



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO E INTEGRACION DE UNA RED  
DE BANDA ANCHA B-ISDN/ATM Y  
SUS APLICACIONES

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N :

ERIKA MENDOZA CHAPARRO

JUAN ANTONIO PINACHO VELAZQUEZ

HECTOR QUINTERO GARGALLO

GENARO MANUEL ZARATE JIMENEZ

DIRECTOR: DR. ROGELIO ALCANTARA SILVA



MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

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.

## DEDICATORIA

A mi mamá,  
porque su mayor enseñanza han sido  
el amor y la superación, por apoyarme  
y alentarme en cada momento. Gracias,  
sin su apoyo nunca lo hubiera logrado.

A mi querida hija Itzel Alejandra,  
fuente inagotable de felicidad e inspiración.

A mi amado esposo Eduardo,  
por el amor y apoyo que me proporciona  
día con día.

A mi papá y mi hermano,  
por su apoyo y sus consejos.

A toda mi familia,  
quien desde siempre me ha brindado  
su amor incondicional.

A mis amigos,  
que con su compañía nunca me han dejado  
caer en los tropiezos, por sus consejos y por  
su alegría. Muchas gracias por demostrarme  
que la amistad si existe.

A Linda Martínez,  
por la amistad que nos ha brindado.

Finalmente, gracias a todas las personas  
que hicieron posible la realización de este  
sueño, pero sobre todo GRACIAS A DIOS.

Erika Mendoza Chaparro  
Junio 1996.

## **DEDICATORIA**

**A mi madre Irene Velázquez  
por el gran esfuerzo que realizó para educarme**

**A mis hermanos José Luis y Javier  
porque siempre estuvieron dispuestos a ayudarme**

**A mi tía Juana y mi abuela Gabina  
porque siempre me brindaron su cariño**

**A mi familia en general  
por su apoyo**

**A mis amigos  
que compartieron conmigo buenos y malos momentos**

**Y a todos aquellos que de una u otra forma me ayudaron a alcanzar una de las  
metas más importantes en mi vida.**

**Juan Antonio Pinacho Velázquez**

## **DEDICATORIA**

**A mi mamá, por su apoyo, su comprensión  
y la confianza que me ha brindado.**

**A mis tíos, pues sin su ayuda no hubiera  
concluido esta meta, y en forma muy  
especiala mi tío Eloy Gargallo.**

**A mis amigos por la compañía y confianza  
que me brindaron.**

**A todas las personas que me han ayudado.**

**A Irene por su gran compañía.**

**Héctor Quintero Gargallo**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres, Manuel y Margarita, por su apoyo incondicional que me han brindado durante la vida.**

**A mis hermanos, porque gracias a su ejemplo he sabido tomar el camino correcto.**

**A toda mi familia, porque me han enseñado que lo más importante en la vida, es vivir con amor y en paz.**

**A mis amigos de la Facultad de Ingeniería, porque siempre me han ayudado en las buenas y en las malas, y con los cuales he compartido momentos alegres y tristes.**

**A todas las personas que me han brindado sus consejos y que me alentaron para seguir adelante, para hacer este sueño realidad.**

**Genaro Manuel Zárate Jiménez**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ingeniería por la educación recibida en sus aulas.**

**Al Dr. Rogelio Alcántara Silva por brindarnos su apoyo y amistad y la dedicación que tuvo en la realización de este trabajo.**

**A la fundación UNAM por el apoyo económico que nos brindó para llevar a cabo este proyecto.**

**A la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería por las facilidades que nos brindó**

**A todos los maestros de la Facultad de Ingeniería por la formación que nos dieron.**

# Indice

<b>GLOSARIO</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE ACRONIMOS</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUCCION</b>	<b>16</b>
<b>2 TECNICAS DE CONMUTACION</b>	<b>19</b>
<b>2.1 CONMUTACION DE CIRCUITOS</b>	<b>19</b>
2.1.1 CONMUTACION POR DIVISION EN EL ESPACIO	21
2.1.2 CONMUTACION POR DIVISION EN EL TIEMPO	23
<b>2.2 CONMUTACION DE PAQUETES</b>	<b>27</b>
2.2.1 FUNCIONAMIENTO BASICO	27
2.2.2 SERVICIOS DE UNA RED PSPDN	29
2.2.3 COMPARACION ENTRE CONMUTACION DE CIRCUITOS Y CONMUTACION DE PAQUETES	30
2.2.4 RUTEO	30
2.2.5 CONTROL DE CONGESTION	37
2.2.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UNA PSPDN	38
2.2.7 APLICACIONES DE UNA PSPDN	39
<b>3 ARQUITECTURA DE UNA ISDN</b>	<b>41</b>
<b>3.1 MODELO EN BLOQUES</b>	<b>41</b>
3.1.1 RED DE INTERCAMBIO ( IEN )	42
3.1.2 RED DE SEÑALIZACION DE CANAL COMUN ( CCBN )	42
3.1.3 RED DE ACCESO DEL SUBSCRIPTOR (SAN)	42
<b>3.2 GRUPOS FUNCIONALES Y PUNTOS DE REFERENCIA</b>	<b>43</b>
3.2.1 CONMUTADOR LOCAL, LE	44
3.2.2 TERMINADOR DE RED, NT	44
3.2.3 EQUIPO TERMINAL, TE	44
3.2.4 ADAPTADOR DE TERMINAL, TA	45
3.2.5 PUNTOS DE REFERENCIA	45
3.2.6 EJEMPLOS DE CONFIGURACIONES BASICAS	46
<b>3.3 CONFIGURACION BASICA DE LA RED DE INTERCAMBIO (IEN)</b>	<b>48</b>
3.3.1 LA RED DE INTERCAMBIO EN ISDN	48
<b>4 INTERFAZ USUARIO RED (UNI)</b>	<b>50</b>
<b>4.1 TIPOS DE INTERFAZ USUARIO RED</b>	<b>50</b>
4.1.1 INTERFAZ DE ACCESO BASICO	52



4.1.2 INTERFAZ DE ACCESO PRIMARIO	52
4.1.3 INTERFAZ DE ACCESO DE BANDA ANCHA	52
<b>4.2 LA ARQUITECTURA DE LOS CANALES DE COMUNICACIONES DE LA ISDN</b>	<b>52</b>
4.2.1 ESTRUCTURAS DEL CANAL Y CANALES COMPONENTES	53
4.2.2 ESTRUCTURAS DEL CANAL SINCRONO	53
4.2.3 ESTRUCTURA DEL CANAL ASINCRONO	57
<b>5 RED DE ACCESO DEL USUARIO (SAN)</b>	<b>60</b>
5.1 EL MODELO DE REFERENCIA DE LA SAN	60
5.1.1 FLUJO DE INFORMACION	60
5.1.2 FLUJO DE INFORMACION Y ESTRUCTURAS DEL CANAL	62
5.2 TECNICAS DE TRANSMISION DE SEÑALIZACION	64
5.2.1 SEÑALIZACION DENTRO DEL CANAL (INCHANNEL)	64
5.2.2 SEÑALIZACION DE CANAL COMUN	65
5.2.3 EL BLOQUE GENERAL DE REFERENCIA DE PROTOCOLOS DE LA SAN	66
5.3 DIRECCIONAMIENTO	74
5.3.1 ESTRUCTURA DE UNA DIRECCION ISDN	75
5.3.2 INTERWORKING EN LA NUMERACION	77
<b>6 CAPAS ISDN</b>	<b>79</b>
6.1 CAPA FISICA ISDN	79
6.1.1 INTERFAZ USUARIO-RED DE TASA BASICA	80
6.1.2 INTERFAZ USUARIO-RED DE TASA PRIMARIA	84
6.2 CAPA DE ENLACE DE DATOS ISDN	87
6.2.1 LAPD	87
6.2.2 ADAPTACION DE LA TERMINAL	93
6.3 CAPA DE RED ISDN	99
6.3.1 MENSAJES EN FORMATO Q.931	100
<b>7 SONET (SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK)</b>	<b>104</b>
7.1 ¿QUE ES PDH (PLESIOCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY)?	105
7.2 ¿QUE ES SONET?	106
7.2.1 APUNTAADORES	108
7.2.2 CONTENEDORES VIRTUALES (CV) Y UNIDADES ADMINISTRATIVAS (AU)	109
7.2.3 PERSPECTIVAS DE LOS ESTANDARES	109
7.2.4 SOPORTE DE OPERACIONES	110
7.3 VENTAJAS AL USAR REDES CON FIBRA OPTICA	110
<b>8 B-ISDN CON ATM</b>	<b>112</b>
8.1 INTRODUCCION A ATM	112
8.2 ESTRUCTURA DE UNA CELDA ATM	114
8.3 MODELO EN CAPAS PARA B-ISDN - ATM	118
8.3.1 CAPA FISICA	119
8.3.2 CAPA ATM	123

8.3.3 CAPA DE ADAPTACION A ATM (AAL)	124
<b>9 CONMUTACION EN ATM</b>	<b>137</b>
9.1 PRINCIPALES TECNOLOGIAS DE CONMUTACION EN ATM	138
9.1.1 SWITCH DE MEMORIA COMPARTIDA	138
9.1.2 SWITCH DE BARRAS CRUZADAS	139
9.1.3 SWITCH DE BARRAS CRUZADAS CON ARBITRAJE (KNOCKOUT-SWITCH)	140
9.2 REDES CONMUTADAS	140
9.2.1 REDES DE ETAPA UNICA	141
9.2.2 REDES MULTITAPA	142
<b>10 MANEJO DEL TRAFICO EN ATM</b>	<b>147</b>
10.1 REQUERIMIENTOS PARA EL CONTROL DEL TRAFICO Y LA CONGESTION EN ATM	147
10.2 CONTROL DEL TRAFICO Y CONTROL DE LA CONGESTION	148
10.2.1 FUNCIONES PARA CONSEGUIR UN CONTROL DE TRAFICO Y UN CONTROL DE LA CONGESTION	149
10.3 ASIGNACION DEL ANCHO DE BANDA	149
10.4 NEGOCIANDO CON EL RETRASO VARIABLE	151
10.5 PROCEDIMIENTOS DEL CONTROL DE ADMISION Y CONEXION	152
10.6 CONTROL DEL PARAMETRO DE USO	152
10.7 PARAMETROS DE DESEMPEÑO EN LA UNI	153
10.8 CONCEPTOS BASICOS DEL MANEJO DE TRAFICO EN LA UNI	154
10.9 CONFORMACION DEL TRAFICO	154
10.10 TASA E INTERVALO DE LLEGADAS DE LAS CELDAS	156
10.11 PARAMETROS DE DESEMPEÑO PARA LA TRANSFERENCIA DE CELDAS ATM	156
10.12 CONTROL DEL TRAFICO Y CONTROL DE LA CONGESTION ESPECIFICADOS POR EL FORO ATM Y LA ITU-T	158
10.13 ALGORITMO GENERICO PARA TASAS DE CELDAS (GENERIC CELL RATE ALGORITHM, GCRA)	158
10.14 CONTROL DEL TRAFICO LAN CON UNA TASA DE BITS DISPONIBLE	161
<b>11 APLICACIONES</b>	<b>165</b>
11.1 EMULACION DE UNA RED LAN MEDIANTE UNA RED ATM	165
11.1.1 EMULACION DE SERVICIOS SIN CONEXION	166
11.1.2 EMULACION DE SERVICIOS DE REPARTO / MULTICAST	169
11.1.3 ARQUITECTURA DEL FORO ATM PARA LA EMULACION DE UNA LAN	170
11.2 MANEJO AUTOMATICO DE DOCUMENTOS DIGITALIZADOS	172
11.3 APLICACIONES PEDAGOGICAS MULTIMEDIA	174
11.3.1 RETOS TECNOLOGICOS Y PERSPECTIVAS DE LA PEDAGOGIA MULTIMEDIA	176
11.4 MULTIMEDIA MEDNET	176
11.4.1 MEDNET COMO UN SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL MULTIMEDIA	176
11.4.2 IMPLEMENTACION DEL HARDWARE	177

11.4.3 IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE _____	178
11.5 LA CONSULTA MEDICA _____	179
11.6 COMUNICACION DE IMAGENES EN LA AGRICULTURA _____	181
11.6.1 DESCRIPCION FUNCIONAL DEL SISTEMA TECNICO _____	181
11.7 VIDEO INTERACTIVO SOBRE DEMANDA _____	183
<b>12 PROPUESTA PARA LA INTEGRACION DE UNA RED LOCAL DEL TIPO B-ISDN/ATM EN EL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA DE LA DEPTI</b> _____	<b>186</b>
12.1 DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DE UNA RED _____	187
12.2 POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA REESTRUCTURACION DE LA RED DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA DE LA DEPTI UTILIZANDO EQUIPO TRADICIONAL _____	188
12.3 ALTERNATIVA ATM PARA LA REESTRUCTURACION DE LA RED DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA DE LA DEPTI _____	192
12.3.1 EMULACION LAN DESDE UN PUNTO DE VISTA CONCEPTUAL _____	193
12.3.2 EMULACION LAN EN EL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA _____	194
12.4 PARAMETROS DE EVALUACION _____	198
<b>13 CONCLUSIONES Y RESULTADOS</b> _____	<b>200</b>
<b>APENDICE A</b> _____	<b>202</b>
CHEQUEO DE REDUNDANCIA CICLICA (CRC) _____	202
ARITMETICA DE MODULO 2 _____	202
POLINOMIOS _____	203
REGISTROS DE CORRIMIENTO Y COMPUERTAS OR EXCLUSIVAS _____	203
<b>BIBLIOGRAFIA</b> _____	<b>205</b>

# Glosario

**Algoritmo:** Reglas o procesos bien definidos para alcanzar la solución de un problema [CISS92].

**Ancho de banda:** Diferencia entre la frecuencia más alta y la más baja de las señales de una red. También describe la capacidad establecida de un protocolo o un medio dados para la red [CISS92].

**Aplicaciones Interactivas:** Aplicaciones que permiten la interacción entre máquina y usuario y/o entre usuarios.

**Apuntadores:** Sirve para identificar en que parte de la cadena SONET empieza el encuadramiento de la información.

**ATM:** Modo de transferencia asíncrono. Estándar CCITT para retransmisión de celdas (cell relay) en el cual la información para diferentes tipos de servicio se transmite en pequeñas celdas de tamaño fijo. También modo de transmisión B-ISDN [CISS92].

**Backbone:** Actúa como conducto primario de tráfico que usualmente viene de, o va hacia, otras redes [CISS92].

**Banda ancha:** Cualquier canal que tenga un ancho de banda mayor que el requerido para transmitir voz (4 KHz) [CISS92].

**Banda Base:** Banda de frecuencia que contiene la energía en las señales eléctricas en tiempo y amplitud discretos, utilizada para representar la información digital [HHEL91].

**B-ISDN:** ISDN de banda ancha. La principal característica de esta tecnología es que proporciona canales de transmisión capaces de soportar tasas de transmisión mayores que las tasas primarias ISDN [WSTA92].

**Búfer:** Zona temporal de almacenamiento empleada para el manejo de datos transitorios, suelen emplearse para compensar las diferencias de velocidad de procesamiento entre dispositivos de la red [CISS92].

**Cable coaxial:** Cable consistente en un conductor cilíndrico hueco que cubre a un alambre conductor único [CISS92].

**Canal:** Línea de comunicaciones. En algunos entornos se pueden multiplexar varios canales en un solo cable. También se refiere al ducto específico entre computadoras grandes y sus periféricos [CISS92].

**CATV:** Televisión por cable. Anteriormente llamada Community Antenna Television (televisión por antena comunal). Sistema de comunicaciones en el cual se transmiten varios canales empleando cable coaxial de banda ancha.

**CCITT:** Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía, también conocido como ITU-T. Organización Internacional que desarrolla estándares de comunicaciones [CISS92].

**Celda:** Pequeños paquetes de tamaño fijo, contienen un encabezado con identificadores que permiten especificar el flujo de datos el que pertenecen, y un campo de información.

**Cell relay:** Transmisión por celdas. Tecnología de redes basada en el uso de pequeños paquetes de tamaño fijo, llamados celdas. Este método es la base de muchos protocolos de red de alta velocidad, como ATM.

**Circuito virtual:** Mecanismo por el cual una conexión lógica (circuito virtual) es establecida entre dos estaciones al comienzo de la transmisión [WSTA92]

**Codificación:** Técnicas eléctricas utilizadas para conducir señales binarias [CISS92].

**Cola:** Se refiere a una lista ordenada de elementos que esperan procesamiento. En enrutamiento indica un conjunto pendiente de paquetes que esperan a ser enviados a una interfaz del enrutador [CISS92].

**Conexión orientada:** Término empleado para describir transferencias de datos posteriores al establecimiento de un circuito virtual.

**Congestión:** Tráfico excesivo en la red.

**Conmutación de circuitos:** Sistema de conmutación en el que debe existir un circuito físico dedicado dedicado entre el emisor y el receptor en una llamada [CISS92].

**Conmutación de paquetes:** Método para transmitir mensajes a través de una red de comunicaciones, en la cual los mensajes largos son subdivididos en paquetes más cortos. Cada paquete es pasado de fuente a destino a través de nodos intermedios. En cada nodo el mensaje se recibe completo, se almacena brevemente y después se pasa a otro nodo. [WSTA92].

**Conmutación en el espacio:** Consiste en mover físicamente el tráfico de puertos de entrada a puertos de salida.

**Control de flujo:** Técnica para asegurar que una entidad transmisora no sature a una entidad receptora con datos.

**Convergencia:** Capacidad (y velocidad con la cual se logra) de un grupo de dispositivos de interconexión de redes que ejecutan un protocolo específico de enrutamiento para coincidir en la determinación de la topología de las interconexiones luego que esta cambió [CISS92].

**Costo:** Recursos necesarios para ejecutar una acción dentro de la red.

**CRC:** Prueba cíclica de redundancia. Técnica de verificación de errores en la cual el receptor de la trama calcula el residuo de dividir el contenido de la trama entre un divisor binario primario y lo compara con el valor previo que el nodo emisor almacenó en la trama misma [CIS92].

**Datagrama:** En conmutación de paquetes, paquete independiente de otros paquetes, no requiere reconocimiento y que contiene información suficiente para ser ruteada desde la terminal fuente [WSTA92].

**Demultiplexar:** Denota la acción de separa varios flujos de salida a partir de uno de entrada común [CIS92].

**DCE:** Equipo de comunicación de datos. Dispositivo y conexiones de una red de comunicaciones que conectan el circuito de comunicación con el dispositivo terminal (DTE) [CIS92].

**Dirección:** Estructura de datos empleada para identificar una entidad única, como algún proceso o la localización de una red [CIS92].

**DTE:** Equipo terminal de datos. Parte de una estación de datos que sirve como fuente o destino de los datos, o ambos, y que ofrece las funciones de control de comunicación de datos de acuerdo con los protocolos [CIS92].

**Emulación:** Función a través de la cual una red soporta servicios de otra, con diferentes características y este proceso es transparente para la segunda.

**Encabezado:** Información de control que se añade a los datos antes de encapsularlos para su transmisión en la red [CIS92].

