

49
2c1.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**SUPERCARRETERAS DE INFORMACION Y
REDES DE BANDA ANCHA EN MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
AREA ELECTRONICA
P R E S E N T A N :
MARIA SOLEDAD CRUZ MELGOZA
ARMANDO VELAZQUEZ CARRANZA

DIRECTOR DE TESIS: ING. GUSTAVO ADOLFO OLIVOS ROJAS

MEXICO, D. F. CIUDAD UNIVERSITARIA

1997



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 la Universidad Nacional Autónoma de México y principalmente a la Facultad de Ingeniería por habernos abierto sus puertas y brindado una formación profesional.

Un reconocimiento especial al Ingeniero Justino Adolfo Olivas Rojas por haber aceptado la dirección de este trabajo, por la confianza que depositó en nosotros y por el apoyo que de él recibimos.

A los Profesores de la Facultad de Ingeniería por darnos la oportunidad de recibir una parte importante de sus conocimientos.

*Marisol
Armando*

Agradecimientos...

A Dios:

*Gracias Señor, por haberme dado
acuerdo al empezar,
dirección al progresar
y perfección al acabar.*

A mis padres Soledad y Raúl:

*Por todo el bien que me han hecho,
en todas las lugares que los necesité,
todas las veces que los solicité,
durante todo el tiempo que me llevo
llegar hasta este momento y no lo
mencionan por que lo han dado con
el corazón como solo los padres lo hacen.*

A mis hermanos Cecilia y Raúl:

*Por ayudarme y alentarme a seguir
en los momentos difíciles que pase.
Por el cariño y comprensión que
siempre me han brindado.*

A mis amigos: Eduardo, Ricardo M.,

*Juan Carlos, Salvador y Ricardo O.,
Bernabé, Gerardo, Martín y todos aquellos
que hicieron posible este trabajo.*

*Por todo el bien que me han dado durante
todo el tiempo que hemos compartido pero
sobre todo por su amistad.*

Maria Soledad Cruz Melgoza

Dedicada a ...

Mis padres:

*Por los sacrificios realizados para que
yo ingresara a una carrera universitaria
y todo su apoyo durante la misma*

Mis hermanos:

*Yolanda, Raúl, Alfonso, Consuelo, Justo,
Lourdes, Patricia, Guadalupe, Alejandro y Rosalba
Por el ejemplo mostrado que me hizo alcanzar una
formación humana y profesional*

Mis sobrinos:

*Por esas sonrisas que hacen recordar toda la
felicidad que hay en esta vida*

Mis amigos y compañeros:

*Por haber contribuido con su amistad a no
sentirme solo en momentos tan difíciles*

Armando Veldyquez Carranza

INDICE

Introducción	1
Capítulo 1. Comunicaciones Digitales de Redes de Banda Ancha	2
1.1 Evolución de las Redes de Banda Ancha	2
1.2 Servicios y Aplicaciones de la Red de Banda Ancha	9
1.3 Planes Fundamentales de la Implementación de la Red de Banda Ancha	14
Capítulo 2. Redes de Comunicaciones Actuales en México	18
2.1 Larga Distancia en México	18
2.2 Telefonía y Datos	27
2.3 Red Digital Integrada en México	33
2.4 La Supercarretera de Información y Redes de Banda Ancha en México	38
Capítulo 3. Requerimientos para Implementar Red de Banda Ancha en México	41
3.1 Normalización y Normatividad	41
3.2 Impacto en el TLC (Canadá y EUA)	47
Capítulo 4. Tecnologías para Redes de Banda Ancha	55
4.1 Frame Relay	55
4.2 Asynchronous Transfer Mode (ATM)	61
4.3 SONET/SDH	75
4.4 Transmisión de Celdas ATM	85
4.5 Señalización	88
4.6 FTTB/FTTC	105
4.7 Cable Híbrido (HFC)	109
4.8 Fiber Distributed Data Interface (FDDI)	115
4.9 Compresión de Vídeo	123
4.10 Comunicaciones Móviles	128
4.11 Multimedia	135
Capítulo 5. Aplicaciones de la Red de Banda Ancha	138
5.1 Video On Demand	138
5.2 Cine del Futuro	140
5.3 Videoconferencia	142
5.4 Realidad Virtual	144
5.5 Soluciones Multimedia	146
5.6 Internet	147
5.7 Distance Learning	154
5.8 Videotex	156
5.9 Teletexto	158

Capítulo 6. Arquitecturas Involucradas en una Red de Banda Ancha	161
6.1 Arquitectura de la Red de Banda Ancha	161
6.2 Arquitectura y Equipos Involucrados	173
6.3 Arquitectura de Red Multimedia	186
6.4 Arquitectura General Propuesta	191
Conclusiones	195
Glosario	201
Anexo A	I
Anexo B	X
Anexo C	XXII

INTRODUCCIÓN

La llamada Supercarretera de la Información, es una gigantesca red mundial de datos que integra el teléfono, la computadora, la televisión, el vídeo, etc., y que está destinada a cambiar el panorama global de las comunicaciones en pocos años. Y, como ocurriera con sus predecesores, la sociedad ha empezado a lanzar sus preguntas: ¿Cómo funciona esto?, ¿Realmente lo necesito?, ¿Van a ayudarme a vivir mejor?.

Hasta ahora, el término autopista de la información sólo puede aplicarse a las grandes redes de datos que conectan millones de computadoras repartidas por todo el mundo a través del teléfono. Sin embargo, la primera experiencia a gran escala nació a paso militar. En el año de 1969, varios científicos del Departamento de Defensa de Estados Unidos crearon una pequeña red de computadoras que permitía transferir informaciones secretas. Aquel invento rudimentario se llamó *Arpanet* y su progresivo crecimiento convenció a la comunidad informática de que pronto podrían encadenarse todas las computadoras del planeta. La propuesta ya estaba lanzada al aire, y solamente faltaba dotarla de la tecnología suficiente. Desde la década de los sesenta, los avances técnicos han ido sucediéndose en dos sentidos. Por un lado, no ha dejado de crecer la capacidad de las computadoras para almacenar datos. Por otro, tras la aparición de la fibra óptica, se abrió un nuevo camino para el mundo de las telecomunicaciones: un mismo soporte podría transportar información digitalizada, imágenes, sonidos y textos.

El impulso publicitario permitió que en muy pocos años se multiplicara progresivamente el número de personas que conectaban su computadora a una de estas redes. El crecimiento fue tal que no tardó en crearse una auténtica tela de araña compuesta por más de 25000 caminos informáticos que hoy unen entre sí cerca de 30 millones de computadoras en todo el planeta sólo hace falta una computadora personal, un módem (una pequeña caja metálica que convierte la señal telefónica en texto electrónico) y una línea de teléfono.

La aparición de la fibra óptica ha abierto nuevos horizontes en el panorama de las redes de datos. Gracias a ella podremos recibir la información requerida en la televisión por cable de nuestra casa, y la oferta se ampliará con películas, documentales, videojuegos de mayor calidad o transmisiones en directo.

Para tener acceso a esas grandes velocidades es necesario un protocolo para así contar con los beneficios que ofrece la supercarretera. Existe uno de nombre *Frame Relay*, pero no es el único que transmite a grandes velocidades, pero puede ser el inicio para llegar a usar nuevas tecnologías; otra opción es el tan nombrado *Modo de Transferencia Asíncrona (ATM)*.

CAPÍTULO 1

COMUNICACIONES DIGITALES DE REDES DE BANDA ANCHA

1.1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE BANDA ANCHA

La evolución de las redes existentes en telecomunicaciones públicas, especializadas en transportar facilidades y valor añadido a las redes de telecomunicaciones para una Integrated Digital Network (IDN, Red Digital Integrada), que está basada en el desarrollo e integración de tecnologías de transmisión y conmutación digitales. El término *integrado* está referido a:

- La integración de equipo de transmisión y conmutación.
- La integración de servicios de comunicación de voz y datos.
- La integración de facilidades de conmutación de circuitos y de paquetes.

El mecanismo básico utilizado en conmutación de circuitos es la conmutación por división de tiempo (TDM), y también hace uso de otros mecanismos de control y operación de redes que incluyen ruteo y señalización. La IDN es el antecedente para la Integrated Services Digital Network (ISDN, Red Digital de Servicios Integrados).

El concepto de ISDN es soportar un amplio rango de voz así como una variedad de aplicaciones incluyendo conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Ver Tablas 1.1 y 1.2.

Servicios	Velocidad Kbps
Telefonía	8, 16, 32 y 64
Alarmas (humo, fuego, policía, médico, etc.)	0.01-1.0
Energía	0.1-1.0
Servicios de información interactiva (banco electrónico, sección amarilla, etc.)	4.8-64
Correo electrónico	4.8-64
Audio de alta calidad	300-700
Video comprimido	30,000
Video para radiodifusión convencional	100,000
Video conmutado	100,000
Video interactivo	100,000

Tabla 1.1. Requerimientos de ISDN para el hogar.

Servicios	Velocidad Kbps
Telefonía	8, 16, 32 y 64
Comunicación interactiva de datos	4.8-64
Correo electrónico	4.8-64
Transferencia de altos volúmenes de datos	4.8-64
Gráficas en facsímil	4.8-64
Scan lento / tramas congeladas de TV	56-64
Videoconferencia comprimida	1500

Tabla 1.2. Requerimientos de ISDN para negocios

Aunque la creciente disponibilidad de redes digitales con conmutación de circuitos en algunos sentidos ofrece competencia a las redes de conmutación de paquetes, las de paquetes continuarán jugando un papel importante tanto en IDN como en ISDN. La tecnología y operación de tales redes están llevadas a cabo con la interface estándar conocida como X.25.

Las principales características de ISDN son:

- Los nuevos servicios que han sido adaptados para ser compatibles con conmutación digital a 64 Kbps.
- Incluye "inteligencia" para proveer servicios de mantenimiento y funciones de administración de la red. Esta inteligencia puede no ser suficiente para algunos servicios nuevos pero puede ser mejorada por una inteligencia adicional dentro de la red, o posiblemente con inteligencia compartida en el uso de terminales.
- La ISDN está basada en los conceptos desarrollados para telefonía en IDN y puede integrar progresivamente funciones y futuras redes o cualquier otra red dedicada semejante con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes para datos, así como proveer nuevos servicios.

De los protocolos más importantes con que cuenta ISDN se encuentran Link Access Protocol channel-D (LAPD, Protocolo para Acceso de Línea a un canal D) en su nivel de capa de enlace de datos y con una importante tecnología conocida como Frame Relay, que ya ha sido introducida. Además cuenta con el sistema conocido como Signaling System Number 7 (SS7, Sistema de Señalización Número 7), que es un conjunto de recomendaciones que definen los protocolos para la administración interna de una ISDN.

El desarrollo de redes está basado en las recomendaciones para ISDN, especialmente en Frame Relay, la estructura y la mayoría de los detalles están en su fase final. Desde 1988 la atención del Consultative Committee on International Telegraph and Telephone (CCITT, Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía) ha estado enfocada en una empresa más ambiciosa, conocida como Broadband-ISDN (B-ISDN, Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha).

La red de banda ancha está definida por el CCITT como un servicio requerido para canales de transmisión capaces de soportar grandes velocidades de transmisión dentro de la velocidad primaria que es de 64 Kbps, y de proporcionar accesos de abonado a velocidades binarias superiores a 2 Mbps (o 1.5 Mbps en Estados Unidos). La Tabla 1.3 presenta la gama de velocidades de datos disponibles, junto a los servicios y redes que las utilizan.

Servicios de banda ancha son las facilidades (conmutadas o no) que un administrador de la red ofrece para soportar aplicaciones de banda ancha mediante un acceso integrado de abonado, esto es, un único puerto de red que da acceso a todos los servicios. Aunque algunos de los servicios de banda ancha se proporcionan por redes independientes (por ejemplo, los servicios de videoconferencia), el acceso integrado será una característica esencial de la red de banda ancha.

Servicios	Velocidad (bps)
Diálogo	
- Telefonía	64K
- Videotelefonía	64K-70M
- Telemetría	10-10K
- Teletexto	10K
- Facsimi (grupo 4)	64K
- Videovigilancia	10K-30M
- Videoconferencia	1M-70M
Servicios de Recuperación	
- Videotexto	1K-64K
- Videotexto de banda ancha	1M-70M
Mensaje	
- Correo de voz	16M-64M
- Correo de video	1M-70M
- Correo electrónico	10K
Servicios distribuidos	
- Sonido Hi-Fi	768K
- TV convencional	30M-70M
- TV de alta definición	140M-565M

Tabla 1.3. Requerimientos de red de banda ancha.

Como ejemplos de aplicaciones de banda ancha están la interconexión de LAN, videotelefonía y videoconferencia. La capacidad de la red puede ser utilizada para numerosas aplicaciones. La red de banda ancha incluye un incremento en la demanda de servicios de alta velocidad (en bps), especialmente en servicios de imagen y video, así como la evolución de tecnologías que soporten estos servicios.

Las tecnologías desarrolladas para la red de banda ancha son:

- Sistemas de transmisión por fibra óptica que puedan ofrecer bajo costo y alta velocidad en canales de transmisión de datos para redes troncales y para suscriptores de líneas
- Circuitos microelectrónicos que pueden ofrecer alta velocidad, bajo costo en construcción de bloques para conmutación, transmisión y equipo del suscriptor.
- Monitores de video de alta calidad y cámaras que puedan con suficiente calidad de producción, ser ofrecidas a bajo costo

Estos avances tecnológicos proporcionarán facilidades de comunicación universal con las siguientes características:

- La mayor parte del mundo podrá comunicarse entre cualquier par de suscriptores, en cualquier medio o combinación de medios.
- Obtención de información masiva a través de múltiples fuentes y medios, partiendo de un medio ambiente electrónico.
- Distribución de una amplia variedad de culturas, entretenimiento y materiales educativos para casa u oficina, virtualmente bajo demanda.

Principios de la Red de Banda Ancha

Los principios más importantes que deben de considerarse para la implementación de la red de banda ancha son los siguientes:

- El modo de transferencia implementado para la red de banda ancha es Asynchronous Transfer Mode (ATM, Modo de Transferencia Asíncrono) el cual es independiente del medio de transporte.
- La red de banda ancha soporta conmutación semipermanente y permanente punto-a-punto y punto-multipunto. La conexión de la red de banda ancha soporta servicios permanentes de modo circuito y modo paquete de un tipo mono y/o multimedia y de conexión bidireccional o unidireccional.
- Una red de banda ancha debe ser "inteligente" ya que proveerá servicios avanzados, un poderoso soporte de operación, herramientas de mantenimiento y administración de la red.
- La red de banda ancha está basada en los conceptos de la ISDN; la configuración de acceso de ISDN es la básica para este tipo de red.
- Esta estructura aprovechará el uso del protocolo de estabilidad de la ISDN, que es también apropiado para estudios de otros aspectos de la red de banda ancha, incluyendo transferencia de información, control, inteligencia y administración.
- Cualquier extensión en la capacidad en la red o cambios en sus parámetros no degradarán la calidad del servicio.
- La evolución de la red de banda ancha asegura la continuidad de soporte de interfaces y servicios.
- Las nuevas capacidades de la red serán incorporadas dentro de la red de banda ancha evolutivamente de acuerdo a nuevos requerimientos, avances y progresos tecnológicos en la red.

Archivos de Datos e Imagen	Volumen de Datos en Mbps
Archivos relativamente grandes	varios x 100
Alta resolución en gráficos por computadora	100-200
Página de periódico (noticias)	200-600
Facsimil A4 (blanco y negro)	1-4
Facsimil A4 (gris)	9-16
Facsimil A4 (color)	30-60
Imagen de TV a color	4-6
Imagen de TV a color (alta definición)	16-24

Tabla 1.4. Volúmenes de datos para archivos e imágenes sin compresión de datos.

Servicios de Banda Ancha	Aplicaciones	
	Comercial	Privada
Comunicación de datos, textos, gráficas		
- Transferencia de datos	X	
- Transferencia de documentos	X	
- Recuperación de documentos	X	
Comunicación en video persona a persona		
- Video telefonía	X	X
- Video conferencia	X	
- Manejo de mensajes de banda ancha	X	X
Acceso a video información		
- Video texto	X	X
- Video bajo Demanda (VOD)	X	X
Radio difusión de programas y datos		
- TV convencional	X	X
- TV de paga (PPV, PPC)	X	X
- Televisión de alta definición (HDTV)	X	X
- Cable texto	X	X

Tabla 1.5. Servicios de Banda Ancha para Aplicaciones Comerciales y Privadas de ISDN.

Uno de los más importantes objetivos que intenta alcanzar la implementación de una red de banda ancha es el de manejar altos volúmenes de datos para archivos e imágenes (Ver Tabla 1.4).

En la Tabla 1.5 se enlistan algunas importantes aplicaciones para la utilización de banda ancha.

Modos de Transferencia

Existen dos proposiciones para el modo de transferencia en una red de banda ancha: SONET y ATM.

Asynchronous Transfer Mode (ATM, Modo de Transferencia Asíncrono)

ATM o Modo de Transferencia Asíncrono, toma su nombre del método de transferir paquetes o celdas de información a través de elementos de conmutación en una red telefónica. Cada elemento de conmutación tiene dos entradas y dos salidas, por lo que es posible que dos paquetes lleguen simultáneamente al conmutador ó switch. Esto significa que un paquete debe ser detenido (almacenado) mientras se atiende al otro, lo que ocasiona retrasos variables en los paquetes a través del conmutador, es por esto que al sistema se le denomina asíncrono.

ATM puede ser considerado como una técnica de multiplexión y conmutación contenidas en la capa 1 y en las funciones básicas de la capa 2 del modelo OSI. Los paquetes de información son transmitidos dentro de ranuras de tamaño fijo llamadas celdas, con un encabezado (header) utilizado para identificar y conmutar celdas. La información en el encabezado es utilizada para determinar como una celda será ruteada a través de la red.

SONET (Synchronous Optical Network)

SONET es el modo de transferencia síncrono propuesto para la red de banda ancha. Es una aproximación de la telefonía convencional, utilizada originalmente en multiplexión por división de tiempo donde cada usuario está colocado en una ranura de tiempo preasignada para transmitir información.

SONET es una interface de transmisión de fibra óptica propuesta originalmente por BellCore y estandarizada por ANSI. Existe una versión compatible conocida como Synchronous Digital Hierarchy (SDH, Jerarquía Digital Síncrona) que ha sido publicada por la CCITT. SONET está hecha para proveer una especificación y tomar ventaja de la capacidad de transmisión digital de alta velocidad de la fibra óptica.¹

1.2 SERVICIOS Y APLICACIONES DE LA RED DE BANDA ANCHA

La estructura de la futura red de banda ancha en gran medida vendrá determinada por los servicios y aplicaciones que ofrezca. La demanda existente de servicios tales como la interconexión de alta velocidad entre redes de área local apunta hacia los servicios más viables en las fases iniciales de implantación.

Características de los Servicios de la Red de Banda Ancha

Es importante asegurar que las aplicaciones y servicios seleccionados cubran toda la gama de posibilidades en cuanto a ancho de banda, ráfagas de utilización, tipos de conexión y componentes del servicio. Además, el requisito del acceso integrado de abonado implica que se deben de considerar también los servicios de banda angosta. Inicialmente el acceso integrado a la red de banda angosta será una parte importante del servicio ofrecido a los abonados de banda ancha, ya que la mayoría de los abonados permanecerá en aquella red.

Los servicios enumerados en la Tabla 1.6 se escogieron tras un evaluación interna del número de abonados, del ancho de banda requerido y el uso previsto; también se consideró que esta combinación de servicios ofrecería una imagen completa del futuro en torno de banda ancha. Al seleccionar servicios, se ha de considerar cada uno en el contexto de aplicación más amplio posible para asegurar que el análisis de penetración sea el apropiado. Por ejemplo, si el concepto de videoteléfono se reduce al añadir el video al actual servicio telefónico, se puede prever que la penetración del servicio será pequeña, por el contrario, cuando se considera la videotelefonía en un contexto más amplio que incluye la posible consulta profesional, la asistencia a conferencias, participación en reuniones, etc., el uso en la penetración potencial son notablemente mayores. Así, es esencial contemplar cada servicio no solo como una expansión de la

capacidad de las telecomunicaciones actuales, sino también como una ampliación de la gama de aplicaciones.

Las redes de banda ancha permitirán un gran incremento en servicios y aplicaciones respecto a los que ofrece la red pública de telecomunicación convencional. Por ello, para poder evaluar los distintos servicios, es necesario dividirlos en categorías.

Clases de Servicios

Los servicios se dividen en dos categorías principales, los servicios interactivos y los servicios de distribución (Tabla 1.6). Los servicios **interactivos** conllevan un intercambio de información entre el abonado de origen y el objeto de servicio, mientras que los de **distribución** son de calidad esencialmente pasiva, es decir de "entretenimiento". A su vez, los servicios interactivos se pueden subdividir en conversacionales, que involucran simultáneamente al receptor y al emisor (incluyendo aplicaciones punto a punto y multipunto), de consulta, que necesitan la extracción de información almacenada en una base de datos, y de mensajería, que suponen tanto el envío de información a una base de datos para su consulta posterior como la comunicación electrónica de usuario a usuario.

Clase de Servicio	Teleservicio	
Interactivo	Conversacional (punto a punto o multidifusión)	Telefonía Videotelefonía Telefax Facsimil en color Transferencia de ficheros de datos Datos interactivos
	Mensajería y consulta	Videotexto con movimiento Consulta de vídeo Videotexto Transferencia de ficheros de datos Datos interactivos
De distribución	TV de calidad estándar TV de alta definición Sonido Hi-Fi	

Tabla 1.6. Clases de servicios

Ancho de Banda Requerido

ATM permite asignar flexiblemente el ancho de banda a los diversos componentes de servicio, tales como los elementos de vídeo, audio y datos. Por ello es necesario caracterizar a los servicios seleccionados de acuerdo al ancho de banda que requieran. Esta característica se efectúa, primero, según la naturaleza de la fuente de datos que son:

1. Continuidad de bits, indica que el flujo de bits es continuo, aunque las velocidades no sean constantes. Se utiliza el modo circuito y un protocolo con conexión para el establecimiento de la llamada.
2. Ráfagas de bits, indica que el flujo de bits es aleatorio. Se utiliza el modo paquete, necesitando un protocolo con conexión o sin conexión.

Componente	Ancho de Banda (bps)			Ejemplos de Servicios
	Media	Cresta	Codificación	
Audio estándar	64K	64K	VBC*	Telefonía, videotelefonía
	32K	32K	VBC-C	
	12K	24K	VBV	
Audio mejorado	64K	64K	VBC*	Telefonía, videotelefonía
	32K	48K	VBV	
Audio de alta calidad	2M	2M	VBC*	Distribución de HI-FI, consulta de audio, distribución de TV(AD), videotext con movimiento
	1.4M	1.4M	VBC-C	
Vídeo de baja calidad	2M	2M	VBC-C	Videotelefonía
	128M	128K	VBC-C	
Vídeo de calidad estándar	32M	34M	VBC	Videotelefonía, consulta de vídeo, distribución de TV, videotext en movimiento
	2M	10M	VBV*	
Vídeo de calidad mejorada	10M	34M	VBV*	Videotelefonía, consulta de vídeo, distribución de TV
Vídeo de alta calidad	540M	540M	VBC	Distribución de TV(AD), consulta de vídeo
	140M	140M	VBC-C*	
	70M	120M	VBV	

VBC - Velocidad Binaria Constante

VBV - Velocidad Binaria Variable

VBC - C - Velocidad Binaria Constante Comprimida

* Servicio seleccionado para análisis más amplio

Tabla 1.7. Requisitos de ancho de banda de las componentes de servicio

La Tabla 1.7 muestra el ancho de banda de algunos componentes de servicios incluyendo el esquema de codificación.

Servicios de Banda Ancha

Distribución de TV

La distribución de TV permite a los abonados recibir uno o más programas de televisión de una calidad elegida (es decir, TV de alta definición, TV estándar) en tiempo real y sin interrupciones. Normalmente el acceso al servicio será en dos fases: primero, durante el establecimiento de la llamada el abonado selecciona un grupo de canales; en la segunda fase, el abonado selecciona programas dentro de ese grupo de canales por un procedimiento simplificado de señalización. La distribución de TV está enfocada a aplicaciones recreativas y de educación.

Para distribución de TV se necesitan tres componentes de servicio:

1. Componente de video: pueden ser uno o más componentes unidireccionales de calidad estándar o de alta calidad (en caso de TV de alta definición pueden emplearse componentes múltiples para ofrecer compatibilidad).
2. Componente audio: componente opcional unidireccional con un nivel único de alta calidad.
3. Componente de datos: este es un componente opcional que puede incluir información relativa al programa (teletexto, titulación cerrada, titulación multilingüe, identificación de programa, etc.) o bien información independiente del programa, como el videotex o una lista de canales y programas.

Distribución de Hi-Fi

Este servicio permite a un abonado recibir uno o más programas de sonido de alta calidad, con fines educativos y recreativos, como en la distribución de TV. Se prevén dos componentes de servicio -audio y datos-, teniendo el componente de datos de usos similares que en la distribución de TV.

Videotelefonía

La videotelefonía es un servicio audiovisual de telecomunicación en tiempo real, unidireccional o bidireccional que ofrece una comunicación persona a persona para la transferencia de sonido, imágenes en movimiento e imágenes fijas exploradas. Se necesitan dos componentes de servicio: audio mejorado (7 KHz) o de alta calidad (20 KHz) -que pueden variar para ofrecer compatibilidad con banda angosta- y vídeo estándar o de alta definición (también sujeto a variación por razones de compatibilidad de la terminal).

La videotelefonía se considera un medio de comunicación personal y de transferencia de material de vídeo, documentos, etc. Las posibles aplicaciones son las siguientes:

- Comunicación persona a persona, individual o de grupo.
- Imágenes fijas (objetos, fotos, etc.).
- Enseñanza y educación.
- Consultorio profesional.
- Juegos (interactivos, multiusuario)
- Relaciones de empresa (individuales, de grupo, reuniones, conferencia).
- Entrevistas.
- Compra y venta.
- Correo por vídeo.

Consulta de Vídeo

Las aplicaciones incluyen vídeo bajo demanda, anuncios, publicaciones e instrucciones en vídeo y usos similares. La característica común de todas ellas es que el material de vídeo suele enviarse a más de un abonado simultáneamente. En la mayoría de los casos el material de vídeo no se transmite en tiempo real, y por lo tanto se graba en las instalaciones de los abonados. Por ello se ofrece un servicio ideal, bajo demanda y en tiempo real, a un limitado número de usuarios simultáneamente. Un segundo servicio de transferencia en tiempo real exige que la entrega (transmisión del material de vídeo solicitado) se realice de una a dos horas después y finalmente se ofrece un tercer servicio de transferencia diferido, ya que pueden transcurrir varios días entre la petición y la disponibilidad. Por ello la consulta de vídeo se contempla como un servicio distinto de la televisión por pago, la cual es un servicio de distribución.

Videotexto con Movimiento

Es el equivalente en banda ancha del servicio de videotexto existente. Se tendrá el acceso en vídeo a las bases de datos a través de la red de telecomunicaciones, utilizando los mismos componentes de servicio que la distribución de TV. Las posibles aplicaciones incluyen:

- Educación y capacitación.
- Telesoporte lógico (*telesoftware*).
- Telecompra.
- Consulta de noticias.
- Publicidad.

Datos

La transferencia de datos en banda ancha requiere servicios conversacionales, de mensajería y de consulta. Los componentes de los servicios relacionados con datos son tan variados como las aplicaciones mismas.²

1.3 PLANES FUNDAMENTALES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE BANDA ANCHA

Se ha desarrollado un plan de implementación de tres fases para evolucionar hacia la red de banda ancha. La plataforma de datos está basada en la fibra DS3 que incluye seis familias de servicios: X.25, Frame Relay, TCP/IP (para comunicaciones y acceso a Internet), Líneas Privadas, ATM y Conmutación Digital; también se proveen servicios de administración de acceso a la red.

La fase uno ha sido completada y se ha comenzado la implementación de la fase dos. En 1994 se comenzó la migración hacia una red de banda ancha poderosa y eficiente.

Fase Uno - 1992/1993: Frame Relay

La implementación de la fase uno se completó a principios de 1993. Esta fase utiliza tecnología Frame Relay la cual está basada en conmutación de celdas. Frame Relay transporta protocolos de datos de la misma forma en que un sobre lleva por dentro una carta. Los servicios de Frame Relay dan al usuario máxima flexibilidad en el diseño de redes de datos, proveyendo entradas a redes X.25 e IP.

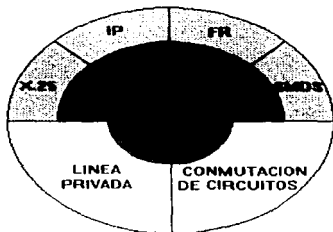


Figura 1.1. Fase Uno para la Evolución hacia la Banda Ancha

También se han completado pruebas para interconectar Frame Relay con el Local Exchange Carrier's (LECs), Switched Multimegabit Data Service (SMDS, Servicios Multimegabit de Datos Conmutados) y ahora está ofreciendo interconexión Frame Relay de SMDS (Figura 1.1).

Fase Dos - 1993/1994: ATM

En esta segunda fase, ATM provee transmisión a más altas velocidades (T3 a través de SONET) y anchos de banda bajo demanda. Como Frame Relay,

ATM es una tecnología de conmutación rápida de paquetes. El uso de celdas de longitud fija permite a ATM soportar no solo aplicaciones de datos sino además voz y video.

Se ofrece el servicio de ATM punto-a-punto requiriendo de una velocidad mayor a T1 con efectividad de costo y flexibilidad basada en conmutación de paquetes. Este servicio inicialmente utiliza protocolo de acceso T3 a la red. La aplicación del operador puede utilizar instantáneamente cualquier cantidad de ancho de banda hasta alcanzar la velocidad T3. Los usuarios pueden agregar su información utilizando protocolos de acceso a la banda ancha.

Se proveerá a los usuarios con interoperabilidad entre redes basadas en ATM, Frame Relay, IP y otros servicios de redes de datos virtuales (Figura 1.2). ATM fue inicialmente desarrollado como una tecnología basada en SONET. Se ha comenzado a implementar ATM en redes con fibra T3 para brindar a los usuarios muchos de sus beneficios antes de que la instalación de SONET sea terminada.³

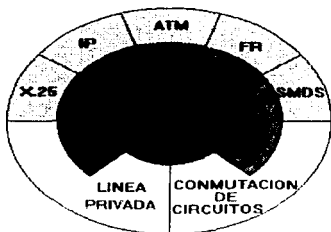


Figura 1.2. Fase Dos para la Evolución hacia la Banda Ancha

Fase Tres - 1994/1995: Servicios de Banda Ancha de SONET

En la fase tres, se emigrará de los sistemas de multiplexión y transmisión tradicionales hacia el equipo SONET (Figura 1.3). Mucha de la funcionalidad de SONET viene de su habilidad para añadir y retirar circuitos eficientemente desde un flujo de datos. Mientras la tecnología común requiere de multiplexión y

demultiplexión para soportar altas y bajas velocidades, SONET permite transmisión a diferentes velocidades, proveyendo administración de red y la oportunidad para más servicios flexibles. Adicionalmente SONET soporta velocidades de transmisión desde el nivel DS3 a través de velocidades Optical Carrier (OC).

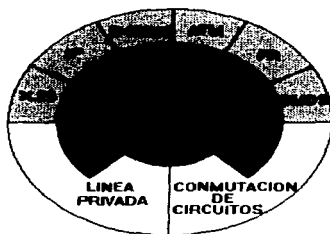


Figura 1.3. Fase Tres para la Evolución hacia la Banda Ancha

¹ Varios

Stalling Williams, *ISDN and Broadband-ISDN*, USA, Segunda Edición, pp. 21 y 22. pp. 629-631.

Alcatel, "Comunicaciones Eléctricas", España, Vol. 64, Núm. 2, 1990, pp. 260-265.

² Alcatel, "Comunicaciones Eléctricas", España, Vol. 64, Núm. 2, 1990, pp. 124-131.

³ Boletín Informativo de Sprint, "The Evolution to Broadband", Sprint, 1993.

CAPÍTULO 2

REDES DE COMUNICACIONES ACTUALES EN MÉXICO

2.1 LARGA DISTANCIA EN MÉXICO

Los bancos más grandes del país se han asociado con compañías dedicadas a la comunicación, que tienen como objeto el apoyarlas en la lucha por el control de la Larga Distancia Nacional e Internacional, cuando en 1996, se les autorice su libre operación y participación.

Banamex y Bancomer, mediante el uso de tecnologías conocidas como FDDI y ATM, pondrán en un breve plazo a la disposición de los usuarios transmisiones con velocidades de hasta 150 Mbps (considerando que TELMEX transmite a 2 Mbps), es decir, estamos hablando de lo más sofisticado, con lo que hoy se comunican las grandes multinacionales estadounidenses (infraestructura que requerirían MCI y US Sprint para dar servicios de Larga Distancia en el país). En enero de 1994 se llevó a cabo la asociación entre Banamex y MCI Communications, que tiene como objetivo el lograr una asociación estratégica, esta alianza ofrecerá servicios competitivos de Larga Distancia en el mercado mexicano que asciende a 6,000 millones de dólares. La nueva empresa también formará la primera red integrada para América del Norte, que ofrecerá servicios idénticos a lo largo del subcontinente. MCI buscará aprovechar la asociación con Banamex en México, con Stentor en Canadá y su posicionamiento en Estados

Unidos para el desarrollo de una "Red Norteamericana de Telecomunicaciones de Servicios Integrados".

Por su parte Telmex el 14 de diciembre de 1994 anunció su sinergia con Sprint -tercera firma estadounidense- recuperando credibilidad en el mercado de telecomunicaciones de EU y en la Bolsa Mexicana de Valores. En lo que se refiere a la digitalización de líneas, éstas han ido en ascenso, ya que de el 22% que se alcanzó en 1989, han llegado a 80% en 1994, según cifras de Telmex. En un artículo que apareció en marzo de 1994 en el Financial Times, mostraba a México de la siguiente manera: población 87 millones; líneas telefónicas totales 7,358 y líneas telefónicas por cada 100 habitantes 8.51, las estimaciones en este último rubro se esperan para 1995 a 11 aparatos por cada 100 habitantes y para 1996 más de 13 por cada 100, según la SCT.

A esto hay que sumarle la compra de acciones de Cablevisión por parte de Telmex, un poco menos de la mitad (49%). Telmex le dará un mayor uso a su infraestructura de fibra óptica mientras que Cablevisión podrá brindar una mayor cobertura en todo el país, al aprovechar este medio de transmisión para su señal y poder brindar el servicio de señal de TV bajo demanda. Telmex además cuenta con experiencia en protocolos de mayor ancho de banda como Frame Relay, por donde navegará el envío de canales de televisión por parte de Cablevisión. Con esta unión la empresa de TV superará las cifras que de acuerdo con la SCT llegaba a 405.7 mil usuarios en 1988 y 1,700,000 a finales de 1994. Sobre los beneficios de la fibra óptica en las empresas privadas, Telmex dio un salto enorme en cuestión de tecnología en el área de las comunicaciones con su RDI, que suma una longitud de 13,500 Km, cubriendo las 54 ciudades más importantes del país y ofreciendo un servicio con mayor calidad entre las diferentes compañías. La "Supercarretera de Información" ya es posible gracias a la elevada digitalización de la planta telefónica en México y la proliferación de la Red Digital Integrada (RDI) de Telmex. Y esta será la integración global de la industria, donde las telecomunicaciones se fusionarán con la informática.

El D.F. cuenta con el sistema SDH que fue instalado en 22 terminales y conectado a 7 importantes centrales telefónicas, y por las cuales se pueden mantener hasta 30,000 transmisiones de voz y datos al mismo tiempo, siendo este el primer equipo instalado en América Latina, transmitiendo a velocidades de 2.5 Gbps.

En lo que respecta a AT&T, tiene un especial énfasis en el desarrollo del Amplificador óptico, que es la unión de un metal con cristales dando como resultado la fibra óptica amplificada, la cual ofrece una mayor velocidad. Este

producto aparecerá próximamente en el mercado eliminando los repetidores. AT&T junto con Telmex están buscando nuevos sistemas para aprovechar las nuevas tecnologías por medio de la fibra óptica ya que es uno de los medios ideales para la transmisión de voz, datos y vídeo. Para la transmisión de datos se cuenta con la red llamada FDDI (Interface de Datos Distribuidos por Fibra) y que para poder alcanzar velocidades de 100 Mbps depende de la pureza de estas líneas ópticas. A finales de 1995 se espera atender una gran demanda de fibra óptica por la apertura comercial en el área de las comunicaciones formadas por: Avantel con Banamex y MCI, Telmex con Sprint, Alestra por AT&T y Alfa, Unicom por GTE y Bancomer, Iusacell, Iusatel, Mercatel, Investcom, Unicom, etc. Esta demanda solo podrá ser atendida por medio de la infraestructura de cable de cristal que se tenderá sobre el D.F. y más estados. Así por otro lado Motorola con Grupo Protexa y Bell Atlantic con Iusacell, buscan implantar con mayor eficacia la tecnología inalámbrica, para brindar servicio local y nacional, haciendo uso intensivo de las frecuencias que se asignen y de una apertura que llegará incluso a los satélites Morelos II y Solidaridad I y II.

En larga distancia internacional los carriers se decidirán fuera de México, son pocas las compañías que marcan las pautas tecnológicas como AT&T, MCI, Sprint, France Telecom y Nippon Telegraph & Telephone. Por otro lado los proveedores de equipo y tecnología serán parte esencial en la lucha de servicios como Ericsson y Alcatel, que han cedido parte del mercado a Northern Telecom, Motorola y AT&T, que han llegado por la vía del Tratado de Libre Comercio.

A partir del 12 de agosto de 1996 inició el rompimiento del monopolio de Teléfonos de México en la telefonía de larga distancia, por lo que entrarán de lleno nuevas empresas con el compromiso de brindar nuevos y mejores servicios telefónicos a precios competitivos, entre ellas Avantel, Alestra e Iusatel. El negocio de larga distancia presiona a la compactación de grupos y disolución de alianzas estratégicas, a fin de ser más competitivos en un mercado difícil. La facilidad con que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ha repartido concesiones para la competencia contra Telmex ha provocado que, al menos tres de los siete beneficiados, pudieran no solo no sobrevivir para el 1º de enero de 1997 sino que ni siquiera pasar a la siguiente fase.

La primera es Mercatel, de quien su socio internacional más importante, Teleglobe de Canadá, la número uno de esa nación y la séptima del mundo, ya le informó que no cuentan con ellos. En segundo término está Cableados y Sistemas, de quien se duda podrá cumplir la inversión de 200 de millones de dólares ofrecida. Finalmente aparece Iusatel, la empresa de larga distancia de Iusacell.

El 1 de agosto de 1996 se llevó a cabo en la ciudad de Atlanta Georgia, la firma del compromiso entre la nueva empresa de larga distancia Marcatel y el consorcio alemán de telecomunicaciones Siemens. Marcatel, formada por la compañía mexicana Radio Beep y por las estadounidenses Westel e IXC de Austin Texas, iniciará el 1 de enero de 1997 el servicio como operador de larga distancia, cubriendo el llamado triángulo de oro entre México, Guadalajara y Monterrey, uniendo la frontera por la vía de la ciudad de Reynosa con Estados Unidos.

Avantel firmó un contrato por 20 años con la Compañía de Luz y Fuerza del Centro y empleará su infraestructura de distribución para el tendido de cien kilómetros de fibra óptica, que servirá para integrar parte de la red pública de telecomunicaciones que el carrier, conformado por MCI-Banamex, construye en la ciudad de México. El contrato significa un paso decidido en la construcción del anillo troncal de fibra óptica metropolitana de la ciudad de México, lo que permitirá a Avantel atender con mayor eficiencia los requerimientos de su mercado. Tal anillo fue diseñado en conjunto por Avantel y Ericsson para establecer una plataforma de acceso directo a los clientes del nuevo concesionario de larga distancia dentro del área metropolitana de la ciudad de México, para la provisión de servicios de voz, datos e imagen.

Las multinacionales ATT, GTE, Telefónica Internacional de España y las firmas mexicanas Alfa y Bancomer-Visa anunciaron la creación de un megaconsorcio para desarrollar el negocio de la telefonía de larga distancia en México. Por su parte Telmex ha desembolsado más de ocho mil millones de dólares en la modernización de los sistemas de telecomunicaciones, además prepara desde ahora los detalles para el momento de interconectar y servir a Avantel, Alestra, Iusanel, Marcatel, Cableados y Sistemas, y demás compañías que quieran participar en el mercado de las telecomunicaciones. El manejo de LD está dividido en tres regiones: México, Monterrey y Guadalajara, y para la operación y mantenimiento se cuenta con una distribución central de diez ciudades más. Se estima que Telmex perdería 40% del mercado, aunque esta telefónica planea recuperarlo con la extensión del servicio a más usuarios y explotar nuevos mercados a la vez que se espera duplicar de aquí al año 2000 el número de líneas telefónicas para llegar a 18 por cada cien habitantes.

Este proceso de apertura empezará con el servicio telefónico sin interconexión, particularmente a grandes consorcios y después, el 1 de enero de 1997, llegar a los clientes residenciales y comerciales. Telmex ya adoptó diversas estrategias para enfrentar la competencia, la principal es dividir su mercado en tres áreas: clientes corporativos, clientes residenciales y comerciales, y clientes

masivos. Se espera que con esta apertura las tarifas telefónicas bajen considerablemente, que podría oscilar en un 30%, aunque dependerá del mercado y la competencia. Telmex en los últimos cinco años ha realizado inversiones por más de 12 mil millones de dólares, y hoy es una empresa que tecnológicamente hablando está a la vanguardia a nivel mundial y preparada para la competencia abierta con otras compañías.

Antes de iniciarse el otorgamiento de concesiones para competir en el mercado telefónico de larga distancia, tanto empresas como autoridades calcularon las inversiones entre más de ocho mil millones de dólares y los diez mil millones de dólares; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en la actualidad estima tales compromisos en sólo alrededor de cinco mil 800 millones de dólares.

Entre los factores atribuibles a tal retroceso se encuentran:

La lentitud con que se han definido las reglas del juego para la competencia en telecomunicaciones; el temor a la reducción del mercado entre tantos jugadores; el reacomodo vía nuevas alianzas, entre los nuevos competidores, para optimar la aplicación de capitales y el abandono de proyectos.

El valor del mercado de larga distancia en México crecerá en aproximadamente mil 300 millones de dólares en el presente año para alcanzar en total los cuatro mil 800 millones de dólares, luego de haberse reducido en alrededor de 800 millones de dólares en 1995. El valor del mercado mexicano de larga distancia bajó a tres mil 500 millones de dólares en 1995; es decir, por abajo de los niveles calculados para 1991 por tres mil 600 millones de dólares y apenas superior al valor estimado en 1990 por tres mil 300 millones de dólares. Para 1994 el valor del mercado de larga distancia en nuestro país se calculó en cuatro mil 300 millones de dólares.

Las deficiencias de infraestructura se manifiestan al considerar que México cuenta con 9,2 líneas telefónicas por cada 100 habitantes, en tanto que el promedio para los países de Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es de 52,3 líneas en la misma relación. La UIT ubica a nuestro país en el lugar 33 a nivel internacional en densidad telefónica, es decir, poblacional y territorial, una vez que además se encuentra entre las 20 más grandes del mundo. De 1991 a 1994 el crecimiento del mercado de las telecomunicaciones ha sido -en promedio- siete veces mayor que la economía en su conjunto. Los nuevos competidores tendrán que ofrecer servicios competitivos para una población que tiene un ingreso per capita promedio de mil dólares al año, contra los 20 mil dólares que

se genera en Estados Unidos.

La empresa Iusacell informó que para el año 2000 se contempla una inversión anual en el mercado de los servicios telefónicos por 20 mil millones de dólares; seis mil 500 millones de dólares en infraestructura; cuatro mil 500 millones de dólares en la creación de empleos, de los cuales prevén que 18 mil sean directos, y entre 80 y 85 mil indirectos. Se estima que la inversión en el sistema tradicional de la telefonía cada línea terminal al usuario equivale a 30 y cien dólares mientras el cableado equivale a 500 y 800 dólares; en tanto que las centrales locales tienen costos que van de los 700 a los mil dólares por línea. Así, el costo aproximado por cada abonado representa costos de entre mil 200 a mil 900 dólares por línea telefónica. Están disponibles dos mil millones de dólares, de los cuales mil serán para larga distancia y el resto para invertir más rápido en otros negocios de telecomunicaciones, como telefonía básica, PC, y servicios de valor agregado e Internet. Durante 1996 Alestra invertirá 400 millones de dólares y creará mil fuentes de empleo.

Telinor es la primera empresa en recibir una concesión para operar telefonía local en el país y colocarse como competidora de Teléfonos de México y también irá por todo, por lo cual ha estructurado un proyecto integral de telefonía en el que prevé invertir mil millones de dólares para los primeros cinco años de operación formal.

Empresas	Inicial	Actual
Avantel	1,800	1,800
Alestra	1,000	1,000
Unicom	900	
Iusatel	1,500	1,500
Marcatel	2,500	650
Miditel	500	500
Cableados y Sistemas	150	150
Investcom	420	420
Total	8,870	6,020

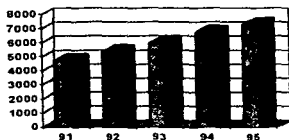
La Secretaría de Comunicaciones y Transportes estableció las tarifas de interconexión que regirán para las empresas concesionarias de la telefonía de larga distancia por utilizar la infraestructura de Teléfonos de México, mismas que convertidas a dólares, a tipo de cambio vigente, serán de 5.32 centavos de dólar

para 1997 y durante 1998 equivaldrán a 4.69 centavos de dólar por minuto de ocupación de la infraestructura. En tanto, otro tipo de tarifa regirá para 1999, el año 2000 y 2001, mismas que serán negociadas por las partes, en el entendido de que, durante 1999 el precio de interconexión promedio de las anteriores tarifas no podrá ser superior a un cargo equivalente a 3.15 centavos de dólar por minuto. Las tarifas que se consideraron significan un cargo por minuto de interconexión de 39 centavos de peso para 1997 y de 35 centavos para 1998.

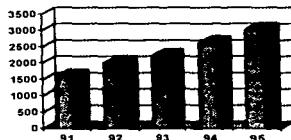
Establece asimismo que las tarifas que habrán de regir en los próximos dos años en cuanto a la interconexión de las redes públicas de telecomunicaciones, autorizadas para prestar servicio de larga distancia son:

Para la interconexión de tráfico de larga distancia entre Telmex-Telnor y otras redes públicas de telecomunicaciones, la tarifa de un minuto de comunicación de la infraestructura correspondiente será de 18 o 19 centavos de peso para 1997 y de 16.4 o 17.3 centavos durante 1998, dependiendo del tipo de centrales con las que cuente el área local donde se lleve a cabo la interconexión.

Tarifa Básica Lada 91	
Kilómetros	Tarifa por minuto
1 A 25	\$ 0.80
26 A 50	\$ 1.44
51 A 100	\$ 2.05
más de 100	\$ 2.37



□



□

Para el tráfico internacional de entrada se autorizó un cargo adicional por minuto, equivalente a 58% de la tarifa que pagan las empresas de telecomunicaciones en el extranjero a los concesionarios mexicanos para tener llamadas en México. Se calcula que este cargo será, en promedio, de 1.70 pesos en 1997 y de 1.42 en 1998. Dichas tarifas regirán a partir del 1 de enero de 1997, en que inicia la competencia telefónica entre los siete competidores (Alestra, Avantel, Cableados y Sistemas, Investcom, Iusatel, Marcatel) y Telmex. En septiembre de 1996 las tarifas por interconexión por parte de Teléfonos de México se habrán incrementado 22.6% con respecto a las fijadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y estarán por arriba de 100 por ciento en relación con las que rigen internacionalmente.

La apertura en la telefonía de larga distancia, obligará a dar claridad en los cambios a la numeración telefónica que se pondrán en vigor, porque a cinco meses de que esto se lleve a cabo aún hay dudas de como se va a marcar una llamada de larga distancia nacional e internacional. De hecho, con la conclusión de la vigencia del título de concesión de Teléfonos de México, a partir del 10 de agosto de 1996, aquellas empresas que cuenten con capacidad para prestar el servicio sin necesidad de interconexión, lo podrán hacer. En este sentido, por lo menos dos nuevas empresas concesionarias para prestar el servicio de larga distancia han manifestado que lo harán a partir del 11 de agosto de 1996; Alestra y Avantel. Tales servicios, sin necesidad de interconexión, estarán enfocados a las grandes empresas que generan importantes volúmenes de tráfico. Sin embargo, aún cuando ya existen reglas para la prescripción y marcación para arrancar la competencia el 1 de enero de 1997, hay dudas respecto a los mecanismos por los que las grandes empresas podrán acceder al servicio que no requiere de interconexión a partir del 11 de agosto. Por otro lado, expertos de diferentes empresas competidoras de Telmex indicaron que la competencia por marcación se iniciará en 60 ciudades a partir del 1 de enero de 1997.

Lo anterior significa que a partir de enero de 1997, los usuarios podrán solicitar el servicio de larga distancia sólo con marcar los códigos de la empresa seleccionada, en el momento que lo decidan; mientras que por prescripción, es decir, una vez que el cliente tiene un contrato con una de las compañías, se hará primero en Querétaro. La diferencia es que mediante el mecanismo de prescripción las empresas contarán con clientes cautivos por lo menos en un periodo de 30 días, lo cual es viable si se tiene en cuenta, según estudios realizados por algunas de estas empresas, que el usuario prefiere no enredarse con la memorización de tantos números.

Queda la marcación como libre opción para cambiar de compañía en el momento en que el usuario lo decida y tener la oportunidad de aprovechar mejores ofertas que las que su compañía preseleccionada les pueda ofrecer. De hecho, en las Reglas del Servicio de Larga Distancia, se define al servicio de selección por marcación del operador de larga distancia, mediante la marcación de un código de identificación de operador de larga distancia. El servicio de selección por prescripción del operador de larga distancia se define como aquel que permite a los usuarios prescritos a un operador de larga distancia tener acceso a la red de dicho operador, sin necesidad de que el usuario marque el código de identificación asignado a este último. Una línea telefónica podrá estar prescrita a sólo un operador de larga distancia a la vez. Para que un usuario pueda prescribirse a un operador de larga distancia, deberá solicitar la activación del servicio de selección por prescripción a dicho operador. Las solicitudes de prescripción podrán formularse por escrito o por vía telefónica, o bien mediante los servicios de cómputo, facsímil o cualquier otro medio electrónico o de telecomunicación del cual pueda conservarse una constancia. Las solicitudes de prescripción que involucren más de diez líneas o que se refieran a troncales de conmutadores telefónicos, podrán llevarse a cabo en forma conjunta siempre que se efectúen por escrito.¹

Los cambios a la numeración y señalización para la telefonía de larga distancia en enero de 1997 serán como sigue:

Llamada	Situación Actual	Situación Futura	
		Prescripción	Marcación
Nacional	90 Acceso a la red celular	Se elimina	010
	91 Automática de teléfono a teléfono	Se cambia al 01	
	92 Automática de persona a persona	Se integra en el 02	
Internacional	95 Automática de teléfono a teléfono (EU y Canadá)	Se cambia al 00	000
	96 Automática de persona a persona (EU y Canadá)	Se integra al 09	000
	98 Automática de teléfono a teléfono (mundial)	Se cambia al 00	
	99 Automática de persona a persona (mundial)	Se integra al 09	

2.2. TELEFONÍA Y DATOS

Velocidades de Acceso a la ISDN

Las normas ISDN definen el acceso del usuario a la ISDN a través de canales B y D para crear diferentes configuraciones de canales. Estas configuraciones de canales pueden imaginarse como tubos: Cada tubo lleva varios canales los cuales están multiplexados en tiempo sobre la línea de transmisión. Las dos principales configuraciones son la Basic Rate Interface (BRI, Interface de Acceso Básico) y la Primary Rate Interface (PRI, Interface de Acceso Primario). También son conocidas como Acceso Básico (BA) y Acceso Primario (PA).

Basic Rate Interface (BRI, Interface de Acceso Básico)

Una BRI consiste de dos canales B (64 Kbps cada uno) y un canal D (16 Kbps), el cual es conocido como 2B+D y tiene una capacidad para transportar información de 144 Kbps (64K + 64K + 16 Kbps). Con bits adicionales de overhead (control), la velocidad total en la interface S es de 192 Kbps. El de dos canales B puede usarse independientemente para diferentes tipos de transmisión. Por ejemplo, un canal B puede llevar información de voz y el otro puede llevar datos. De esta manera, voz y datos son integrados sobre los mismos medios de transmisión.

