden requerir solamente dos *softswitches* (para redundancia). Los adicionales se agregan para mantener baja la latencia cuando la demanda de los clientes aumenta. Esto también permite a los operadores utilizar *softswitches* en nuevas regiones cuando construyen sus redes sin tener que comprar *switches* de circuitos.
- Esta tecnología permite una transición pacífica de circuitos a paquetes, con servicios diferenciados e interoperabilidad a través de redes heterogéneas.

Arquitectura de Servicios del *softswitch*

- **Arquitectura Funcional**

Un *softswitch* puede consistir en uno o más componentes, sus funciones pueden residir en un sistema o expandirse a través de varios sistemas. A continuación se mencionan los componentes más comunes en un *softswitch*.

- *The Gateway Controller*

Es la unidad funcional del *softswitch*. Mantiene las normas para el procesamiento de llamadas, por medio del *Media Gateway* y el *Signaling Gateway* los cuales ayudan a mejorar su operatividad.

Frecuentemente es referido como *Call Agent* o *Media Gateway Controller*. Algunas veces el *Call Agent* es referido como el centro operativo del *Softswitch*. Este componente se comunica con las otras partes del *Softswitch* y componentes externos usando diferentes protocolos.

- *The Signalling Gateway*

Es el responsable para ejecutar el establecimiento y desconexión de la llamada, además sirve como puente entre la red de señalización SS7 y los nodos manejados por el *softswitch* en la red IP.

- *The Media Gateway*

Actualmente soporta TDM para transporte de paquetes de voz. Las aplicaciones de codificación de voz, decodificación y compresión son soportadas así como las interfases de la RTPC y los protocolos ISDN; mientras tanto se llevan a cabo investigaciones para el soporte de paquetes de vídeo.

- *The Media Server*

Mejora las características funcionales del *softswitch*, si es requerido soporta *Digital Signal Processing* (DSP) así como las funcionalidad de IVR.

- *The Feature Server*

Controla los datos para la generación de la facturación, usa los recursos y los servicios localizados en los componentes del *softswitch*.

- **Arquitectura de servicio**

- *Services Targeted*

Permite traslaciones de direcciones, enrutamiento, IVR, emergencia, llamadas en espera.

- *Service Interface*

Proporciona soporte para servicios suplementarios y clases de servicios.

3.7 Evolución del Modelo de Red Tradicional (PSTN) hacia el nuevo concepto de NGN.

3.7.1 Evolución hacia NGN

En la RTPC cada dispositivo es conectado a los *switches* clase 5 (abonados) usando un par de hilos referidos como última milla, el teléfono es conectado a otros usando líneas troncales a través de *switches* clase 4 (centrales telefónicas), cada teléfono maneja una parte de la señalización hasta que las conexiones son establecidas, luego el circuito de diálogo se habilita para la conversación entre ambas partes. Las operaciones de colgar, descolgar, intermitencia de la bocina y la emisión de tonos son parte de la señalización desde el dispositivo al *switch*.

Los tono de ocupado, tono de repique, tono de marcado son un tipo de señalización emitida por el *switch*. El dispositivo telefónico permite el intercambio de información entre el que llama y la persona que es llamada.

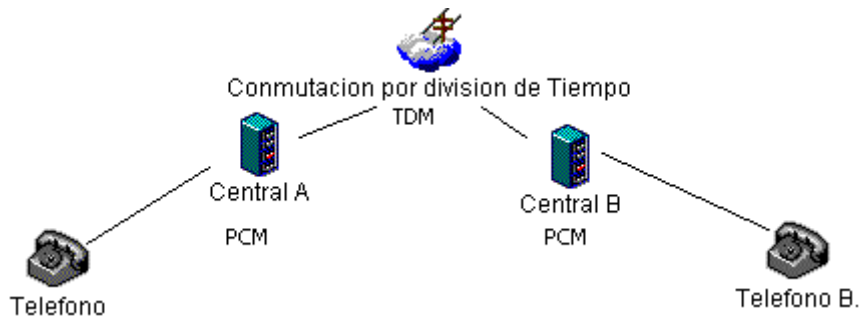


Figura 3.6 Transmisión por división de tiempo TDM

La información se transmitía de forma analógica a través de pares de cables entre los *switches* y los teléfonos. Entre los *switches* la comunicación se realizaba por medio de modulación TDM y cada llamada toma un intervalo de tiempo especial para realizarse.

La primera generación de *switches* telefónicos utilizaban un arreglo enorme de circuitos eléctricos basados en Relés para el establecimiento de las conexiones físicas para crear el establecimiento de las llamadas y en algunas ocasiones necesitaban de un operador en paralelo para ejecutar algunas funciones manuales. Este tipo de sistema de telefonía de primera generación (POTS) se refiere a los servicios básicos los cuales no contemplan las capacidades de identificación de llamada y llamada en espera.

Posteriormente surge la generación de *switches* automáticos equipados con generadores de tonos, decodificadores de tono, codificador de pulso rotativo, plan de numeración y plan de cableado que mejoran las características funcionales de los *switches* de primera generación.

En los años 1970 la implementación de las tecnologías digitales llegaron a ser las más populares utilizado TDM, lo cual resolvió las limitaciones de los métodos analógicos. La primera implementación de TDM en un canal simple DS0 (8 khz =64 kbps) para digitalizar la voz y un bit para señalización. La banda de señalización para este tipo de tecnología eventualmente era muy propensa a errores. La información es transmitida a través de un bus TDM y el proceso de señalización se transmite a través de señalización ss7.

En la generación actual los paquetes digitalizados son transportados en un solo canal DS0 mientras que la información de señalización es transmitida por medio de unos paquetes separados en la red conmutada. La señalización mas comúnmente usada es la SS7, basada en el *Signalling Systems 7* y la carga útil es transportada sobre la red digital TDM la cual es enrutada directamente por el *switch*, de esta manera la RTPC es conformada por la red TDM para voz y la red SS7 para señalización.

La nueva generación de voz, datos, videos y fax serán implementadas utilizando tecnología IP basada en *Packet Switch*, dentro de esta generación se encuentra la tecnología *softswitch*, en este modelo la información útil y la señalización se transporta a través del mismo paquete.

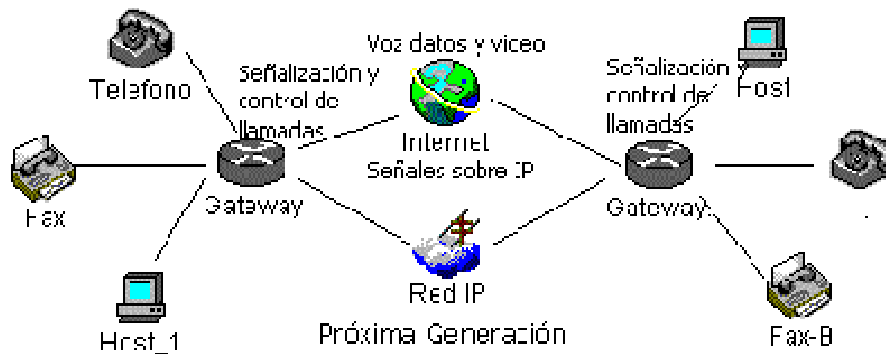


Figura 3.7 Transmisión basada en IP

Los mensajes de SS7 son transmitidos a la red IP y son transportados usando el protocolo TCP, voz, datos y videos son transportados por la red IP usando el protocolo UDP.

3.7.2 Servicios avanzados

La mayor parte de los servicios avanzados son una combinación de servicios de voz y datos. Utilizando sistemas de reconocimiento de voz, cualquier terminal, incluso un

teléfono tradicional, puede tener acceso a servicios avanzados. También se mencionan servicios multimedia novedosos como llamadas vídeo persona a persona, compartición de documentos, multiconferencias de voz y vídeo. Todos estos servicios se están desarrollando en *softswitches*, asegurando la misma fiabilidad y disponibilidad que los servicios actuales de la RTPC.

RTPC	INTERNET
Basada en conmutación de Circuitos	Basada en conmutación de paquetes
Excelente Calidad de servicio	No garantiza la Calidad de servicio (QoS)
Posee Servicios avanzados de Voz, datos y Fax	Provee servicios de datos muy flexibles
Red de bajo retardo Ancho de banda Fijo	Red de retardo variable Ancho de Banda variable
Los servicios son proporcionados por los nodos de conmutación y las redes inalámbricas.	Existencia de Nodos de Paquetes
Las Redes Inalámbricas poseen conectividad Global	Mayor crecimiento

Tabla 3.2 Diferencias entre la RTPC e Internet

3.7.3 Etapa de línea y de grupo en la arquitectura *softswitch*

Básicamente la arquitectura *tandem* la cual es la encargada de controlar el tráfico entre centrales telefónicas pueden ser reemplazada por el *media Gateway*, el *backbone IP* y el controlador de llamadas, Las otras etapas siguientes las cuales se dividen en las antiguas centrales telefónicas clase 4 y 5 podrán ser retiradas.

La conexión con los equipos o etapa de línea será realizada por los *gateway* de línea o de acceso, que reemplazarán las grandes concentraciones de cables de cobre que se encuentran en las avenidas y calles, luego en vez de ampliar la etapa de grupo de la central local las líneas serán conectadas directamente a los *media gateway*.

Sin embargo un obstáculo para la implantación de estas nuevas redes las cuales manejarán el tráfico telefónico actual, ha sido la falta de un sistema telefónico de señalización inteligente fundamentalmente para establecer parámetros de la llamada (como por ejemplo la dirección de destino, las necesidades de ancho de banda y la autorización para realizar las llamadas) después de superado este obstáculo se podrán ofrecer servicios avanzados en un entorno híbrido con tecnologías de conmutación de paquetes y de circuitos.

Los servicios modernos que ofrecen las redes de telefonía se basan en tecnología SS7, las nuevas empresas de desarrollo pueden volver a crear todos estos servicios en las redes IP o pueden utilizar la señalización número 7 bajo el dominio IP, para realizar consultas a bases de datos y configurar sus servicios avanzados, en cualquiera de los dos escenarios las redes conmutadas y las redes RTPC necesitarán comunicarse entre ellas.

3.7.4 Arquitectura Funcional de una red con *softswitch* sus elementos y sus relaciones

- **Gateway Controller**

Como ya se había mencionado sirve de puente para redes de diferentes características, incluyendo la RTPC, el SS7 y las redes IP. Esta función de puente incluye la validación e iniciación del establecimiento de la llamada. Es responsable del manejo del tráfico de voz y datos a través de varias redes. Es frecuentemente referido como "*call agent*" así como "*media gateway controller*".

Un *Gateway Controller* combinado con el *Media Gateway* y el *Signalling Gateway* representan la mínima configuración de un *softswitch*. El elemento controlador es frecuentemente conocido como *Media Gateway Controller* MGC.

Requerimientos Funcionales

El *Gateway Controller* debe soportar las siguientes funciones:

- Control de llamada
- Protocolos de establecimiento de llamadas: H.323, SIP
- Protocolos de Control de Medios: MGCP, MEGACO H.248
- Control sobre la calidad y Clase de Servicio.
- Protocolo de Control SS7: SIGTRAN (SS7 sobre IP).
- Procesamiento SS7 cuando usa SigTran.

El enrutamiento incluye:

- Componentes de enrutamiento: Plan de marcado local
- Translación digital soportado para IP, FR, ATM y otras redes.
- Detalle de las llamadas para facturación.
- Control de manejo del ancho de banda.
- Provee el *Media Gateways* y el *Signaling Gateways*
- Asignación de Canal DS0.
- Transmisión de voz (Codificación, Compresión y paquetización).

Características del Sistema para soportar al *Gateway Controller*

- CPU de altas capacidades con multiprocesador.
- Disco de almacenamiento usado como bitácora
- Requiere soportar una amplia variedad de protocolos.
- Capacidad de redundancia para la conectividad a la red.

▪ **Signaling Gateway**

Crea un puente entre la red SS7 y la red IP bajo el control del *Gateway Controller*. El *Signaling Gateway* hace aparecer al *softswitch* como un nodo en la red SS7 y únicamente maneja señalización SS7, mientras que el *Media Gateway* maneja los circuitos de voz establecidos por el mecanismo de señalización.

El Protocolo SIGTRAN es definido como un grupo de protocolos y capas de adaptación para transportar la información de señalización sobre las redes IP. SigTran es usado como protocolo entre el *Gateway Controller* y el *Signaling Gateway*.

El *Signaling Gateway* establece el protocolo, tiempo y requerimiento de las redes SS7, también como las equivalentes funcionalidades de la red IP.

▪ **Media Gateway**

El *media gateway* proporciona el transporte de voz, datos, fax y vídeo entre la red IP y la RTPC. En este tipo de arquitectura de red la carga útil se transporta sobre un canal llamado DS0, El componente más básico que posee el *Media Gateway* es el DSP (*digital signal processors*).

Típicamente el DSP se encarga de las funciones de conversión de analógico a digital, los códigos de compresión de audio/video, cancelación del eco, detección del silencio, y su función más importante es la translación de la voz en paquetes para poder ser comprendidos por la red IP.

▪ **Media Server**

Un *Media Server* usualmente se clasifica de manera separada del *Feature Server* porque contiene las aplicaciones de procesamiento del medio, esto significa que el *media server* soporta un alto funcionamiento del hardware del DSP.

Un *Media Server* no es estrictamente requerido como parte de las funciones del *switch*, este se puede incorporar en la tecnología de *switch* y proporciona la oportunidad de integrar la voz y los datos en la solución.

- **Feature Server**

Se define como una aplicación al nivel de servidor que hospeda un conjunto de servicios. Estos servicios de valor agregado pueden ser parte de *call agent* o pueden ser desarrollados separadamente. Las aplicaciones se comunican con el *call agent* a través de los protocolos SIP, H.323 y otros, estas aplicaciones son usualmente hardware independiente pero requieren un acceso ilimitado a las base de datos.

3.7.5 Tipos de arquitecturas de *Softswitch*

En la construcción de un *softswitch* las alternativas de implementación deben basarse en las consideraciones de la arquitectura y los cinco componentes del *softswitch*.

Los factores para considerar incluyen: escalabilidad, confiabilidad del hardware, disponibilidad de requerimientos y requerimientos de funcionamiento.

	GATEWAY CONTROLLER	MEDIA GATEWAY	SIGNALING GATEWAY	MEDIA SERVER	FEATURE SERVER
CARACTERISTICAS	Capacidades de procesamiento elevadas, Escalabilidad y soporte de un amplio rango de protocolos.	Tiempo real de respuesta y disponibilidad remota.	Escalabilidad IP,T1/E1,SS7.Acceso remoto	Alto tráfico IP, tiempo real de respuesta, alta disponibilidad, escalable según demanda.	Capacidad alta de Procesamiento mayormente de tráfico IP
SYS SW	SOLARIS	SOLARIS OS	SOLARIS	SOLARIS	SOLARIS
SYS HW	Plataforma netra	Plataforma netra	Plataforma netra	Plataforma netra	Plataforma netra

Tabla 3.3 Demandas en los tipos de arquitectura de *softswitch*

De la Tabla 3.3 se deduce que las características funcionales manejadas por la plataforma esta sujeta a las consideraciones y es recomendable agrupar la funcionalidad y los factores de mantenimiento, disponibilidad y crecimiento de unidades separadas e integrarla con el fin de formar el *softswitch*.

Selección del Software

La mayoría de las compañías de telecomunicaciones han seleccionado el Sistema Operativo SOLARIS debido a su confiabilidad, tiempo de respuesta menor a una décima de milisegundo, flexibilidad, excelente soporte para el ambiente de red y seguridad.