**End-to-end:** Describe la comunicación entre dos diferentes dispositivos de la red a nivel de aplicaciones.

**Enlace:** Canal de comunicaciones de la red consistente en un circuito o una trayectoria de transmisión, incluido el equipo existe entre el transmisor y el receptor [CIS92].

**Ethernet:** Especificación de red LAN de banda base inventada por la corporación Xerox [CIS92].

**Fibra óptica:** Medio flexible y delgado capaz de conducir transmisiones de luz modulada, insensible a la interferencia electromagnética y capaz de soportar altas velocidades en el manejo de datos.

**Flooding:** Técnica de ruteo en la que la información de ruteo que recibe el dispositivo ruteador se manda por cada una de sus interfaces, exceptuando la interfaz por la cual se recibió [CIS92].

**Foro ATM:** Organización no oficial encargada de proponer los estándares a ser adoptados para la tecnología ATM.

**Full duplex:** Capacidad de transmisión simultánea de datos en ambas direcciones [CISS92].

**Hardware:** Parte física de un equipo de cómputo.

**Interfaz:** Conexión entre dos sistemas o dispositivos. En la terminología de ruteadores, es una conexión de la red. También se refiere a la frontera entre capas adyacentes del modelo OSI [CISS92].

**Interworking:** Conjunto de funciones que proporcionan compatibilidad entre la ISDN y los componentes de la red existentes o las terminales.

**IP:** Protocolo de capa 3 (capa de red) que contiene información de direccionamiento y de control para permitir el enrutamiento de paquetes [CISS92].

**ITU-T:** Ver CCITT.

**Jerarquía:** Se refiere al nivel de multiplexaje de una señal.

**LAN:** Red que cubre un área geográfica relativamente pequeña, se caracterizan por velocidades de transferencia de datos relativamente alta (comparada con WAN) y una relativamente baja incidencia de errores [CISS92].

**LAPB:** Procedimiento balanceado de acceso de enlace. Derivado de HDLC, es una versión CCITT X.25 de un protocolo de enlace de datos por bits [CISS92].

**LAPD:** Protocolo de la capa 2 utilizado para controlar la confiabilidad y la eficiencia del intercambio de mensajes sobre el canal D de la Interfaz usuario-red en una ISDN (HHEL91).

**Línea óptica:** Enlace de comunicación el cual utiliza como medio físico fibra óptica.

**Mapeo:** Proceso mediante el cual se reconocen paquetes de información de un protocolo diferente al que se está utilizando para el transporte de la información.

**Medio físico:** Entorno físico mediante el cual pasan las señales de transmisión [CISS92].

**Mensaje:** Agrupamiento lógico de información en la capa de aplicación [CISS92].

**Modo de transferencia:** Procesos de conmutación y multiplexaje utilizados en una transmisión.

**Modulación:** Proceso por el cual se transforman las características de las señales para representar información [CISS92].

**Multimedia:** La multimedia es la integración de los distintos medios de comunicación existentes, para desarrollar sistemas cuya interacción con el hombre sea más natural.

**Multiplexar:** Colocar múltiples señales en un solo canal [CISS92].

**Nibble:** Grupo de 4 bits (Medio byte).

**Nodo:** Término genérico que se refiere a una entidad que puede tener acceso a una red, se usa también el término dispositivo [CISS92].

**Oscilación:** Efecto que se produce cuando los algoritmos de ruteo reaccionan con lentitud ante situaciones de congestión en la red.

**OSI:** Interconexión de sistemas abiertos. Modelo de arquitectura de redes desarrollado por ISO y CCITT, consiste en siete capas, cada una de las cuales especifica funciones particulares de la red, tales como direccionamiento, control de flujo, control de errores, encapsulamiento y muchas otras [CISS92].

**Pantalla de scrolling:** Pantalla que permite el movimiento a pantallas anteriores a través de una barra de deslizamiento.

**Paquete:** Agrupamiento lógico de información que incluye un encabezado y normalmente información del usuario [CISS92].

**PBX:** Conmutador privado telefónico en las instalaciones del usuario.

**PCM:** Modulación por código de pulsos. Transmisión de información analógica en forma digital mediante muestreo y codificación con un número fijo de bits [CISS92].

**Peer-to-peer:** Describe la comunicación entre implantaciones de la misma capa del modelo OSI en dos diferentes dispositivos de la red [CISS92].

**Point-to-point:** Circuito de transmisión que conecta dos dispositivos directamente sin ningún dispositivo intermedio [HHEL91].

**Protocolo:** Descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que gobiernan la forma en que los dispositivos de una red intercambian información [CISS92].

**PSE:** Intercambiador de conmutación de paquetes. Usualmente, es un DCE que permite conexión a un DTE [CISS92].

**PSPDN:** Una red de datos pública de paquetes conmutados es aquella operada por el gobierno o en forma privada para ofrecer servicio al público, normalmente cobrando una cuota [CISS92].

**QoS:** Calidad de los servicios. Medida del desempeño de un sistema de transmisión que considera la calidad de la transmisión y la disponibilidad del servicio [CISS92].

**Reensamblaje:** Proceso de reconstrucción del mensaje en el destino, luego de que fue segmentado en la fuente.

**Respaldo:** Copia de seguridad que se realiza de las entidades más importantes de la red (principalmente en esquemas centralizados).

**Retraso:** Tiempo que tarda un paquete en viajar a través de la red.



**Ruta:** Trayectoria por la cual debe viajar un mensaje para llegar de una fuente a un destino.

**Ruta de menor costo:** Ruta que requiere la menor cantidad de recursos para ir de un nodo fuente a un nodo destino.

**Ruta virtual:**

**Ruteador:** Dispositivo de la capa 3 OSI que puede decidir cual de varios caminos debe seguir el tráfico de la red. Envían paquetes de una red a otra, basados en la información de la capa de red [CIS92].

**Ruteo:** Proceso de encontrar un camino hacia el destino. En las grandes redes el ruteo o enrutamiento es muy complejo debido a los muchos destinos intermedios potenciales que un mensaje puede alcanzar antes de llegar a su destino [CIS92].

**Segmentación:** Proceso a través del cual los paquetes de información se adaptan al tamaño de paquete especificado por un determinado protocolo.

**Señalización:** Proceso de enviar una señal de transmisión en un medio físico para propósitos de comunicación [CIS92].

**Sin conexión:** Término empleado para describir transferencia de datos sin la existencia de un circuito virtual.

**Sincronización:** Establecimiento de tiempos en común para el emisor y el receptor [CIS92].

**Slot:** Intervalo de tiempo que se asigna a un canal en el multiplexaje síncrono por división en el tiempo.

**Software:** Parte lógica de un equipo de cómputo.

**Subencabezado:** Información de control añadida después de los datos en un paquete.

**Supervisor:** Nodo encargado de coordinar a los demás nodos en una operación de ruteo.

**Topología:** Arreglo físico de los nodos y el medio de la red dentro de una estructura empresarial de red [CIS92].

**TDM:** Multiplexaje por división en el tiempo. Técnica en la que puede asignarse ancho de banda a información de múltiples canales en un solo cable, basándose en distribución de intervalos de tiempo [CIS92].

**Tráfico:** Cantidad de flujo de información que circula a través de la red.

**Trama:** Agrupamiento lógico de información enviado a un medio de transmisión como una unidad de la capa de enlace [CIS92].

**Transmisión full-duplex:** Transmisión de datos en ambas direcciones al mismo tiempo.

**UNI:** Interfaz usuario-red. Interfaz que se define para los procesos de interconexión entre el equipo del usuario y el nodo de red.

**X-Windows:** Sistema gráfico y de ventanas distribuido, multitarea, independiente de los dispositivos y transparente a la red [CISS92].

**X.25:** Recomendación CCITT que define el formato de los paquetes para transferencia de datos en redes públicas de datos [CISS92].

## Lista de acrónimos

AAL	ATM Adaptation Layer, Capa de adaptación a ATM.
ABR	Available Bit Rate, Tasa de bits disponible.
ADM	Add Drop Multiplexer, Multiplexor de operación Add Drop.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, Código estándar norteamericano para el intercambio de información.
ANSI	American National Standards Institute, Instituto nacional americano de estándares.
APS	Automatic Protection Switching, Conmutación de protección automática.
ATM	Asynchronous Transfer Mode, Modo de transferencia asíncrono.
AU	Administrative Unit, Unidad administrativa.
BAsize	Buffer Allocation size, Tamaño del búfer de aloación.
B-BUS	Broadcast BUS, BUS de reparto.
B-ISDN	Broadband-ISDN, ISDN de banda ancha.
BER	Bit Error Ratio, Ratio de error de bit.
BOM	Beginning Of Message, Principio del mensaje.
BT	Burst Tolerance, Tolerancia de explotación.
Btag	Beginning tag, Etiqueta de inicio.
BUS	Broadcast / Unknow Server, Servidor de reparto y direcciones desconocidas.
CAC	Connection Admission Control, Control de admisión a la conexión.
CAP	Carrierless Amplitude modulation / Phase modulation
CBR	Constant Bit Rate, Tasa constante de bits.
CCE	Connection Control Entities, Entidades de control de conexión.
CCITT	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique, Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y telefonía.
CCP	Connection Control Process, Proceso de control de la conexión.
CCSN	Common Channel Signaling Network, Red de señalización de canal común.
CDV	Cell Delay Variation, Variación del retraso e las celdas.
CEPT	Conference Europeane des Postes et Telecommunications, Conferencia europea de correos y telecomunicaciones.
CLP	Cell Loss Priority, Prioridad de pérdida de celda.
COM	Continuation Of Message, Continuación del mensaje.
CPCS	Common Part Convergence Sublayer, Subcapa de convergencia de parte común.
CPI	Common Part Indicator, Indicador de parte común; Customer Premises Installation.
CRC	Cyclic Redundancy Check, Prueba ciclica de redundancia.
CS	Convergence Sublayer, Subcapa de convergencia.
CSIEN	Circuit Switching Interexchange Network, Red de intercambio por conmutación de circuitos.
CV	Virtual Container, Contenedor virtual.
DCC	Digital Cross Connector, Crosconector digital.
DCE	Data Communication Equipment, Equipo de comunicación de datos; Digital Combined Exchanges, Conmutador digital combinado.

DDI	Direct Dialing-In, Marcación directa.
DQDB	Distributed Queue Dual Bus, Bus dual de colas distribuidas.
DS	Digital Section, Sección Digital.
DTE	Data Terminal Equipment, Equipo terminal de datos.
DTS	Digital Transmission System, Sistema de transmisión digital.
EOM	End Of Message, Fin del mensaje.
ET	Exchange Termination, Terminador de intercambio.
FCS	Frame Check Sequence, Secuencia verificadora de trama.
FDDI	Fiber Distributed Data Interface, Interfaz de datos distribuidos por fibra.
FIFO	First In First Out, Primero en entrar, primero en salir.
GCRA	Generic Cell Rate Algorithm, Algoritmo genérico para tasas de celdas.
GFC	Generic Flow Control, Control de flujo de medios compartidos.
GOS	Grade Of Service, Grado de servicio.
HDLCL	High-level Data Link Control, Control de enlace de datos de alto nivel.
HDTV	High Definition Television, Televisión de alta resolución.
HEC	Header Error Control, Control de errores de encabezado.
I-BUS	Intelligent BUS, BUS inteligente.
IEN	Interexchange Network, Red de intercambio.
IP	Internet Protocol, Protocolo internet.
ISDN	Integrated Services Digital Network, Red Digital de Servicios Integrados.
IT	Information Type, Tipo de información.
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector, Unión internacional de telecomunicaciones - Sector de estandarización de telecomunicaciones.
IWU	InterWorking Unit, Unidad de interworking.
LAN	Local Area Network, Red de área local.
LAPD	Link Access Protocol-D, Protocolo de acceso de enlace para el canal D.
LE	Local Exchange, Conmutador local.
LEC	LAN Emulation Client, Cliente de una emulación LAN.
LECID	LEC Identifier, Identificador de LEC.
LES	LAN Emulation Server, Servidor de una emulación LAN.
LET	Logical Exchange Termination, Terminador de intercambio lógico.
LI	Length Indicator, Indicador de largo.
LME	Layer Management Entity, Entidad de administración de capa.
LT	Line Termination, Terminador de línea.
MAC	Media Access Control, Control de acceso al medio.
MBS	Maximum Burst Size, Medida de explotación máxima.
MCE	Matriz de Conmutación Extendida.
MID	Multiplexin Identification, Identificación de multiplexaje.
MNCP	MedNet Communication Protocol, Protocolo de comunicaciones de la red MedNet.
MSB	Most Significant Bit, Bit más significativo.
NDS	Neuro Data Structure, Estructura de datos neurológicos.
NE	Network Element, Elemento de red.
NNI	Node-Network Interface, interfaz nodo-red.
NT	Network Termination, Terminador de red.
NUI	Network Unit Interface, Unidad de interfaz de red.
OAM	Operation And Maintenance, Operación y Mantenimiento.
OCR	Optical Character Recognition, Reconocimiento óptico de caracteres.
OSI	Open System Interconnection, Interconexión de sistemas abiertos.

DDI	Direct Dialing-In, Marcación directa.
DQDB	Distributed Queue Dual Bus, Bus dual de colas distribuidas.
DS	Digital Section, Sección Digital.
DTE	Data Terminal Equipment, Equipo terminal de datos.
DTS	Digital Transmission System, Sistema de transmisión digital.
EOM	End Of Message, Fin del mensaje.
ET	Exchange Termination, Terminador de Intercambio.
FCS	Frame Check Sequence, Secuencia verificadora de trama.
FDDI	Fiber Distributed Data Interface, Interfaz de datos distribuidos por fibra.
FIFO	First In First Out, Primero en entrar, primero en salir.
GCRA	Generic Cell Rate Algorithm, Algoritmo genérico para tasas de celdas.
GFC	Generic Flow Control, Control de flujo de medios compartidos.
GOS	Grade Of Service, Grado de servicio.
HDLC	High-level Data Link Control, Control de enlace de datos de alto nivel.
HDTV	High Definition TeleVision, Televisión de alta resolución.
HEC	Header Error Control, Control de errores de encabezado.
I-BUS	Intelligent BUS, BUS Inteligente.
IN	Interexchange Network, Red de Intercambio.
IP	Internet Protocol, Protocolo Internet.
ISDN	Integrated Services Digital Network, Red Digital de Servicios Integrados.
IT	Information Type, Tipo de información.
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector, Unión Internacional de telecomunicaciones - Sector de estandarización de telecomunicaciones.
IWU	InterWorking Unit, Unidad de interworking.
LAN	Local Area Network, Red de área local.
LAPD	Link Access Protocol-D, Protocolo de acceso de enlace para el canal D.
LE	Local Exchange, Conmutador local.
LEC	LAN Emulation Client, Cliente de una emulación LAN.
LECID	LEC Identifier, Identificador de LEC.
LES	LAN Emulation Server, Servidor de una emulación LAN.
LET	Logical Exchange Termination, Terminador de Intercambio lógico.
LI	Length Indicator, Indicador de largo.
LME	Layer Management Entity, Entidad de administración de capa.
LT	Line Termination, Terminador de línea.
MAC	Media Access Control, Control de acceso al medio.
MBS	Maximum Burst Size, Medida de explotación máxima.
MCE	Matriz de Conmutación Extendida.
MID	Multiplexin IDentification, Identificación de multiplexaje.
MNCP	MedNet Communication Protocol, Protocolo de comunicaciones de la red MedNet.
MSB	Most Significant Bit, Bit más significativo.
NDS	Neuro Data Structure, Estructura de datos neurológicos.
NE	Network Element, Elemento de red.
NNI	Node-Network Interface, Interfaz nodo-red.
NT	Network Termination, Terminador de red.
NUI	Network Unit Interface, Unidad de Interfa de red.
OAM	Operation And Maintenance, Operación y Mantenimiento.
OCR	Optical Character Recognition, Reconocimiento óptico de caracteres.
OSI	Open System Interconnection, Interconexión de sistemas abiertos.

PBX	Private Branch Exchange, Conmutador privado.
PCM	Pulse Code Modulation, Modulación codificada por pulsos.
PCR	Peak Cell Rate, Tasa pico de celdas.
PDH	Plesiochronous Digital Herarchy, Jerarquía digital plesiócrona.
PDN	Public Data Network, Red pública de datos.
PDU	Protocol Data Unit, Unidad de datos de protocolo.
PI	Port Identifier, Identificador de puerto.
PLCP	Physical Layer Convergence Protocol, Protocolo de convergencia de la capa física.
PM	Physical Medium, Medio físico.
POH	Path OverHead, Encabezado de ruta.
POI	Path Overhead Indicator, Indicador de encabezado de ruta.
PSE	Packet Switching Exchange, Intercambiador de conmutación de paquetes.
PSIEN	Packet Switching interexchange Network, Red de intercambio por conmutación de paquetes.
PSPDN	Packet Switching Public Data Network, Red pública de datos de conmutación de paquetes.
PSTN	Public Switched Telephone Network, Red pública de telefonía conmutada.
PT	Payload Type, Tipo de carga.
QoS	Quality of Service, Calidad de los servicios.
SAN	Subscriber Access Network, Red de acceso del subscriber.
SAP	Service Access Point, Punto de acceso al servicio.
SAPI	Service Access Point Identifier, Identificador del punto de acceso al servicio.
SAR	Segmentation And Reassambiy Sublayer, Subcapa de convergencia y reensamblaje.
SCR	Sustainable Cell Rate, Tasa de celdas sustentable.
SDH	Synchronous Digital Herarchy, Jerarquía Digital Síncrona.
SDU	Service Data Unit, Unidad de datos de servicio.
SI	Switch Identifier, Identificador de Switch.
SMAE	System Management Application Entity, Entidad de aplicación de administración del sistema.
SMAP	System Management Application Process, Proceso de aplicación de administración del sistema.
SN	Sequence Number, Número secuencial.
SNP	Sequence Number Protection, Protección de número secuencial.
SONET	Synchronous Optical NETWORK, Red óptica síncrona.
STATDM	Statistical Time Division Multiplexing, Multiplexaje estadístico por división en el tiempo.
STM	Synchronous Time-division Multiplexing, Multiplexaje síncrono por división en el tiempo.
STM-1	Synchronous Transport Module Level 1, Modulo de transporte síncrono nivel 1.
STS-1	Synchronous Transport Signal Level 1, Señal de transporte síncrona nivel 1.
TA	Terminal Adapter, Adaptador de terminal.
TAT	Theorical Arrival Time, Tiempo teórico de llegada.
TC	Transmission Convergence, Convergencia de transmisión.
TDM	Time Division Multiplexing, Multiplexaje por división en el tiempo.
TE	Terminal Equipment, Equipo terminal.