Primary Rate Interface (PRI, Interface de Acceso Primario)

Actualmente, existen dos tipos de accesos primarios definidos. En E.U., Corea del Sur y Japón, el PRI (conocido como E1) que es de 1.544 Mbps (23 canales B y un canal D a 64 Kbps cada uno más un overhead de 8 Kbps). El PRI Europeo (conocido como T1) usa 30 canales B y un canal D a 64 Kbps cada uno (más un overhead de 64 Kbps) para una velocidad total de 2.048 Mbps. El overhead para ambos casos de PRI's sirve para funciones tales como sincronización de trama y administración de red

Formato de Transmisión DS1 (T1)

La base de la jerarquía de TDM es el formato de transmisión DS-1, el cual multiplexa 24 canales. Cada trama contiene 8 bits por canal más un bit de "framing" para un total de $24 \times 8 + 1 = 193$ bits. Para transmisión de voz, se aplican las siguientes reglas. Cada canal contiene una palabra de datos de voz digitalizada. La señal original de voz está digitalizada utilizando modulación por codificación de pulsos (PCM) a una velocidad de 8000 muestras por segundo. Por lo tanto, cada trama debe repetirse 8000 veces por segundo. Con una trama de longitud de 193 bits, tenemos una velocidad de transmisión de $8000 \times 193 = 1.544$ Mbps (ver Figura 2.1). El mismo formato DS1 es utilizado para proveer servicio digital de datos. Para compatibilidad con voz, la misma velocidad de datos 1.544 Mbps es utilizada. En este caso, 23 canales de datos son provistos. El canal 24 está reservado para un byte especial de sincronización, el cual permite un *reframing* más rápido y más rentable. Dentro de cada canal, siete bits por trama son utilizadas para datos, el octavo bit es utilizado para indicar si el canal, para esa trama, contiene datos de usuario o datos de control del sistema. Con los siete bits por canal, y debido a que cada trama esta repetida 8000 veces por segundo, se crea una velocidad de datos de 56 Kbps provista por cada canal. Velocidades de datos más bajas son provistas utilizando una técnica conocida como *subrate multiplexing*. Para esta técnica, un bit adicional es tomado de cada trama para indicar cual velocidad de *subrate multiplexing* está siendo provista. Esto deja una capacidad total por canal de $6 \times 8000 = 48$ Kbps. Esta capacidad es utilizada para multiplexar cinco canales de 9.6 Kbps, o veinte canales de 2.2 Kbps. Por ejemplo, si el canal 2 es usado para proveer servicio de 9.6 Kbps, entonces hasta cinco subcanales de datos comparten este canal. Los datos para cada subcanal aparecen como seis bits en canal 2 cada cinco tramas.

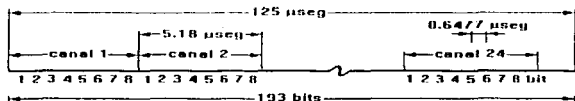


Figura 2.1. Trama de transmisión DS1

Finalmente, el formato DS1 puede ser utilizado para acarrear una mezcla de canales de voz y datos. Para el caso de voz, los 24 canales son utilizados, es decir que no se provee el byte de sincronía. La multiplexión de niveles más altos se realiza interponiendo bits de entradas DS-1. Por ejemplo, el sistema de transmisión DS-2 combina cuatro entradas DS-1 en un flujo de 6.312 Mbps.

Cada nivel más alto de la jerarquía TDM está formado por la multiplexión de señales del siguiente nivel más bajo o por la combinación de dichas señales con otras entradas. La Figura 2.2 ilustra esta jerarquía. Primero, la velocidad de transmisión es usada para proveer tanto servicios de voz como de datos. El servicio de datos es conocido como Dataphone Digital Service (DDS, Servicio Digital de Datos). El DDS provee servicio de transmisión digital entre los dispositivos del cliente en velocidades de datos desde 2.4 hasta 56 Kbps. El servicio está disponible al cliente sobre dos líneas de par trenzado.

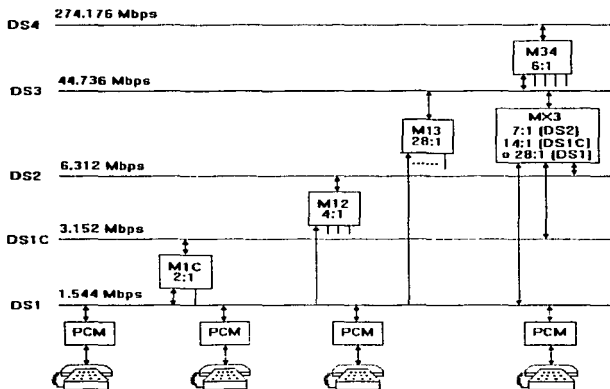


Figura 2.2. Jerarquía TDM Digital Norteamericana

Varios multiplexores estandarizados son empleados para crear facilidades de transmisión en más altas capacidades. Las más comúnmente utilizadas son mostradas en la Figura 2.2. Las designaciones DS1, DS1C y siguientes se refieren a la estructura de multiplexión utilizada para acarreo de información. AT&T y otras empresas suministran facilidades de transmisión para soportar dichas señales multiplexadas, referidas como carriers systems. Estos son designados con un nivel "T". Así, el carrier T-1 provee una velocidad de datos de 1.544 Mbps y es capaz de soportar el formato de multiplexión DS-1 y así sucesivamente para velocidades de datos más grandes. La Tabla 2.1 muestra alguna de las posibles combinaciones que pueden realizarse. ²

Trama de Datos E1

La estructura de la trama de datos utilizada en México y en Europa es conocida como E1, la cual tiene algunas variantes respecto de T1. Dichas variantes son aceptadas por el CCITT para implementarlas en la Integrated Services Digital Network (ISDN). E1 usa un ancho de banda mayor que T1, por lo tanto su capacidad de transmisión es mayor. E1, transmite por un solo canal (compuesto por 30 canales lógicos con capacidad de 64 Kbps) acceso a velocidades de hasta 2.048 Mbps. Aunque esta diferencia no implica problemas de comunicación de una ciudad a otra. Por ejemplo, si se requiere un enlace Cd. de México-Sn Antonio Texas, TELMEX otorga al cliente un canal E1 de 2.048 Mbps hasta la frontera del país. Una vez ahí, la compañía de teléfonos con la que se tenga el trato en Estados Unidos, será la encargada de recibir a los 2.048 Mbps y convertirlos a los 1.544 Mbps que soporta T1; que es lo que se utiliza en aquel país.

Designación de carrier	Número de canales de voz	Velocidad de datos (Mbps)	Combinaciones		
T-1	24	1.544	-	-	-
T1-C	48	3.152	2 T-1	-	-
T-2	96	6.312	14 T-1C	2 T1-C	-
T-3	672	44.736	28 T-1	14 T1-C	7 T-2
T-4	4032	274.176	168 T-1	84 T1-C	42 T-2

Tabla 2.1. Capacidad de algunos Carriers de comunicación

La CCITT ha estandarizado algunas combinaciones de canales posibles, como un servicio internacional que ofrecen las compañías telefónicas a los subscriptores que requieren servicios de transmisión digital. Algunos de estos canales son los siguientes:

- Canal básico compuesto de dos canales tipo B y un canal tipo D, de 8 y 16 Kbps, respectivamente, que se utiliza para señalización y control de tráfico dentro del canal.
- Canal A, que es una línea telefónica convencional; (línea analógica) de 4 KHz, en la cual se transporta voz y que también puede ser utilizada para transportar datos con el uso de un módem.
- Canal tipo B de 64 Kbps que puede ser utilizado para enviar datos o voz digitalizada.
- Canal tipo D, es un canal digital de 8 a 16 Kbps.

En México, para transmisión de datos solo se ofrecen dos tipos de canales, tipo B de 64 Kbps o un canal E1, los cuales están compuestos de 30 canales tipo B de 64 Kbps. El usuario será el que decida para que quiere usar cada canal (voz, texto, imagen, etc.).

Carrier System T3

T3, es una especificación basada en T1 pero cuenta con un ancho de banda mayor, ofreciendo servicios para transferir datos digitales a velocidades de 44.54 Mbps. Siendo este el T3 un servicio mucho más rápido que T1 y E1, ya que T3 está constituido por el multiplexaje de 28 líneas, es decir, por 672 canales lógicos. En un caso como este la compañía telefónica multiplexa o convierte a T3 las líneas T1, que el usuario tiene disponibles, aunque no todas las compañías telefónicas pueden ofrecer un servicio T3; además, solo los usuarios que tengan instalado equipo ATM podrán hacer uso de un sistema T3, ya que el ancho de banda que soporta es de 44.54 Mbps, cantidad que solo puede ser soportada por un protocolo como ATM.

Sin embargo, StrataCom una compañía estadounidense líder en tecnología digital, ha lanzado al mercado una tarjeta T1/E1, que permite acceder velocidades y anchos de banda como los que se alcanzaron a partir de las especificaciones T1 y E1. Con este hecho, en México por ejemplo, será una realidad la comunicación digital a altas velocidades en protocolos como Frame Relay y ATM donde es posible emitir voz, datos e imágenes indistintamente por su gran

capacidad de ancho de banda.

T1, E1 y T3 son estándares que permiten la transmisión digital de datos, físicamente hablando. T1, E1 y T3 son el medio por el cual va a viajar la información de un lugar a otro y ATM, Frame Relay y Cell Relay, por ejemplo, son protocolos para transmisión de datos que permiten la comunicación digital de redes de computadoras. Sin embargo, existe una diferencia: los mismos servicios que se pueden tener sobre T1 se pueden acceder sobre T3, pero hay protocolos que no son capaces de trabajar sobre T3, por ejemplo X.25 (que se utiliza en México), ya que están pensados para aquellas redes que manejan velocidades de 1200 bps hasta velocidades de 128 Kbps.

Cuando un usuario alcanza el máximo de envío de datos (128 Kbps), requiere un ancho de banda de 2.048 Mbps y es cuando se recomienda el uso de Frame Relay. Y al requerir más de 2.048 Mbps, entonces necesitará un servicio de ATM que soporte este ancho de banda.

E3 Mayor Velocidad y Ancho de Banda:

Así como se desarrolló un estándar T3 basado en T1, también se ha desarrollado un estándar E3, con una capacidad mayor a la de E1. En Europa también se están haciendo pruebas donde se propone un ancho de banda más grande. La denominación que se le da a este nuevo estándar es SONET (Synchronous Optical Network; Red Óptica Síncrona), estándar que también se basa en línea E1 y que va a dar servicios de transmisión digital, desde los 51.85 Mbps hasta los 2.5 Gbps.

Al igual que en Estados Unidos se está tratando de ofrecer T3 como una alternativa de T1 por su ancho de banda, E3 y SONET, también ofrecerán sus servicios como una alternativa, cuando los canales E1 ya no satisfagan las necesidades de transmisión de los usuarios, con lo cual ATM y Frame Relay se harán más populares.³

2.3 RED DIGITAL INTEGRADA EN MÉXICO

Más de 500 empresas en todo el país y muchos particulares se han visto beneficiados con el servicio de la Red Digital Integrada (RDI) operada por Teléfonos de México para contar con comunicaciones de voz, datos y video por medio de troncales digitales para conmutadores, enlaces digitales para conducción de señales vía satélite y mejores conexiones de larga distancia nacional e internacional.

Con estos servicios Telmex obtiene todas las ventajas de una red privada de alta calidad, contando a la vez con la intercomunicación entre las diferentes redes corporativas. La RDI se ha ampliado para dar servicio en las 30 ciudades del país y está interconectada con la red de los operadores de servicios de larga distancia más destacados de Estados Unidos.

Telmex instaló para el sistema de la RDI más de dos mil kilómetros de fibra óptica y se pusieron en servicio diez avanzadas centrales de tránsito para comunicaciones digitales de alta especialización y 120 sistemas de enrutamiento dinámico, equipos que sustituyen constantemente las rutas que llegan a tener problemas por otras que operan correctamente. Gracias a ello es posible mantener la continuidad en el servicio con una eficiencia de 99.5%. Como complemento de la RDI está en operación la red satelital multiusuario que ofrece conducción de señales de voz, datos e imágenes en cualquier localidad del país y que en breve ampliará su cobertura en Estados Unidos, Centroamérica y el Caribe mediante el satélite Solidaridad I.

Las grandes empresas e industrias ya cuentan con este servicio. Telmex indicó que las principales universidades del país también han empezado la formación de una Red Académica conocida como MEXNET, conectada a redes internacionales, facilitándose el acceso a bases de datos mundiales. Telmex indicó que para apoyar el desarrollo de las exportaciones y los negocios así como el mercado de transmisión de datos, se está impulsando el suministro de circuitos de uso privado, por lo que actualmente se tienen en servicio circuitos privados analógicos, digitales y satelitales tanto nacionales como internacionales. Con la Red Digital Integrada, Teléfonos de México ha dado el primer paso a la evolución de su sistema telefónico, al proporcionar un elevado nivel de calidad con los sistemas más adelantados de conmutación y transmisión.

La Red Digital Integrada (RDI) suministra un medio de transporte de señales digitales conmutadas y de punto a punto, con todas las modalidades de transmisión de información como voz, datos, textos e imágenes en un solo sistema para construir redes corporativas e institucionales a niveles local y de larga distancia nacional e internacional. Así mismo, incorpora una red multiusuario de satélite para la interconexión de localidades remotas o aisladas que requieren ser integradas a los servicios de la red digital terrestre, así como una red de transmisión de datos y paquetes para bajos volúmenes de información en tiempos cortos. Esta red digital, conformada por la red terrestre, la satelital y la de paquetes constituye la primera etapa en la implantación de la red digital de servicios integrados que Teléfonos de México tiene en proceso.

Características de la Red

Disponibilidad

- Cuenta con infraestructura para su contratación inmediata.
- Respaldo de la instalación y supervisión por compañías de prestigio mundial.
- Tiempos mínimos de respuesta en el servicio.

Confiabilidad

- Medio de transmisión de alta calidad inmune al ruido e interferencias a través de fibra óptica.
- Precisión para completar llamadas con el uso de centrales de conmutación digital.
- Respaldo asegurado mediante la instalación de radios digitales y fibras ópticas de soporte.

Calidad

- Alta calidad en la conversación.
- Mínimo promedio de errores en el envío y recepción de datos.
- Absolutamente libre de ruidos e interferencias.

Aplicaciones y Funciones

La Red Digital Integrada permite, facilita y optimiza aplicaciones y funciones que son fundamentales en la operación de esta área de las empresas e instituciones como:

- Flexibilidad para configurar sus comunicaciones de acuerdo con el desarrollo de su organización.
- Es la opción más eficaz y confiable de envío y recepción de datos.
- Se tiene acceso al usuario a través del sistema de fibras ópticas y microondas digitales.
- Cuenta con centros de conmutación y transmisión con sobrada capacidad de manejo de líneas digitales de alta velocidad y acceso múltiple.
- Ofrece el acceso directo a conmutadores digitales y analógicos.
- Utiliza canales digitales de larga distancia para enlazar las ciudades consideradas en esta red.

Principales Servicios de la Red Digital Integrada

Acceso Digital a un Conmutador Electrónico o Digital

Mediante este servicio, los conmutadores del usuario pueden ser conectados a la Red Digital Integrada a través de troncales de 64 Kbps y enlaces de 2.048 Mbps incorporando así a sus comunicaciones todo el potencial y la calidad que la tecnología digital ofrece en la actualidad en la transmisión de información tanto de voz como de datos.

Marcación Directa Entrante

Este servicio permite que las extensiones del conmutador del usuario conectado a la Red Digital Integrada pueda ser accesada desde el exterior como un número directo sin necesidad de la intervención de la operadora.

Centrex Básico

Con esta facilidad, en las instalaciones del usuario se ubica un módulo de la central de conmutación de la Red Digital Integrada, proporcionando así al cliente los servicios y funciones básicas equivalentes de un conmutador privado, con la responsabilidad del mantenimiento por parte de Telmex y sin necesidad de inversiones en equipo, además que de forma inmediata, se pueden incorporar funciones y servicios más avanzados, evitando la obsolescencia en sus comunicaciones.

Centrex Avanzado

Completando la versión de este servicio, se integran facilidades más avanzadas de la tecnología digital, brindando al usuario desde el inicio la posibilidad de manejar en su empresa voz, datos y video en las mismas condiciones financieras, económicas y operativas.

Videoconferencia

Es la capacidad de transmitir señales de video interactivo en diversas localidades a través de enlaces para Red Digital Integrada, estableciendo una comunicación efectiva y dinámica que permita optimizar tiempo y costos a las empresas en aplicaciones como reuniones y juntas de trabajo, cursos de capacitación, comunicados al personal, distribución de información y su discusión inmediata, todo esto sin necesidad de traslados innecesarios, incrementando la productividad de la institución.

Enlace Digital de Alta Velocidad

Es el establecimiento de un canal de 2.048 Mbps punto a punto para la transmisión de señales de información como voz, datos e imagen. El enlace digital de alta velocidad permite la optimización y la racionalización de las comunicaciones al facilitar la administración de su capacidad ya que puede modularse de acuerdo a las necesidades de cada usuario, pudiendo manejar desde 30 comunicaciones de voz de 64 Kbps hasta 240 con voz comprimida, así como desde 30 de datos también de 64 Kbps hasta 180 de 9.6 Kbps o las combinaciones de ambas modalidades.

Red Privada Metropolitana

Es la capacidad de interconectar a través de la Red Digital Integrada todas las ubicaciones de un cliente en una misma ciudad con las facilidades y servicios de una red privada, con enlaces de muy alta calidad y velocidades que permiten la administración adecuada de los recursos de la empresa y con la tecnología digital, la utilización de diversas modalidades de transmisión como voz, datos e imagen como si fuera un solo edificio, optimizando la operación diaria.

Cruce Fronterizo

Es la capacidad de interconectar a las empresas e instituciones de las ciudades fronterizas, principalmente la industria maquiladora con las ciudades o poblaciones equivalentes en EUA a través de enlaces de la Red Digital Integrada de hasta 2.048 Mbps para la transmisión de todo tipo de señales, optimizando las comunicaciones y operaciones de estos clientes.

Red Global

Permite la formación de redes de alta capacidad de tecnología digital con funciones y facilidades asociadas a una red privada y con alcances internacionales, enlazando localidades de diversos países para el establecimiento de comunicaciones efectivas y competitivas.

Telefonía de Alta Calidad

Permite suministrar los servicios de RDI, en los centros de desarrollo turístico e industrial donde no se cuenta aún con infraestructura digital y se requiere proporcionar en corto plazo.

Red Privada de Voz y Datos

Permite integrar las funciones que una empresa lleva a cabo en diferentes localidades mediante los servicios de la RDI, los cuales ofrecen una conectividad total para domicilios y ciudades.

Red de Paquetes de Datos

La RDI permite la transferencia electrónica de datos, el acceso a bases de datos (videotexto) y el uso del correo electrónico entre empresas e instituciones haciendo más eficiente su operación, teniendo su acceso a través de la red conmutada o con líneas dedicadas.

Red Satelital

Suministra servicios digitales RDI a aquellas empresas que se encuentran localizadas en ciudades donde no se cuenta con infraestructura terrestre digital.

Enlaces Virtuales

Permite ofrecer a los usuarios de la RDI enlaces semipermanentes conmutados de 64 Kbps punto a punto bajo demanda previa y por tiempo determinado mediante simples comandos en el centro de control de la red.⁴

2.4 LA SUPERCARRETERA DE INFORMACIÓN Y REDES DE BANDA ANCHA EN MÉXICO

La iniciativa del gobierno de los E. U. que está impactando la regulación de las telecomunicaciones en Europa y otros países implica en principio algún tipo de integración de computadoras, software y redes telefónicas para constituir una infraestructura de amplia capacidad para utilizar por un solo camino líneas telefónicas digitales, sistemas de TV por cable y redes de transmisión de datos de alta velocidad. Todo esto en conjunto implica la disponibilidad de una gran cantidad de servicios profesionales, corporativos, de entretenimiento, y de información en términos generales.

En México, Telmex y sus nuevos competidores tiene un papel esencial para lograr el impulso de una iniciativa semejante, ya que el acelerado desarrollo de la fibra óptica en las redes locales y de larga distancia está estableciendo una base

que puede y debe ponerse a disposición de sus clientes en condiciones más atractivas y en proyectos de tipo multiusuario que permiten la interacción transparente entre los diferentes tipos de usuarios para abrir nuevos campos de oportunidades.

Casos como la red interbancaria e interbursátil, la red de Secretaría de Hacienda y muchas otras redes de computadoras que operan sobre la Red Digital Integrada, son ejemplos elocuentes de lo que Telmex ha promovido para sus clientes. El siguiente paso será que la empresa asuma un papel más activo participando con los grupos de usuarios en formas más avanzadas de intercomunicación digital de alto nivel. Es posible que para dar este paso se requiera establecer esfuerzos conjuntos con empresas integradoras de sistemas de información y organismos que manejan y promueven bases de datos e instituciones académicas y de investigación.

La infraestructura de fibras ópticas que Telmex ha desarrollado en las redes locales y de larga distancia, ya alcanzan más de 15000 kilómetros y tiene una capacidad que rebasa por mucho las necesidades de los servicios básicos de telefonía, ya que está prevista para "desdoblarse" en forma prácticamente ilimitada a base de equipamiento electrónico especializado en los extremos y en los puntos de repetición. Con un enfoque de alto perfil Telmex podrá ofrecer en forma competitiva el elemento base para el transporte de las señales de voz, datos, texto y vídeo que forman la materia prima o básica que circulara por la supercarretera de la información.

En los países desarrollados, la diversificación y los servicios en las Telecomunicaciones se llevó a cabo al llegarse a la situación de los servicios básicos. En México, donde la penetración de estos alcanza el 30%, el crecimiento de los servicios y la infraestructura ha llevado un ritmo mínimo del 12.5% y es probable que el servicio básico tenga que mantener un crecimiento varias veces superior la del Producto Interno Bruto. Al mismo tiempo, las necesidades de modernización impulsan el desarrollo de aplicaciones avanzadas como las que tienen que ver con la supercarretera de información. Esta coincidencia de objetivos es un reto a la capacidad de coordinación, pero también una oportunidad para resolver los avances tecnológicos sin provocar problemas de desocupación de mano de obra como los que están ocurriendo en E. U. El medio para armonizar esta migración de recursos es claramente la capacitación.

En el caso de nuestro país, es claro que habrá que utilizar las nuevas infraestructuras a base de fibras ópticas que ya existen a nivel nacional como en las principales ciudades para dotarlos de equipos de transmisión y ruteo de los

llamados de Banda Ancha, con esto de verdad se avanzará a la edificación de la supercarretera en su porción troncal. No debe dejarse para después al concretarse este concepto en México y encausar el desarrollo en la infraestructura en esa dirección antes de que la apertura a la competencia en las telecomunicaciones haga complicado el manejo de infraestructuras promovidas separadamente por los diversos operadores que participen en el mercado. Para esto tienen que participar las empresas en telecomunicaciones, las de transmisión de televisión, las que tienen redes privadas de comunicación y sistemas multimedia, así como todas las empresas de tecnología de computación, telecomunicaciones y vídeo.

¹ Varios:

- "Excelsior", Viernes, 28 de Enero de 1994, pp. 14A.
- "El Financiero", Viernes, 4 de Febrero de 1994, pp. 12.
- "El Heraldo de México", Miércoles, 23 de Febrero de 1994, pp. 1F.
- "Excelsior", Sábado, 2 de Abril de 1994, pp. 5A.
- "El Financiero", Martes, 26 de Abril de 1994, pp. 10.
- "El Financiero", Lunes, 9 de Mayo de 1994, pp. 10.
- "Excelsior", Lunes, 30 de Mayo de 1994, pp. 5F.
- "Expocomm Telecomunicaciones México", Boletín Informativo, Septiembre 1995.
- "El Economista" Viernes, 5 de Enero de 1996, pp. 29.
- "El Universal", Miércoles, 10 de Enero de 1996, pp. 3.
- "El Nacional", Viernes, 12 de Enero de 1996, pp. 21.
- "El Financiero", Martes, 16 de Enero de 1996, pp. 11.
- "El Financiero", Junio-Octubre de 1996, varias pp.

² Stallings Williams, ISDN and Broadband-ISDN, USA, 2a. Edición, pp. 126-130.

³ "Excelsior", Lunes, 21 de Marzo de 1994, pp. 5F.

⁴ TELMEX, Boletín Informativo, 1995.

"Excelsior", Sábado 2 de Abril de 1994, pp. 5A.

"Reforma", Lunes, 11 de Junio de 1994, pp. 36A.

CAPÍTULO 3

REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RED DE BANDA ANCHA EN MÉXICO

3.1 NORMALIZACIÓN Y NORMATIVIDAD

La Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN) reúne en sí dos tendencias de telecomunicaciones: Primeramente, está el concepto de Red de Servicios Integrados, que ofrece a los usuarios acceso a todos los servicios de telecomunicación a través de una interface única y utilizando procedimientos comunes para control de llamadas. Esto condujo a la definición de normas ISDN en 1984 y 1988. En segundo lugar figura el rápido desarrollo de terminales de usuario final, y en particular terminales capaces de manejar grandes volúmenes de datos. Estas tendencias tienen un firme soporte en el rápido desarrollo de la tecnología de fibra óptica en la conmutación ATM (Modo de Transferencia Asíncrono). El concepto ATM permite un uso flexible y acorde con las necesidades del servicio de los medios de transmisión disponibles, y suprime la necesidad de canales de velocidad binaria constante.

Importancia de las Normas de Banda Ancha

Toda norma de telecomunicación se realiza debido a la introducción de nuevos servicios. El uso de las normas puede aportar ventajas de costo tanto para fabricantes como para proveedores de servicios. En el caso de la red de banda ancha, es necesaria la implementación de tecnologías de conmutación y

transmisión a diferentes velocidades para satisfacer las crecientes demandas de los usuarios; esto obliga a introducir con rapidez normas que eviten problemas de incompatibilidad.

El CCITT pretende aportar normas que abarquen todos los aspectos de la banda ancha; pero también hay que darle importancia a las normas WAN (redes de área metropolitana), las cuales se están preparando en el Comité 802.6 del IEEE y el TSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación).

Evolución de las Normas de Banda Ancha dentro del CCITT

La necesidad de normas para la banda ancha se descubrió primeramente en la reunión de la Comisión de Estudio XVIII del CCITT en enero de 1985, al comenzar el periodo de estudio 1985-88. Dos importantes decisiones configuraron el futuro de la red de banda ancha. Estas decisiones afectan a la conmutación y transmisión en dicha red:

1. *Conmutación:* Se eligió ATM como base de todos los servicios de la red de banda ancha.
2. *Transmisión:* Se escogió la SDH para utilizarse con velocidades de transmisión de 150 Mbps y múltiplos de ella.

Ambos acuerdos se encuentran en la recomendación I.121, incluyéndose en ésta las recomendaciones G.707, G.708 y G.709 que describían la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Mecanismos Básicos de ATM

Control de flujo genérico: el uso de este campo de cuatro bits garantiza un acceso equitativo, satisfactorio y eficaz al medio de transmisión compartido por varias terminales.

Identificador de trayecto virtual: debido a este campo (de 8 bits en el acceso y 12 bits en la red) se pueden establecer los enlaces virtuales. Comparando con las conexiones en las redes existentes basadas en ATM, el concepto de trayecto virtual permitirá que el explotador de la red lleve a cabo un dimensionado flexible y dinámico de los parámetros, tales como el ancho de banda, tasa de errores, retardo y fluctuación del retardo

Adaptación de ATM a los Servicios

El concepto de ATM Adaptation Layer (AAL, Capa de Adaptación de ATM) ha sido aceptado y se espera que el trabajo actual conduzca a adoptar cuatro capas AAL básicas adecuadas para diversas clases de servicios:

1. *AAL de clase 1*, para servicios que requieren características de transferencia similares a las que ofrecen los servicios por conmutación de circuitos.
2. *AAL de clase 2*, para servicios de vídeo a velocidad variable que exigen transferencia de datos rápida y de gran ancho de banda.
3. *AAL de clase 3*, para servicios de datos que necesitan una mayor protección de los datos, conseguida por protección y corrección de errores y numeración secuencial.
4. *AAL de clase 4*, para servicios sin conexión que suelen corresponder a transacciones cortas, como la transferencia de un bloque de datos.

Modelo de Referencia de Protocolos

Dada la complejidad y la interacción de los conceptos de la red de banda ancha, se creó un Protocol Reference Model (PRM, Modelo de Referencia de Protocolos). El PRM distingue claramente entre las funciones ATM que interactúan con la capa física y las que son independientes de ella.

Normalización de Banda Ancha en el IEEE

El IEEE es el principal organismo de normalización para comunicaciones de datos entre ordenadores. La mayoría de las normas CCITT a este respecto están influidas por las normas de International Organization for Standardization (ISO, Organización Internacional de Normalización), y estas a su vez están influenciadas por las normas IEEE. Este proceso normalizador tuvo la aceptación y aplicación mundial de las normas de Local Area Network (LAN, Red de Área Local) del IEEE para interconexión de ordenadores: la IEEE 802.3 (acceso múltiple con detección de portadora/detección de colisiones, AMDP/DC) o la IEEE 802.5 (anillo con paso de testigo). Desde 1987, el IEEE trabaja en la normalización de una arquitectura de anillo con división en intervalos para la transmisión de alta velocidad, sin conexión de tramas de datos a través de WAN.

cuya especificación se contiene en la norma IEEE 802.6. Tanto el anillo mencionado como el ATM se basan en los mismos conceptos, esto es, el transporte de información en pequeños paquetes, llamados intervalos en las WAN o celdas en ATM para red de banda ancha.

Normalización de WAN en el ETSI

El veloz crecimiento de la demanda de interconexiones de LAN en Europa indujo a el ETSI (ETSI, Instituto Europeo para Estándares en Telecomunicaciones) a crear un comité subtécnico para normalización de WAN en 1989. Este comité tiene por misión elaborar normas técnicas europeas para WAN, basadas en la IEEE 802.6.

En la figura 3.1 se exponen las Recomendaciones de la Serie I del CCITT relativas a la B-ISDN.

Normas de WAN

NORMAS DE IEEE

En contraste con el CCITT, el IEEE generará una sola norma de WAN completa que abarcará las especificaciones siguientes:

1. Principios básicos de una subred Distributed Queue Dual Bus (DQDB, bus doble de cola distribuida)
2. Características y funciones de la capa física.
3. Características y funciones de la capa DQDB.

La versión 1990 de la norma IEEE 802.6 está ya casi terminada, a diferencia de las trece normas de la red de banda ancha del CCITT, y que proporcionará las siguientes especificaciones en la capa física:

- Definición del servicio.
- Principios de funcionamiento.
- Procedimiento de convergencia para los sistemas basados en DS3.

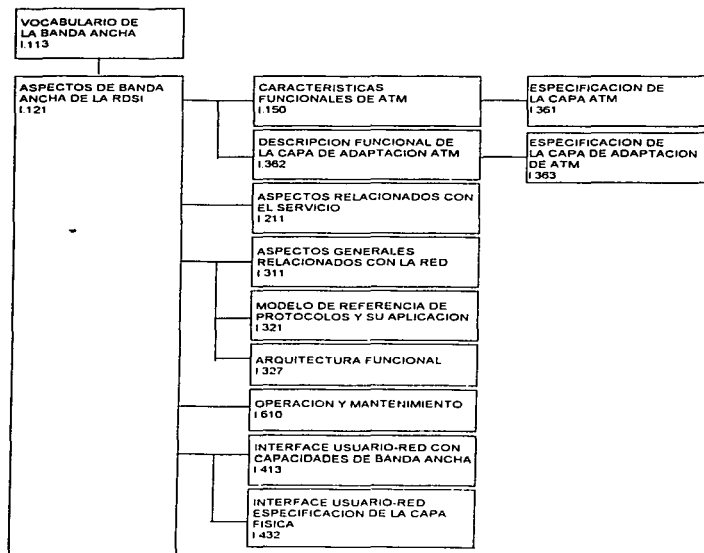


Figura 3.1 Recomendaciones de la Serie I del CCITT relativas a la ISDN de banda ancha.

Y en estas otras en la capa DQDB:

- Definición del servicio.
- Descripción funcional de los nodos DQDB.
- Facilidades de formatos de unidad de datos de protocolo (banderas, temporizadores, contadores).
- Funcionamiento en colas distribuidas y reensamblado.
- Interface de protocolo de gestión.

El comité IEEE 802.6 tiene en proyecto procedimientos de convergencia para sistemas de transmisión basados en DS1 (1.5 Mbps), SDH (155.52 Mbps) y G.703. Otros temas de trabajo para este comité son:

- Conformidad de la implantación del protocolo.
- Nodos de destino (o borradores); estos nodos liberan intervalos, aumentando así el caudal.
- Puentes (multipuerto, remotos).
- Servicios isócronos y con conexión.
- Gestión de capas (adaptación resultante de modificaciones).

Normas ETSI

EL ETSI producirá una serie de normas sobre WAN, algunas de ellas serán:

- Principios y arquitectura de WAN.
- Servicio portador sin conexión.
- Elementos funcionales para interconexión de LAN.
- Procedimientos de convergencia para sistemas de transmisión de los tipos E1 (2.048 Mbps) según G.704 del CCITT, y E3 (34 368 Mbps) y E4 (139 264 Mbps) conforme a G.751 del CCITT.

Normas de Transmisión

Durante el anterior periodo del CCITT (1985-88), se especificó y aprobó una nueva SDH para transmisión en banda ancha (G.707-G.709). En el periodo (1989-92) se completan las normas SDH, y además se creará un conjunto de normas nuevas que posibilitarán la materialización de dicha SDH. Se prueba en

1990, dentro de la Resolución número 2, del siguiente subconjunto de normas de transmisión de banda ancha del CCITT:

- G.703 ampliada por la interface SDH de 155.5 Mbps.
- Normas básicas de SDH (G.707-G.708).
- Normas de multiplexaje SDH (G smux-1 a G.smux-1).

Desde 1992 se dispone de las siguientes normas de transmisión:

- Transconector SDH (G.sdx-1 a G.sdx-3).
- Sistemas digitales de línea SDH (G. sis).
- Interfaces ópticos SDH (G.sna-1).

Calidad de funcionamiento y capacidades de gestión (G.sna-2).

3.2 IMPACTO EN EL TLC (Canadá y EUA)

Esta década está caracterizada por la consolidación de una nueva generación de redes, conocida como redes multimedia, que simultáneamente soportarán tráfico interactivo de datos, voz e imagen. Tales redes demandan tecnologías de transmisión menos ruidosas, como fibra óptica, y podrán utilizar protocolos capaces de soportar altas velocidades de transmisión requeridas en tiempo real, conexión-orientada de tráfico.

A diferencia de los Estados Unidos y Canadá los cuales tienen redes Packet Switching Network (PSN, Red de Conmutación de Paquetes) que cubren todo el país, en México la interconectividad de las redes de comunicaciones necesita ser reemplazada por el uso de el sistema de satélites Morelos. Por lo tanto, esto cambiará con la globalización económica de México con E.U. y Canadá. México necesitará evolucionar su infraestructura de telecomunicaciones para adaptar Frame Relay y tecnologías de conmutación rápida de paquetes. La PSN mexicana, es conocida como TELEPAC. Esta red pública está llevando a la emigración de su plataforma de X.25 a una más rápida como Frame Relay y conmutación rápida de paquetes.

Hasta ahora, las necesidades de interconectividad de redes de área local (LAN) - local y nacional- han sido satisfechas con éxito, por el backbone del sistema de satélites Morelos. En todos los casos las líneas han funcionado adecuadamente. Pero como las fuentes del satélite son limitadas, y porque las

necesidades de comunicaciones de México pronto excederán la capacidad de los satélites, el gobierno deberá emplear tecnologías alternas. Una alternativa que ha comenzado a considerarse es Frame Relay, la cual tiene la habilidad de soportar velocidades de transmisión hasta de 2 Mbps y puede también reasignar anchos de banda dinámicamente.

La red TELEPAC es utilizada como una red backbone de alta velocidad. La propuesta para impulsar TELEPAC tiene el respaldo de el gobierno federal por medio del Instituto Mexicano de las Comunicaciones (IMC), y la oficina técnica de Telecomunicaciones de México para modernizar la red. Además, los consumidores en México, E.U. y Canadá están demandando que el gobierno instale una red con backbone de mayor velocidad. Para llevarlo a cabo, el IMC pidió al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, BC (CICESE), un centro de investigación tecnológica patrocinado por el gobierno federal mexicano, para estudiar la factibilidad de un proyecto para modernizar la PSN de TELEPAC.

Al igual que X.25, Frame Relay utiliza tecnología de conmutación de paquetes, pero añade soporte para conmutación de circuitos y multiplexión por división de tiempo (TDM). Frame Relay combina lo mejor de ambas tecnologías, utilizando multiplexión estadística de X.25 y capacidad *port sharing* con alta velocidad y poco retardo de TDM.

La red TELEPAC evoluciona rápidamente para dar nuevos servicios y mayores velocidades de transmisión, no solo como una sólida alternativa para comunicación satelital, sino también para soportar la integración económica de México en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. TELEPAC podrá ofrecer las siguientes tecnologías: Frame Relay, conmutación rápida de paquetes, multiplexión estadística y protocolos *internetworking* de alta velocidad.

Frame Relay, conmutación rápida de paquetes y sus protocolos, juntos proveen una red de comunicaciones de alta velocidad para el transporte de datos. Cuando se examinó si TELEPAC podría ser compuesta para actuar como una infraestructura de red de alta velocidad, CICESE determinó los tres requerimientos mínimos necesarios para aplicar la tecnología Frame Relay:

- El uso de dispositivos terminales que estén equipados con mayor inteligencia y con la capacidad para manejar protocolos de capas más altas
- El uso de líneas de transmisión menos ruidosas tales como fibra óptica
- La habilidad para manejar aplicaciones que puedan tolerar variaciones en retardos

Una de las características importantes de Frame Relay, la cual presenta una ventaja favorable para la red TELEPAC, es su habilidad para coexistir en un ambiente híbrido. En otras palabras, los usuarios pueden continuar utilizando la tecnología X.25 en TELEPAC, donde su más baja velocidad puede ser suficiente, mientras que al mismo tiempo se esté aplicando la tecnología Frame Relay en esas mismas líneas.

TELEPAC añadió tecnología Frame Relay a la red X.25 vía software, habilitando el servicio Frame Relay para utilizar el mismo procedimiento como con X.25, ya sea modificando el hardware así como el software en cada uno de los nodos del backbone. El análisis de flexibilidad para convertir TELEPAC a una red Frame Relay fue investigado vía el equipo de acceso asociado con la red (el equipo del usuario, el equipo de conmutación en el backbone, y las líneas físicas utilizadas en el path, así como la topología propia de la red), ver figura 3.2.

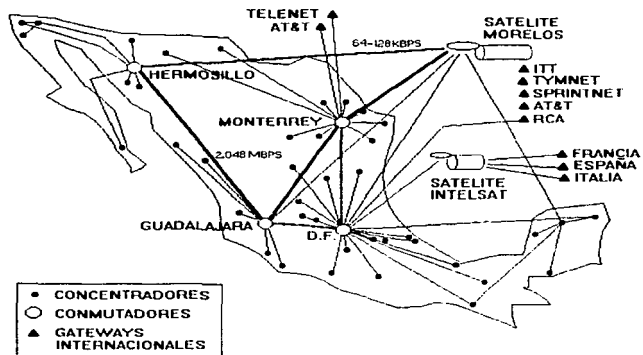


Figura 3.2. Backbone de Frame Relay propuesto para TELEPAC

Como resultado de un estudio por parte del CICESE, se concluyó que la tecnología más rápida de comunicaciones en México en esta década es la que va hacia PSNs de mayor velocidad. CICESE determinó que este procedimiento es factible y ocurrirá en tres distintas etapas:

1. Emigración gradual de X.25 hacia Frame Relay
2. Fusionando la tecnología Frame Relay con tecnologías de conmutación rápida de paquetes
3. Implementando una red multimegabit conmutada

La primera etapa habilitará a TELEPAC para soportar las necesidades tanto nacionales como internacionales, mientras que la segunda etapa añadirá soporte para transmisión integrada de voz, datos e imagen. Finalmente, la tercera etapa puede suministrar servicios completos de multiplexión y alta velocidad.

La modernización de la red TELEPAC ya ha comenzado. En suma, la integración económica de los E.U. con los otros países de Norte América demanda el uso de alta velocidad en PSN y México está forzado a proveer un tipo similar de servicio como su contraparte Norteamericana. Por esta razón, CICESE designa la PSN de TELEPAC México como la mejor red para servir al crecimiento de los requerimientos en comunicaciones de los países en la presente década.²

Crecimiento Esperado en Telecom de México

Cuando se termine con el monopolio de Telmex en larga distancia y servicios internacionales, y debido a la competitividad en 1997, la más grande carrera de telecomunicaciones en México se ha visto forzada a acelerar el programa de modernización y expansión de su red. Las principales líneas han crecido desde 5.34 millones en 1990 hasta 7.62 millones al final de 1993, esto representa el 12.6% anual. Adicionalmente, Pyramid Research proyecta que el mercado de redes en México subirá alrededor de \$257.1 millones en 1998.

Decreto de Promulgación del TLC de América del Norte

El Diario Oficial de la Federación el 20 de diciembre de 1993 publicó el Decreto de promulgación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, el cual se firmó simultáneamente el día 17 de diciembre de 1992, en las ciudades de México, Ottawa y Washington, D. C.

Los Gobiernos de los Estados Unidos Mexicanos, Canadá y Los Estados Unidos de América, de conformidad con el Artículo 2203 del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, intercambiaron notificaciones en las que manifestaron haber concluido con las formalidades jurídicas necesarias a efecto de que el Tratado entrase en vigor el día primero de enero de 1994.

En lo que confiere al tema de comunicaciones, en la quinta parte -de un total de ocho- referida a Inversión, Servicios y Asuntos Relacionados, en su capítulo XIII Telecomunicaciones, se muestra los Artículos correspondientes a dicho tema, cuyos títulos se enlistan a continuación:

- Artículo 1301. Ambito de aplicación
- Artículo 1302. Acceso a redes y servicios públicos de telecomunicación y su uso
- Artículo 1303. Condiciones para la prestación de servicios mejorados o de valor agregado
- Artículo 1304. Medidas relativas a normalización
- Artículo 1305. Monopolios
- Artículo 1306. Transparencia
- Artículo 1307. Relación con otros capítulos
- Artículo 1308. Relación con organizaciones y tratados internacionales
- Artículo 1309. Cooperación técnica y otras consultas
- Artículo 1310. Definiciones
- Anexo

Análisis de la Ley Federal de Telecomunicaciones

El día 7 junio de 1995 fue publicada en el Diario Oficial la Ley Federal de Telecomunicaciones. En su introducción la ley expone el propósito de regular el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico de las redes de telecomunicaciones y de la comunicación via satélite, promoviendo un desarrollo eficiente de las telecomunicaciones y fomentando una sana competencia entre los diferentes participantes con el fin de que ellos presenten con mejores precios, diversidad y calidad de servicios.

La ley distingue entre concesiones y permisos. De entre las concesiones existen cuatro tipos:

1. Para explotar una banda de frecuencias.
2. Para operar una red pública de telecomunicaciones.

3. Para ocupar una posición orbital satelital y explotar sus frecuencias.
4. Para explotar sistemas satelitales extranjeros que tengan cobertura nacional.

Las concesiones sólo se darán a empresas con un máximo de participación extranjera de un 49%, excepto en el caso de telefonía celular.

Se Liberan las Redes Privadas

Las redes privadas de telecomunicaciones ya no requieren de concesión o permiso a menos que utilicen bandas de frecuencia del espectro. Sin embargo sus operadores no podrán explotar comercialmente sus servicios.

Casos que Requieren Permiso

La ley presenta sólo dos casos de actividades que requieren permiso:

1. Comercializar servicios de telecomunicaciones sin tener carácter de red pública.
2. Operar estaciones terrenas transmisoras (telepuertos).

Un cambio importante en la nueva ley es que se libera de la solicitud de permiso a los servicios de valor agregado que son aquellos que emplean una red pública de telecomunicaciones y que comercializan a los usuarios con información adicional, diferente o reestructurada, o que implican interacción con el usuario de información almacenada tales como los servicios de acceso a bases de datos de información.

Interconexión de Redes

La nueva ley está diseñada para permitir el paso del monopolio actual a un estado de amplia competencia. Esto significa entre otras cosas que la SCT vigilará la eficiente interconexión de las diferentes redes de telecomunicación.

Según la ley, los concesionarios deberán adoptar diseños de arquitectura abierta para permitir la interoperabilidad de sus redes. La SCT quedará con la responsabilidad de administrar los planes de numeración, conmutación y

sincronización cuidando sobre todo fomentar el desarrollo de nuevos concesionarios, dándoles un trato sin discriminaciones y fomentando una sana competencia entre ellos.

Los concesionarios estarán obligados a interconectar sus redes ante la solicitud de cualquier usuario aplicándoles tarifas y garantizándoles que exista una adecuada capacidad y calidad.

La ley permite que los concesionarios comercialicen los servicios de la capacidad que hayan adquirido de otras redes públicas de telecomunicaciones y cuiden también que no exista trato discriminatorio o barreras contractuales o técnicas de cualquier naturaleza.

Derecho de Vía Disponible para Todos

Otro aspecto importante que toca la ley es lo referente a los terrenos adyacentes a las vías generales de comunicación tales como las torres de la CFE, los oleoductos y gasoductos de PEMEX así como actuales vías de comunicación y en general lo que represente el llamado Derecho de Vía el cual no podrá ser concesionado en exclusiva sino que se hará disponible de igual forma a los concesionarios que lo soliciten.

Telefonía de Larga Distancia Abierta en 1996

Las concesiones que se otorguen para redes públicas no podrán ofrecer servicios de telefonía básica de larga distancia sino hasta el 10 de agosto de 1996; los concesionarios de redes públicas registraron y aplicaron sus tarifas de interconexión a partir del 1º de Septiembre de 1995.

Precios Abiertos a la Libre Competencia

Se elimina el control de precios en todos los servicios de telecomunicaciones, solo se requiere registrarlos oportunamente ante la SCT. Este es un movimiento especialmente dirigido a la creación de un ambiente de competitividad y que elimina la situación anterior en la que en algunos servicios los concesionarios no podían ofrecer precios por debajo de una tarifa previamente estipulada por la SCT

Implementación

La nueva ley fue el resultado de la participación de un grupo multidisciplinario de analistas, entre los que se encontraron asesores especializados internacionales tales como McKinsey & Co. y fue realizada en un corto lapso de tiempo, razón por la cual es de esperarse que no todos los campos de operación de la SCT estén preparados para su pronta implementación. Se tendrá que esperar la publicación de los diversos reglamentos adyacentes a la ley para analizar más a detalle cual será su impacto de corto y largo plazo en las telecomunicaciones del país.³

¹ Engel A. y Mobasser B., "Nuevas Normas Relativas a la RDSI de Banda Ancha", Comunicaciones Eléctricas, España, Vol. 64, Núm. 2, 1990, pp. 177-185.

² Covarrubias David y Preciado Jorge, "Developing Wideband Mexican Networks in a NAFTA Environment", Revista Telecommunications, Vol. 23, Núm. 3, Marzo 1995, pp. 76 y 77.

³ Román Héctor, "Análisis de la Ley Federal de Telecomunicaciones: Alcances y Perspectivas", Revista Red, México, Año 5, Núm. 59, Agosto de 1995, pp. 66.

CAPITULO 4

TECNOLOGIAS PARA REDES DE BANDA ANCHA

4.1 FRAME RELAY

Conmutación Rápida de Paquetes

En los últimos años, los usuarios de las redes de computadoras han estado transfiriendo información en redes locales a altas velocidades (del orden de 10 Mbps). Esta tendencia a utilizar redes de alta velocidad se acentúa día con día debido al incremento en el uso de aplicaciones gráficas que requieren la transferencia de grandes volúmenes de información en tiempos relativamente cortos. En consecuencia, las redes de área amplia (WANs) de conmutación de paquetes han evolucionado para poder ofrecer velocidades de transmisión cada vez más elevadas, conservando su característica de compartir eficientemente el ancho de banda de las líneas de transmisión, necesaria cuando el tráfico de información es por ráfagas. Dos características tecnológicas recientes han influido considerablemente en el diseño de las WANs modernas: por una parte, la baja probabilidad de error y la alta velocidad de transmisión de las líneas digitales (en fibra óptica) y, por otra, el aumento en el poder de cómputo de las estaciones de los usuarios. Las redes X.25 y otras de conmutación de paquetes, fueron desarrolladas en los años 70 para trabajar sobre líneas analógicas de baja velocidad e implementan procedimientos complejos de detección y corrección de errores para proporcionar un servicio de transmisión casi libre de errores. Estos procedimientos disminuyen la velocidad real de transferencia de información debido al procesamiento requerido en cada nodo de conmutación de la red. Las

redes de relevo de tramas (frame relay), la siguiente generación de redes de conmutación de paquetes, reducen al mínimo estos procedimientos dentro de la red y dejan que las estaciones de los usuarios se encarguen de las tareas de corrección de los escasos errores de transmisión y de secuenciamiento que puedan ocurrir.

Utilizando líneas de transmisión de mayor velocidad y sobre todo disminuyendo el procesamiento requerido en los nodos de conmutación, las redes de relevos de tramas logran aumentar la velocidad de transferencia de información entre dos estaciones de usuario, en comparación con las redes X.25. El relevo de tramas es una de las dos grandes alternativas para realizar conmutación rápida de paquetes, término que se refiere a la explotación de la conmutación de paquetes en un ambiente de tecnología de alta velocidad. La otra gran división de la conmutación rápida de paquetes es el relevo de celdas (cell relay). La principal diferencia entre el relevo de tramas y el relevo de celdas estriba en que el primero transmite información en tramas de longitud variable, mientras que el segundo utiliza celdas de longitud fija. El uso de celdas de longitud fija permite realizar la conmutación utilizando mecanismos basados en hardware y, por lo tanto, opere a muy altas velocidades. En el futuro, las WAN de banda ancha estarán basadas en el relevo de celdas y en particular en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

Redes de Relevo de Tramas

El relevo de tramas es una versión de X.25 que aumenta la velocidad de transferencia a través de una red, por medio de la simplificación de las funciones realizadas por las estaciones de los usuarios y los nodos de conmutación durante la fase de transferencia de datos. Entre las estaciones de los usuarios y los nodos de la red se transmiten únicamente tramas a nivel enlace de datos (Figura 4.1). El relevo de tramas elimina el nivel de red de X.25 y no implementa las funciones de secuenciamiento y corrección de errores del nivel de enlace de datos. En la capa 2 del relevo de tramas se tiene únicamente las funciones clásicas de entramado y detección de errores, y se incorporan las funciones de enrutamiento y multiplexaje de canales lógicos propios a la capa 3.

Las funciones de la capa 2 se dividen en dos subcapas:

- a) los aspectos del núcleo implementados por todos los equipos de la red

- b) los elementos de procedimiento (EOP) implementados únicamente (y como una opción) en las estaciones de los usuarios

El núcleo es la parte fundamental de las redes de relevo de tramas ya que contiene las funciones esenciales de transferencia de datos. Las funciones de corrección de errores y control de flujo no se implementan en cada enlace entre los nodos de la red, sino que son responsabilidad de los EOP o de una capa superior en las estaciones de los usuarios. La simplificación de las funciones de los nodos de conmutación de la red trae como consecuencia una reducción significativa en el tiempo de procesamiento de las tramas y en el tiempo de tránsito a través de la red.

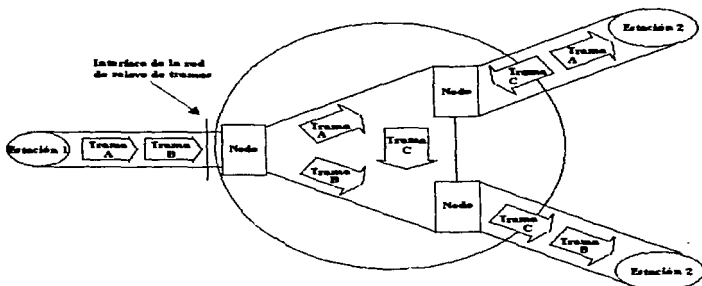


Figura 4.1. Red de Relevo de Tramas

Las redes de relevo de tramas ofrecen un servicio de conexión basado en el establecimiento de enlaces virtuales, equivalentes a los circuitos virtuales de X.25, a través de una red de conmutación de paquetes. El núcleo transfiere la información a través de la red en tramas tipo HDLC (Figura 4.2) que contienen un campo de dirección extendido y que carecen de un campo de control. Este último campo no es necesario ya que en la red no se realizan funciones de control de errores o de control de flujo que implicarían la existencia de diferentes tipos de tramas y la utilización de números de secuencia.

En los 2 bytes del campo de dirección se encuentra el encabezado de las tramas. Este encabezado contiene un Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI), y los bits EA, C/R, DE, FECN y BECN. El DLCI es similar al número de canal lógico de los paquetes X.25 y permite que múltiples enlaces virtuales compartan un solo enlace físico, con 10 bits reservados para el DLCI es posible multiplexar hasta 1024 enlaces virtuales. Los bits de extensión de dirección EA definen el número de bytes del campo de dirección y pueden utilizarse para aumentar el tamaño del DLCI. El bit C/R no se utiliza en las redes de relevo de tramas.

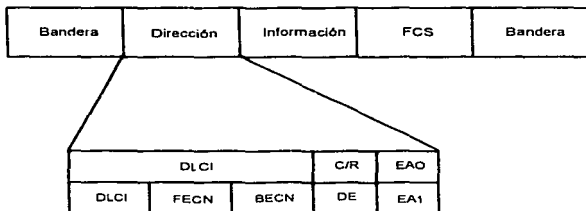


Figura 4.2. Formato de las Tramas

EL enrutamiento de las tramas la realiza el núcleo en base a los DLCI. Los nodos de conmutación asocian a cada trama que reciben el enlace de salida de acuerdo a su DLCI y a una tabla de conexiones. Al igual que los números de canales lógicos en X.25, estos identificadores sólo tienen un significado local entre dos nodos de la red (Figura 4.3). La determinación de la ruta a seguir por las tramas pertenecientes a un enlace virtual se realiza mediante la concatenación de DLCIs.

El uso del formato mostrado en la Figura 4.2 permite al núcleo detectar errores en las tramas. La verificación realizada porta sobre las banderas de inicio y fin, el DLCI, los tamaños mínimo y máximo en bytes del campo de información, y el campo FCS que permite detectar errores de transmisión (CRC-16). Todas las tramas que no pasan esta verificación son eliminadas por los nodos de la red. Un

protocolo en una subcapa superior en las estaciones de los usuarios deber detectar la ausencia de estas tramas y encargarse de retransmitirlas de extremo a extremo.