3.7.6 Ejemplos de integración de un *Softswitch*

Call Agent, Feature Server usando (1RU) Netra Servers

En este ejemplo específico el *Call Agent* y el *Feature Server* son implementados en un servidor de mediana capacidad. Cada servidor es capaz de manejar un cierto número de llamadas, son adicionados servidores para aumentar la capacidad o volumen de llamadas. Este modelo es muy conocido por su alta escalabilidad, es también ventajoso por incluir métodos de balanceo de cargas. Este modelo puede soportar cientos de puertos telefónicos con múltiples particiones.

Las configuraciones pueden proveer las siguientes características:

- 99,999 % de accesibilidad
- Incorpora el Balanceo de las cargas
- Soporta los protocolos H.323, Megaco, SS7, MGCP y SIP.
- Permite la actualización del software y su mantenimiento.

Signalling Gateway, Call Agent, Feature Server, Media Server usando Multiprocesadores

La baja latencia y un alto nivel de tráfico son las características requeridas en los *Switches Tandem* Clase 4, usualmente estos *switches* son conectados a circuitos de alta velocidad: ATM, *Gigabit*, *Ethernet*, *Sonet* etc. Los *softswitch* que proveen alta velocidad, servicios de tarificador, servicios *Tandem*, disponibilidad del 99.999 % tienen capacidades incluidas como:

- VoIP, VoATM.
- Enrutamiento de las llamadas de voz y datos en redes IP y en la RTPC.
- Funciones de *Gateway*.
- Soporte de protocolos estándares para redes de telefonía e IP.
- Manejo Remoto.
- Escalable desde cien a millones de puertos.

3.7.7 Softswitch para el control del tráfico de Internet

Los *softswitches* están siendo utilizados para la descarga del tráfico de Internet en las redes de telecomunicaciones. Los usuarios de Internet usan las redes hasta alcanzar el punto de presencia donde están localizados, esto causa un enorme bloqueo en los circuitos y en la infraestructura, una respuesta a este problema lo brindan el "*Internet data OFF- Loading*".

En la próxima generación de servicios y dispositivos será posible hacer llamadas y usar servicios en cualquier lugar, de forma simultánea y con cualquier dispositivo, especialmente con el crecimiento de los dispositivos inalámbricos. La habilidad del softswitch de soportar el Internet y las redes empresariales hacen posible dar valor agregado.

4 Redes de Próxima Generación. Arquitectura, Principios Genéricos y Normalización

4.1 Realización de la Red de Nueva Generación

En los últimos diez años se ha visto una integración cada vez más rápida entre computadoras, telefonía y equipos de redes. Se ha presentado una disminución en el tráfico de voz sobre la RTPC debido a la creciente popularidad de Internet, la telefonía móvil y sus servicios. Las demandas de los usuarios de las redes telefónicas son cada vez mayores hacia su proveedor de red y tienden a preferir el contenido irregulado pero enorme ofrecido por Internet, así como las posibilidades de comunicación que ésta ofrece.

Como respuesta a estas demandas, los operadores de redes desarrollan tecnología de banda ancha y lo más importante: tratan de aprovechar al máximo su capacidad para ofrecer servicios a los clientes; mientras tanto se encargan de proveer el acceso a Internet y proporcionan los contenidos y servicios sin cualquier gasto de interconexión.

Las características básicas de una NGN pueden ser determinadas por los operadores de red, en función de los problemas que afrontan como la necesidad de proporcionar servicios sobre los accesos de banda ancha; la necesidad de combinar diversos servicios de red, tales como datos, voz, telefonía, multimedia, y la aparición de servicios populares como la mensajería instantánea o servicios de difusión; añadiendo el deseo de los clientes por tener un acceso a los servicios de red en todas partes (movilidad inherente).

Una de las características más importantes de IP es la independencia que tiene cada capa de protocolos. Esta característica ha afectado las redes de conectividad globales que proporcionan conexiones independientes a cualquier clase de redes como la RTPC por medio de ATM y Frame Relay.

Por otro lado, el acceso de banda ancha como la Línea de Abonado Asimétrica Digital (ADSL), ha permitido una conectividad global asociada con varias aplicaciones en línea, teniendo esto un enorme impacto en los alcances de los usuarios.

4.1.1 Requerimientos para una Red de Nueva Generación.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones en su Sector de Estandarización de Telecomunicaciones (ITU-T), el Grupo de Estudio 13 emitió la recomendación Y.2001(1) donde otorga por primera ocasión una definición para las NGN como *“una red a base de paquetes capaz de proporcionar servicios de telecomunicación y capaz de aprovechar múltiples tecnologías de banda ancha; que permite a una variedad de proveedores de servicio competir por ofrecer a los usuarios los servicios de su preferencia. Esto apoya la movilidad generalizada que permitirá a la provisión constante y ubicua de servicios a usuarios.”*

La recomendación ITU-T Y.2001 define a las NGN por las siguientes características fundamentales:

- Transferencia a base de paquetes
- Separación de funciones de control entre capacidades de portador, llamada/sesión y aplicación/servicio
- Apoyo a una amplia gama de servicios, usos y mecanismos basados en componentes básicos de servicio (incluyendo los de tiempo real/*streaming* /servicios en tiempo no real y de multimedia)
- Capacidades de banda ancha con calidad de servicio de punta a punta (QoS).
- Movilidad generalizada
- El acceso sin restricción por usuarios a abastecedores de servicio diferentes
- Una variedad de esquemas de identificación
- Convergencia de servicios fijos/móvil
- Apoyo de múltiples tecnologías en la última milla

La recomendación ITU-T Y.2001 separó a las NGN en áreas que todavía son en gran parte la base de actividades de normalización en la ITU-T y otras organizaciones de desarrollo de normas:

- Marco general y principios arquitectónicos
- Capacidades de servicio y arquitectura de servicio
- Interoperabilidad de servicios y red en la NGN
- Modelo de la arquitectura para las NGN
- Calidad de servicio punto a punto QoS
- Plataforma de servicio
- Dirección de red
- Seguridad
- Movilidad generalizada
- Arquitectura de control de red y protocolos
- Enumeración, nombramiento, y dirección

La entrega de servicios de voz implica tener el control y dirección de la RTPC; la movilidad de usuarios nos introduce a la convergencia fija-móvil, mientras las interfases abiertas añaden la necesidad de garantizar una interconexión segura y confiable para los usuarios como en la red telefónica tradicional.

4.1.2 Acciones y Normas

La necesidad de normas globales para las NGN, llevó en julio de 2003 a organizar un grupo de trabajo acerca de éstas redes; el primer problema al que se enfrentaron fue que las personas mencionaban y utilizaban el término de “Redes de Próxima Generación” con diferentes interpretaciones provocando las primeras confusiones; esto fue suficiente para que los miembros de ITU-T tomaran muy en serio la necesidad de crear normas para estas redes. Como resultado de este grupo de trabajo, la ITU-T creó un Grupo Ponente para las NGN (JRG –por sus siglas en inglés-) de manera inmediata en 2003 y trabajaría hasta junio de 2004. El NGN-JRG fue entonces el encargado de identificar problemas clave y desarrollar normas fundamentales para construir los marcos generales de una NGN, incluyendo una definición dentro de los contextos que manejaba la ITU-T. Las Recomendaciones Y.2001(1) y Y.2011(2) son los resultados de ese grupo de trabajo, y son ahora la base para estudios de las NGN en la ITU-T.

4.1.3 El impacto de NGN

Una de las características importantes de las NGN es la separación entre las diferentes funcionalidades que tienen un impacto sobre los modelos de negocios. La separación entre los servicios y los estratos de transporte tendrá diversos impactos de acuerdo a los diferentes puntos de vista, pero el impacto más grande probablemente será un cambio en la regulación de estas redes.

Hoy, la mayor parte de servicios están acoplados con una red específica de transporte y el protocolo asociado, entonces la regulación ha sido aplicada principalmente en una dirección vertical (por ejemplo, la regulación para el servicio siempre también aplica a la red de transporte).

Otro impacto importante de las NGN es la separación de las capacidades de acceso y las capacidades centrales de transporte. Este rasgo influirá en los ambientes de negocios; ya que un negocio que se conecta a una red del dominio del proveedor, podrá modificar su acceso dinámicamente de acuerdo a las diferentes tecnologías de acceso que tenga como opción, y los usuarios tendrán mayor libertad de escoger las capacidades de acceso basadas en sus exigencias específicas

Además, otro aspecto importante es que se deberá estimular la convergencia entre comunicaciones fijas y móviles. Así, los usuarios escogerán algún acceso fijo y algunas capacidades de acceso móviles y las combinarán, o tomarán ambos con capacidades principales de transporte, usando solo la identificación de suscripción de usuario.

Las NGN soportarán varios servicios, serán redes seguras y de gran confianza, también proporcionarán oportunidades de negocio no sólo a los proveedores de servicio, sino también a industrias de desarrollo de sistemas proporcionando capacidades específicas a las redes de acuerdo a las exigencias de los usuarios que serán cada vez más dinámicas.

Podemos decir que las NGN cubren más que comunicaciones de datos, engloba la migración y la integración de redes telefónicas tradicionales, así como la convergencia de servicios de redes fijas y móviles. La evolución de redes hacia las NGN es un aspecto importante así como su normalización.

4.2 Primera Publicación del Grupo Principal de NGN en la UIT-T Ambiente Objetivo, Servicios y Capacidades

A continuación mencionaremos algunos casos interesantes de uso de servicios que soportan las NGN:

Conferencias Multimedia.- es sólo uno de los ejemplos que han sido revisados por la UIT-T y por el grupo principal de las NGN; algunas características importantes de las NGN en estos casos son: el acceso a servicios comunes a través de múltiples tipos de redes de acceso (los usuarios de diferentes tipos de redes de acceso pueden ser incluidos en una llamada en común), coordinación de diferentes tipos de comunicación provenientes de puntos de control de la red común, también puede ser usado para conectar múltiples participantes en una llamada de conferencia.

Telemedicina.- la telemedicina móvil permite la comunicación para el intercambio de información que puede salvar vidas; puedes ir viajando en la ambulancia mientras tus datos vitales son retransmitidos usando la red celular de manera que cuando llegues al hospital todo esté listo para tu atención gracias a la información que les fue enviada mientras se viajaba en la ambulancia. En este tipo de comunicación muchos servicios multimedia se involucran: audio, video, imágenes, datos de alta velocidad, etc.

4.2.1 Primera Publicación NGN

El principal grupo de estudio de las NGN de la UIT-T ha generado una publicación basada en las recomendaciones producidas para las NGN.

La primera publicación (*Release 1*) es el paso inicial hacia un marco comprensivo que abarca los servicios, capacidades y funciones de una red que constituyen una NGN como se describe en la recomendación Y.2001(1); asegurar flexibilidad en la arquitectura para soportar futuras implementaciones e innovaciones con un mínimo impacto es una característica esencial del marco para una NGN.

El marco establecido para las NGN satisface un amplio rango de necesidades humanas. También es sabido que las necesidades de los proveedores de servicios conllevan un conjunto particular de servicios y habilidades necesarios para soportar una red.

Es importante mencionar que en esta primera publicación algunas áreas no están incluidas en términos de referencia al grupo de trabajo de las NGN. Estas áreas incluyen: nombramiento, numeración, asignación de direcciones, tasado, aspectos administrativos, aspectos de transmisión y QoS. Debido a esto no se tiene alguna orientación en esta publicación respecto a estos temas.

4.2.2 Ambiente Objetivo

El grupo de trabajo de las NGN trata de explicar y marcar objetivos para una arquitectura avanzada y así ofrecer la comprensión de una serie de servicios sobre una capa de red IP unificada.

El estrato de transporte tiene que soportar múltiples redes de acceso y una variedad de tipos de terminales tanto fijas como móviles.

En la primera publicación se menciona que todos los servicios son cargados sobre IP, además IP puede ser implementado sobre diferentes tecnologías como ATM, Ethernet y más. Se considera establecer redes IPv4 o IPv6 en puntos de interconexión de paquetes e interfases de redes de paquetes, así el tema principal se ubica en la definición de interfases de paquetes IP. En cuanto a QoS la primera publicación del grupo de trabajo de las NGN proporcionará un conjunto de necesidades, mecanismos, arquitecturas y guías para habilitar “*QoS de extremo a extremo*”, incluyendo el control de recursos y la coordinación del control de admisión entre redes de acceso y la red central.

Debido a que la seguridad es un aspecto crítico a cuidar para los usuarios finales y en general para una red, la primera publicación proporciona especificaciones de requerimientos de seguridad basadas en la Recomendación X.805(3) de la UIT-T.

La administración de las NGN soporta el monitoreo y control de servicios de los componentes de servicio/transporte a través de las interfases entre componentes, sistemas de administración, proveedores de servicios y operadores de red.

El grupo principal de administración de las NGN está trabajando en algunos aspectos como la movilidad. Los usuarios móviles necesitan mecanismos transparentes para el *roaming* entre operadores de redes, así como el acceso continuo a servicios en una variedad de ambientes usando distintas terminales con capacidades variables. En la primera publicación se considera que la movilidad personal continuará siendo utilizada donde los usuarios puedan registrarse y manejar todos los servicios.

Las aplicaciones y servicios de usuario final ofrecidos como parte de una NGN son diseñados para que puedan ser creados fácilmente en un ambiente abierto para ambos operadores y también para terceras partes. Un marco de servicios flexibles permitirá la implementación de servicios de valor agregado haciendo uso de las capacidades de la red central.

Algunos componentes básicos

Además de los componentes básicos mencionados es necesario subrayar los componentes de multimedia IP; junto con las funciones de control y servicio de la arquitectura de las NGN basados en el proyecto 3GPP/IMS. La compatibilidad completa con 3GPP, y la conectividad IP de las redes de acceso y terminales deberá seguirse manteniendo.

Todos los tipos de redes de acceso NGN requieren ofrecer conectividad IP además de que las NGN soportarán redes de acceso de diferentes tecnologías y capacidades; y también soportarán servicios a través de múltiples dominios de redes administrativas, además de la interconexión directa a la RTPC y a sus servicios.

En la primera publicación se menciona que serán soportadas las siguientes interconexiones:

- Redes basadas en circuitos: como la RTPC/RDSI, redes móviles públicas terrestres (PLMN por sus siglas en inglés).
- Otras redes basadas en IP: como las redes públicas de Internet, redes de difusión y otras redes multimedia 3GPP/IMS.

También se menciona que las NGN soportarán acceso simultáneo a otras NGN a través de una sola función de terminación de múltiples terminales conectadas a través de la red del cliente. Es importante notar que en el marco de las NGN no se piensa sugerir o especificar un tipo particular de equipos NGN para usuarios finales más allá de la compatibilidad con autenticación, el control y los protocolos de transporte de la NGN.

4.2.3 Servicios

Los siguientes son ejemplos de tipos de servicios mencionados en la primera publicación (*Release 1*):

Servicios Multimedia

La primera publicación del grupo de trabajo de las NGN apoyará las comunicaciones en tiempo real (más allá de las que sólo involucran voz) y las que no se llevan en tiempo real. Esto incluye pero no es limitante de la entrega de extremo a extremo de aquellas comunicaciones que utilizan más de un medio. Algunos ejemplos que se incluyen son los siguientes:

- Servicio de mensajes: Mensajes instantáneos (IM), mensajes cortos (SMS), mensajes multimedia (MMS). Además de servicios basados en 3GPP
- El servicio de Oprima para Hablar, conocido como “*Push to talk* (PTT)” sobre las NGN.