TEI	Terminal Endpoint Identifier, Identificador de punto terminal.
TMM1	Transmission Monitoring Machine 1, Máquina del monitoreo de la transmisión 1.
TMS	Time Multiplex Switching, Conmutación multiplexada en el tiempo.
TSI	Time Slot Interchnage, Intercambio de ranura de tiempo.
UI	User Information, Información del usuario.
UNI	User-Network Interface, Interfaz usuario-red.
UPC	Usage Parameter Control, Control de parámetro de uso.
USE	User-to-user Signaling Entities, Entidades de señalización de usuario a usuario.
USP	User-to-user Signaling Process, Proceso de señalización de usuario a usuario.
UTE	User Information Transfer Entities, Entidades de transferencia de información del usuario.
UTP	User Information Transfer Process, Proceso de transferencia de información del usuario.
VAN	Value - Added Network, Red de valor agregado.
VBR	Variable Bit Rate, Tasa variable de bits.
VC	Virtual Channel
VCI	Virtual Channel Identifier, Identificador de canal virtual.
VP	Virtual Path, Ruta virtual.
VPI	Virtual Path Identifier, Identificador de ruta virtual.
VPT	Virtual Path Terminal, Terminal de ruta virtual.
WAN	Wide Area Network, Red de área amplia.

# Capítulo 1

## INTRODUCCION

En la actualidad, la mayoría de las redes están dedicadas a brindar servicios específicos como: la telefonía, la televisión por cable, la transferencia de datos por conmutación de circuitos o de paquetes, etc.

Lo atractivo de una red digital de servicios integrados (Integrated Service Data Network, ISDN) es que integra los servicios existentes y las nuevas tecnologías dentro de una red que puede manejar la telefonía, la transferencia de datos y otros servicios para uso particular o de negocios, ya sea localmente o a nivel mundial. Esta integración ya está siendo desarrollada y ha comenzado a aparecer en algunas partes del mundo. Verdaderamente es una red que provee servicios de telefonía e información universal, accesible y flexible [WSTA92].

Teniendo en cuenta que los servicios que soporta una arquitectura ISDN requieren de tasas de transmisión variables, el modo de transferencia asíncrono (Asynchronous Transfer Mode, ATM) es la mejor opción para el manejo de este tipo de servicios, debido a que sus objetivos son proveer una red de alta velocidad con pequeños retrasos, con multiplexión y conmutación para soportar cualquier tipo de tráfico del usuario [UBLA95]; lo que le da grandes ventajas sobre las tecnologías tradicionales. ATM a pesar de ser un modo de transferencia asíncrono utiliza comúnmente como medio de transporte técnicas síncronas como lo es la jerarquía síncrona digital o las redes ópticas síncronas (Synchronous Digital Hierarchy, SDH; Synchronous Optical Network, SONET), ofreciendo una robustez en el manejo de la información.

Uno de nuestros objetivos es llevar a cabo el estudio de las redes digitales de servicios integrados de banda ancha sobre ATM (Broadband-ISDN/ATM, B-ISDN/ATM) la cual involucra un conocimiento profundo y extenso en: sistemas de comunicaciones digitales, arquitecturas y protocolos de comunicaciones, técnicas de multiplexaje, conmutación y ruteo de las señales, el modelo OSI, los estándares aprobados por las diferentes asociaciones encargadas de elaborarlos como CCITT, ISO, etc.

Otro de nuestros objetivos en este trabajo es llegar a la integración de una red de alta velocidad, utilizando estas dos tecnologías para satisfacer los requerimientos de grandes anchos de banda de las aplicaciones actuales. Si consideramos los requerimientos que actualmente sugieren el desarrollo de las nuevas aplicaciones, todo parece apuntar hacia esta dirección. Requerimientos como grandes anchos de banda, cortos tiempos de retraso, sin pérdida de información, encuentran una buena solución en estas tecnologías. Estos hechos sugieren que las dos tecnologías seguirán un mismo camino en un futuro cercano.



Una vez que se cuente con este tipo de redes de banda ancha las aplicaciones que se manejarán abarcarán múltiples áreas de la actividad humana, tales como: medicina, astronomía, ingeniería, educación, entretenimiento, negocios, etc.

El llegar a una conclusión con respecto a si es conveniente unir o no estas tecnologías requerirá de un buen conocimiento acerca de las mismas, así como de tecnologías alternativas como la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos.

A mediados de los 70's, los servicios de telecomunicaciones estuvieron limitados a las comunicaciones de voz y de texto. Tanto la telefonía como el telex utilizaban recursos específicos de transmisión y conmutación, y así cada servicio tenía su red propia. En la década pasada han surgido nuevas demandas en los servicios de telecomunicaciones. La satisfacción de éstos requerimientos ha resultado en el uso de la red telefónica, la cual es analógica, para transmitir datos en los canales de voz con la ayuda de modems, y la creación de redes especializadas.

Estos servicios continúan creciendo y diversificándose: han aparecido nuevas aplicaciones, y el círculo de usuarios está ampliándose de tal manera que los servicios de transmisión de datos están llegando a ser para el público en general.

La actual tendencia del desarrollo de aplicaciones que requieren amplios anchos de banda ha provocado el surgimiento de nuevas técnicas y arquitecturas de comunicaciones digitales, capaces de satisfacer éstos requerimientos con un alto grado de confiabilidad, además de ser capaces de lograr la integración de diferentes tipos de servicios, tales como voz, audio, video y datos.

El hecho de manejar grandes anchos de banda requiere la utilización de equipos de transmisión capaces de manejar altas velocidades, de medios de transmisión que nos proporcionan confiabilidad en la información con una tasa de porcentaje de error muy baja; de equipo de conmutación y ruteo más inteligentes, de algoritmos más eficientes, y de un modelo abierto para poder interactuar con las diferentes arquitecturas existentes.

B-ISDN es una red que se ve venir, y como tal, su diseño debe tomar en consideración los servicios que estarán disponibles en el futuro, y dado que es difícil predecirlos, es bueno pensar que los servicios primarios serán los servicios de comunicación visual: videoteléfono, teleconferencia, bases de datos de video, transferencia de datos a alta velocidad, servicios de transmisión de imágenes de alta resolución y servicios de medios integrados. En contraste con las redes existentes, estos servicios futuros mostrarán un amplio rango de tasas de transmisión de bits y configuraciones de comunicaciones. Por lo tanto, las redes B-ISDN tendrán la habilidad de:

- Cubrir un amplio rango de tasas de transmisión.
- Manejar una variedad de características de tráfico.
- Manejar una variedad de configuraciones de comunicaciones.

Con la flexibilidad demandada para los servicios futuros ISDN, la estructura rígida SDH-SONET podría ser problemática. La tasa SDH-SONET fué determinada basada sobre las tasas utilizadas para las transmisiones, y las tasa más altas son utilizadas solo para multiplexar un número fijo de circuitos de tasa baja. Esta organización sería ineficiente para cambiar dinámicamente una mezcla de servicios sobre una variedad de canales de tasa fija. Estas son las consideraciones que guían a la introducción del ATM para la interfaz B-ISDN.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: en el capítulo 2 se proporciona información detallada de las técnicas de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, bases necesarias para el entendimiento de las redes B-ISDN/ATM. Posteriormente, de los capítulos 3 al 6, se hace una descripción detallada de la arquitectura ISDN, así como de los elementos que la componen. Se define el punto en el que una red de este tipo establece su interfaz con el usuario, delimitando las funciones propias a cada parte; a la vez que se analiza la arquitectura de los canales de comunicación que maneja para transportar la información. Otros aspectos que son estudiados son: El flujo de información, las técnicas de transmisión y de señalización, el direccionamiento, así como las características y funciones de cada una de las capas de una red ISDN.

En el capítulo 7 se realiza una descripción de las redes PDH, haciendo una comparación con las redes SONET para hacer notar la ventaja que estas últimas presentan. Y que como veremos en el capítulo 8, donde se introducen los conceptos básicos de ATM; las han convertido en el medio de transporte más utilizado por este. Dos aspectos muy importantes para toda red como lo son la conmutación y el control del tráfico, son estudiados en los capítulos 9 y 10 respectivamente; en nuestro caso para ATM exclusivamente. En ellos se hace referencia a las principales técnicas y medios que se utilizan para llevarlos a cabo.

Continuando con el trabajo, se describen algunos campos de la actividad humana en los que se ha empezado a hacer uso de aplicaciones con requerimientos B-ISDN/ATM, capítulo 11. Es precisamente una de esas aplicaciones, la emulación LAN/ATM, la que se propone llevar a cabo en el capítulo 12; comparándola con otras alternativas menos costosas pero con un desempeño mucho más bajo. Finalmente el capítulo 13 está dedicado a la presentación de los resultados y conclusiones que se obtuvieron al realizar este trabajo.

El desarrollo de redes digitales de servicios integrados es un tema que ha cobrado gran importancia en la actualidad debido al creciente desarrollo de aplicaciones que requieren de los servicios que este tipo de red ofrece.

La cada vez más cercana realización de las propuestas que ofrece esta red se basa en la velocidad de los avances que se van dando en los centros de investigación, que conscientes de los requerimientos cada vez mayores de las aplicaciones actuales y las que se puedan desarrollar en un futuro, han puesto especial dedicación en esta área.

El gran volumen de información generada por la investigación y el desarrollo, aborda todos los aspectos que un proyecto así involucra. Además de que la experiencia acumulada da como resultado una mejor elección de las tendencias más adecuadas a seguir.

# Capítulo 2

## TECNICAS DE CONMUTACION

Para la transmisión de datos más allá de un área local, la comunicación se lleva a cabo por la transmisión de datos, desde el origen hasta el destino, a través de una red de nodos intermedios de conmutación. Estos nodos no tienen relación con el contenido de los datos, su propósito es proporcionar una conmutación que llevará los datos de nodo a nodo hasta que éstos alcancen su destino. Los dispositivos finales que quieren comunicarse se conocen como estaciones. Las estaciones pueden ser computadoras, terminales, teléfonos u otros dispositivos de comunicación. Y los dispositivos de conmutación cuyo propósito es proporcionar la comunicación se les conoce como nodos. Cada estación se conecta a un nodo, y la colección de nodos se conoce como red de comunicaciones [WSTA95].

Este capítulo proporciona una explicación detallada de las dos técnicas de conmutación más comunes: la conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes.

La conmutación de circuitos proporciona una transmisión con poca o ninguna variabilidad y con demandas de procesamiento mínimo en las estaciones, mientras la conmutación de paquetes proporciona una flexibilidad para manejar tasas de bits variables y tráfico impredecible con el costo de incrementar la complejidad en el procesamiento.

### 2.1 CONMUTACION DE CIRCUITOS

La conmutación de circuitos implica que hay una línea de comunicación dedicada entre dos estaciones e involucra tres fases:

1. Establecer el circuito, es decir, obtener una conexión de circuito "end to end" antes de transmitir cualquier señal. Por ejemplo, ver figura 2.1, si la terminal A desea comunicarse con la terminal C, se debe establecer una línea dedicada entre A y C, para lo cual la terminal A envía una petición al nodo 1 para establecer una conexión, al nodo 1 debe buscar en base a la longitud, el costo y la disponibilidad, la línea más adecuada para conectarse con otro nodo que pueda formar una ruta hacia C, y así sucesivamente hasta establecer la conexión con C.

2. **Transferencia de señales.** Las señales transmitidas pueden ser voz analógica, voz digitalizada o datos binarios dependiendo de la naturaleza de la red. Generalmente la conexión es full duplex, y los datos pueden ser transmitidos en ambas direcciones simultáneamente.
3. **Desconexión del circuito.** Después de un período de transmisión de datos, la conexión se termina, normalmente por la acción de una o de las dos terminales.

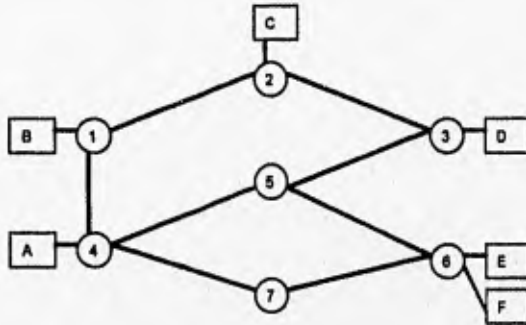
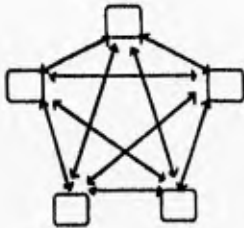


Figura 2.1 Red de conmutación genérica

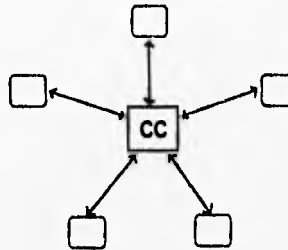
La conmutación de circuitos fue desarrollada originalmente para manejar el tráfico de voz analógica, es decir, nace con las redes telefónicas, pero el desarrollo y facilidades de la tecnología digital han seguido la tendencia de formar redes de comunicaciones de este tipo. A continuación hablaremos en forma breve de como fueron evolucionando las técnicas de conmutación.

Un primer método utilizado consistió en establecer una conexión directa entre dos teléfonos. Aquí un total de  $n(n - 1)/2$  líneas son requeridas para interconectar  $n$  teléfonos [JHUI90], por lo que cada teléfono tenía  $n-1$  líneas de conexión, lo cual resultó ineficiente cuando el número de teléfonos en la red aumentó. El problema se resolvió haciendo que cada teléfono se conectara a un centro de conmutación (CC), así solo se necesitaban  $n$  líneas para interconectar  $n$  teléfonos, ver figura 2.2. A este tipo de red se le llama Red de acceso local [JHUI90]. Posteriormente se utilizaron líneas de conexión, llamadas troncales, para la comunicación entre diferentes CC. A esta red de centros de conmutación se le conoce como Red de Intercambio [JHUI90]. Para llamadas que requieren de distancias muy grandes cada CC se conecta a un Centro de Conmutación para Largas Distancias o LDSC [JHUI90]; a esta red se le conoce como Red de larga distancia [JHUI90].

Los primeros métodos de conmutación fueron manuales, posteriormente surgieron los conmutadores mecánicos paso a paso, más tarde, los conmutadores electrónicos de cruce de punto, los conmutadores electrónicos de cruce de punto utilizando programas de cómputo y recientemente los conmutadores electrónicos multiestado manejados por programas de cómputo.



CONMUTACION POR CONEXION DIRECTA



CONMUTACION CENTRALIZADA  
POR RED DE ACCESO LOCAL

Figura 2.2 La red de acceso local

Los conmutadores han evolucionado también de acuerdo con las técnicas para la transmisión de la información. Así, para distancias cortas es frecuente utilizar conmutación por división en el espacio; posteriormente, con la invención de los amplificadores operacionales y con el desarrollo de los sistemas de comunicación con cable coaxial y microondas empleando multiplexión por división en la frecuencia, se pudieron realizar transmisiones a distancias largas; por último, el advenimiento de los sistemas digitales permitió utilizar conmutación por división en el tiempo.

A continuación explicaremos brevemente las dos principales técnicas de conmutación.

### 2.1.1 CONMUTACION POR DIVISION EN EL ESPACIO

La conmutación por división en el espacio originalmente fue desarrollada para un medio ambiente analógico aunque también se puede utilizar en sistemas digitales.

Este tipo de conmutación consiste en asignar una ruta de comunicación para cada una de las señales, es decir, cada conexión requiere el establecimiento de una ruta física que el conmutador dedica para transmitir señales entre dos puntos terminales. La construcción básica del conmutador es el llamado de cruce de punto. En la figura 2.3 se muestra una matriz de cruce de punto con N líneas de entrada-salida full duplex:

Desventajas de esta tecnología:

- El número de puntos de cruce crece con  $N^2$ .
- Los puntos de cruce son utilizados ineficientemente.

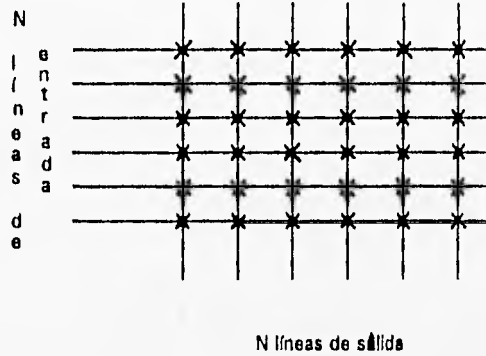


Figura 2.3 Conmutador por división en el espacio de un estado

Para disminuir estas limitaciones se utiliza la conmutación multiestado, donde  $N$  líneas de entrada se dividen en  $N/n$  grupos de  $n$  líneas. El primer grupo de líneas conforman las matrices del primer estado. Las salidas de estas matrices son las entradas a un segundo grupo de matrices, y así sucesivamente hasta que el último estado (que tiene  $N$  salidas). Por lo tanto, cada dispositivo une sus líneas de entrada al primer estado y sus líneas de salida al último estado, ya que sus líneas son full-duplex.

Para una red de conmutadores de tres estados con  $k$  matrices de segundo estado se obtiene el diagrama mostrado en la figura 2.4.

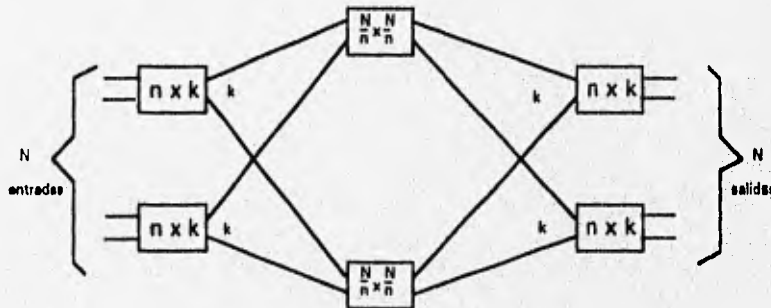


Figura 2.4 Conmutador por división en el espacio de tres estados

Una desventaja con el conmutador por división en el espacio multiestado es que puede bloquearse. Así, una red de tres estados no se bloqueará si, [WSTA92]

$$k = 2n - 1$$

y el total de cruces requeridos es de:

$$N_x = 2Nk + k(N/n)^2$$

pero cuando N es muy grande el resultado converge a:

$$N_x = 4N((2N)^{1/2} - 1)$$

## 2.1.2 CONMUTACION POR DIVISION EN EL TIEMPO

### Conmutación TDM bus

Como se muestra en la figura 2.5, el multiplexaje por división en el tiempo (Time Division Multiplexing, TDM) permite a múltiples corrientes de bits de baja velocidad compartir una línea de alta velocidad. Un conjunto de entradas son muestreada una vez por turno, las muestras están organizadas serialmente en ranuras (canales) para formar una trama de N ranuras.

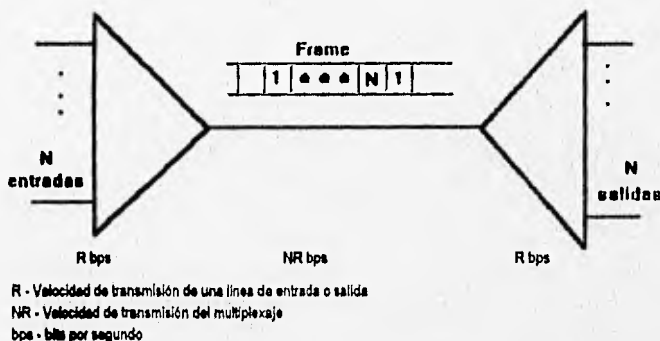


Figura 2.5 Multiplexación por división en el tiempo síncrono

Cada línea de entrada deposita datos en un búfer; el multiplexor rastrea estos búfers secuencialmente, tomando palabras de datos de tamaño fijo de cada uno de ellos y las envía sobre la línea. Un rastreo completo produce una trama de datos. Para enviar los datos a las líneas de salida, se realiza la operación inversa, con el multiplexor relleno los búfers de las líneas de salida, uno por uno.