Las funciones proporcionadas por el núcleo dan al servicio de enlaces virtuales ofrecido por las redes de relevo de tramas las siguientes propiedades:

- Entrega de tramas en secuencia
- No duplicación de tramas
- Baja probabilidad de pérdida de tramas

El núcleo proporciona, además, indicaciones que pueden usarse para resolver un problema de congestión en la red. Los bits FECN y BECN de una trama son utilizados para notificar al receptor y emisor de un estado de congestión de la red, para que las estaciones de los usuarios reduzcan sus transmisiones. La respuesta a una indicación BECN es simple, la estación del usuario que la recibe reduce su velocidad de transmisión de tramas hasta que la estación cesa. La respuesta a una indicación FECN es un poco más compleja ya que requiere que la estación receptora notifique a su correspondiente en la estación transmisora que debe disminuir su velocidad de transmisión de tramas. Esto puede realizarse encendiendo el bit BECN de las tramas que se transfieren hacia la fuente de las tramas que contenían la indicación FECN sobre el mismo enlace virtual.

Si la congestión en la red alcanza un nivel grave, una función correctiva comienza a descartar tramas. En este proceso se descartan primeramente las tramas que tienen encendido el indicador de elegibilidad para ser descartado (DE). Para controlar la congestión de la red, el relevo de tramas requiere que cada usuario del servicio respete una velocidad de transferencia de información durante el establecimiento de un enlace virtual. Si el tráfico de un usuario excede su CIR, el nodo de conmutación al cual está conectado (o el mismo usuario) enciende el bit DE en todas las tramas en exceso; estas tramas serán transmitidas o descartadas por la red de relevo de tramas en función de su estado de congestión.

El control de congestión es tal vez el principal problema que enfrentan las redes de relevo de tramas, ya que no tienen mecanismos internos para evitar la congestión, sino que dependen de la reducción voluntaria en el flujo de información por parte de los usuarios. Este problema puede ser grave en una red pública ya que se tiene poco control sobre el comportamiento de las estaciones de los usuarios, y los diferentes vendedores de equipos pueden o no implementar

los mecanismos de limitación voluntaria del tráfico. De esta manera, las estaciones de usuarios que no reaccionan a las indicaciones explícitas de congestión y pueden afectar el funcionamiento de aquellas estaciones que se comportan correctamente.

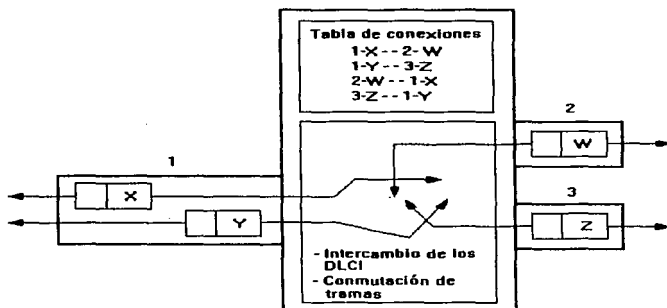


Figura 4.3. Significado Local de los DLCI

Las redes de relevo de tramas han demostrado en pruebas de laboratorio que pueden operar aún a velocidades mayores y se prevé que en el futuro pueda alcanzar una velocidad de 45 Mbps. A dicha velocidad podrán competir con el Servicio Conmutado de transmisión de Datos a MultiMegabits/s (SMDS). Para aplicaciones que requieran velocidades aún mayores, por ejemplo, para aplicaciones multimedia, es indudable que la tecnología óptima será ATM. El rango de velocidades en el que funciona más eficientemente el relevo de tramas, 56 Kbps-45 Mbps, cubre exactamente el espectro de velocidades entre las redes tradicionales de conmutación de paquetes y por lo que constituye la tecnología adecuada para muchas aplicaciones y a la vez permite la evolución hacia las redes del futuro.¹

4.2 ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)

La estandarización en redes de banda ancha comenzó a mediados de los 80s, se asumió por muchos participantes que la técnica de multiplexión por división de tiempo (TDM) síncrona sería utilizada, como es el caso con las velocidades de acceso básico y primario para ISDN. Bajo este enfoque, la estructura de interface que fue propuesta es

$$j \times H4 + k \times H2 + l \times H1 + m \times H0 + n \times B + D$$

donde D, B, H0 y H1 (H11 o H12) son canales de banda angosta, H2 y H4 son nuevos canales de banda ancha con velocidades fijas. H2 estaría en el intervalo de 30-45 Mbps y H4 en el intervalo de 120-140 Mbps.

Aunque el enfoque TDM síncrono es una extensión natural de ISDN de banda angosta, no provee el mejor modelo para la red de banda ancha. Hay básicamente dos desventajas del enfoque síncrono. Primero, no provee una interface flexible para una variedad de necesidades. En las altas velocidades de transmisión de datos ofrecidas por la red de banda ancha, podría haber una amplia variedad de aplicaciones, y muchas velocidades diferentes, que necesitan ser conmutadas. Uno o dos tipos de canales con velocidades mezcladas no proveen una estructura que pueda acomodar fácilmente este requerimiento. Además, muchas aplicaciones de datos son en ráfagas y pueden ser tomados más eficientemente con alguna clase de conmutación de paquetes. Un aspecto final de la inflexibilidad del enfoque síncrono es que no se presta a la adaptación de velocidades. Hemos visto que la adaptación de velocidades en el canal de 64 Kbps es muy compleja. Uno puede imaginar la complejidad e ineficiencia para extender este concepto a canales en decenas y centenas de megabits por segundo.

La segunda desventaja del enfoque síncrono es que la transmisión de datos a grandes y múltiples velocidades complica al sistema de conmutación (por ejemplo un número de canales H2 y H4). En contraste con ISDN de banda angosta, que solo tiene el flujo de datos de 64 Kbps para ser conmutados.

Debido a esto TDM síncrono ha sido descartado. Sin embargo, se utilizan técnicas TDM síncronas para realizar interfaces de transmisión que excedan la velocidad de conmutadores y multiplexores ATM.

ATM es un concepto similar a Frame Relay. Tanto Frame Relay como ATM toman las ventajas de la seguridad y fidelidad de las modernas facilidades digitales para proveer conmutación de paquetes más rápida que X.25. ATM, en su velocidad de transmisión de datos más alta, es aún más dinámico en su funcionalidad que Frame Relay.

ATM es un modo de transferencia orientado de paquetes. Al igual que Frame Relay y X.25, permite que múltiples conexiones sean multiplexadas en una interface física. El flujo de información en cada conexión está organizada en paquetes de tamaño fijo llamadas celdas. No hay control de error ni control de flujo igual que en Frame Relay.

La Figura 4.4 muestra la jerarquía de funciones en una red basada en ATM. Esta jerarquía muestra las funciones internas de red necesarias para soportar ATM así como las funciones de usuario-red. La capa ATM consiste de niveles canal virtual y trayectoria virtual.

La capa física puede ser dividida en tres niveles:

- **Nivel de trayectoria de transmisión:** Está entre los elementos de la red que ensamblan y desensamblan la carga útil (multiplexores PTE+LTE) de un sistema de transmisión. Para comunicación punto a punto es información del usuario a terminal. Para comunicación usuario red, la carga útil podrá ser información de señalización. Las funciones de desalineación de celdas y control de error en el encabezado son requeridas en los puntos extremos en cada trayectoria de transmisión.
- **Sección Digital:** Está entre los elementos de la red que ensamblan y desensamblan un flujo continuo de bits o bytes (entre multiplexores PTE+LTE y LTE). Esto se refiere al intercambio o puntos de transferencia de señalización en una red que está implicada en flujos de conmutación de datos.
- **Nivel regenerador de sección:** Es una porción de una sección digital. Un ejemplo de este nivel es un repetidor que es utilizado solo para regenerar la señal digital en una trayectoria de transmisión que es demasiado largo para ser utilizado sin dicha regeneración; conmutación no esta implicada.

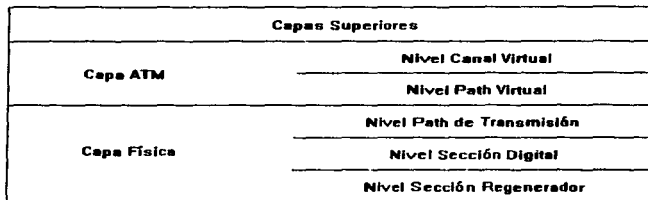


Figura 4.4. Jerarquía de Transporte ATM

Canales y Trayectorias Virtuales

Los canales virtuales son conexiones lógicas en ATM. Un canal virtual es análogo a un circuito virtual en X.25 o a una conexión lógica en Frame Relay. El canal virtual es la unidad básica de conmutación en la red de banda ancha.

Un canal virtual se establece entre dos terminales de usuario a través de la red, y se intercambian celdas de tamaño fijo con flujo full-duplex y diferentes velocidades de transmisión. También los canales virtuales son utilizados para el intercambio usuario-red (control de señalización) y red-red (administración de red y enrutamiento). Para ATM se introdujo una segunda subcapa de procesamiento que se distribuye con el concepto de trayectoria virtual (Figura 4.5). Una trayectoria virtual es un conjunto de canales que tienen los mismos extremos. Todas las celdas que fluyen sobre todo en los canales virtuales en un simple trayectoria virtual son conmutadas juntas. Se pueden enlistar varias ventajas para el uso de trayectorias virtuales:

- **Arquitectura de red simplificada:** Las funciones de transporte de red pueden ser separadas en otras funciones relacionadas con una conexión lógica individual (canal virtual) o con un grupo de conexiones lógicas (trayectoria virtual).
- **Confiablez y desempeño de red incrementados:** La red distribuye con menos entidades agregadas.

- *Procesamiento reducido y corto tiempo de establecimiento de conexión:* Cuando se establece la trayectoria virtual se incluyen nuevos canales virtuales con mínimo procesamiento.
- *Servicios de red mejorados:* La trayectoria virtual es utilizada internamente en la red pero también es visible al usuario final, de esta manera el usuario puede definir grupos de redes o de usuarios cercanos en canales virtuales.



Figura 4.5. Relaciones de conexión ATM

Características de Canales y Trayectorias Virtuales

Todavía, muchos de los detalles de los conceptos de trayectoria y canales virtuales no han sido ejercitados. La recomendación I.150 enlista las siguientes conexiones como características de canal virtual:

- *Calidad de servicio:* El usuario de un canal virtual cuenta con una calidad de servicio especificado por parámetros tales como pérdida y atraso de celdas (relación de celdas perdidas contra celdas transmitidas).
- *Conexiones de canal virtual conmutadas y semipermanentes:* Se cuenta con conexiones conmutadas -las cuales requieren señalización para el control de llamadas- y canales dedicados.
- *Integridad de secuencia de celdas:* Se conserva la secuencia de celdas transmitidas dentro de un canal virtual.
- *Negociación de parámetro de tráfico y el uso de monitoreo:* Los parámetros de tráfico entre un usuario y la red se pueden negociar para cada canal virtual. La entrada de celdas al canal virtual es monitoreada por la red para asegurar que no sean violados los parámetros negociados.

Los tipos de parámetros de tráfico que pueden ser negociados incluirían velocidad promedio, velocidad máxima, ráfagas, y máxima duración.

La red puede necesitar de estrategias para distribuir con congestión y para manejar los canales virtuales existentes así como aquellos que sean solicitados. En el nivel más crítico, la red puede simplificar nuevas peticiones para canales virtuales y prevenir congestión. Si los parámetros negociados son violados o si la congestión llega a ser severa las celdas pueden ser descartadas. En una situación extrema, las conexiones existentes tal vez sean terminadas.

I.150 también enlista características de paths virtuales. Las primeras cuatro características enlistadas son idénticas a las de los canales virtuales. Esto es, calidad de servicio, trayectorias virtuales semipermanentes y conmutados, integridad de secuencia de celdas y negociación de parámetros y el empleo de monitoreo son también características de un trayectoria virtual. Hay algunas razones para esta duplicación. Primero, provee flexibilidad en la forma en que la red maneja los requerimientos. Segundo, la red debe ser considerada en los requerimientos de una trayectoria virtual, y dentro de una trayectoria virtual puede negociar el establecimiento de circuitos virtuales con determinadas características. Finalmente, una vez que se establezca una trayectoria virtual los usuarios terminales pueden crear nuevos canales virtuales.

Además para las trayectorias virtuales se considera la siguiente característica:

- **Restricción del identificador de canal virtual dentro de un trayectoria virtual:** Uno o más identificadores de canal virtual, pueden no estar disponibles al usuario de trayectoria virtual, pero puede estar reservado para uso de red. Un ejemplo serían los canales virtuales utilizados para administración de red

Control de Señalización. En ISDN de banda angosta el canal D es para control de señalización de llamadas de canales B y H. En la red de banda ancha la interface ATM no es una estructura simple con velocidades fijas para los canales H, B y D, por lo que es necesario un nuevo acuerdo para el control de señalización. El requerimiento es más complicado por la necesidad de establecimiento y liberación de dos tipos de entidades: canales y trayectorias virtuales.

Para canales virtuales el establecimiento/liberación se especifica en la norma I.150 la cual describe cuatro métodos:

1. Un canal virtual semipermanente puede ser utilizado para control de señalización.
2. Si no existe un canal virtual semipermanente se puede establecer uno utilizando un canal virtual permanente conocido como **canal de meta-señalización**.
3. El canal meta-señalización puede ser utilizado para establecer un canal virtual entre el usuario y la red para señalización y control de llamadas. Este **canal virtual de señalización usuario red** puede ser entonces utilizado para establecer canales virtuales y para acarrear datos de usuario.
4. El canal meta-señalización también puede ser utilizado para establecer un **canal virtual de señalización usuario-usuario**. Tal como un canal debe ser establecido dentro de un trayectoria virtual preestablecido. Entonces puede ser utilizado para que dos usuarios terminales, sin intervención de la red, para establecer y liberar canales virtuales usuario-usuario o para acarrear datos del usuario.

Para trayectorias virtuales se definen tres métodos en I.150:

1. Se puede establecer una trayectoria virtual en una base **semipermanente**. En este caso no se requiere control de señalización .
2. El establecimiento/liberación de una trayectoria virtual pueden ser **controlada por el usuario**. En este caso, el cliente utiliza un canal virtual de señalización para solicitar la trayectoria virtual a la red.
3. El establecimiento/liberación de una trayectoria virtual puede ser **controlada por la red**. En este caso, la red establece un trayectoria virtual para su propia conveniencia. La trayectoria puede ser red-red, usuario-red o usuario-usuario

Celdas ATM

El Modo de Transferencia Asíncrono utiliza celdas de tamaño fijo, que consisten de un encabezado de 5 bytes y un campo de información de 48 bytes (Figura 4.6a).

Hay varias ventajas en el uso de celdas pequeñas y de tamaño fijo. Primero, el uso de celdas pequeñas puede reducir el atraso de hileras para una celda de alta prioridad, ya que espera menos si llega detrás de una celda de menor prioridad que ha ganado un ascenso a un recurso (ejemplo el transmisor).

Segundo, las celdas de tamaño fijo pueden ser conmutadas más eficientemente, lo cual es importante para las muy altas velocidades de transmisión de ATM.

Formato de Encabezado. La Figura 4.6b muestra el formato del encabezado en la interface usuario-red (punto de referencia S o T).

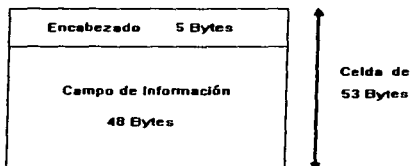
Múltiples terminales pueden distribuir una simple línea de acceso a la red. El **campo de control de flujo genérico** está para control de flujo de punto a punto. El campo podría ser utilizado para asistir al cliente para controlar el flujo de tráfico para diferentes calidades de servicio. Un candidato para el uso de este campo es un indicador de nivel de prioridad múltiple para controlar el flujo de información en una forma servicio-dependiente.

Los campos identificador de trayectoria virtual e identificador de canal virtual constituyen un campo de enrutamiento para la red. El **identificador de trayectoria virtual** indica un trayectoria virtual usuario-usuario o usuario-red. El **identificador de canal virtual** indica un canal virtual usuario-usuario o usuario-red. Estos identificadores tienen significado local (como X.25 y Frame Relay) y pueden cambiar conforme la celda atraviese la red.

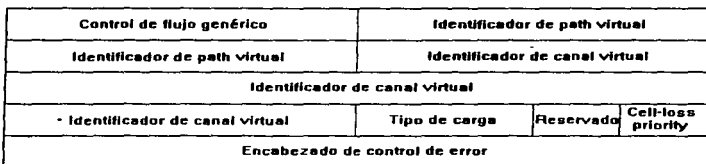
El campo de **carga útil** indica el tipo y campo de información. Un valor de 00 indica información de usuario, esto es, información de la siguiente capa. Otros valores están todavía en estudio. Los valores de administración de la red serán asignados. Este campo permite la inserción de celdas de administración de red en un canal virtual de usuario sin afectar los datos del usuario. Así, podría proveer control de información en la misma banda.

La **prioridad a celdas perdidas** es utilizada para proveer dirección a la red en el caso de congestión. Un valor de 0 indica una celda de relativamente alta prioridad, la cual no deberá ser descartada a menos de no haber otra alternativa. Un valor de 1 indica que esta celda está sujeta a ser descartada dentro de la red. El usuario tal vez emplee este campo ya que información extra puede ser insertada en la red, con un CLP de 1, y entregado a su destino si la red no está congestionada. La red establece este campo a 1 para cualquier celda de datos que este en violación de los acuerdos de tráfico. En este caso, el conmutador que realiza el establecimiento reconoce que la celda excede los parámetros de tráfico acordados pero que ese conmutador es capaz de tomar la celda. Si el punto final de la red, se encuentra en congestión, ésta celda será marcada para descartar en preferencia a celdas que caen en los límites de tráfico acordados.

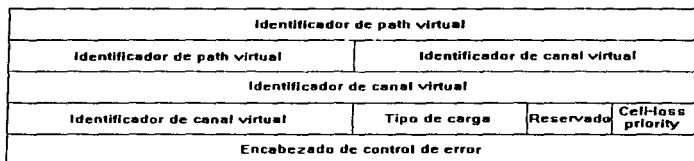
El campo de **encabezado de control de error (HEC)** es un código de error de 8 bits que puede ser utilizado para corregir errores de un simple bit en el encabezado y para detectar errores en pares de bits.



(a) Estructura de celda



(b) Formato de Encabezado en la Interface Usuario-Red



(c) Formato de Encabezado en la Interface Nodo-Red

Figura 4.6. Formato de Celda ATM.

La Figura 4.6c muestra el formato del encabezado de la celda a la red. El campo de control de flujo genérico, el cual realiza funciones punto a punto, no está mencionado. En vez de éste, se extendió el campo identificador de path virtual de 8-12 bits. Esto permite soportar a un mayor número de trayectorias virtuales internos a la red para un mayor número de suscriptores.

Capa de Adaptación ATM

El uso de ATM crea la necesidad de una capa de adaptación para soportar protocolos de transferencia de información no basados en ATM. Dos ejemplos enlistados en las recomendaciones de 1988 son voz con PCM y LAPD. Voz con PCM es una aplicación que produce un flujo de bits de una señal de voz. Para emplear esta aplicación en ATM es necesario ensamblar los bits PCM en celdas para transmisión y producir un flujo uniforme y constante de bits al llegar al receptor. LAPD es el protocolo estándar para el control de enlace de datos en ISDN de banda angosta y en la red de banda ancha. Para conjuntar tramas LAPD en celdas ATM es necesario segmentar la trama LAPD en varias celdas de transmisión para ser reensambladas en la recepción. Permitiendo el uso de LAPD en ATM, todas las aplicaciones existentes en ISDN y protocolos de control de señalización pueden ser utilizados en la red de banda ancha.

Servicios AAL

En el área de servicios se definen cuatro tipos de ellos (Tabla 4.1). La clasificación se basa en que si se debe mantener una relación de sincronización entre la fuente y el destino, que si la aplicación requiere una velocidad de bits constante y que si la transferencia es con conexión orientada o sin conexión. Un ejemplo de servicio de clase A es una emulación de circuito. En este caso se utiliza una velocidad de bits constante, la cual requiere el mantenimiento de una relación de sincronía, y la transferencia es conexión orientada. Un ejemplo de servicio de clase B es el video con velocidad de bits variable, que puede ser utilizada en una teleconferencia. Aquí, la aplicación es conexión orientada y la sincronización es importante, pero las diferentes velocidades de bits, dependen de la cantidad de la escena. Las clases C y D corresponden a aplicaciones de transferencia de datos. En ambos casos, la velocidad puede variar y no requiere alguna relación de sincronización en particular; los sistemas terminales manejan

diferentes velocidades de transmisión utilizando buffers. La transferencia de datos puede ser conexión orientada (clase C) o sin conexión (clase D).

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Relación de sincronización entre fuente y destino	Requerido		No Requerido	
Velocidad de transmisión	Constante	Variable		
Modo de conexión	Conexión orientada			Sin conexión

Tabla 4.1. Clasificación de Servicio para AAL

Protocolos AAL

Se define un conjunto de protocolos en el nivel AAL para soportar diferentes clases de servicios. La capa AAL esta organizada en dos subcapas lógicas: la subcapa de convergencia (CS) y la subcapa de segmentación y reensamblado (SAR). La subcapa de convergencia provee la funciones necesarias para soportar aplicaciones específicas utilizando AAL. Cada aplicación liga a AAL en un punto de acceso de servicio (SAP), el cual es simplemente la dirección de la aplicación. Esta subcapa es entonces servicio-dependiente.

La subcapa de segmentación y reensamblado es responsable de empaquetar información recibida de CS en celdas para transmisión y desempaquetamiento de información en el otro extremo. Como hemos visto, en la capa ATM cada celda consiste de un encabezado de 5 bytes y un campo de información de 48 bytes. Así, el SAR debe empaquetar cualquier encabezado y el trailer SAR empaquetar más información CS en bloques de 48 bytes.

Cuatro protocolos AAL han sido definidos por el CCITT, uno para soportar cada una de las cuatro clases de servicio. El protocolo de tipo 1 soporta clase A, el tipo 2 soporta clase B, y así sucesivamente.

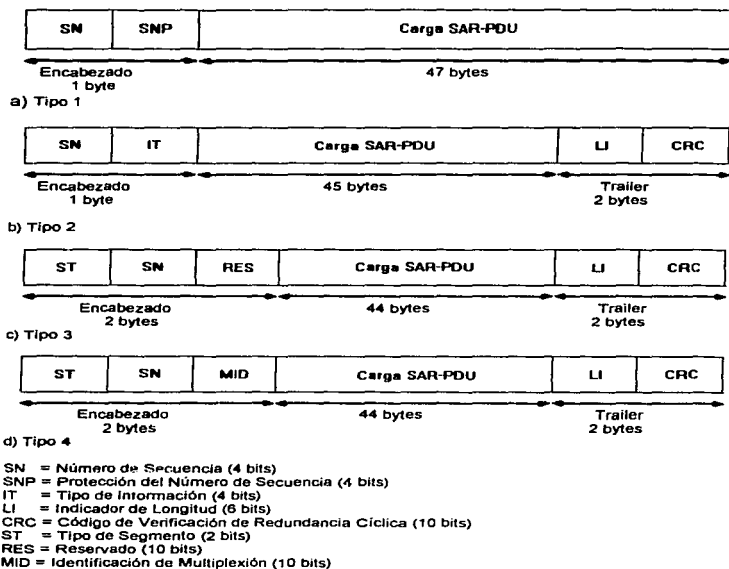


Figura 4.7. Segmentación y Reensamblado (SAR), Unidades de Datos de Protocolos (PDUs)

La Figura 4.7 muestra el formato del protocolo de unidades de datos (PDUs) en el nivel SAR para los cuatro tipos; los campos PDUs se definen en la Tabla 4.1. Los PDUs en el nivel CS no son especificados, ya que éstas son aplicaciones dependientes. Para operación del tipo 1, se distribuye con una fuente de velocidad de bits constante. En este caso, la única responsabilidad del protocolo SAR es empaquetar los bits en celdas para transmisión y desempaquetarlas en la recepción. Cada bloque está acompañado por un número de secuencia así los PDUs erróneos podrán ser rastreados. El campo de protección del número de secuencia es un código para detección de error y una posible conexión en el campo de número de secuencia.

Los tipos de protocolos (2-4) se distribuyen con datos en velocidades variables. El tipo 2 está hecho para aplicaciones analógicas como video y audio, lo que requiere información de sincronización pero no requiere una velocidad constante de bits. Nuevamente, se provee un número de secuencia. Además, un campo de tipo de información (IT) y un campo indicador de extensión (LI) se utilizan para permitir la segmentación y reensamblado de ráfagas de información de niveles más altos. El campo IT indica si esto es el comienzo, continuación, o fin de un bloque de la aplicación. Si éste es el último segmento, el campo LI indica cuantos bytes de información se incluyen.

Este campo es necesario ya que cada celda es de tamaño fijo; además, la última celda es apropiada para ser llenada solo parcialmente. La segmentación y reensamblado también se hacen en el protocolo de tipo1. Sin embargo, ya que el tipo 1 soporta aplicaciones de velocidad constante de bits, no hay un concepto de ráfagas de información y además no se necesita para marcar el comienzo, mitad o final; hay simplemente un flujo constante de bits para ser empaquetados en las celdas. El tipo de información de campo también puede utilizarse para indicar si la información es la componente de video o audio de una señal de video.

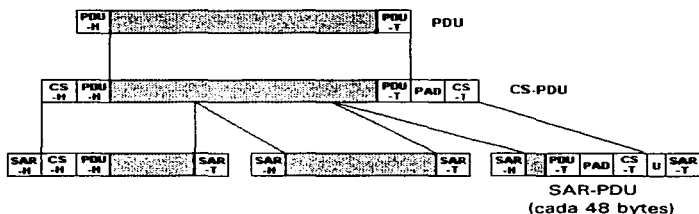
Los protocolos de tipo 3 y tipo 4 están hechos para aplicaciones de transmisión de datos, de esta forma la información recibida de una capa más alta será en la forma de unidades de protocolos de datos. El tipo 3 provee un servicio de conexión orientada. El campo reservado puede ser utilizado para propósitos de multiplexión. Estos permitirían multiplexar sesiones de múltiples usuarios en una simple conexión ATM. Todas las sesiones de los usuarios necesitarían tener los mismos parámetros de calidad de servicio que la conexión básica de ATM.

El tipo 4 provee un servicio sin conexión. En este caso, el concepto de multiplexión toma un significado diferente que la operación del tipo 3. Para el tipo 4 si un simple PDU en nivel CS se divide en múltiples PDUs en el nivel SAR,

después todos los SAR-PDUs resultantes tendrán el mismo valor de identificación de multiplexión. Así, información de más de un CS-PDU puede intercalarse en una simple conexión ATM sin confusión.

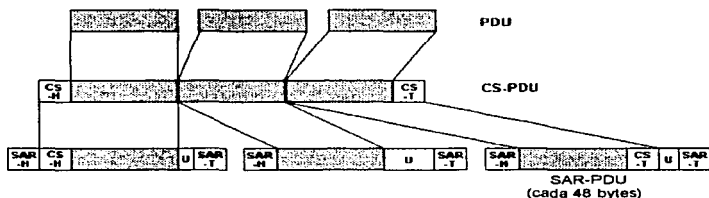
Para las operaciones tipo 3 y tipo 4 se definen dos modos de servicio:

- **Servicio Modo Mensaje:** Es utilizado para tramas de datos. Así cualquiera de los protocolos y aplicaciones relacionadas con OSI se adaptarían en ésta categoría. En particular LAPD o Frame Relay serían modo mensaje. Un simple bloque de datos de la capa anterior AAL se transfiere en una o más celdas.
- **Servicio Modo Streaming:** Es utilizado para baja velocidad, datos continuos y con requerimientos de bajo retraso. Los datos son presentados a AAL en bloques de tamaño fijo, los cuales pueden ser tan pequeños como un byte. Se transfiere un bloque por celda.



PDU-H = Encabezado de Unidad de Datos de Protocolo
 PDU-T = Trailer de Unidad de Datos de Protocolo
 CS-H = Encabezado de Subcapa de Convergencia (4bytes)
 CS-T = Trailer de Subcapa de Convergencia (4bytes)
 PAD = Relleno (0-3 bytes)
 SAR-H = Encabezado de Segmentación y Reensamblado (2bytes)
 SAR-T = Trailer de Segmentación y Reensamblado (2bytes)
 U = Sin uso

Figura 4.8. Ejemplo de la Capa de Adaptación ATM



CS-H = Encabezado de Subcapa de Convergencia (4bytes)
 CS-T = Trailer de Subcapa de Convergencia (4bytes)
 SAR-H = Encabezado de Segmentación y Reensamblado (2bytes)
 SAR-T = Trailer de Segmentación y Reensamblado (2bytes)
 U = Sin uso

Figura 4.9. Ejemplo de la Capa de Adaptación ATM

Para las operaciones tipo 3 y tipo 4 se definen dos modos de servicio:

- **Servicio Modo Mensaje:** Es utilizado para tramas de datos. Así cualquiera de los protocolos y aplicaciones relacionadas con OSI se adaptarían en esta categoría. En particular LAPD o Frame Relay serían modo mensaje. Un simple bloque de datos de la capa anterior AAL se transfiere en una o más celdas.
- **Servicio Modo Streaming:** Es utilizado para baja velocidad, datos continuos y con requerimientos de bajo retraso. Los datos son presentados a AAL en bloques de tamaño fijo, los cuales pueden ser tan pequeños como un byte. Se transfiere un bloque por celda.

La Figura 4.8 da un ejemplo de como AAL puede implementar el servicio modo mensaje. La subcapa acepta un bloque de información de un usuario y crea un protocolo de unidad de datos CS. El PDU incluye un encabezado y un trailer con información y relleno de control de protocolo para hacer del PDU un múltiplo de 32 bits. Esto es pasando a la subcapa SAR. La subcapa SAR acepta un CS-

PDU de la subcapa CS y lo segmenta en cargas útiles SAR-PDU de N 44 bytes (Figuras 4.7c y 4.7d); así, la última carga puede tener alguna porción sin utilizar.

Para el servicio modo streaming, un CS-PDU puede contener uno o más bloques de usuario AAL (Figura 4.9). Esto es en contraste al servicio modo mensaje, donde hay una relación uno a uno. Además, cada bloque del último usuario viaja en su propia celda. También, a diferencia del servicio modo mensaje donde solo el último segmento puede contener una porción sin utilizar, en el servicio modo streaming cualquier segmento puede tener alguna porción sin utilizar.⁷

4.3 SONET/SDH

Synchronous Optical Network (SONET, Red Óptica Síncrona) es una interface de transmisión óptica propuesta por BellCore y estandarizada por ANSI. Una versión compatible, conocida como Synchronous Digital Hierarchy (SDH, Jerarquía Digital Síncrona) ha sido publicada por el CCITT en sus recomendaciones G.707, G.708 y G.709. SONET provee especificaciones para tomar ventaja de la capacidad de transmisión digital a alta velocidad de la fibra óptica.

Los estándares de SONET consideran las siguientes estructuras (BELL91):

1. Establece un formato de multiplexión estándar utilizando señales múltiples de 51.84 Mbps para construir bloques. Debido a que cada construcción de bloques puede acarrear una señal DS3, se define una velocidad de transmisión estándar para cualquier sistema de transmisión de gran ancho de banda.
2. Establece un estándar de señal óptica para interconectar equipos de diferentes proveedores.
3. Establece extensas capacidades de operación, administración y mantenimiento como parte del estándar.
4. Define un formato de multiplexión síncrona para acarrear señales digitales de bajo nivel (DS1, DS2, estándares CCITT). La estructura síncrona

simplifica la interface a conmutadores digitales, conmutadores cross-conexión digital, y multiplexores.

5. Establece una arquitectura flexible capaz de reunir futuras aplicaciones tales como la red de banda ancha con una variedad de velocidades de transmisión.

Designación SONET	Designación CCITT	Velocidad de Transmisión (Mbps)	Carga Útil
STS-1		51.84	50.112
STS-3	STM-1	155.52	150.336
STS-9	STM-3	466.56	451.008
STS-12	STM-4	622.08	601.344
STS-18	STM-6	933.12	902.016
STS-24	STM-8	1244.06	1202.688
STS-36	STM-12	1866.24	1804.032
STS-48	STM-16	2788.32	2405.376

Tabla 4.2. Jerarquía de señales SONET/SDH

Tres requerimientos han manejado el desarrollo de SONET. Primero fue la necesidad de estándares de multiplexión más allá del nivel DS3 (44.736Mbps). Con el incremento en el uso de sistemas de transmisión óptica, algunos vendedores introdujeron sus propias estructuras de combinación en el intervalo desde 2 hasta 12 DS3s en una señal óptica. Además, las estructuras europeas, basadas en la jerarquía CCITT, son incompatibles con las estructuras norteamericanas. SONET provee una jerarquía estandarizada de velocidades de transmisión digitales multiplexadas que se acoplan a las existentes velocidades norteamericanas y del CCITT.

Un segundo requerimiento fue el de proveer acceso económico a pequeñas cantidades de tráfico en la carga total de una señal óptica. Para este propósito SONET introduce un nuevo enfoque de multiplexión por división de tiempo. El tercer requerimiento es la capacidad de ofrecer nuevos servicios más sofisticados, tal como una red privada virtual, asignación de ancho de banda, y soporte de la técnica de transmisión de ATM para la red de banda ancha. Para éste requerimiento fue necesario incrementar las capacidades de administración de la red en la señal TDM.

Jerarquía de Señales

La especificación SONET define una jerarquía de velocidades de transmisión digitales y estandarizadas (Tabla 4.2). El nivel más bajo, conocido como STS-1 (nivel 1 de señal de transporte síncrono), es de 51.84 Mbps. Esta velocidad puede ser utilizada para acarrear una señal DS3 o un grupo de señales de más baja velocidad, tal como DS1, DS1C, DS2, más velocidades CCITT (ejemplo, 2.048 Mbps).

Múltiples señales STS-1 se pueden combinar para formar una señal STS-N. Las señales son creadas intercalando bytes de otras N señales STS-1 que están mutuamente sincronizadas. Para SDH del CCITT, la velocidad de transmisión más baja es 155.52 Mbps, designada como SMT-1 y corresponde a SONET STS-3. La diferencia se debe a que STM-1 es la señal de más baja velocidad de transmisión que puede acomodar una señal de nivel 4 (139.264 Mbps).

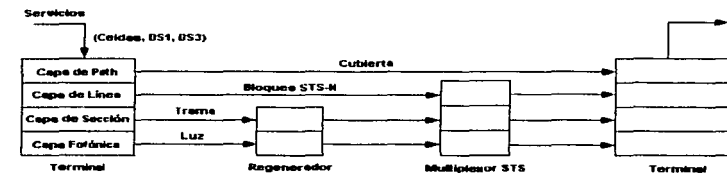
Jerarquía del Sistema

Las capacidades de SONET han sido planeadas en una jerarquía de cuatro etapas (Figura 4.10a):

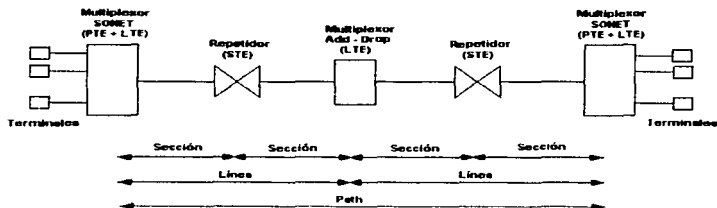
- **Fotónica:** Esta es la capa física. Incluye una especificación del tipo de fibra óptica que puede ser utilizada y otros tipos de detalles tales como las características mínimas requeridas de alimentación y dispersión de los laceros de transmisión y la sensibilidad requerida de los receptores.
- **Sección:** Esta capa crea la trama básica de SONET, convierte señales electrónicas a señales fotónicas, y tiene algunas capacidades de monitoreo.
- **Línea:** Esta capa es responsable de la sincronización, multiplexión de datos en las tramas SONET, funciones de protección y mantenimiento, y conmutación.
- **Trayectoria:** Esta capa es la responsable del transporte de datos punto a punto en la velocidad de señalización apropiada.

Formato de Trama

La construcción básica del bloque de SONET es la trama STS-1, que consiste de una trama de 810 bytes y que es transmitida cada 125 microsegundos para una velocidad de 51.84 Mbps (Figura 4.11a). La trama puede ser vista como una matriz de 9 renglones con 90 bytes cada uno, con secuencia de transmisión de un renglón a la vez, de izquierda a derecha y de arriba a abajo.



(a) Jerarquía Lógica



(b) Jerarquía Física

Figura 4.10. Jerarquía del Sistema SONET

La Figura 4.10b muestra la realización física de las capas lógicas. Una sección es la construcción física del bloque básico y representa un simple cableado óptico entre dos transmisores/receptores de fibra óptica. Para cableados cortos el cable puede ir directamente entre dos puntos terminales. Para distancias más grandes, son necesarios repetidores. El repetidor es un dispositivo que acepta un flujo digital de datos en un extremo, regenera y repite cada bit al otro extremo. Una línea es una secuencia de una o más secciones en que las señales o estructuras del canal deben permanecer constantes. Otros puntos terminales o conmutadores/multiplexores intermedios que pueden añadir o quitar canales indican la terminación de una línea. Finalmente, una trayectoria se conecta a puntos terminales y se conoce como un circuito punto a punto. Los datos se ensamblan en el comienzo de una trayectoria y no serán accedidos o modificados hasta que sean desensamblados en el otro extremo de la trayectoria.

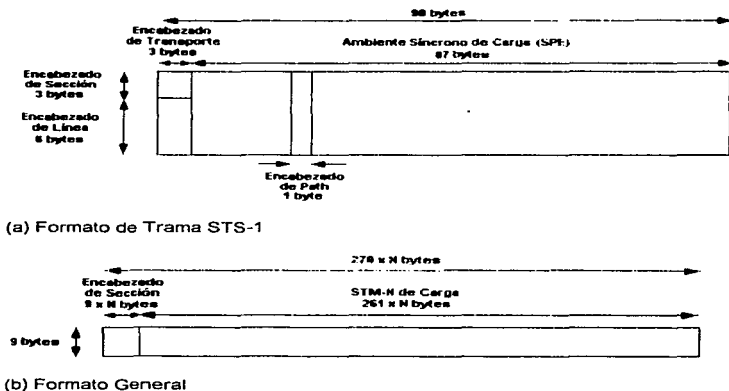


Figura 4.11. Formatos de Trama SONET/SDH

Las primeras tres columnas (3 bytes x 9 renglones = 27 bytes) de la trama son dedicados a bytes de encabezado. Nueve bytes son dedicados al encabezado de sección y los otros 18 bytes al encabezado de línea. La Figura 4.12a muestra el arreglo de bytes de encabezado y la Tabla 5 define los diversos campos.

El restante de la trama es la carga útil de información que está provista por la capa de trayectoria. La carga útil incluye una columna de encabezado de trayectoria, que no necesariamente tiene que estar en la primera columna disponible; el encabezado de línea contiene un indicador que dice donde comienza el encabezado de trayectoria. La Figura 4.12b muestra el arreglo de bytes de encabezado de trayectoria, y la Tabla 4.3 los define.

La Figura 4.11b muestra el formato general para tramas de más altas velocidades, utilizando la designación del CCITT.

Encabezado de Sección	Entramado A1	Entramado A2	STS-ID C1	Trazo J1
	BIP-8 B1	Orderwire E1	Usuario F1	
	Data Com D1	Data Com D2	Data Com D3	
Encabezado de Línea	Indicador H1	Indicador H2	Indicador H3	
	BIP-8 B2	APS K1	APS K2	
	Data Com D4	Data Com D5	Data Com D6	
	Data Com D7	Data Com D8	Data Com D9	
	Data Com D10	Data Com D11	Data Com D12	
	Aplicaciones Futuras Z1	Aplicaciones Futuras Z2	Orderwire E2	
			Estado de Path C1	
			Usuario F2	
			Multiplex H4	
			Aplicaciones Futuras Z5	
			Aplicaciones Futuras Z4	
			Aplicaciones Futuras Z3	

Figura 4.12. Bytes de Encabezado en la Trama STS-1 de SONET

Encabezado de Sección	
A1, A2:	Entramado de Bytes = F6, 28 hex
C1:	STS-1 ID identificadores de STS-1 números (1 a N) por cada STS-1 dentro de un multiplexor STS-N
B1:	Bit-interleaved paridad de byte proporcionando paridad de tramas STS-N después del scrambling
E1:	Nivel de sección de 64 Kbps PCM
F1:	Canal de 64 Kbps reservado para propósitos del usuario
D1-D3:	Canal de comunicación de datos a 192 Kbps para alarmas, mantenimiento, control, y administración entre secciones
Encabezado de Línea	
H1-H3:	Bytes de indicador utilizados en alineación de tramas y ajuste de frecuencia de datos en la carga útil
B2:	Paridad de bit para monitoreo de error en el nivel de línea
K1, K2:	Dos bytes asignados para señalización entre equipo de protección automática de conmutación en el nivel de línea
D4-D12:	Canal de comunicaciones de datos de 576 Kbps para alarmas, mantenimiento, control, monitoreo y administración en el nivel de línea
Z1, Z2:	Reservado para uso futuro
E2:	Canal para voz PCM de 64 Kbps para el nivel de línea
Encabezado de Trayectoria	
J1:	Canal de 64 Kbps utilizado para enviar repetitivamente una cadena de 64 bytes de longitud fija así una terminal receptora puede verificar continuamente la integridad de una trayectoria
B3:	Bit de paridad de nivel trayectoria
C2:	Señal de trayectoria STS para designar señales STS equipadas contra no equipadas, para señales equipadas la carga útil STS que tal vez sea necesario en terminales receptoras para interpretar la carga
G1:	Estado del byte enviado de un equipo de terminación de trayectoria a un equipo originador de trayectoria para convenir el estado del equipo de terminación y desempeño de error de trayectoria
F2:	Canal de 64 Kbps para usuario de trayectoria
H4:	Indicador de multitrama para cargas necesitando tramas que sean más grandes que una trama STS; los indicadores de multitrama son utilizados en canales de más baja velocidad empaquetados en el SPE
Z3-Z5:	Reservado para uso futuro

Tabla 4.3. Bits de Encabezado en la Trama STS-1

Indicador de Ajuste

En redes convencionales con conmutación de circuitos, los multiplexores y canales requieren de más multiplexión/demultiplexión de señales completas solo para acceder una pieza de información que esta direccionada a un nodo. Por ejemplo, considere que un multiplexor T-1 en un punto B recibe datos de otro multiplexor T-1 en un punto A y pasa los datos a otro multiplexor en un punto C. En la señal recibida, un canal DS0 (64 Kbps) esta direccionado al nodo B. El resto pasará al nodo C y más allá dentro de la red. Para remover ese simple canal DS0, B debe demultiplexar cada bit de la señal de 1.544 Mbps, remover los datos y remultiplexar nuevamente cada bit. Algunos multiplexores T-1 tienen la capacidad de omitir e insertar, significando que solo parte de la señal tiene que ser demultiplexada y remultiplexada, pero este equipo no se comunicará con el de otros vendedores.

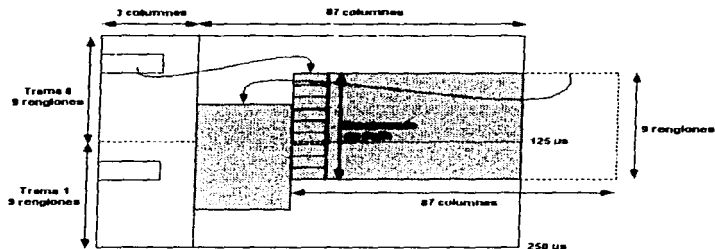


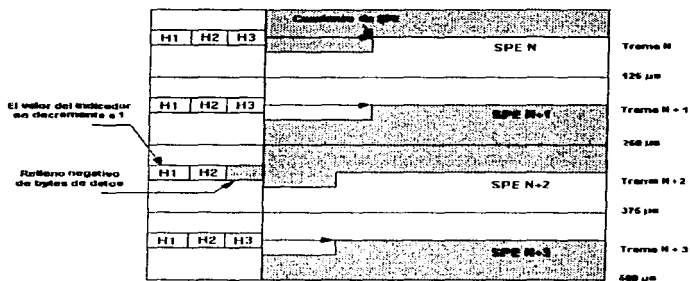
Figura 4.13. Representación de un SPE en tramas STS-

SONET ofrece una capacidad estándar omitir-insertar, y se aplica no solo a canales de 64 Kbps sino que también a velocidades de transmisión más altas. SONET hace uso de un conjunto de indicadores que localizan canales dentro de la carga útil y otros tipos de carga dentro de la trama, de esta forma la información puede ser accesada, insertada y removida con un simple ajuste de indicadores. El indicador de información está contenido en el encabezado de trayectoria y se refiere a la estructura de multiplexión de los canales contenidos en la carga útil. Un indicador en el encabezado de línea tiene una función similar para la carga útil total.

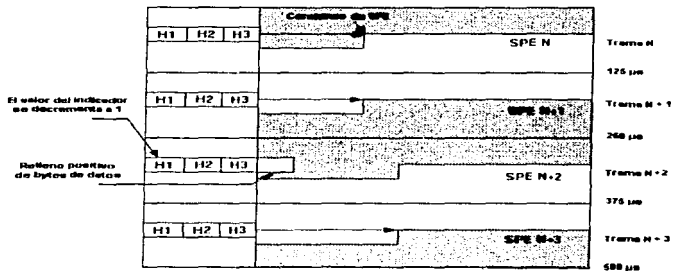
El ambiente de carga útil sincrónico (SPE) de una trama STS-1 puede ser traslapada con respecto a otra trama igual. La carga útil total (87 columnas x 9 renglones) puede ser favorecida por dos tramas (Figura 4.13). Los bytes H1 y H2 en el encabezado de línea indican el comienzo de la carga útil.

Debido a que las fuentes de sincronización pueden diferir en pequeñas cantidades, SONET puede enfrentar con copias las diferencias resultantes de sincronización. Cada nodo debe recalcular al indicador para alertar al siguiente nodo de recepción de la ubicación exacta del comienzo de la carga útil.

Así, la carga útil estará permitida para colocarse en una trama STS-1, incrementando o decrementado el valor del indicador en intervalos por la posición de un byte. Si la velocidad en la carga útil es más grande que la velocidad de la trama local STS, el indicador es decrementado un byte de posición, de esta forma la siguiente carga comenzará un byte más tarde que el primero. Para prevenir la pérdida de un byte en la carga que está en la hilera, el byte H3 es utilizado para tomar el byte extra para esa trama (Figura 4.14a). Similarmente, si la velocidad de la carga se atrasa con respecto a la velocidad de la trama, la inserción de la siguiente carga estará retrasada por un byte. En este caso, el byte en el SPE que sigue al byte H3 es dejado vacío para permitir el movimiento de la carga útil (Figura 4.14b).³



(a) Indicador de Ajuste Negativo



(b) Indicador de Ajuste Positivo

Figura 4.14. Indicador de Ajuste para Trama STS-1

4.4 TRANSMISIÓN DE CELDAS ATM

La red de banda ancha especifica que las celdas ATM son transmitidas a una velocidad de 152.52 Mbps o 622.08 Mbps. Al igual que con ISDN de banda angosta, necesitamos especificar la estructura de transmisión que será utilizada para acarrear ésta información. Para la interface de 152.52 Mbps, se definen dos propuestas en la norma I.413: una capa física basada en celdas y una capa física basada en SDH.

Capa Física Basada en Celdas

Para la capa física basada en celdas, la estructura de interface consiste en un flujo continuo de celdas de 53 bytes (Figura 4.15).

Ya que no hay tramas externas impuestas en la propuesta basada en celdas, debe efectuarse alguna forma de sincronización. La sincronización se realiza en la base del encabezado de control de error (HEC) en el encabezado de la celda. El procedimiento se describe a continuación (Figura 4.16):

1. En el estado de *búsqueda* se desarrolla un algoritmo de diseño de celda. (bit por bit) para determinar si el código HEC está funcionando (ejemplo, comparar entre un HEC recibido y un HEC calculado); una vez hecha la comparación se asume que el encabezado fue encontrado, y el método entra al estado *presíncrono*.
2. En el estado *presíncrono*, se asume una nueva estructura de celda. Se desarrolla un algoritmo de diseño de celda (celda por celda) hasta que las leyes de codificación sean confirmadas: *delta* veces consecutivamente.
3. En estado *síncrono*, el HEC es utilizado para detección y corrección de error. La descripción de celdas es asumida para ser perdida en las leyes de codificación es reconocido como incorrecto *alpha* veces consecutivamente.

Finalmente, las celdas ATM son utilizadas para transportar información de operación, administración y mantenimiento (OAM). Un identificador de trayectoria virtual de 0 y un identificador de canal virtual de 9 identifican celdas OAM.

La ventaja de utilizar una estructura de transmisión basada en celdas es una interface simplificada que resulta cuando las funciones de transmisión y modo de transferencia están basadas en una estructura común.



Figura 4.15. Interface Física Basada en Celdas para Transmisión de Celdas ATM

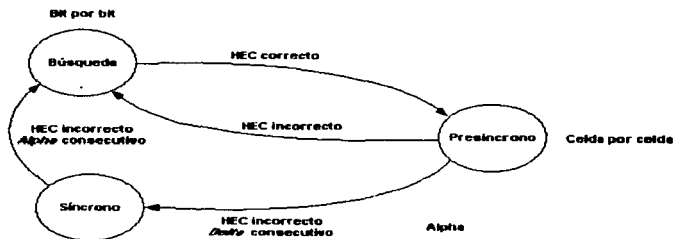


Figura 4.16. Diagrama de Estado para Diseño de Celdas

Capa Física Basada en SDH

Para la capa física basada en SDH, el entramado se realiza utilizando la trama STM-1 (STS-3). La Figura 4.17 muestra solo una porción de una trama STM-1. Esta porción puede ser desplazada desde el comienzo de la trama, según el indicador en el encabezado de la trama. Como podemos ver, la carga consiste

de un encabezado de path de 9 bytes y el residuo, el cual contiene celdas ATM. Ya que la capacidad de carga (2340 bytes) no es un múltiplo de la longitud de celda (53 bytes), una celda puede cruzar el límite de la carga. El byte H4 en el encabezado de path es establecido en el lado transmisor para indicar el siguiente límite de celda. Esto es, el valor en el campo H4 indica el número de bytes para el primer límite de celda siguiendo al byte H4. El intervalo permisible de valores es de 0 a 52.

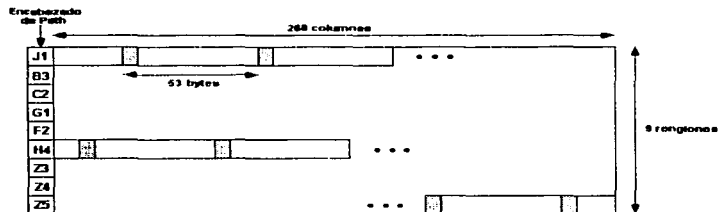


Figura 4.17. Carga Útil de Trama STM-1 para Transmisión de Celdas ATM Basadas en SDH

Las ventajas del enfoque basado en SDH incluyen:

- Puede utilizarse para acarrearse carga basada en ATM o basada en STM (Synchronous Transfer Mode), y emplear una estructura de transmisión basada en fibra de alta capacidad proporcionando aplicaciones dedicadas y de conmutación de circuitos para después emigrar al soporte de la red de banda ancha
- Se utiliza un canal SDH para una conexión específica la cual puede ser por circuitos conmutados. Por ejemplo, una conexión que acarrea tráfico de vídeo a velocidad constante puede ser trazada en una señal STM-1, que puede hacerse por conmutación de circuitos. Esto puede ser más eficiente que utilizar conmutación ATM
- Utilizando técnicas de multiplexión síncrona SDH se pueden combinar varios flujos ATM y construir interfaces con altas velocidades de

transmisión soportados por la capa ATM. Por ejemplo, cuatro flujos ATM, cada uno con una velocidad de 155 Mbps (STM-1), se pueden combinar y construir una interface a 622 Mbps (STM-4). Este arreglo puede ser más efectivo en costo que otro, utilizando un simple flujo ATM de 622 Mbps. ⁴

4.5 SEÑALIZACIÓN

En una red de conmutación de circuitos, las señales de control son el medio por la cual la red es manejada y por la cual las llamadas son establecidas, mantenidas y terminadas. Tanto la administración de llamadas como la administración de red requieren que esa información sea intercambiada entre el suscriptor y el conmutador, entre conmutadores y entre el centro de conmutación y la administración de red. Para una red de Telecomunicaciones Pública, una compleja estructura de control de señalización es requerida.

Funciones de Señalización

Las señales de control son necesarias para la operación de una red de conmutación de circuitos e involucra cada aspecto del comportamiento de la red. Incluyendo tanto servicios de red visibles al suscriptor como mecanismos internos. Como las redes se vuelven más complejas, el número de funciones desempeñadas por el control de señalización necesariamente crece. Las siguientes funciones, son algunas de las más importantes:

1. Comunicación audible con el suscriptor, incluyendo tono de invitación a marcar (*dial tone*), tono de timbrado, señal de ocupado, etc.
2. Transmisión del número marcado a las oficinas de conmutación la cual completará una conexión.
3. Transmisión de información entre conmutadores indicando que una llamada no puede ser completada.
4. Transmisión de información entre conmutadores indicando que una llamada ha finalizado y que la conexión puede ser terminada.
5. Una señal para indicar un timbrado telefónico.
6. Transmisión de información utilizada para propósitos de facturación.

7. Transmisión de información dando el estado del equipo o enlaces en la red. Esta información puede ser utilizada para propósitos de enrutamiento y administración.
8. Transmisión de información utilizada en diagnóstico y aislamiento de fallas en el sistema.
9. Control de equipo especial como un equipo de canal de satélite.