- Servicios interactivos multimedia de punto a punto: Por ejemplo el video teléfono, servicios de comunicación de colaboración interactiva como conferencias multimedia con archivos y aplicaciones compartidas, *e-learning* y juegos.
- Servicios *push-based*., servicios multimedia IP y nuevos tipos de servicios que incluyen seguridad pública, gobernabilidad y tecnología de información corporativa.
- Servicio de entrega de contenido: Flujo de radio y video, música/video en demanda, distribución de canales de TV, distribución de información financiera, profesional y médica, incluyendo imágenes y publicidad electrónica.
- Servicios de difusión amplia y multidifusión (*broadcast & multicast*).
- Servicios de información: Información para boletos de cine, estado del tráfico en la ciudad; además de servicios de localización.

Emulación se servicios RTPC/RDSI

Permitirá a terminales ya establecidas y en uso, continuar utilizando los servicios de telecomunicaciones existentes mientras están conectadas a una NGN. El usuario deberá tener la misma experiencia como si se tratara de su proveedor de servicios RTPC; para esto se utilizará una adaptación a la infraestructura IP.

Simulación de servicios RTPC/RDSI

Permitirá a las terminales de las NGN utilizar servicios de telecomunicaciones similares a los servicios de la RTPC/RDSI, esto permitirá proporcionar los servicios típicos de una RTPC/RDSI pero ahora usando un control de sesión sobre infraestructura e interfases IP.

Otros servicios

En esta categoría se engloban varios servicios de datos que están presentes en redes de paquetes; por ejemplo los servicios de una VPN, aplicaciones de datos, servicios de comunicación de datos como transferencia de archivos, correo electrónico, compras en línea (*e-commerce*), alarmas, redes de sensores, etc.

Acceso a Internet

Una NGN no debe inhibir el acceso a Internet en ninguna de sus formas, el soporte al acceso a Internet a través de la red central incluye transparencia de extremo a extremo, interacción punto a punto, etc.

Aspectos de servicios públicos

La NGN deberá proporcionar los siguientes servicios de conformidad con las regulaciones nacionales y regionales, y atendiendo a tratados internacionales:

- Intercepción legal
- Rastreo de llamadas mal intencionadas.
- Presentación de identidad del usuario y privacidad.
- Comunicaciones de emergencia
- Usuarios con discapacidades
- Selección de proveedores de servicio.

4.2.4 Capacidades para las NGN. Primera Publicación

Las NGN deben proporcionar una serie de normas de capacidades. Una manera posible de caracterizar estas capacidades es separarlas en dos grupos: uno conformando por las “capacidades básicas” y el otro por los “servicios de capacidades soportadas”. Con respecto a la arquitectura de capas para las NGN las capacidades básicas están principalmente relacionadas al estrato de transporte, mientras que los servicios de capacidades soportadas están principalmente relacionados al estrato de servicio y son accesibles mediante aplicaciones de las NGN.

Ejemplos de capacidades básicas son: administración de la red, enrutamiento, autenticación y autorización en la red, tipos de tráfico, prioridad administrativa y administración de recursos multimedia.

- **Servicios de capacidades soportados**

Este tipo de capacidades están generalmente combinadas con otros servicios para proporcionar funcionalidades específicas, además algunas pueden ser usadas como servicios independientes en casos específicos. En ellos se incluyen: presencia, localización, grupo administrativo, mensajes direccionados, difusión y multidifusión, sesiones direccionadas y administración de dispositivos. A continuación describiremos algunos detalles de estas capacidades:

Presencia

Concentra información describiendo el estado de cada usuario o dispositivo conectado a la NGN. Incluye información como la localización (longitud y latitud), lugar (oficina, casa), tipo de acceso (DSL, fibra, *dial-up*, *wireless*), tipo de terminal (celular o PC), disponibilidad (ocupado o desocupado), condiciones de acceso (congestión o disponibilidad de recursos) y más.

Para soportar la presencia se requieren las siguientes capacidades:

- Capacidad de recolección: recopila información y la envía a la capacidad de administración en tiempo real.
- Capacidad de administración: almacena la información recibida y la envía a los usuarios a través de la capacidad de distribución.

- Capacidad de distribución: distribuye la información solicitada por los clientes y si los usuarios lo solicitan pueden estar recibiendo actualizaciones de la información.

Como la información de presencia de una persona es parte de la información privada de un usuario, ésta debe ser manejada de acuerdo a las reglas de acceso y privacidad del usuario.

Las NGN deben tener mecanismos para determinar y reportar información de localización de las terminales de usuario, esta capacidad puede ser utilizada para varios servicios especialmente en casos de urgencias como accidentes de tráfico, desastres naturales y emergencias médicas.

Grupo administrativo

Este grupo necesita estar definido basado en una lista de miembros, con comunicación asegurada entre sí. La NGN debe estar habilitada para manejar cada grupo con seguridad y eficiencia.

Mensajes direccionados:

Los tipos de mensajes pueden ser distinguidos de acuerdo a varios criterios incluyendo mensajes sencillos o mensajes multimedia en tiempo real o en tiempo no-real. El objetivo es que se soporte todo tipo de mensajes.

Difusión/Multidifusión:

Es la capacidad que permite a ciertas aplicaciones entregar contenido a múltiples usuarios al mismo tiempo.

Sesiones direccionadas

Relaciona la coordinación de la administración tal como buscar usuarios destino, controla los derechos de acceso y controla la localización de los recursos. El proceso de administración de sesión incrementa la complejidad cuando las aplicaciones multimedia están relacionadas a través de múltiples usuarios.

Administración de dispositivos

Permite la administración de protocolos de red para la administración robusta de dispositivos de equipos terminales y sus aplicaciones, sobre una variedad de portadores durante el ciclo de vida de las terminales y aplicaciones. Un aspecto importante es el aprovisionamiento de dispositivos por medio de los cuales un dispositivo se configura inicialmente con un mínimo de interacción con el usuario.

Podemos decir que las NGN están comenzando a proporcionar la tecnología para permitir a los usuarios el acceso a un conjunto de servicios comunes. Los servicios son desarrollados en un ambiente abierto, independientemente de la variedad de redes de acceso y tipos de terminales que pueden ser soportados por la NGN. La primera publicación del grupo de trabajo de las NGN es el primer paso hacia la comprensión de un marco de las NGN, identifica los servicios básicos y las capacidades disponibles para usarse en un ambiente de convergencia. Las futuras publicaciones permitirán servicios adicionales y capacidades que enriquecerán las experiencias de los usuarios y seguramente se abordarán temas que aún no han sido considerados.

4.3 Arquitectura Funcional NGN. Principios Generales, Arquitectura Funcional e Implementación

De acuerdo al modelo general de referencia que asume la separación de las funciones de servicios y transporte, una NGN puede ser representada por múltiples grupos funcionales. Un punto clave de implementación para servicios basados en sesión utilizando un subsistema multimedia IP, es introducir las características específicas para satisfacer los requisitos de redes tanto fijas como móviles.

Dada la naturaleza universal de Internet junto con su infraestructura y servicios asociados, podemos considerar que los sistemas basados en IP constituyen la base de las redes de próxima generación, es decir, que una NGN es una red basada en IP.

Las nuevas aplicaciones y requerimientos desarrollados conllevan a necesidades que originalmente no fueron consideradas cuando la primera generación de redes de paquetes fue creada. Con esto en mente la UIT-Sector de Normalización en Telecomunicaciones emitió la Recomendación Y.2011(2) que menciona a detalle un marco general para entender la arquitectura necesaria para obtener las características básicas.

La principal diferencia entre los servicios tradicionales de telecomunicaciones y una NGN es la forma de separar verticalmente las aplicaciones específicas aplicadas a la red a una red simple capaz de soportar alguno o todos los servicios.

4.3.1 ITU-T Recomendación Y.2001(1)

El principal propósito de la recomendación Y.2001 es proporcionar una definición general de una NGN:

Una NGN es una red basada en paquetes capaz de proporcionar servicios de telecomunicaciones, capaz de hacer uso de múltiples anchos de banda, soportar tecnologías de transporte habilitadas para QoS y en la cuál las funciones relacionadas al servicio son independientes de las tecnologías relacionadas al transporte que se encuentran en capas inferiores. Permite el acceso a usuarios a redes y a servicios de su elección. Además soporta una movilidad generalizada que permitirá la disposición constante y omnipresente de servicios a los usuarios.

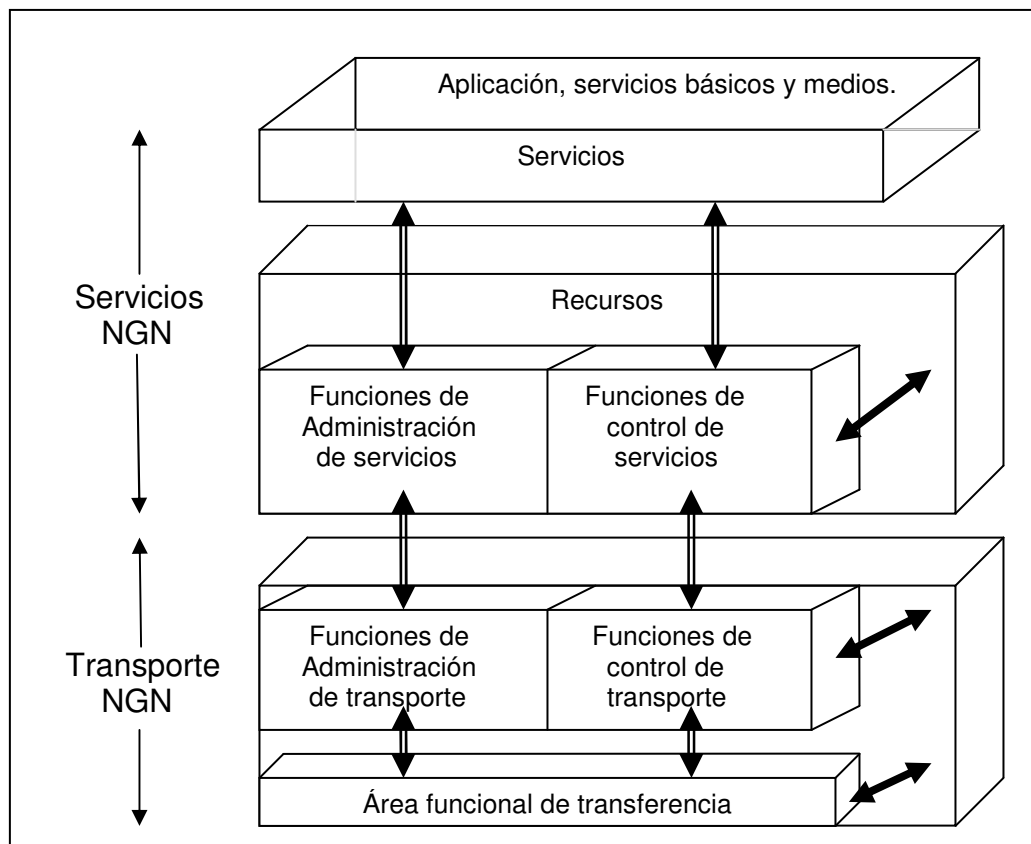


Figura 4.1 Modelo General Funcional para NGN

Principios Generales y Modelo de Referencia general para una NGN

Por otro lado el principal propósito de Y.2011 es proporcionar las bases para desarrollar modelos funcionales para servicios basados en una NGN. Por lo que respecta a los modelos NGN todas o algunas de las siguientes situaciones pueden encontrarse:

- El número de capas del modelo pueden no ser 7.
- Las funciones de capas individuales pueden no corresponder a las capas OSI.
- Algunas definiciones prescritas para sistemas OSI pueden no ser aplicables.
- Los protocolos involucrados pueden no ser protocolos OSI.

Es conveniente dividir funciones en dos grupos distintos: uno para comprender todas las funciones de control y otro para funciones administrativas.

Arquitectura de las NGN

Las funciones de las NGN están divididas en: servicio y transporte, de acuerdo a la recomendación Y.2011. Las funciones de usuario final son conectadas a la NGN por la interfaz usuario-red (UNI *user-network interface*) mientras que otras redes son conectadas a través de la interfaz red-a-red (NNI *network-to-network interface*). La interfaz de aplicaciones de red (ANI *application to network interface*) forma una barrera con respecto a los proveedores de aplicaciones de terceros.

– Funciones del estrato de transporte

El estrato de transporte es responsable de proveer QoS de extremo a extremo que es una característica deseable de las NGN. Está dividido en Redes de acceso y en Redes centrales; con una función ligada a ambas partes.

1. Funciones de acceso.- administran el acceso del usuario final a la red.
2. Funciones de acceso al transporte- son responsables de transportar la información a través de la red de acceso y proporcionan mecanismos de control de QoS.
3. Funciones de borde o frontera.- usadas para procesar el tráfico cuando el tráfico de acceso se mezcla en la red central.
4. Funciones centrales de transporte.- estas funciones son responsables de asegurar el transporte de la información en la red central, también proporcionan los medios para diferenciar la calidad de transporte en la red.

5. Funciones de control de accesos de la red.-proporciona registros en el nivel de acceso e inicialización para obtener los servicios de la NGN, también proporcionan el punto de contacto de dichos servicios y las funciones otorgadas al usuario final.
6. Funciones de control de recursos y admisión (RACFs).- proporcionan el control en la admisión, la autenticación está basada en los perfiles de usuarios a través de las funciones de control de acceso a la red. Las RACFs interactúan con las funciones de transporte para controlar una o más de las siguientes funcionalidades en la capa de transporte: filtrado de paquetes, clasificación de tráfico, reservación de ancho de banda, etc.
7. Funciones de transporte de perfil de usuario.- se presenta a la compilación del usuario junto con las funciones de control de datos como un simple “perfil de usuario” que puede ser especificado e implementado en cualquier parte de la NGN.
8. Funciones de pasarela (*gateway*).-estas funciones proporcionan capacidades de interactuar con otras redes incluyendo las ya existentes como la RTPC e Internet.
9. Funciones de manejo de medios.- son procesos de recursos multimedia para proporcionar servicios tal como la generación de tonos de señales, conferencia, etc.

– **Funciones del estrato de servicio**

Proporciona servicios orientados y no orientados a sesión y métodos de intercambio de mensajes instantáneos. Además proporciona todas las funcionalidades asociadas a la red y a la RTPC/RDSI.

1. Funciones de control y servicio.- incluyen funciones de control de sesión, de registro y autenticación así como de autorización. Puede incluir funciones de control de recursos multimedia.
2. Funciones de servicios de perfil de usuario.- compila datos del usuario y otros datos de control en una función simple del perfil de usuario. Esta función puede especificar e implementar un conjunto de bases de datos compartidas con funcionalidades en cualquier parte de la NGN.
3. Funciones de aplicación.- estas funciones hacen que una NGN soporte las aplicaciones manejadas por otros proveedores que proveen de capacidades a la NGN para otorgar servicios especiales a los usuarios de la red.
4. Funciones administrativas.- el administrar de manera correcta la NGN proporciona al operador control en los servicios en cuanto a calidad, seguridad y rentabilidad. Estas funciones están distribuidas de manera similar en cada entidad funcional (FE *functional entity*); interactúan con los elementos de la red (NE *network element*) y los administran. También incluyen funciones de tasado recolectando la información necesaria para eso.