La figura 2.6 muestra una manera simple en la cual esta técnica puede ser adaptada para llevar a cabo la conmutación. Cada uno de los dispositivos se conecta al conmutador a través de dos líneas con búfers, una para la entrada y otra para la salida. Estas líneas están conectadas a través de compuertas controladas a un bus digital de alta velocidad.

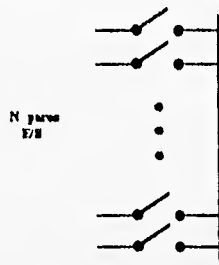


Figura 2.6 Conmutación TDM Bus

Cuando una ranura de tiempo comienza, la línea de entrada habilitada puede insertar un paquete de datos sobre la línea, donde ésta propagará los datos a todas las líneas. La línea de salida habilitada, durante ese tiempo, copia los datos, si están presentes, como vienen. La ranura de tiempo, por lo tanto, debe ser igual al tiempo de transmisión de la entrada más el retardo de propagación entre la entrada y la salida a través del bus.

La figura 2.7 es un ejemplo que sugiere como puede ser realizado el control para un conmutador de bus multiplexado por división en el tiempo. Una memoria de control indica cuales compuertas tienen que ser habilitadas durante cada ranura de tiempo. Durante la primera ranura de tiempo de cada uno de los ciclos, la compuerta de entrada del dispositivo 1 y la compuerta de salida del dispositivo 3 son habilitadas, permitiendo que los datos pasen del dispositivo 1 al dispositivo 3 sobre el bus. Las palabras que quedan son accedidas en las ranuras de tiempo siguientes y tratadas de la misma manera.

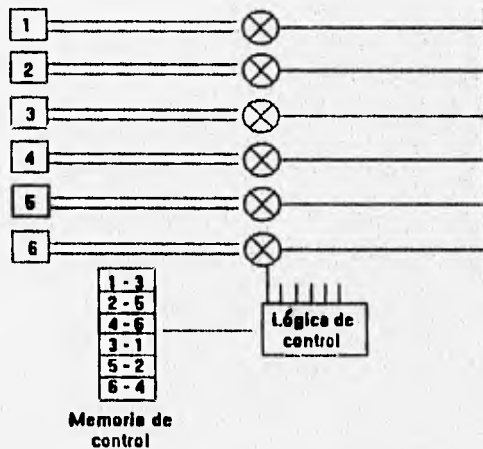


Figura 2.7 Control de un conmutador TDM Bus



### Intercambio de ranura de tiempo

El bloque de construcción básico de muchos conmutadores por división en el tiempo es el mecanismo de Intercambio de ranura de tiempo (Time Slot Interchange, TSI). Un TSI opera sobre un flujo TDM síncrono de ranuras de tiempo o canales, intercambiando un par de ranuras para obtener una operación full-duplex, ver figura 2.8.

La figura 2.8a muestra como la línea de entrada de un dispositivo *i* está conectada a la línea de salida del dispositivo *j*, y viceversa.

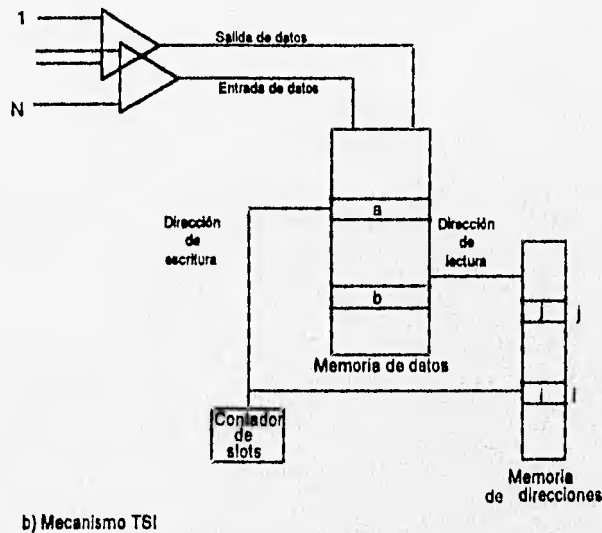
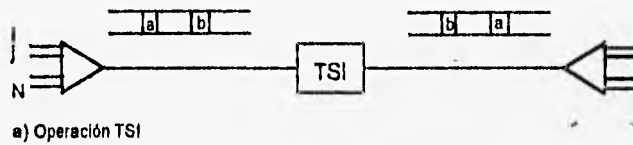


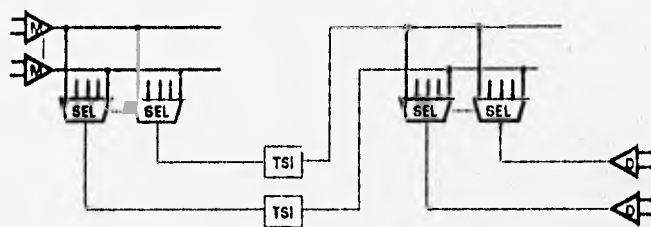
Figura 2.8 Intercambio de ranura de tiempo

La figura 2.8b muestra un mecanismo para el TSI. Las líneas individuales de E/S son multiplexadas y demultiplexadas. Se usa una memoria de datos de acceso aleatorio con un ancho de palabra igual al de la ranura de tiempo y con una longitud igual al número de ranura por trama. La llegada de una trama TDM es escrita secuencialmente, ranura por ranura, en la memoria de datos. La trama TDM a la salida es creada por la lectura de las ranuras en la memoria de datos en un orden dictado por una memoria de direcciones que refleja las conexiones existentes. Es importante mencionar que el TSI introduce un retardo y produce ranuras de salida en distinto orden.

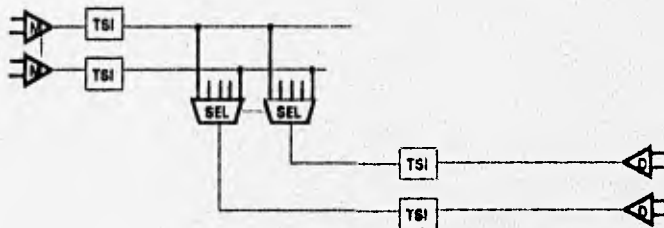
### Commutación multiplexada en el tiempo

Para conectar un canal sobre una corriente TDM a un canal sobre otra corriente TDM, alguna forma de interconexión de las unidades TSI es necesaria. Esta interconexión debe permitir que una ranura en una corriente TDM sea intercambiada con una ranura en otra corriente TDM. Naturalmente, no se desea conmutar todas las ranuras de tiempo de una corriente a otra; solo se desea una ranura a la vez. Esta técnica es conocida como conmutación multiplexada en el tiempo (Time Multiplex Switching, TMS).

Las etapas TMS, las cuales mueven ranuras de una corriente a otra, son referidas como S (espacio), y las etapas TSI son referidas como T (tiempo). La figura 2.9 muestra ejemplos de ambas arquitecturas de tres etapas STS y TST. En ambos casos, las etapas TMS son implementadas por selectores digitales (SEL), los cuales seleccionan una entrada a la vez sobre una base de ranura de tiempo.



Red espacio-tiempo-espacio



Red tiempo-espacio-tiempo

Figura 2.9 Conmutadores TDM de tres etapas

En una arquitectura STS, la ruta entre un canal entrando y uno saliendo tiene múltiples rutas físicas posibles igual al número de unidades TSI, pero sólo una a la vez. Para un conmutador totalmente no-bloqueado, el número de unidades TSI debe ser igual al doble del número de corrientes TDM entrando y saliendo. En la otra forma, las rutas múltiples entre dos canales en una red TST están todas en el dominio del tiempo; y hay sólo una ruta física posible.

## 2.2 CONMUTACION DE PAQUETES

Al rededor de 1970 se iniciaron Investigaciones acerca de una nueva arquitectura para la comunicaci3n digital de datos a larga distancia: Conmutaci3n de paquetes, Packet Switching.

Una red de conmutaci3n de paquetes es una colecci3n distribuida de nodos de paquetes conmutados, en donde un paquete es un agrupamiento l3gico de informaci3n que incluye un encabezado y generalmente datos del usuario. Idealmente todos estos nodos deben saber siempre cu3l es el estado de toda la red, desafortunadamente y debido a que todos los nodos est3n distribuidos, hay siempre tiempo de retraso entre el cambio en el estado en una porci3n de la red y el conocimiento de ese cambio en el resto de la red. Como resultado de esto, una red de conmutaci3n de paquetes nunca podr3 funcionar perfectamente por lo que se utilizan elaborados algoritmos que intentan disminuir los tiempos de retraso y otras fallas debidas al funcionamiento propio de la red [WSTA92].

### 2.2.1 FUNCIONAMIENTO BASICO

Cada conexi3n establecida a trav3s de una red de paquetes conmutados da como resultado un canal f3sico de comunicaci3n que se establece en la red mediante el equipo fuente hacia el equipo destino, esta conexi3n es utilizada por los dos usuarios exclusivamente durante el tiempo de la llamada, a diferencia de una conexi3n con conmutaci3n de circuitos en la que ambos usuarios o suscriptores trabajan en un canal de datos de rango fijo. Adem3s, antes de que cualquier dato pueda ser transmitido, es necesario establecer previamente la comunicaci3n en la red.

El dar de alta una llamada en una red digital de circuitos conmutados resulta ser muy r3pido, sin embargo la transmisi3n se sigue realizando a una tasa constante que los dos usuarios tiene que utilizar tanto para transmitir como para recibir. Por el lado contrario al utilizar una red de conmutaci3n de paquetes los dos suscriptores (Data Terminal Equipment, DTE's) [CISS92] pueden operar en diferentes rangos, ya que el rango al que son pasados los datos en las dos interfaces est3 regulado por el equipo de cada usuario; adem3s, no se realizan conexiones f3sicas a trav3s de la red. Con esta t3cnica lo que se maneja es que todos los datos a ser transmitidos primero se juntan en una o m3s unidades de mensaje, llamadas paquetes, por el DTE fuente. Dichos paquetes incluyen tanto la direcci3n del DTE fuente como la del destino; despu3s son pasados seriamente del DTE fuente a su Intercambiador de conmutaci3n de paquetes (Packet Switching Exchange, PSE) [CISS92] local. En la recepci3n de cada paquete, el PSE primero almacena el paquete y despu3s inspecciona la direcci3n destino que este contiene.

1. Ver glosario.
2. Ver glosario.

Cada PSE contiene un directorio de rutas, el cual especifica los enlaces de salida (rutas de transmisión) para cada dirección. Al recibir el paquete el PSE lo envía por el enlace adecuado a la tasa máxima de bits disponible o posible.

Conforme cada paquete es recibido (o almacenado) en cada PSE intermedio de la ruta, este es enviado en el enlace apropiado con los demás paquetes que fueron enviados por ese enlace. Este proceso lo podemos entender claramente observando la figura 2.10 [FHAL92]. Debemos notar que el ancho de banda que se ocupa es variable en cada enlace de la red, ya que puede ir desde 0 si no hay transmisión hasta llenar todo el ancho de banda si se transmiten paquetes continuamente.

Se podría pensar que si determinado número de paquetes grandes están en espera de ser transmitidos por un mismo enlace y llegan otros que de igual forma deben ser transmitidos por el mismo, estos tendrían que esperar un tiempo impredecible. Pensando en prevenir este tipo de situaciones y permitir que la red siempre tenga una alta velocidad de transmisión, es necesario asegurarse que todos los paquetes sean limitados a un tamaño máximo [MSMO91].

De acuerdo con los protocolos internacionales de acceso a redes, se decidió usar la recomendación X.25 de la CCITT para interconectar los DTE a las redes de conmutación de paquetes, ya que este protocolo define el acceso del usuario a la red como una interfaz entre el equipo del usuario DTE y el equipo de la red, equipo de comunicación de datos (Data Communication Equipment, DCE) [MSMO91], [RWIN93].

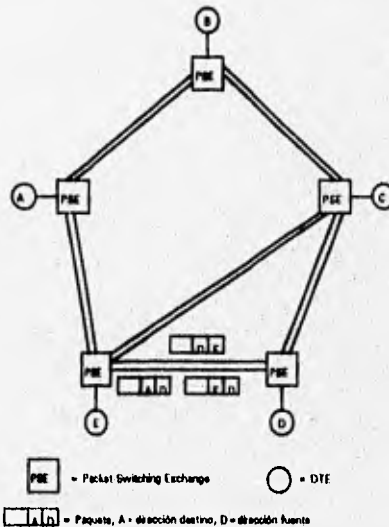


Figura 2.10 Ejemplo de una red de paquetes conmutados

3. Ver glosario.

## 2.2.2 SERVICIOS DE UNA RED PSPDN

Una red de datos pública de conmutación de paquetes (Packet Switching Public Data Network, PSPDN) soporta dos tipos de servicios: Datagramas y Llamadas virtuales.

El volumen de información a transmitir a través de una red generalmente es muy grande, por lo que la información es segmentada en pequeños paquetes que puedan ser manejados más fácilmente. Internamente la red maneja estos paquetes como [WSTA90]:

- Datagramas.
- Llamadas Virtuales (Circuitos Virtuales).

### Datagramas

En este servicio cada paquete es tratado independientemente de los otros aunque todos pertenezcan a una misma información, es decir, para cada paquete se tiene que hacer una decisión de ruteo, por lo que los paquetes de una misma información pueden llegar a su destino por distintas rutas y no precisamente en la misma secuencia en que fueron transmitidos. El servicio de datagrama resulta ser conveniente cuando se envían mensajes cortos, ya que no es necesario abrir y cerrar una conexión entre la fuente y el destino.

### Llamadas virtuales

En una llamada virtual antes de que sean enviados los paquetes, el DTE fuente envía un paquete especial de requerimiento de llamada a su PSE; este paquete contiene la dirección del DTE destino además de un número de referencia llamado Identificador de circuito virtual (Virtual Circuit Identifier, VCI). Después, el paquete es enviado y lo recibe el PSE destino, el cual le asigna un nuevo VCI y luego lo envía al DTE destino. Se asume que la llamada es aceptada cuando el DTE destino regresa un paquete de aceptación al DTE fuente.

En este momento se dice que existe un circuito virtual entre los dos DTE's. De este momento en adelante todos los paquetes correspondientes a esta llamada tendrán el mismo número identificador y tanto el DTE fuente como el destino podrán distinguir entre los paquetes de diferentes llamadas aunque lleguen todas por el mismo enlace.

En la tabla 2.1 se hace una comparación entre los dos servicios que proporciona una PSPDN [WSTA90]:

## OPERACION INTERNA

<b>Ventajas de los Circuitos Virtuales</b>	<b>Ventajas de los Datagramas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>* Servicios de conexión orientada, tales como secuenciación y control de errores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>* No es necesario establecer una conexión, esto es una ventaja para las transmisiones cortas.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>* Las decisiones de ruteo solo se necesitan al establecer la conexión, por lo que la transmisión de paquetes requiere menos tiempo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>* Se minimiza la congestión en la red, por sus mejores técnicas de reparto.</li><li>* Se minimizan fallas en la red, debido a su confiabilidad.</li></ul>

Tabla 2.1 Comparación entre servicios de una PSPDN

### 2.2.3 COMPARACION ENTRE CONMUTACION DE CIRCUITOS Y CONMUTACION DE PAQUETES

En la actualidad muchas de las redes de transmisión de datos alrededor del mundo se encuentran basadas en estas dos técnicas, a pesar de que muchas de las demandas de servicios que ahora se tienen superan su capacidad. Su gran popularidad se debe a que en su momento satisfacían de manera aceptable los requerimientos de los usuarios, que escogían una o ambas técnicas para poner en funcionamiento su red. Por lo tanto resulta interesante hacer una comparación entre ambas técnicas:

El principal criterio que se toma en cuenta para llevar a cabo una comparación de este tipo es el desempeño o la manera en que opera la red.

En la tabla 2.2 se comparan las dos técnicas de la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos [WSTA90].

### 2.2.4 RUTEO

La función principal de una red de paquetes conmutados es aceptar paquetes de una terminal origen y entregarlos a una terminal destino

Una red de este tipo esta basada en la interconexión de varios nodos entre un par de estaciones cualesquiera. Así entre estas dos estaciones existe un determinado número de posibles rutas por las cuales comunicarse es por esto que se hace necesario un algoritmo de ruteo. Dicho algoritmo debe cumplir con características como [WSTA90]:

<b>CONMUTACION DE CIRCUITOS</b>	<b>DATAGRAMA</b>	<b>CIRCUITO VIRTUAL</b>
Ruta de transmisión dedicada	Ruta no dedicada	Ruta no dedicada
Transmisión continua de datos	Transmisión de paquetes	Transmisión de paquetes
Suficiente rapidez para aplicaciones interactivas	Suficiente rapidez para aplicaciones interactivas	Suficiente rapidez para aplicaciones interactivas
Los mensajes no son almacenados	Los paquetes pueden ser almacenados hasta su entrega	Los paquetes son almacenados hasta su entrega
La ruta es establecida para la conversación completa	Para cada paquete se establece una ruta	La ruta es establecida para la conversación completa
Retraso al establecer la llamada. Retraso por transmisión imperceptible	Retraso en la transmisión de paquetes	Retraso al establecer la llamada y al transmitir los paquetes
Envía señal de ocupado si la parte llamada esta ocupada	El emisor puede ser notificado si el paquete no es entregado	El emisor es notificado si la conexión es denegada
La sobrecarga puede bloquear el establecimiento de llamadas pero no incrementa el retraso en las ya establecidas	La sobrecarga incrementa el retraso en la transmisión de los paquetes	La sobrecarga puede bloquear el establecimiento de llamada e incrementa el retraso en la transmisión de paquetes
Nodos electromecánicos o computarizados de conmutación	Pequeños nodos de conmutación	Pequeños nodos de conmutación
El usuario debe verificar si hay perdida del mensaje	La red puede ser responsable por paquetes individuales	La red puede ser responsable por la secuencias de paquetes
No utiliza conversión de velocidad ni conversión de código	Utiliza conversión de velocidad y conversión de código	Utiliza conversión de velocidad y conversión de código
Ancho de banda de transmisión fijo	Ancho de banda dinámico de transmisión	Ancho de banda dinámico de transmisión
No utiliza encabezados una vez que la llamada es establecida	Utiliza encabezados en cada paquete	Utiliza encabezados en cada paquete

**Tabla 2.2 Comparación entre conmutación de circuitos y conmutación de paquetes**

- Corrección
- Simplicidad
- Robustez
- Estabilidad
- Equilibrio
- Optimalidad

Las primeras dos características se explican por sí solas.

La robustez se refiere a la capacidad de la red para reaccionar ante fallas y sobrecargas.