Un ejemplo del control de señalización se muestra en la Figura 4.18, la cual ilustra una secuencia de conexión telefónica desde una línea a otra en la misma oficina central. Los pasos involucrados aparecen enumerados en la figura:

1. Antes de la llamada, ambos teléfonos no están en uso (colgados). La llamada comienza cuando un suscriptor levanta el receptor (descuelga), el cual es automáticamente señalado al conmutador.
2. El conmutador responde con un tono audible, señalando al suscriptor que el número puede ser marcado.
3. El suscriptor que realiza la llamada marca el número el cual es comunicado como una dirección destino al conmutador.
4. Si el suscriptor llamado no está ocupado, el conmutador alerta a éste suscriptor a una llamada entrante enviando una señal de timbrado, la cual provoca que el teléfono suene.
5. La alimentación es provista por el conmutador hacia el suscriptor llamado:
 - a) Si el suscriptor llamado no está ocupado, el conmutador regresa un tono audible mientras la señal de timbrado es enviada al suscriptor llamado
 - b) Si el suscriptor llamado está ocupado el conmutador envía una señal audible de ocupado al suscriptor que llama (no se muestra en la figura).
6. El suscriptor al cual ha sido llamada acepta la llamada descolgando, lo cual se señala automáticamente al conmutador.
7. El conmutador termina la señal de timbrado y el tono de timbrado audible, y establece una conexión entre los dos suscriptores.
8. La conexión es liberada cuando alguno de los dos suscriptores cuelga.

Cuando el suscriptor llamado está ligado a un conmutador diferente que el del suscriptor que llama, se requieren las siguientes funciones de señalización para un enlace conmutador-conmutador:

9. El conmutador originante toma un enlace interconmutador ocioso, envía una indicación de descolgado en el enlace, y solicita un registro digital en el otro extremo, así el direccionamiento puede ser comunicado.

10. El conmutador terminal envía una señal de descolgado seguida de una señal de colgado, conocida como *wink*.
11. El conmutador originante envía los dígitos de dirección al conmutador terminal.

Este ejemplo da una idea de las funciones desarrolladas utilizando señales de control. Las funciones desempeñadas por las señales de control pueden agruparse en las categorías de supervisión, direccionamiento, información de llamadas, y administración de red.

El término **supervisión** es generalmente utilizado para las funciones de control que tienen un carácter binario, como una petición para servicio, respuesta, alerta y regreso a estado ocioso. Éstos se ocupan de la disponibilidad del suscriptor llamado y de los recursos necesarios de la red. La señales de control de supervisión se utilizan para determinar si un recurso necesario está disponible y si lo está tomaría. También se utiliza para comunicar el estado de los recursos solicitados.

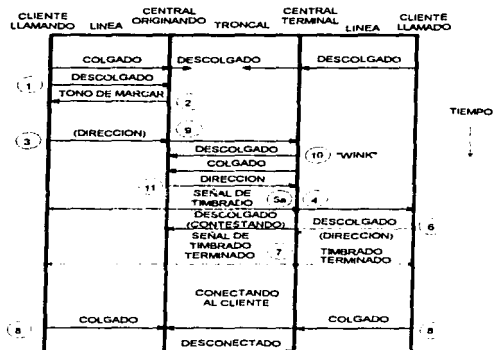


Figura 4.18 Control de Señalización de una Llamada Telefónica

Las señales de **direccionamiento** identifican a un suscriptor. Inicialmente, una señal de direccionamiento es generada por un suscriptor que llama cuando marca un número telefónico. La dirección resultante puede propagarse a través de la red para soportar la función de enrutamiento para localizar y llamar al teléfono del suscriptor solicitado.

El término de **información de llamada** se refiere a aquellas señales que proveen información al suscriptor acerca del estado de la llamada. Esto es en contraste a las señales de control internas entre conmutadores utilizados en el establecimiento y terminación de llamadas. Dichas señales internas son mensajes eléctricos, ya sean analógicos o digitales. En contraste, las señales de información de llamada son tonos audibles que pueden ser escuchados por el suscriptor que llama o por un operador con el apropiado equipo telefónico.

Las señales de control de supervisión, direccionamiento y control de llamada están directamente involucrados en el establecimiento y terminación de una llamada. En contraste, las señales de **administración de red** se utilizan para el mantenimiento y operación de la red. Dichas señales pueden ser en la forma de mensajes, tal como una lista de rutas preplaneadas siendo enviadas a una estación para actualizar sus tablas de enrutamiento. Estas señales cubren un amplio campo, y ésta categoría crecerá aún más con el incremento en la complejidad de las redes conmutadas.

SEÑALIZACION POR CANAL COMÚN

El control de señalización tradicional en redes de conmutación de circuitos ha sido con una base *per trunk* o *inchannel*. Con ***inchannel signaling***, el mismo canal es utilizado para acarrear tanto el control de señalización como la llamada a la cual las señales de control relacionan. Tal señalización comienza en el lado del suscriptor y continúa en la misma trayectoria en que se encuentra la llamada. Esto tiene el mérito de que no son necesarias facilidades de transmisión adicionales para señalización; las facilidades para transmisión de voz son distribuidas con control de señalización.

Dos formas de *inchannel signaling* son utilizadas: *inband* y *out-of-band*. ***Inband signaling*** no solo utiliza la misma trayectoria física de la señal a la que sirve, también utiliza la misma banda de frecuencia de las señales de voz que son acarreadas. Esta forma de señalización tiene varias ventajas; debido a que las señales de control tienen las mismas propiedades electromagnéticas que las

señales de voz, pueden ir a donde las señales de voz vayan. Esto es, no hay límites para el uso de señalización dentro de la banda en ninguna parte de la red, incluyendo lugares donde ocurren conversiones analógico/digital o digital analógico.

La señalización **out-of-band** toma ventaja de que las señales de voz no utilizan el total de ancho de banda asignado a ellos de 4 KHz. Una banda de señalización angosta e independiente de 4 KHz es utilizada para enviar señales de control. La mayor ventaja de este enfoque es que las señales de control pueden ser enviadas aunque las señales de voz no se encuentren en línea, permitiendo así una continua supervisión y control de una llamada. Sin embargo, la señalización *out-of-band* necesita componentes electrónicos extras para tomar la banda de señalización.

Sin embargo con la señalización Inchannel la velocidad de transferencia de información está muy limitada. Con señalización inband, el canal está solo disponible para señales de control cuando no hay señales de voz en el circuito. Con señales out-of-band, solo se dispone de un ancho de banda muy angosto. Con tales limitaciones es difícil acomodar, en un tiempo apropiado, cualquiera de las formas más simples de mensajes controlados. Sin embargo, para tomar ventajas de los servicios potenciales y para competir con la creciente complejidad de la tecnología de redes en evolución, es necesario un repertorio de control de señales más rico y poderoso.

Un segundo inconveniente de señalización inchannel es la cantidad de atraso en el tiempo en que un suscriptor marca un número, con respecto al tiempo en que la conexión es establecida. Los requerimientos para reducir este atraso se están volviendo más importantes que los nuevos usos que puedan dársele a la red. Por ejemplo, las llamadas controladas por computadora, como procesamiento de transacciones, utilizan relativamente mensajes cortos; por lo tanto, el tiempo de establecimiento de la llamada representa una apreciable parte de el total del tiempo de transacción.

Ambos de estos problemas pueden ser solucionados con **señalización por canal común**, en la cual las señales de control son acarreadas sobre trayectorias completamente independientes de los canales de voz. Una trayectoria independiente para el control de señalización puede acarrear las señales de un buen número de canales de suscriptores, y por consiguiente es un canal de control común para esos canales de suscriptores.

El principio de señalización por canal común es ilustrado y contrastado con la señalización inchannel en la Figura 4.19. Como podemos ver, en la trayectoria para señalización por canal común está físicamente separado de la trayectoria de voz u otras señales del suscriptor. El canal común puede ser configurado con el ancho de banda requerido para acarrear señales de control para una gran variedad de funciones. Así, tanto el protocolo de señalización como la arquitectura de la red para soportar ese protocolo son más complejos que la señalización inchannel. Sin embargo, la continua caída de los costos de hardware hacen a la señalización por canal común sea cada vez más atractiva. Las señales de control son mensajes que son transmitidos entre conmutadores y entre un conmutador y el centro de administración de la red. Así, la porción de control de señalización de la red es en efecto una red de cómputo distribuida acarreamdo mensajes cortos.

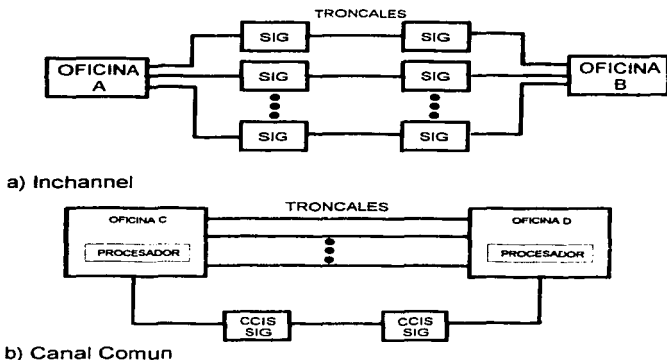


Figura 4.19. Señalización Inchannel y Señalización por Canal-Común

Dos modos de operación son utilizados en señalización por canal común (Figura 4.20). En el **modo asociado**, el canal común inmediatamente rastrea los grupos de línea interconmutados que son servidos entre puntos extremos. Las señales de control están en diferentes canales de las señales del suscriptor, y dentro del conmutador, las señales de control son ruteadas directamente a un procesador de control de señales. Un modo más complejo, pero más poderoso, es el **modo no asociado**. Con este modo, la red tiene nodos adicionales, conocidos como puntos de transferencia de señalización. Ahora no hay una simple o inmediata asignación de canales de control para grupos de enlace.

En efecto, ahora hay dos redes separadas, con enlaces entre ellos, de esta forma la porción de control de la red en la que puede ejercitar control sobre los nodos de conmutación que están sirviendo a las llamadas del suscriptor. La administración de la red es más fácilmente extraída en el modo asociado ya que los canales de control pueden ser asignados para laborar de una manera más flexible. El modo no asociado es el modo más apropiado para ser utilizado en ISDN.

Con señalización *inchannel*, las señales de control de un conmutador son originadas por un procesador de control y conmutadas en el canal de salida. En el extremo receptor, las señales de control deben ser conmutadas desde el canal de voz en el procesador de control.

Con señalización por canal común, las señales de control son transferidas directamente desde un procesador de control a otro, sin ser ligado a una señal de voz. Un punto importante de la señalización por canal común es que el tiempo de establecimiento de llamadas es reducido. Considere la secuencia de eventos para el establecimiento de una llamada con señalización *inchannel* cuando más de un conmutador esta involucrado. Una señal de control será enviada desde un conmutador a la siguiente trayectoria intentada. En cada conmutador, la señal de control no puede ser transferida a través de el conmutador al siguiente punto de la ruta hasta el circuito asociado es establecido a través de ese conmutador. Con señalización por canal común, adelantar la información de control puede trasladar los procesos de establecimiento del circuito.

Con señalización no asociada, emerge una ventaja adicional: Uno o más puntos de control centrales pueden ser establecidos. Toda la información de control puede ser ruteada a un centro de control de red donde las peticiones pueden ser procesadas y desde la cual las señales de control son enviadas a conmutadores que toman el tráfico del suscriptor. De esta forma, las peticiones pueden ser procesadas con un punto de vista más global en las condiciones de la red.

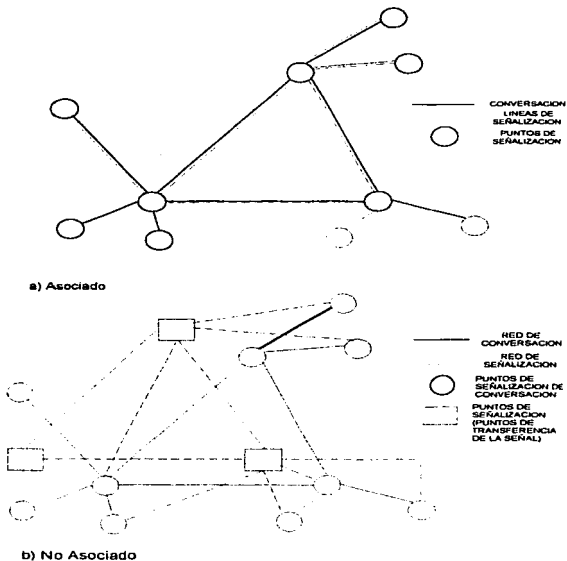


Figura 4.20 Modos de Señalización por Canal-Común.

Por supuesto, hay desventajas para la señalización por canal común. Estas primordialmente tienen que ver con la complejidad de la técnica. Sin embargo, la caída del costo del hardware digital y la creciente digitalización de las redes de comunicaciones hacen a la señalización por canal común la tecnología más

apropiada. Al igual que una red que está completamente controlada por señalización, señalización inchannel es necesaria para al menos algunas de las comunicaciones con el suscriptor. Por ejemplo señales dial tone, ringback y ocupado deben ser inchannel para cubrir las necesidades del usuario. En general, el suscriptor no tiene acceso a la porción de señalización por canal común de la red y no emplea el protocolo de señalización por canal común. Sin embargo esta declaración no es cierta para ISDN.

SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN NÚMERO 7

Signaling System Number 7 (SS7, Sistema de Señalización Número 7) es la culminación de la transición de un sistema de señalización *inchannel* a otro de canal común que es más flexible y poderoso para soportar los requerimientos de redes digitales integradas. SS7 fue diseñado primero por el CCITT en 1980, con revisiones en 1984 y 1988. Fue diseñado como un estándar de señalización por canal común *open-ended* para utilizarse en una variedad de redes conmutadas por circuitos digitales. Además, SS7 se diseñó específicamente para proveer el control interno y la inteligencia esencial en redes ISDN de banda angosta.

Pero el principal propósito de SS7 es el de proveer un sistema de señalización por canal común estandarizado internacionalmente con las siguientes características:

- Ser utilizado en redes de telecomunicaciones con centrales de control de programas y canales de 64 Kbps totalmente digitales
- Fue diseñado para conocer los requerimientos de transferencia de información presentes y futuras para control, administración y mantenimiento de llamadas.
- Provee seguridad en la transferencia de información en la secuencia correcta sin pérdidas ni duplicación.
- Es apropiado para la operación en canales analógicos y en velocidades superiores a los 64 Kbps.
- Es apropiado utilizarse en enlaces terrestres punto-a-punto y satelitales

El alcance de SS7 es inmenso, ya que debe cubrir todos los aspectos de control de señalización para redes digitales complejas, incluyendo enrutamiento confiable y distribución de mensajes de control además de las aplicaciones orientadas que contengan esos mensajes.

Arquitectura Funcional

Con la señalización por canal común, los mensajes de control se enrutan a través de la red para desempeñar funciones de administración (establecimiento, mantenimiento, terminación) de red y de llamadas en forma de pequeños bloques de paquetes. Aunque la red que está siendo controlada es una red de conmutación de circuitos, el control de señalización se implementa utilizando tecnología de conmutación de paquetes. En efecto, una red de conmutación de paquetes es superpuesta en una red de conmutación de circuitos para operarla y controlarla.

SS7 define las funciones que la red de conmutación de paquetes desarrolla, pero no dicta ninguna implementación de hardware en especial. Por ejemplo, todas las funciones de SS7 se pueden implementar en los nodos como funciones adicionales; este enfoque es el modo de señalización asociada. Alternativamente, se pueden utilizar puntos de conmutación separados que acarrean solo los paquetes de control, es decir que no se utilizan para acarrear circuitos. En este caso, los nodos de conmutación de circuitos necesitarían implementar funciones de SS7 para poder recibir las señales de control.

Elementos de una Red de Señalización. SS7 define tres entidades funcionales: puntos de señalización, puntos de transferencia de señalización y enlaces de señalización. Un **punto de señalización (SP)** es cualquier punto en la red de señalización capaz de tomar mensajes SS7. Puede ser un punto terminal para control de mensajes aunque no procesa mensajes que no estén dirigidos a ellos. Los puntos terminales pueden ser, por ejemplo, los nodos de conmutación de circuitos de la red o un centro de control de red. Un **punto de transferencia de señalización (STP)** es un punto de señalización capaz de enrutar mensajes de control. Esto significa que cuando el enlace de señalización recibe un mensaje puede transferirlo a otro enlace. Un STP puede ser un nodo de enrutamiento que puede incluir las funciones de un punto terminal. Finalmente, un **enlace de señalización** es un enlace de datos que conecta puntos de señalización.

La Figura 4.18 muestra la diferencia entre las funciones de señalización (conmutación de paquetes) y las funciones de transferencia de información (conmutación de circuitos) para una arquitectura de señalización no asociada. Podemos considerar que hay dos planos de operación. El **plano de control** es responsable de establecer y mantener conexiones. Estas conexiones son pedidas por el usuario en el canal D utilizando I.451/Q.931. El diálogo I.451/Q.931 es entre el usuario y la central local. En este caso la central local actúa como un punto de

señalización, ya que interviene en el diálogo con el usuario y con los mensajes de control en la red. SS7 se utiliza para establecer y mantener una conexión; este proceso puede involucrar uno o más puntos de señalización y puntos de transferencia de señalización. Cuando se establece una conexión, la información se transfiere de un usuario a otro (punto a punto) en el **plano de información**. Un circuito se establece desde una central local de un usuario a la central local de otro, enrutándose a través de uno o más nodos de conmutación de circuitos conocidos como centrales de tránsito. Todos éstos nodos (centrales locales y de tránsito) también son puntos de señalización ya que deben enviar y recibir mensajes SS7 para establecer y mantener la conexión.

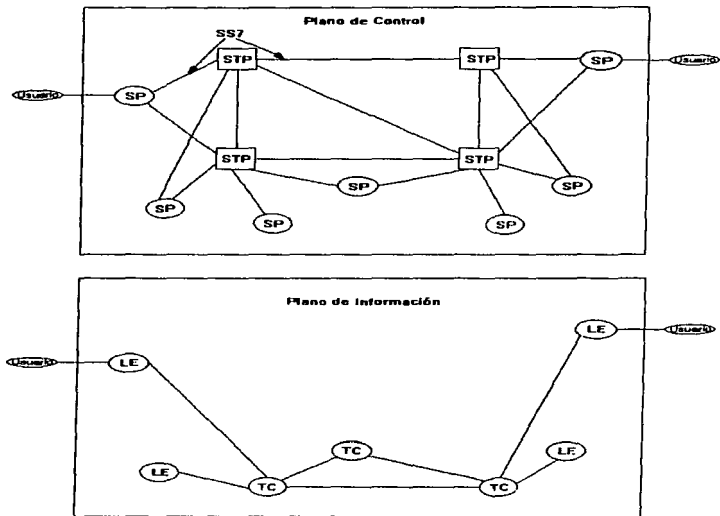
Estructuras de las Redes de Señalización. Una red de señalización que tenga nodos SP y STP tendrá una estructura jerárquica en la que los SPs constituyen el nivel más bajo y los STPs representan el nivel más alto. El segundo puede ser dividido en varios niveles STP.

La Figura 4.21 es un ejemplo de una red con un simple nivel STP.

Los parámetros que influyen en el diseño de la red y en el número de niveles son los siguientes:

- **Capacidades de STP:** Incluye el número de enlaces de señalización que puede tomar el STP, el tiempo de transferencia de mensajes de señalización y la capacidad de *throughput* mensajes
- **Desempeño de red:** Incluye el número de SPs y los atrasos en la señalización
- **Seguridad y disponibilidad:** Mide la habilidad de la red para proveer servicio en el caso de fallas.

En términos de desempeño cuando la red se restringe es preferible solo un nivel STP. Sin embargo, las consideraciones de seguridad y disponibilidad pueden dictar una solución con más de un nivel. El CCITT sugiere las siguientes guías:



STP - Punto de Transferencia de Señalización
 SP - Punto de Señalización
 TC - Central de Tránsito
 LE - Central Local

Figura 4.21. Redes de Transferencia de Información y Señalización

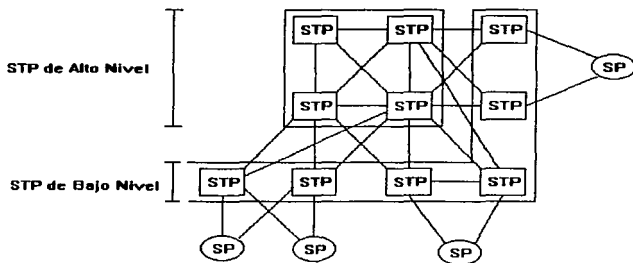


Figura 4.22. Ejemplo de una Red de Señalización con Dos Jerarquías STP

- En una red de señalización jerárquica con un solo nivel STP:
 - Cada SP debe estar conectado al mismo tiempo a por lo menos dos STPs.
 - La red de STPs puede ser tan completa como se quiera (cada STP puede tener un enlace directo con cualquier otro STP).
- En una red de señalización jerárquica con dos niveles STP (ejemplo la Figura 4.22):
 - Cada SP debe estar conectado al mismo tiempo a por lo menos dos STPs de bajo nivel.
 - Cada STP de bajo nivel debe conectarse al mismo tiempo a por lo menos dos STPs de alto nivel.
 - Los STPs de alto nivel pueden conectarse todos entre sí.
- En una red de señalización jerárquica con un solo nivel STP:
 - Cada SP debe estar conectado al mismo tiempo a por lo menos dos STPs.
 - La red de STPs puede ser tan completa como se quiera (cada STP puede tener un enlace directo con cualquier otro STP).

- En una red de señalización jerárquica con dos niveles STP (ejemplo la Figura 4.22):
 - Cada SP debe estar conectado al mismo tiempo a por lo menos dos STPs de bajo nivel.
 - Cada STP de bajo nivel debe conectarse al mismo tiempo a por lo menos dos STPs de alto nivel.
 - Los STPs de alto nivel pueden conectarse todos entre sí.

Los dos niveles de diseño de la jerarquía STP se designan de tal forma que el nivel más bajo toma tráfico de una región geográfica en particular de la red, y el nivel más alto toma tráfico inter-regional.

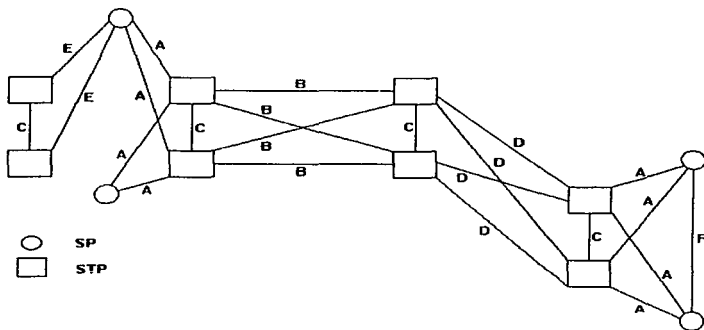


Figura 4.23. Ejemplo de Enlaces Utilizados en una Red SS7

La Figura 4.23 describe la posible realización de una arquitectura que muestra el enfoque tomado por AT&T. Los SPs y STPs se conectan por medio de enlaces definidos en la Tabla 4.4. Los STPs se configuran en pares para redundancia y se enlazan con líneas de cruce (C). Los Nodos de conmutación de circuitos se enganchan a la red de conmutación de paquetes SS7 por medio de enlaces de acceso (A) para ligarlos con los STPs. Las líneas B ligan STPs en regiones diferentes y las líneas D ligan STPs de diferentes niveles jerárquicos. El

resto de las líneas (E y F) proveen trayectorias adicionales a los nodos de conmutación de circuitos para altas demandas en el tráfico.

Este diseño combina buen desempeño con alta disponibilidad. Entre cualquier par de puntos de señalización, los mensajes deben atravesar solo uno o dos STPs. Esto provee solo un poco de atraso en el tránsito de mensajes. Al mismo tiempo previene comunicación en caso de la pérdida de un STP o de un enlace de señalización aunque pueda seguirse alguna otra ruta más larga.

Arquitectura del Protocolo

Hasta ahora hemos discutido como las funciones de la arquitectura SS7 se organizan para crear una red de control de conmutación de paquetes. El término arquitectura también se utiliza para la estructura de protocolos que especifica SS7. Como con el modelo de Open System Interconnection (OSI), la arquitectura está hecha en capas. La Figura 4.24 muestra la estructura de SS7 y la relaciona con OSI.

Designación	Conexión	Utilización
A	SP a SP	Provee acceso a la red de señalización desde una oficina de conmutación
B	STP a STP del mismo nivel	Enrutamiento primario de mensajes desde un SP a otro vía múltiples STPs
C	Entre un par de STPs	Comunicación entre pares de STPs; también provee enrutamiento alternativo en enlaces B fallidos
D	STP a STP de diferente nivel	Enrutamiento de mensajes en distintos niveles de STPs
E	SP a STP	Provee conexión directa desde una oficina de conmutación a un STP que no es local
F	SP a SP	Provee acceso directo entre oficinas de conmutación con gran comunidad interesada

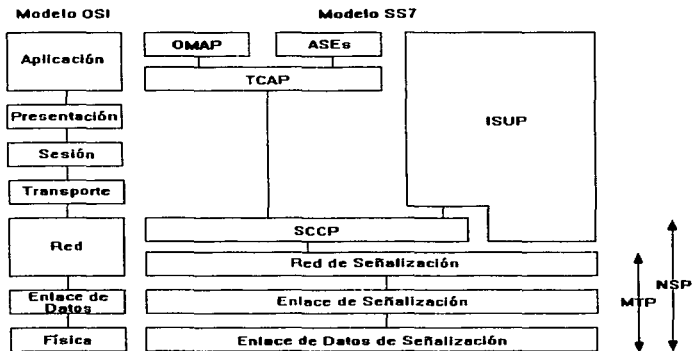
Tabla 4.4. Enlaces de Señalización

La arquitectura SS7 consiste de cuatro niveles. Los tres niveles más bajos de la arquitectura SS7, conocidos como **message transfer part (MTP)**, proveen un servicio confiable pero sin conexión para enrutamiento de mensajes a través de redes SS7. El nivel más bajo, **signaling data link**, corresponde a la capa física del modelo OSI y contiene las características físicas y eléctricas de las líneas de enlace. Estas incluyen líneas entre STPs, entre un STP y un SP, y líneas de control entre SPs. El nivel **signaling link** es un protocolo que provee un enlace de datos de señalización para la distribución confiable de datos a través de la red; corresponde a la capa 2 del modelo OSI. El nivel más alto del MTP, conocido como el nivel **red de señalización**, provee enrutamiento de datos a través de múltiples STPs desde la fuente de control hasta el destino de control. Estos tres niveles juntos no proveen el conjunto completo de funciones y servicios especificados en las capas 1-3 del modelo OSI, y menos aún en las áreas de direccionamiento y servicio de conexión orientada. En la versión 1984 de SS7 se añadió un módulo adicional que reside en el nivel 4, conocido como la **parte de control de conexión de señalización (SCCP)**. Al SCCP y al MTP juntos se les conoce como la **parte de servicio de red (NSP)**.

En el SCCP se definen varios servicios de diferentes capas de red para conocer las necesidades de usuarios de los NSP. Los módulos restantes de SS7 se consideran en el nivel cuatro y comprenden a los usuarios de NSP. Un NSP es simplemente un sistema de distribución de mensajes; las partes restantes se distribuyen con los contenidos actuales de los mensajes. La **parte de usuario de ISDN (ISUP)** provee el control de señalización necesario para distribuir las llamadas del usuario de ISDN y las funciones relacionadas. La **parte de aplicación de capacidades de transacción (TCAP)**, introducida primero en 1988, provee los mecanismos para aplicaciones y funciones de transacción orientada (lo opuesto a conexión orientada). La **parte de aplicaciones de operaciones y mantenimiento (O&MAP)** especifica las funciones de operación y mantenimiento de la red y de los mensajes relacionados con ella. Esta área final es un estado preliminar que será expandido en versiones futuras de las recomendaciones. Otros módulos conocidos como **elementos de servicio de aplicación (ASE)**, también podrán definirse para soportar otras aplicaciones.

El MTP se desarrolló antes que el SCCP y se hizo para atender las necesidades de tiempo real en las aplicaciones de telefonía. La naturaleza de la no conexión de MTP provee una facilidad de encabezado acomodado en los requerimientos de la telefonía. En el contexto de ISDN, se entiende que hubo otras aplicaciones, como la administración de la red, que necesitaron los servicios de las capas del modelo OSI, este se expandió direccionando la capacidad y seguridad de la transferencia de mensajes. El SCCP se diseñó para conocer

estos requerimientos. La división resultante en las funciones de la red en OSI entre la capa de señalización de red y SCCP tiene la ventaja de que el encabezado más alto de los servicios SCCP puede utilizarse cuando sea requerido, con el más eficiente MTP utilizado en otras aplicaciones.⁵



- OMAP - Operaciones, Mantenimiento y Administración
- ASE - Elemento de Servicio de Aplicación
- TCAP - Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción
- ISUP - Parte de Usuario de ISDN
- SCCP - Parte de Control de Conexión de Señalización
- MTP - Parte de Transferencia de Mensaje
- NSP - Parte de Servicio de Red

Figura 4.24. Arquitectura del Protocolo SS7

4.6 FTTB / FTTC

Las tecnologías básicas usualmente caen en dos categorías. Primero está el medio de transmisión físico y segundo está el formato de señal que se utilice sobre el medio de transmisión. Por ejemplo, cable de fibra óptica, cable coaxial, par de cobre trenzado e inalámbrico son medios de transmisión físico con características significativamente diferentes en desempeño y características. Los formatos de señal puede ser tanto analógicos como digitales en su estructura básica. Sin embargo, los formatos analógicos y digitales pueden ser transmitidos con una gran variedad de técnicas de modulación para implementar la transmisión de información a través del medio físico. Muchos de los formatos, tanto alámbricos e inalámbricos, utilizan carriers de Radio Frecuencia (RF) para permitir la propagación a través del medio de transmisión físico. Los ejemplos más familiares de modulación son la modulación en amplitud (AM) y la modulación en frecuencia (FM) que son ampliamente utilizados en transmisión de radio y televisión.

Las fibras ópticas están siendo ampliamente utilizadas ahora para todo tipo de señales (vídeo, voz y datos) ya que posee gran flexibilidad, bajo costo y gran ancho de banda para el aprovisionamiento de servicios interactivos, tales como video on demand (VOD), video juegos y multivideoconferencia, que requieren canales bidireccionales que podrían rápidamente saturar los recursos de la red, en caso de alta penetración de servicio. El cable coaxial también se utiliza ampliamente por su gran ancho y porque acarrea señales eléctricas que pueden conectarse sin interfaces costosas a un equipo electrónico (por ejemplo conjuntos de TV). El par de cobre trenzado ha sido utilizado ampliamente para servicio telefónico por su simplicidad pero debe ser reemplazado en el futuro por su bajo ancho de banda (baja capacidad de información). La arquitectura inalámbrica tal como telefonía celular, Servicios de Distribución Multipunto y Multicanal (MMDS) y Servicios de Comunicación Personal (PCS) eliminan la necesidad de una infraestructura alámbrica terrestre pero son significativamente más susceptibles a las anomalías de interferencia y propagación producidas por lluvia, árboles y edificios.

Arquitectura de Red FTTB

El sistema responde a esas restricciones de servicio con la colocación de líneas de fibra de alta velocidad hasta el edificio del cliente y así proveer más ancho de banda por usuario.

La tecnología de fibra óptica, llamada M-PON (Red Óptica Pasiva Multimedia) transporta 622 Mbps en la dirección *downstream* (hacia el usuario). Cada M-PON puede separarse ópticamente, dependiendo de los niveles de transmisión de energía y de la distancia entre la oficina central y la terminación de red. Una forma de separación puede ser desde 1 hasta 16 o desde 1 hasta 32 usuarios por red.

La función del terminador de red es desempeñada por el M-ONU (Unidad de Red Óptica Multimedia), la cual extrae los datos audiovisuales desde la propia ranura de tiempo en el canal *downstream*. Cada programa es enviado subsecuentemente a cada usuario individual sobre pares trenzados, utilizando modulación CAP. Esta técnica permite un flujo *downstream* a 51 Mbps y un flujo *upstream* de 1.5 Mbps se asigna a cada usuario final. La limitación de la distancia para esta velocidad de datos entre M-ONU y el usuario es de alrededor de 100 metros pero puede utilizarse hasta 300 metros para velocidades más bajas.

En la dirección *downstream*, el tráfico del usuario es recolectado por cada M-ONU y es enviado hacia la M-OLT (Terminación de Línea Óptica Multimedia) sobre el trayectoria de retorno en cada M-PON. Ya que las señales ópticas están recombinadas en la locación del separador, cada M-ONU debe transmitir dentro de su propio intervalo de tiempo para evitar colisión de paquetes. Dependiendo de la penetración de los servicios de interactividad, el M-ONU puede instalarse hasta los edificios o hasta el borde de la acera.

La cantidad total de tráfico *upstream* que puede reunir una M-PON es de 155 Mbps. La asimetría del tráfico transportado en las dos direcciones refleja la asimetría intrínseca de las características del servicio. Los servicios tales como VOD y de recuperación de información multimedia requieren alta capacidad de canal en la dirección usuario-a-red, mientras que se necesita una cantidad limitada de ancho de banda en la dirección opuesta. El tráfico multimedia se acarrea por la estructura PON en formato de celdas ATM hasta el Set Top Box. Así se extienden los beneficios de la tecnología ATM en la red de acceso y se garantiza la convergencia de la tecnología PON hacia la red de banda ancha.

La adopción de ATM desde los servidores de vídeo hasta los Set Top Boxes es un punto fundamental de la arquitectura FTTB. Permite a un gran número de suscriptores establecer un enlace físico utilizando procedimientos de señalización estandarizados para establecer y terminar conexiones en forma dinámica.

El Gateway es el elemento de red que acepta las peticiones de servicio en el extremo del usuario y desempeña la navegación de primer nivel entre los proveedores de servicio disponibles. El nivel 1 de Gateway brinda un menú del proveedor de servicio al Set Top Box del cliente y traduce las opciones del usuario (dentro de los mensajes de señalización apropiados) hacia la red de conmutación ATM para establecer las conexiones requeridas.

Los beneficios más importantes de la arquitectura FTTB son:

- El uso de PONs permite un gran ancho de banda disponible a cada extremo de usuario. Esto ofrece una mayor flexibilidad en los tipos y características de los servicios. Como ejemplo, la arquitectura FTTB soporta servicios bidireccionales tales como videoconferencia de alta calidad. Transportar celdas ATM en la estructura PON permite ofrecer servicios avanzados en fibras ópticas. Esta solución también permite el transporte de datos a alta velocidad y compatibilidad total entre la Red Inteligente con la Red de Banda Ancha.
- La utilización de líneas de pares de cobre dedicado entre la M-ONU y cada usuario es una solución a los problemas de privacidad y seguridad derivados de una arquitectura media distribuida, tal como HFC. El ancho de banda mejorado y el desempeño de seguridad hacen a la arquitectura FTTB la mejor solución para ofrecer teletonia, ISDN y servicios de datos sobre la red multimedia. En este escenario, la M-ONU actúa como un multiplexor de multiservicio, capaz de manejar tráfico de usuario con diferentes características para converger en el mismo medio físico.
- El módulo de interface óptico, llamado M-OLM (Módulo de Línea Óptica Multimedia) será parte de la línea de conmutadores y simultáneamente reunirá conexiones multimedia, datos y voz. El tráfico de vídeo y datos será enrutado internamente al APM (Módulo Periférico de ATM) y después a redes dedicadas de datos o a los servidores de vídeo. El tráfico ISDN y POTS será enrutado por el M-OLM hacia la oficina de conmutación de banda angosta. El M-OLM, conjuntamente con el APM, se convierte a un nuevo módulo de línea llamado MPM (Módulo Periférico Multimedia).

Arquitectura de Red FTTC

Los diseñadores de red contemplan los servicios que los operadores de red quieren proveer y combinan las opciones de diseño de sistema para formar una red que conozca los requerimientos de desempeño y costo. Por ejemplo; una arquitectura de red híbrida fibra/coaxial (HFC) combina las ventajas de la fibra óptica y el cable coaxial para proveer una red con un ancho de banda de extremadamente alta capacidad a un relativo bajo costo. Los transmisores de fibra de banda ancha se utilizan en vecindarios con un diseño de estrella desde un headend para nodos de fibra óptica para transmisión en ambas direcciones. En el nodo, la señal óptica se convierte en una señal eléctrica y el cable coaxial se utiliza desde ese punto hasta la casa. Un nodo usualmente sirve desde 120 hasta 500 casas y el costo por casa del equipo de conversión óptico-a-eléctrico se calcula dividiendo el costo del nodo entre el número de casas conectado al nodo. La red HFC tiene la ventaja de poder acarrear tanto formatos de señal analógica como digital simultáneamente a través de la red. Así, una trayectoria de migración de bajo costo analógico a digital es posible al tiempo en que los costos digitales se decrecientan.

La arquitectura llamada Switched Digital Video (SDV), que son algunas veces llamadas Fiber-To-The-Curb, despliegan la fibra mucho más profundo en la red, usualmente a un nodo de no más que 10 a 20 casas. En el nodo, la telefonía puede ser acarreada sobre par trenzado y servicios de mucho mayor capacidad como video pueden usar cable coaxial. En algunos casos, pocas señales de video pueden enviarse sobre los pares trenzados para una distancia muy corta pero con equipo caro en el nodo y en la casa. En muchas arquitecturas SDV/FTTC, el formato de transmisión es de bandabase digital desde el headend u oficina central hasta el nodo de fibra bandabase digital sobre fibra significa que el switch de láser está on y off para corresponder a unos y ceros en una señal digital antes de ser modulada en intensidad con un formato que lo convertiría a una señal RF eléctricamente modulada en el nodo. En esta arquitectura el costo del headend es alto por la electrónica de conmutación, el costo del nodo óptico también es alto y se divide solo entre el pequeño número de casas en el nodo para calcular el costo por casa. Los servicios de difusión analógicos con fibra digital banda base tampoco son posibles. De todas las arquitecturas SDV/FTTC que han sido propuestas hasta ahora, solo la arquitectura HFC difunde servicios y provee energía a los nodos ópticos. Los cables de fibra óptica no pueden acarrear electricidad y el cable coaxial en HFC se utiliza para acarrear la energía eléctrica a los nodos así como para acarrear los servicios de difusión.

La red HFC permite no solo vídeo digital y analógico sino también alta velocidad de datos y telefonía digitales para ser provistos en una simple red. La alta velocidad de datos puede transmitirse a través de la red HFC con esencialmente el mismo formato que se utiliza para vídeo digital en HFC. Se utiliza el mismo headend y modulación digital tanto para vídeo digital como para datos digitales a alta velocidad. El módem de datos digitales a alta velocidad en las premisas del cliente utiliza el mismo sintonizador y los mismos chips de demodulación a bajo costo que están en los set tops digitales.

SDV/FTTC ofrecen vídeo conmutado y pueden ofrecer también datos y telefonía. Sin embargo, los servicios de difusión no son posibles en SDV/FTTC sin una cubierta HFC.⁶

4.7 CABLE HIBRIDO (HFC)

Una red integrada de banda ancha con cableado de fibra/coaxial ofrece una solución práctica y económica a las demandas de servicios analógicos, mientras que también provee un amplio intervalo de nuevos servicios digitales, incluyendo comunicaciones de voz y datos.

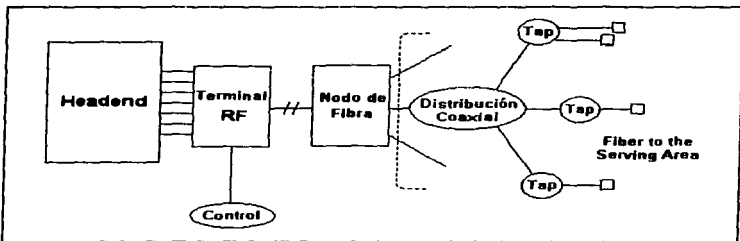


Figura 4.25. Arquitectura de Fiber to the Serving Area

Existen algunas limitaciones para distribuir el ancho de banda de los servicios interactivos directamente a casas o comercios a través de una red totalmente de fibra. Estas incluyen:

- Costo efectivo
- Suministro de energía a la red sin responsabilidades de mantenimiento de baterías a los suscriptores
- Proveer un medio de fibra totalmente digital para telefonía, TV analógica, video entretenimiento y programación de información

Una solución que está siendo examinada por los operadores de banda ancha en muchos países es el sistema de distribución de fibra/coaxial (Figura 4.25), utilizando "Fiber to the Serving Area" (FSA, Fibra al Área de Servicio, también conocido como Fiber to the Feeder o Fiber to the Bridge) y los sistemas existentes de CATV (tales como sistemas que pueden distribuir voz interactiva, datos y video directamente a la casa), sin necesidad de la alimentación por parte del cliente. Esto significa que, con un pequeño incremento de costo, los proveedores de telefonía o video pueden obtener doble ingreso de sus suscriptores.

Tecnologías Telefónicas Actuales

Las compañías de telecomunicaciones están tejiendo redes con fibra para llegar hasta la localidad del usuario. Pero los obstáculos que no lo han permitido son el suministro de la energía, la conversión analógica-digital y el costo.

Un sistema de telefonía con interface óptica-a-eléctrica basado en fibra debe tener algunos medios para suministrar energía. Un mecanismo puede ser un suministro paralelo de energía desde la terminal remota hasta la unidad de red óptica, pero esto terminaría con el propósito de utilizar fibra. Otra alternativa es retroalimentar la energía desde la casa hasta la unidad de red óptica, pero esto significa confiar en la energía comercial con apoyo de baterías en la localidad del usuario.

En los sistemas Digital Loop Carrier (DLC) basados en fibra (Figura 4.26), los servicios de voz y datos son casi totalmente digitales dentro de la red. El más

grande consumidor de banda ancha, la programación de entretenimiento, es todavía casi completamente analógico y tomara a los consumidores muchos años reemplazar la enorme base de equipos de TV analógica instalada por los nuevos equipos de TV digital.

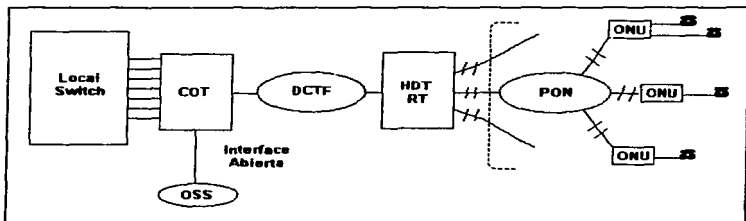


Figura 4.26. Arquitectura de Distribución Fiber in the Loop

CATV

Una topología CATV es muy similar a un sistema DLC, pero hay dos diferencias importantes:

- 1) En la topología CATV el cable coaxial reemplaza al cobre desde el nodo de fibra hasta la casa. Al igual que un medio de banda ancha, el coaxial abarca todos los requerimientos para distribución de voz, video y datos.
- 2) El costo del cableado CATV es más bajo. Asumiendo una densidad de 60 casas por kilómetro, el costo del cableado es de aproximadamente 120 dólares por casa, mientras en una red Fiber to the Home se requieren de 1,200 dólares por casa.

Red Híbrida de Fibra/Coaxial

Incorporando fibra en el sistema CATV se pueden distribuir servicios avanzados de voz interactiva, datos y vídeo a bajo costo, además de que se disminuye el tamaño del área de servicio (Figura 4.27). Para los operadores de cable es atractivo construir redes FSA para municipios de 500 o más casas. En sistemas con municipios de 500 casas, algo así como 78 canales analógicos de vídeo más un "top layer" (200 MHz) de señales digitales comprimidas, pueden distribuirse en un total de 750 MHz. Dependiendo de la mezcla de servicios ofrecidos, este *top layer* tiene la capacidad de acomodar otros 300 canales de vídeo o una combinación de voz, datos y vídeo.

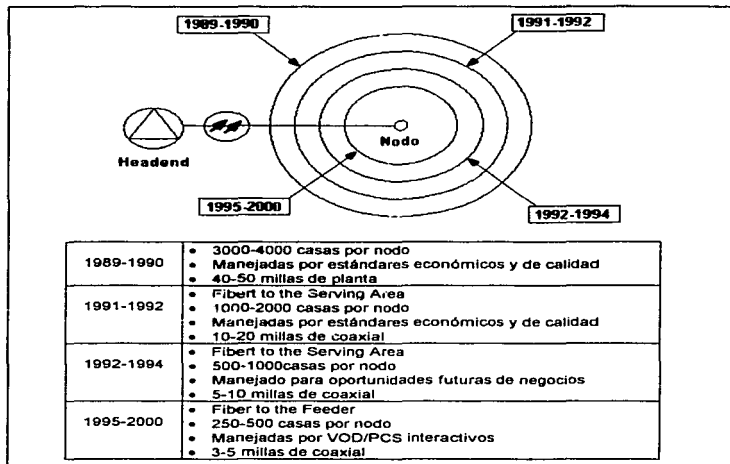


Figura 4.27. Fibra Óptica a la Casa

Una red con fibra/coaxial provee calidad de película mejorada, mayor confiabilidad en el sistema y mayor capacidad de canal; también permite aplicaciones analógicas y digitales para coexistir en el mismo cable, así se pueden mezclar nuevos servicios utilizando la planta existente de CATV.

El enfoque híbrido utiliza los sistemas de transmisión de telefonía existentes desde la oficina central a los headends de CATV. La arquitectura FSA desde el encabezado puede soportar el 100% de capacidad de telefonía y video (Figura 4.28).

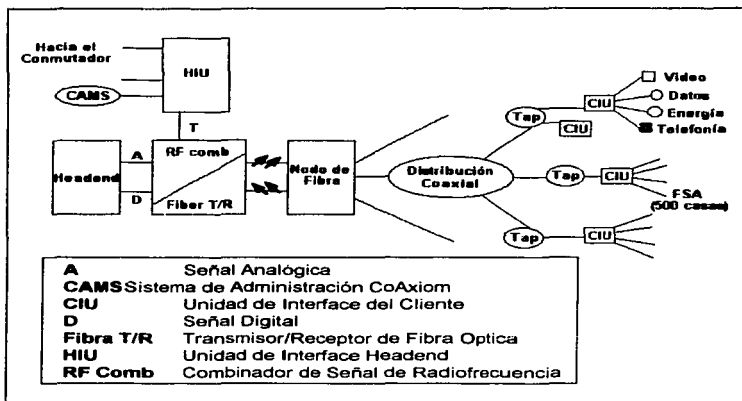


Figura 4.28. Red CoAxiom Sobrepuesta en una Red FSA

El cable coaxial acarrea señales de vídeo (digital y analógico), voz y datos a una unidad de interface-usuario fuera de la casa. La unidad de interface-usuario

distribuye telefonía mientras pasa vídeo. La red híbrida fibra/coaxial tiene más componentes activos que los comparables con los Digital Loop Carriers de los sistemas de telefonía tradicionales, además de haber una mayor disponibilidad de toda la red. Los dispositivos telefónicos activos en la casa se alimentan por medio de la red. La energía se extrae de la red utilizando un diseño de tap especial limitado en ambas direcciones y distribuido sobre un *drop* de pares trenzados separados en la interface usuario-red.

El operador de red puede asignar teléfonos a localidades donde no puede colocarse vídeo utilizando flujos con pequeños incrementos de ancho de banda. Estos pequeños incrementos permiten ordenar señales telefónicas en ranuras de 3-5 MHz que son demasiado angostas para vídeo. Un canal de vídeo PAL de 7 u 8 MHz puede acarrear el equivalente de 180 circuitos direccionables de voz.

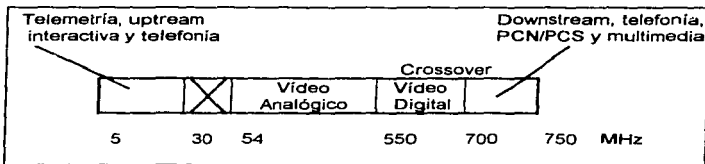


Figura 4.29. Utilización del Espectro

Para el canal de reversa se requiere una estrategia diferente ya que no hay canal de vídeo disponible. Para asignar dinámicamente anchos de banda se utiliza el término "ancho de banda bajo demanda" evitándose así el ruido y ajustes en los canales de voz con otros servicios. Cuando un suscriptor necesite servicio de teléfono, los módulos activan una pequeña banda de 50 KHz para la duración de cada llamada.⁷

4.8 FIBER DISTRIBUTED DATA INTERFACE (FDDI)

La FDDI (Fiber Distributed Data Interface) es una red local de alta velocidad (100 Mbps) basada en fibra óptica. Es un estándar originalmente propuesto por el Grupo de Trabajo X3T9.5 del Instituto Nacional de Estándares de los Estados Unidos (ANSI) para ser utilizado principalmente como:

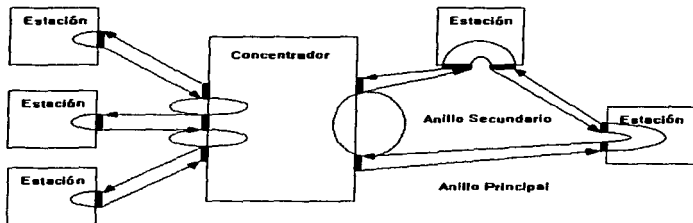
- a) Enlace entre computadoras y dispositivos periféricos de alta velocidad
- b) Red local de alta velocidad para aplicaciones que requieren tasas de transmisión superiores a las proporcionadas por las redes locales IEEE 802
- c) Bus para la interconexión de redes locales de baja velocidad. FDDI tiene ahora reconocimiento internacional en la norma 9314 de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO)

El funcionamiento de FDDI está basado en los mecanismos de operación de otras redes locales, en particular los especificados en la norma IEEE 802.5 (Token Ring). Se describirá la topología de una red FDDI, su arquitectura interna, la función de la capa física, el protocolo de acceso al medio utilizado y el formato de las tramas que circulan en la red.

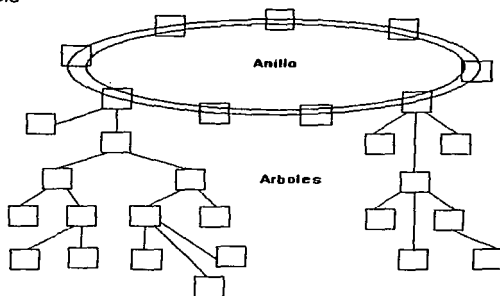
Topología

La topología de una red se refiere a la disposición física de las estaciones y de sus interconexiones. La topología básica de FDDI está formada por un anillo doble que soporta una distancia máxima de 200 Km y 1000 conexiones físicas. Las estaciones de la red pueden conectarse al anillo directamente o a través de un concentrador. De hecho, la topología más general de FDDI es un anillo (doble) de árboles (Figura 4.30) en la que los nodos de los árboles son concentradores y las hojas son estaciones. Los anillos en contra-rotación son la base de la tolerancia a fallas de la red. Cuando ocurre una falla en el enlace que une a dos nodos (estaciones o concentradores) o en algún nodo, los dos nodos que se encuentran alrededor de la falla se reconfiguran internamente y, utilizando los enlaces que fluyen en sentido opuesto, crean un nuevo anillo (Figura 4.31).

Las estaciones pueden conectarse a los dos anillos (**DAS**: estaciones de conexión doble) o únicamente al anillo principal (**SAS**: estaciones de conexión sencilla). Las estaciones DAS son más robustas que las estaciones SAS ya que una falla en un anillo no las desconecta de la red, pero son mucho más costosas.



a) Anillo Doble



b) Anillo Doble de Árboles

Figura 4.30. Topologías

Un concentrador también puede tener conexión doble o sencilla a la red, pero todas las estaciones que se conectan a él son estaciones SAS.

Arquitectura

La arquitectura de la norma FDDI mantiene un esquema común con la arquitectura IEEE 802 y está constituida por (Figura 4.32):

- 1) Capa física (PL)
- 2) Capa de enlace de datos (DLL)
- 3) Administración de estaciones (SMT)

La capa física se encuentra dividida en dos partes: la subcapa dependiente del medio físico (PMD) y el protocolo de la capa física (PHY). La subcapa PMD proporciona la comunicación digital en banda base entre los nodos de la red. Especifica, por ejemplo, las características de los transmisores, receptores, cables y conectores. La subcapa PHY es la interface entre la capa de enlace de datos y la subcapa PMD. Básicamente se encarga de la codificación (decodificación) de la información que circula en la red.

La capa de enlace de datos para redes locales contiene tradicionalmente dos subcapas. En FDDI sólo se especifica la subcapa de control de acceso al medio (MAC) y opcionalmente se utiliza la subcapa de control del enlace lógico (LLC) definida por la norma IEEE 802. La subcapa MAC proporciona un mecanismo de acceso al medio de transmisión, y su principal función es permitir la transmisión de unidades de datos (tramas) entre los nodos de la red.

La administración de estaciones proporciona las funciones necesarias para administrar la operación de las diferentes subcapas de FDDI, y permitir que los nodos trabajen conjuntamente en la red. SMT se encarga, por ejemplo, de la detección y corrección de fallas en el anillo, y de establecer el ancho de banda de la red.



Figura 4.31. Tolerancia a Fallos a) Normal, b) y c) Reconfiguración

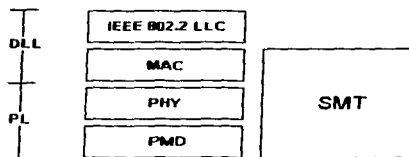


Figura 4.32. Arquitectura en Capas

Capa Física

La codificación empleada por PHY es independiente del medio de transmisión utilizado. Las características de medio físico son consideradas en la subcapa PMD. Originalmente, ésta especificaba únicamente la conexión entre nodos a través de fibra óptica multimodal (MMF-PMD) y soportaba una distancia máxima entre nodos de 2 Km. Para soportar distancias entre nodos de hasta 60 Km se desarrolló posteriormente la especificación SMF-PMD que utiliza fibra óptica monomodal y reemplaza los LEDs en los transmisores por láseres. En el mercado existen también redes FDDI de bajo costo basadas en par trenzado no blindado.