5. Funciones de usuario final.- la interfaz entre el usuario final y la red es tanto física como funcional. Todas las categorías de equipos de clientes son soportadas en una NGN desde simples líneas telefónicas hasta complejas redes corporativas. Los equipos de usuarios finales pueden ser fijos o móviles.

4.3.2 Subsistema Multimedia IP para NGN (IMS)

Introducción a IMS (*IP Multimedia System*)

IMS es un conjunto de entidades funcionales de la red central (FE's) e interfaces utilizadas por un proveedor de servicios de red para ofrecer servicios basados en el protocolo de inicio de sesión (*SIP session initial protocol*) definido por la *Internet Engineering Task* (IETF). IMS es independiente de la tecnología de acceso a la red, además existen ligas o nexos entre IMS y la subcapa de funciones de transporte.

IMS es un conjunto de protocolos IETF con perfiles específicos para proporcionar un sistema multimedia complejo y robusto. IMS necesita una serie de interfaces verticales para proporcionar:

- Interfaces comunes para servidores de aplicación, para seguridad, control de servicios y datos de suscripción para cuentas.
- Calidad de servicio (QoS) coordinado.
- Cargos según el servicio.
- Capas de transporte y sesión.

IMS está basado en un modelo donde el operador de red y el proveedor de servicios controlan el acceso a la red y a los servicios respectivamente para los cuales los clientes han pagado.

Arquitectura IMS

Como mencionamos anteriormente IMS es un conjunto de entidades funcionales de la red central (FE's). Esta terminología que marca la diferencia entre núcleo y acceso, viene de un modelo de red *wireless* donde uno o más radios de acceso a la red son conectados a un núcleo común. Los radios de acceso a la red proporcionan conexiones desde terminales a los servicios proporcionados en el núcleo.

Con respecto al IMS una red de acceso es un conjunto de entidades proporcionando conectividad de transporte IP entre el dominio del usuario y la red central de transporte.

El punto en el cuál una red de acceso se adiciona a la red central puede ser escogido administrativamente. La red central es entonces un conjunto de entidades que proporcionan conectividad de transporte IP entre la red de acceso y la red central de transporte; o entre dos redes de acceso o entre dos redes centrales de transporte.

Entidades Funcionales IMS

- Servidor de Aplicaciones (AS.- *Application server*)

Proporciona control en los servicios del IMS, es utilizado para soportar diferentes tipos de teléfonos con sus servicios, enrutamientos y conferencia.

- Función de control de pasarela de salida (BGCF.-*Breakout gateway control function*).

Recibe una petición que proviene de un controlador de sesión de llamadas (CSCF) o de otra BGCF y selecciona la red en la cual la salida a la RTPC ocurrirá. –esto proporciona capacidad de optimizar el enrutamiento de la red visitante a la RTPC, donde el diseño y soporte de los operadores es requerido.

- Funciones de control de sesión de llamada (CSCF.-*Call session control functions*)

Controla la sesión del IMS, coordina junto con otros elementos de la red el control de sesiones, enrutamiento y alojamiento de recursos. Existen tres tipos de CSCF para IMS:

1. S-CSCF (*Serving CSCF*).- es el principal punto de control de sesiones en la red doméstica, para originar y terminar sesiones en el equipo del usuario (UE).
2. I-CSCF (*Interrogating CSCF*).- es el punto de contacto entre el equipo del usuario de la red doméstica y otras redes.
3. Proxy CSCF.- es el punto de contacto dentro del IMS para el equipo del usuario.

- HSS (*Home Subscriber Server*)

Contiene una base de datos de suscriptores del IMS incluyendo información para soportar las entidades de la red que actualmente controlan llamadas o sesiones. Soporta la autenticación y la autorización para retener los perfiles de suscriptores. El número de *Home Subscriber Server* dentro de una red doméstica depende de la cantidad de suscriptores, de la capacidad del equipo y de la organización de la red.

- Funciones de control de pasarela de medios (MGCF.-*Media gateway control function*)

Soporta funciones de red entre el IMS y la RTPC.

– Pasarela de medios (MG.-*Media gateway*)

Opera bajo el control de la MGCF; soporta interconexiones de redes de circuitos, redes de paquetes y soporta funciones de conversión de medios entre el IMS y la RTPC.

– Controlador de funciones de recursos de medios

Interpreta la información de un servidor de aplicaciones (AS) o un punto SIP y soporta servicios multimedia.

– Funciones de localizador de suscriptores (SFL.-*Suscriptor functions locator*)

Sirve como una frontera final para distribuir sistemas HSS. Puede ser requerido durante el registro e inicio de la sesión por un I-CSCF para obtener el nombre del HSS que contiene los datos específicos requeridos por un suscriptor.

– Equipo de usuario (UE.-*User equipment*)

Representa la funcionalidad de una variedad de dispositivos de usuarios terminales. Soporta las capacidades específicas de un cliente IMS, métodos SIP para registro, invitación, etc.

Uso de SIP y SDP por IMS

El IMS utiliza un perfil específico de SIP, define extensiones, cabeceras y parámetros para agendar las necesidades específicas del operador de telecomunicaciones.

La arquitectura IMS ha introducido varias cabeceras privadas (*P-Headers*) dentro de la IETF para atender las últimas necesidades telefónicas. Las cabeceras son extensiones opcionales para SIP:

- *P-Asserted Identity*.- habilita a la red para ubicar la identidad de un usuario público para el usuario que llama.
- *P-Called Party ID*.- habilita la terminación del equipo del usuario para ubicar la identidad del usuario público que genera la llamada.
- *P-Access Network Info*.- habilita al equipo del usuario para proporcionar información relacionada a la red de acceso que está utilizando.
- *P-Visited Network IP*.-habilita a la red doméstica para encontrar a través de los registros la identidad de otras redes utilizadas por el usuario.
- *P-Charging Function Addresses*.- habilita la distribución de las direcciones de entidades funcionales de carga.

La arquitectura IMS tiene algunas restricciones específicas con respecto al uso del protocolo de descripción de sesión SDP (*Session Description Protocol*) debido a esto el operador puede forzar calidad de servicio para algunos requerimientos, e incluso para algunos tipos de audio y video el ancho de banda propuesto puede incluirlo en la carga de SDP.

Importancia de IMS para aplicaciones NGN

Las especificaciones del IMS fueron desarrolladas para usarse en redes celulares de acceso y se basaron en parámetros establecidos para ese tipo de redes de acceso como el ancho de banda. Las diferencias entre varios tipos de redes de acceso tendrán consecuencias concretas en las especificaciones del IMS. Algunas de ellas se mencionan a continuación:

- Para soportar redes de acceso basadas en XDSL, IMS necesita una interfaz con la red de área controlada (*CAN Controller Area Network*) basada en IP para el acceso a la información. No hay interfases existentes en las especificaciones del IMS para este tipo de requerimientos.
- El soporte de IPv4 debe ser tomado en cuenta, ya que algunos operadores tienen que enfrentar la escasez de direcciones IPv4.
- Las diferencias en el proceso de reservación de recursos en las redes de acceso requerirá cambios para la autorización de recursos del IMS así como para la reservación de procedimientos.

Lo que acabamos de mencionar ha sido examinado por varios grupos dedicados a la estandarización para justificar la necesidad del IMS en las NGN. Se espera que los cambios necesarios en la arquitectura IMS sean tomados como la base de normas del IMS propia para el proyecto de 3GPP.

4.4 Normalización

El UIT-T, que es el brazo de normalización de la UIT, coordina la elaboración de normas mundiales para las redes y servicios de telecomunicaciones y promueve la interconectividad y la interoperabilidad entre las redes, los productos y los servicios en un entorno abierto a la competencia, multivendedores y multiplataformas.

En octubre del 2005 la UIT y algunos patrocinadores como BT, Cisco, Lucent, Motorola, Nortel y Siemens celebraron un evento sobre las NGN. En este evento se presentó un panorama general de los trabajos realizados hasta ese momento en materia de dichas redes, así como información más detallada sobre las futuras tendencias y algunos

factores esenciales para la comercialización de éstas redes. Además de anunciarse que el Grupo Temático sobre las NGN (GTNGN) había concluido los trabajos relativos a la versión 1 de las normas aplicadas a estas redes, en el evento se dio a conocer la próxima fase de los trabajos sobre las NGN, conocida como “Iniciativa para la Normalización Mundial de las Redes de Próxima Generación (NGN GSI)”.

4.4.1 Introducción a normalización NGN

La arquitectura y la ejecución de las NGN deberán partir de interfases y protocolos abiertos basados en normas. Ello es esencial para obtener la interacción de productos de distintos proveedores, y para acelerar el ritmo de las innovaciones. También es generalmente aceptado que las NGN deban basarse en una arquitectura distribuida que ayude considerablemente a reducir los costos de ejecución, al mismo tiempo que flexibilice su introducción.

Las NGN deberán poder trabajar con servicios sumamente adaptables, que puedan crearse fácil y rápidamente, así como establecerse económicamente en toda la red. Si bien es importante habilitar nuevos servicios, también es importante preservar los servicios existentes provenientes de las redes anteriores.

4.4.2 Condiciones para la definición de normas

Las organizaciones normalizadoras deben cumplir una serie de condiciones al especificar las normas para las NGN. Algunas de esas condiciones son las siguientes:

- Interacción sin transiciones difíciles de la red IP con la RTPC.
- Niveles de desempeño del servicio como los ofrecidos actualmente por la infraestructura telefónica tradicional (p. Ej., en la espera para el establecimiento de llamadas).
- Interacción de dominios administrativos múltiples teniendo en cuenta los diferentes protocolos de señalización.
- Variación a escala para trabajar con un gran número de clientes.
- Simplicidad y la capacidad para trabajar con nuevos servicios.

Debe tenerse en cuenta que muchas de las normas usadas para interfases y aplicaciones de las NGN están evolucionando y cambiando rápidamente.

A continuación se delinean las normas pertinentes para las NGN. Dichas normas abarcan aspectos de la red tales como la señalización, el acceso, la creación de servicios, la gestión, la seguridad y la calidad del servicio.

4.4.3 Normas de señalización

Esta sección está basada en la contribución de la CITEC CCP.1/doc.957/00 (*Normas en evolución para la telefonía Internet*).

Las Comisiones de Estudio (SG) 11 y 16 del UIT-T han estado trabajando en la señalización telefónica IP. La SG-16 elaboró la Recomendación H.323 (*Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes*). Más recientemente, la SG-11 ha formulado otro método para la telefonía por redes de paquetes, consistente en introducir una red de paquetes primaria en las redes existentes de conmutación de circuitos. El protocolo formulado para las comunicaciones entre centrales telefónicas es conocido como protocolo de control de llamada de portador independiente (*Bearer Independent Call Control: BICC*). Además, la SG-11 también ha estado trabajando en cuestiones relacionadas con el SIP, y en el proyecto de Recomendación Q.1912. Si se define el funcionamiento de señalización entre los protocolos BICC y el SIP con su protocolo de descripción de sesiones (SDP).

Los grupos de trabajo de la IETF tales como el IPTEL (telefonía IP), PINT (Internet RTPC), SIGTRAN (transmisión de señalización), MEGACO (control de pasarelas de medios) y MMUSIC (control de sesiones de medios y partes múltiples) también han estado trabajando en varios protocolos relacionados con Internet, tales como el SIP, el protocolo de iniciación de sesiones para telefonía (*Session Initiation Protocol for Telephony: SIP-T*), el protocolo de transporte de control de tren (*Stream Control Transport Protocol: SCTP*), y el control de pasarela de medios (*Media Gateway Control: MEGACO*)

SIGTRAN (*SIG*nalizing *TRAN*sport : Transmisión de Señalización)

El grupo de trabajo de SIGTRAN tiene como objetivo crear protocolos relativos a la transmisión de la señalización de la RTPC basadas en la transmisión de paquetes por redes IP, teniendo en cuenta los requisitos funcionales y el desempeño de tal señalización. Dichos protocolos son compatibles con las comunicaciones entre el controlador de pasarelas de medios (MGC) y la pasarela de señalización (SG).

El grupo ha especificado el SCTP (*Stream Control Transport Protocol: Protocolo de Transporte de Control de Tren*), RFC 2960 (norma propuesta) y varias capas de adaptación para la transmisión de SS7 por redes basadas en el protocolo IP. Algunas capas de adaptación son las siguientes:

- SS7 MTP2 – Capa de adaptación del usuario, RFC 3331 (norma propuesta), que transporta información de señalización del usuario entre el SG y el MGC.
- SS7 MTP3 – Capa de adaptación del usuario, RFC 3332 (norma propuesta), que transporta mensajes entre el SG y el MGC.
- ISDN Q.921 – Capa de adaptación del usuario, RFC 3057 (norma propuesta), que define un protocolo para el retroceso de los mensajes del usuario de RDSI Q.921 sobre IP usando SCTP.

BICC (Bearer Independent Call Control: BICC)

Ofrece un medio para que los explotadores actuales de la RTPC, basándose en la tecnología de circuitos conmutados, hagan evolucionar sus redes hacia la compatibilidad con los servicios de voz por paquetes con un efecto mínimo en sus operaciones. Aunque existe cierta duplicación en la funcionalidad entre la especificación BICC del SG-11 y la H.323 del SG-16, la especificación H.323 se concentra en empresas pequeñas y nuevas de telecomunicaciones, mientras que la BICC es para las necesidades de las actuales empresas operadoras de redes que han instalado redes y desean postergar su migración a SIP.

El protocolo BICC está basado en el protocolo de la parte usuario de la RDSI (ISUP) CCS7, y se especifica en la Recomendación Q.1901 del UIT-T. El BICC se transmite usando el mecanismo de transporte de aplicación (*APM Application Transport Mechanism*). El protocolo BICC es una aplicación de la definición del protocolo ISUP.

Megaco/H.248 (MEdia GAteway Control)

El Megaco/H.248 es un protocolo de control de pasarela con muchas aplicaciones. Puede usarse para una gran variedad de aplicaciones de pasarela trasladando trenes de información de redes IP RTPC, ATM, y otros sistemas. La norma emplea un modelo amo-esclavo en el que la terminal de origen y/o la pasarela son esclavas del controlador de pasarela de medios.

La Versión 2 incluye algunas mejoras a la Versión 1, tales como la auditoría individual de la propiedad, señal, evento y estadística; un mejor manejo de multiplexación; la topología para tren de bits; una mejor descripción de los perfiles; y la capacidad de modificar *ServiceChange*. Actualmente el último anexo incluido es H.248.27 (Paquete de Tonos Suplementales).

SIP (Session Initial Protocol)

El protocolo de iniciación de sesiones (SIP), creado por el grupo de trabajo de control de sesiones de medios y partes múltiples (MMUSIC) del IETF, y especificado como norma propuesta (RFC 3261), está fundamentado en una arquitectura simple textual de respuesta a pedidos, similar a otros protocolos de Internet tales como el HTTP. La norma propuesta se publicó en junio de 2002, después se creó un grupo de trabajo del SIP por separado para continuar su perfeccionamiento. Mientras que el protocolo de descripción de sesiones (*Session Description Protocol: SDP*) (norma propuesta) se usa en el SIP para comunicar parámetros de la sesión, tales como la codificación de medios. El grupo MMUSIC está trabajando para mejorar la funcionalidad del SDP.

El SIP es un protocolo de control de la señalización entre pares para crear, modificar y finalizar sesiones (por ejemplo, conferencias, llamadas telefónicas y distribución de multimedios) con uno o más participantes. Entre dichas sesiones se cuentan conferencias

en Internet, llamadas telefónicas y distribución de multimedios. Los miembros de una sesión pueden comunicarse vía multidistribución o vía una malla de relaciones unidifusión, o mediante una combinación de éstas.