La estabilidad es el hecho de evitar oscilaciones en el ruteo de los paquetes debido a una reacción demasiado lenta de la red ante fallas y sobrecargas. Esto es, supongamos que una parte de la red se encuentra congestionada y se cambia la ruta de los paquetes hacia otra parte menos congestionada; si el cambio se hace de manera lenta puede darse el caso de que la nueva ruta se haya congestionado en el tiempo en que se hizo la operación, propiciándose un problema de oscilación al tratar de regresar a la ruta original.

Finalmente la optimalidad y el equilibrio van muy ligados, idealmente esto se consigue dando mayor prioridad de intercambio entre estaciones cercanas que entre estaciones lejanas, ya que es de suponerse que las primeras tienen mayor interacción entre sí.

### Algoritmos de Ruteo

Los algoritmos de ruteo están basados generalmente en lo que se conoce como "la ruta del menor costo", en la cual es asociado un costo a cada línea entre algún par de nodos conectados. Un ejemplo de este principio se muestra en la figura 2.11 [WSTA90], en ella se puede observar que la ruta del menor costo para ir del nodo 1 al 6 es: 1-4-5-6, a pesar de que la ruta más corta es: 1-3-6.

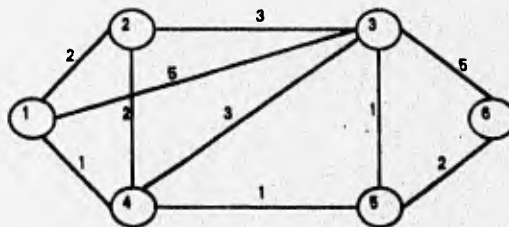


Figura 2.11 Ruta del menor costo entre nodos

Una vez que conocemos este principio podemos analizar algunas de las técnicas de ruteo que se usan con más frecuencia.



### Ruteo Fijo (Fixed Routing)

Esta es una de las técnicas de ruteo más sencillas, en ella una ruta es seleccionada para cada par de nodos fuente-destino en la red. Estas rutas nunca cambian, a excepción de cuando cambia la topología de la red. Los costos asociados a cada línea entre dos nodos no se basan en variables dinámicas como lo es el tráfico; generalmente son fijados en base a los costos de transmisión en el momento de implementar la red o en el tráfico esperado en ella.

La forma de implantar esta técnica es crear un directorio de control de rutas donde se almacena el identificador del primer nodo de la ruta entre dos nodos cualesquiera. Esto se ilustra en la figura 2.12 [WSTA90], en la cual tenemos el directorio de control de rutas para el ejemplo de la figura 2.11.

		Al nodo					
		1	2	3	4	5	6
Del nodo	1	-	2	4	4	4	4
	2	1	-	3	4	4	4
	3	5	2	-	5	5	5
	4	1	2	5	-	5	5
	5	4	4	3	4	-	6
	6	5	5	5	5	5	-

Figura 2.12 Directorio de control de rutas

Si queremos seguir la ruta del menor costo entre un par de nodos  $i$  y  $n$ , según el directorio, la ruta comienza recorriendo el tramo del nodo  $i$  al primer nodo  $k$  de la ruta. Ahora etiquetamos con  $R_1$  a lo que resta de la ruta (la parte de la ruta que va desde  $k$  hasta  $n$ ). Posteriormente se define la ruta de menor costo del nodo  $k$  al nodo  $n$  y la etiquetamos como  $R_2$ , de esta manera si hacemos una comparación entre  $R_1$  y  $R_2$  observaremos que contamos con tres opciones:

1. Si el costo de  $R_1$  es mayor que el de  $R_2$ , entonces se puede implementar la ruta a través de  $R_2$ .
2. Si el costo de  $R_1$  es menor que el de  $R_2$ , entonces  $R_2$  no es la ruta de menor costo entre  $k$  y  $n$ .
3. Si  $R_1$  y  $R_2$  son iguales se tiene la misma ruta.

Con este razonamiento aseguramos también que para cada punto a lo largo de la ruta solo es necesario saber el número del siguiente nodo y no la ruta completa hasta un determinado destino. Así el directorio solo ocupa una columna para cada nodo en donde se almacena el número del primer nodo en la ruta hacia cualquier posible nodo destino.

### Inundación (Flooding)

Otra técnica simple de ruteo es la conocida como flooding, la cual tampoco requiere de información sobre la red para trabajar. El modo en que opera es el siguiente:

Un paquete es enviado desde el nodo fuente a cada uno de sus nodos vecinos, estos a su vez, cuando reciben el paquete lo retransmiten por todas sus líneas de salida, excepto por la que llegó. Eventualmente un número de copias van a llegar al nodo destino, por lo que el paquete debe tener un identificador único (una secuencia de números), para que el nodo destino descarte todas las copias que le lleguen después de haber recibido el primero. El proceso anteriormente descrito se ilustra en la figura 2.13 [WSTA90]:

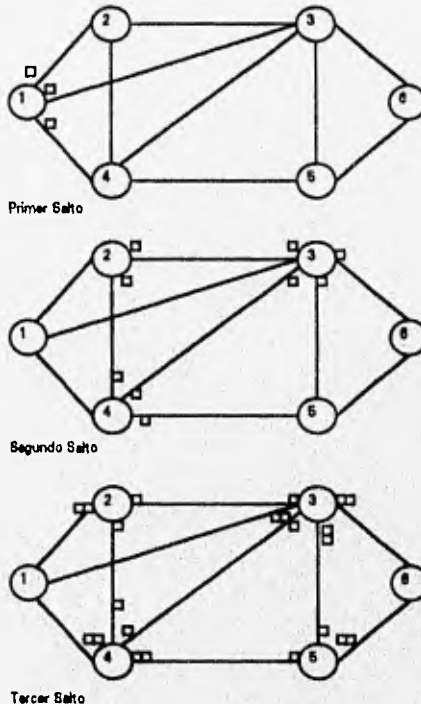


Figura 2.13 Ruteo de paquetes utilizando flooding

Es claro que para evitar problemas en la red, es necesario parar en algún momento la retransmisión de los paquetes; una manera sencilla de controlarlo es limitando el número de veces que un paquete puede pasar de un nodo a otro. Esto se realiza incluyendo en él un contador de saltos; el cual es fijado inicialmente por el nodo fuente en un valor entero y positivo; así cada vez que el paquete pase de un nodo a otro el contador descenderá en una unidad. De esta manera si el contador llega al valor cero, simplemente el paquete será destruido.

Una de las propiedades más interesantes de esta técnica, es que todas las posibles rutas entre una fuente y su destino son tomadas en cuenta, ignorando que tan cortas o que tan largas son; en consecuencia, esta técnica es altamente robusta ante errores, ya que se asegura que siempre llegará algún paquete a su destino, y por lo tanto se puede ocupar para enviar mensajes de alta prioridad.

### Ruteo Adaptativo

Las técnicas mencionadas anteriormente, tienen la característica de no reaccionar ante cambios en la red, o como resultado de alguna acción del sistema operativo.

Las técnicas que sí reaccionan a dichos cambios son denominadas adaptativas. Su implementación conlleva muchas complicaciones, sin embargo, son por mucho las prevalentes actualmente.

En la tabla 2.3 se enumeran algunas de sus ventajas, así como sus principales desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desde el punto de vista de los usuarios, una estrategia de este tipo proporciona un alto desempeño; por el hecho de que los paquetes son enviados por la mejor ruta disponible en el momento de la decisión de ruteo.</li> <li>* Desde el punto de vista de la red, esta estrategia ayuda en el control de la congestión, ya que suaviza la carga en la red.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* La decisión de ruteo es más compleja, por lo que el tiempo de procesamiento se incrementa</li> <li>* Una estrategia adaptativa, quizás reaccione muy rápido, ocasionando una congestión en la red; o quizás reaccione muy lentamente haciéndola irrelevante.</li> <li>* En muchos casos las técnicas adaptativas dependen de información que es recolectada en una parte y usada en otra, lo que contribuye al aumento de tráfico en la red.</li> </ul>

Tabla 2.3 Ventajas y desventajas del ruteo adaptativo

Las desventajas anteriores, dependen en gran parte de la corrección en su diseño. Para poder diseñar adecuadamente una estrategia adaptativa de ruteo se deben de considerar dos parámetros importantes y estos son:

1. El lugar donde la decisión de ruteo es hecha.
2. La cantidad de información utilizada para tomar la decisión.

Tomando en cuenta estos parámetros, todas las estrategias adaptativas están basadas en una combinación de los tres esquemas siguientes:

- Adaptativa Aislada (Isolated adaptive): Información local, control distribuido.
- Adaptativa Distribuida (Distributed adaptive): Información de los nodos adyacentes o de todos los nodos, control distribuido.
- Adaptativa Centralizada (Centralized adaptive): Información de todos los nodos, control centralizado.

El esquema *adaptativo aislado* consiste en mandar cada paquete por la línea de salida que tenga la cola de paquetes más corta (Q) en espera de ser enviados, sin importar cuál sea su destino. Esta acción tiene un efecto de balanceo en la carga de la red, pero a la vez puede ocasionar que algunos paquetes no sean enviados en la dirección general correcta. Una manera de minimizar esto es escoger las direcciones preferidas asignando a cada nodo vecino de un nodo  $i$  un valor de elección ( $B_{ij}$ ) especificado según sean las direcciones más convenientes para cierto destino, así para cada paquete que llegue al nodo  $i$  este escogerá a su vez la línea de salida que tenga el mínimo valor de la expresión  $Q_i + B_{ij}$  de todos sus  $l$  vecinos,  $Q_i$  es el número de los paquetes que están en la cola de la línea del nodo  $i$ , aplicando esta técnica hay mayor probabilidad de que el nodo mande el paquete en la dirección correcta aprovechando también el conocimiento del estado actual del tráfico y los retrasos que ocasiona.

En la figura 2.14 [WSTA90] tenemos un ejemplo que ilustra esta técnica.

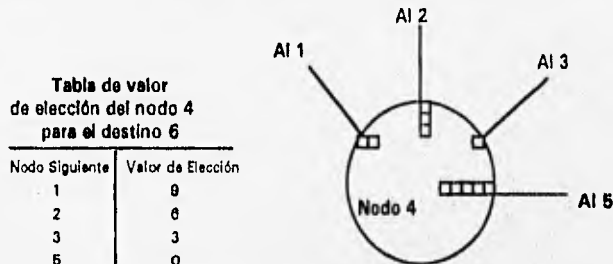


Figura 2.14 Ruteo de paquetes utilizando el esquema adaptativo aislado

En este caso, el nodo 4 tiene como vecinos a los nodos 1, 2, 3 y 5, consultando la tabla de valores de elección  $B_{ij}$  y el número de paquetes que están en espera en la línea de cada nodo  $Q_i$ , se obtiene que el paquete debe ser ruteado a través del nodo 3 ya que este da el menor valor de la suma  $Q_i + B_{ij}$  ( $1 + 3 = 4$ ).

El esquema *adaptativo distribuido* consiste en mantener dos estructuras de datos. La primera conocida como matriz de retrasos, muestra para cada par de nodos conectados directamente el tiempo estimado de retraso con respecto a la línea en ambos sentidos (para un par de nodos que no estén directamente conectados el tiempo de retraso es infinito). Con esta información un nodo puede calcular la ruta del menor costo a cada uno de los otros nodos y desarrollar una matriz de ruteo como la que se mostró para el método de ruteo fijo.

La clave del diseño de este algoritmo es la forma en la que se obtienen los valores para la matriz de retraso. Generalmente cada diez segundos todos los nodos censan el promedio de tiempo de retraso en cada una de sus líneas de salida. Si existe cualquier cambio o hay cambios en la conectividad la información es mandada a todos los otros nodos utilizando la inundación. Cada nodo actualiza su matriz de retrasos cada vez que un paquete de información de cambios le llega.

En el esquema *adaptivo centralizado* un nodo es designado (con su respectivo respaldo). El supervisor hace la función de ruteo basándose en la técnica de circuitos virtuales. Cuando un circuito virtual es requerido, el supervisor determina la ruta del menor costo y pasa la información de ruteo necesaria a cada uno de los nodos de la ruta para establecer dicho circuito virtual. Cuando el circuito virtual es cerrado el supervisor avisa de nuevo a todos los nodos de la ruta.

Para el diseño de un algoritmo de este tipo existen dos claves:

- 1) Cómo son asignados los costos a cada línea.
- 2) Cómo la ruta es comunicada a todos los nodos que van a formarla.

Los costos de línea se basan en el promedio de transmisión de datos, tipo de tráfico y cantidad de carga.

Para establecer un circuito virtual el supervisor, una vez que ha calculado la ruta del menor costo, manda toda la información necesaria al nodo fuente, conteniendo la ruta como una lista ordenada de nodos. La información es pasada entonces de nodo en nodo a través de la ruta designada, si en su camino se encuentra con algún problema el paquete de información regresa al origen y reporta esto al supervisor para que tome las medidas necesarias.

## 2.2.5 CONTROL DE CONGESTION

Otra de las funciones básicas de una red de conmutación de paquetes es el control de la congestión. Su objetivo es mantener el número de paquetes en todas o algunas partes de la red por debajo de un nivel en el cual los retardos debido a la espera en colas de paquetes comienza a ser excesivo.

En esencia una red de paquetes conmutados es una red de colas [WSTA90]. Analizando una red de este tipo podemos darnos cuenta de que cada nodo tiene colas de paquetes en cada una de sus líneas de salida, por lo que si el promedio al cual llegan los paquetes a una línea de salida excede el promedio al cual los paquetes son transmitidos la cola en el nodo crece fuera de todo límite, por lo tanto el retraso tiende a ser infinito.

Generalmente cuando una línea está siendo utilizada a más del 80% de su capacidad, las colas de espera de los paquetes crecen de una manera excesiva.

Para evitar esto y llevar a cabo un adecuado control de la congestión, se han desarrollado técnicas de control de flujo. Estas son utilizadas para regular el flujo de datos entre dos puntos; el receptor limita al emisor el promedio de transmisión de sus datos.

### **Técnicas de Control de Congestionamiento**

Las técnicas de control de congestión pueden ser divididas tomando en cuenta dos aspectos:

- 1) Su alcance de control (Datagramas vs circuitos virtuales)
- 2) Su nivel de control (Saltos vs entrada - salida vs acceso a la red.)

En lo que se refiere al alcance de control puede ser de:

- **Paquete;** Este tipo de técnica se interesa principalmente en el movimiento de paquetes individuales dentro de distintos puntos de la red, poniendo especial atención a la magnitud de la carga en cada nodo de manera individual.
- **Círculo virtual;** Este tipo de técnica se interesa en el flujo de paquetes a través de un circuito virtual. Controlando la actividad de todos los circuitos virtuales que están activos en la red en un momento dado, los paquetes que se están moviendo a través de la red son controlados.

En lo que se refiere al nivel de control este puede ser de:

- **Salto entre nodos;** que consiste en la negociación entre nodos adyacentes para evitar congestionamientos de los búfers locales.
- **Entrada a salida;** esta técnica se interesa en el flujo de paquetes entre dos puntos finales (nodos) funciona con base en circuitos virtuales y previene la congestión del búfer a la salida del switch.
- **Acceso a la red;** este tipo de técnicas limita la transmisión de paquetes de un determinado DTE, es decir, limitan las entradas externas a la red basándose en las condiciones internas de la misma.

Los distintos métodos de control de congestión resultan a partir de la combinación que hagan del alcance y nivel de control definidos por las técnicas antes mencionadas [MGER84].

## **2.2.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UNA PSPDN**

La tecnología básica en la que se fundamenta la conmutación de paquetes es el día de hoy, en esencia, la misma que en la década de los setentas, esto se debe en buena parte a las ventajas que presenta, entre las cuales podemos encontrar las mencionadas en la tabla 2.4 [WSTA90]:

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<p>Provee conversiones de velocidad. Dos dispositivos con diferentes tasas o rangos pueden intercambiar datos, la red almacena los datos y los envía a una tasa apropiada.</p>	<p>Control y Ruteo Complejos. Para mantener la eficiencia de la red esta emplea complicados algoritmos de ruteo y control.</p>
<p>Manejo de congestión. Conforme la carga en la red aumenta también aumenta el retraso por lo que se permite utilizar nuevas rutas.</p>	<p>Retardo. El retardo está en función de la carga, puede ser largo y es variable.</p>
<p>Utilización eficiente. Los switches se utilizan conforme a la demanda y no dedicando toda su capacidad a una llamada particular.</p>	
<p>Debido a la inteligencia en la asignación, la red puede seguir operando aún cuando un enlace físico se encuentre roto o dañado.</p>	
<p>Provee de detección y corrección de errores, diagnósticos de fallas, verificación de mensajes, chequeo de secuencia de los mensajes, etc.</p>	
<p>Multiplexaje Lógico. Un sistema anfitrión puede tener varias conversaciones con un número n de terminales en la misma línea.</p>	

Tabla 2.4 Ventajas y desventajas de una PSPDN

## 2.2.7 APLICACIONES DE UNA PSPDN

Las características que presenta este tipo de red, la hacen un buen medio para diversos tipos de aplicaciones, a continuación mencionamos algunas de ellas (WSTA90):

### **Datos**

#### **Red Pública de Datos (Public Data Network PDN) / Red de Valor Agregado (Value - Added Network VAN)**

Provee facilidades en la comunicación de datos para computadoras y terminales en una área amplia. La red utiliza recursos compartidos, el dueño de la cual es un proveedor que vende su capacidad a otros.

#### **Red Privada de Conmutación de Paquetes**

Provee recursos compartidos para computadoras y terminales de una organización. Este tipo de red se hace necesaria cuando el tráfico de información dentro de la organización es abundante.

## **Voz**

### ***Red de Paquetes de Voz***

Provee facilidades de comunicación en tiempo real para tráfico de voz. Esta aplicación requiere de la capacidad de transmitir señales de voz con un retardo muy bajo y constante.

Concluido el estudio de las tecnologías de conmutación, es probable que estas parezcan un poco anticuadas en comparación con las tecnologías que actualmente se están desarrollando. Sin embargo, no desaparecerán a corto plazo ya que la gran mayoría de las aplicaciones actuales fueron diseñadas para trabajar sobre estas, especialmente para aquellos sistemas síncronos de baja velocidad para los cuales resulta más económico su uso. El paso siguiente consiste en realizar una migración progresiva y transparente de los sistemas basados en estas tecnologías hacia las nuevas tecnologías digitales de servicios integrados.

A partir del capítulo siguiente iremos describiendo como es que se relacionan este tipo de redes conmutadas con las arquitecturas de redes digitales, así como el funcionamiento, arquitectura y protocolos de las redes digitales de servicios integrados.



# Capítulo 3

## ARQUITECTURA DE UNA ISDN

Una red digital de servicios integrados (Integrated Digital Services Network, ISDN) es una red pública de servicios integrados que permite el manejo de una gran variedad de servicios tales como: video, audio, imágenes y datos. Se encuentra definida por la estandarización de interfaces de usuario y se implementa utilizando conjuntos de switches digitales y rutas que soportan este tipo de servicios.

Los estándares ISDN están determinados por la CCITT y su arquitectura se encuentra dividida en tres subredes: la red de intercambio (InterExchange Network, IEN), la red de señalización de canal común (Common Channel Signaling Network, CCSN) y la red de acceso del suscriptor (Subscriber Access Network, SAN); en las cuales se definen los medios y los componentes tanto físicos como lógicos de la red para la transmisión.