Protocolo MAC

El protocolo MAC utilizado por las estaciones en una red FDDI está basado en el protocolo IEEE 802.5 al cual se realizaron algunas modificaciones para mejorar su desempeño a altas velocidades.

El acceso al medio está controlado por la posesión de un privilegio denominado token. Si ninguna estación en la red quiere transmitir, el token (una trama especial que indica que el medio está libre) circula sobre el anillo. Cuando una estación quiere transmitir, espera el token, lo remueve del anillo y transmite su trama. En la norma 802.5 la estación que transmite una trama pone en circulación un nuevo token en la red después de: (a) terminar su transmisión, y (b) recibir el encabezado de ésta trama después de una vuelta completa alrededor del anillo. La alta velocidad de transmisión de FDDI, el tamaño máximo que pueden tener las tramas y la extensión física que puede alcanzar la red hacen que el tiempo de transmisión de una trama pueda ser pequeño en comparación al retardo de propagación de la trama alrededor del anillo. Por esta razón, para aumentar la eficiencia en el uso de la red, la estación que transmite pone en circulación un nuevo token inmediatamente después de terminar una transmisión sin esperar la ocurrencia del evento (b) mencionado anteriormente.

A este esquema básico se agregan otros mecanismos de asignación del ancho de banda que permiten transmitir varias tramas consecutivas y multiplexar en tiempo continuo y en ráfagas. Dado que en FDDI la estación que transmite no espera el regreso de su trama para transmitir un nuevo token, no puede utilizarse el esquema de prioridades de 802.5, basado en la reservación del siguiente token

a una determinada prioridad utilizando el encabezado de la trama actualmente en circulación. En su lugar se utiliza una variante del algoritmo de asignación de capacidad de 802.4 (Token Bus).

Una estación con tráfico continuo requiere recibir el token periódicamente dentro de un cierto rango de tiempo. La periodicidad se establece durante la inicialización del anillo al valor mínimo solicitado por las estaciones (TTRT). El protocolo MAC de FDDI asegura que el valor promedio del tiempo de rotación del token es igual al valor negociado, y que es siempre inferior a dos veces éste. A cada estación con requerimientos de tráfico continuo se le asigna un tiempo de transmisión SA durante el cual puede enviar tramas cada vez que capture un token. Esta asignación asegura un cierto ancho de banda para la transmisión de tramas de información "síncronas".

Las asignaciones de los valores de SA para cada estación involucran el intercambio de tramas SMT y debe cumplir con la siguiente desigualdad:

$$\sum S_{aj} + D_Max + F_Max + Token_Time \leq TTRT$$

donde:

D_Max es el tiempo máximo de propagación de un símbolo alrededor del anillo

F_Max es el tiempo requerido para transmitir una trama de longitud máxima

Token_Time es el tiempo de transmisión de un token.

Una característica adicional de FDDI hace posible que dos o más estaciones puedan establecer diálogos asíncrono extendidos, utilizando tokens restringidos que permiten reservar temporalmente todo el ancho de banda que no se usa para la transmisión síncrona. Un token restringido es un token especial que transporta una dirección DA y que sólo puede ser capturado para la transmisión de tramas asíncronas, por la estación con dirección DA.

A diferencia de 802.5, en FDDI no hay una estación particular encargada de monitorear el anillo. Esta función se distribuye entre todas las estaciones y tiene como objetivo detectar y corregir una condición inválida de funcionamiento en el anillo. La existencia de esta condición es detectada por las estaciones cuando no ven circular un token en un determinado intervalo de tiempo. Para corregir esta condición, las estaciones de FDDI ejecutan un algoritmo distribuido de elección, y la estación ganadora inserta en el anillo un nuevo token. Si la condición inválida no puede resolverse debido, por ejemplo, a una ruptura en el

anillo, las estaciones invocan un proceso de guía que finaliza hasta que el anillo se restaura (por intervención manual o automáticamente).

Formato de las tramas

Las tramas en una red FDDI están formadas por los siguientes campos: (Figura 4.33):

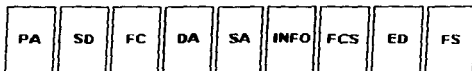


Figura 4.33. Formato de Trama FDDI

Preámbulo (PA): Sincroniza la trama con el reloj de cada estación. El originador de la trama envía este campo con 16 símbolos I (idle); los nodos que repiten la trama alrededor del anillo pueden cambiar la longitud de este campo de acuerdo a sus requerimientos de sincronización.

Delimitador de inicio (SD): indica el comienzo de la trama. Consta de un símbolo J seguido de un símbolo K.

Control de la trama (FC): identifica el tipo de la trama. Este campo está constituido por los bits CLFFZZZZ. El bit C especifica la clase de la trama (asíncrona o síncrona); el bit L indica si la longitud de los campos de direcciones es de 16 o 48 bits; los bits FF indican si la trama contiene información del usuario (LLC) o información de control del protocolo MAC; y los bits ZZZZ especifican la prioridad de la trama LLC o en tipo de trama MAC.

Dirección destino (DA): Especifica la estación a la cual va dirigida la trama. Puede ser una dirección única o de grupo. En una misma red pueden coexistir estaciones con direcciones de 16 bits y estaciones con direcciones de 48 bits.

Dirección fuente (SA): Especifica la estación que envió la trama.

Información (INFO): Contiene datos del usuario o información de control MAC. La longitud máxima de una trama es de 4500 bytes, incluyendo 2 bytes del preámbulo.

Secuencia de verificación de tramas (FCS): Este cambio de 32 bits sirve para detectar si hubo errores durante la transmisión de la trama. El FCS se calcula utilizando los campos FC, DA, SA e INFO.

Delimitador de fin (DE): Consta de un símbolo T (dos si se trata de un token) e indica el final de la trama. Como el símbolo T no forma parte de los 16 símbolos de datos, el DE no puede confundirse con símbolos de otros campos de la trama.

Estado de la trama (FS): Contiene tres indicadores: E (error), A (dirección) y C (copiado). Cuando la estación emisora transmite una trama coloca en el campo FS tres símbolos R (reset). Al circular esta trama sobre la red, si una estación detecta un error en la transmisión coloca en el indicador E el símbolo S (set); si una estación detecta su dirección en el campo DA, cambia el indicador C a S. Los indicadores A y C permiten que la estación emisora determine, al regresar su trama, si la estación receptora: no existe (o no está activa), existe pero no copió la trama, o existe y copió la trama.

La especificación y desarrollo de FDDI se basaron en la experiencia obtenida durante la normalización y la operación de las redes IEEE 802; y en el análisis de las necesidades de los usuarios que debía satisfacer una red de alta velocidad. Debido a esto, FDDI ha sido utilizada con gran éxito en las tres aplicaciones de redes locales para las cuales fue creada. Sin embargo, continúa evolucionando y ahora su área de aplicación no se limita únicamente a ambientes locales; el desarrollo de la especificación SMF-PDM abre la puerta a su uso como red metropolitana. Este nuevo ambiente aumenta los requerimientos impuestos a FDDI y da origen a FDDI-II.⁶

4.9 COMPRESIÓN DE VÍDEO

Debido a que la tecnología digital está sustituyendo a la tecnología analógica, la cantidad de información está creciendo rápidamente. Para vídeo sin compresión con tramas de información de 24 bits, es necesaria una velocidad de transmisión de más de 200 Mbps. Desafortunadamente, muchos sistemas pueden soportar solamente velocidades en el intervalo de 2 Mbps a 5 Mbps. Los avances en Hardware están incrementando substancialmente las velocidades de transmisión, mientras que simultáneamente, las técnicas de compresión de datos están reduciendo la cantidad de información requerida a ser transmitida. En contraste al alto costo de velocidades de transmisión, los sistemas de compresión de datos ofrecen una alternativa muy económica. En un futuro cercano, los sistemas de compresión de datos pueden llegar a ser tan comunes como las máquinas de vídeo.

El sistema de vídeo digital está disponible en dos formas conocidas como *Software-only playback* (compresión/descompresión de datos solo con software) y *Hardware-assisted playback* (compresión/descompresión asistido con hardware). *Software-only playback* utiliza el CPU de la computadora para distribuir vídeo de baja calidad menor que el equivalente al formato VHS y *full-motion* (movimiento completo, entre 15 y 30 tramas por segundo) para CD-ROM o para una red. Generalmente, el vídeo de software decodificado se emplea para aplicaciones multimedia y videoconferencia, en los cuales los desarrolladores desean alcanzar una amplia comunidad de usuarios que no cuenten con hardware de vídeo decodificado y dedicado en sus máquinas.

De mayor interés aún para los radiodifusoras es el vídeo digital asistido con hardware. Para descomprimir y desplegar mejor calidad de vídeo digital, las computadoras utilizan un tablero de hardware con chips de vídeo DPS dedicados y extremadamente rápidos. Los algoritmos de compresión que requieren decodificación asistida con hardware son de los siguientes dos tipos:

- 1) *Interframe*: es un *Production Level Video* (PLV, Nivel de Producción de Vídeo) y los variados algoritmos MPEG. Estos utilizan combinaciones de claves, tramas de movimiento y tramas interpoladas para llevar a cabo altas cantidades de compresión y bajas velocidades de transmisión.
- 2) *Intraframe*: como movimiento verdadero y muchas otras formas de movimiento JPEG. Estos sistemas comprimen cada trama (y algunas veces cada campo) de vídeo individualmente. Estos algoritmos proveen vídeo de alta calidad y ofrecen la ventaja de editabilidad de tramas

exactas. Sin embargo, el costo de la velocidad de datos es de 2 hasta 10 veces más grandes que los algoritmos interframe

Además de estos algoritmos, otra técnica de compresión utilizada es la simetría de procesos. Con los algoritmos simétricos, los procesos de compresión requieren de la misma cantidad de tiempo que la descompresión. Por otro lado, el proceso de compresión asimétrico requiere de considerablemente más tiempo que la descompresión. Debido a que la mayoría de la potencia es requerida para la compresión, la descompresión asimétrica puede hacerse con equipo de cómputo de bajo costo.

Algoritmos Interframe

Los algoritmos *Interframe* incluyen:

El PLV que es un algoritmo de video digital que fue desarrollado como una parte de la tecnología *Digital Video Interactive* (DVI, Video Digital Interactivo). PLV provee calidad de video VHS en 30 fps en una pantalla completa. En este modo, la resolución es de 256x240 pixeles. La interpolación de pixel horizontal tiene una relación de 5:4 pixeles y una doble línea horizontal para construir un display de pantalla completa VGA de 640x480 pixeles.

PLV está diseñado para distribuir video en movimiento a una velocidad de 1.2 Mbps (velocidad normal en un 1XCD-ROM). Doblando el tamaño promedio de trama y de la velocidad, el PLV puede reducir artefactos y llevar a cabo una mejor fluidez de movimiento. PLV está comprimido en una computadora manejada por un servidor de tramas CCIR-601. El servidor de tramas está cargado desde formatos de video con calidad de difusión. Utilizando una máquina de 8 nodos, tomará una hora comprimir un minuto (1800 tramas) de un producto de video digital.

PLV tiene un amplio uso en sistemas de aprendizaje interactivo con CD-bases de datos multimedia y aplicaciones de video en redes.

- *Motion Pictures Expert Group-1* (MPEG-1, Grupo Experto de Imagen en Movimiento-1) como PLV, está diseñado para habilitar full-motion, full-frame video playback en un CD-ROM a 1.2 Mbps. MPEG-1 emplea una formato de entrada para fuente para video en movimiento y velocidades de audio asociadas de hasta 11.5 Mbps produciendo una mejor calidad de película que VHS.

- *Motion Pictures Expert Group-2* (MPEG-2) está desarrollado como un estándar para distribución de video de alta calidad en aplicaciones de radiodifusión y producción. MPEG-2 opera a velocidades de transmisión de 2 Mbps hasta 20 Mbps. MPEG-2 es la técnica de compresión de datos especificada para HDTV.

Existen dos tipos de redundancia en video full-motion: redundancia dentro de una trama y redundancia entre tramas adyacentes. MPEG, como PLV utiliza tres diferentes tipos de tramas: (I) intrapelicula, (P) redecidas y (B) bidireccionales.

Las tramas tipo-I se comprimen utilizando *Discrete Cosine Transform* (DCT, Transformada Discreta del Coseno). Un segundo rodamiento de video MPG-1 contendrá al menos dos tramas I. Las tramas tipo P son derivadas de precedentes tramas I (o de otras tramas P) prediciendo *motion forward in time*. Las tramas P son comprimidas en relación de 60:1. Las tramas interpoladas Bidireccional (B) son derivadas de las tramas I y P, basadas en previas y siguientes tramas de referencia. Las tramas B son requeridas para llevar a cabo el bajo promedio de datos por trama y baja velocidad de datos necesaria para distribuir CD-ROM.

El número de tramas I, P y B indican que un flujo de bits MPEG sea variable, dependiendo de la manufactura del chip de codificación/decodificación y del tipo de video a ser comprimido. En algunas aplicaciones solo se utilizan las tramas I y P, resultando en video de 4.7 Mbps conocido como MPEG-1.5

MPEG-1 generalmente opera en una resolución de 320 x 340 pixeles, con interpolación para llevar a cabo *playback* en la pantalla completa. Recientemente, varias compañías han introducido conjuntos de compresión en tiempo real para PCs. Debido a la creciente disponibilidad de tableros de compresión a bajo costo, se espera que se incremente rápidamente el uso de compresión de video MPEG-1.

Algoritmos Intraframe

Los algoritmos de compresión Intraframe procesan idénticamente cada trama de video (algunas veces cada campo). Por lo tanto, el video comprimido intraframe puede utilizarse de la misma manera que el video analógico. Sin embargo, el control de estas velocidades involucra variantes de resolución o las velocidades de tramas de los procesos de compresión y captura de video. Para

resultados de alta calidad, las velocidades de video intraframe pueden ser tan grandes como 20 Mbps (6.8 minutos por gigabyte de almacenado).

Un enfoque intraframe es el Movimiento Joint Photographic Experts Group (JPEG, Grupo de Expertos Fotográficos de Juntura). JPEG ha establecido un estándar para compresión de imagen que, como MPEG, utiliza un algoritmo DCT. Se han capturado y comprimido sistemas que pueden procesar video en tiempo real en 30 fps (o 60 campos por segundo en productos recientes). Los ratios de compresión para calidad VHS usualmente corren alrededor de 20:1, y las velocidades de transmisión normalmente exceden 1 Mbps. Debido a los altos requerimientos de velocidad y almacenamiento del movimiento JPEG no es muy utilizado en la distribución multimedia. Debido a que JPEG fue estandarizado para imágenes, no hay estándares para procesamiento de audio asociado ni técnicas de sincronización. Se han adoptado diferentes técnicas, resultando un flujo de bits que no es compatible con los de otros vendedores. Sin embargo, movimiento JPEG es ampliamente aceptado para aplicaciones de ambiente cerrado, tales como edición de video.

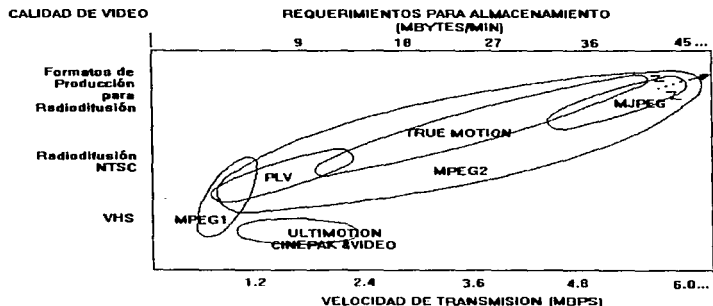


Figura 4.34. Calidad de Video vs. Velocidad de Transmisión y Requerimientos de Almacenamiento para Distintas Técnicas de Compresión de Video

Comparando Sistemas de Compresión

La Tabla 4.5 muestra algunos métodos de compresión (se incluyen otros no mencionados en el texto). Todos son software de vídeo decodificable y corren a bajas velocidades. El vídeo de baja calidad se utiliza para aplicaciones que son mejores en un cuarto de pantalla o menos ya que la pixelación es evidente en la pantalla completa.⁹

METODO	VELOCIDAD DE TRAMAS POR SEGUNDO	VELOCIDAD EN Mbps	RESOLUCION EN PÍXELES	AUDIO SINCRONIZADO	HARDWARE ESPECIAL	COMPRESION	CALIDAD
LA TRONION	11	1.2	180x120	Y	NINGUNO	ASIMETRICA	BUENA
CELEPHAR (MORCHTBE 1.0)	15-24	1.2-4	320x240	Y	NINGUNO	ASIMETRICA (10:1)	BUENA
VIDEO (PVS)	15-20	1.2-4.5	180 1720 - 320x240	Y	NINGUNO	SIMETRICA O ASIMETRICA	BUENA
FLV	30	1.2	320x240 (640x480)	Y	FSB	ASIMETRICA (10:1)	MEJOR
MPEG-1	30	1-4.7	320x240 (640x480)	Y	C-CUBE CL 400000	ASIMETRICA 15:1 EN PVS	MEJOR
MPEG-2	30	2-30	720x480	Y	Y-TED	ASIMETRICA	LA MEJOR
JPEG EN MOVIMIENTO	30	4.5-10	180x120 - 640x480	N	C-CUBE CL 900000	SIMETRICA	DE BUENA A MEJOR
MOVIMIENTO VERDADERO	30	4.5	360x480 (720x480)	Y	FSB	ASIMETRICA (10:1)	DE BUENA A LA MEJOR
DISCO LASER	30	181.6	640x480 480 LINEAS H	Y	VIDEO DISCO PLAYER	NA	MEJOR

Tabla 4.5. Técnicas de Compresión de Vídeo

4.10 COMUNICACIONES MÓVILES

Los sistemas convencionales de comunicaciones satelitales (VSAT) permiten lograr una amplia cobertura, pero son costosos y no tienen la suficiente versatilidad y simplicidad requeridas en muchas ocasiones, además de ser fijos y de operación fuertemente controlada. La inclusión del subsistema de comunicaciones en banda L en los nuevos satélites nacionales "Solidaridad" permitirá esa cobertura y facilidad de servicios hacia y desde cualquier sitio. Esto se logrará con sistemas de comunicaciones satelitales de manera transparente al usuario, en sitios donde no exista cobertura celular, siendo ésta una tecnología dual complementaria con los servicios celulares. Se presenta a continuación una breve descripción de las comunicaciones móviles vía satélite, las características principales de los satélites Solidaridad, los servicios a ofrecer y la interconexión hacia las redes públicas de comunicaciones.

La modernización de las telecomunicaciones en México requiere de nuevos servicios y tecnología que permitan una mejor satisfacción de las demandas de los usuarios, sean estos de todo tipo, en cualquier sitio y en las más variadas aplicaciones.

A partir del gran éxito logrado en las comunicaciones satelitales en los años 60 por el consorcio internacional INTELSAT referente a la cobertura global de los 5 continentes, algunos países decidieron tener su propio sistema satelital doméstico, iniciándose éste proceso con Canadá (Anik) e Indonesia (Palapa). Por otro lado, se propuso a mediados de los 70 la creación de un sistema similar a INTELSAT pero para aplicaciones marítimas. En base a esto, se creó a principios de los 80 el consorcio internacional INMARSAT (*International Maritime Satellite Organization*; Organización Internacional Marítima Satelital), con cobertura en todos los océanos y continentes del planeta. La idea inicial fue la de brindar servicio de comunicaciones de telefonía y telex a grandes navíos y buques mercantes. Al poco tiempo se extendió el servicio a aplicaciones aeronáuticas y terrestres para voz y datos mejorando la tecnología y reduciendo costos para el usuario.

Por otro lado, y de manera similar a lo sucedido con el sistema INTELSAT, varios países reconocieron las ventajas de contar con un sistema doméstico de comunicaciones móviles independiente del consorcio internacional INMARSAT. Los países con mayores avances a la fecha son Australia (Aussat-Optus), E.U.,

Canadá (MSAT) y México (Solidaridad). La principal característica de estos sistemas es que son promovidos por las administraciones de comunicaciones de cada país y que constarán de pocos satélites domésticos colocados en órbita geostacionaria, conocidos como GEOS (*Geostationary Orbit Satellites*).

Existen otros proyectos, financiados por compañías privadas, que pretenden ofrecer servicios de comunicaciones móviles satelitales mediante el uso de grupos de pequeños satélites de órbita baja conocidos como LEOS (*Low Earth Orbit Satellites*). Algunos ejemplos de ellos son los sistemas IRIDIUM de Motorola, ODISSEY de TRW, y Globalstar de Loral, entre otros.

La principal característica de todos los sistemas arriba mencionados es la posibilidad de tener acceso telefónico desde cualquier lugar dentro del área de cobertura del satélite o satélites. A diferencia de las terminales fijas tipo VSAT, las terminales móviles son portátiles y altamente flexibles en su operación y acceso al satélite. Además cuentan con la opción de acceso a las redes de telefonía celular, comportándose entonces como una extensión de éstas. Esto se confirma al conocerse la dualidad del sistema donde el usuario, con el mismo aparato, hace llamadas a través de la red celular si se encuentra dentro de su área de cobertura o satelital si no se tiene acceso celular al alcance. Este proceso se describirá más adelante. Con respecto a los servicios, casi todos los sistemas antes mencionados proporcionarán telefonía, transmisión de datos y fax.

En el caso de México, los dos satélites Solidaridad son del tipo GEOS, debido a sus otras funciones en las bandas C y Ku.

Sistemas de Satélites Solidaridad. El sistema de satélites Solidaridad fue diseñado para proporcionar servicio de comunicaciones a distintas regiones de Norte, Centro y Sudamérica, así como el Caribe. Esto se hizo por varias razones, entre las cuales destaca el interés de México por contribuir en la satisfacción de las necesidades de comunicaciones de los países Latinoamericanos, así como para tener un mayor acercamiento con los países de América del Norte.

La construcción de los satélites Solidaridad está basada en el modelo HS-601 de la compañía Hughes Aircraft, estabilizado en tres ejes, y con las bandas de frecuencia C (6/4 GHz), Ku (14/11 GHz) y L (1.6/1.5 GHz).

Servicios Potenciales de Comunicaciones Móviles por Satélite

En los 80 se iniciaron los primeros servicios de comunicaciones móviles por satélite en el ámbito marítimo por el consorcio INMARSAT, siendo a la vez los primeros en dar una cobertura mundial. La finalidad de crear ésta organización por los países marítimos fue la de dar asistencia en caso de desastre, de seguridad y para mejorar la eficiencia y administración de los barcos, además de proporcionar servicio de correspondencia con sistemas de comunicaciones públicos y dependiendo del tipo de terminal con que se equipen los barcos, será la clase de servicio que INMARSAT les proporcione.

Con el lanzamiento de los nuevos satélites Solidaridad se podrán fomentar los servicios de comunicaciones móviles en México. En 1991 se definieron para México 19 portadoras o servicios compatibles con el sistema MSAT (Canadá-E.U.) con respecto a los parámetros básicos del sistema y servicios ofrecidos. Lo anterior fue una propuesta inicial que puede modificarse, y permite resolver posibles conflictos en aspectos de interferencia con haces de otros sistemas satelitales. Las comunicaciones móviles pueden proporcionar conectividad total de servicios con cobertura nacional.

Los tres grupos básicos de portadoras son:

- Móviles terrestres
- Móviles marítimas
- Móviles aéreas

Con el sistema Solidaridad se pretende complementar los servicios terrestres ya existentes como son los sistemas celulares, troncales, de despacho, radiobúsqueda, etc. Con respecto al servicio marítimo, se pretende mejorar los sistemas actuales de comunicación entre barcos, para obtener una mayor cobertura y calidad en la transmisión de señales.

A continuación se mencionan algunos de los servicios potenciales:

Móvil Terrestre y Marítimo

- Telefonía
- Datos a baja velocidad (menor a 10.5 Kbps)
- Facsímil grupo III

- Mensajería de datos
- Radiolocalización (pager-beeper)
- Conmutación de paquetes (X.25)
- Telex
- Información meteorológica y noticieros

Móvil Semifijo Terrestre

- Telefonía rural
- Monitoreo industrial, minero, petrolero y agrícola
- Monitoreo costero, forestal y ambiental
- Control remoto de tuberías, oleoductos y gasoductos

Móvil Aeronáutico

- Información de tráfico aéreo para pilotos
- Administración y operación de vuelos de las aerolíneas
- Reservación de vuelos, autos u hotel para pasajeros
- Telefonía pública para pasajeros
- Datos a baja velocidad
- Radionavegación
- Información meteorológica y noticieros

El sistema móvil satelital será capaz de soportar estos servicios en las siguientes tres categorías:

- Servicio móvil público
- Servicio móvil privado
- Servicio móvil de datos

El **sistema móvil satelital** ofrecerá inicialmente los servicios de voz, datos, fax a usuarios en tierra, mar y aire en conmutación por circuito. Posteriormente se expandirá a otros servicios como conmutación punto-multipunto, etc.

El sistema Solidaridad está diseñado para manejar varios tipos de terminales, dependiendo de el o los servicios que requieran. Estas terminales estarán equipadas con uno o más dispositivos o puertos de interface con los usuarios. Las terminales móviles utilizadas tendrán módulos auxiliares opcionales para determinar posicionamiento del vehículo (GPS) o telefonía celular, así como para diferentes tipos de antenas. En un estudio de mercado sobre las

necesidades de comunicaciones móviles en nuestro país, se pueden identificar a los usuarios potenciales de la siguiente manera:

Usuarios Terrestres Potenciales

- Automóviles
- Agentes de negocios
- Cuerpo de seguridad pública
- Cuerpos de emergencia y rescate

Sector Agrícola y Ganadero

- Autobuses de pasajeros
- Camiones de carga pesada
- Camiones repartidores
- Vehículos de zonas remotas
- Ferrocarriles
- Poblaciones rurales

Usuarios Marítimos Potenciales

- Flota mercante
- Pesca comercial
- Buques petroleros
- Cruceros de placer
- Yates pequeños
- Guardacostas

Aeronáutico

- Aerolíneas comerciales
- Aeronaves privadas
- Aeronaves oficiales

Los principales elementos del sistema de comunicaciones móviles el satélite y las estaciones terrenas fijas de interconexión, existen en distintos tipos, como los que se mencionan a continuación:

Interconexión del Sistema con Redes Públicas

La interconexión de sistemas de comunicaciones móviles satelitales hacia redes públicas de voz o datos es necesaria debido a la tendencia global de interoperabilidad entre diferentes sistemas de comunicación. Como ejemplo se tiene la actual red pública telefónica. Por lo anterior, en el sistema de comunicación móvil por satélite para México se buscará la interoperabilidad con los sistemas de comunicación establecidos en el país. Actualmente se tiene planeada la interacción con la Red Pública Telefónica (RPT), y con la Red Pública de Datos (RPD).

Interconexión con la Red Pública Telefónica (RPT)

En los sistemas de comunicación móviles satelitales, se requiere la interconexión desde el teléfono móvil satelital hacia la RPT y viceversa para la puesta de llamadas de un extremo, en el cual se encuentra la Terminal Móvil (TM), hasta el otro extremo donde está el abonado telefónico conectado a la RPT. Para el caso específico de México, la conexión la realiza TELMEX. La interconexión de una Terminal Móvil (TM) hacia la Red Telefónica Pública (RPT) se realiza a través de una Estación de Interconexión Telefónica (EIT). Esta EIT es un puerto de entrada/salida para el servicio satelital móvil telefónico con la RPT, estas estaciones de interconexión se colocan físicamente en una central telefónica de larga distancia nacional. Con estas estaciones se da una ventaja en el costo de servicio al usuario, ya que es insensible a la distancia de salto satelital debido a la amplia cobertura del satélite. La tarifa por conducción terrestre es igual a los servicios actualmente disponibles en la RPT y sistemas celulares.

Interconexión con la Red Pública de Datos

La interconexión entre una Terminal Móvil (TM) y la Red Pública de Datos (RPD) se realiza por medio de una Estación de Interconexión de Datos (EID). La EID proveerá servicios de conmutación de paquetes de datos a las TM a través del manejo de un número determinado de canales para este propósito. El sistema puede ofrecer tráfico de datos de tipo interactivo y servicio de difusión de datos (broadcast). La interconexión de la EID hacia la red de datos terrestre se realiza por medio de un protocolo X.25, el cual es compatible con la red de distribución de datos pública en México, llamada TELEPAC. De esta forma se tendrá acceso hacia/desde redes de paquetes conectadas a la red TELEPAC por medio de una TM.

Situación Actual de las Comunicaciones Móviles en México

En la actualidad, en México solo se cuenta con el servicio móvil satelital basado en la tecnología OmniTRACS de la compañía QUALCOMM, de transferencia de pequeños mensajes digitales a muy bajas velocidades (50/200bps). Estos equipos operan en banda ku de manera centralizada, en modo de espera y envío (store and forward), no se tiene capacidad para transmisión de voz o fax, y su principal aplicación ha sido la de comunicar flotillas de camiones de carga.

A principios de 1993 México solicitó su ingreso al consorcio internacional INMARSAT. Actualmente está en proceso de planeación un sistema de comunicaciones móviles propuesto por un grupo de mexicanos llamado LEOSAT, que implica el uso de una constelación de 12 satélites tipo LEOS y que brindará cobertura global.

Existen dudas respecto a la compatibilidad total del sistema Solidaridad con MSAT debido a aspectos jurídicos por el uso de tecnología propietaria de MSAT. Se espera un retraso en la instalación y operación de la infraestructura terrena de interconexión, con respecto al lanzamiento de los satélites solidaridad. Falta aún definir la cantidad y ubicación de las estaciones de interconexión en nuestro país, e iniciar su construcción. Muy probablemente se tendrá un periodo en el cual los satélites estén listos pero la parte terrena todavía no, incluyendo la disponibilidad comercial de las terminales móviles para los usuarios.

La operación de la red móvil satelital esta concesionada a varias compañías bajo la supervisión de TELECOMM. La distribución del radio espectro en banda L para los distintos servicios depende de la concesionaria, aunque el ancho de banda total es el obtenido en las negociaciones internacionales llevadas a cabo para este efecto.¹⁰

4.11 MULTIMEDIA

La palabra multimedia ha sido utilizada para definir muchos conceptos. Multimedia se define como "la integración, en una aplicación, de cuando menos tres de cinco tipos de datos susceptibles de ser procesados en una computadora". Estos tipos de datos son:

- audio
- vídeo
- animación
- imagen fija
- texto

El concepto de multimedia implica el uso de hardware adicional de cómputo, tales como: tarjetas digitalizadoras y reproductoras de audio, CD-ROM y bocinas, así como el software necesario para hacer uso de estos dispositivos, principalmente.

Un sistema multimedia debe ser capaz de combinar el manejo de información de la televisión y la computadora. Un elemento esencial de la tecnología multimedia, y tal vez el más importante, es la interactividad, lo cual significa que el usuario tiene el control, lo que ve y escucha es el resultado de sus acciones y decisiones. Una experiencia interactiva muy familiar es la de conducir un automóvil; en esta actividad el conductor tiene el control sobre el vehículo. La clave está en que la interactividad requiere control, las personas siempre se sienten más a gusto cuando lo tienen, un ambiente de esta naturaleza hace al usuario más receptivo a nueva información y a nuevas situaciones. El impacto potencial de multimedia es mayor que el de la televisión y de las publicaciones juntas, debido a que la tecnología multimedia no solo integra el poder audiovisual de ambos (texto, gráficos e imágenes fijas), sino que además agrega la capacidad de la interacción.

Multimedia/Computadora

La tecnología multimedia demanda gran poder de cómputo. Esta demanda las necesidades de presentación de vídeo. Las aplicaciones multimedia exigen mucho trabajo al sistema de vídeo de la computadora al desplegar rápidamente imágenes complejas. Esto significa que la computadora debe ser capaz de recuperar rápidamente información de vídeo del almacenamiento masivo, procesarla y pasarla al subsistema de vídeo para su presentación.

El vídeo de alta calidad (alta resolución y mayor cantidad de colores) hace esta demanda aún mayor. Los archivos de vídeo digital son tan grandes que son prácticamente imposibles de manejar sin usar técnicas de compresión. La compresión de vídeo requiere procesamiento de la computadora para eliminar redundancias en las imágenes.

Multimedia/Hardware

Sistema de Vídeo. El sistema de vídeo en todas las PC's usa un mecanismo de memoria mapeada en el cual una región de memoria guarda todos los valores de todos los píxeles a ser desplegados en la pantalla. Para crear una imagen, el adaptador de vídeo lee esta sección de memoria a una gran velocidad y convierte los valores de los píxeles en señales que controlan el dispositivo de vídeo (generalmente un monitor).

Sistema de Audio. La capacidad de una PC para producir sonido consiste de una pequeña bocina controlada por una salida de un bit de la computadora. Al enviar secuencias de unos y ceros, variando la frecuencia, se logra una gran cantidad de sonidos. Sin embargo, estos sonidos son artificiales y no son aplicables a ningún sonido cercano a lo real y mucho menos a audio de calidad CD. La misma situación se presenta en lo referente al vídeo. Para mejorar la calidad del sonido que una PC puede reproducir, es necesario agregarle una tarjeta de audio.

CD-ROM. Los sistemas de memoria de solo lectura basados en CD son importantes medios de almacenamiento y distribución de aplicaciones multimedia. La tecnología CD-ROM permite almacenar hasta 680 Mbits de información en un solo disco compacto de 12cm. Esta tecnología esta basada en la de los reproductores de discos de audio y por lo tanto no es costosa.

Multimedia/Software. El software multimedia debe realizar las tareas de forma que presente imágenes aceptables, audio y video de calidad. El audio y el video deben ser reproducidos sin retardos ni distorsiones. El software debe responder de forma efectiva a la interacción con el usuario y debe ser lo suficientemente flexible para permitir la realización de las diferentes formas de presentación que se requieren para cubrir un amplio rango de aplicaciones. Algunas de las demandas de este tipo de software exceden las capacidades de la PC más poderosa, por lo que se hace necesario el uso de hardware extra que ayude a la arquitectura básica de la PC. Esto se cumple especialmente en el caso de reproducción de audio y video. Además del sistema operativo el software requerido para hacer multimedia se clasifica en software para creación, para edición y para integración.¹¹

¹ Dr. Marcelo Mejía Olvera, "Redes de Conmutación de Paquetes: La Siguiente Generación", Soluciones Avanzadas, México, Año 2, Núm. 7, Enero-Febrero, 1994, pp. 20-24.

² Stalling Williams, ISDN and Broadband-ISDN, USA, Segunda Edición, pp. 529-546.

³ Stalling Williams, ISDN and Broadband-ISDN, USA, Segunda Edición, pp. 546-554.

⁴ Stalling Williams, ISDN and Broadband-ISDN, USA, Segunda Edición, pp. 555-557.

⁵ Stalling Williams, ISDN and Broadband-ISDN, USA, Segunda Edición, pp. 433-440

⁶ Varios:

<http://www.sciatl.com/c/b/>

<http://www.lycos/cgi-bin/pursuit?query=ftb.&terse=s>

⁷ Rob Avery, "An International Cable Architecture for Voice, Data and Video", International Cable, USA, Agosto, 1994, pp. 42, 44, 46 y 48.

⁸ Dr. Marcelo Mejía Olvera, "FDDI: Una Red Local de Alta Velocidad", Soluciones Avanzadas, México, Año 1, Núm. 4, Julio-Agosto, 1993, pp. 27-30.

⁹ Patrick E. Walker, "Squeezing the Picture: Video Compression", Broadcast Engineering, USA, Febrero, 1994, pp. 54, 58 y 60.

¹⁰ R. Conte, J. Soto, J. Becerra, "Comunicaciones Móviles Vía Satélite en México a través del Nuevo Sistema Solidaridad", Revista Red, México, Núm. 41, Febrero, 1994, pp. 13-19.

¹¹ Kevin Carter, "Multimedia", International Communication, USA, Enero, 1994, pp. 16-18.

CAPÍTULO 5

APLICACIONES DE LA RED DE BANDA ANCHA

5.1 VIDEO ON DEMAND

Existen dos formas para promover el uso de servicios de banda ancha. Una es mejorando la calidad y utilización de los sistemas existentes optimizando cada tecnología en particular. Un ejemplo de esto es el cine del futuro el cual maximiza la calidad de transmisión, distribución y proyección de películas sin que el espectador esté enterado de la nueva tecnología que se utiliza. La segunda es tomando nuevos servicios revolucionarios directamente de casas o comercios para crear competencia con los mercados existentes. Video On Demand es un ejemplo de esta perspectiva.

VOD, conocido en los Estados Unidos como vídeo dial-tone, es el nombre genérico para un intervalo completo de servicios de vídeo interactivo. Aunque VOD tiene aplicaciones en los sectores de comercio y educación, es importante también en la tecnología de banda ancha para el mercado doméstico global.

El servicio de VOD comenzará proveyendo al usuario residencial con acceso interactivo a un menú de películas y juegos de vídeo. El servicio pronto será expandido para ofrecer otros programas tales como boletines, información de la bolsa y la banca, cursos educacionales, catálogos de vídeo, ventas en casa, telemedicina, aplicaciones de audio y multimedia con calidad CD sobre una verdadera base interactiva. Un amplio intervalo de estrategias de cargo será

posible con tarifas basadas a sea por programa semanal, mensual o por volumen e incluyendo estrategias comerciales tales como eventos gratuitos, descuentos, premios, etc. VOD no será factible sin la tecnología ATM que ofrece transparencia para poder competir con cualquier tipo de tráfico. Como resultado, varios servicios de VOD en Europa y Norte América están siendo planeados alrededor de la conmutación de banda ancha ATM.

Hoy existen algunos servicios de video remoto disponibles los cuales ya permiten el acceso controlado a programas. Estos son canales de suscripción y pago por evento, aunque la interacción entre usuario y servicio es extremadamente limitada. Una solución de corto a mediano plazo ofrecida por los operadores de cable será Near Video on Demand (NVOD). Con NVOD, los usuarios pueden seleccionar distribución de programas de entre una opción limitada, con un reducido número de copias de disponibilidad, en diferentes tiempos de comienzo, siendo usualmente cada 15 o 30 minutos.

El siguiente paso de esta evolución, conocido como Staggered Video on Demand (SVOD), será ofrecido por los operadores de telecomunicaciones. Aquí, múltiples copias de los mismos programas estarán disponibles al suscriptor y son generados bajo petición y ruteados para el usuario por conmutadores de banda ancha. Por ejemplo, en un servicio SVOD, una película de 120 minutos tal vez sea programado para generar 24 copias y así proveer un comienzo con tiempo escalonado con intervalos de cinco minutos. Estas 24 copias estarían disponibles para todos los suscriptores y no habría limite para el número de ellos que quisieran ver cualquiera de las copias. Así, el suscriptor puede comenzar el película en cualquier momento, con una partición de cinco minutos. SVOD también tiene la capacidad de proveer funciones de control interactivo limitado para el suscriptor. Un último modo de *forward* y *rewind* permite al usuario moverse de película a película.

Interactive Video On Demand (IVOD) es el último servicio de video en el sentido de que cada suscriptor tendrá control total de reproducción sobre el servicio al que está siendo accedido. Esto significa que el suscriptor obtendrá acceso instantáneo a un programa y entonces podrá comenzar, parar, atrasar, adelantar y congelar cualquier parte de la película en cualquier momento, sin la partición. El servicio será ofrecido en una base conmutada por operadores de cable y telecomunicaciones de la misma forma. IVOD es una solución más costosa que SVOD debido a que la copia de un programa es hecha específicamente para un suscriptor en una conexión punto a punto. Los recursos de un servidor de video en particular pueden ser compartidos con un pequeño número de suscriptores y por lo cual se requerirá mayor capacidad de almacenamiento.

Además de la conmutación de banda ancha con capacidades de Terabps, otras variadas tecnologías estarán disponibles a bajo costo para VOD. Por ejemplo, los algoritmos de compresión de datos hoy en día proporcionan buena calidad de la película de 2 a 4 Mbps. El estándar Motion Pictures Experts Groups (MPEG-1) permite calidad de vídeo VHS en solo 1.5 Mbps, mientras el estándar MPEG-2 permite calidad CATV en 4Mbps y otra de mayor calidad de 9Mbps está en estudio. Los chips de descompresión cumplen con los estándares MPEG e ISO/IEC los cuales están llegando a ser componentes estándares de bajo costo y estarán disponibles a bajo precio. Los precios para memorias de almacenamiento también tienden a caer dramáticamente.

El acceso a servicios VOD puede ser a través de una amplia variedad de metodologías. Puede ser con redes de cable coaxial, a través de redes híbridas de fibra/coaxial u con pares de hilos trenzados utilizando tecnología Asymetrical Digital Subscriber Line (ADSL). ADSL es primordial para el desarrollo de VOD a corto plazo, sin embargo a largo plazo tecnologías Fiber in the Loop (FITL) serán empleadas.

También están disponibles las Passive Optical Networks (PONs, Redes Ópticas Pasivas) de fibra y la distribución directa por satélite. Como la capacidad de ancho de banda de las redes de acceso determinarán la calidad de la película del servicio de VOD, el énfasis en el desarrollo es mayor en el refinamiento de ADSL y en la aplicación de tecnologías APON (ATM Passive Optical Network). El sistema VOD propuesto puede influenciar en la evolución de ADSL a FITL.

El equipo del cliente puede ser una unidad integrada ligada a un conjunto de TV o *subscriber box* tomando un intervalo de servicios de telecomunicaciones para el usuario seleccionado, proveyendo el punto de entrada para operadores en la casa del suscriptor.¹

5.2 CINE DEL FUTURO

Conmutación ATM, catálogos, archivos y equipos de vídeo son los componentes centrales de un experimento para enviar películas en enlaces de telecomunicaciones de alta velocidad para proyección de cine.

La tecnología experimental, la cual comienza en la costa oeste de los USA, correrá sobre partes de la red Pacific Bell (PacBell). PacBell es la compañía telefónica regional de California y una subsidiaria de el Grupo Telesis del

Pacífico. Las películas serán emitidas en cinemas pertenecientes a AMC Entertainment en Los Angeles, San Ramon y La Bahía de San Francisco. Una experimentación sucesiva podría traer pronto el cambio más grande en la industria del cine de los últimos 100 años.

El Cine del Futuro es una red de sistemas de distribución y transmisión que combina fibras ópticas, acceso y distribución SONET con conmutación ATM. Pretende distribuir digitalmente películas comprimidas en un ancho de banda de 45 Mbps, directamente desde los estudios en Holliwood a los cines. Las tecnologías de codificación de video y conmutadores ATM, permiten al sistema tradicional producir múltiples copias de cada película y físicamente distribuirlos a las salas de cine.

Esto es porque además de establecer enlaces punto a punto entre los estudios y los cinemas, la conmutación ATM permite a las películas ser *multi-cast* vía trayectorias virtuales hacia varios lugares, lo que simplifica el diseño de redes y disminuye costos. El presupuesto promedio de una película hoy es de alrededor de 15 a 20 millones de dólares por cada dos horas de duración de la película, 25% del cual está designado para distribución de cintas. Suprimiendo la distribución física de una película por correo o mensajería podría dejar entre \$750 000 a \$1.2 millones de los \$3 a \$4 millones de dólares que cuesta hacer copias de los estudios y una adaptación para el cine por delante del *paying audience*.

El sistema trabaja así: la película es escaneada en una máquina tele-cine de alta definición, digitalizada, comprimida y enviada en una fibra óptica vía un conmutador ATM para almacenarse en una poderosa computadora. Este es el servidor del cine el cual permite que varios cines se accesen simultáneamente a una simple copia de una película en particular. Cada conmutador puede acarrear 1438 películas de alta definición. Para el proyecto de prueba, dos servidores de cine, cada uno con la capacidad de almacenar 100 diferentes películas, serán situadas en una oficina en la jefatura de PacBell. Un conmutador marginado en el servicio de la unidad de control llama a las copias de las películas desde el servidor del cine como sea necesario y apunta hacia los cines en el tiempo correcto. Un decodificador en cada teatro expande la película comprimida en un formato completo para proyección en pantallas luminiscentes especiales de gran claridad. Los *rings* de fibra óptica son redundantes y pueden instantáneamente reenrutar las transmisiones en el caso desafortunado de la ruptura en algún punto de la red de transmisión.

Una película de dos horas asciende a unos 8000 Gigabits de datos. Estos son comprimidos por un factor de 25 a 1, lo cual lo hace disminuir a 320 Gigabits o sea alrededor de 40 Gigabytes. Transmitir una película sin comprimirla tomará alrededor de la misma cantidad de espacio en la red telefónica como 18,750

llamadas simultáneas. Con la compresión, esa demanda de ancho de banda puede ahora ser reducida a el equivalente de 650 llamadas y la tecnología de compresión permite que la transmisión de dos horas de un película sea hecha en líneas de fibra óptica en solo 45 minutos.

El nuevo sistema tiene muchos beneficios tanto para los estudios del cual es copiado y al igual que los discos compactos no importa cuantas veces la película sea transmitida. Las capacidades de edición que las producciones digitales ofrecen también que los estudios pueden proyectar una película para una audiencia específica, región o grupo. Los cines pueden catalogar las películas con más precisión, tener publicidad local y nuevos contenidos en los programas, y una persona puede controlar totalmente el proceso de proyección para cientos de cines desde una computadora a miles de kilómetros de distancia.

El servicio comercial completo para el cine del futuro podría comenzar en los próximos años siendo la meta tener 10,000 de los 25,000 pantallas de cines de los USA adaptadas a los nuevos sistemas en 1997.*

5.3 VIDEOCONFERENCIA

Con la introducción del sistema de red digital integrada (RDI) o red superpuesta como también la denomina TELMEX, se está logrando un sistema telefónico más eficiente y una serie de beneficios para los usuarios.

Este proyecto de RDI, se desarrolló al sustituir la red pública normal de teléfonos que ya no proporcionaba los medios de transmisión necesarios a los usuarios. Se pensó entonces en un servicio más eficiente que utilizará medios de transmisión digital como la fibra óptica, radiomicroondas o la red satelital. Se introdujo la red superpuesta, es decir, sin paralizar el servicio telefónico se comenzó a introducir el servicio digital.

Sin embargo, el progreso y los servicios de calidad no se detienen con la instalación de RDI. Con el advenimiento de esta nueva forma de comunicación, surgen otros servicios más innovadores, como el video enlace digital o videoconferencia.

Video Enlace Digital

Este es un servicio que se obtiene al contratar RDI. Se trata de la transmisión conmutada de voz, imagen y datos, la cual permite comunicar a dos o más grupos de personas entre sí a través de un medio digital (fibra óptica, microondas o red satelital) en salas debidamente acondicionadas con equipos *codecs* (codificador/decodificador) de imágenes con la ayuda de otros accesorios tales como cámara de documentos, videograbadoras, proyectores de transparencias, pizarrones electrónicos, computadoras personales, y cualquier dispositivo necesario para establecer el enlace.

Una de las características del video enlace digital o videoconferencia, es que se puede interactuar con las personas que reciben la señal. Se trata de un servicio de retroalimentación simultánea donde, por medio de un monitor, es posible conversar con una persona o grupos de personas que pueden estar en diversos lugares. Con la videoconferencia es posible tener juntas de consejo o reuniones extraordinarias sin necesidad de abandonar el centro de trabajo o el lugar donde se vive.

El equipo de videoconferencia cuenta con un *videocode* a través del cual se comprime y codifica la señal de banda lógica de audio y video que se va a transmitir. Una vez digitalizada, comprimida y transmitida, la señal se volverá analógica en el punto remoto, lográndose así la comunicación. Para poder llevar a cabo el proceso anterior se requieren de cámaras de video, monitores, micrófonos y canceladores de eco. Las instalaciones de equipo y de red son ajenas a TELMEX, pero se proporciona el servicio y asesoría si el cliente lo desea. TELMEX informa y sugiere como conectar el equipo a la red e indica estándares y normas para mejores resultados. Por ejemplo, el sistema de videoconferencia no requiere un cableado especial, basta con tener un medio de transmisión digital y una conexión coaxial tanto en el nodo de emisión como en el de recepción de la señal, misma que se maneja en una banda de 2.048 a 768 Mbps, cantidades que se pueden modular y repartir de acuerdo a las necesidades del usuario.

Tal vez se requiera además de la emisión de imagen, enviar datos por medio de una computadora o transmitir documentos a través de un fax o quizá imprimir la información que se esté mostrando a través de la cámara; según las necesidades el usuario podrá repartir requerimientos hasta cubrir su total de ancho de banda asignado.

Por otra parte, el cliente puede acceder a la videoconferencia cuantas veces lo desee, incluso no necesita adquirir el equipo para su transmisión. Para hacer uso del servicio de videoconferencia existen tres modalidades:

1. **Servicio Público.** Se solicita una sala y el servicio a cualquiera de los puntos que TELMEX tiene disponibles. Se llena una solicitud con fecha y duración de la videoconferencia, hecho esto, el cliente sólo llegará a sentarse listo para su enlace.
2. **Servicio Privado.** Donde el usuario proporciona la sala y TELMEX la conectividad.
3. **Pago por Evento.** El cliente solicita el servicio para alguna conferencia o evento que puede llevarse a cabo en un lugar ajeno a TELMEX y al mismo usuario, como puede ser un auditorio o la sede de algún congreso. TELMEX hace la conexión con equipo propio y al cliente se le hace un cargo por instalación y renta de equipo.

TELMEX cuenta con salas de videoconferencia públicas, donde el cliente solicita fecha y tiempo de duración pagando una cuota y avisando mínimo con tres días de anticipación. Los enlaces digitales se pueden realizar en México en las cinco ciudades más importantes (Guadalajara, Monterrey, Mérida, Puebla y el Distrito Federal), prácticamente con cualquier localidad de los Estados Unidos y de ahí, hacia 42 países de los cinco continentes. Existen cerca de 1000 salas en 30 países distintos. Además, para garantizar confidencialidad en la transmisión de las videoconferencias, la señal se asegura por medio de un código digital que hace accesible su recepción solamente en el o los lugares programados.

Actualmente, se está acondicionando otro tipo de videoconferencia conmutada, con la que ya no será necesario solicitar el servicio, pues desde cualquier lugar o empresa se tendrá acceso. Se trata del kiosko de videoconferencia, una especie de caseta pública donde en lugar de hacer una simple llamada telefónica, se tenga un video enlace digital. ²

5.4 REALIDAD VIRTUAL

El potencial de la realidad virtual radica en la capacidad que tiene para permitirnos experimentar y, en cierta medida conocer el resultado de nuestro desenvolvimiento y actividad dentro de un ambiente tridimensional, creado artificialmente. Las aplicaciones son numerosas hoy en día:

- a) El diseño y recorrido de modelos arquitectónicos, que permite visualizar la proporción entre los elementos de construcción y la plástica de los colores, el recorrido interno y externo de la obra arquitectónica, aún antes de su edificación.

- b) La visualización científica, en donde los datos provenientes del análisis de un sistema físico tal como el comportamiento aerodinámico de una turbina de avión, pueden interpretarse mejor, si los distintos parámetros se visualizan tridimensionalmente y se manipulan interactivamente.
- c) La educación y capacitación de personal, pues la realización de actividades que requieren coordinación motora pueden beneficiarse especialmente, ya que es posible evaluar si los movimientos se mantienen dentro de las trayectorias prescritas, y si se ejerce una presión o fuerza apropiada. Esto puede aplicarse para aprender a tocar instrumentos musicales, manejar automóviles, soldar componentes electrónicos, escribir a máquina o jugar tenis, entre otras cosas.
- d) Medicina. El empleo de técnicas de *overlays* (la sobreposición de imágenes de estructuras ideales sobre las estructuras corporales actuales), puede ser de gran valor en la cirugía general y cerebral, donde se requiere un alto grado de destreza y capacidad de reconocimiento de los órganos apropiados.
- e) La ayuda a minusválidos, permitiendo el empleo de técnicas de realidad virtual para desarrollar guantes electrónicos, que posibilitan la traducción del lenguaje de señas al lenguaje verbal.
- f) La diversión y juegos electrónicos, donde la posibilidad de experimentar e interactuar con distintos ambientes ofrece una enorme fascinación para la mayoría de las personas. Puede considerarse que la realidad virtual tiene sus orígenes en la graficación por computadora, los simuladores de vuelo, la interacción hombre-máquina, la robótica, los multimedia y, en cierta medida en la cinematografía, por la composición de medios que emplea, tales como el sonido y la imagen.

Las características de un sistema de realidad virtual, que le distinguen de otros sistemas informáticos son:

- La *inmersión*, propiedad mediante la cual el usuario tiene la sensación de encontrarse dentro de un mundo tridimensional.
- Existencia de un *punto de observación* o *referencia*, que permite determinar la ubicación y posición de observación del usuario dentro del mundo artificial o virtual.
- *Navegación*, propiedad que permite al usuario cambiar su posición de observación.
- *Manipulación*, característica que posibilita la interacción y transformación del medio ambiente virtual.

Los sistemas de realidad virtual, además, se apoyan en el uso de hardware especializado, como:

- *Casco estereoscópico*, para proyectar secuencias estereoscópicas, para la determinación de la posición y del movimiento de la cabeza del usuario, y para transmitir sonido ambiental.
- *Guante electrónico*, para la manipulación del medio ambiente artificial y para proporcionar la sensación de tacto.
- *Banda transportadora y timón*, para dar la sensación de estar caminando y navegar.
- *Computadora* con gran capacidad de procesamiento numérico, para simular los procesos asociados con un sistema de realidad virtual.

Debido a que existe una gran diversidad de sistemas de realidad virtual, para poder compararlos es conveniente emplear como guía algunos parámetros determinados, como son:

- Velocidad de respuesta
- Calidad de las imágenes proyectadas
- El número de sentidos y la calidad con que se simulan y, en general, la calidad con que se logran los efectos de inmersión y manipulación del ambiente virtual.

En cuanto a la introducción y expansión de la realidad virtual en México, es probable que se inicie con el empleo de simuladores y juegos. Para promover su desarrollo tecnológico, habrá que impulsar paralelamente ramas de la computación como la graficación, la robótica, la visualización científica y la interacción hombre-computadora, pues estas le sirven de fundamento.