Las invitaciones SIP usadas para crear sesiones portan descripciones de la sesión, que permiten a los participantes convenir en un conjunto de tipos de medios compatibles. El SIP permite la movilidad de los usuarios. Los usuarios pueden registrar su ubicación vigente, además está diseñado para ser independiente del protocolo de transporte de capa inferior.

El SIP está cobrando un rápido impulso en la industria, a nivel de sistema y de dispositivo. Se han realizado varias pruebas, demostrando diferentes proveedores el funcionamiento de las llamadas básicas.

Funcionamiento del SIP

Las personas llamantes y las llamadas se identifican mediante direcciones SIP. Los “objetos” direccionados por el SIP son usuarios identificados por una URL SIP, lo cual adquiere una forma similar a una URL “mailto” o “telnet”, o sea, usuario@anfitrión. La parte usuario es el nombre del usuario o un número telefónico. La parte anfitrión es el nombre de un dominio o una dirección numérica de red.

Al hacer una llamada SIP, el llamante primero halla el servidor apropiado (A) y luego envía un pedido SIP (B). La operación SIP más común es la invitación (C). En vez de llegar directamente a la persona que se llama, un pedido SIP puede ser redirigido o puede causar una cadena de nuevos pedidos SIP mediante apoderados o representantes (D). Los usuarios pueden inscribir sus ubicaciones con servidores SIP (E).

A. Para hallar un servidor SIP

Cuando un cliente desea enviar un pedido, lo envía a un servidor alterno SIP configurado localmente (como en HTTP), o a la dirección SIP y puerto correspondiente al “*Request-URL*”.

B. Pedido SIP

Una vez que la parte anfitrión se ha resuelto en un servidor SIP, el cliente envía uno o más pedidos SIP a ese servidor, y recibe una o más respuestas del mismo. Un pedido (y sus retransmisiones), junto con las respuestas provocadas por dicho pedido, componen una transacción SIP. Todas las respuestas a un pedido contienen los mismos valores en los campos *Call-ID* (ID llamada), *to* (a) y *from* (de). Eso permite equiparar las respuestas a los pedidos. El pedido ACK (acuse de recibo) después de una INVITE (invitación) no forma parte de la transacción, ya que puede atravesar una serie diferente de anfitriones.

C. Invitación SIP

Una invitación SIP lograda consiste en dos pedidos, INVITE (invitación) seguida por ACK. El pedido INVITE solicita a la persona llamada que participe en una conferencia determinada o que establezca una conversación entre dos partes. Una vez que la persona llamada ha convenido en participar en la llamada, el llamante confirma que ha recibido esa respuesta enviando un pedido ACK. Si el llamante ya no desea participar en la llamada, envía un pedido BYE (adiós) en vez de un ACK.

D. Localización de un usuario

Una persona llamada puede, dentro de un cierto período, desplazarse entre varios sistemas extremos diferentes. Dichas ubicaciones pueden inscribirse dinámicamente en el servidor SIP. Un servidor de ubicación puede usar un protocolo de multidistribución para determinar activamente a donde puede alcanzarse un usuario. La opción Registro-Ruta hace que las contestaciones sigan el mismo trayecto de vuelta, asegurando un funcionamiento correcto a través de cortafuegos con las características debidas y evitando bucles de pedidos.

E. REGISTRO

Un cliente usa el método REGISTER (registro) para registrar o inscribir la dirección indicada en el campo de encabezamiento *To* con un servidor SIP. Un agente usuario puede registrarse con un servidor local al comienzo, enviando un pedido REGISTER a “todos los servidores SIP” de multidistribución. Los agentes usuarios SIP pueden oír esa dirección y usarla para estar al tanto de la ubicación de otros usuarios locales.

SIP-T (*Session Initiation Protocol Project INvestiGation*)

El SIP-T (SIP-Telefonía), antes conocido como SIP-BCP-T (*SIP Best Current Practice for Telephony Interworking*: mejores prácticas SIP actuales para el funcionamiento telefónico), es un mecanismo que usa el SIP para facilitar la interconexión de la RTPC con redes SIP. El SIP-T es más bien un convenio de interfases sobre una serie de normas, que un protocolo separado.

Los mensajes SIP-T portan otros submensajes, tales como el mensaje de parte usuario RTPC completo para la información de señalización, y mensajes SDP para comunicar información de conectividad de punto extremo y características del trayecto de medios.

Q.1912.5

La recomendación Q.1912.5 define el funcionamiento de señales entre los protocolos ISUP-BSICC y SIP-SDP asociado con una unidad de funcionamiento.

El trabajo de este protocolo fue dirigido por operadores y distribuidores móviles y se definió un perfil A para satisfacer la demanda representada por 3GPP. El Perfil B complementa el Perfil A y ambos tienen por objeto apoyar el tráfico que termina dentro de la red SIP. El Perfil C apoya el enlace del tráfico vía redes SIP.

H.323

En la Recomendación H.323 del UIT-T (Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes), se trata la manera en que los teléfonos PC o los teléfonos existentes pueden conectarse mediante adaptadores a redes de paquetes y funcionar con redes telefónicas públicas conmutadas a través de pasarelas. La H.323 forma parte de una serie mayor de normas que facilitan las videoconferencias a través de una variedad de redes.

Conocida como H.32X, dicha serie incluye la H.320 para la RDSI de banda estrecha (RDSI-BE), La H.321 para la RDSI de banda ancha (RDSI-BA) y la H.324 para la RTPC. En la Figura 4.3 se ilustra la serie de protocolos H.323:

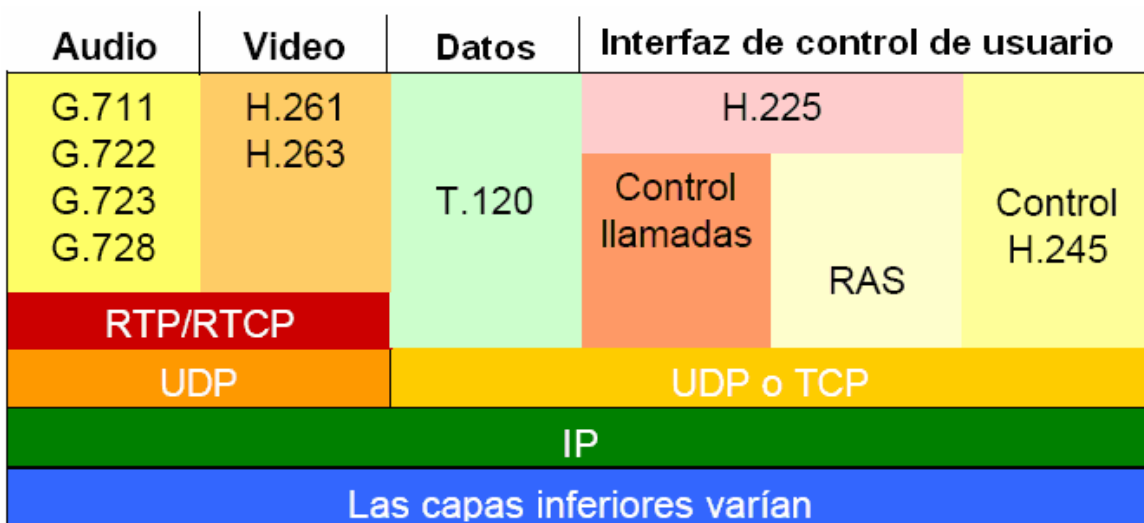


Figura 4.3 Serie de Protocolos H.323

Las comunicaciones conforme a la H.323 son una combinación de señales de audio, video, datos y control. La H.323 incluye lo siguiente:

- H.245 para el control,
- H.225.0 para el establecimiento de conexiones,
- H.332 para grandes conferencias,
- H.450.1, H.450.2 y H.450.3 para servicios suplementarios,
- H.235 para la seguridad, y
- H.246 para la interacción y funcionamiento con servicios conmutados.

La H.323 tiene su mayor aplicación en los puntos extremos que incluyen los clientes de telefonía Internet con PC y las pasarelas VoIP integradas con centrales privadas y sistemas esenciales con procesamiento de llamadas. La H.323 es la norma más usada entre las soluciones de la primera generación de telefonía Internet. Una de las mayores ventajas de la H.323 es su madurez y el alto grado de interfuncionamiento de los equipos de diversos proveedores.

4.4.4 Normas de acceso

Normas de acceso de abonado de línea digital (DSL)

Los servicios DSL de diversos tipos (HDSL, SDSL, ADSL y VDSL) pueden proporcionarse a través de la NGN si se crean las tarjetas correspondientes en las pasarelas de acceso.

La DSL de alta velocidad de datos (*High Data Rate DSL*: HDSL) no es muy adecuada para aplicaciones de acceso residencial en banda ancha. A veces es instalada para el acceso de PBX, y dentro de la red de conexión para la agregación de líneas BRI de RDSI.

La DSL de línea única (SDSL) es la versión de una sola línea de HDSL. SDSL es algo más adecuada para aplicaciones residenciales, ya que sólo requiere un par de cobre. Sin embargo, como se pueden obtener mejores velocidades en sentido descendente con ADSL, es poco probable que se la use para el acceso residencial.

La DSL asimétrica (ADSL) es la tecnología más adecuada para el acceso residencial, con velocidades de hasta 6 Mbit/s en sentido descendente, y de hasta 640 kbit/s en sentido ascendente, dependiendo de la distancia y de las opciones en materia de configuración. La ADSL funciona en una banda de frecuencia por encima de los POTS, dejando al servicio POTS independiente y sin perturbaciones, aun si fallara el módem ADSL de un local.

La mayoría de los sistemas ADSL todavía están concentrados en oficinas centrales, en donde se hallan instalados los multiplexores de acceso de línea de abonado digital (ADSLAM). El uso de ADSLAM remotos permitiría una mayor penetración de los sistemas DSL en las zonas rurales.

Foro DSL

El Foro DSL ha producido una serie de informes técnicos (TR), que contienen requisitos para la ADSL y respaldo para el acceso IP por DSL. Los requisitos de cumplimiento tanto para la ANSI T1.413 como para la G.992.2 están especificados en *TR-026* y *TR-033*, respectivamente. Las pruebas requeridas están especificadas en *TR-023*, *TR-029* y *TR-031*.

Requisitos de acceso IP

En el TR-043, Protocolos en la interfaz U para el acceso a redes de datos usando la ATM/DSL, se describen cinco protocolos superpuestos diferentes para el acceso, que se muestran en la Figura 4.4:

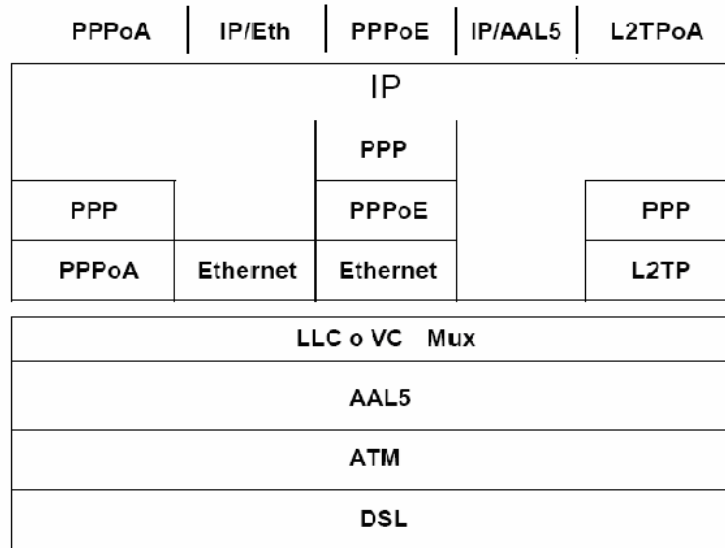


Figura 4.4 Pilas de protocolos de acceso a redes IP

Las cinco pilas utilizan AAL5 sobre ATM y sobre DSL. El uso de ATM sobre el segmento DSL tiene la ventaja de ser compatible con las redes ATM. Es por ello que, la porción DSL del acceso puede entrar en una red ATM y conectarse a un punto de presencia ISP. En otros casos, el POP del ISP puede conectarse al punto terminal de la DSL, ya sea directa o indirectamente, sin la intervención de la red ATM.

Hay tres pilas que utilizan el PPP (Protocolo Punto a Punto). Una vez que se establece la conexión de la capa ATM entre las instalaciones del cliente y la red que provee el servicio, las fases de configuración y liberación a nivel de transmisión y de red pueden establecerse mediante el uso del PPP.

Hay dos pilas que comprimen Ethernet sobre AAL5, permitiendo que la Ethernet utilizada dentro de las instalaciones del cliente se conecte a la red de acceso. En lo que respecta a IP, en tres casos se ejecuta en PPP. En uno de los casos se ejecuta en Ethernet y en el otro se ejecuta directamente sobre AAL5. En lo que respecta a ATM, los servicios ATM pueden ser SVC o PVC.

PPP (Protocolo de Punto a Punto)

El PPP permite iniciar y cancelar sesiones específicas. Ello significa que no es necesario que una sesión deba estar permanentemente activa, dado que el PPP proporciona el medio necesario en materia de seguridad, autenticación, autorización y contabilidad. Ello resulta de particular utilidad en las conexiones de discado, y en este caso en los SVC de ATM, pero también puede ser utilizado en otras situaciones. El PPP se especifica en la norma RFC-1661.

Consideraciones relativas al IP

El protocolo PPP ofrece varias funciones IP “de ayuda”, entre otras consideraciones se incluyen la asignación y resolución de direcciones. El Protocolo de Configuración Dinámica Central (DHCP), especificado en la RFC-2131 (proyecto de norma) se utiliza habitualmente para la configuración de direcciones.

Sin embargo, en los sistemas que no aplican DHCP, puede resultar necesario realizar la asignación y configuración en forma manual. En algunos casos, puede requerirse el Protocolo de Resolución de Direcciones definido en la RFC-826. El PPP puede transformarse en la opción de preferencia debido a su capacidad para el manejo de sesiones.

Normas de acceso por cable

La iniciativa PacketCable de CableLabs tiene el objeto de formular especificaciones de interfases para transmitir servicios multimedia en tiempo real a través de plantas de cable bidireccionales. Construidas sobre una infraestructura de cable módem, las redes PacketCable usarán la tecnología IP para establecer una gran variedad de servicios multimedia, tales como telefonía IP, conferencias multimedia, juegos interactivos y aplicaciones generales multimedia.

CableLabs ha decidido definir las especificaciones relacionadas con la arquitectura VoIP de forma que el único tipo de acceso de línea considerado sea por cable HFC. Dichas especificaciones se están sometiendo a cierto mantenimiento, pero son relativamente estables. Se prevén ciertos cambios, ya que CableLabs está tratando de obtener la aprobación por el UIT-T en su SG-9 de las normas PacketCable.

Normas de acceso inalámbrico

En esta modalidad destacan:

- MOBILEIP
- 3GPP
- 3GPP2

4.4.5 Normas de gestión

SNMP (*Simple Network Management Protocol*)

El protocolo simple de gestión de red consiste en un conjunto de especificaciones compuesto simplemente de comunicaciones por la red que abarca los principios básicos de gestión de la red en un método que no impone mayores dificultades a una red existente.

La ventaja principal de usar el SNMP es que su diseño es simple, por lo que es fácil introducirlo en una red grande, ya que no toma mucho tiempo establecerlo ni causa grandes dificultades en la red. El SNMP permite una supervisión y control eficaces de dispositivos heterogéneos en redes de área tanto local como amplia.