En este capítulo se hará una descripción detallada de la arquitectura ISDN, así como de los elementos que la componen.

### 3.1 MODELO EN BLOQUES

Para llevar a cabo la especificación de la arquitectura de una red digital de servicios integrados en un sentido genérico es conveniente dividirlo en tres partes principales: la red de intercambio (InterExchange Network, IEN), la red de señalización de canal común (Common Channel Signaling Network, CCSN) y la red de acceso del suscriptor (Subscriber Access Network, SAN) [HHEL91], las cuales se muestran en la figura 3.1

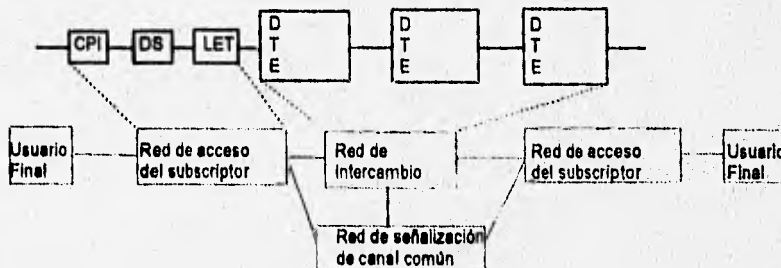


Figura 3.1 División ISDN

### **3.1.1 RED DE INTERCAMBIO ( IEN )**

En la parte central de la arquitectura de una ISDN se encuentra la llamada red de intercambio (InterExchange Network, IEN), la cual consiste de los componentes físicos y lógicos de la espina dorsal de la red de transmisión, incluyendo algunos dispositivos de tránsito de red y los enlaces de transmisión que conectan a estos dispositivos. El propósito principal de la IEN es proporcionar la transmisión y la conmutación física y lógica a través de la cual la información del usuario puede ser transportada. Hay dos tipos de IEN, la CSIEN que está basada en la conmutación por circuitos y la PSIEN la cual está basada en la conmutación por paquetes.

### **3.1.2 RED DE SEÑALIZACION DE CANAL COMUN ( CCSN )**

Superpuesta sobre la IEN e interactuando con ésta se encuentra la red de señalización de canal común (Common Channel Signaling Network, CCSN), la cual combina las funciones requeridas para el control, la administración y el mantenimiento de la ISDN. Esta provee los medios físicos y lógicos para la transmisión de señales de control entre los componentes de la IEN, dichas señales son utilizadas para la administración y la localización de los recursos de la red así como para el desempeño de las funciones de mantenimiento.

### **3.1.3 RED DE ACCESO DEL SUBSCRIPTOR (SAN)**

La última parte principal de la ISDN -- la red de acceso del subcriptor (Subscriber Access Network, SAN) -- consiste del bloque de la ISDN entre el usuario final o subcriptor y la IEN o la CCSN.

Esta puede ser dividida en tres componentes, los cuales son: la CPI , la DS y la LET [HHEL91].

#### **Customer-premises installation, CPI**

El CPI se refiere a los dispositivos de la SAN que están directamente bajo el control del subcriptor: teléfono, adaptadores, estaciones de trabajo, concentradores, PBX, LAN, etc.

#### **Sección Digital, DS**

La sección digital (Digital Section, DS) consiste de la línea de acceso al subcriptor (loop local)-- también conocida en la CCITT como el Sistema de Transmisión Digital (Digital Transmission System, DTS) -- y el equipo terminador de la línea física. Esta provee los medios de transmisión para llevar información entre el conmutador local y el equipo del usuario.

### Terminador de Intercambio lógico LET

El propósito del terminador de intercambio lógico (Logical Exchange Termination, LET) es terminar estas transmisiones en un sentido lógico.

## 3.2 GRUPOS FUNCIONALES Y PUNTOS DE REFERENCIA

Para especificar las propiedades físicas y lógicas de la IEN, CCSN y SAN, y ayudar en el desarrollo de implementaciones estándares de ISDN, es recomendable hacer una descomposición de la capacidad total de la ISDN. Esto está acompañado por una división de arreglos de grupos de funciones que interactúan uno con otro a través de los llamados puntos de referencia. Tales descomposiciones son conocidas como las configuraciones de referencia.

Los grupos funcionales<sup>1</sup> consisten de ciertas combinaciones de funciones físicas y lógicas que son requeridas para la transmisión y control de las señales a través de la IEN, CCSN y SAN.

Los puntos de referencia definen puntos conceptuales de demarcación entre pares de grupos funcionales.

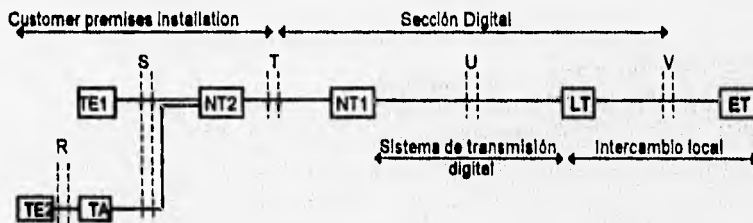


Figura 3.2 Configuración de referencia de la red de acceso del usuario

La configuración de referencia de la red de acceso al subscriptor (o usuario) ISDN se descompone en siete grupos generales de funciones, los cuales describen la capacidad de la SAN para enviar información entre el usuario final y la red de intercambio.

Es importante mencionar que un grupo funcional no corresponde necesariamente a un dispositivo físico, es decir, una función individual en un grupo puede ser implantado en una o varias piezas de un equipo.

<sup>1</sup> También llamados dispositivos funcionales ISDN [2]

### **3.2.1 CONMUTADOR LOCAL, LE**

El conmutador local (Local Exchange, LE), también llamado por los norteamericanos "oficina central", está formado por dos subgrupos: ET y LT.

#### **Terminador de intercambio**

El terminador de intercambio (Exchange Termination, ET) constituye la parte lógica del LE y provee las funciones necesarias para la unión lógica de la SAN hacia la IEN. Ejecuta la inserción y extracción de señalización, la conversión de códigos de intercambio de información, la alineación de las tramas, la generación de alarmas e indicadores de fallas de el lado del conmutador.

#### **Terminador de línea**

El terminador de línea (Line Termination, LT) cubre los aspectos físicos de la LE, sus funciones principales son: suministrar energía a través de los DTS a las instalaciones del cliente, localizar fugas de corriente a través de las líneas de transmisión de respaldo; también se encarga de la generación y regeneración de señales en banda base y la conversión de un código en banda base a otro. Trabaja del lado del conmutador.

### **3.2.2 TERMINADOR DE RED, NT**

El terminador de red (Network Termination, NT) forma la parte intermedia entre la red y el equipo para el usuario. Existen dos tipos de NT:

#### **Terminador de red tipo 1, NT1**

Su principal objetivo es la terminación del DTS sobre el lado del usuario, también ejecuta la conversión entre la generación y recepción de señales electromagnéticas para el equipo del cliente, así como la sincronización de la transmisión. Suministra energía al equipo del cliente, además de proporcionar protección a la red y al equipo terminal contra alteraciones y daños físicos.

#### **Terminador de red tipo 2, NT2**

Sus funciones principales son: multiplexión, concentración y conmutación del flujo de información múltiple y además maneja los protocolos de las capas 2 y 3 del modelo OSI. Ejemplos: LAN y PBX.

### **3.2.3 EQUIPO TERMINAL, TE**

El equipo terminal (Terminal Equipment, TE) es el dispositivo que utiliza el usuario final, por ejemplo: estación de trabajo ISDN, dispositivos DTE, etc. Existen dos tipos de equipos terminales:

#### **Equipo terminal tipo 1, TE1**

Aquellos que utilizan los protocolos de ISDN y soportan los servicios de ISDN.

#### **Equipo terminal tipo 2, TE2**

Son dispositivos no compatibles con ISDN, como los que poseen interfaz X.25 RS-232.

### **3.2.4 ADAPTADOR DE TERMINAL, TA**

El adaptador de terminal (Terminal Adapter, TA) permite comunicar a un dispositivo TE2 con la red ISDN.

### **3.2.5 PUNTOS DE REFERENCIA**

Los puntos de referencia ISDN definen la comunicación entre los diferentes dispositivos.

Cinco protocolos de puntos de referencia están comunmente definidos para ISDN, llamados R, S, T, U y V.

#### **Punto de referencia R**

Está entre TE2 y TA. No hay un conjunto de estándares para este punto, sino que queda determinado por el tipo de TA a utilizar.

#### **Punto de referencia S**

Entre (TE1 ó TA) y (NT1 ó NT2). Provea una separación de la lógica y funciones físicas disponibles entre el usuario final y la red.

#### **Punto de referencia T**

Se localiza entre NT2 y NT1 y permite la separación de esas funciones en diferentes grupos.

#### **Punto de referencia U**

Define los estándares de transmisión entre NT1 y LE.

#### **Punto de referencia V**

Separa los aspectos físicos y lógicos de terminación de la SAN sobre la red ISDN.

Está compuesta por 4 versiones.

- V1 y V3. Marcan la interfaz entre la terminación física del LT y la terminación lógica en la ET. Se utiliza en conexiones usuario-red, ya sea de acceso básico o acceso primario. Ver figura 3.3a.
- V2. Se localiza de el lado de el concentrador. Sirve como una unidad de terminación de línea remota de varias terminales DTE's de acceso básico o acceso primario. Ver figura 3.3b.
- V4. Corresponde a la interfaz sobre la red del lado de un multiplexor remoto, que combina varios DTE's de acceso básico únicamente.

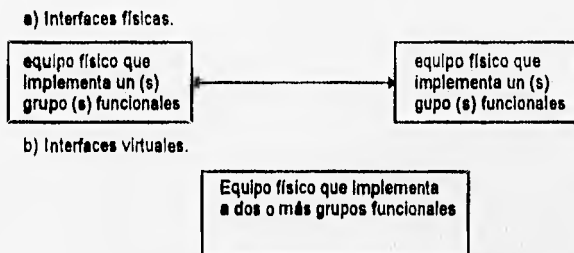


Figura 3.3 Versiones del punto de referencia V

### 3.2.6 EJEMPLOS DE CONFIGURACIONES BASICAS

Es posible tener diferentes arreglos físicos de los grupos funcionales y de puntos de referencia, lo cual dependerá de las características del subscriptor. En la figuras 3.4 mostramos varios arreglos de los grupos funcionales envueltos en la parte de la arquitectura del lado del subscriptor del punto de referencia U. El más simple es mostrado en la figura 3.4a, en la cual el NT2 no está, así que el equipo terminal se conecta directamente al terminador de red NT1 y el punto de referencia S desaparece o prevalece con el punto de referencia T, indicando que una terminal puede ser físicamente conectada a un NT2 o a un NT1.

También podemos tener arreglos en las cuales dos grupos funcionales adyacentes son combinados en un grupo funcional simple, posiblemente en el mismo equipo físico, eliminando uno u otro de los puntos de referencia explícitos entre ellos. Ver figura 3.4 incisos b y c.

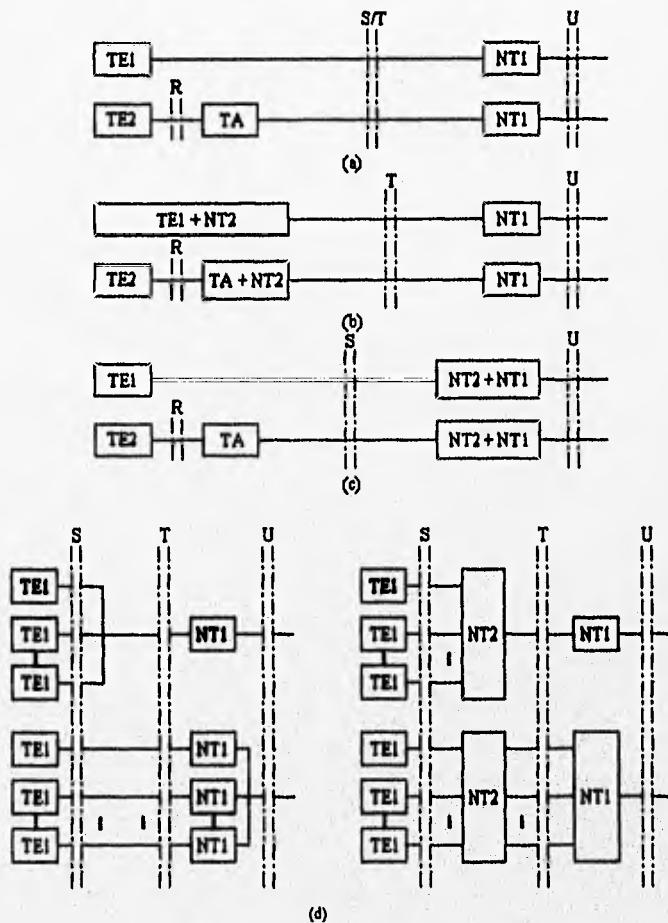


Figura 3.4 Configuraciones de referencia de la red de acceso del usuario punto a punto y multipunto

También es posible tener configuraciones de tipo multipunto, por ejemplo, si NT2 solo tiene funciones de concentración o simplemente no existe, podemos obtener un arreglo multidrop o estrella, pero si NT2 tiene funciones de multiplexaje y conmutación podemos tener arreglos como los de la figura 3.4d. Las configuraciones de este tipo son representativas de los elementos de unión de las terminales al PBX (private branch exchange) que acomoda múltiples terminales en la entrada y los conecta a un simple punto de terminación de red.

### 3.3 CONFIGURACION BASICA DE LA RED DE INTERCAMBIO (IEN)

Se dice que la red de Intercambio en ISDN es la que provee la conexión de ISDN con el elemento básico, [HHEL91],

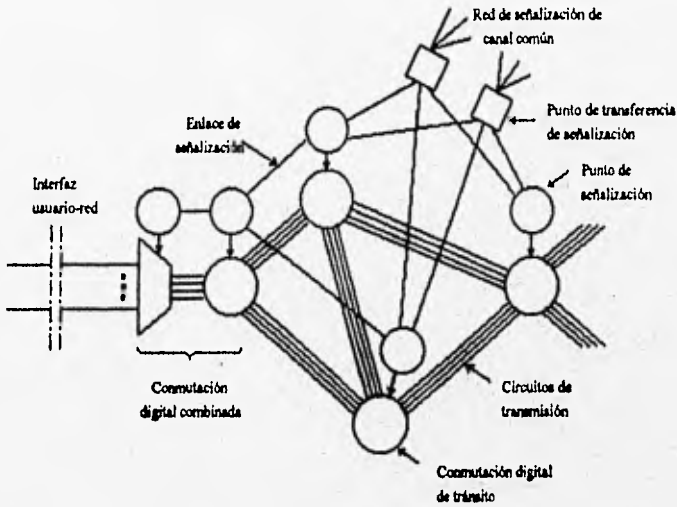


Figura 3.5 La red de intercambio en ISDN

#### 3.3.1 LA RED DE INTERCAMBIO EN ISDN

En la figura 3.5 se ilustra la red de intercambio que consiste de un número de elementos de conmutación y una serie de medios de transmisión interconectados e los conmutadores formando una red con topología distribuida [HHEL91]. Los dispositivos de conmutación llamados conmutadores digitales de tránsito proveen las terminaciones físicas del medio de transmisión de interconmutación, seleccionan y distribuyen la transmisión, guardan la información de los medios de las conexiones de los usuarios finales, y llevan a cabo la conmutación y transmisión de la información del usuario final.

Además de estas funciones, ciertos conmutadores tienen una función local para la terminación del acceso a red de un subscriptor, en cuyo caso es referido como conmutador digital combinado (Digital Combined Exchanges, DCE). Las conexiones del usuario final en ISDN pueden ser por conmutación de circuitos o conmutación de paquetes.



Los canales de transmisión digitales que conectan los conmutadores digitales de tránsito y los conmutadores digitales combinados manejan tasas primaria, secundaria y terciaria, 2048/1544 kbit/s, 8448/6312 kbit/s y 34368/44736 kbit/s respectivamente, establecidas en el estándar de Modulación por pulsos codificados de la CCITT [HHEL91].

Las acciones de los dispositivos de conmutación y transmisión de la IEN son controladas por mensajes intercambiados entre los conmutadores y los puntos de señalización de la CCSN. Esta red, opera en el modo de conmutación de paquetes. Aunque la red de señalización de canal común podría ser separada por completo, cierta parte de los medios de la IEN son usualmente dedicados a la transmisión y conmutación del control de la información. En este caso la distinción entre una conexión de usuario final y una conexión de señalización se ve en el nivel lógico [HHEL91].

La mayoría de las descripciones de los estándares ISDN se encuentran en las recomendaciones de la serie I de la CCITT y se centran en tres áreas principalmente [WSTA95]:

- Estandarización de los servicios ofrecidos a los usuarios.
- Estandarización de la interfaz usuario - red.
- Estandarización ISDN para poder permitir interoperabilidad usuario - red y red - usuario.

El capítulo siguiente describirá detalladamente la estandarización usuario - red, y las estandarizaciones restantes se describirán en los capítulos subsecuentes.

# Capítulo 4

## INTERFAZ USUARIO RED (UNI)

El definir en que punto una red debe interactuar con el usuario, es una decisión de suma importancia ya que de ella depende que el flujo de información entre ambos se lleve a cabo de manera ágil, eficiente y con el menor número de errores posible.

En el principio de este capítulo se define el punto en que una red ISDN establece su interfaz con el usuario para delimitar las funciones propias a cada parte, es decir, se define lo que se conoce como interfaz usuario-red (User Network Interface, UNI) así como sus características y tipos.

Una vez definida la interfaz usuario-red, el capítulo continúa y finaliza con un análisis de la arquitectura de los canales de comunicación que maneja para transportar la información, se analizan particularmente las dos estructuras de canal que utiliza una red ISDN: la síncrona con sus distintos tipos de canales y estructuras, y la asíncrona en la que se introduce el concepto de canal componente virtual. Siendo así damos paso al inicio del capítulo.

### 4.1 TIPOS DE INTERFAZ USUARIO RED

Actualmente existen dos puntos de vista para delimitar cuáles funciones de una ISDN están bajo la responsabilidad del usuario final y cuáles bajo la responsabilidad de la red, es decir, en qué punto de referencia se debe ubicar la interfaz ISDN.

Algunos consideran esta delimitación en el punto de referencia S o T, pero nosotros lo tomaremos en el punto de referencia U tal y como lo maneja la CCITT de los Estados Unidos de Norteamérica.

Existe una relación entre el usuario y la red. Esta relación se pone de manifiesto dentro de la ISDN en los límites entre el usuario y la red que corresponde a los puntos de referencia S, T y U. La parte de la ISDN más importante en esta relación está determinada por las características de la interfaz usuario-red (User-to-Network Interface, UNI).