Otra alternativa es la implementación de sistemas de realidad virtual que empleen herramientas de software y dispositivos que se encuentren en el mercado. Dado el gran potencial que ofrece la realidad virtual y el abaratamiento esperado de sus accesorios, es cada día más factible la aplicación de esta tecnología en México.⁴

5.5 SOLUCIONES MULTIMEDIA

Soluciones multimedia para la oficina integra un host de funciones dentro de un escritorio. Una PC que incluya un organizador, un facsímile y un teléfono, haciendo la vida de una secretaria mucho más fácil.

En la misma forma, un dispositivo multimedia que incorpora un componente de vídeo provee a ejecutivos geográficamente dispersos con las comunicaciones requeridas para acelerar el proceso de administración. Las terminales multimedia pueden manejar funciones tales como vídeo, imágenes, texto, gráficas, voz, teléfono, contestador/grabación, facsímile y *scheduling*.

Aparte de los beneficios internos a la compañía, estos ofrecen potencial para comunicaciones entre diferentes organizaciones e instituciones. Mientras tanto es verdad que las aplicaciones multimedia limitadas pueden correr en los sistemas de banda angosta existentes, solo la tecnología ATM puede proveer el ancho de banda necesario para vídeo interactivo en tiempo real o transferencia de archivos de datos a alta velocidad.

En suma las ventajas comerciales de tiempo y costo en la comunicación multimedia también beneficiará a la sociedad en general reduciendo la congestión y la contaminación generada por los viajes de negocios. *

5.6 INTERNET

Internet es la red de redes y sus aplicaciones todavía no conocen límite. Un abonado puede enviar correo electrónico -es decir, mensajes escritos en la pantalla de la computadora- a cualquier persona de los cinco continentes conectada a la red.

Otro de sus usos más sencillos es el de los llamados grupos de noticias o *newsgroups*. Consisten en direcciones electrónicas donde cada usuario deja sus mensajes sobre un tema determinado. Existen miles de *newsgroups* en Internet y tratan asuntos tan diversos como la cultura mexicana, la relatividad y la búsqueda de amistades. Todo aquel que entra en uno de estos foros tendrá acceso a los pensamientos, investigaciones o aportaciones de millones de personas interesadas por el mismo tema.

Internet ofrece también la posibilidad de acceder a bases de datos multimedia. Esto supone que usted mismo podría entrar en la Biblioteca del Congreso de EE. UU. o en los fondos documentales del Museo de Louvre de París y grabar en su PC documentos, biografías, gráficos o fotografías. También hay servicios actualizados sobre temas del momento, como los Campeonatos de Mundo de Atletismo o la Conferencia sobre Población de El Cairo.

Junto a estas tres aplicaciones básicas, hay una infinita serie de posibilidades, desde compartir videojuegos y recibir asistencia médica a distancia, hasta solicitar catálogos de una tienda en Canadá y realizar un pedido y en pocos días tener la mercancía en su propia casa.

Los últimos datos hablan de que Internet cuenta con casi 30 millones de abonados en todo el mundo. Unos 10000 de ellos en México. Para acceder a ella hay dos opciones: contactar con una empresa suministradora de servicios que le enlazará a la red con el pago de una cuota mensual o conectarse directamente a un nodo central (punto de la red donde se concentra, procesa y distribuye la información). Esta segunda posibilidad resulta, no obstante, más cara y requiere un alto nivel de conocimientos informáticos. En México el desarrollo de Internet apenas comienza. Fue hace poco más de cinco años cuando se afiliaron a esta gran red los primeros pasos: la Universidad Nacional Autónoma de México y el Tecnológico de Monterrey fueron de las primeras instituciones que se afiliaron a esta gran red informática. Se espera que una vez que exista una cultura sobre las grandes ventajas de Internet, aumente el número de usuarios. Para integrarse a esta red mundial hay que dirigirse a alguno de los suministradores de servicios existentes. Algunos de ellos son Internet de México, Spin, Compuserv y Vicxlnet, entre otras. A la fecha, más de 300 empresas mexicanas ya están integradas. El costo por uso dependerá tanto de la empresa a la cual solicite el servicio, como de las horas deseadas para trabajar con él. El tiempo en Internet se acorta de una manera impresionante, y sobre todo, reduce costos.

A México podríamos decir que le falta tiempo para poder realizar su propia Superexcarretera, ya que es muy cara la inversión para cambiar la infraestructura con la que cuenta el país. Pero no descartemos que en pocos años se pueda realizar esta infraestructura con la entrada de nuevas compañías telefónicas al terminar el contrato de exclusividad de Telmex y así poder disfrutar de este servicio.⁴

Protocolo TCP/IP

Diagrama de Estructura de Direcciones IP

Para facilitar el uso de IP, las direcciones se escriben en notación decimal. Cada byte de la dirección completa de 32 bits en sistema binario se separa con puntos y se representa con su equivalente en sistema decimal. Por ejemplo, la dirección de 32 bits 100001100 00010100 00000010 00001010 se escribe como 132.20.2.10 en notación decimal. El sistema de direcciones de Internet, diseñado

para unos cientos de redes, no anticipó el impresionante crecimiento en la tecnología de redes de área local (LAN). Las organizaciones crearon grandes interredes consistentes en varias redes LAN conectadas por puentes o ruteadores, lo que ocasionó un crecimiento explosivo en el número de redes en Internet. El asignar una dirección Internet a cada red de área local ocasionó dos problemas:

- Las tablas de ruteo del Internet no podían acomodar tantas redes
- Se requería un enorme esfuerzo para administrar todas estas direcciones

Para resolver este problema, se creó el direccionamiento de subredes (*subnetwork addressing* o *subnetting*). Esta técnica permite a varias redes independientes (llamadas subredes) compartir el mismo número de red en Internet. Por ejemplo, se puede utilizar un direccionamiento de subredes para que todas las redes de área local de una universidad, compartan el mismo número de red. Esta estructura no es visible para el resto del Internet y por lo tanto la ruta a la red es la misma sin importar en que subred se encuentra el servidor.

El direccionamiento se realiza robando un número de los bits asignados para el número del sistema central (host) y utilizarlos para identificar una subred. Desde el punto de vista del Internet, la dirección IP no cambió, únicamente se modificó la forma en que los ruteadores y los nodos en la red interpretan la dirección IP al rutear paquetes de información. Esto nos conduce al uso de un patrón de subred (*subnetwork mask*) que consta de ceros y unos e indica a la estación o ruteador en la red la parte de la dirección IP correspondiente al número de red, a la subred (si existe) y finalmente al servidor. Con lo anterior se podrá entender que el patrón de subred es uno de los parámetros que tenemos que incluir en cualquier configuración de IP. Cuando no se utiliza el patrón de la subred - a menos que el administrador indique lo contrario - queda como sigue:

- Redes clase A: 255.0.0.0
- Redes clase B: 255.255.0.0
- Redes clase C: 255.255.255.0

Domain Name Service (DNS, Servicio de Nombres de Dominio)

Antes de hablar de la configuración y utilización de TCP/IP en la Macintosh, se hará referencia al servicio de nombres de dominio DNS utilizado para asignar nombres representativos a los servidores en lugar de su número IP. Es mucho más fácil aprender el nombre *gopher.cit.cornell.edu* que su número IP *132.236.218.11*. El DNS utiliza un esquema jerárquico en la asignación de

nombres. Se parte a la izquierda del nombre particular del servidor, hasta el grupo más amplio o genérico hacia la izquierda del nombre particular del servidor, hasta el grupo más amplio o genérico hacia la derecha. Para este último nivel, existe un conjunto de grupos establecidos por el NIC al que deben pertenecer todos los servidores, como se muestra en las Tablas 5.1 y 5.2:

Posterior a la obtención del nombre de un dominio, se pueden asignar dominios subordinados. Por ejemplo, después de que a la Universidad Nacional Autónoma de México se le aprobó el dominio unam, se generaron los subdominios : dgsca.unam, matem.unam, fciencias.unam, etc. La organización con la autoridad sobre el dominio debe mantener un servidor de nombres para traducir los nombres en las direcciones IP. Este servidor será consultado tanto por computadoras internas como externas al dominio, para obtener información.

Dentro de los Estados Unidos	
Dominio	Definición
com	Organizaciones comerciales
edu	Instituciones educativas
gov	Instituciones Gubernamentales
mil	Grupos militares
net	Centros de soporte a la red
org	Organizaciones diferentes a las arriba mencionadas

Tabla 5.1. Asignación de Códigos en Estados Unidos

Fuera de los Estados Unidos	
Código ISO	País
mx	México
uk	Inglaterra
ca	Canadá
au	Australia

Tabla 5.2. Asignación de Códigos para algunos Países

Siempre debemos tener en mente que si está mal configurada la parte de DNS, no se encontrará un servidor por su nombre, pero sí lo podremos contactar a través de su dirección IP.

MAC TCP

Para que una Macintosh se conecte con una red TCP/IP, (además de la conexión física por Ethernet o LocalTalk) se requiere un manejador en software llamado MacTCP. Este es una implantación de conjunto de protocolos TCP/IP en la Macintosh. Viene incluido en la mayoría de software para TCP/IP como el TCP/Connect y NFS/Share de Intercon o se puede adquirir por separado directamente con el APDA (*Apple Professional Developers Association*) quien cuenta con un catálogo de venta de productos por correo.

Entendiendo los conceptos anteriores resulta sencilla su configuración. La pantalla nos da la opción del tipo de conexión y el número IP. Para realizar una conexión a TCP/IP vía LocalTalk, es necesario contar con un ruteador capaz de encapsular los paquetes TCP/IP en LocalTalk, tal como el EtherGate o FastPath de Shiva. Se debe seleccionar el tipo Ethernet siempre que no se utilice un ruteador. Es recomendable pasar a la segunda pantalla antes de teclear el número IP para definir la forma en la que se toma esta.

Inicialmente se debe definir la forma de obtener el número IP: manual, servidor o dinámicamente. La primera es la más sencilla, pues nos permite teclear la dirección que queremos asignar a nuestra Mac directamente en el espacio de la primera pantalla. La segunda se utiliza para conexiones tipo SLIP o PPP y en la última es cuando se utiliza un ruteador.

En seguida, si existe un ruteador, se podrá introducir la dirección IP. No importa si no conocemos esta dirección, pues la computadora puede obtenerla automáticamente a través del protocolo RIP (*Routing Information Protocol*, Información del Protocolo de Ruteo).

En la tercera sección se define la clase de red. Si la red es totalmente independiente, podemos definirla como clase B o C, pero si se trata de una red conectada al Internet, debemos preguntar al administrador y observar el primer número (de izquierda a derecha) de una dirección IP y compararlo con los siguientes datos:

<127	=	Clase A
entre 128 y 191	=	Clase B
>191	=	Clase C

De forma tal que la dirección 132.248.204.30 es una dirección Clase B y 192.10.2.1 es Clase C. Se utiliza la máscara de red (*subnet mask*) estándar para la clase definida y no debe modificarse a menos que en esa red estén utilizando direccionamiento de subredes (*subnetting T*). Si éste fuera el caso, se puede definir la máscara de dos formas: moviendo la barra vertical para cambiar el número de bits dedicados a la red, subred y nodo o ingresando en los cambios inferiores en número de redes, subredes o nodos que deseamos tener disponibles. En la última sección se define el servidor de nombres (en caso de existir) mediante su número IP, así como el dominio. Si existen varios servidores de nombres, se pueden agregar en forma de lista y se indica cual es el principal o por omisión. Finalmente si reinicia la Mac para que adquiera los nuevos valores de MacTCP y dé comienzo la comunicación via TCP/IP.⁵

World Wide Web (WWW)

En marzo de 1989 un equipo de científicos del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares CERN, propusieron un proyecto que permitiera a los grupos de científicos de todo el mundo compartir información. Este proyecto recibió el nombre de World Wide Web, también conocido como WWW, W3 o simplemente Web. Uno de sus primeros resultados fue la creación del estándar *Hypertext Markup Language* (HTML, Lenguaje Mejorado de Hipertexto) para producir documentos hipertexto.

WWW se diseñó bajo el modelo cliente/servidor, donde el servidor es un *host* ejecutando *software* que lo convierte en servidor Web y los usuarios se accesan al servidor mediante algún *software* que entienda los documentos de Web.

Originalmente WWW fue creado como una serie de documentos hipertexto con ligas:

1. Hacia otras partes del mismo documento
2. A otros documentos en la misma computadora
3. Documentos localizados en otra computadora
4. A archivos en cualquier lugar de la red (no podían desplegarse archivos gráficos en la pantalla)

Conforme el proyecto se lanzaba a lo largo del mundo, surgieron nuevos grupos de colaboradores, en especial el *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA, Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputadoras) de la Universidad de Illinois el cual desarrolló una interface multiplataforma para el proyecto Web que, además de leer archivos con el formato HTML, permitía

desplegar gráficos e incluso audio en las computadoras de los clientes. Este *software*, llamado Mosaic, revolucionó el concepto del proyecto pues lo convirtió en una herramienta hipermedia con la que la navegación por Internet se convertía en una experiencia totalmente nueva e interactiva.

Las principales características de Mosaic son:

- Existen versiones para diversas plataformas, todas ellas comparten una interface gráfica común.
- Despliega documentos hipertexto e hipermedia.
- Puede desplegar texto usando distintos tipos de letra.
- Tiene integrado el soporte de algunos estándares de archivos de audio.
- Soporta archivos MPEG-1 y QuickTime.
- Permite el uso de los caracteres definidos en ISO 8859 (puede desplegar caracteres en diversos idiomas).
- Soporta gráficas interactivas en formato GIF o XBM de hasta 256 colores.
- Da soporte a los servicios ftp, Gopher, telnet, nntp y WAIS de Internet.
- Puede mantener un archivo histórico de los recorridos realizados a través de WWW.

Exploración Entre Documentos

Cualquier documento Web tiene una serie de *Uniform Resource Locators* (URL, Localizadores Uniformes de Soporte) que representan ligas hacia otros documentos u otros servicios en cualquier parte de la red. De hecho casi cualquier archivo o servicio dentro de Internet puede ser representado por un URL y el usuario los ve como texto resaltado de alguna manera (negritas, cambio de color, cambio de letra, etc.) o como gráficas que hacen las veces de botones hipermedia. Cuando el usuario hace *click* sobre uno de estos elementos, en realidad está seleccionando un URL que lo llevará hacia cierto archivo o servicio en la red. Algunos ejemplos típicos de URLs se muestran a continuación:

- `file://pulua.hcc.hawaii.edu/sound.au`, reproduce un archivo de audio
- `file://pulua.hcc.hawaii.edu/directory`, despliega el contenido de un directorio
- `http://pulua.hcc.hawaii.edu/directory/book.html`, se conecta a un servidor HTTP y usa el archivo WWW llamado book
- `ftp://pulua.hcc.hawaii.edu/pub/file.txt`, abre una conexión ftp y transfiere el archivo FILE.TXT
- `gopher://pulua.hcc.hawaii.edu`, se conecta a un servidor Gopher

- telnet://pulua.hcc.hawaii.edu:1234, abre una conexión telnet al *host* pulua.hcc.hawaii.edu en el puerto 1234
- news://comps.risk, lee las últimas noticias en el grupo Usenet comps.risk

Como se observa en los ejemplos, todo URL consta de dos partes, primero el método de acceso y después la dirección de la computadora y el archivo o servicio que se requiere; ambos separados por dos diagonales (*//*). Para accederse a *WWW* se requiere, en primer lugar, que la computadora con el *software* cliente de *Web* tenga su propia dirección IP, es decir, que las demás computadoras la vean como un nodo más de la red. Anteriormente esto sólo era posible si se tenía una máquina conectada directamente a la red, pero para permitir que usuarios corporativos sin conexión directa o incluso usuarios privados puedan conectarse, se han desarrollado los medios que permiten la conexión vía módem a algún proveedor de Internet y la creación de un nodo virtual con su propia dirección IP. Para ellos es necesario que el proveedor proporcione conexiones *Serial Line Internet Protocol* (SLIP) o *Point to Point Protocol* (PPP) y se recomienda ampliamente un módem de 9600 bps o de mayor velocidad.⁶

5.7 DISTANCE LEARNING

La educación a distancia está en pleno desarrollo en los Estados Unidos y en etapa de lanzamiento alrededor del mundo. Distance Learning utiliza tecnologías de cable e inalámbricas. En muchos lugares los canales de cable e inalámbricos se utilizan solo para el entretenimiento en tanto que los programadores de educación se apresuran a ocuparlos.

Las reglas de la FCC (Federal Communications Comition) requieren que instituciones educacionales controlen 20 de los canales de cable llamados Instruccional Television Fixed Service (ITFS). La tecnología inalámbrica está limitada generalmente a un radio de 40 o 50 millas, es una industria pequeña comparada con cable pero está creciendo rápidamente. A finales de 1992, los sistemas de cable inalámbrico en los Estados Unidos estuvieron sirviendo alrededor de 320 mil suscriptores. Al final de 1993 ese número había crecido a 400 mil.

En la universidad de Arizona en Tucson Arizona, en los Estados Unidos, se unió un consorcio de suministradores educacionales llamados Tucson Educational Delivery System (TEDS) que es el primer sistema inalámbrico

educacional completo en ese país. El consorcio TEDS incluye la Universidad de Arizona, Pima Community College y el Tucson Unified Scholl District. TEDS lleva 27 horas a la semana de difusión educacional en 16 de los 20 canales ITFS de Tucson. El Hispanic Instruccional Television Network controla los otros 4 canales ITFS. Cada semestre la Universidad de Arizona difunde alrededor de 25 clases en vivo. People's Choice TV Corp., una pequeña pero creciente compañía en Shelton, Connecticut, provee este servicio en Tucson. La compañía tiene un portafolio de 220 canales en cinco ciudades, incluyendo tanto ITFS y canales regulares. Hasta ahora, solo Tucson está totalmente en operación, y tiene alrededor de 20 mil suscriptores. Pero Houston, Baltimore, Kansas City y St. Louis estarán listas este año.

El propósito es el de distribuir las clases en vídeo por satélite, en sistemas inalámbricos y de cable. Los estudiantes podrán ver las clases en casa y conectarse con otros estudiantes por medio de una computadora. Se creará un salón de clases virtual, que es mejor que un salón de clases físico.

La forma en que trabaja es así: mientras cada profesor tal vez este con 1000 estudiantes por medio del vídeo, las clases virtuales están divididas en secciones de 25 por un conferencista. Su precio inicial será alrededor de 100 - 210 dólares por hora.

La compañía ME/U (Mind Extension University) se ha expandido al Caribe y Centro América, siendo las Islas Virginias una de las primeras. En 11 naciones Caribeñas y 3 países de América Central, 16 operadores de cable han contratado el servicio. ME/U alcanza 150 mil casas en esta área.

El TLC también ofrece 2 programas orientados a maestros. Aunque el TLC está limitado a Estados Unidos y Canadá, el Discovery Channel esta disponible alrededor del mundo. La compañía anunció un acuerdo con el Grupo Televisa de México para proveer una versión: doblada al español del Discovery Channel por medio de cable para casas en México y Latino América.

NTN Communication

NTN Communication de Carlsbad en California, también espera llegar a México. NTN es conocido primordialmente como un productor, programador y radiodifusor de juegos interactivos. Su principal producto es QB-1, donde los jugadores en bares y hoteles intentan predecir el resultado en el transcurso de un juego de fútbol en vivo. Pero NTN también está en la educación en gran manera.

Desde 1987, la red de televisión educacional de Kentucky ha utilizado tecnología interactiva de NTN para ofrecer cursos de nivel avanzado a estudiantes en áreas rurales remotas. Estudiantes en por lo menos 21 estados también toman ventaja de la distribución por satélite. Tan solo en Kentucky 1300 escuelas toman cursos utilizando hardware y software de NTN.

NTN planea exportar el mismo hardware y software a México si ganan la oferta para proveer cursos para estudiantes en escuelas mexicanas aisladas. En 1993 el gobierno mexicano se acercó a NTN para proveer un sistema de educación interactivo para 8700 escuelas remotas. El gobierno ha solicitado ofertas formales para el sistema. Hasta la fecha NTN es la única compañía interesada en ofrecer éste servicio. De estudios en la Ciudad de México, las clases serán emitidas vía satélite por el Solidaridad I a las escuelas. El gobierno mexicano quiere que el sistema sea interactivo, así el path será igualmente importante. Se utilizará computadoras y módem en cada escuela para el path de retorno, una PC 486 en cada sistema, más un marcador, un módem, un tablero de gráficas y animación, y un tablero de radiofrecuencia que permita a la señal ir de un lado a otro.

Los sistemas mexicanos han generado grandes intereses en toda Latino América. Países como Argentina, Brasil, Costa Rica y Paraguay han visto la operación en México y se han interesado.

5.8 VIDEOTEX

Servicios de Recuperación

Los servicios de recuperación proporcionan al usuario la capacidad de recuperar información almacenada en centros de información disponibles al público. Está información se envía solo al usuario bajo demanda. La información se puede recuperar en una base individual; esto significa que la secuencia de información queda bajo control del usuario.

Un servicio análogo en banda angosta es el videotex. Es un sistema interactivo diseñado para atender necesidades en casas y comercios. El videotex es un sistema de recuperación para bases de datos que se puede utilizar en la red telefónica pública conmutada o en un sistema de TV por cable interactivo

metropolitano. La Figura 5.1 describe este sistema. El suministrador de videotex mantiene varias bases de datos en una computadora central. Algunas de ellas las provee el sistema de videotexto. Otros servicios los suministran los verdedores, como lo es el servicio de *stock market advisory*, cuya información son textos y gráficas.

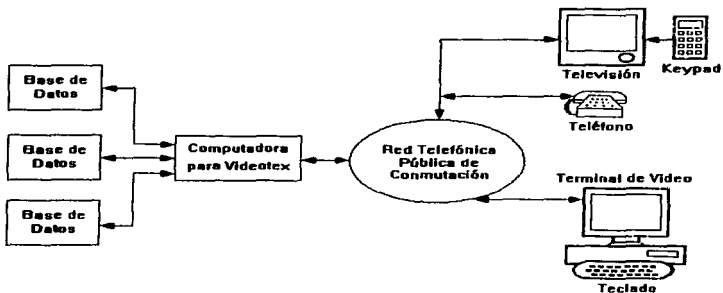


Figura 5.1. Sistema de Videotex

El Videotex de banda ancha es una mejoría del sistema de videotex existente (SUG188). El usuario puede seleccionar además de gráficas y textos, sonidos, imágenes de TV de alta resolución, y cortos mensajes de video. Algunos ejemplos de los servicios de videotex son:

- Consulta de enciclopedias
- Resultados de pruebas de calidad para consumidores
- Consultas audiovisuales por computadora
- Catálogos de correo electrónico y folletos turísticos con la opción de ordenar directamente o hacer reservaciones

Otro servicio es el de recuperación de video. Con este servicio, un usuario puede ordenar películas o videos de una librería de videofilmmaciones. Aunque el proveedor puede satisfacer muchas peticiones, las consideraciones de ancho de banda dictan que solo pueden soportarse un pequeño número de diferentes transmisiones de video simultáneamente. Un servicio realista ofrecería tal vez 500

películas en períodos de dos horas. Si se utiliza un canal de vídeo de 50 Mbps se requeriría una capacidad de transmisión de 25 Gbs desde el suministrador de vídeo a puntos de distribución (WEIN87). El proveedor informaría al usuario en que momento la película estaría disponible para que la viera o para que la grabara en una videocasetera.

El servicio de recuperación de banda ancha puede ser de gran interés para comercios, instituciones educativas y organizaciones médicas ya que les permitiría la recuperación de imágenes de alta resolución como los rayos X, documentos multimedia y grandes archivos de datos, permitiría el escaneo de termografía axial computarizada (CAT). Este servicio también se utilizaría para educación a distancia.

5.9 TELETEXTO

Servicios de Distribución Sin Control de Presentación del Usuario

Los servicios en esta categoría se conocen también como servicios de difusión. Proveen un flujo continuo de información que se distribuye de una fuente central a un número ilimitado de receptores autorizados conectados a la red. Cada usuario se puede acceder a este flujo de información pero no tiene el control sobre él. El usuario no puede controlar el comienzo ni ordenar la presentación de la información. Todos los usuarios simplemente toman el flujo de información.

El ejemplo más común de este servicio es la televisión. La televisión está disponible desde la red vía ondas de radio y sistemas de distribución de TV por cable. Con las capacidades planeadas para la red de banda ancha, este servicio se puede integrar con los otros servicios de telecomunicaciones, además de que se pueden obtener más altas resoluciones.

Un ejemplo de este servicio (que no es de vídeo) es un servicio de periódico electrónico. Este permitiría la transmisión de imágenes de facsímil de páginas de periódico a los suscriptores que paguen por este servicio.

Servicios de Distribución con Control de Presentación del Usuario

Los servicios en esta clase también distribuyen información desde una fuente central a un gran número de usuarios. Sin embargo, la información se provee como una secuencia de entidades de información (por ejemplo en tramas) con repetición cíclica. Así los usuarios tienen acceso individual a la información cíclica distribuida y puede controlar el comienzo y ordenar la presentación. Debido a la repetición cíclica, las entidades de información seleccionadas por el usuario siempre serán presentadas desde el comienzo.

Un servicio análogo de banda angosta es el Teletexto (no confundirlo con teletex), que se describe en la Figura 5.2. El Teletexto es un sistema en una sola dirección que utiliza porciones no asignadas del ancho de banda de la señal de TV. En el extremo de transmisión se envía un conjunto fijo de páginas de texto repetitivamente en forma *round-robin*. El receptor consiste de una unidad de decodificación y de almacenamiento, un *keypad* para entrada de usuario y una televisión. El usuario se posiciona en el número de página deseado. El decodificador lee la página de la señal que entra, la almacena y la despliega continuamente hasta recibir otra instrucción. Las páginas del teletexto forman una estructura de árbol con páginas de más alto nivel que contienen menús y que llevan la selección hecha en páginas de niveles más bajos. Aunque el sistema parece interactivo al usuario, en realidad es difusión de información en una sola dirección. Ya que se utiliza solo una porción del ancho de banda de la señal de televisión para este propósito, el número de páginas está limitado para reducir tiempos de acceso. Un sistema típico soportará cientos de páginas en un ciclo de tiempo de unos cuantos segundos.

El teletexto está orientado al mercado casero, con diferentes conjuntos de páginas ofrecidos en diferentes canales. Algunos ejemplos de información presentados por este sistema son *stock market reports*, reporte meteorológico, noticias, información de espectáculos y recetas.

Con la red de banda ancha se provee el cabletexto que es un teletexto mejorado. Ya que el teletexto utiliza solo una porción de un canal analógico de televisión, el cable texto utilizaría un canal de banda ancha totalmente digital para transmisión cíclica de páginas con texto, imágenes, audio y vídeo. Al igual que un periódico electrónico que utiliza redes públicas, o un sistema de información casero para comercios, hoteles y hospitales, cabletexto proveerá acceso a bajo costo e información frecuentemente solicitada. Un sistema típico tal vez permita el acceso a 10,000 páginas en un ciclo de tiempo de un segundo.

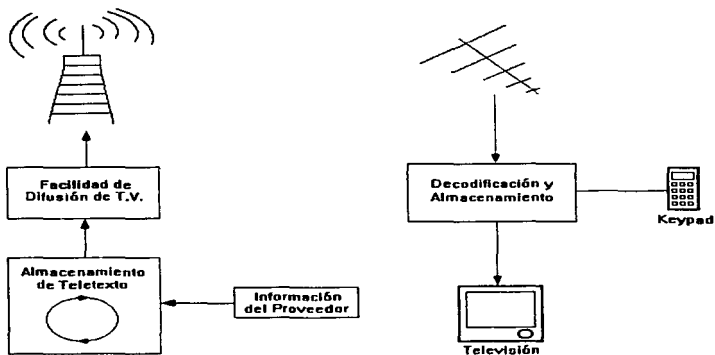


Figura 5.2. Sistema Típico de Teletexto

¹ "Alcatel, Asynchronous Transfer Mode", Communications International, USA, Junio, 1994.

² Laura Mayo Guzmán, "Videoconferencia: Sensación del Contacto Personal", Revista Red, México, Núm. 36, Agosto, 1993, pp. 10-12.

³ Homero Ríos Figueroa, "Potencial de la Realidad Virtual", Soluciones Avanzadas, México, Año 3, Núm. 22, Junio, 1995, pp. 10 y 11.

⁴ Jorge Alcalde, "Autopistas de la Información", Revista Muy Interesante, México, Año 12, Número 3, Marzo, 1994, pp. 6-9.

⁵ Andrés Arízpe, "¿Cómo comunicar una Mac a un ambiente TCP/IP?", Revista Red, México, Año 5, Número 57, Junio, 1995, pp. 52, 54 y 55.

⁶ Héctor Acevedo Juárez, "WWW la Puerta de Acceso a Internet", Revista Red, México, Año 5, Número 57, Junio, 1995, pp. 48 y 50.

*Corresponden a la misma referencia

CAPITULO 6

ARQUITECTURAS INVOLUCRADAS EN UNA RED DE BANDA ANCHA

El objetivo principal del planteamiento de este trabajo es proponer una Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha, la cual muestre las aplicaciones y la forma en que pueda ser construida tomando en cuenta los factores más importantes. Dichos factores a considerar pueden ser las tecnologías de que se disponen, equipos, tasas de transmisión, etc. Para la construcción de una red de banda ancha se tendrá como base la actual ISDN, es decir, respetando la infraestructura existente, así como la ubicación de los usuarios.

6.1 ARQUITECTURA DE LA RED DE BANDA ANCHA

La red de banda ancha diferirá de una ISDN de banda angosta, por ejemplo para conocer los requerimientos de video de alta resolución, es necesaria una velocidad de alrededor de 150 Mbps en el canal. Para soportar simultáneamente uno o más servicios interactivos o de distribución, se necesitará una velocidad en la línea del suscriptor de alrededor de 600 Mbps. Para la planta telefónica instalada hoy en día, esta es una enorme velocidad de datos. La única

tecnología apropiada para soporte de tales velocidades de datos es la fibra óptica. La realización de una red de banda ancha depende de la introducción de fibra en los *suscriber loops*.

Aspectos	Requerimientos de una Red de Banda Ancha
Servicio	Soporta señales de banda ancha y banda angosta, incluyendo vídeo en movimiento de diferentes calidades de servicio de TVHD. Capacidad de servicio de distribución y de comunicación Conexiones punto-a-punto y punto-a-multipunto
Red	Compatibilidad con el modelo de referencia de arquitectura de red OSI, incluyendo subredes y gateways Habilidad para acomodar diferentes patrones de tráfico y ruteo para la misma comunicación multimedia (ejemplo, voz y vídeo) Habilidad para ser transparente o para proveer servicios de valor añadido (ejemplo, conversión de formato y velocidad) Transición uniforme desde ISDN de banda angosta Misma numeración para todos los servicios para cada punto de acceso de suscriptor Canal único de señalización para cada punto de acceso de suscriptor
Conmutación	Habilidad para soportar conexiones multivelocidad conmutadas o no conmutadas Estructura de red independiente de modo conmutado
Transmisión	Provisión de una canal de ancho de banda de hasta 140 Mbps por servicio (ejemplo, TVHD comprimida) Intervalo de velocidad en la línea del suscriptor entre 140 Mbps y 565 Mbps
Usuario	Asignación dinámica de canales de acceso (ancho de banda) de el usuario Estructura de tarifas atractivas
Operacional	Simple mantenimiento y operación Simples procedimientos de extensión y reconfiguración Uso máximo de infraestructura existente

Tabla 6.1. Requerimientos para una Red de Banda Ancha

Dentro de la red, hay controversia en cuanto a la técnica de conmutación a ser utilizada. La facilidad de conmutación tendrá que ser capaz de tomar un

intervalo de diferentes velocidades de bits y parámetros de tráfico. A pesar del creciente poder del hardware de conmutación de circuitos digitales y del creciente uso de la fibra óptica, la conmutación puede ser diferente en diversos requerimientos con la conmutación de circuitos en una ISDN. Por esta razón, hay un creciente interés en la tecnología de conmutación rápida de paquetes, como la técnica básica de conmutación para la red de banda ancha. Esta forma de conmutación soporta un nuevo protocolo de interfaz usuario-red conocido como Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

La Tabla 6.1 lista los principales requerimientos de la red de banda ancha y sugiere su arquitectura.

Arquitectura Funcional

La figura 6.1 describe la arquitectura funcional de una red de banda ancha. Al igual que ISDN de banda angosta, el control de una red de banda ancha está basado en señalización por canal común. En esta red, Signaling System Number 7 (SS7, Sistema de Señalización Número 7) soportará las capacidades expandidas de una red a más altas velocidades.

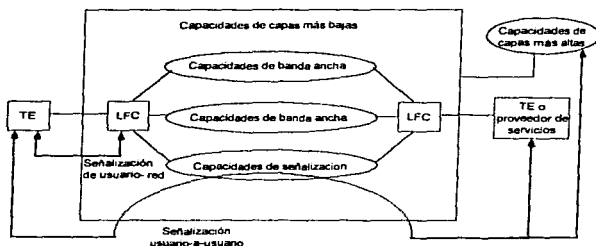


Figura 6.1. Arquitectura de la Red de Banda Ancha

La red de banda ancha debe soportar todos los servicios de transmisión de 64 Kbps, tanto para conmutación de circuitos como para conmutación de paquetes soportados por ISDN de banda angosta. Esto protege la inversión y facilidades de migración del usuario de ISDN de banda angosta a la red de banda ancha. En la interface usuario-red, esas capacidades serán provistas con las facilidades de conexión del Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

Interface Usuario-Red

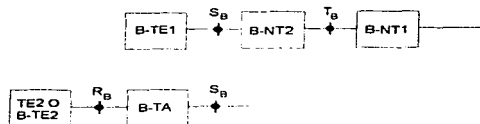
La figura 6.2 muestra las configuraciones de referencia para una red de banda ancha. Para ilustrar los aspectos de banda ancha, la notación para puntos de referencia y agrupaciones funcionales son indicados con la letra B. Los grupos funcionales de banda ancha son equivalentes a los de grupos definidos en banda angosta. Las interfaces en los puntos de referencia pueden no tener capacidades de banda ancha.

La figura 6.3 es una descripción general de la arquitectura usuario-acceso. Las centrales locales a las cuales los suscriptores están ligados deben ser hábiles para tomar suscriptores tanto de la red de banda ancha como de ISDN. Los suscriptores de ISDN pueden ser soportados con pares trenzados en las velocidades de acceso primario y secundario. Para los suscriptores de la red de banda ancha, la fibra óptica será utilizada. La velocidad de datos de red a suscriptor será del orden de 600 Mbps para tomar distribuciones múltiples de vídeo, como se requeriría en un ambiente de oficina. La velocidad de datos del suscriptor a la red normalmente necesitaría ser mucho menor, ya que los suscriptores no inician con servicios de distribución. Una velocidad de alrededor de 150 Mbps o menor será adecuada.

Estructura de Transmisión

De acuerdo a las velocidades disponibles para los suscriptores de la red de banda ancha, tres nuevos servicios de transmisión son definidos. El primero de ellos consiste en un servicio full-duplex de 155.52 Mbps. El segundo servicio provee transmisión del usuario a la red en 155.52 Mbps y de la red al usuario en 602.08 Mbps. Finalmente, el tercer servicio es el de más alta capacidad con 622.08 Mbps en transmisión full-duplex.

Una velocidad de datos de 155.52 Mbps puede soportar todos los servicios de ISDN de banda angosta. Esto es, soporta una o más interfaces básicas de velocidad primaria. Además, puede soportar algunos de los servicios de la red de banda ancha. En esa velocidad, uno o varios canales de vídeo pueden ser soportados, dependiendo de la resolución del vídeo y de la técnica utilizada. Así, el servicio full-duplex de 155.52 Mbps probablemente será el más común de la red de banda ancha.



B-TA = Adaptador de Terminal de Banda Ancha
 B-TE = Equipo Terminal de Banda Ancha
 B-NT = Terminación de la Red de Banda Ancha

Figura 6.2. Configuración de Referencia para una la red de banda ancha

Otra velocidad de datos más grande de 622.08 Mbps es necesaria para distribución múltiple de vídeo, como puede ser el caso de la transmisión simultánea de múltiples videoconferencias. Esta velocidad de datos se manifiesta en la dirección de la red hacia el suscriptor. El suscriptor típico no iniciará servicios de distribución, de esta manera podrá utilizar el servicio de más baja velocidad, o sea el de 155.52 Mbps. El servicio full-duplex de 622.08 Mbps sería apropiado para un proveedor de distribución de vídeo.

Las velocidades especificadas (155.52 Mbps y 622.08 Mbps) fueron designadas para ser compatibles con los servicios definidos de transmisión digital. Estos valores están incluidos en una lista de velocidades de datos en canales específicos para obtener esos servicios. Esto permite al usuario y la red negociar cualquier capacidad de canal que pueda adecuarse en la capacidad

disponible provista por la red. Así, la red de banda ancha llega a ser considerablemente más flexible y puede ser ajustada precisamente para una variedad más amplia de aplicaciones.

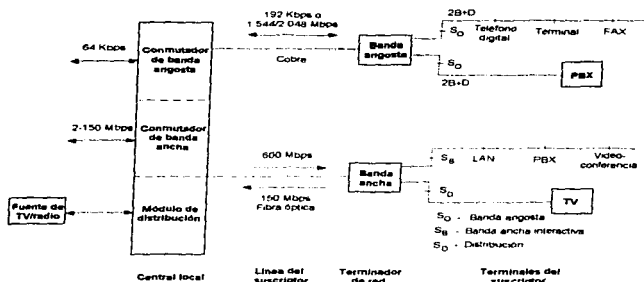


Figura 6.3. Diagrama de Bloques de la Interface Usuario Red

Protocolo del Modelo de Referencia de la Red de Banda Ancha

La arquitectura del protocolo para la red de banda ancha presenta algunos nuevos elementos no encontrados en la arquitectura ISDN de banda angosta, como se describe en la Figura 6.4. Para la red de banda ancha, se asume que la transferencia de información a través de la interface usuario-red utilizará el modo de transferencia asincrónica (ATM). ATM es una forma de transmisión de paquetes a través de la interface usuario-red de la misma forma en que lo es X.25. Una diferencia entre X.25 y ATM es que X.25 incluye control de señalización en el mismo canal que la transferencia de datos, mientras que ATM hace uso de señalización por canal común. Otra diferencia es que los paquetes de X.25 pueden ser de longitud variable, mientras que los paquetes de ATM son de tamaño fijo, conocidos como celdas.

La decisión de utilizar ATM para la red de banda ancha es una decisión notable. Esto implica que la red de banda ancha será una red basada en paquetes, en la interface y casi también en términos de su conmutación interna. Aunque la recomendación también establece que la red de banda ancha soportará aplicaciones en modo circuito, esta será hecha sobre un mecanismo de transporte basado en paquetes. Así, la ISDN de banda angosta, que comenzó como una evolución de las redes telefónicas de conmutación de circuitos, se transformará en una red de conmutación de paquetes para tomar servicios de banda ancha.

Dos capas de la arquitectura del protocolo de la red de banda ancha relacionan a las funciones de ATM. Hay una capa ATM común a todos los servicios que provee capacidades de transferencia de paquetes, y una capa de adaptación ATM (AAL) que es dependiente de servicio. La AAL planea la información de capas más altas en celdas ATM para ser transportadas sobre la red de banda ancha, entonces colecta información desde celdas ATM para distribución a capas más altas. El uso de ATM crea la necesidad de una capa de adaptación para soportar protocolos de transferencia de información no basados en ATM. Dos ejemplos enlistados en I.121 son voz PCM y LAP-D. Voz PCM es una aplicación que produce un flujo de bits. Para emplear esta aplicación sobre ATM, es necesario ensamblar los bits PCM en paquetes (llamadas celdas en la recomendación) para transmisión y para leerlos en la recepción de tal forma que se produzca un flujo uniforme y constante de bits para el receptor. Para LAP-D, es necesario planear tramas LAP-D en paquetes ATM; esto probablemente significará segmentar una trama LAP-D en cierto número de paquetes de transmisión y reensamblar la trama de paquetes en la recepción. Permitiendo el uso de LAP-D sobre ATM, todas las aplicaciones y protocolos de control de señalización existentes en ISDN de banda angosta pueden utilizarse en la red de banda ancha.

El protocolo del modelo de referencia involucra a tres planos por separado:

- *Plano de usuario:* Está provisto para la transferencia de información del usuario, junto con controles asociados (por ejemplo, control de flujo y control de error).
- *Plano de control:* Desarrolla funciones de control de llamadas y control de conexión.
- *Plano de administración:* Incluye la *administración de plano*, que desarrolla funciones de administración relacionadas a un sistema en conjunto y provee coordinación entre todos los planos. También incluye *administración de capa* la cual desarrolla funciones de administración

relacionando los recursos y parámetros que residen en las entidades de su protocolo.

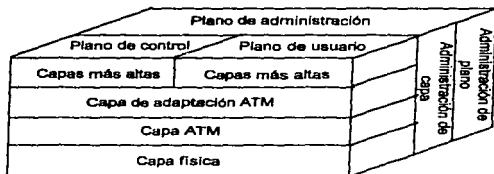


Figura 6.4. Protocolo del Modelo de Referencia de Banda Ancha

La recomendación I.121 de 1988 contiene el modelo de referencia descrito en la Figura 6.4 pero no provee virtualmente detalles en las funciones desarrolladas en cada capa. Los documentos de 1990 incluyen una descripción más detallada de las funciones que desempeña, como ilustra la Tabla 6.2. Examinaremos cada una de ellas.

Capa Física

La capa física consiste de dos subcapas: la subcapa física media y la subcapa de convergencia de transmisión.

Subcapa Física Media. Esta subcapa incluye solo funciones dependientes del medio físico. Su especificación dependerá del medio utilizado. Una función común a todos los tipos de medios es la sincronización de bits. Esta subcapa es responsable de transmitir/recibir un flujo continuo de bits con información sincronizada y asociada para la transmisión y la recepción.

Subcapa de convergencia de Transmisión. Esta subcapa es responsable de las siguientes funciones:

- **Generación y recuperación de tramas de transmisión:** La transmisión en la capa física consiste de tramas, igual que en las interfaces de velocidad de transmisión básica y primaria. Esta función tiene que ver con la

generación y mantenimiento de la estructura de la trama apropiada para una velocidad de datos dada.

- **Delineación de celdas:** El flujo de bits puede ser mezclado para propósitos de transmisión. Esta subcapa es responsable de mantener los límites de la celda, de esta forma las celdas pueden ser recobradas después del descrambling en el destino.
- **Generación de secuencia HEC y verificación de encabezado de celda:** Cada encabezado de celda es protegido por un encabezado de código de control de error (HEC). Esta subcapa es responsable para generar y verificar este código.
- **Acoplamiento de velocidad de celdas:** Este incluye inserción y supresión de celdas ociosas para adaptar la velocidad de celdas válidas ATM a la capacidad de carga útil del sistema de transmisión.

ADMINISTRADOR DE CAPA	FUNCIONES DE LAS CAPAS MAS ALTAS	CAPAS MAS ALTAS	
	CONVERGENCIA	CS	AAL
	SEGMENTACION Y REENSAMBLADO	SAR	
	CONTROL DE FLUJO GENERICO GENERACION/EXTRACCION DE ENCABEZADO DE CELDA TRANSLACION DE CELDA VP/VCJ MULTIPLEXION Y DEMULTIPLEXION DE CELDA	ATM	
	ACOPLAMIENTO DE VELOCIDAD DE CELDA GENERACION/VERIFICACION DE SECUENCIA DE ENCABEZADO HFC DELINEACION DE CELDA ADAPTACION DE TRAMA DE TRANSMISION GENERACION/RECUPERACION DE TRAMA DE TRANSMISION	TC	CAPA FISICA
SINCRONIZACION DE BIT MEDIO FISICO	PM		

- CS = Subcapa de convergencia
 SAR = Subcapa de segmentación y reensamblado
 AAL = Capa de adaptación ATM
 ATM = Modo de transferencia asíncrono
 TC = Subcapa de control de transmisión
 PM = Subcapa del medio físico

Tabla 6.2. Funciones de las Capas de la Red de Banda Ancha

Capa ATM

La capa ATM es dependiente del medio físico. Una breve descripción de sus principales funciones son:

- *Multiplexión y demultiplexión de celdas*: Múltiples conexiones lógicas pueden mantenerse a través de una interface, igual que X.25 y frame relay.
- *Traducción de identificador de trayectoria virtual (VPI) e identificador de canal virtual (VCI)*: El VPI y el VCI relacionan a las conexiones lógicas y tienen significancia local. Consecuentemente, los valores pueden necesitar ser traducidos durante la conmutación.
- *Generación/extracción del encabezado de celda*: En la dirección de transmisión, un encabezado de celda es añadido a los datos del usuario de la AAL. Todos esos campos excepto el código HEC son generados. Esta función puede incluir también traducción de una dirección a un número de conexión lógica (VPI y VCI).
- *Control de flujo genérico*: Esta función genera información de control de flujo para colocación en los encabezados de celdas.

Capa de Adaptación ATM

La capa de adaptación ATM consiste de dos subcapas: la subcapa de segmentación y reensamblado y la subcapa de convergencia. Una breve descripción de sus funciones principales se da a continuación.

La *subcapa de segmentación y reensamblado* es responsable de la segmentación de información de capas más altas a un tamaño apropiado para el campo de información de una celda ATM en la transmisión, y del reensamblado de los contenidos de una secuencia de campos de información de celdas ATM en información de capas más altas en la recepción.

La *subcapa de convergencia* es una especificación de interface. Define los servicios que AAL provee a capas más altas.

Capa Física de la Red de Banda Ancha

El documento I.121 de 1988 no dirige el resultado del medio físico en las premisas del suscriptor. En contraste, los documentos de 1990 proveen especificaciones preliminares del medio para la interface entre el usuario y la red de banda ancha. Para el servicio full-duplex de 155.52 Mbps se puede utilizar cable coaxial o fibra óptica. El cable coaxial sirve para soportar conexiones a una distancia de 100 hasta 200 metros, utilizando un cable para transmisión en cada dirección. Los parámetros necesarios pueden encontrarse en la Recomendación G.703 de 1988.

Para un servicio que incluye la velocidad de 622.08 Mbps en una o ambas direcciones se utiliza la fibra óptica. La fibra óptica soporta conexiones a una distancia desde 800 hasta 2000 metros. Los detalles de la media óptica (por ejemplo, monomodo vs multimodo, fibra simple full-duplex vs fibra dual) han sido pospuestos para estudio posterior. Un detalle final importante en la capa física es la estructura de transmisión a utilizarse para multiplexar celdas desde varios canales virtuales. Para la velocidad de transmisión de 155.52 Mbps, los documentos 1990 contiene dos opciones y proveen más detalles. Para la velocidad de datos de 622.08 Mbps, la estructura de multiplexión es dejada para estudio posterior.

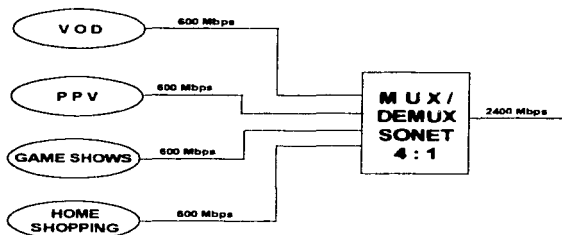


Figura 6.5. Configuración de Interfaces a 600 Mbps

La primera de las dos opciones para la velocidad de 155.52 Mbps es el uso de un flujo continuo de celdas, sin imponer una estructura de multiplexión de tramas en la interface. La sincronización es una base celda por celda. Esto es, el receptor es responsable de asegurarse de que las celdas se delíneen correctamente en los límites del byte 53. Esta tarea se realiza utilizando un campo de encabezado de control de error (HEC). Mientras el cálculo de HEC no indique errores, se asume que la alineación de celdas está siendo mantenida apropiadamente. Un error ocasional no cambia esta suposición. Sin embargo, una cadena de detecciones de errores indicaría que el receptor esta fuera de alineación, en cuyo punto desempeña un procedimiento de búsqueda para recobrar la alineación. La segunda opción es ordenar las celdas en una estructura de multiplexión por división de tiempo síncrono. En este caso, el flujo de bits en la interface tiene una trama externa basada en la jerarquía digital síncrona (SDH) definida en la Recomendación G.709. En los U.S., esta estructura de trama es conocida como SONET. La trama SDH puede utilizarse exclusivamente para celdas ATM o puede también acarrear otros flujos de bits aún no definidos en la red de banda ancha.

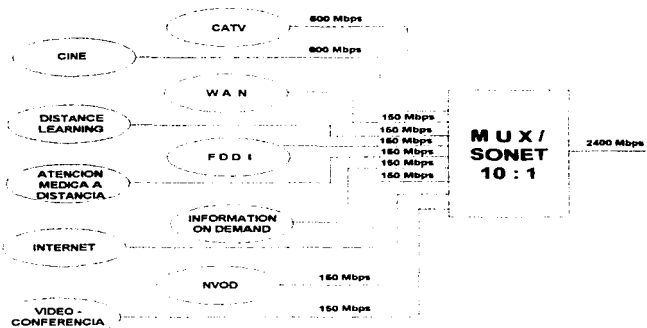


Figura 6.6. Configuración de interfaces de 600 y 150 Mbps

El estándar SDH define una jerarquía de velocidades de datos, de las cuales todos son múltiplos de 51.84 Mbps, incluyendo 155.52 Mbps y 622.08 Mbps. Además, la estructura SDH podría también utilizarse para soportar la mas alta velocidad de transmisión de la red de banda ancha. Sin embargo, la especificación no dirige esta posibilidad.

6.2 ARQUITECTURA Y EQUIPOS INVOLUCRADOS

Proveedor de Servicios

Los servicios que pueden ser ofrecidos por la Red de Banda Ancha pueden agruparse utilizando interfaces de 150 y 600 Mbps como se describió anteriormente. La Figuras 6.5 y 6.6 muestran algunos ejemplos de como pueden construirse interfaces STM-N de mayores jerarquías para ser accedadas a la red de conmutación ATM.

Residencial

Para la aplicación residencial se determinaron dos tipos de interfaces. La interface de 2.33 Mbps que puede ser utilizada para transmisión de televisión digital y demás servicios que brindará la red de banda ancha como puede ser telefonía y videoteléfono, transmisión de datos, alarmas, audio digital, TV por cable, etc. con interactividad total como se muestra en la Figura 6.7. La arquitectura muestra un arreglo utilizando un arreglo de multiplexores SONET para ir construyendo interfaces STM-N y así ser integradas a la red de conmutación ATM. La Figura 6.8 muestra una interface de 6 Mbps la cual abarca los mismos servicios que la interface de 2.33 Mbps pero también maneja vídeo de alta definición.

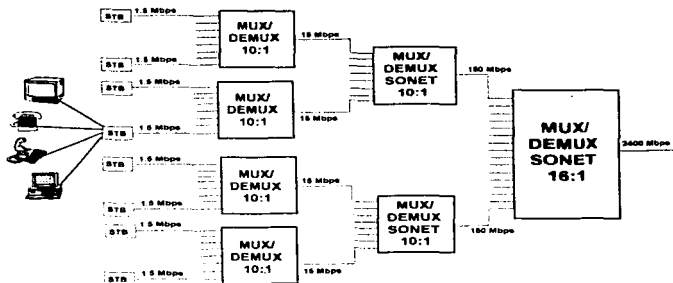


Figura 6.7. Arquitectura Residencial para una Red de Banda Ancha con Interface de 2.33 Mbps

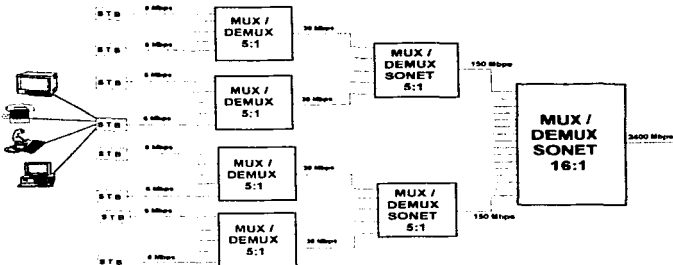


Figura 6.8. Arquitectura Residencial para una Red de Banda Ancha con una Interface de 6 Mbps

Atención Médica a Distancia

Las más importantes instituciones médicas pueden brindar servicios a clínicas distantes utilizando tecnología ATM de banda ancha (Figura 6.9); intercambiando datos médicos con sus colegas por medio de una conexión de video en vivo. Las clínicas cuentan con un equipo de datos muy sofisticado para enviar imágenes médicas y video en vivo de los pacientes. Utilizando la misma estación de trabajo y enlace ATM, el centro médico remoto pueden recuperar archivos de pacientes, signos vitales y rayos X para proveer un diagnóstico rápido y eficiente.

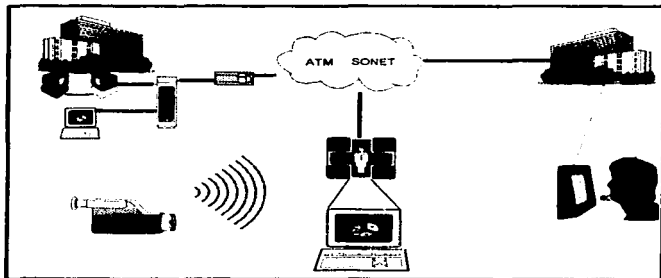


Figura 6.9. Arquitectura para una Red de Atención Médica a Distancia

Videoconferencia

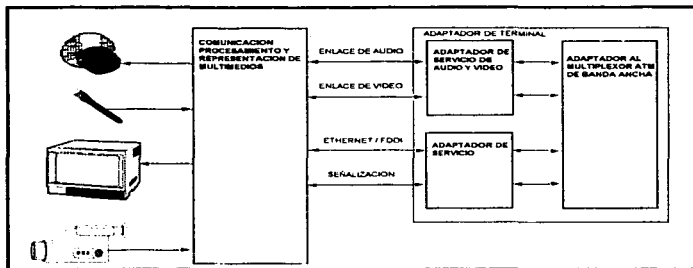


Figura 6.10. Diagrama de Bloques de un Sistema de Videoconferencia

El equipo físico y el soporte lógico de ésta terminal de demostración se basa en un sistema de ventanas capaz de admitir vídeo en tiempo real en un solo monitor gráfico de alta resolución.