4.4.6 Normas de creación de servicios

Conjunto de Capacidades de Red Inteligente (IN CS-4)

Las recomendaciones específicamente relacionadas con el IN CS-4 son las siguientes:

- Q.1241, Introducción al conjunto de capacidades 4 de red inteligente;
- Q.1244, Plano funcional distribuido para el conjunto de capacidades 4 de red inteligente; y
- Q.1248, Especificaciones de interfases para el conjunto de capacidades 4.

Las características principales identificadas para el IN CS-4 incluyen mejoras en puntos múltiples de control, interacción de características, portabilidad de números, compatibilidad con servicios de empresa explotadora (llamada prepagada, llamada gratuita), apoyo para la movilidad, conexión con redes privadas, y compatibilidad con redes IP.

Normas de entorno de programabilidad abierta

El entorno de programabilidad abierta (*Open Programmability Environment: OPE*) proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) y los instrumentos de integración necesarios para crear y entregar nuevos servicios de aplicaciones. El OPE debe basarse en normas abiertas, para que pueda extenderse y adaptarse fácilmente según sea necesario.

XML

El XML se usa entre componentes del OPE, así como en servidores de usuario/programador. El lenguaje de etiquetado extendido es un subconjunto del lenguaje de etiquetado generalizado normal (*Standard Generalized Markup Language: SGML*) definido en ISO-8879.

API

Las API son interfaces abiertas para la ejecución de sistemas distribuidos. Las siguientes son dos API populares:

- JAIN (API Java para redes integradas): es un conjunto de API de red integrada para la plataforma Java que proporciona una estructura para construir e integrar que abarca paquetes (IP o ATM), redes inalámbricas y la RTPC. Los adaptadores Java permiten que el OPE funcione con una gran variedad de tecnologías de comunicaciones, tales como sistemas de correo electrónico, sistemas de correo vocal, servidores de fax, servidores de video, y servidores de red.
- Parlay: el grupo Parlay se formó en abril de 1998 con el mandato de producir una API para permitir el acceso y control de una gran variedad de capacidades de red, desde una estructura común que no tuviera necesariamente que formar parte de la red.

4.4.7 Normas de seguridad

Para proteger la información en una red es necesario tener en cuenta tres componentes críticos.

- La autenticación valida la identidad de la parte o partes que participan en el intercambio de información.
- La confidencialidad protege contra quienes estén escuchando subrepticamente o vigilando tal intercambio.
- La integridad garantiza que la información no haya sido alterada durante la transmisión.

La naturaleza de IP hace que sea difícil verificar de dónde procede la información, y fácil para un "atacante" aprovecharse de ese punto débil simulando la dirección IP.

IETF creó el área de seguridad, subdividiéndola además en grupos de trabajo. El SG-17 (Redes de datos y programas informáticos de telecomunicaciones) del UIT-T tiene un grupo de estudio de la seguridad que enfoca tales cuestiones a todos los niveles.

Seguridad IP (IPSec)

La IPSec se refiere a una sucesión de protocolos de seguridad del IETF (RFC-2401) (norma propuesta) que protegen a las comunicaciones de la Internet por medio del cifrado, la autenticación, confidencialidad, integridad de los datos, la protección antirrepetición, y la protección contra el análisis del flujo de tráfico.

– Asociaciones de seguridad (SAs)

La función del sistema SAs es proporcionar un método para que dos partes intercambien información protegida, debiendo ambas partes ponerse de acuerdo sobre los parámetros de seguridad. Las "SAs" se definen para el tráfico en una dirección solamente, por lo que en el caso del tráfico bidireccional es necesario definir dos "SAs".

– Encabezamiento de autenticación (AH)

El AH, definido en el IETF RFC-2402, permite que las partes que se comunican mediante el protocolo IP verifiquen que los datos no se hayan modificado durante la transmisión y que proceden de la fuente original de la información. El AH proporciona una integridad de los datos sin conexión, la autenticación de los datos, y brinda protección contra ataques con repetición.

– Carga útil de protección de encapsulado (Encapsulation Security Payload: ESP)

La ESP, definida en el IETF RFC-2406, cifra la información para evitar que sea observada por una entidad que no sea digna de confianza. El campo de autenticación ESP contiene la suma de prueba criptográfica. Los esquemas de cifrado ESP más usados son los siguientes:

- La norma de cifrado de datos (*Data-Encryption Standard: DES*) usa un cifrado de 56 bits IETF RFC-2405 (norma propuesta)
- La triple DES (3DES) usa un cifrado de 168 bits pasando los datos a través del algoritmo DES tres veces IETF RFC-2405

– Gestión de claves

Los dos métodos de uso más común para el intercambio de claves son: primero la codificación manual, apropiada para un número pequeño de sitios, y el segundo es mediante un protocolo definido por el IETF RFC-2409 (norma propuesta).

Intercambio manual de claves

El intercambio manual es la forma más fácil de gestión de claves para un número pequeño de sitios. Ambos extremos del túnel IPSec deben configurarse manualmente con las claves correspondientes. Pero la codificación manual tiene muchas desventajas:

- Es necesaria la intervención manual para actualizar o cambiar las claves.
- Como el cambio manual de claves es por lo general poco frecuente, el atacante tiene más tiempo para descifrarlas y decodificar los datos.
- Hay una probabilidad de error en la configuración, dado que la misma clave debe configurarse en los dos extremos distintos del túnel IPSec.
- Si la persona con acceso a las claves se va, o deja de merecer confianza, es necesario efectuar cambios extensos de configuración.
- Las claves de la configuración deben protegerse de alguna manera contra ataques externos.

Intercambio de claves Internet (IKE)

El IKE funciona en dos fases; en la fase uno los pares establecen canales seguros para efectuar operaciones de claves, y negociar SA's en la fase dos. Hay tres modos de intercambio de información sobre claves. El "modo principal" establece un canal seguro con protección de identidad en la fase uno; el "modo dinámico" establece un canal seguro sin protección de identidad en la fase uno; y el "modo rápido" negocia simplemente SA's de aplicación general en la fase dos.

- **Modo principal**

Se usa para negociar comunicaciones futuras; en el primer intercambio las dos partes llegan a un acuerdo sobre algoritmos, y en el segundo intercambian claves públicas para un intercambio y se pasan mutuamente un "nonce". El *nonce* es un número aleatorio empleado por cualquiera de las dos partes para efectos de la verificación, o para añadir aleatoriedad a un intercambio criptográfico de claves.

- **Modo dinámico**

En el “modo dinámico”, se genera un par al comienzo del intercambio, proponiendo una SA, enviando luego un “*nonce*” para que lo firme la otra parte, y transmitiendo un paquete ID que quien responde puede usar para confirmar la identidad con un tercero. Entonces se devuelve toda la información necesaria para completar el intercambio, y el resultado final es que se logra lo mismo que con el modo principal, pero sin protección de identidad para las partes comunicantes.

- **Modo rápido**

El objeto básico del “modo rápido” es negociar servicios IPSec de aplicación general, y la generación de nuevas claves. El “modo rápido” trabaja dentro de un túnel protegido, y es menos complejo porque todos los paquetes están cifrados comenzando con una carga útil de troceo compuesta por una función pseudoaleatoria y una clave de autenticación.

4.4.8 Normas de desempeño y calidad del servicio (QoS)

Una de las tareas más difíciles que enfrenta una NGN es suministrar un sistema o técnica para las transmisiones de VoIP que ofrezca un desempeño y QoS superiores a los ofrecidos por las redes IP actuales de mejor calidad. En el caso de VoIP, el objetivo es proporcionar una calidad del servicio equivalente a la de la RTPC actual.

Hay dos versiones de NGN: una se centra en ATM mientras que la otra se centra en IP. Aunque ambas imponen exigencias a una red núcleo, el tema principal de esta contribución es el sistema IP ofrecido para las NGN.

La arquitectura de las NGN basada en IP puede subdividirse en varios dominios. Esa segmentación facilita la conceptualización de la QoS, la planificación estratégica y la partición funcional sobre las que típicamente se basan las redes. Los dominios siguientes forman parte de una arquitectura IP de las NGN:

- Centralización del control: contiene el controlador de pasarela de medios junto con ciertos nodos de servicio centralizados, elementos de operaciones y mantenimiento.
- Pasarela de medios / puntos extremos / acceso: contiene las diversas pasarelas usadas para el acceso a la red IP.
- Agregación IP: contiene los dispositivos usados para combinar flujos e interfases físicas en un número manejable de interfases o nodos junto con cualquier partición o límite (cortafuegos, apoyo de LAN de oficina central)

- Red núcleo IP / interconexión: contiene los dispositivos usados para cursar tráfico IP a través de la red, junto con la interconexión de los dominios / redes. Desde el punto de vista de la QoS de extremo a extremo, es importante tener en cuenta los requerimientos diferentes que imponen a la red y sus componentes.

QoS en redes basadas en IP

Obtención de una calidad de servicio RTPC tradicional en las redes IP

Primero, debe notarse que la RTPC es una red que cursa eficazmente una variedad de servicios, además de un simple servicio de voz. En realidad, la RTPC tradicional proporciona también servicios auxiliares en banda por ejemplo: fax, módems de acceso por discado, tonos digitales, etc. La mayoría de esos servicios dependen de las características de voz básicas de la RTPC con multiplexaje por distribución en el tiempo para obtener una buena calidad del servicio. Esas características están relacionadas con el ancho de banda, la frecuencia, la propagación y técnicas de modulación entre otras cosas.

Cuando suministran transmisiones de voz a través de una red de transmisión IP, las empresas pueden usar códecs de alta velocidad, para que la calidad suministrada a los usuarios sea equivalente a la de la RTPC.

Sin embargo, como las posibilidades de lograr condiciones comparables de demora y fluctuación en la red IP son muy pocas, se han propuesto diversas normas y otros mecanismos para poder trabajar con esos tipos de servicios cuando un número de servicios de voz y datos se cursan juntos. Por lo general, dichos mecanismos suponen el uso de determinados códecs de voz de velocidad más baja junto con técnicas para convertir bits/bytes en trenes de información ASCII equivalentes, y enviar la información convertida como flujos de datos IP "fuera de banda" o paralelos.

Es probable que una NGN IP tenga que ser compatible con técnicas tanto "en banda" como "fuera de banda".

Características y expectativas del servicio VoIP

En general, el servicio VoIP puede dividirse en tres componentes de flujos de datos:

- Los paquetes de portador/voz (normalmente cursados como paquetes RTP),
- Señalización/control (éstos pueden incluir H.323, H.248, SIP, SIP-T, BICC), y
- Operaciones y mantenimiento.

Cuando se trata con la QoS para el servicio de voz, el interés principal tiende a ser en el tren de portadores, ya que esto es lo que generalmente afectará a un abonado (y, más concretamente, su impresión de la calidad de la voz).

Además, las reglamentaciones del desempeño cumplen una función importante, en la medida en que expresan las "últimas expectativas públicas" o los requisitos formales de los usuarios. Otros objetivos pueden deducirse o han sido recomendados por varios organismos reguladores.

En general, las características de voz (lo que uno escucha en el teléfono) son afectadas por diversos factores cuando ésta viaja a través de una red de paquetes. La Figura 4.5 ilustra dichos deterioros en el caso de un ejemplo de red de acceso DSL.

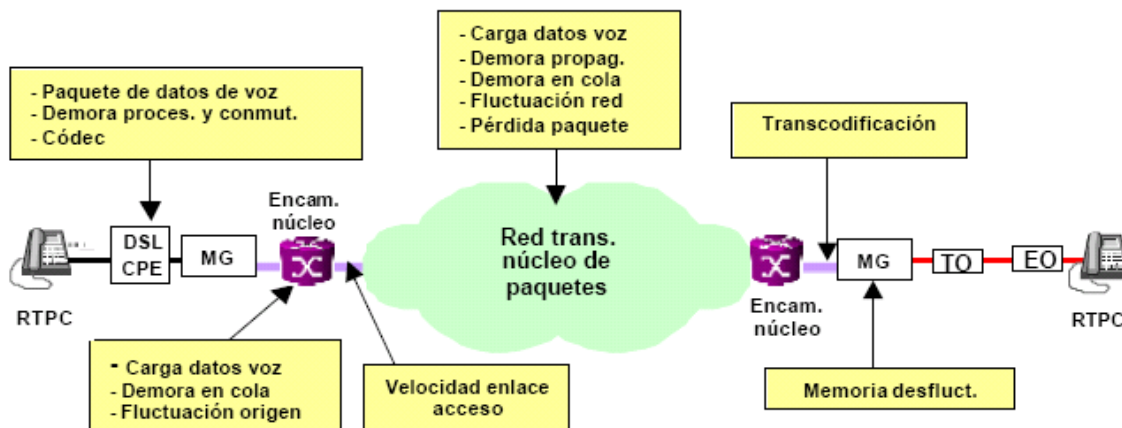


Figura 4.5 Deterioros de la voz en una red IP

En la Figura 4.5, se aprecia que puede ser muy difícil determinar la calidad prevista de la voz de una llamada VoIP mediante la inspección de valores concretos. Además, también pueden influir otros factores fuera del dominio IP.

Estrategia para la QoS en redes IP

La estrategia básica para resolver la cuestión de la QoS en las NGN IP debe ser simple y uniforme, pero capaz de satisfacer las necesidades de una gran variedad de servicios y modelos empresariales. Sin embargo, incluso el servicio de voz, que es relativamente simple, es complejo y contiene o requiere varios componentes auxiliares de datos para tener buen éxito.

Además de los conflictos de servicio internos mencionados, existe la necesidad de que el servicio VoIP coexista con otros servicios que trabajan con la misma red IP administrada unificada. El IETF ha propuesto que la QoS cuente con el respaldo de un sistema de Ingeniería de Tráfico IP (IP TE), dicho sistema permitirá que todos los servicios y la red administrada funcionen y existan juntos. El grupo de trabajo de ingeniería del tráfico de Internet del IETF ha producido pautas generales para un sistema IP TE.

Tecnologías para la QoS de redes IP

– Servicios integrados (*Integrated Services: Int-Serv*)

Proporcionan un método de señalización y estados flexibles de la red para la reserva de recursos de ésta. Ofrece la posibilidad de proporcionar garantías rígidas de QoS mediante la reserva de recursos. En los Int-Serv, las aplicaciones indican explícitamente sus necesidades de QoS para un flujo que use el protocolo de señalización de reserva de recursos (RSVP). Cada enrutador a lo largo de la ruta examina dicho pedido y proporciona un trayecto fijado para la transacción (flujo); los enrutadores a lo largo de este trayecto verifican la solicitud de QoS RSVP. Si el pedido está dentro de la normativa y hay recursos, se concede el pedido; entonces los recursos son reservados por los nodos que intervienen durante el lapso de la transacción.

– Servicios diferenciados (*Differentiated Services: Diff-Serv*)

El método de los Diff-Serv -IETF RFC-2474 (norma propuesta)- proporciona sólo garantías flexibles marcando los paquetes o flujos para una prioridad relativa de reenvío. Los problemas de ajustabilidad a escala se resuelven evitando cualquier forma de reserva de recursos en la red.

En el método Diff-Serv, la funcionalidad complicada es transferida al borde de la red, y la funcionalidad simple en el núcleo trabaja con agregados de tráfico. Los dispositivos del borde clasifican y marcan paquetes basándose en información provista por la gestión de normativas, y los dispositivos del núcleo reenvían paquetes con cierto comportamiento por salto (*Per Hop Behavior: PHB*) de acuerdo con las marcas del paquete. Las combinaciones debidamente elegidas de PHB y reglas normativas dan como resultado un servicio IP con mejoras apreciables de la calidad según puede notar el usuario final logrando un desempeño mucho mejor que el obtenido en las mejores redes existentes.