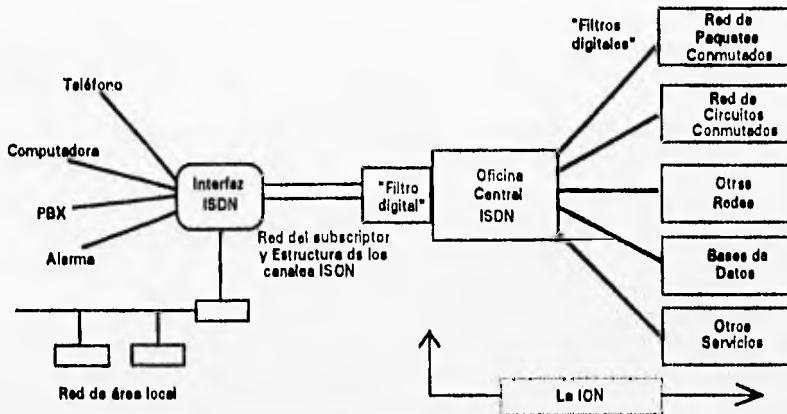


Figura 4.1 Vista conceptual de las características de la conexión ISDN

Tales características llevan consigo dos consideraciones importantes. La primera, relacionada con los servicios disponibles en la red hacia el usuario a través de los puntos de referencia S, T y U. La segunda tiene que ver con las interconexiones físicas y las relaciones lógicas de los grupos funcionales TE, NT1, NT2, LT y ET en ambos lados de los puntos de referencia S, T y U.

Recordemos que la principal característica de una ISDN es que debe soportar un amplio rango de aplicaciones sobre una misma red, por lo tanto ISDN debe proporcionar una interfaz "universal" que permita al usuario disponer de una gran cantidad de servicios, lo cual implica considerar los siguientes puntos, ver figura 4.1:

- Las propiedades mecánicas y electromagnéticas de los dispositivos en los cuales están construidos los grupos funcionales y los medios de interconexión con los cuales estos dispositivos se unen a otros.
- Las estructuras de señalización y protocolos lógicos de interacción empleados por los grupos funcionales en la comunicación con otros a través de los puntos de referencia S, T y U.
- Las propiedades de operación, de desempeño y de mantenimiento de los grupos funcionales y medios de interconexión.

Uno de los objetivos más importantes en el desarrollo de la ISDN es estandarizar estas características de la interfaz usuario-red para obtener mayores beneficios.

De estas consideraciones parecería que solo basta con definir e instrumentar una interfaz usuario red estándar y sencilla. En la práctica la multitud de aplicaciones diferentes impiden la realización de una interfaz "universal" única.

Para balancear los requerimientos de eficiencia, universalidad, flexibilidad, baja complejidad y bajo costo por un lado, y la amplia variedad de dispositivos y aplicaciones existentes y en desarrollo por el otro, distintas interfaz usuario-red están definidas.

A continuación se mencionan tres de éstas, junto con ejemplos de aplicaciones propuestas, [HHEL91]:

#### **4.1.1 INTERFAZ DE ACCESO BASICO**

La UNI de acceso básico está diseñada para los dispositivos caseros o de negocios pequeños. Ejemplos específicos son: la telefonía digital, terminales de datos síncronas y asíncronas, computadoras personales, máquinas de faxes e Impresoras. Las tasas de datos pico generadas en las aplicaciones que envuelven estos dispositivos están por debajo de los 100 kbps [HHEL91]

#### **4.1.2 INTERFAZ DE ACCESO PRIMARIO**

La UNI de acceso primario está diseñada para ajustarse a las terminales de video de cuadro congelado o de barrido lento, dispositivos de audio de alta calidad y terminales gráficas de alta velocidad y máquinas de fax digital. Las tasas de datos para los dispositivos que utilizan la UNI de acceso primario llegan hasta los 2 Mbps.

#### **4.1.3 INTERFAZ DE ACCESO DE BANDA ANCHA**

La UNI de acceso de banda ancha provee la capacidad requerida para la transmisión de cuadros en movimiento, televisión estándar y de alta definición, videoconferencias y datos de video. Aquí la tasa de datos se podría extender hasta varios cientos de Mbps.

### **4.2 LA ARQUITECTURA DE LOS CANALES DE COMUNICACIONES DE LA ISDN**

Concentraremos nuestra atención al desarrollo de un modelo abstracto que describe la estructura total de las comunicaciones de la ISDN.

De muchas maneras los aspectos de comunicación de una ISDN son únicos y diferentes de los de otras redes de telecomunicaciones, su modelo se basa en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (Open Systems Interconnection, OSI), desarrollado por la Organización Internacional de Estándares, para la comunicación entre sistemas abiertos.

#### **4.2.1 ESTRUCTURAS DEL CANAL Y CANALES COMPONENTES**

La selección de las tasas en la cual la información es transportada a través de la UNI está influenciada por varias consideraciones importantes. Primero, las tasas deben ser apropiadas y deben tomar en cuenta las fluctuaciones estadísticas de la información generada por una aplicación dada. Segundo, éstas deben ser compatibles con las limitaciones de la capacidad del canal impuestas por la red de acceso del subscriptor (SAN), y en particular por el sistema de transmisión digital (DTS). Tercero, las tasas de datos sobre la UNI deben corresponder a las tasas de transmisión disponibles en los circuitos de la red de intercambio (IEN). Por último, la elección de las tasas de datos está restringida por el deseo de obtener una interfaz de baja complejidad y bajo costo, lo cual implica un límite en el número de tasas de datos diferentes y disponibles a través de la UNI.

Estas consideraciones llevan al concepto de estructura del canal. Por definición, una estructura del canal consiste de la capacidad total de la UNI para transportar la información [HHEL91]. La estructura del canal está dividida en uno o más canales componentes, cada uno con una tasa de datos especificada, que representan porciones independientes de manera lógica de la capacidad total [WSTA95].

Generalmente, se definen dos tipos de estructuras del canal, las cuales son conocidas como estructura del canal síncrono y asíncrono [WSTA95]. En una estructura del canal síncrono, la tasa de transmisión de un canal componente es constante pero podría variar de un canal componente a otro. Por el contrario, en la estructura del canal asíncrono un canal componente está creado dinámicamente por los requerimientos de transmisión instantánea de la aplicación.

#### **4.2.2 ESTRUCTURAS DEL CANAL SINCRONO**

La estructura del canal síncrono es normalmente vista como una multiplexión por división en el tiempo síncrona (STDM).

La estructura del canal consiste de una secuencia continua y periódica de tramas que están separadas por canales de encuadramiento transmitidos en forma síncrona a través de los puntos de referencia S, T o U de la UNI para una determinada tasa de transmisión y, cada trama está dividida en un cierto número de ranuras de tiempo. Un canal componente está formado por la asignación permanente de uno o más ranuras de tiempo específicas y no necesariamente contiguas en cada trama, y la capacidad resultante del canal componente está determinada por la duración de la trama y las ranuras de tiempo, por el número de bits que porta una ranura de tiempo y por el número de ranuras.

Existen tres tipos de canales síncronos: tasa base, tasa primaria y banda ancha.

Cada estructura de canal consiste de una combinación de tres tipos de canales componentes: canal B, canal D y canal H.

### **Canal B**

Tiene una capacidad de 64 kbps en modo full duplex.

#### **Función principal**

Transportar información entre un par específico de usuario final a través de los puntos de referencia S, T o U de la UNI sin importar la representación binaria de los datos.

#### **Tipo de información que transporta.**

1. Voz digitalizada, codificada a 64 kbps usando PCM.
2. Datos, de CCITT, con tasas de 0.6, 1.2, 1.4, 4.8, 9.6, 48 y 64 kbps.
3. Combinación de voz -codificada a tasas menores a 64 kbps - y datos.

El canal B puede ser utilizado en la conmutación por circuitos y conmutación por paquetes.

- Para la conexión por conmutación por circuito, el canal B es dado por completo a un único UNI en modo transparente y no se permite información de señalización para el control de la conexión en el canal B.
- Para la conexión por conmutación por paquetes, el flujo de datos de el canal B puede ser conmutado en diferentes circuitos virtuales para la separación de destinos, así mismo, el canal B puede llevar información de señalización para el control de los circuitos virtuales.

### **Canal D**

Existe dos tipos de canal D (operando en full duplex), de acuerdo a la tasa de transmisión que soportan:

- Canal D de 16 kbps
- Canal D de 64 kbps.

#### **Función principal.**

Llevar la información de señalización para el control de la conexión de conmutación por circuito, involucrando uno o más canales B entre el usuario y la red.

#### **Funciones adicionales.**

También puede utilizarse para transportar información de señalización usuario-usuario, paquetes de datos conmutados a tasas bajas de bits y señales telemétricas, usando técnicas de multiplexión.

## Canal H

Función principal.

Transmitir la información del usuario que requiere tasas mayores a 64 Kbps y un poco más de 100 Mbps, por ejemplo: video digital y audio de alta resolución para televisión, teleconferencia, transferencias de archivos a alta velocidad, gráficas de alta resolución, etc.

Existen cuatro tipos de canal H: Canal H0, Canal H1 ya sea H11 o H12, Canal H2 que puede ser H21 o H22 y Canal H4

La tasa de transmisión de cada uno de ellos se obtiene como una combinación de canales B o canales H0 [GKES90], esta información se presenta en la tabla 4.1:

canal componente	tasa [kbps]	tasa múltiplo de canales B	tasa múltiplo de canales H0
H0	384	6	1
H11	1536	24	4
H12	1920	30	5
H21	32768	512	-
H22	44160	690	115
H4	135168	2112	352

Tabla 4.1 Tasas de transmisión de los tipos de canal H

### Canal H0

Opera en full duplex.

Uso: para programas de alta calidad de radiodifusión de audio digital.

### Canal H1

Uso: transporta estándares de señales de videoconferencias comprimidas con bajo movimiento y resolución espacial y muy alta velocidad de señales de fax digital. También se utiliza como línea principal en redes privadas.

### Canal H2

Uso: en ciertas fuentes de video comprimido de rastreo rápido.

### Canal H4

Uso: transporta señales de estándares PCM para televisión a color, varias formas de video realzado y televisión de alta definición comprimida (HDTV).

**NOTA.** Para la conexión de la conmutación por circuito ninguno de los canales H transporta información de señalización.

### Estructura del canal de tasa básica

Consiste de dos canales B y un canal D de 16 Kbps (2B + D), dando una tasa de datos en conjunto de 144 Kbps.

Los canales B se usan en forma simultánea pero independiente uno del otro en conexiones diferentes o en la misma conexión. Transportan los datos del usuario final.

El canal D transporta la información de control de los canales B. El canal D está lógicamente separado de los canales B, creando una señalización fuera de banda (out of band).

Finalidad. Posibilidad de enviar en forma simultánea e independiente voz y datos, de una sola o de diferentes terminales, sobre una misma UNI. El hecho de enviar la información de control por un canal distinto (canal D) permite crear una tercera conexión para la transmisión de información de control y datos de baja velocidad a un usuario final.

### Estructura del canal de tasa primaria

Existen dos configuraciones distintas basadas en los dos estándares de transmisión PCM fundamentales de CCITT.

#### Tasa fundamental 1,544 Kbps (Estados Unidos)

Generalmente en la versión de 1544 Kbps se obtiene como una combinación de los canales B y H0 y puede o no contener un canal D de 16 Kbps; La tasa fundamental de la estructura del canal se obtiene como:

$$nH0 + mB + D$$

donde,  $0 \leq n \leq 3$      $0 \leq m \leq 23$      $6n + m \leq 23$

o también

$$nH0 + mB$$

donde,  $0 \leq n \leq 4$      $0 \leq m \leq 24$      $6n + m \leq 24$

El más utilizado es el 23B + D (canal D = 64 Kbps) obteniendo 1536 Kbps. La información del usuario se transmite por los canales B y las señales de control por el canal D, además en cada trama se agrega un bit para señalización obteniéndose así una tasa global de 1,544 Kbps.

Así tenemos también otras combinaciones posibles como son 3H0 + 6B, 24B, 4H0 y H11.



### Tasa fundamental 2,048 Kbps (Europa)

La tasa fundamental de la estructura del canal se puede obtener como:  
 $nH0 + mB + D$

donde,  $0 \leq n \leq 5$        $0 \leq m \leq 30$        $6n + m \leq 30$

El más importante es  $30B + D$  con el canal D igual a 64 Kbps.

Otras combinaciones utilizadas son  $5H0 + D$ ,  $31B$ ,  $5H0$  y  $H12 + D$ .

### Estructura del canal de banda ancha

Este tipo de estructura es algo tentativo, ya que se basan en un par de formatos del llamado "Synchronous Optical Network" (SONET) definido por ANSI [HHEL91].

La tasa de bits y la combinación de canales se eligen para unir la tasa de datos de las señales de televisión estándar que han sido digitalizadas ya sea por PCM o alguna de las codificaciones de reducción de tasa como "PCM diferencial adaptativo".

Hay únicamente dos estructuras definidas:

- La primera equivale a 2016 canales B para una tasa de 129.024 Mbps.
- La segunda equivale a 8064 canales B para una tasa de 516.0096 Mbps.

Otras estructuras de canales de banda ancha son:

$H4 + 4H12 + 2B + D(16)$   
 $4H4 + 16H12 + 30B + D(64)$   
 $4H4 + 2B + D(16 \text{ o } 64)$   
 $3H21 + nH12 + mB + D(16 \text{ o } 64)$ .

## 4.2.3 ESTRUCTURA DEL CANAL ASINCRONO

La estructura del canal asíncrono es vista como una multiplexión por división en el tiempo estadística (Statistical Time Division Multiplexing, STATDM).

Para ciertas aplicaciones en las cuales los flujos de información no son constantes, es deseable basar el diseño de una estructura del canal sobre el concepto del canal componente virtual.

Hay dos razones principales para este concepto.

Primero, el canal componente virtual provee una tasa de datos ajustada a los requerimientos de la aplicación, más que ser fijada como en el caso de un canal componente síncrono, un flujo de información transportado por el canal componente virtual consume solo una fracción de la capacidad total de la estructura del canal requerida para ello.

Segundo, una estructura del canal basada sobre el multiplexaje por división de tiempo estadístico de canales componentes virtuales ofrece la flexibilidad para soportar una amplia variedad de aplicaciones con diferentes tasas de datos y utiliza patrones de una manera eficiente.

El diseño de los canales componentes virtuales y las estructuras del canal asíncrono está basado sobre el concepto de una celda de transferencia, la cual provee una unidad elemental de capacidad [WSTA95].

Una celda es una trama de información que contiene un número entero y fijo de bytes de información. Una estructura del canal está creada por la transmisión de una secuencia continua de celdas en forma síncrona a través de la UNI en una tasa constante. El uso de estas celdas, sobre una base periódica o irregular de acuerdo con las necesidades de un flujo de información, constituya un canal componente virtual.

Puesto que una celda de transferencia en particular podría estar asociada generalmente con cualquiera de los canales componentes virtuales, esta debe llevar dentro un encabezado que entre otras cosas identifica al canal componente virtual. La tasa de datos de un canal componente virtual y el tiempo entre celdas sucesivas ocupadas por un mismo canal dependen del patrón utilizado por las celdas, su tamaño, el número de bytes de encabezado y la tasa en la cual las celdas son transmitidas.

Sea  $L$  el número de bytes utilizados en una celda, de los cuales  $H$  son encabezado, y sea la tasa de transmisión de la estructura del canal  $R$  bits/s. Si un canal virtual utiliza en promedio una de cada  $K$  celdas, su tasa de datos promedio  $R_v$ , está dada por

$$R_v = R(L - H)/KL \quad \text{bits/s}$$

y el tiempo promedio  $T_v$  entre celdas sucesivas de un canal virtual está dado por

$$T_v = 8KL/R \quad \text{segundos}$$

La capacidad total de la estructura del canal debe ser suficiente al menos para ajustar la aplicación con la tasa de datos más alta que debe ser soportada sobre la UNI.

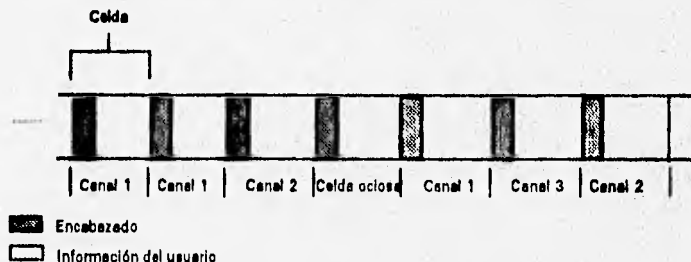


Figura 4.2 Estructura del canal asíncrono

En este capítulo hemos visto como está definida la Interfaz usuario-red y las estructuras de canal que maneja, el siguiente paso es analizar que tipo de Información es la que maneja ISDN así como la manera en la que ésta Información es tratada y controlada dentro de la red y es precisamente de estos temas de los que se hablará en el siguiente capítulo.

# Capítulo 5

## RED DE ACCESO DEL USUARIO (SAN)

Es importante hacer una referencia de como la arquitectura ISDN es vista por el usuario, ya que aunque este no necesita tener relación con el funcionamiento interno de la red, si tiene relación con las interfaces y el modo en que los servicios son solicitados y proporcionados.

Es por esta razón que en este capítulo se analizan aspectos como: el flujo de información, las técnicas de transmisión de la señalización y el direccionamiento ISDN, los cuales están directamente relacionados con el usuario final.

### 5.1 EL MODELO DE REFERENCIA DE LA SAN

#### 5.1.1 FLUJO DE INFORMACION

Desde el punto de vista del usuario final existen tres tipos de flujo de información, los cuales se muestran en la figura 5.1 [HGEL91]:

1. Información del usuario.
2. Información de administración de red.
3. Información de control.
4. Información de señalización usuario a usuario.

Cada uno de estos flujos de información puede ser visto desde dos puntos de vista: el físico y el lógico [WSTA95].

El punto de vista físico, representa las señales digitales que son transmitidas a través de un medio físico entre grupos funcionales adyacentes de la SAN, la IEN y/o la CCSN.

El punto de vista lógico, se refiere al flujo de información que se transporta únicamente entre ciertos grupos funcionales particulares para los cuales la información es relevante.

#### Información del usuario

Consiste de datos cuya finalidad no es el control, los cuales solo son utilizados por los usuarios finales; por ejemplo: voz digital, datos, texto, gráficas e imágenes.

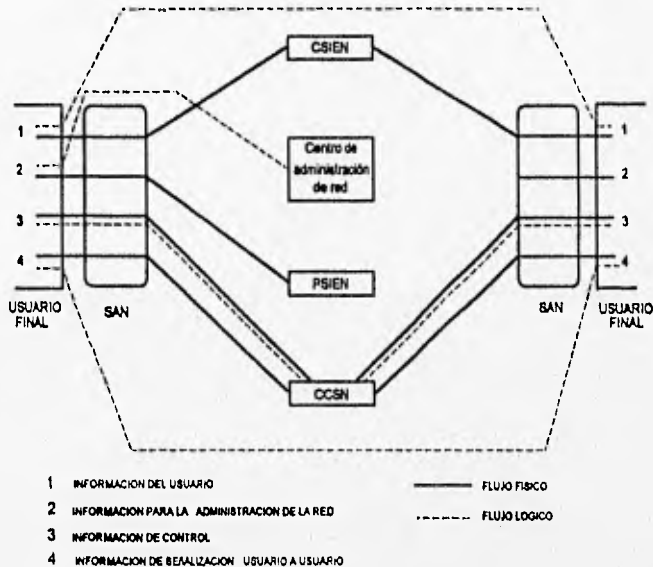


Figura 6.1 Flujos de Información

También incluye información de control end-to-end, ver glosario, usada para transportar los datos del usuario final tales como reconocimientos, secuencias de números, etc.