La Figura 6.10 muestra el sistema de audio que también integra funciones de conmutación es capaz de realizar la conversión analógico/digital y viceversa para almacenar y extraer información de audio de alta fidelidad utilizando una interface de pequeños ordenadores. Además, puede conectar toda una gama de dispositivos de entrada: cámara de vídeo, reproductores y grabadores de vídeo disco, y micrófonos con varios dispositivos de salida (monitores y altavoces), controlando desde el sistema principal las líneas analógicas de vídeo y audio. Se emplean redes de área local individuales (Ethernet/FDDI), redes analógicas (cable coaxial) y digitales (2 Mbps) para evaluación y demostraciones para un entorno de banda ancha existente.

Educación a Distancia

Educación a distancia utiliza el servicio de videotexto. Es un sistema interactivo y de recuperación para bases de datos que se puede utilizar en la red telefónica pública conmutada o en un sistema de TV por cable interactivo metropolitano (Figura 6.11). El suministrador de videotex mantiene varias bases de datos en una computadora central. Algunas de ellas las provee el sistema de videotexto. Otros servicios los suministran los vendedores, como lo es el servicio de *stock market advisory*, cuya información son textos y gráficas.

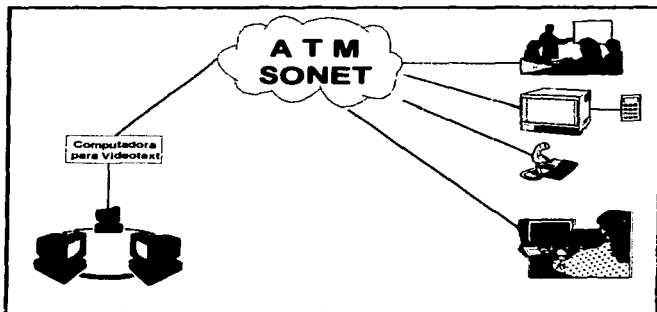


Figura 6.11. Educación a Distancia utilizando videotexto

El estudiante puede seleccionar además de gráficas y textos, sonidos, imágenes de TV de alta resolución, y cortos mensajes de video. Algunos ejemplos de los servicios de videotex son:

- Consulta de enciclopedias
- Resultados de pruebas de calidad para consumidores
- Consultas audiovisuales por computadora
- Catálogos de correo electrónico y folletos turísticos con la opción de ordenar directamente o hacer reservaciones

Arquitectura para Cine

El Cine del Futuro es una red de sistemas de distribución y transmisión que combina fibras ópticas, acceso y distribución SONET con conmutación ATM. Distribuirá digitalmente películas comprimidas en un ancho de banda de 45 Mbps, directamente desde los estudios en Hollywood a las salas de cine. La película es escaneada en una máquina tele-cine de alta definición, digitalizada, comprimida y enviada en una fibra óptica por medio de un conmutador ATM para almacenarse en una poderosa computadora. Este es el servidor de cine el cual permite que varias salas de cine se accesen simultáneamente a la copia de una película. Cada conmutador puede acarrear 1438 películas de alta definición. Para el proyecto de prueba se utilizan dos servidores de cine, cada uno con la capacidad de almacenar 100 diferentes películas. Un decodificador en cada sala de cine expande el filme comprimido en un formato completo para proyección en pantallas luminiscentes especiales de gran claridad (Figura 6.12).

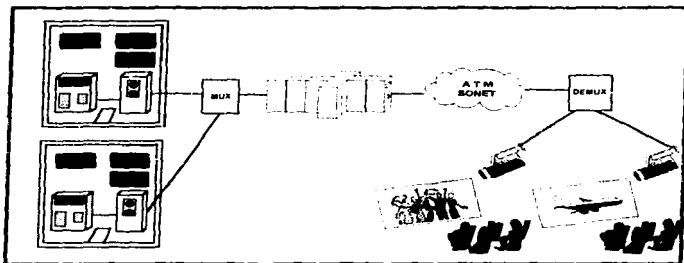


Figura 6.12. Arquitectura para Distribución de Películas a Salas de Cine

Transmisión de Datos por Medio de la Red Celular

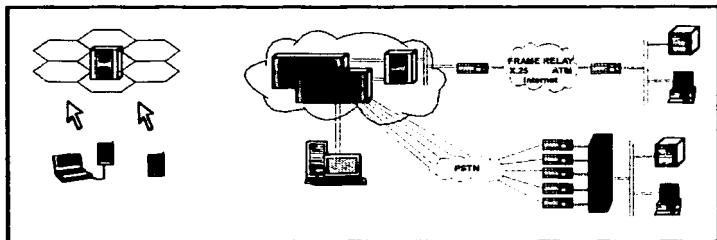


Figura 6.13. Transmisión de Datos por medio de la Red Celular

El Centro de Conmutación Móvil (MSC) puede proveer acceso directo a redes de datos. Provee acceso a usuarios de datos celulares a módems y dispositivos PAD de X.25. Con el servidor de comunicaciones de datos (DaCS), el MSC también se puede conectar directamente a redes de datos utilizando protocolos X.25, Frame Relay o ATM. El servidor de acceso de red incluido en el producto soporta protocolos TCP/IP habilitando terminales móviles para utilizar el conjunto TCP/IP para el acceso a la red. La terminal móvil de datos utiliza el mismo software que las PC's conectadas en redes LAN (Figura 6.13).

Teletexto

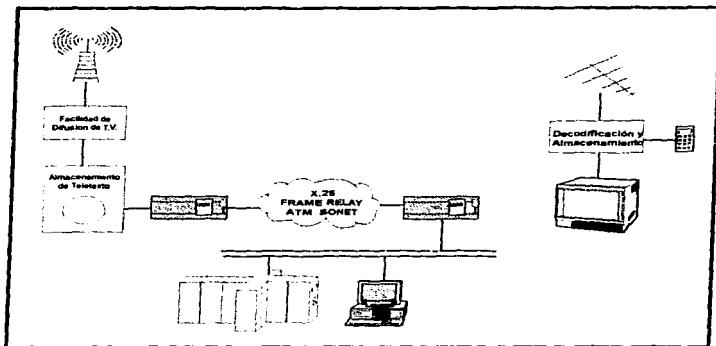


Figura 6.14. Arquitectura para un Sistema de Teletexto

El Teletexto es un sistema en una sola dirección que utiliza porciones no asignadas del ancho de banda de la señal de TV (Figura 6.14). En el extremo de transmisión se envía un conjunto fijo de páginas de texto repetitivamente en forma *round-robin*. El receptor consiste de una unidad de decodificación y de almacenamiento, un *keypad* para entrada de usuario y una televisión. El usuario se posiciona en el número de página deseado. El decodificador lee la página de la señal que entra, la almacena y la despliega continuamente hasta recibir otra instrucción. Aunque el sistema parece interactivo al usuario, en realidad es difusión de información en una sola dirección. Ya que se utiliza solo una porción del ancho de banda de la señal de televisión para éste propósito, el número de páginas está limitado para reducir tiempos de acceso.

Con la red de banda ancha se provee el cabletexto que es un teletexto mejorado. Ya que el teletexto utiliza solo una porción de un canal analógico de televisión, el cable texto utilizaría un canal de banda ancha totalmente digital para

transmisión cíclica de páginas con texto, imágenes, audio y vídeo. Al igual que un periódico electrónico que utiliza redes públicas, o un sistema de información casero para comercios, hoteles y hospitales, cabletexto proveerá acceso a bajo costo e información frecuentemente solicitada. Un sistema típico tal vez permita el acceso a 10,000 páginas en un ciclo de tiempo de un segundo.

FDDI

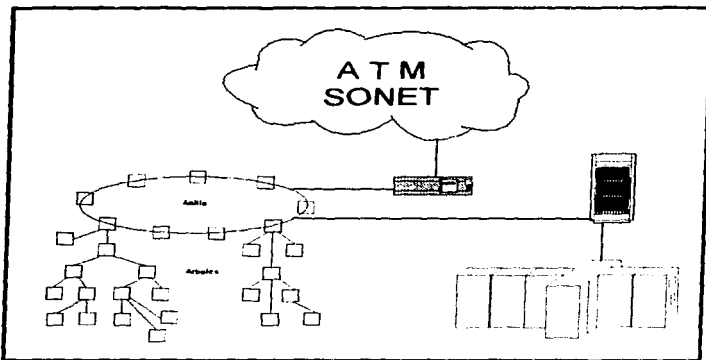


Figura 6.15. Conexión de FDDI a la Red de Banda Ancha

La topología básica de FDDI está formada por un anillo doble que soporta una distancia máxima de 200 Km y 1000 conexiones físicas. Las estaciones de la red pueden conectarse al anillo directamente o a través de un concentrador. De hecho, la topología más general de FDDI es un anillo (doble) de árboles en la que los nodos de los árboles son concentradores y las hojas son estaciones (Figura 6.15). Los anillos en contra-rotación son la base de la tolerancia a fallas de la red. Las estaciones pueden conectarse a los dos anillos (**DAS**: estaciones de conexión doble) o únicamente al anillo principal (**SAS**: estaciones de conexión sencilla).

6.15). Los anillos en contra-rotación son la base de la tolerancia a fallas de la red. Las estaciones pueden conectarse a los dos anillos (**DAS**: estaciones de conexión doble) o únicamente al anillo principal (**SAS**: estaciones de conexión sencilla). Las estaciones DAS son más robustas que las estaciones SAS ya que una falla en un anillo no las desconecta de la red, pero son mucho más costosas. Un concentrador también puede tener conexión doble o sencilla a la red, pero todas las estaciones que se conectan a él son estaciones SAS.

Video on Demand

El acceso a servicios VOD puede ser a través de una amplia variedad de metodologías. Puede ser con redes de cable coaxial, a través de redes híbridas de fibra/coaxial o con pares de hilos trenzados utilizando tecnología Asymetrical Digital Subscriber Line (ADSL) (Figura 6.16). ADSL es primordial para el desarrollo de VOD a corto plazo, sin embargo a largo plazo tecnologías Fiber in the Loop (FITL) serán empleadas.

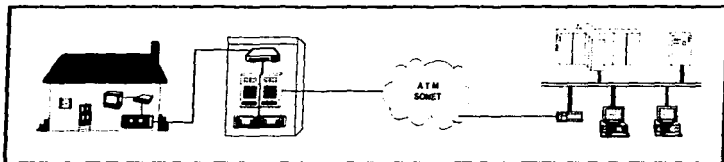


Figura 6.16. Sistema de VOD Utilizando Arquitectura ADSL

También están disponibles las Passive Optical Networks (PONs, Redes Ópticas Pasivas) de fibra y la distribución directa por satélite. Como la capacidad de ancho de banda de las redes de acceso determinarán la calidad de la película del servicio de VOD, el énfasis en el desarrollo es mayor en el refinamiento de ADSL y en la aplicación de tecnologías APON (ATM Passive Optical Network). El sistema VOD propuesto puede influenciar en la evolución de ADSL a FITL.

para el usuario seleccionado, proveyendo el punto de entrada para operadores en la casa del suscriptor.

Comunicación Telefónica y Satelital

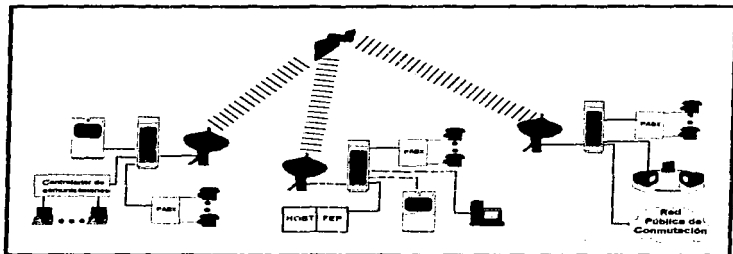


Figura 6.17. Utilización de una Terminal de Troncal

La arquitectura modular de la terminal de troncal incluye la provisión para la interface terrestre de voz y datos que alcanza un amplio espectro de interfaces analógicas y digitales. La terminal de troncal puede soportar hasta 31 interfaces terrestres. Las interfaces pueden añadirse para extender a una interface de nodo o introducir nuevos servicios al nodo.

La arquitectura de la terminal de troncal se presta así misma para un nivel modular de doble hilera de administración de red. El primer nivel es la computadora de la consola del operador local en cada nodo que provee funciones de control, y monitoreo para cada nodo. También permite a la red operar con una arquitectura de control distribuido. El control de señalización entre los nodos es conducido por el satélite.

En tal ambiente de operación un segundo nivel de arquitectura centralizada puede ser superpuesta introduciendo el sistema de administración de red (NMS). La configuración de red de la Figura 6.16 describe el uso del NMS en la red de

terminal de troncal. El control de señalización con la terminal es realizado por medio de un nodo gateway que provee acceso al satélite.

Arquitectura de Conmutación ATM

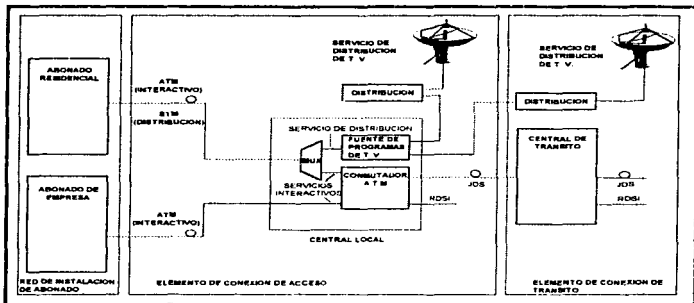


Figura 6.18. Central Local ATM

La realización de la red de conmutación de banda ancha está organizada en cinco puntos principales como se muestra en la Figura 6.18, denominados paquetes de trabajo:

- Funciones de servicio de abonado, que cubren la definición de servicios y la identificación de las funciones necesarias para ofrecer esos servicios
- Modelo de referencia funcional, responsable del modelo funcional general de la red de banda ancha
- Configuración de referencia, que incluye la identificación de grupos funcionales, puntos de referencia y tipos de conexión
- Interface usuario-red que cubre la especificación detallada del punto de referencia relevante

- Perspectivas y contexto de evolución, responsable del estudio de caminos adecuados desde la red actual hasta las configuraciones de referencia

Arquitectura de Señalización

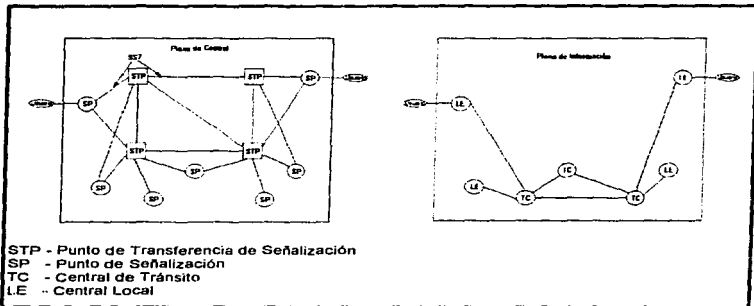


Figura 6.19. Arquitectura de un Sistema de Señalización Número 7

La Figura 6.19 muestra la diferencia entre las funciones de señalización (conmutación de paquetes) y las funciones de transferencia de información (conmutación de circuitos) para una arquitectura de señalización no asociada. Podemos considerar que hay dos planos de operación. El **plano de control** es responsable de establecer y mantener conexiones. En este caso la central local actúa como un punto de señalización, ya que interviene en el diálogo con el usuario y con los mensajes de control en la red. SS7 se utiliza para establecer y mantener una conexión. Cuando se establece una conexión, la información se transfiere de un usuario a otro (punto a punto) en el **plano de información**. Un circuito se establece desde una central local de un usuario a la central local de otro, enrutándose a través de uno o más nodos de conmutación de circuitos conocidos como centrales de tránsito. Todos éstos nodos (centrales locales y de

tránsito) también son puntos de señalización ya que deben enviar y recibir mensajes SS7 para establecer y mantener la conexión.

Estructuras de las Redes de Señalización. Una red de señalización que tenga nodos SP y STP tendrá una estructura jerárquica en la que los SPs constituyen el nivel más bajo y los STPs representan el nivel más alto. El segundo puede ser dividido en varios niveles STP. La Figura es un ejemplo de una red con un simple nivel STP.

6.3 ARQUITECTURA DE RED MULTIMEDIA

Para transmitir servicios multimedia en forma efectiva y económica, se requiere de una nueva red de comunicación de banda ancha. Dicha red está subdividida en las siguientes áreas (Figura 6.20).

- Equipo de premisas del cliente
- Acceso
- Esencia
- Servidor de contenido
- Administración de red.

Equipo de Premisas del Cliente

Hay varios tipos de equipo terminal en la premisa del cliente. Los servicios de entretenimiento e información que se accesan por medio de la televisión. Otros servicios del sector de transacción se procesan vía una PC (por ejemplo tele-banking). Tanto la TV o PC requieren funciones adicionales como:

- Descompresión de señales digitales en la señal de salida requerida (por ejemplo PAL/NTSC),
- Señalización de red, e
- Interface de usuario amigable.

Para los conjuntos de televisión existentes, la circuitería requerida se implementa como un *Set Top Box* (STB). Tan pronto como los estándares

mundiales para compresión y señalización sean acordados, el STB será integrado en el conjunto de TV. Además, el STB tiene interfaces para control remoto infrarrojo, salida de audio, tarjeta inteligente y palanca de mando.

Acceso

Esta área utiliza las variadas arquitecturas cubiertas por la línea de productos *Multilink* para conexión de suscriptores (Fig. 6.20).

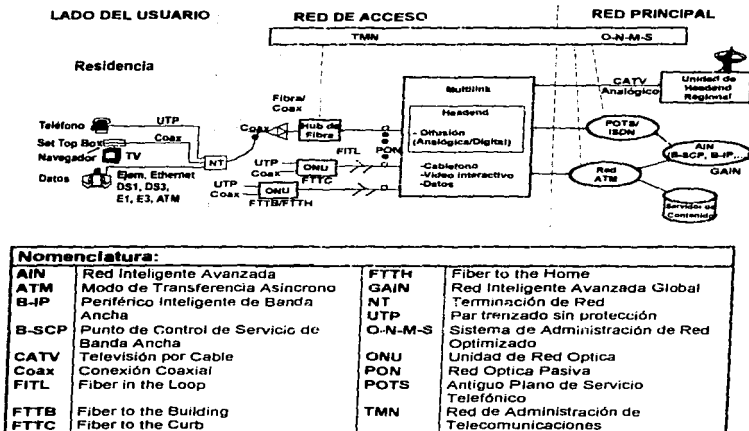


Figura 6.20. Arquitectura de Red Multimedia para Redes de Banda Ancha.

Red Híbrida Fibra Coaxial (HFC). HFC utiliza una red de televisión por cable (CATV) en conjunto con tecnología de fibra óptica. Los cables de fibra óptica están situados en un *hub* de fibra sirviendo de 200 a 400 suscriptores. En el *hub*, las señales ópticas se convierten en señales electrónicas. Los suscriptores en el área de servicio están conectados por medio de cable coaxial en una estructura de árbol. Este tipo de red de acceso es capaz de transportar todos los servicios. A diferencia de las redes de cable existentes, una red HFC permite comunicación bidireccional, y la transmisión es en forma analógica (modulado). Las señales digitales (por ejemplo voz, VOD, video-juegos, etc.) primero se convierten en señales analógicas (por ejemplo utilizando 64QAM) y son entonces moduladas. Utilizando este procedimiento, ahora es posible realizar una transmisión de velocidad de alrededor de 40 Mbps en un canal PAL de 8 Mhz (30 Mbps en un canal NTSC de 6 Mhz). La gran ventaja de esta tecnología de transmisión es la coexistencia en costo efectivo de los servicios existentes (como la difusión TV analógica) con los futuros servicios multimedia.

Red de Acceso a Fibra Óptica. Al igual que una red basada en una arquitectura FTTC/FTTB, el cable de fibra óptica se coloca para suministrar áreas de entre 5 y 50 suscriptores utilizando tecnologías PON. Los suscriptores están conectados a la ONU en una configuración de estrella utilizando coaxial e hilos de cobre en pares trenzados sin protección (UTP). Esta tecnología habilita la transmisión de todos los servicios (voz, video interactivo, datos), con la excepción de difusión de TV convencional, para ser transmitida en forma exclusivamente digital. Debido a las propiedades de atenuación del cable de cobre en más altas velocidades de transmisión (por ejemplo 10 Mbps), la distancia entre la ONU y el equipo terminal no puede exceder 650 pies (200m). Una red de distribución separada se requiere para la transmisión adicional de difusión de TV analógica.

Parte Principal (Core)

La futura carretera de la información de datos debe transmitir un alto volumen de información digitalizada flexible y efectiva para los sectores privados y de negocios. Está realizada para velocidades de transmisión en el intervalo de gigabits. Estas carreteras de datos no solo enlazan áreas de acceso a clientes con sistemas de conmutación, también conectan sistemas de conmutación a otro sistema. La tecnología apropiada disponible es la jerequía digital síncrona (SDH/SONET), capaz de transmitir el tráfico ATM.

Los componentes de red inteligentes (B-SCP, B-IP etc.) desempeñan la tarea de provisión flexible de servicios y la carga de red económica. Estas son en particular:

- Control flexible de acceso al suscriptor
- Provisión de sección amarilla electrónica
- Asistencia en selección de películas especiales del archivo de filmes
- Control de red de conexiones individuales

Con la introducción de multimedia en las telecomunicaciones, habrá una creciente tendencia hacia la inteligencia distribuida, comparable con las estructuras establecidas en ambientes de procesamiento de datos (por ejemplo la relación cliente-servidor).

Servidor de Contenido

Los servidores de vídeo almacenan la información que puede ser llamada por medio de servicios multimedia. El desempeño de un servidor está determinado por las altas capacidades de almacenamiento a bajo costo, con seguridad, y el máximo número de flujos simultáneos de vídeo. La información se almacena en formas de compresión de vídeo (MPEG1/2), los cuales habilitan una hora de un filme comprimido (en 4Mbps) para después descomprimiese en alrededor de 1.8 Gbytes. Los servidores de vídeo están conectados a la red de esencia por medio de las interfaces ATM.

Administración de Red (TMN)

Las funciones de administración, operación y mantenimiento (OA&M) llegan a ser más importantes que la complejidad de la red creciente. Además, los sistemas de administración de diferentes operadores y otros proveedores de servicio independientes deben comunicarse con otro proveedor para propósitos de cargos. La red de administración de comunicación (TMN), junto con la red de inteligencia avanzada (AIN), asumirán un papel fundamental que hará una mayor contribución a los sucesos de los futuros servicios de banda ancha. ONMS provee la flexibilidad necesaria en la forma de un sistema de administración punto a punto.

Generación de Servicio

Para generar servicios multimedia -como programas de software- se ha desarrollado un plan de interfaces gráficas (por ejemplo guía de usuario interactiva, usuario amigable). Los operadores de red deben hacer contratos con casas de software para la generación interactiva de programas. El diseño de un correo electrónico ordenado por catálogo con tele-shopping cuenta con secuencias de vídeo para la presentación de los productos y así dar un paseo virtual en la electrónica de la 3-D.

Programa de Conversión y Compresión

La mayoría de las películas existen en formato analógico, ya sea como celuloide o almacenado en cinta magnética. Para poder almacenar este material en librerías de vídeo electrónicas debe antes digitalizarse y después comprimirse (MPEG1/2). Los proveedores de servicio son los responsables de convertir y comprimir las películas, tanto en audio como en vídeo.

Integración de Sistema

Los operadores de red tienen que seleccionar la arquitectura óptima de red, estándares, etc., por lo que un integrador de sistemas debe tener conocimiento detallado acerca de las redes existentes del operador y del acceso a tecnologías esenciales. Las tareas individuales de un integrador de sistema son las siguientes:

- Redactar las estrategias de evolución óptima, evaluando la infraestructura existente en la red del cliente;
- Soportar clientes en la planeación de red;
- Seleccionar suministradores, evaluando los requerimientos de clientes y factores económicos;
- Entregar componentes desde otras manufacturas (dada la complejidad de la red, un simple vendedor no puede suministrar todos los componentes);
- Integración de la red.¹

6.4 ARQUITECTURA GENERAL PROPUESTA

La arquitectura propuesta consiste en mostrar en que forma pueden realizarse las conexiones dentro de una red de banda ancha considerando varios factores, tales como los servicios que pueden ofrecerse así como los proveedores, equipos de premisas, forma de acceso, red de administración, interfaces seleccionadas, configuraciones, etc.

Proveedor de Servicios

En lo referente a los servicios, están considerados los que se muestran y describen en la sección 6.3:

- Vídeo bajo demanda interactivo
- Televisión de paga (PPV)
- Game shows
- Home shopping
- CATV
- Distance learning
- Conexión a WAN
- Conexión a Internet
- Conexión a FDDI
- Atención médica a distancia
- Information on demand
- Distribución de películas a salas de cine
- Near video on demand
- Videoconferencia

Del lado del proveedor de servicio se encuentran los distribuidores de Televisión de paga, home shopping y distribución de películas a salas de cine conectados a la red de banda ancha con interfaces de 600Mbps en forma bidireccional, en tanto los servicios de VOD, Game Shows y CATV son conectados utilizando una interface de 600Mbps en sentido *downstream* pero con una interface de 150Mbps en sentido *upstream*, esto es considerando un flujo menor de información por parte del usuario. Para el resto de suministradores de

servicio, tales como un operador de red WAN, NVOD, distance learning, FDDI, servicio médico a distancia, information on demand, videoconferencia, etc. tal vez solo necesiten una interface de 150Mbps en forma bidireccional para conectarse a la red. Una antigua RDSI puede también ser conectada con esta misma interface para ser transportada hasta el conmutador de banda angosta.

Lado del Cliente

En lo referente al lado del cliente se encuentran los servicios que se accesan por medio de:

- televisión
- computadora
- teléfono
- videoteléfono

Por medio de la televisión se dispone de servicios tales como Video-entretimiento (NVOD, VOD, CATV) o de información (Distance learning, teleshopping, información meteorológica, etc.) se considera compresión digital de video MPEG1 y MPEG2 de 1.5 y 6.0 Mbps respectivamente. En un canal de transmisión de 600Mbps como propone la arquitectura se pueden enviar simultáneamente 120 señales de vídeo comprimido a 5 Mbps o 240 señales de 2.5 Mbps o una combinación de éstas, para el caso de la interface de 150Mbps en número de señales simultáneas a transmitirse será de 30 (MPEG1) y de 60 (MPEG2). Las premisas del cliente que se procesan por medio de una PC pueden recibir servicios muy variados tales como Game Shows, telebanking, bancos de información en general, conexión a Internet, multimedia, etc.

Acceso

La arquitectura propuesta hace referencia principalmente a tres tipos de tecnología de cableado:

- HFC
- FTTB
- FTTC

HFC es una tecnología hecha de combinar cableado de fibra óptica con coaxial, el cual brinda la opción de una gran variedad de servicios (telefonía, datos, televisión por cable.) ya que de esta forma puede combinar señales analógicas a bajo costo y sin problemas de distribución de energía, y lograr así una transición a la construcción de redes hechas totalmente de fibra óptica. Los cables de fibra óptica están situados en un *hub* de fibra sirviendo de 200 a 500 suscriptores y con comunicación bidireccional.

En lo referente a las tecnologías de cable de fibra óptica como FTTC, FTTH o FITL, ofrecen una buena solución para la construcción de una red de banda ancha totalmente digital que brinde la mayor cantidad de servicios con la más alta calidad y rapidez en la distribución de señales; esto será posible cuando los obstáculos de precio y renovación de redes telefónicas actuales sean superados. En una arquitectura FTTC/FTTB, el cable de fibra óptica se coloca para suministrar servicios en áreas de entre 5 y 50 suscriptores utilizando tecnologías PON. Los suscriptores están conectados a la ONU en una configuración de estrella utilizando coaxial e hilos de cobre en pares trenzados sin protección (UTP). Esta tecnología habilita la transmisión de todos los servicios como voz, video interactivo, datos (con la excepción de difusión de TV convencional), considerando que la distancia entre la ONU y el equipo terminal no debe exceder los 200m.

Administración de Red (TMN)

Esta arquitectura propone la utilización del Sistema de Señalización N 7, el cual muestra los dos planos de operación considerados: el plano de control y el plano de información. El plano de información está incluido en el plano que forma la estructura de conmutación ATM, es decir, las centrales ATM locales y de tránsito, en tanto el plano de control está formado por los puntos identificados como STP (ubicados en el centro de la arquitectura) y SP (ubicados dentro de las centrales ATM locales y de tránsito).

Los sistemas de administración de diferentes operadores y otros proveedores de servicio independientes deben comunicarse con los sistemas de otro proveedor para propósitos de cargos.

Parte Principal

Las carreteras de datos no solo enlazan áreas de acceso a clientes con sistemas de conmutación, también conectan sistemas de conmutación a otro sistema. La tecnología considerada es la Jerequía Digital Síncrona (SDH/SONET). La arquitectura propone varios tipos de multiplexores y demultiplexores SONET: 5:1, 10:1, 16:1 que son útiles para construir interfaces de jerarquías más grandes.

La arquitectura muestra a manera de ejemplo cuatro centrales ATM que cumplen con la tarea de conmutación digital a altas velocidades

¹ Manfred Gand and Andreas Lahr, Siemens AG, Public Communications Networks, Munich, *Telecom report International* 17, 1994, Número 6.

CONCLUSIONES

El desarrollo más importante en la industria de las computadoras y comunicaciones en los 90's es la evolución de la ISDN y la Red de Banda Ancha las cuales son las tecnologías más adecuadas para la construcción de la Supercarretera de Información. Aunque la tecnología y los estándares para ISDN y la Red de Banda Ancha todavía están evolucionando, se están desarrollando arquitecturas con los posibles servicios de éstas redes.

La llamada Supercarretera de información es una gigantesca red mundial de datos que integra el teléfono, la computadora, la televisión, el vídeo, etc. y ésta cambiará el panorama global de las comunicaciones en México y el mundo en pocos años.

Los temas relacionados a ISDN y la Red de Banda Ancha están en las siguientes categorías generales:

- **Tecnologías Fundamentales:** La ISDN se basa en el desarrollo de tecnologías de conmutación y transmisión digital
- **Arquitectura:** La arquitectura de ISDN explora la tecnología digital emergente para integrar transmisiones de voz y datos y para proveer interfaces estructuradas y servicios de transmisión para el usuario terminal.
- **Estándares:** Un esfuerzo masivo se está llevando para desarrollar estándares que cubran el amplio espectro de los protocolos ISDN, arquitectura y servicios
- **Servicios:** La ISDN soporta una amplia variedad de comunes y nuevos servicios digitales.

La red de banda ancha diferirá de una ISDN de banda angosta, por ejemplo, en los requerimientos de video de alta resolución, el cual necesita de una velocidad de alrededor de 150 Mbps en el canal. Para soportar simultáneamente uno o más servicios interactivos o de distribución, se necesitará una velocidad en la línea del suscriptor de alrededor de 600 Mbps. En la planta telefónica instalada hoy en día, esta es una enorme velocidad de datos. La única tecnología apropiada para soportar tales velocidades de datos es la fibra óptica. La realización de una red de banda ancha depende de la introducción de fibra en los *subscriber loops*.

Dentro de la red, hay controversia en cuanto a la técnica de conmutación a ser utilizada. La facilidad de conmutación tendrá que ser capaz de tomar un intervalo de diferentes velocidades de bits y parámetros de tráfico. A pesar del creciente poder del hardware de conmutación de circuitos digitales y del creciente

uso de la fibra óptica, la conmutación puede ser diferente en diversos requerimientos con la conmutación de circuitos en una ISDN. Por esta razón, hay un creciente interés en la tecnología de conmutación rápida de paquetes, como la técnica básica de conmutación para la red de banda ancha. Esta forma de conmutación soporta un nuevo protocolo de interface usuario-red conocido como Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

Para la Red de Banda Ancha la transferencia de información a través de la interface usuario-red utilizará lo que se conoce como ATM. El uso de ATM implica que la Red de Banda Ancha será una red basada en paquetes, tanto en su interface como en su conmutación interna. También soportará aplicaciones de modo circuito, a través de un mecanismo de transporte basado en paquetes. ISDN, que inicia como una evolución de las redes telefónicas de conmutación de circuitos, que se transformará en una red de conmutación de paquetes y de servicios de banda ancha.

SONET/SDH son las estructuras de transmisión utilizadas para transportar celdas ATM. La funcionalidad de SONET/SDH tienen la habilidad de añadir y retirar circuitos eficientemente desde un flujo de datos. SONET/SDH permiten la transmisión a diferentes velocidades para la administración de red a través de la fibra óptica.

El estándar define una jerarquía de velocidades de transmisión de datos, que son múltiplos de 51.84 Mbps, incluyendo 155.52 Mbps y 622.08 Mbps. Por lo tanto SONET/SDH también pueden utilizarse para soportar las más altas velocidades de Red de Banda Ancha.

Al igual que ISDN de banda angosta, el control de una Red de Banda Ancha está basado en señalización por canal común. En esta red, Signaling System Number 7 (SS7, Sistema de Señalización Número 7) soportará las capacidades expandidas de una red a más altas velocidades.

La Red de Banda Ancha debe soportar todos los servicios de transmisión de 64 Kbps, tanto para conmutación de circuitos como para conmutación de paquetes soportados por ISDN de banda angosta. Esto protege la inversión y facilidades de migración del usuario de ISDN de banda angosta a la red de banda ancha. En la interface usuario-red, esas capacidades serán provistas con las facilidades de conexión del Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

Cuando la capacidad disponible para el usuario de ISDN se incrementa substancialmente, el rango de servicios también se incrementará. El CCITT clasifica los servicios que una Red de Banda Ancha puede proveer en interactivos (Telefonía, videotelefonía, telefax, datos, etc.) y de distribución (Televisión de calidad digital, televisión de alta definición, sonido Hi-Fi)

Los servicios interactivos son aquellos en los que hay un intercambio de información en dos direcciones (además de la información de control de señalización) entre dos suscriptores o entre un suscriptor y un proveedor de servicio. Estas incluyen servicios conversacionales, de mensaje y de recuperación. Los servicios de distribución son aquellos en los que la preferencia de información es primordialmente en una sola dirección, del proveedor de servicio al usuario de la Red de Banda Ancha. Estos incluyen servicios de difusión, a los que el usuario no tiene control en la presentación de la información, y servicios cíclicos los que permiten al usuario alguna forma de control en la presentación.

Para el desarrollo de la Supercarretera de Información en nuestro país, es claro que habrá que utilizar las nuevas infraestructuras a base de fibras ópticas que ya existen a nivel nacional como en las principales ciudades para dotarlos de equipos de transmisión y enrutamiento de los llamados de Banda Ancha, con esto se avanzará a la edificación de la supercarretera en su porción troncal. No debe dejarse para después el concretarse este concepto en México y encausar el desarrollo en la infraestructura en esa dirección antes de que la apertura a la competencia en las telecomunicaciones haga complicado el manejo de infraestructuras promovidas separadamente por los diversos operadores que participen en el mercado. Para esto tienen que participar las empresas en telecomunicaciones, las de transmisión de televisión, las que tienen redes privadas de comunicación y sistemas multimedia, así como todas las empresas de tecnología de computación y video. Siendo hasta el momento nueve las compañías autorizadas para brindar los servicios de LD (*Telmex, Alestra, Avantel, Invescom, Iusatel, Miditel, Marcatei, Telinor y Bestel*).

Entre las características más importantes de la red de Telmex se encuentran: disponibilidad, confiabilidad, calidad, aplicaciones y funciones. Y en tanto a los servicios proporcionados se cuenta con acceso digital a conmutador electrónico digital, marcación entrante, centrex básico, centrex avanzado, videoconferencia, enlace digital a alta velocidad, red privada metropolitana, cruce fronterizo, red global, telefonía de alta calidad, red privada de voz y datos, red de paquetes de datos, red satelital y enlaces virtuales.

Telmex firmó un contrato con la empresa internacional GlobalOne, que está formada por Sprint, France Telecom y Deutsche Telekom. GlobalOne dará servicios de redes privadas y transmisión de voz, datos y video a través de su red digital inteligente. También instalará una infraestructura en México y se conectará a la red de Telmex para ofrecer servicios conjuntamente. Operará en 5 áreas: sector financiero, turístico, industrial, gubernamental y servicios, además espera controlar el 80% del mercado de telecomunicaciones internacionales en México valuado en 2 mil mdd. Otro de los socios de Telmex son Alfacom y Xabre (American Airlines, Aeroméxico y Mexicana) para proveer el servicio de carrier de LD.

Telmex creará su propia empresa de paging llamada Buscatel que tiene ya inversiones en 45 ciudades. Telmex conjuntamente con la firma Page Mart, de EU, ofrecerán servicios compatibles en ambos países. Avantel, presentó los primeros servicios internacionales de Concert en México. Concert es la fusión entre MCI y British Telecom. Entre estos servicios destacan la red virtual de voz y datos, la red de transmisión de paquetes y la red Frame Relay; siendo ésta la primera vez que en México se ofrece un servicio transparente e ininterrumpido de transmisión de voz y datos a todo el mundo. Esta situación permitirá a las empresas que operan en México beneficiarse con planes inteligentes de marcación internacional, equipos de trabajo especializados en instrumentación de proyectos y una atención transparente sin precedentes. Otras aplicaciones que se podrán desarrollar son las Intranets de las empresas. Avantel realizará la instalación y operación de las redes de los clientes de México y proporcionará el soporte MCI apoyará a Avantel con su alianza mundial Concert, que operará en todo el mundo y que maneja en sociedad con British Telecom.

Los servicios de Alestra incluyen LD automática y por operadora, tanto nacional como internacional; números de LD 800 sin costo y 900 de cuota, servicios basados en tarjetas; servicios de administración de mensajes de voz; enlace digital directo a servicios digitales conmutados (ISDN); líneas y redes privadas virtuales; acceso a redes internacionales (Internet) y transmisión de datos por conmutación de paquetes (X.25) y Frame Relay. Alestra está centrada en el tendido de su red que tendrá una capacidad de transmisión superior en 8 veces al volumen total de las comunicaciones que hoy se hacen en México, lo que significará una capacidad superior a la ofrecida por los actuales y nuevos operadores del mercado nacional. Esta sobrada capacidad ofrecerá la mayor calidad en el manejo de voz, datos y vídeo a los suscriptores, a través de la red de Alestra que tendrá la misma calidad de las redes que AT&T ha desarrollado en los distintos países en donde opera.

La Telefonía Inalámbrica del Norte (Telinor) obtuvo la concesión para operar servicio de larga distancia y básica, e invertirá mil millones de dólares en cinco años; la concesión, que durará 30 años, obliga a que a más tardar el 31 de diciembre de 1997 la empresa inicie la explotación de infraestructura propia y cubrir para el año 2000 por lo menos 17 ciudades de todo el país. La SCT otorgó a Telinor la concesión para explotar una red pública de telecomunicaciones con lo cual brindará una amplia gama de servicios incluidos los de larga distancia nacional e internacional, lo que le permitirá competir en la subasta del espectro radioeléctrico. Entre otros servicios están los de transmisión conmutada de datos, la instalación y operación de redes privadas de telecomunicaciones. Telinor espera otorgar el servicio de telefonía local inalámbrica, el cual contempla introducir tres millones de líneas en 628 áreas de servicio en un periodo de 10 años, con una inversión total de 901 millones de dólares.

Televisa inició la comercialización de su servicio Sky con el objetivo de salir primero al mercado. Inicialmente, sólo comercializará 60 canales de video, incluyendo los que ya se ven en televisión abierta y varios de los que se manejarán en Cablevisión y MVS y espera contar para febrero o marzo de 1997 con toda su programación. En 1997 Televisa utilizará 12 de los 14 transpondedores del Solidaridad II. Siete de los 14 transpondedores fueron aportados por Medcom.

En tanto DirectTV ofrece ocho diferentes paquetes que permiten al suscriptor contratar con hasta 100 canales de programación en español, portugués e inglés. Sobre las características del servicio, los suscriptores mexicanos de DirectTV deberán gastar unos 400 dólares para adquirir los respectivos equipos. Multivisión, líder en televisión por cable en México, iniciará en septiembre de 1997 transmisiones por satélite para un mercado de 1.5 millones de potenciales suscriptores.

Por lo menos cuatro empresas mexicanas se disponen a disputar el mercado de DTH en el país, entre ellas Televisa, en asociación con TV Globo de Brasil y las compañías News Corporation de Australia y Tele-Communications International de Estados Unidos. Las corporaciones mexicanas Acir y Medcom también preparan el lanzamiento de servicios de DTH. Las empresas que podrán comercializar señales provenientes de satélites de EU a México deberán ser empresas mexicanas con una participación foránea no superior al 49%. En el protocolo satelital DTH firmado con EU, México se reserva el derecho de concluir o de retirar las concesiones a empresas de EU en el mercado nacional si no cumplen con lo pactado. En el protocolo se reconoce la atribución de cada gobierno de imponer restricciones no discriminatorias en el contenido y publicidad transmitida en televisión DTH. También se logró que las empresas mexicanas de este servicio reciban trato nacional en EU, librando así el Ecotest porque sólo necesitarán de una licencia para comercializar su señal. El acuerdo beneficia a los concesionarios de televisión por microondas y a los de cable, ya que un año después de que entre en vigor el protocolo podrán empaquetar la programación satelital para venderla a sus clientes, así el público tendrá diversas alternativas en precio, contenido y calidad.

Investcom lanzó su marca de LD: Protel, que significa Profesionalismo y Productividad en Telefonía. Investcom espera atender con especial énfasis a las empresas pequeña y medianas además de no buscar destacar en el precio sino en la flexibilidad para el cliente. Protel (Investcom) negocia alianzas con Carriers de Paging con 2 de los más grandes carriers nacionales de paging en busca de convertirse en una compañía de soluciones integrales de comunicación. Protel invertirá 110 mdd en LD para enlazar 36 ciudades de México durante 1997, a través de una red de fibra óptica. Espera conquistar el 3% del mercado en los próximos 6 años y tener una cobertura de 130 ciudades para 1999. Nextel y Ericsson están construyendo la infraestructura de Protel, incluidas las de fibra óptica, las centrales telefónicas, equipos de transmisión y la ingeniería de

telecomunicaciones. Ambas empresas desarrollan también una gran variedad de servicios especializados.

El mercado de radiolocalización concentra actualmente a 270,000 usuarios, y el servicio será otorgado a través de diversas modalidades, incluyéndose numérica y voz a través de las siguientes empresas más importantes como: SkyTel, Digitel, Radio Beep, Codime, Servicios Modernos, Biper, Teléfonos de México y Avantel.

GLOSARIO

LISTA DE ACRONIMOS

AAL	ATM Adaptation Layer
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
ANSI	American National Standards Institute
APON	ATM PON
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B-ISDN	Broadband ISDN
BRI	Basic Rate Interface
CATV	Cable TV
CCITT	Consultative Committee on International Telegraph and Telephone
DCE	Data Circuit-Terminating Equipment
DS0	Digital Signal Level Zero
DS1	Digital Signal Level One
DTE	Data Terminal Equipment
FCS	Frame Check Sequence
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frecuency-Division Multiplexing
FITL	Fiber In The Loop
FTTC	Fiber To The Curb
FTTH	Fiber To The Home

HDLC	High-Lever Data Link Control
HDTV	High Definition TV
HFC	Hybrid Fiber/Coaxial
IDN	Integrated Digital Network
IVOD	Interactive Video On Demand
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organization for Standarization
JPEG	Joint Photographic Expert Group
LAN	Local Area Network
LAP-D	Link Access Protocol-D Channel
MJPEG	Motion JPEG
MPEG	Motion Picture Expert Group
NVOD	Near Video On Demand
OSI	Open Systems Interconnetion
PBX	Private Branch Exchange
PCM	Pulse-Code Modulation
PLV	Production Level Video
PON	Passive Optical Network
PRI	Primary Rate Interface
PSTN	Public Switched Telephone Network
PPV	Pay Per View
SDH	Synchronous Digital Hyerachy

SMDS	Switch Multimegabit Data Service
SONET	Synchronous Optical Network
SS7	Signaling System Number 7
STM	Synchronous Transfer Mode
STS	Synchronous Transfer Signal
SVOD	Staggered Video On Demand
TCM	Time-Compression Multiplexing
TDM	Time-Division Multiplexing
TMS	Time-Multiplexed Switching
TSI	Time-Slot Interchange
VLSI	Very Large Scale Integration
VOD	Video On Demand
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength-Division Multiplexing

ANEXO A

MODELO DE REFERENCIA OSI

Uno de los conceptos más importantes en comunicaciones de datos es el del modelo de referencia *Open System Interconnection* (OSI). Este modelo sirve como una estructura en la que se desarrollan los estándares de los protocolos de comunicación. También sirve como una trama de referencia para hablar de las comunicaciones. Los protocolos de ISDN se ajustan en la estructura OSI.

Cuando en un sistema se involucra a más de una computadora tiene que añadirse *hardware* y *software* adicionales para que la comunicación entre los sistemas pueda ser soportada. El *hardware* de comunicaciones está estandarizado y generalmente presenta pocos problemas. Sin embargo, cuando la comunicación es a través de máquinas heterogéneas (*diferentes modelos de los vendedores*), el *software* presenta grandes problemas. Los *diferentes vendedores* utilizan *diferentes formatos de datos* y *convenciones para el intercambio de datos*. En la línea de productos de un vendedor los *diferentes modelos de computadoras* se pueden comunicar en formas únicas.

El objeto de la comunicación entre aplicaciones en diferentes computadoras es demasiado complejo para ser tomado como una unidad. El problema debe descomponerse en partes, por lo tanto, antes de que se desarrollen los estándares, debe hacerse una estructura o arquitectura que defina los objetivos de comunicación.

Este razonamiento lleva a la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en 1977 a establecer un subcomité para desarrollar esta arquitectura. El resultado fue el modelo de referencia *Open System Interconnection*, que es una estructura que define los estándares que enlazan computadoras heterogéneas. El modelo OSI provee la base para conectar sistemas abiertos y procesar aplicaciones distribuidas. El término abierto denota la habilidad de dos sistemas cualesquiera conforme al modelo de referencia y los estándares asociados para conectarlos

Conceptos

La técnica de capas es una técnica de estructuración escogida por ISO y es ampliamente aceptada. Las funciones de comunicaciones se fragmentaron en un conjunto vertical de capas. Cada capa desempeña las funciones requeridas por un sistema para comunicarse con otro sistema. Depende de la siguiente capa más baja para desempeñar algunas funciones y así mismo provee servicios a la siguiente capa más alta. Las capas están definidas, así los cambios hechos en una capa no provocarán cambios en las otras. El problema de comunicación ha sido descompuesto en cierto número de subproblemas que son más manejables.

El objetivo del subcomité ISO fue definir un conjunto de capas así como los servicios desempeñados por cada una. La partición debe tener suficientes capas para hacer cada capa manejable, pero no debe tener tantas capas que el procesamiento de encabezados impuesto sea difícil. El modelo OSI de referencia resultante tiene siete capas, las cuales son listadas con una sencilla definición en la Tabla A.1.

La tabla define las funciones que debe desempeñar un sistema para comunicarse. Por supuesto se necesitan dos sistemas para la comunicación, así que debe existir el mismo conjunto de funciones divididas en los dos sistemas. La comunicación se realiza teniendo las capas correspondientes por pares en los dos sistemas de comunicación. Los pares de capas se comunican por medio de un conjunto de reglas o convenciones conocidas como protocolos. Los elementos fundamentales de un protocolo son:

- Sintaxis: Incluye formatos de datos y niveles de señal.
- Semántica: Incluye control de información para coordinación y error
- Sincronización: Incluye velocidad y secuencia.

La Figura A.1 ilustra el modelo OSI. Cada sistema contiene las siete capas. La comunicación es entre las aplicaciones de los sistemas, nombrados APX y APY en la figura. Si APX desea enviar un mensaje a APY, invoca la capa de aplicación (capa 7). La capa 7 establece una relación de pares con la capa 7 del sistema objetivo utilizando un protocolo de capa 7. Este protocolo requiere servicios de la capa 6, así las dos entidades de la capa 6 utilizan un protocolo propio, y así sucesivamente hacia abajo hasta la capa física, la cual en realidad pasa los bits a través de un medio de transmisión.

Note que no hay comunicación directa entre capas pares excepto en la capa física. Aún en esa capa, el modelo OSI no estipula que los dos sistemas estén conectados directamente. Por ejemplo, puede utilizarse una red de conmutación de paquetes o de circuitos para proveer el enlace de comunicación. Dos sistemas sin importar que tan diferentes sean se pueden comunicar efectivamente si tienen en común lo siguiente:

Capa	Definición
1.- Física	Concernido con la transmisión de estructuras de flujos de datos a través del enlace físico; incluyendo parámetros como señal de voltaje y duración de bit; distribuye con la mecánica, eléctrica, y características de procedimiento para habilitar, mantener y desactivar el enlace físico.
2.- Enlace de datos	Provee transferencia confiable de datos a través del enlace físico; envía bloques de datos (tramas) con la sincronización necesaria, control de error, y control de flujo.
3.- Red	Provee a las capas más altas con independencia de la transmisión de datos y las tecnologías de conmutación utilizado para conectar sistemas; es responsable del establecimiento, mantenimiento y terminación de la conexión.
4.- Transporte	Provee confiabilidad, transferencia de datos entre puntos terminales; Provee corrección de error punto a punto y control de flujo.
5.- Sesión	Provee la estructura de control para comunicación entre aplicaciones, establece, mantiene y termina conexiones (sesión) entre aplicaciones
6.- Presentación	Desempeña generalmente transformaciones útiles de datos para proveer una interface de aplicación estandarizada y para proveer un servicio de comunicación; por ejemplo compresión de texto.
7.- Aplicación	Provee servicios a los usuarios del medio OSI, ejemplos: servidor de transacción, protocolos para la transferencia de archivos, mantenimiento de red

Tabla A.1.

- Que implementen el mismo conjunto de funciones de comunicación.
- Sus funciones se organicen en el mismo conjunto de capas. Los pares de capas deben proveer las mismas funciones, pero no es necesario que se provean así mismos y en la misma forma
- Los pares de capas deben compartir un protocolo común.

Los estándares son necesarios para asegurar los procedimientos. Los estándares deben definir las funciones y servicios provistos por una capa. Los estándares también deben definir los protocolos entre pares de capas (los protocolos debe ser idénticos en las dos capas). El modelo OSI provee una estructura para definir esos estándares.

Una terminología útil de OSI se ilustra en la Figura A.2. Por simplicidad, la capa es nombrada como capa N. En un sistema hay una o más entidades activas en cada capa. Cada entidad (N) implementa las funciones y los protocolos de la capa (N) para

comunicarse con otras entidades (N) en otros sistemas. Un ejemplo de entidad es el proceso en un sistema de multiprocesamiento. O simplemente podría ser una subrutina. Es posible que existan entidades (N) idénticas, siempre y cuando sea conveniente para un sistema dado. También es posible que existan entidades (N) diferentes que correspondan a diferentes protocolos en ese nivel. Cada entidad (N) implementa un protocolo para comunicarse con entidades (N) en otros sistemas. Cada entidad se comunica con otras entidades en las capas anteriores y posteriores a través de una interface. La interface se realiza como uno o más *puntos de acceso al servicio* (SAP).

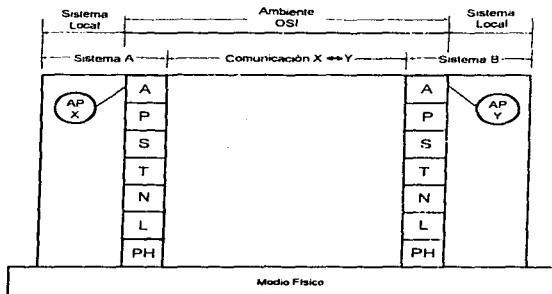


Figura A.1. Ambiente OSI

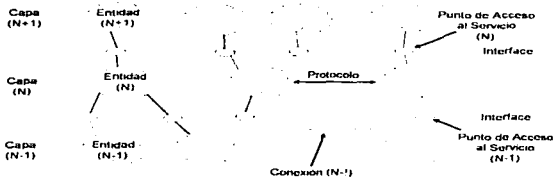


Figura A.2. Concepto de Capa

Las funciones comunes a todas las capas se ilustran en la Figura A.3. Dichas funciones son:

- Encapsulación
- Segmentación
- Establecimiento de conexión
- Control de flujo
- Control de error
- Multiplexaje

El proceso de encapsulación considera la forma más común en que se hacen los protocolos. Cuando AP X tiene que enviar un mensaje a AP Y, transfiere los datos a una entidad (7) en la capa de aplicación.

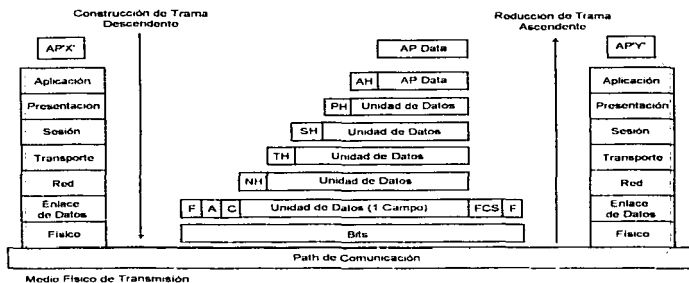


Figura A.3. Operación de OSI

Se agrega un encabezado A a los datos que contienen la información requerida por el protocolo de par 7; es decir que realiza una encapsulación de los datos. Los datos originales, más el encabezado se pasan como una unidad a la capa 6. La entidad (6) trata a la unidad completa como datos y agrega su propio encabezado (una segunda encapsulación). Este proceso continúa hacia abajo hasta la capa 2, que no solo añade un encabezado sino que también un trailer cuya función se explicará posteriormente. Esta unidad de capa 2, llamada trama, se transmite por la capa física a través del medio de transmisión. Cuando la trama la recibe el sistema objetivo, comienza el proceso a la inversa. Como los datos ascienden, cada capa quita el encabezado correspondiente.

que actúa en el protocolo de información contenido ahí, y pasa el residuo hasta la siguiente capa.