– **Normativa de calidad del servicio (QoS)**

Las normativas de QoS definen los niveles de servicio de diferentes grupos de usuarios para los efectos del control de costos, la facturación de servicios a los clientes del proveedor, y el control del tráfico de la red. Por ejemplo, los usuarios pueden adquirir normativas de los proveedores de servicios que garanticen su prioridad y niveles de servicio según la hora del día, y controlen los costos del servicio.

La normativa de QoS puede también incluir normas de admisión y del servicio/gestión de la red, ya que ambos factores afectan a la calidad del servicio.

– **Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas (*Multiprotocol Label Switching: MPLS*)**

La MPLS es una manera simple de reenviar información a través de redes instalando y examinando etiquetas, en los paquetes. MPLS establece un túnel a través de la red, en donde la ruta es preplaneada y atravesada mecánicamente.

MPLS puede usarse en conjunto con los Diff-Serv que seguirán proporcionando la arquitectura QoS general de extremo a extremo. En general los Diff-Serv proporcionan un comportamiento QoS uniforme en toda la red, pero no ofrecen garantías. En cambio, MPLS puede usarse para proyectar ciertos trayectos para obtener garantías explícitas, similares a las que pueden conseguirse en redes ATM o con cualquier tipo de tecnología de redes orientadas a la conexión.

Objetivos de calidad del funcionamiento de la red

A efectos de satisfacer los factores de QoS para todas las transacciones y tipos de clientes, un proveedor de servicio debe examinar y planificar detenidamente los requisitos de QoS y las expectativas de los clientes conforme a un número manejable de clases de QoS únicas y bien definidas. Estas clases representan los parámetros de calidad de funcionamiento del servicio que quieren lograrse para diferentes tipos de transacciones de telecomunicaciones.

Y.1540

La Recomendación Y.1540 del UIT-T, “Servicio de comunicación de datos con Protocolo Internet – Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes de Protocolo Internet” define los parámetros que se pueden utilizar para especificar y evaluar la calidad de funcionamiento en cuanto a velocidad, exactitud, seguridad de funcionamiento y disponibilidad de la transferencia de paquetes IP del servicio de comunicación de datos con Protocolo Internet (IP) internacional.

Y.1541

En la Recomendación Y.1541 del UIT-T, “Objetivos de calidad de funcionamiento para servicios IP”, se propone agrupar las transacciones de telecomunicaciones IP en seis clases especiales de QoS de red definidas de acuerdo con los objetivos de QoS deseados que sirven de base para acuerdos entre los usuarios finales y proveedores de servicios. Son compatibles con una gran variedad de aplicaciones de tráfico, entre ellas la telefonía de punto a punto, la transferencia de datos, y las conferencias multimedia.

A continuación se presentan las 6 clases:

Clase 0: Aplicaciones de tiempo real, muy interactivas, sensibles a variación de retardo

Clase 1: Aplicaciones de tiempo real, interactivas, sensibles a variación de retardo

Clase 2: Transacciones de datos muy interactivas.

Clase 3: Transacciones de datos interactivas

Clase 4: Exclusivo para aplicaciones de bajas pérdidas.

Clase 5: Sin especificar

4.4.9 Normas en evolución

Protocolo Internet versión 6 (IPv6)

El Protocolo Internet versión 6 (Ipv6), inició la normalización como reemplazo de la actual versión IPv4, descrita en la RFC-791, debido al agotamiento del número limitado de direcciones Ipv4, ya previsto en la década de 1990. Hasta ahora, mediante diversas técnicas, tales como *Classless Inter-Domain Routing* (CIDR), *Network Address Translation* (NAT), y MPLS, se ha podido postergar ese agotamiento.

En el actual protocolo Internet Ipv4 las direcciones no se usan muy eficientemente ya que son atribuidas en bloques regionales, y hay un exceso de oferta en ciertas regiones del mundo, mientras que otras (Asia, Europa y Latinoamérica) están próximas a quedarse sin direcciones. Al índice actual de eficiencia del 60%, las direcciones IP se acabarán en algún momento en el futuro. El formato de direcciones de 128 bits del Ipv6 admite 340.232.366.920.938.463.374.607.431.768.211.456 direcciones IP, cantidad suficiente para asignar una a cada grano de arena de la Tierra. La Figura 4.6 muestra el formato del encabezamiento del Ipv6:

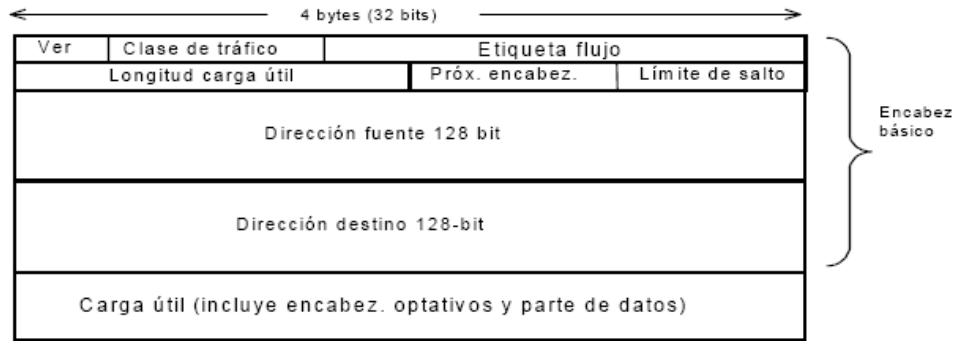


Figura 4.6 Formato del encabezamiento del IPv6

Además de una gama de direcciones de 128 bits, ofrece otras características, tales como seguridad obligatoria y movilidad, facilidad de administración y funciones de autoconfiguración, QoS integral, y un enrutamiento más variable, así como mayor solidez, para mencionar algunas.

Atajos en el Ipv4

La industria de Internet ha podido estirar el espacio de direcciones del Ipv4, usando una combinación de las técnicas indicadas a continuación:

- **DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)**

El DHCP -RFC-2132 (proyecto de norma)- permite asignar las direcciones IP de tres maneras:

1. Atribución manual.
2. Atribución automática.
3. Atribución dinámica.

- **NAT (*Network Address Translation*)**

El NAT -RFC-2663 (informativo)- es un método mediante el cual las direcciones IP son correlacionadas de un dominio a otro, tratando de que el enrutamiento sea transparente para los anfitriones.

También ha sido considerado como uno de los métodos para efectuar la transición de IPv4 a IPv6 -RFC-2766 (norma propuesta)-. Eso puede hacerse realizando la traducción de direcciones de la red en un dispositivo del borde situado entre un dominio IPv6 y un dominio Ipv4; el dispositivo del borde correlacionaría las direcciones IP de una red de un

dominio IPv4 a una red IPv6 y viceversa, para tratar de suministrar un encaminamiento transparente entre ambos.

- **MPLS (*Multi Protocol Label Switching*)**

Cuando un paquete del protocolo de una capa de red sin conexiones se desplaza de un enrutador al siguiente, cada enrutador toma una decisión independiente de reenvío para ese paquete. Esto significa que cada enrutador analiza el encabezamiento del paquete, y ejecuta un algoritmo de enrutamiento de capa de red. Cada enrutador elige independientemente un próximo salto para el paquete, basándose en su análisis del encabezamiento del paquete y los resultados de ejecutar el algoritmo de enrutamiento.

Cuando un paquete es reenviado a su próximo salto, la etiqueta se manda junto con el paquete, o sea que los paquetes son “etiquetados” antes de ser reenviados. En los saltos subsiguientes, ya no se analiza más el encabezamiento de capa de red del paquete. En cambio, la etiqueta se usa como índice para una tabla, que especifica el salto siguiente, y una nueva etiqueta. La etiqueta vieja es reemplazada con la nueva, y el paquete es reenviado a su salto siguiente.

Mediante el uso de etiquetas en vez de direcciones IP, se reduce el número de direcciones que pueden usarse.

Seguimiento de ubicaciones

Darle a cada ubicación potencial su propia dirección simplifica el rastreo y enrutamiento de las llamadas. Una llamada podría manejarse de la misma manera en que hoy día se maneja un número telefónico, excepto que en vez de usar tal número, la red usaría direcciones IP. Una parte de la dirección IP cambiaría constantemente de acuerdo con el paradero del dispositivo móvil.

La industria de Internet ha podido enfrentar el problema de las ubicaciones cambiantes utilizando IP móvil –RFC-2794 (norma propuesta)- como solución improvisada del IPv4.

El IP móvil especifica mejoras al protocolo que permiten el enrutamiento transparente de datagramas IP a nodos móviles de Internet. Cada nodo móvil se identifica siempre por su dirección de base, sea cual fuere su punto de conexión en determinado momento con respecto a Internet. Mientras se halle fuera de su base, un nodo móvil también está relacionado con una dirección “a cargo de”, que informa sobre su punto de conexión vigente a Internet.

Direccionamiento Ipv6

La arquitectura del direccionamiento IPv6 se describe en el IETF RFC-2373, "Arquitectura de direccionamiento IP Versión 6". La diferencia más obvia entre el IPv4 y el IPv6 es la longitud, siendo el IPv4 de direcciones de 32 bits y el IPv6, de 128 bits. Si bien las direcciones del IPv4 sólo pueden dividirse en dos o tres partes variables (el identificador de red, el identificador de nodo y a veces el identificador de subred), en el IPv6 las direcciones son lo suficientemente largas como para tener campos dentro de la dirección.

Tipos de dirección Ipv6

Hay tres tipos de dirección en el Ipv6:

1. *Unicast* (unidifusión): un identificador para una sola interfaz,
2. *Anycast* (difusión a cualquier punto): un identificador para un conjunto de interfaces perteneciente típicamente a diferentes nodos y
3. *Multicast* (multidifusión): un identificador para un conjunto de interfaces perteneciente típicamente a diferentes nodos.

- **Direcciones unidifusión Ipv6**

Una dirección "unidifusión" Ipv6 puede considerarse una entidad de dos campos, con un campo para la red y el otro para un identificador de la interfaz del nodo en esa red.

- **Direcciones de difusión a cualquier punto Ipv6**

La RFC-2373 define una dirección de "difusión a cualquier punto" (*anycast*) como una dirección Ipv6 que es asignada a una o más interfaces de la red (típicamente pertenecientes a diferentes nodos). Varios nodos pueden compartir la misma dirección de difusión a cualquier punto, como una dirección multidifusión, pero sólo uno de esos nodos puede recibir un datagrama enviado a la dirección de difusión a cualquier punto.

- **Direcciones de multidifusión**

Como las direcciones de difusión, las de multidifusión se usan en redes locales como la Ethernet. Pero la multidifusión IP es más complicada porque todos los paquetes no son retransmitidos a todos los nodos de la red, enviándoseles en cambio a miembros del grupo de multidifusión.

Cuando un nodo se suscribe a una dirección de multidifusión, anuncia que quiere convertirse en miembro, y cualquier enrutador local hará la suscripción en nombre de ese nodo. Las direcciones de multidifusión no deben usarse como direcciones de origen en paquetes.

5 Conclusiones

Al término de este trabajo de investigación podemos resaltar que la tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red basada en IP, ha puesto de manifiesto las carencias que tienen las soluciones IP clásicas en temas como la capacidad, la calidad de servicio, la seguridad, la fiabilidad y la capilaridad. Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen, tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios multimedia. Estos modelos son llamados, en el mundo de las telecomunicaciones, modelos de Red de Nueva Generación (NGN).

5.1 Evolución tecnológica

La evolución tecnológica de las NGN la podemos ubicar en dos grandes periodos.

Del año 2005 al 2010, en el que:

- La Voz Sobre Protocolo Internet (VoIP), los protocolos IP y los servicios de banda ancha se volverán dominantes y determinantes.
- El dominio de los protocolos IP abre la posibilidad de la convergencia en una red única de telecomunicaciones, que aún se encuentra caracterizada por redes que sólo transmiten y por "terminales inteligentes" (que decodifican y hacen el trabajo detallado).

- Durante este periodo, serán desechadas gradualmente las centrales de conmutación y en general la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC).
- Los segmentos de negocios como la larga distancia, el servicio medido y otros, dejarán de ser rentables e irán disminuyendo progresivamente o desaparecerán. Por ejemplo; el servicio de larga distancia se volverá un *commodity*, el servicio medido también desaparecerá como fuente de ingresos y será sustituido por tarifas planas.
- Observamos que las empresas de telecomunicaciones competirán por servicios de valor agregado cada vez más complejos y personalizados para sus clientes. Previsiblemente, la competencia más fuerte será entre las telefónicas en evolución, con las cableras y las nuevas empresas de VoIP.
- También notamos que podrían sumarse a esta competencia las empresas eléctricas, en la medida de los avances en la convergencia de las redes de telecomunicaciones y las redes eléctricas (en principio mediante la tecnología PLC o comunicación por línea de potencia) configurándose la estructura de una red universal.

Del año 2010 en adelante, los expertos pronostican una segunda etapa en el desarrollo de las NGN, en la que muy posiblemente: habrá no sólo "terminales inteligentes", sino "redes inteligentes" que abren un universo inimaginable de posibilidades para servicios de telecomunicaciones cada vez más complejos y de cada vez más alto valor agregado.

5.2 El reto de un mercado cada vez más demandante

Por un lado tenemos a los proveedores de servicios de telecomunicaciones que tratan de estar cerca de sus clientes, explorar sus necesidades y responder a ellas. Los operadores tienen grandes proyectos en mente, como Internet móvil y los servicios de tercera generación (3G). La comunicación, disponibilidad y seguridad son las necesidades a cubrir, las empresas quieren garantizar la seguridad de sus comunicaciones, de su información corporativa y de su personal.

En general requieren servicios de voz, datos y vídeo para mantener comunicados a sus empleados en localidades geográficamente dispersas, incluidos quienes trabajan desde su casa y también solicitan capacidades de comunicación de emergencia. También precisan de sistemas de respaldo de información ubicados en localidades separadas, de tal forma que sus comunicaciones puedan restablecerse rápidamente.

Estamos de acuerdo con la opinión que muchos expertos dan, acerca de que los servicios IP se convertirán en una de las fuentes de ingresos más importantes para los proveedores de servicios durante los próximos años; ya que la tecnología IP facilita algunos: el despliegue de servicios individualizados para cada consumidor, el proceso de transición de las redes existentes a la tecnología de paquetes sin necesidad de interrumpir el servicio; mientras que la reducción de costos por larga distancia y la integración de voz, datos y vídeo en una sola red harán que el mercado IP en particular el de voz sobre IP (VoIP) crezca de manera importante.

5.3 El desafío: VoIP

Podemos decir que VoIP es el desafío inmediato, pero no podemos perder de vista que es una evolución tecnológica de largo alcance. Lo primero a destacar es que VoIP hace peligrar los ingresos de las compañías telefónicas tradicionales que se encuentran todavía ofreciendo fundamentalmente servicios de voz también tradicionales.

Recordemos que la tecnología de transmisión de voz sobre IP se basa en la digitalización y envío de señales de voz de excelente calidad mediante el Protocolo IP, sobre redes públicas o privadas y bajo una arquitectura escalable y flexible. Gracias a esta última funcionalidad, los proveedores de servicios pueden ofrecer un portafolio de productos de voz que incluye telefonía de oficina, redes privadas virtuales de sitio a sitio, comunicaciones unificadas, conectividad de redes públicas de telefonía conmutada (RTPC) y operaciones de redes remotas.

Muchas de las empresas principales, en México hablamos de Telmex, ya disponen de tecnologías VoIP o se preparan para ello. En algunos países, ya se registra una tendencia decreciente de abonados en líneas fijas, que se presenta como irreversible. En noviembre de 2004 inició operaciones en México la empresa VOX IP. Avantel ha anunciado también servicios de VoIP. Con o sin infraestructura de red propia, o con una infraestructura mínima, las nuevas empresas de VoIP, junto con las cableras, están comenzando a competir por los clientes que ya disponen o que pueden tener acceso a conexiones de banda ancha.

En los nuevos escenarios de las NGN, los clientes podrán elegir entre diversas opciones para conectarse y disponer de los mismos servicios, sin importar si su compañía es telefónica, de TV por cable, de VoIP u otra. La diferencia estará dada por la diversidad de los servicios que éstas ofrezcan a los clientes, las tarifas y en gran medida, por la calidad del servicio.

Sabemos desde hace tiempo que la tecnología para las NGN, que permite a teléfonos convencionales ser utilizados en combinación con el protocolo IP como transmisores de paquetes de datos, voz e Internet está desarrollada por completo y es operativa, incluso aplicable conjuntamente con cualquier dispositivo inalámbrico de los que ya se conocen. Entonces nos hacemos la siguiente pregunta: ¿cuál es la razón para que estos dispositivos no se comercialicen de manera masiva?, encontramos que la mayoría culpabiliza a las operadoras de este retraso y apoyamos la afirmación, ¿por qué? pues los operadores de redes no parecen por el momento muy interesados en ofrecer estos productos de forma masiva porque podrían afectar a sus menguantes ingresos los recortes sustanciales en las facturas de los clientes.

Por eso empiezan a ofrecer al ritmo más lento posible, los equipos y soluciones de NGN que permiten los desarrollos IP en este segmento, también varios de los principales proveedores de terminales están promocionando con fuerza sus nuevos equipos que permiten la convergencia de servicios sobre protocolo IP y la conexión con equipos de telefonía fija. Quieren que se universalice la demanda. La convergencia entre fijos y móviles es un tema de moda.

Algo más a resaltar es que en nuestro país, como en la mayoría, VoIP no está regulada. Las empresas de VoIP tienen esta ventaja competitiva adicional, así se refiere Michael Powell, Presidente de la FCC [EE.UU] a este respecto: "No estamos hablando de servicio telefónico, se trata de una aplicación de voz que no puede distinguirse de cualquier otro tipo de aplicación que corra sobre protocolo IP; si lo que intentan decirme es que la voz sobre el Protocolo de

Internet es algo que necesita ser regulado, entonces tendrían que explicarme por qué el correo electrónico no lo está".

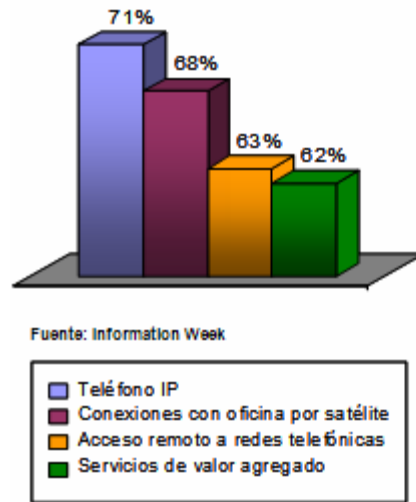


Figura 5.1 Las aplicaciones más demandadas de VoIP en el mundo

Lo que consideramos preocupante es la expansión de una VoIP desregulada, ya que puede volver más inequitativo el mercado de las telecomunicaciones y deja a los usuarios al amparo de los operadores. Sin una regulación y sin políticas adecuadas, el servicio será cada vez más inaccesible.

Podemos asegurar algo: la estrategia de estas empresas es evolucionar la red telefónica tradicional a una NGN de alta tecnología, para retener a los clientes que ya tienen y entrar de lleno en la competencia por nuevos clientes en la medida en que se generalicen los servicios de banda ancha.

La convergencia también influirá en los sistemas inalámbricos ya que hasta ahora, IP se ha usado como un añadido a las redes celulares; actualmente se están dando los primeros pasos, pues los sistemas celulares están cada vez más orientados a los datos, y la voz será tratada como otra sesión IP en la red.

5.3.1 El Softswitch

También mencionamos que una de las soluciones propuestas como la pieza central de la red IP es el *softswitch*, que puede inteligentemente procesar llamadas y proveer servicio en la plataforma de un operador; además, ésta solución puede habilitar de manera conjunta los servicios de larga distancia (números 800, bloqueo de destinos, *calling cards*, VPN) y telefonía local (servicios de emergencia, correo de voz, llamadas en espera, etc.) que hoy en día ofrece un *switch* tradicional. Sin embargo, aunque los *softswitches* permiten transmitir voz y datos en un solo enlace a un menor costo, actualmente no se encuentran en la etapa de sustituir por completo a los equipos tradicionales.

El *softswitch* presenta una vía de desarrollo tecnológico, creando adicionalmente ganancias, oportunidades y habilitando una variedad de nuevas aplicaciones.

5.4 La migración a NGN

Sabemos que como en todas las evoluciones tecnológicas, la migración a las NGN está determinada por factores económicos: principalmente por la necesidad de controlar o reducir costos en los servicios existentes, aunado a la necesidad de aumentar o mantener los ingresos mediante nuevos servicios.

Al final, los operadores han introducido la tecnología de paquetes donde las necesidades del negocio la justifican.

Sin embargo, debemos tomar en cuenta que existe una enorme base instalada de sistemas de telefonía, y que junto con los requerimientos actuales de escalabilidad, fiabilidad, rendimiento y operación dan como resultado un periodo prolongado de transición o convivencia entre ambas soluciones; y que la implementación de más y nuevos sistemas de banda ancha promueve con más fuerza la migración hacia las NGN.

Si analizamos las demandas de los principales operadores, notamos que el primer factor de impulso comercial de las NGN es el de generar nuevos ingresos y mantener la cuota de mercado, suministrando nuevas ofertas de servicios multimedia sobre soluciones de acceso de banda ancha a los usuarios finales; de este modo el modelo de migración tomando como punto de partida el despliegue de accesos de banda ancha se vuelve una opción atractiva desde un punto de vista económico, sin dejar de considerar que la calidad de la voz de extremo a extremo desempeñará un papel crucial en el plan de migración global.

La normalización ayudará bastante a esta migración, ya que una introducción incontrolada de tecnología para las NGN podrá devenir en niveles de servicio inaceptables para los usuarios finales.

A continuación planteamos el caso de Redes IP VPN basadas en MPLS.

5.4.1 Redes IP VPN

Hemos leído que la migración de redes sobre plataformas *Frame Relay* a redes IP VPN (Redes Privadas Virtuales sobre el Protocolo Internet), está generando en las compañías grandes reducciones de costos mensuales actualmente; ya que una de las desventajas de proveer acceso de redes a usuarios remotos bajo *Frame Relay* es que normalmente se necesita un Circuito Virtual Privado (PVC) para cada sitio, lo cual representa un proceso complejo y costoso.

Si por otro lado revisamos la opción de redes IP VPN, notamos que los servicios están basados en la plataforma MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) y ofrecen un medio más efectivo y barato al permitir que los usuarios se conecten a la red desde cualquier lugar donde haya un acceso a Internet, ya sea por vía telefónica, DSL, cable o tecnología inalámbrica. Por lo tanto, no es de extrañar que las empresas comiencen poco a poco a migrar sus redes a plataformas que ofrezcan la opción de convergencia, seguridad y calidad de servicio al mismo tiempo, como el caso de redes IP VPN.

5.4.2 Administración de redes IP VPN

Actualmente las redes IP VPN ofrecen ventajas como: la reducción en costos operativos, una mejor calidad de voz y un enrutamiento más simple de llamadas, así como una mejor relación costo/beneficio en la convergencia de soluciones de voz, video y datos. Con este tipo de redes, las empresas cuentan también con un sólo sistema central para sus operaciones globales, una expansión garantizada de sus conexiones y sistemas de intranets y extranets, además de un mejor servicio a los clientes y un tráfico seguro para cantidades ilimitadas de datos.

Del año 2002 a la fecha se ha notado un aumento en el número de empresas dispuestas a administrar sus redes IP VPN a través de proveedores, de acuerdo con un estudio realizado entre 58 compañías latinoamericanas. Mientras el número de empresas dispuestas a administrar sus redes con recursos propios se redujo en el mismo periodo.

La migración hacia las NGN se está dando a un ritmo que va de acuerdo principalmente con las capacidades económicas de cada región; en el caso de América Latina y en especial México el cambio se va dando lentamente, cubriéndose primero las necesidades de los operadores para reducir costos y después acercando a los usuarios los servicios más demandantes. Lo grave de esta situación es que la regulación en esta materia no se está dando, lo que encarece los servicios y retrasa aún más este desarrollo cuya responsabilidad en gran parte cae del lado de los operadores y en México estamos hablando de Telmex.

Los cambios se están dando, hoy operan varios proveedores en México ofreciendo una gama de servicios a costos muy atractivos para una población cada vez más demandante de opciones de comunicación. Los primeros pasos ya se han dado, dependerá de los órganos reguladores si ésta evolución en México se da de manera responsable, equitativa y cualitativa o si se dejará como moneda lanzada al aire donde los usuarios y clientes quedaremos a merced de los operadores de telecomunicaciones.

México necesita avanzar, dar ése paso junto con el resto del mundo en lo que respecta a la convergencia y mayor ancho de banda en las comunicaciones, ya no podemos seguir siendo sólo espectadores de los cambios tecnológicos. Los instrumentos están ahí, y nosotros seremos forjadores de ese cambio.

Bibliografía

CAPITULO 1.

- Revista Telecomunicaciones ALCATEL- NGN: La *Actual Próxima Generación (Next Generation Networks)*. Edición especial Segundo Trimestres 2002.

CAPITULO 2.

- García Tomás Jesús, Raya Cabrera José Luis, Rodríguez Raya Victor. *Alta Velocidad Y Calidad de servicio en Redes IP*, España. Editorial. Alfaomega
- Kurose James G, Keith W. *Redes de Computadoras: Un Enfoque Descendente basado en Internet*, Ross, 2a Edicion. Editorial : Pearson Addison Wesley
- Stallings William. *Comunicaciones y Redes de Computadores*, 7a Edición Editorial : Pearson Addison Wesley
- *Introduction to Cisco Networking Technologies (INTRO). CCNA (Certifies Network Associate)* Indianapolis. Wendell Odom CCIE no 1624
- *Interconnecting Cisco Network Devices CCNA (Certifies Network Associate)* Indianapolis. Wendell Odom CCIE no 1624

CAPITULO 3

- Tanenbaum Andrew S. *Redes de Computadoras*, Editorial Prentice Hall.
- *Comunicaciones y Tecnologías de Interconectividad de Redes*, Cisco Systems. Prentice Hall.
- Jesús Peña Melián, Rafael López da Silva y Pedro Aranda Gutiérrez: *RedesIP de nueva generación*. Comunicaciones de Telefónica I+D , número 24, enero 2002.
- Marco V. Fernández: *Redes de Nueva Generación*. Tecnología-ICE, diciembre de 2000.

- Félix Eduardo Nodal Martín, Pau Nadal Salazar, Adolfo María Rosas Gómez, María Luisa Antón Mata, Javier Hurtado Martínez y Francisco Javier López Benito: *Evolución de las redes de contenidos y NGN*. Comunicaciones de Telefónica I+D, número 33, marzo 2004.
- *Communications Magazine*. Vol 5 IEEE, 2005.

CAPITULO 4

- [1] ITU-T Rec. Y.2001, *General Overview of NGN*, Dec. 2004.
- *IEEE, Communications Magazine*. October 2005.
- ITU-T Rec. X.805, *Security Architecture for Systems Providing end-to-end Communications*, Oct. 2003.
- CARPETA TECNICA-1 REDES DE PROXIMA GENERACION “Visión general de normas” (2004). Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. CIT

R referencias Electrónicas

CAPITULO 1.

- <http://www.strm.org.mx/politica/redesNG.htm>

CAPITULO 2.

- http://www.unav.es/cti/manuales/Redes_Internet/indice.html
- http://www.eveliux.com/articulos/internet_inal.html
- <http://www.imec.be/pacwoman/publications/WP8-UC-Jitel2003-07-09-2003V1.0.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/ADSL>
- www.ict.es/com
- <http://www.rares.com.ar/PDF/1302.pdf>
- <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/isdn.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/RDSI>
- <http://www.bandwidth.ie/faq4f.html+isdn+osi&hl=es>
- <http://www.techbooksforfree.co>
- http://www.unav.es/cti/manuales/Redes_Internet/indice.html
- http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_S%C3%ADncrona
- <http://www.monografias.com/trabajos14/softswitch/softswitch.shtml>
- <http://www.com.uvigo.es/asignatura>
- <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~comunica/>
- <http://umts.com/>
- <http://3gpp.org/> “The 3rd Generation Partnership Project Agreement”.
- <http://www.siemens.com.ar/sie-ric/gprs.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos15/redes-telefonicas/redes-telefonicas.shtml>
- http://www.3g-generation.com/gprs_and_edge.htm
- <http://www.expansiondirecto.com/tecnologia/umts/5umts.html>
- <http://www.mobile-phone-directory.org/Glossary/F/FDMA.html>
- <http://www.rares.com.ar/>
- <http://www.eveliux.com/index.php?option=content&task=view&id=33>
- <http://www.innovarium.com/Telecomit/telecomunicaciones202000.htm>
- http://204.153.24.194/html/la_era/info_tel/it30.html

- <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/isdn.html>
- <http://www.bandwidth.ie/faq4f.html+isdn+osi&hl=es>
- http://www.techbooksforfree.com/intro_to_data_com/page209.html
- http://www.redaccionvirtual.com/redaccion/articulodestacado/ver_comunicados.asp?Id=227
- <http://ericsson.com/review>
- <http://etsi.org/>
- <http://itu.org/>
- <http://www.rares.com.ar/PDF/1302.pdf>
- <http://www.ict.es>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_S%C3%ADncrona
- <http://www.monografias.com/trabajos14/softswitch/softswitch.shtml>
- <http://www.com.uvigo.es/asignatura>
- <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~comunica.html>
- http://www.coitt.es/antena/pdf/150/11b_Internet.pdf
- http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/120newft/120limit/120s/120s5/mps_te.htm
- http://www.redaccionvirtual.com/redaccion/articulodestacado/ver_comunicados.asp?Id=227
- http://www.coitt.es/antena/pdf/150/11b_Internet.pdf
- <http://www.siemens.com.ar/sie-ric/gprs.htm>
- http://www.3g-generation.com/gprs_and_edge.htm
- <http://www.expansiondirecto.com/tecnologia/umts/5umts.html>
- <http://www.mobile-phone-directory.org/Glossary/F/FDMA.html>

CAPITULO 3

- www.comsoc.org
- www.ieee.org
- www.sun.com
- www.commWorks.com
- www.lucent.com
- www.siemens.com
- www.Level3.com
- <http://www.strm.org.mx/politica/redesNG.htm>
- <http://www.ahciet.net>
- <http://www.alcatel.com>
- <http://www.cisco.com>

CAPITULO 4

Referencias Electrónicas

www.citel.oas.com