Cada capa puede segmentar la unidad de datos que recibe de la siguiente capa más alta en varias partes para ajustar sus propios requerimientos. Estas unidades de datos deben ser reensambladas por la capa par correspondiente antes de pasarlas hacia arriba.

Dos entidades pares pueden intercambiar datos con o sin una conexión previa. Las conexiones pueden hacerse en cualquier capa de la jerarquía. Una conexión se establece entre dos entidades (N) para identificar una Conexión en un Punto Extremo, (N-1) CEP, dentro de un (N-1) SAP para cada entidad (N). La conexión facilita el control de flujo y el control de error. El control de flujo es una función desempeñada por una entidad (N) para limitar la cantidad de velocidad de datos que recibe de otra entidad (N). Esta función es necesaria para asegurar que la entidad (N) receptora no experimente sobreflujo. El control de error es un mecanismo que detecta y corrige los errores que ocurren en la transmisión de unidades de datos entre entidades pares.

En tanto a la multiplexión esta puede hacerse en dos direcciones. La multiplexión en sentido *upward* significa que las múltiples conexiones (N) están multiplexadas o que comparten una simple conexión (N-1). Esto puede ser necesario para hacer más eficiente el uso del servicio (N-1) o para proveer varias conexiones (N) en ambientes donde solo existe una simple conexión (N-1). La multiplexión *downward*, o *splitting*, significa que una simple conexión (N) es construida encima de múltiples conexiones (N-1), el tráfico en la conexión (N) siendo dividido entre las variadas conexiones (N-1). Esta técnica puede ser utilizada para mejorar rentabilidad, desempeño o eficiencia.

Capas

Capa Física

La capa física cubre la interface física entre dispositivos y las reglas en que los bits pasan de un sistema a otro. La capa física tiene cuatro importantes características:

- Mecánica
- Eléctrica
- Funcional
- Procedimiento

Algunos estándares en esta capa son RS-232-C, RS-449/422/423, y porciones de X.21.

Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos hace que la línea física sea confiable suministrando el medio para activar, mantener, y desactivar la línea. El servicio principal provisto por la capa de enlace a las capas más altas es el de detección y corrección de errores. Por lo tanto las siguientes capas más altas asumen una transmisión libre de errores sobre la línea. Pero si la comunicación es entre dos sistemas que no están conectados directamente, la conexión abarcará un cierto número de enlaces de datos en tandem, cada uno funcionando en forma independiente. En este caso las capas más altas tienen la responsabilidad del control de error.

Estándares en esta capa son HDLC, LAPB, LAPD, y LLC.

Capa de Red

El servicio básico en la capa de red es proveer transparencia de datos entre entidades de transporte. Releva a la capa de transporte de la transmisión de datos y de conmutación utilizadas para conectar sistemas. El servicio de red es responsable de establecer, mantener, y terminar conexiones a través de la facilidad de comunicaciones intermedias.

Es en esta capa el concepto de protocolo es un poco confuso. Esto es mejor ilustrado en la Figura A.4, que muestra dos estaciones comunicándose, no vía enlace directo, sino por vía una red de conmutación de paquetes. Las estaciones tienen enlaces directos a los nodos de la red. Los protocolos en las capas 1 y 2 son protocolos estación-nodo (local). Las capas 4 a 7 son protocolos estación-estación entre entidades (N). La capa 3 es un poco de ambos tipos de protocolos.

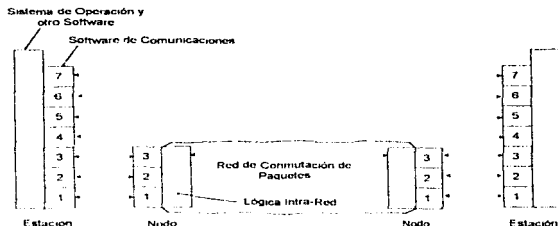


Figura A.4. Comunicación a Través de una Red

El diálogo principal es entre la estación y el nodo; la estación envía paquetes direccionados al nodo para distribirse a través de la red. Pide una conexión circuito-virtual que utiliza para transmitir datos, y después terminar la conexión. Todo esto se hace por medio de un protocolo estación-nodo.

La capa de red maneja un gran espectro de facilidades de comunicaciones intermedias. Lo más simple es un enlace directo entre estaciones. En esta caso tal vez no sea necesaria la capa de red, ya que la capa de enlace de datos puede desempeñar las funciones necesarias para manejar el enlace. Entre puntos extremos, el uso más común de la capa 3 es tomar los detalles para utilizar una red de comunicación. En este caso, la entidad de red en la estación debe proveer información suficiente a la red para conmutar y enrutar datos a otra estación. En el otro extremo, dos estaciones tal vez deseen comunicarse pero no están conectadas a la misma red. Por el contrario, están conectadas unas a otras, directamente o indirectamente, por medio de otras redes. En este caso para proveer transferencia de datos puede utilizarse un protocolo internet (IP), que forma parte de un protocolo de red y se utiliza como protocolo de transporte. IP es responsable de enrutamiento interredes, para servicios intrarredes que se distribuye y confía en la capa 3 en cada red. IP algunas veces es conocido como la capa 3.5.

El mejor ejemplo conocido de capa 3 es el estándar X.25. El estándar X.25 se refiere a si mismo como una interface entre una estación y un nodo. En el contexto del modelo OSI, es en realidad un protocolo nodo-estación.

Capa de Transporte

El propósito de la capa 4 es proveer un mecanismo confiable para el intercambio de datos entre sistemas diferentes. La capa de transporte se asegura de que las unidades de datos estén distribuidas libre de errores, es decir, sin pérdidas ni duplicaciones. La capa de transporte también puede utilizarse para la optimización en el uso de los servicios de red y provee una buena calidad de servicio para las entidades de sesión. Por ejemplo, la entidad sesión tal vez especifique velocidades de error aceptables, atraso máximo, prioridad, y seguridad. En efecto, la capa de transporte sirve como el enlace del usuario con la facilidad de comunicaciones. El tamaño y complejidad de un protocolo de transporte depende del tipo de servicio que puede obtener de la capa 3. Una capa 3 confiable, con capacidad de circuito virtual, requiere de una mínima capa 4. Si la capa 3 no es confiable, el protocolo de capa 4 debe incluir detección de error y recuperación. ISO define cinco clases de protocolos de transporte, cada uno orientado hacia un servicio diferente.

Capa de Sesión

La capa de sesión provee el mecanismo para controlar el diálogo entre entidades de presentación. Provee el medio para que dos entidades de presentación establezcan y utilicen una conexión, llamada sesión. Además prevé algunos de los siguientes servicios:

- Tipo de diálogo: Este puede ser en dos direcciones simultáneamente, dos direcciones alternadas, o en una sola dirección
- Recobración: La capa de sesión puede proveer un mecanismo de puntos de verificación, es decir que si ocurre una falla de cualquier clase entre puntos de verificación, la entidad sesión retransmitirá todos los datos desde el último punto de verificación.

Capa de Presentación

La capa de presentación ofrece programas de aplicación a un conjunto de servicios de transformación de datos. Los servicios que ésta capa provee incluyen:

- Traducción de datos: Código y carácter para establecer traducción
- Formateo: Modificación de capa de datos
- Selección de sintaxis: La selección inicial y modificación subsecuente de la transformación utilizada.

Algunos ejemplos de protocolos de presentación son la compresión de datos, encapsulación y el protocolo virtual-terminal. El protocolo virtual-terminal convierte características terminales específicas y un modelo genérico o virtual utilizado por programas de aplicación.

Capa de Aplicación

La capa de aplicación provee un medio para procesos de aplicación al ambiente OSI. Esta capa contiene funciones de administración y generalmente utiliza mecanismos útiles para soportar aplicaciones distribuidas. Ejemplos de protocolos en este nivel son el protocolo *virtual-file* y el protocolo de transferencia y manipulación de trabajo.

ANEXO B

CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y DE PAQUETES

B.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

Comutación de circuitos fue la tecnología dominante para la comunicación de voz y datos hasta la era RDSI. La comunicación vía conmutación de circuitos incluye tres fases, las cuales pueden ser explicadas con referencia a la Figura B. 1.

1. *Establecimiento del circuito:* Antes de que cualquier señal pueda transmitirse debe de establecerse un circuito punto-a-punto. Por ejemplo, una estación A envía una petición al nodo 4, la petición es para establecer una conexión al nodo E. El enlace de A al nodo 4 es una línea dedicada, de esta forma parte de la conexión ya existe. El nodo 4 debe encontrar el siguiente paso en una ruta llevando la petición al nodo 6. Basado en información de ruteo y medición de disponibilidad y tal vez de costo, el nodo 4 selecciona el enlace al nodo 5, asignando un canal libre (usando FDM o TDM) en ese enlace y envía un mensaje de petición de conexión a E. Hasta ahora se ha establecido una trayectoria dedicada de A a través de 4 a 5. Ya que varias estaciones pueden ligarse al nodo 4, este debe de poder establecer trayectorias internas desde múltiples estaciones a múltiples nodos. El nodo 5 dedica un canal al nodo 6 e internamente liga ese canal al canal del nodo 4. El nodo 6 completa la conexión a E. Para concretar la conexión, se hace una prueba para determinar si E está ocupado o está preparado para aceptar la conexión.
2. *Transferencia de la señal:* Las señales ahora pueden ser transmitidas de A a el nodo E. La señal transmitida puede ser voz analógica, voz digitalizada o datos binarios dependiendo de la naturaleza de la red. Como los *carriers* involucran redes digitales integradas, el uso de transmisión digital binaria para voz y datos se está convirtiendo

en el método dominante. La trayectoria es: el enlace A-4, conmutación interna a través de 4, canal 4-5, conmutación interna a través de 5, canal 5-6, conmutación interna a través de 6, enlace 6-E. Generalmente, la conexión es full-duplex, es decir, los datos pueden transmitirse en ambas direcciones simultáneamente.

3. *Desconexión del circuito.* Después de un periodo de transferencia de datos, la conexión es terminada por la acción de alguna de las dos estaciones. La señal debe ser propagada a los nodos 4, 5 y 6 para desasignar los recursos dedicados.

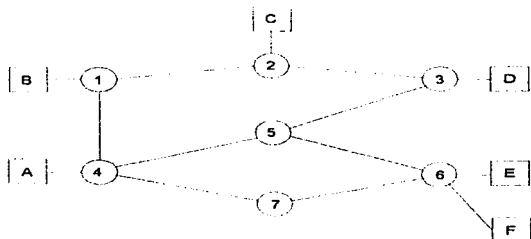


Figura B.1. Red Genérica de Conmutación

Commutación por División de Espacio

Como su nombre lo indica, *conmutación por división de espacio* es la conmutación en la cual las trayectorias de la señal están separadas físicamente una de la otra (divididas en espacio). Cada conexión requiere el establecimiento de una trayectoria física, a través del conmutador que está dedicado exclusivamente a la transferencia de señales entre los dos puntos extremos. El bloque básico de construcción del conmutador es un crosspoint metálico o gate semiconductor que puede ser activado o desactivado con una unidad de control. La Figura B.2 muestra una simple matriz crossbar con N líneas full-duplex de entrada/salida. El conmutador crossbar tiene algunas limitaciones:

- El número de puntos de cruce crece con N^2 , esto es costoso para una N grande.

- La pérdida de un punto de cruce anula la conexión entre los dispositivos involucrados.
- Los puntos de cruce son utilizados ineficientemente.

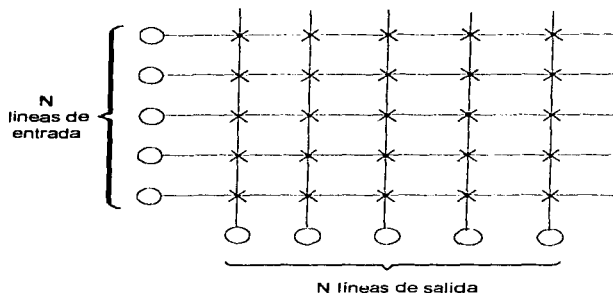


Figura B.2. Conmutación por División de Espacio con una Simple Etapa

Debido a estas limitaciones, se utilizan conmutadores multietapa. La Figura 3 muestra una red de tres etapas de conmutadores. Hay k matrices de segunda etapa, cada una con N/n entradas y N/n salidas. El número exacto de matrices de segunda etapa es una decisión de diseño. Cada matriz de primera etapa tiene k salidas, de esta forma se conectan las matrices de la segunda etapa. Cada matriz de segunda etapa tiene N/n salidas, de esta forma se conectan a las matrices de la tercera etapa. Ese tipo de arreglos presenta varias ventajas sobre una matriz crossbar:

- El número de puntos de cruce es reducido, incrementando la utilización del crossbar.
- Hay más de una trayectoria a través de la red para conectar dos puntos extremos, incrementando la rentabilidad.

La fórmula que permite calcular el número de nodos necesarios en un crossbar multietapa en función del número de entradas/salidas es:

$$N_x = 4N \lceil \sqrt{(2N)-1} \rceil$$

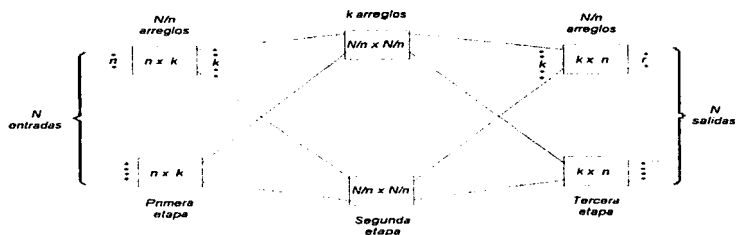


Figura B.3. Conmutador por División de Espacio de Tres Etapas

Commutación por División de Tiempo

Con la llegada de voz digitalizada y técnicas de multiplexión sincrónica por división de tiempo, voz y datos pueden transmitirse vía señales digitales. Esto ha mandado a un cambio fundamental en el diseño de tecnologías de conmutación. Tres conceptos comprenden la técnica de conmutación por división de tiempo:

- Conmutación TDM bus.
- Intercambio de ranuras de tiempo (TSI)
- Conmutación por multiplexión de tiempo (TMS)

Commutación TDM bus

Commutación TDM bus está basado en el uso de multiplexión sincrónica por división de tiempo (TDM). La Figura B.4 muestra como la TDM sincrónica permite múltiples flujos de bits en baja velocidad para crear una línea de alta velocidad. Este sistema presenta una desventaja, cuando alguna de las N entradas no proporciona información el multiplexor deberá enviar ranuras vacías ya que el sistema es sincrónico. Así la transferencia de datos es menor que la capacidad de el sistema.

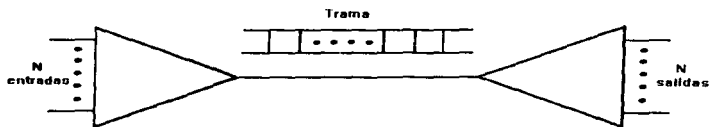


Figura B.4. Multiplexión Síncrona por División de Tiempo (TDM)

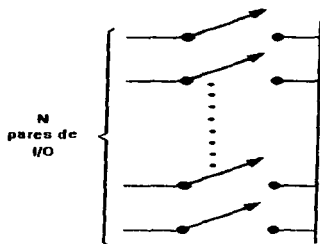


Figura B.5. Conmutación con Bus TDM

La Figura B.5 muestra una manera sencilla en la cual esta técnica puede ser adaptada para llevar a cabo conmutación. Cada dispositivo liga al conmutador a través de dos líneas controladas, una para entrada y otra para salida. Esas líneas están conectadas a través de fuentes controladas a un bus digital de alta velocidad. A cada línea de entrada se le ha asignado una ranura de tiempo. Para la duración de esa ranura la fuente de la línea está activada permitiendo un flujo de datos dentro del bus. Para esa misma ranura de tiempo una de las fuentes de línea de salida es también activada, los datos son conmutados desde la línea de entrada activada a la línea de salida activada. Durante sucesivas ranuras de tiempo se activan diferentes pares de entrada y salida, permitiendo que varias conexiones sean acarreadas sobre el bus.

Un dispositivo enlazado lleva a cabo operación full-duplex para transmitir durante una ranura de tiempo asignada y recibir durante otra. El otro extremo de la conexión es

un par entrada/salida por el cual esas ranuras de tiempo tienen la función opuesta. Esta técnica es conocida como conmutación TDM bus.

Un ejemplo que sugiere como se puede implementar el control de un conmutador TDM bus se muestra en la Figura B.6. Durante las primeras ranuras de tiempo de cada ciclo el control de entrada del dispositivo 1 y el control de salida de el dispositivo 3 se activan, permitiendo el paso de datos de 1 a 3 sobre el bus. Puesto que la memoria de control contiene lo descrito en la Figura B.6, las conexiones serán mantenidas entre 1 y 3, 2 y 5, y 4 y 6.

Intercambio de Ranuras de Tiempo

La construcción básica de bloques de muchos conmutadores es el mecanismo ranuras de tiempo intercambiables (TSI). Una unidad TSI opera en un flujo TDM síncrono, o canales, intercambiando pares de ranuras para llevar a cabo la operación full-duplex. La Figura B.7 muestra como la línea de entrada de un dispositivo I está conectado a la línea de salida de un dispositivo J y viceversa. En esta Figura, las líneas de entrada de N dispositivos se pasan a través de un multiplexor síncrono por división de tiempo para producir un flujo TDM con N ranuras. Para llevar a cabo la interconexión de los dos dispositivos, las ranuras corresponden a las dos entradas que se intercambian; el flujo resultante es demultiplexado a las salidas de los N dispositivos. Esto resulta en una conexión full-duplex entre pares de líneas.

B.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Las redes de telecomunicaciones por conmutación de circuitos fueron diseñadas para tomar tráfico de voz, y la mayoría de tráfico en esas redes continúa siendo voz. Sin embargo, como las redes de conmutación de circuitos comenzaron a utilizarse crecientemente para conexiones de datos, dos defectos se hicieron aparentes:

- En una conexión típica terminal-host mucho tiempo la conexión esta ociosa. Así, con conexiones de datos, un enfoque de conmutación de circuitos es ineficiente.
- En una red de conmutación de circuitos, la conexión provee transmisión de datos en velocidad constante. Así ambos dispositivos que están conectados deben transmitir y recibir en la misma velocidad. Esto limita la utilidad de la red en interconectar una variedad de computadoras, hosts y terminales.

Para entender como la conmutación de paquetes soluciona esos problemas, vamos a resumir la operación de conmutación de paquetes. Los datos se transmiten en paquetes pequeños. La longitud típica de paquetes es de 1000 bytes. Si una fuente tiene

un mensaje más grande para enviar, el mensaje se fracciona en varios paquetes (ver Figura B.8). Cada paquete contiene una porción de los datos del usuario más algún control de información. El control de información, como mínimo, incluye la información que una red requiere para enrutar el paquete a través de ella y entregarla a su destino previsto. En cada nodo de la ruta el paquete se recibe, se almacena y se pasa al siguiente nodo.

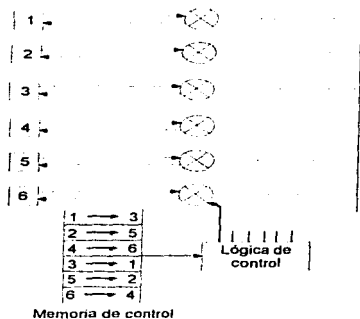


Figura B.6. Control de un conmutador TDM Bus

Regresamos a la Figura B.1, pero ahora consideraremos que la red es una red de conmutación de paquetes. Consideremos que un paquete que va a ser enviado desde la estación A a la estación E. El paquete incluirá información de control que indica que E es el destino buscado. El paquete se envía desde A al nodo 4. El nodo 4 almacena el paquete, determina el siguiente paso de la ruta (es decir 5), y se forma el paquete para salir en ese enlace (enlace 4-5). Cuando la línea está disponible, el paquete se transmite al nodo 5, el cual envía el paquete al nodo 6 y finalmente al nodo E. Este enfoque tiene varias ventajas sobre conmutación de circuitos.

- La eficiencia es más grande, ya que en un simple enlace nodo-a-nodo la información se distribuye dinámicamente con muchos paquetes a la vez. Los paquetes son formados y transmitidos tan rápidamente como es posible sobre el enlace. En contraste, con conmutación de circuitos, el tiempo de enlace de

nodo-a-nodo es preasignado utilizando multiplexión síncrona por división de tiempo. La mayoría del tiempo, un enlace semejante puede estar ocioso ya que una porción de su tiempo está dedicado a una conexión que está ociosa.

- Una red de conmutación de paquetes puede acarrear conversión de velocidad de datos. Dos estaciones con diferentes velocidades de transmisión pueden intercambiar paquetes, ya que cada una se conecta a su nodo en su propia velocidad.
- Cuando el tráfico llega a ser pesado en una red de conmutación de circuitos algunas llamadas se bloquean; esto significa que la red se rehúsa a aceptar peticiones de conexión adicionales hasta que la carga en la red decrezca. En una red de conmutación de paquetes, los paquetes son todavía aceptados, aunque entregados con atraso.
- Pueden utilizarse prioridades. Si un nodo tiene varios paquetes formados para transmisión, se pueden transmitir primero los paquetes de mayor prioridad. Por lo tanto esos paquetes experimentan menos atrasos que paquetes de menor prioridad.



Figura B.7. Operación de un TSI

Operación Interna

Técnica de Conmutación.

Existen dos técnicas que se utilizan en redes contemporáneas: Datagram y Virtual Circuit.

En la técnica *Virtual Circuit* se establece una ruta antes de que cualquier paquete sea enviado. Regresando a la Figura B.1, suponemos que A tiene una serie de paquetes para enviar a E. Primero envía un paquete especial de control a 4, llamado paquete de petición de llamada, pidiendo una conexión lógica a E. El nodo 4 decide enrutar la petición y todos los subsiguientes paquetes a 6, los cuales finalmente entregan la petición de llamada al nodo E. Si E está preparado para aceptar la conexión, envía un paquete de aceptación de llamada al nodo 6. Este paquete es pasado a través de los

nodos 5 y 4 a A. La estación A y E pueden ahora intercambiar datos a través de la ruta que ha sido establecida.

En la técnica *Datagram* es posible comenzar la transmisión de paquetes sin establecer previamente una ruta. Cada paquete queda expuesto a una decisión de ruteo por cada uno de los nodos del circuito. Esto crea la posibilidad de que los paquetes lleguen en un orden distinto al que fueron enviados.

Veamos ahora una comparación de ventajas y desventajas que presentan ambas técnicas.

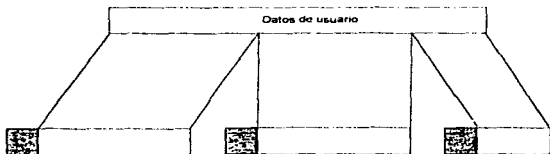


Figura B.8. Paquetes

Datagram:

Desventajas:

- Existe la posibilidad de que paquetes sean perdidos o estos lleguen atrasados.
- La red no puede proporcionar servicios adicionales.

Ventajas:

- Es más rápido cuando se requiere enviar uno o pocos paquetes.
- Es más flexible, los paquetes pueden ser enrutados lejos de una congestión.
- Si un nodo llega a faltar cada bloque busca una nueva ruta.

Circuito Virtual:

Desventajas:

- Tiene muchos problemas para adaptarse en una congestión.
- Cuando un nodo llega a faltar se pierde la comunicación

Ventajas:

- Es más rápida cuando el número de paquetes para enviar es muy grande debido a que la operación de enrutamiento se realiza un sola vez.
- La red puede proporcionar servicios tales como control de flujo o control de error.

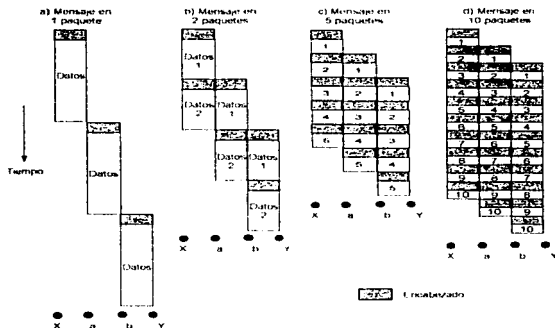


Figura B.9. Efecto del Tamaño del Paquete en el Tiempo de Transmisión

Tamaño del Paquete

El tamaño del paquete es un diseño muy importante para utilizarse en la red. Hay una relación importante entre tamaño de paquete y el tiempo de transmisión, como muestra la Figura B.9. En este ejemplo, se asume que hay un circuito virtual de la estación X a través de los nodos "a" y "b" hasta la estación Y. El mensaje a ser enviado comprende 30 bytes, y cada paquete contiene 3 bytes de control de información, el cual es colocado en el comienzo de cada paquete y es conocido como encabezado. Si el mensaje entero se envía como un único paquete de 33 bytes (3 bytes de encabezado y 30 de datos), entonces el paquete es primero transmitido de la estación X a el nodo "a". Cuando el paquete entero se recibe, puede transmitirse del nodo "a" al nodo "b".

Cuando el paquete entero es recibido en el nodo "b", es después transferido a la estación Y. El tiempo total de transmisión es de 99 bytes/unidad de tiempo (33 bytes x 3 paquetes transmitidos).

Si la información es encapsulada en dos paquetes, el tiempo de transmisión es menor ya que los nodos simultáneamente están transmitiendo ambos paquetes. En este caso el tiempo de transmisión es de 72 bytes/unidad de tiempo. Para el caso de fraccionar la información en cinco paquetes el tiempo es ligeramente menor por el mismo efecto (63 bytes/unidad de tiempo).

Si el número de paquetes utilizado es mayor, el tiempo de procesamiento de todos los encabezados hacen que este caso no sea conveniente, debido a que el sistema tarda mucho tiempo en completar el envío de información debido a la gran cantidad de encabezados.

B.3 COMPARACIÓN ENTRE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Desempeño

La Figura B.10 provee una simple comparación de conmutación de circuitos y las dos formas de conmutación de paquetes. La Figura describe la transmisión de un mensaje a través de cuatro nodos, desde una estación fuente ligada al nodo 1 al estación destino ligada al nodo 4.

Para *conmutación de circuitos*, hay una cierta cantidad de atraso antes de que el mensaje pueda ser enviado. Primero se envía una señal de petición de llamada a través de la red, para establecer una conexión al destino. Si la estación destino no está ocupada, una señal de aceptación de llamada regresa. Note que un atraso de procesamiento es incurrido en cada nodo durante la petición de llamada; este tiempo gasta cada nodo estableciendo la ruta de conexión. En la ruta de retorno, este procesamiento no es necesario ya que la conexión está establecida. Después de que se establece la conexión, el mensaje se envía como un simple bloque, sin atraso considerable en los nodos de conmutación.

La *conmutación de paquetes con canal virtual* aparece muy similar a la conmutación de circuitos. Un circuito virtual se solicita utilizando un paquete de petición de llamada, que incurre un atraso en cada nodo. El circuito virtual se acepta con un paquete de aceptación de llamada. En contraste al caso de conmutación de circuitos, la aceptación de la llamada también experimenta atraso en el nodo. La razón es que este paquete se forma en cada nodo y debe esperar su turno para retransmisión. Una vez que el circuito virtual se establece, el mensaje se transmite en paquetes. Es claro que esta fase de la operación puede que no sea tan rápida como conmutación de circuitos,

por comparar redes. Esto es porque la conmutación de circuitos es un proceso esencialmente transparente, y provee una velocidad constante de datos a través de la red. La conmutación de paquetes requiere algún atraso en cada nodo donde se establece la trayectoria. Pero aún, este atraso es variable y se incrementará habiendo carga.

La conmutación de paquetes datagram no requiere un establecimiento de llamada. Así, para mensajes cortos, será más rápido que conmutación de paquetes con circuito virtual y tal vez con conmutación de circuitos. Sin embargo, ya que cada paquete datagram se enruta independientemente, el proceso para cada paquete datagram en cada nodo puede ser más largo que para paquetes con circuito virtual. Así, para mensajes largos, la técnica de circuito virtual puede ser superior. La Figura B.10 sugiere lo que el desempeño relativo de las técnicas puede ser; sin embargo el desempeño actual depende de un conjunto de factores, incluyendo el tamaño de la red, su topología, el patrón de carga, y las características de centrales típicas.

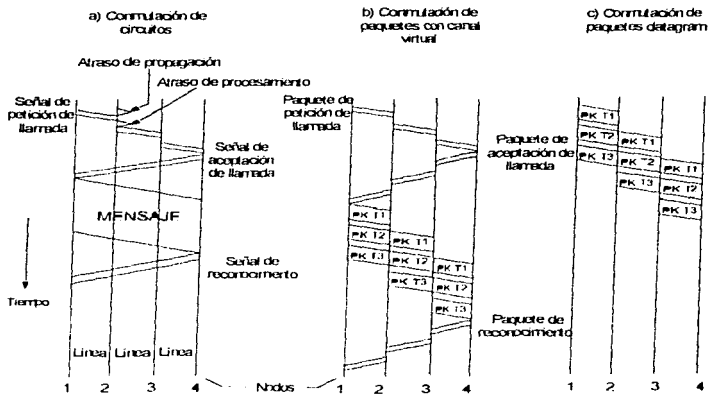


Figura B.10. Comparación en Tiempo de Transmisión en Técnicas de Conmutación

ANEXO C**PROTOCOLO X.25**

X.25 tal vez es el protocolo más conocido y más utilizado, originalmente fue aprobado en 1976 y revisado subsecuentemente en 1980, 1984 y 1988. El estándar especifica una interface entre un sistema de Host y una red de conmutación de paquetes. Este estándar se utiliza casi universalmente como interface para redes de conmutación de paquetes y también es empleado para conmutación de paquetes en ISDN.

El estándar hace intervenir tres niveles de protocolos:

- Nivel físico
- Nivel de enlace
- Nivel paquetes

Estos tres niveles corresponden a las tres capas más bajas del modelo OSI. El nivel físico tiene que ver con la interface física entre una estación (computadora, terminal) y el enlace que liga a esa estación con el nodo de conmutación de paquetes. X.25 utiliza la especificación del nivel físico y un estándar conocido como X.21, pero en muchos casos utiliza otros estándares, como RS-232-C. El nivel de enlace provee transferencia confiable de datos a través del enlace físico transmitiendo los datos en una secuencia de tramas. El estándar del nivel enlace es la trama LAP-B (Link Access Protocol-Balanced). LAP-B es un subconjunto del protocolo de control de enlace de datos conocido como HDLC (High-Level Data Link Control) LAP-B es muy similar al más reciente LAP-D. El nivel paquete provee un servicio de circuito virtual.

La Figura C.1 ilustra la relación entre los niveles de X.25. Los datos del usuario pasan hacia abajo al nivel 3 de X.25, el cual añade información de control en un encabezado, creando un paquete. Este control de información se utiliza en la operación del protocolo. El paquete completo de X.25 se pasa después a la entidad LAP-B, la que añade información de control al inicio y al final del paquete formando una trama LAP-B. Nuevamente es necesario el control de información en la trama para la operación del protocolo LAP-B.

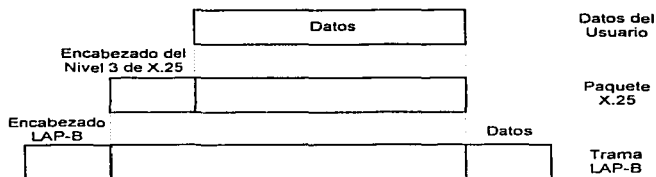


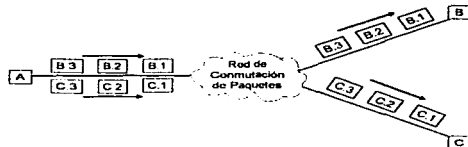
Figura C.1. Datos de Usuario y Protocolo de Control de Información

Operación Interna y Servicio Externo

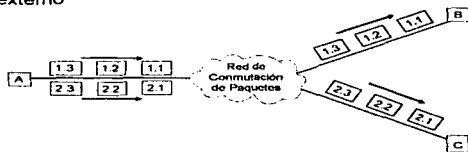
Una de las características más importantes de la red de conmutación de paquetes es la utilización de los circuitos virtuales o datagram. Hay dos clases de esta característica como se ilustra en la Figura C.2. Una red puede proveer servicio con conexión orientada o servicio sin conexión en la interfase existente entre una estación y un nodo de red. Con un servicio de conexión orientada, la estación hace una petición de llamada para realizar una conexión lógica con otra estación. Todos los paquetes presentados a la red tienen identificación de que pertenecen a una conexión lógica particular y también tienen un número de secuencia. La red comienza a distribuir los paquetes siguiendo el número de secuencia. La conexión lógica es conocida como **circuito virtual**, y el servicio de conexión orientada se conoce como **servicio de circuito virtual externo**; desafortunadamente, éste servicio externo es diferente al concepto de **operación de circuito virtual interno**. Con servicios sin conexión, la red únicamente toma paquetes independientemente de que no los distribuya en orden o con confiabilidad.

Este tipo de servicio es conocido algunas veces como un **servicio datagram externo**, nuevamente, es un concepto distinto del de **operación datagram interno**. Internamente, la red puede construir una ruta fija entre puntos extremos (circuito virtual) o no (datagram). Estas decisiones de diseño interno y externo no necesitan coincidir:

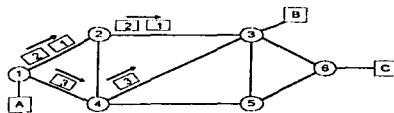
- **Circuito virtual externo, circuito virtual interno:** cuando un usuario solicita un circuito virtual, se construye una ruta dedicada a través de la red. Todos los paquetes siguen una misma ruta.



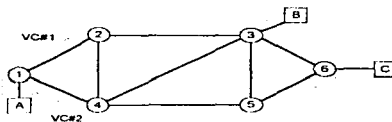
(a) Datagram externo



(b) Circuito virtual externo



(c) Datagram interno



(d) Circuito virtual interno

Figura C.2. Circuitos Virtuales y Datagramas Internos y Externos

- *Circuito virtual externo, datagram interno:* la red toma cada paquete separadamente. Así, diferentes paquetes del mismo circuito virtual externo pueden tomar rutas diferentes. Sin embargo, de ser necesario, la red amortigua los paquetes en el nodo destino, para que los paquetes se distribuyan a la estación destino en el orden adecuado.
- *Datagram externo, datagram interno:* los paquetes se tratan en forma independiente tanto del punto de vista del usuario como en el de red.
- *Datagram externo, circuito virtual interno:* esta combinación tiene poco sentido, ya que se incurre al costo de implementación de un circuito virtual pero sin obtener los beneficios de este.

El problema está en seleccionar circuitos virtuales o datagram, interna o externamente. Esto dependerá del diseño de objetivos específicos de la red de comunicación y los factores de costo que prevalecen. Con respecto al servicio externo, se pueden hacer las siguientes observaciones. El servicio datagram, acoplado con la operación datagram interna, permite un uso eficiente de la red; no necesita establecer llamada ni demora paquetes mientras se retransmite un paquete con error. Esta última característica se desea en algunas aplicaciones en tiempo real. El servicio de circuito virtual puede proveer secuencia de paquetes punto a punto y con control de error. Este servicio es atractivo para las aplicaciones de conexión orientada, como la transferencia de un archivo y acceso a una terminal remota. En la práctica, el servicio de circuito virtual es mucho más común que el servicio datagram y permanecerá así hasta las redes de conmutación de paquetes relacionadas con ISDN. La confiabilidad y conveniencia de un servicio de conexión orientada es más atractiva que los beneficios del servicio datagram.

Nivel de Paquetes X.25

Con el nivel de paquetes X.25, los datos se transmiten en paquetes sobre circuitos virtuales externos. Se utiliza una gran variedad de tipos de paquetes (Tabla C.1), todos utilizando el mismo formato básico, pero con ligeras variaciones (Figura C.3). El estándar de referencia usa máquinas como DTEs (Equipo Terminal de Datos) y un nodo de conmutación de paquetes al cual un DTE está ligado, es decir un DCE (Equipo Terminal de Circuitos de Datos).

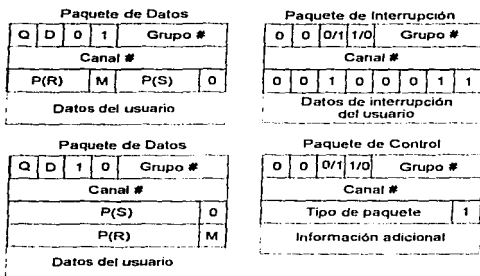


Figura C.3. Formatos de paquetes de X.25

El servicio de circuito virtual X.25 provee dos tipos de circuitos virtuales: llamada virtual y circuito virtual permanente. Un *circuito virtual permanente* es un circuito virtual asignado a la red. La transferencia de datos ocurre con llamadas virtuales, pero no se requiere establecimiento ni liberación de llamadas.

Llamadas virtuales. La Figura C.4 muestra una secuencia típica de eventos en una llamada virtual. La parte izquierda de la figura muestra la conmutación de paquetes entre la máquina del usuario A y el nodo de conmutación de paquetes al cual está ligado; la parte derecha muestra el intercambio de paquetes entre la máquina del usuario B y el nodo. El enrutamiento de paquetes dentro de la red no es visible al usuario.

La secuencia de eventos es como sigue:

1. A solicita un circuito virtual a B enviando un paquete *Call Request* (CR, Petición de Llamada) a los nodos DCEs. Los paquetes incluyen la dirección fuente y destino, así como el número de circuito virtual a utilizarse. Las futuras transferencias entrantes y salientes serán identificadas a través de este número de circuito virtual.
2. La red enruta esta petición de llamada a los DCEs de B.
3. Los DCEs de B reciben la petición de llamada y envía un paquete de *Call Indication* (Identificación de Llamada) a B.

4. Este paquete tiene el mismo formato que el paquete de *Call Request* pero con un número diferente de circuito virtual, seleccionado por los DCEs de B del conjunto de números no utilizados localmente.
5. B indica la aceptación de la llamada enviando un paquete *Call Accepted* (Aceptación de Llamada) especificando el mismo número de circuito virtual del paquete *Call Indication*.
6. A recibe un paquete de *Call Connected* (Conexión de Llamada) con el mismo número de circuito virtual que el paquete *Call Request*.
7. A y B envían datos y paquetes de control uno al otro utilizando sus respectivos números de circuito virtual.
8. A (o B) envía un paquete *Clear Request* (Petición de Liberación) para terminar el circuito virtual y recibir un paquete *Clear Confirmación* (Confirmación de Liberación).
9. B (o A) recibe un paquete *Clear Indication* (Indicación de Liberación) y transmite un paquete *Clear Confirmation* (Confirmación de Liberación).

Formato del Paquete. La Figura 3 muestra el formato de paquetes utilizado en el estándar. Los datos son fraccionados en bloques de un tamaño máximo y se agrega un encabezado de 24 bits a cada bloque para formar un **paquete de datos**. El encabezado incluye un número de circuito virtual de 12 bits (expresado con un número de grupo de 4 bits y un número de canal de 8 bits). Los campos P(S) y P(R) soportan las funciones de control de flujo y control de error en un circuito virtual, como se explicó anteriormente. Los bits M, D y Q soportan funciones especiales las cuales no se especifican aquí.

Además en la transmisión de datos del usuario, X.25 debe transmitir información de control relacionada con el establecimiento, mantenimiento y terminación o liberación de los circuitos virtuales. La información de control se transmite en un **paquete de control**. Cada paquete de control incluye el número de circuito virtual, el tipo de paquete el cual identifica la función de control y la información de control adicional relacionada a esta función. Por ejemplo, un paquete de petición de llamada incluye los siguientes campos:

- Longitud de la dirección del DTE que envía la llamada (4 bits): La longitud del campo de dirección correspondiente es de 4 unidades de bits.
- Longitud de la dirección del DTE que recibe la llamada (4 bits): La longitud del campo de dirección correspondiente es de 4 unidades de bits.
- Direcciones DTE (variable): Las direcciones de los DTEs que envía y recibe llamada.
- Longitud de facilidad: La longitud del campo de facilidad en bytes.
- Facilidades: Una secuencia de especificaciones de facilidades. Cada especificación consta de un código de facilidad de 8 bits y cero o más parámetros de códigos.

Tipo de Paquete		Servicio	
		VC	PVC
DCE a DTE	DTE a DCE		
<i>Establecimiento y Liberación de llamada</i>			
Llamada entrante	Peticion de llamada	X	
Conexion de llamada	Llamada aceptada	X	
Indicacion de liberacion	Peticion de liberacion	X	
Confirmacion de liberacion de DCE	Confirmacion de liberacion de DTE	X	
<i>Datos e Interrupcion</i>			
Datos DCE	Datos DTE	X	X
Interrupcion DCE	Interrupcion DTE	X	X
Confirmacion de interrupcion DCE	Confirmacion de interrupcion DTE	X	X
<i>Control de Flujo y Reset</i>			
RR DCE	RR DTE	X	X
RNR DCE	RNR DTE	X	X
	REJ DTE	X	X
Indicacion de reset	Peticion de reset	X	X
Confirmacion de reset DCE	Confirmacion de reset DTE	X	X
<i>Restart</i>			
Indicacion de restart	Peticion de restart	X	X
Confirmacion de restart DCE	Confirmacion de restart DTE	X	X
<i>Diagnóstico</i>			
Diagnóstico		X	X
<i>Registro</i>			
Confirmacion de registro	Peticion de registro	X	X

Tabla C.1. Tipos de paquetes X.25

Algunos detalles del estándar son los siguientes:

La manera en que los datos del usuario se encapsulan es como sigue. El DTE transmisor fracciona los datos con la longitud máxima de unidades. X.25 especifica que la red debe soportar una longitud máxima del campo de usuario de al menos 128 bytes (por ejemplo, el campo de datos del usuario puede estar algún número de bits arriba del máximo). La red puede permitir la selección de alguna otra longitud del campo máximo en el rango de 16 a 4096 bytes. El DTE construye paquetes de control y encapsula los datos del usuario en paquetes de datos. Estos datos se transmiten al DCE vía LAP-B. Así se encapsula el paquete formando una trama de capa 2 (un paquete por trama). El DCE quita los campos de control de la capa 2 y puede encapsular el paquete de acuerdo a algún protocolo de la red interna

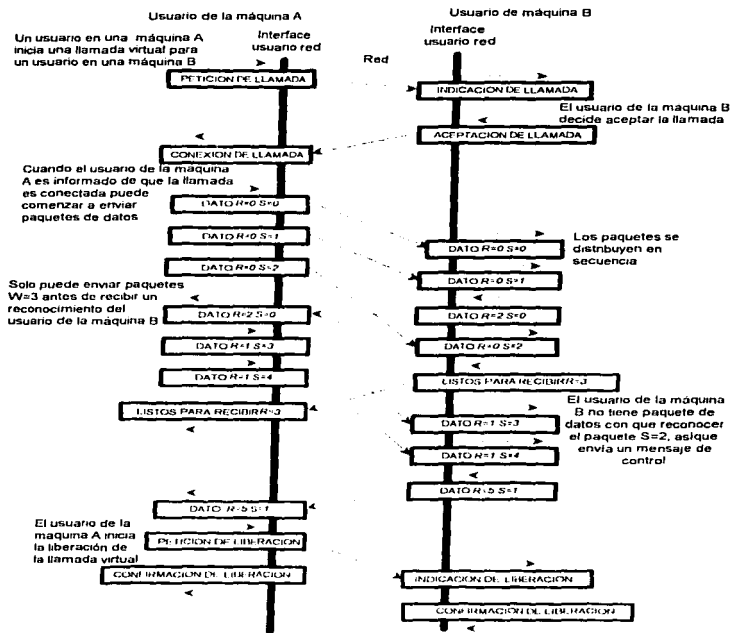


Figura C.4. Secuencia de eventos del protocolo X.25

Multiplexaje. Tal vez el servicio más importante provisto por X.25 es el Multiplexaje. A un DTE se le permite establecer hasta 4095 circuitos virtuales simultáneamente con otros DTEs a través de un enlace físico DTE-DCE. El DTE puede asignar internamente esos circuitos en la forma que decida. Los circuitos virtuales individuales podrían corresponder, por ejemplo, a las aplicaciones, procesos o terminales. El enlace DTE-DCE provee multiplexión *full-duplex*. Esto es en cualquier tiempo, un paquete asociado con un circuito virtual dado puede ser transmitido en cualquier dirección.

Para distinguir que paquetes pertenecen a que circuitos virtuales, cada paquete contiene un número de circuito virtual de 12 bits (expresado como un número de grupo lógico de 4 bits más un número de canal lógico de 8 bits). El número de circuito virtual asignado sigue la convención descrita en la Figura C.5. El número cero es siempre reservado para paquetes de diagnóstico común a todos los circuitos virtuales. Entonces, los intervalos contiguos de números son asignados por cuatro categorías de circuitos virtuales. A los circuitos virtuales permanentes se les asignan números comenzando con 1. La siguiente categoría es una forma de llamadas virtuales entrantes. Esto significa que solamente a las llamadas entrantes desde la red les pueden ser asignados estos números; el circuito virtual, sin embargo, es en ambas direcciones (*full-duplex*). Cuando una petición de llamada ilegal, el DCE selecciona un número no utilizado de esta categoría.

Las llamadas salientes en una dirección son iniciadas por el DTE. En este caso, el DTE selecciona un número sin utilizar de los asignados entre esas llamadas. Esta separación de categorías esta hecha para evitar la selección simultánea del mismo número para dos circuitos virtuales diferentes por el DTE y el DCE.

La categoría de llamada virtual bidireccional provee un sobreflujo para asignación, compartido por el DTE y el DCE. Esto permite diferencias en el flujo de tráfico.

Control de Flujo y de Error. El control de flujo y de error en X.25 es implementado utilizando una secuencia de números. El control de flujo es un mecanismo de ventana móvil, y el control de error es un mecanismo *go-back-N automatic-repeat-request* (ARQ, petición de repetición automática)

El número de secuencia de envío, P(S), se utiliza únicamente para numeración de los paquetes. Se utilizan números de secuencia de 3 bits, y el P(S) de cada paquete nuevo en un circuito virtual es un número más de paquete precedente. Un DTE también puede solicitar, por medio del mecanismo de facilidad de usuario, un número de secuencia extendido a 7 bits

El número de secuencia a recibir, P(R) contiene el número del siguiente paquete esperado desde el otro lado del circuito virtual. Si un extremo no tiene datos para enviar, puede reconocer los paquetes entrantes con el paquete de control Receive

Ready (RR, Listo para Recibir), el cual contiene el número del siguiente paquete esperado desde el otro lado.

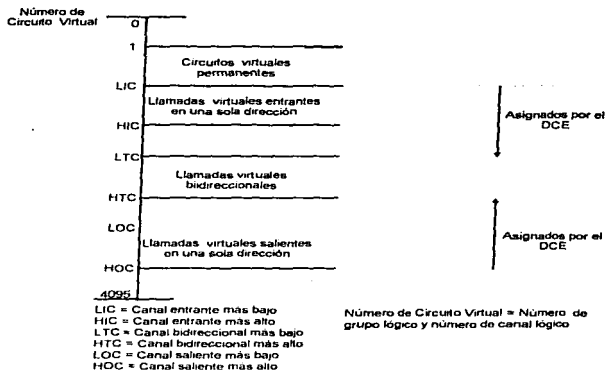


Figura C.5. Asignación de Numeración para Circuitos Virtuales

El control de flujo es provisto por medio del paquete de control *Receive Not Ready (RNR, No está Listo para Recibir)*; este paquete reconoce la recepción de paquetes previos pero indica que el que emite es incapaz de recibir paquetes adicionales. Cuando se recibe tal indicación, toda la transmisión de paquetes de datos debe plegarse; el extremo ocupado notificará al otro extremo que puede resumir la transmisión por medio de un paquete RR.

El formato básico de control de error es *go-back-N ARQ*. El reconocimiento negativo es en la forma de un paquete de control *Reject (REJ)*. Si un nodo recibe un reconocimiento negativo, retransmitirá el paquete especificado y todos los paquetes subsiguientes. La Figura C 6 ilustra este algoritmo.

Reset y Restart X 25 provee dos facilidades para la recobración de errores. La facilidad reset se utiliza para reinicializar un circuito virtual. Esto significa que los números de secuencia en ambos extremos se establecen a cero. Cualquier paquete de

datos o interrupción en tránsito se pierde. Un reset puede ser provocado por cierto número de condiciones de error, incluyendo la pérdida de un paquete, error en el número de secuencia, congestión, o pérdida del circuito virtual de la red. En este último caso, los dos DCEs deben reconstruir el circuito virtual interno para soportar el todavía existente circuito virtual externo DTE-DTE de X.25. Un DTE o un DCE pueden iniciar un reset, ya sea con un Reset Request o un Reset Indication. En el otro del circuito virtual se responde con un Reset Confirmation. Sin importar quien inicia el reset, el DCE involucrado es responsable de informar al otro extremo.

La emisión de un paquete *Restart Request* es equivalente a enviar un *Clear Request* en todas las llamadas virtuales y un *Reset Request* en todos los circuitos virtuales. Nuevamente, ya sea un DTE o un DCE pueden iniciar la acción. Un ejemplo de una condición restart es la pérdida temporal de acceso a la red.

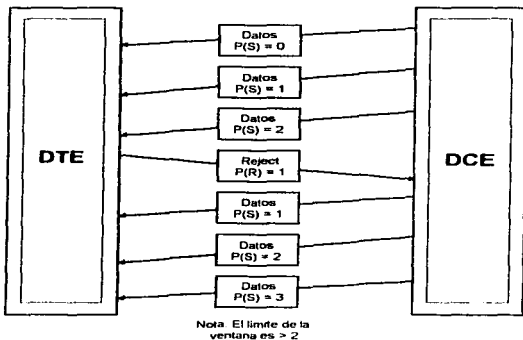


Figura C.6. Intercambio de Paquetes en X.25

Paquetes de Interrupción Un DTE puede enviar un paquete de interrupción que desvía los procedimientos de control de flujo utilizados por los paquetes de datos. El paquete no contiene números de secuencia de envío y recepción y no está bloqueado por un RNR o una ventana cerrada. El paquete de interrupción acarrea hasta 32 bytes de datos del usuario y se distribuye al DTE destino por la red con más alta prioridad que los paquetes de datos en tránsito. Un DTE no puede enviar otro paquete de interrupción

en ningún circuito virtual hasta que la distribución del paquete de interrupción saliente sea confirmada. Esto impide inundar la red con paquetes que no son de flujo controlado.

Señal	Aplicable a		Uso	Descripción
	VC	PVC		
Error de Procedimiento Local	X	X	C,R	Procedimiento de error causado por el DTE lógico
Congestión de Red	X	X	C,R	Congestión temporal de red o falla
Peticón de Facilidad Inválida	X		C	Peticón de facilidad de usuario no válida
RPOA Fuera de Servicio	X		C	Operación privada reconocida incapaz de enviar una llamada
No Obtenible	X		C	Llamado a una dirección DTE no asignada o desconocida
Aceptancia de Cargo Reverso No Suscrito	X		C	Llamado al DTE no aceptará carga en la conexión de la llamada
Aceptación de Selección Rápida No Suscrito	X		C	Llamado al DTE no soporta selección rápida
Destino Incompatible	X		C,R	El DTE remoto no tiene una función utilizada o una petición de facilidad
Fuera de Servicio	X	X	C,R	El DTE remoto está fuera de servicio
Número Ocupado	X		C	El DTE llamado esta ocupado
Error de Procedimiento Remoto	X	X	C,R	El error de procedimiento es causado por el DTE remoto
Red en Operación	X	X	R	La red está lista para continuar temporalmente hasta antes de cortarse o congestionarse
Operación de DTE Remoto		X	R	El DTE remoto listo
DTE Originado	X	X	C,R	El DTE ha rechazado la llamada o la petición fue cancelada
Ausencia de Envío	X		C	Llamada ausencia de envío (utilizado con el servicio móvil de la mañana)
Red Fuera de Operación		X	R	Red fuera de operación por tráfico de datos
Confirmación de Registro / Cancelación	X	X	R	Peticón de facilidad confirmada

Tabla C.2. Conmutación de Paquetes

Señales de Llamadas en Progreso X.25 incluye provisión para señales de llamadas en progreso, éstas están definidas por X.96 (Tabla C.2). Estas señales caen en dos categorías. Las **Señales de Liberación de Llamadas en Progreso** se utilizan para indicar la razón de un *Clear Request*. En ambos casos la señal se acarrea en un *Clear Indication Packet*. Las **Señales de Reset de Llamadas en Progreso** se utilizan para indicar la razón del porque un circuito virtual está siendo reiniciado (*reset*) o del porque ocurre un *restart*. El código apropiado es contenido en un paquete *Reset Request*, *Reset Indication*, *Restart Request*, o *Restart Indication*.

Facilidades de Usuario X.25 provee el uso de facilidades de usuario opcionales. Estas facilidades pueden ser provistas por la red y pueden ser empleadas en la opción del usuario. Algunas facilidades son seleccionables para utilizarse por un periodo de tiempo y son dispuestas delante del tiempo entre el suscriptor y el proveedor de la red. Otras facilidades se solicitan en una base per-virtual-call, como parte del paquete *Call Request*; con estas facilidades, la capacidad o valor se aplica solo a la llamada virtual.