Desde el punto de vista físico este flujo de información existe en todos los grupos funcionales de la SAN de los usuarios finales y entre los grupos funcionales de la IEN involucrados en la conexión con el usuario final.

Desde el punto de vista lógico, el flujo solo existe en los TE y en aquellos grupos funcionales de la SAN e IEN donde la información es procesada.

#### Información de control

Contiene información de señalización para el establecimiento, operación y terminación de la conexión entre los usuarios finales; así como las señales de modificación (o cambio) de un servicio ya establecido, la indicación de su estado y el control de los servicios suplementarios ofrecidos por la red.

Físicamente este flujo existe entre todos los grupos funcionales adyacentes de la SAN y entre los grupos funcionales de la CCSN involucrados en el control de la conexión.

Lógicamente, esta información involucra un subconjunto de grupos funcionales de la SAN y los componentes de la CCSN.

Es importante mencionar que, en algunos casos esta información puede ser end-to-end.

#### **Información de señalización usuario a usuario**

Contiene información de control que es transparente a la red pero es importante para los usuarios finales.

Físicamente, esta información existe entre todos los grupos funcionales de la SAN y de la IEN o CCSN, pero en forma lógica solo existe entre los TE.

#### **Información de administración de la red**

Transporta datos utilizados para las actividades de administración de la red tales como control de configuración de la red, localización de recursos, contabilidad y monitoreo del rendimiento de la red; es decir, este tipo de datos se utilizan como indicadores de la ocurrencia de ciertos eventos, tales como requerimiento de transporte de un grupo funcional para administrar funciones a ser ejecutadas por otro grupo funcional, etc.

Físicamente, esta información existe en todos los grupos funcionales de la SAN y en la sección de conmutación de circuitos de la IEN o CCSN.

Lógicamente solo existe entre los TE, y entre un TE y un centro de administración remoto externo a la ISDN.

### **5.1.2 FLUJO DE INFORMACION Y ESTRUCTURAS DEL CANAL**

Los flujos de información son transmitidos a través de la SAN sobre canales componentes específicos de la estructura del canal existente. Aunque en principio cualquier asociación de los flujos de información a los canales es posible, son preferidos los arreglos en los cuales los canales B o canales H son utilizados exclusivamente para los flujos de información de usuario. La figura 5.2 ilustra un arreglo particular, para el caso de una estructura del canal de tasa básica 2B + D sobre ambas terminaciones de una conexión.

En nuestro ejemplo, el canal D es utilizado para transportar las cuatro clases de flujos de información. Primero, en conjunción con la CCSN transporta los flujos de información de control necesarios para establecer dos conexiones de circuitos conmutados independientes entre dos terminales ISDN sobre los dos canales B disponibles B1 y B2. Mientras estas conexiones sobre los canales B toman lugar, el canal D, otra vez en conjunción con la CCSN, también transporta el flujo de información de control utilizado por los terminales ISDN para efectuar un cambio en las características de la transmisión de una o ambas conexiones o para invocar servicios suplementarios.

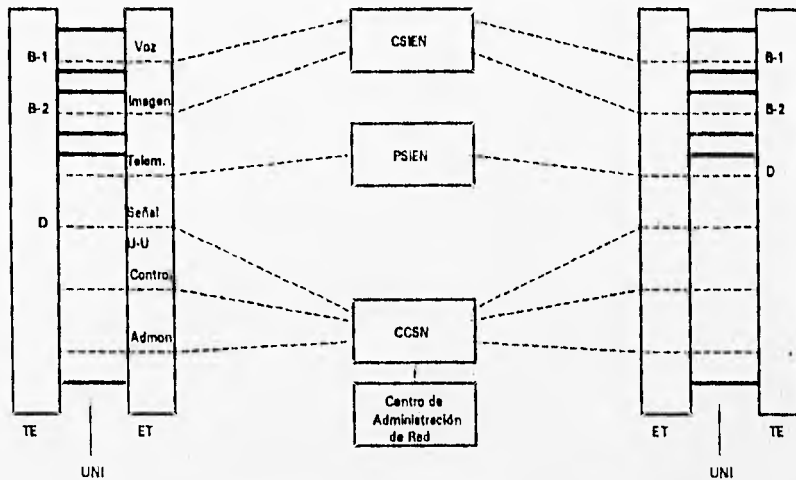


Figura 5.2 Flujos de información para la estructura del canal de acceso básico

Segundo, el canal D, en conjunción con una IEN de paquetes conmutados, transporta flujos de información de usuario de tasa baja, tales como señales de alarma y telemetría entre usuarios, sobre una base de tiempo compartido con los flujos de información de control.

Tercero, los flujos de señalización usuario-a-usuario entre las terminales también son transportados sobre el canal D, pero en conjunción con la CCSN. Los flujos de información de control para establecer las conexiones correspondientes también son transportados sobre el canal D y la CCSN. Las terminales ISDN pueden emplear esta conexión usuario-a-usuario para intercambiar datos de control que son relevantes a los usuarios únicamente.

Finalmente, el canal D es compartido para transportar los flujos de información de administración de la red entre las terminales y el centro de administración de la red vía la CCSN. Las terminales podrían utilizar esta facilidad para reportar la ocurrencia de una tasa alta de error inaceptable a la función de administración de la red, con una solicitud de enrutamiento de la conexión. O el centro de administración de la red podría notificar a las terminales que éste transportaría pruebas de la red de acceso del suscriptor, y transportaría las señales de prueba a través de la SAN sobre el canal D.

Las conexiones sobre los canales B están dedicadas a la transferencia de los flujos de información de usuario. Estos podrían existir independientemente uno del otro. En nuestro ejemplo, uno de los canales B transporta una conversación de voz, mientras el otro está encargado en la transmisión de la información visual, como gráficas o listas pertinentes a la conversación de voz, en modo gráfico o texto.

## 5.2 TECNICAS DE TRANSMISION DE SEÑALIZACION

Tradicionalmente el control de señalización en telefonía se ha hecho por troncales o dentro del canal.

### 5.2.1 SEÑALIZACION DENTRO DEL CANAL (INCHANNEL)

Aquí, un mismo canal es usado para transportar tanto señales de voz (o información), como las señales de control asociadas a las señales de voz.

Estas señales de control se inician en el suscriptor y siguen la misma ruta que las señales de voz.

En la señalización dentro del canal existen dos técnicas: dentro de la banda y fuera de banda.

#### Señalización dentro de la banda. (in-band)

En este método las señales de control siguen la misma ruta física que la seguida por las señales de voz y utilizan la misma banda de frecuencia en que se transporta la señal de voz, ver figura 5.3.

**VENTAJAS.** Las señales de control pueden ir a donde quiera que las señales de voz vayan y no se necesita equipo adicional.

**DESVENTAJA.** Las señales de control solo se pueden transmitir cuando no hay señales de voz en el circuito.

#### Señalización fuera de banda (out-of-band)

Dado que las señales de voz no utilizan todo el ancho de banda disponible (4 KHz), una banda angosta de señalización separada dentro de los 4 KHz es usada para enviar señales de control, ver figura 5.3.

**VENTAJAS.** Las señales de control pueden ser enviadas ya sea que las señales de voz estén o no estén sobre la línea, esto permite una supervisión continua y control de las llamadas.

**DESVENTAJAS** Se requiere electrónica adicional.

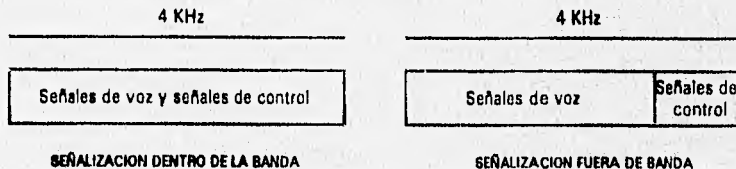


Figura 5.3 Técnicas de señalización dentro del canal



## 5.2.2 SEÑALIZACION DE CANAL COMUN

Esta técnica soluciona los problemas anteriores, ya que las señales de control se transportan sobre rutas completamente independientes de los canales de voz.

En esta técnica la ruta para señalización de control está físicamente separada de la señal para voz u otras señales del suscriptor. El ancho de banda requerido dependerá de la variedad de las señales de control a transmitir. Las señales de control son pasadas entre conmutadores y entre un conmutador y el centro administrador de la red. Así, una porción de control de señalización es en efecto una red de computadoras distribuidas transportando mensajes cortos.

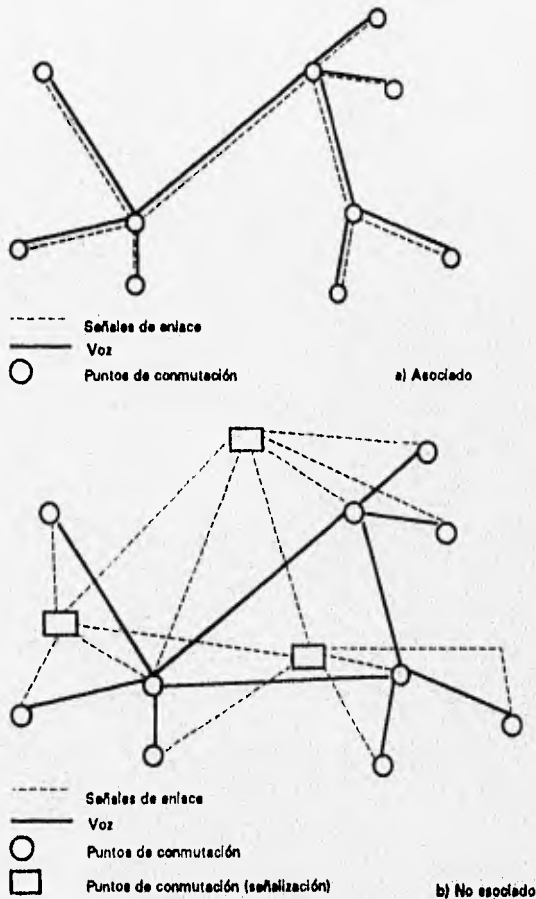


Figura 5.4 Modos de señalización de canal común

Existen dos modos de operación para la señalización de canal común: modo asociado y modo no asociado.

- **Modo asociado.** Aunque se tiene un canal físico diferente, las señales de control viajan a la par de la información del usuario y son ruteadas directamente a un procesador de señales de control (ver figura 5.4a).
- **Modo no asociado.** Aquí se agregan varios nodos conocidos como puntos de transferencia, lo cual conforma una segunda red con líneas entre ellos y una porción del control de la red ejerce un control sobre los nodos de conmutación que atienden las llamadas del subscriptor (ver figura 5.4b).

### 6.2.3 EL BLOQUE GENERAL DE REFERENCIA DE PROTOCOLOS DE LA SAN

La descomposición del proceso de transferencia de la información en flujos separados e independientes, y el principio del modelo de referencia OSI de capas funcionales guían a la representación total de la capacidad de comunicaciones de un grupo funcional mostrado en la figura 5.5. Horizontalmente, un grupo funcional está descompuesto en tres planos de funciones de comunicaciones, el plano de usuario (plano U), el plano de control (plano C), y el plano de administración de capas (plano LM).

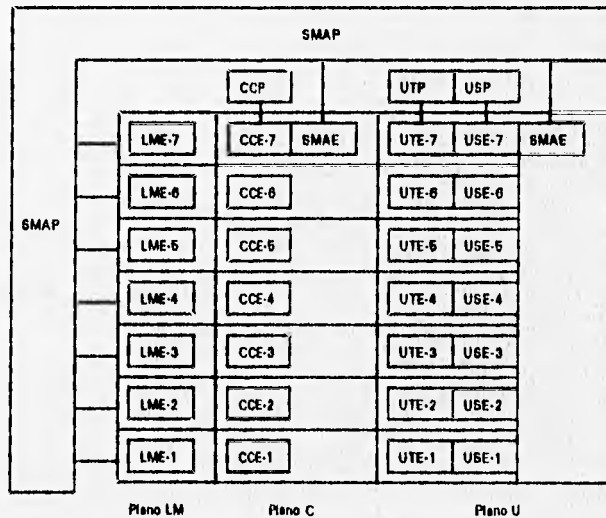


Figura 5.5 Modelo de referencia de protocolos para un grupo funcional

El plano U controla la transferencia de los flujos de información de usuario, así como cualquiera de los flujos de señalización llamados de usuario-a-usuario y los flujos de información de administración que son intercambiados entre los usuarios. Generalmente éste es incapaz de alterar el estado de la conexión en sí misma. Desde el punto de vista de la estructura del canal, el plano U normalmente está asociado con los canales B o los canales H, pero también podría envolver a los canales D.

El propósito primario del plano C es transportar los flujos de información de control. Este proporciona las funciones para establecer y finalizar las conexiones de la red entre los usuarios, controlando el uso y las características de las conexiones ya establecidas y permitiendo el acceso a los servicios suplementarios de la red. También es utilizado para la transmisión de los flujos de información de administración intercambiados entre un usuario y un centro de administración de la red.

El conjunto de funciones del plano U y el plano C se descomponen en 7 capas, como se muestra en la figura 5.5, esto se hizo con la finalidad de seguir el modelo de referencia OSI. Formalmente, las capas en el plano U y en el plano C están numeradas de la U-1 a la U-7 y de la C-1 a la C-7, respectivamente, [HHEL91]. Cada una de las capas en el plano U y en el plano C contienen una o más entidades que se comunican con su correspondiente entidad en otro grupo funcional a través de la UNI con el propósito de transferir los diferentes flujos de información. Esto es, las entidades de transferencia de información de usuario (User Information Transfer Entities, UTE) corresponden a los flujos de información de usuario, las entidades de señalización de usuario-a-usuario (User-to-user Signaling Entities, USE) están asociadas con los flujos de señalización de usuario-a-usuario y las entidades de control de conexión (Connection Control Entities, CCE) gobiernan la transferencia de los flujos de información de control. La capa 7 del plano U y del plano C también contienen la entidad de aplicación de administración del sistema (System Management Application Entity, SMAE), correspondiente al flujo de información de administración.

Asociado con los planos U y C está el plano LM, el cual también está dividido en siete capas, etiquetadas de la LM-1 a la LM-7. Cada una de estas capas contiene una entidad de administración de capa (Layer Management Entity, LME), la cual administra los recursos de sus correspondientes entidades de los planos U y C e intercambia información concerniente a éstos recursos con otra entidad de administración al mismo nivel de capa de otro grupo funcional.

Para los planos U y C, una entidad cualquiera entre las capas 2 a 6 de un plano específico ofrece servicios a una entidad en su capa superior dentro del mismo plano y obtiene servicios de una entidad en su capa inferior dentro del mismo plano. La capa 7 solo obtiene servicios y la capa 1 solo ofrece servicios. En contraste, una entidad en cualquiera de las 7 capas en el plano LM obtiene servicios de su entidad de los planos U y C adyacente en la misma capa, estos servicios son solicitados y ofrecidos por medio del intercambio de las primitivas de servicio de los planos U, C o LM a través de los límites apropiados entre entidades adyacentes. En aplicaciones específicas algunas entidades en los planos U, C o LM podrían estar nulas, así que los límites entre entidades adyacentes existen solo en un sentido conceptual. En tales casos las primitivas de una entidad de los planos U o C dadas son mapeadas directamente sobre las de la entidad adyacente y las primitivas de la entidad del plano LM no existen.

En la capa 1 las entidades en los planos U y C son soportadas por el medio físico que transporta las señales físicas que representan los flujos de información entre los grupos funcionales. Generalmente todos los flujos son transmitidos en forma multiplexada por división de tiempo sobre un medio sencillo, aunque medios separados también son posibles.

En la capa 7 las entidades en los planos U y C interactúan con los usuarios finales de la arquitectura de comunicaciones y los procesos de aplicaciones. La UTE-7 o USE-7 localizada en la U-7, interactúa con un proceso de transferencia de información de usuario (User Information Transfer Process, UTP) o un proceso de señalización de usuario-a-usuario (User-to-user Signaling Process, USP) con el propósito de transportar los flujos de información de usuario o los flujos de información de señalización de usuario-a-usuario, respectivamente.

La CCE-7 en la C-7 interactúa con un proceso de control de conexión (Connection Control Process, CCP) y permite a éste establecer, manipular, y finalizar las conexiones. La SMAE interactúa con el proceso de aplicación de administración del sistema (System Management Application Process, SMAP) con el propósito de transportar la información de administración del sistema a otro SMAP.

Las interacciones entre las entidades de la capa 7 y los procesos de aplicación tomen lugar a través de la interfaz hombre-máquina y son gobernadas por un protocolo que está fuera de contexto de la arquitectura de comunicaciones.

En lo que le concierne al plano LM, cada una de sus entidades interactúa con el SMAP con el propósito de administrar los recursos de las capas en los planos U y C.

Aunque no se muestra en la figura 5.5, es necesario proporcionar una función que coordine las diferentes actividades en los planos U, C y LM. Esta función de administración de plano (Plane Management Function, PMF) desempeña la tarea de distribuir la información que llega al plano U o al plano C de acuerdo a su relevancia y permite la comunicación entre los tres planos en una unidad funcional dada con el propósito de sincronizar sus actividades. La PMF es una función puramente local asociada con un grupo funcional particular y no se comunica con la PMF de otro grupo funcional.

#### **Modelo de referencia del protocolo de la SAN**

Dado que hemos dividido un grupo funcional en planos y capas, para estandarizar los protocolos de ISDN con los del modelo OSI, es apropiado hacer también una descomposición del flujo de información de acuerdo a las capas.

Recordemos que la finalidad del plano U es transportar la información del usuario, la información de señalización usuario a usuario y la información de administración del usuario final; mientras que el plano C solo transporte información de control e información de administración entre el usuario y el equipo administrador de la red. Cada uno de esos flujos se dividen en 7 subflujos, uno por capa, los cuales son transportados lógicamente entre un par de entidades en el plano apropiado.

La transferencia lógica de los subflujos entre un par de entidades está gobernada por un protocolo "peer to peer" (ver glosario) entre dicho par de entidades; cabe mencionar que los protocolos de cada capa en un plano dado son independientes de los protocolos de las capas del otro plano, y los protocolos entre capas de un mismo plano también son independientes. La transferencia de información de administración entre un par de LM's está controlada por los protocolos de las entidades asociadas al plano U o al plano C.

Una versión específica del modelo de referencia de la SAN, en el cual el SMAE está localizado en el plano U y el plano LM está asociado con el plano C, se muestra en la figura 5.6 [HHEL91].

Para la figura 5.6a se asumió que la conexión de los flujos del plano U se hacen a través de la IEN por conmutación de circuitos, y el flujo lógico en las capas U-2 a U-7 solo existe entre los TE's, mientras que el subflujo de la capa U-1 existe entre todos los grupos funcionales de la SAN.

En la figura 5.6b, el subflujo de información de control entre las capas C-2 a C-7 existe solo entre el TE y el NT2, así como entre el NT2 y el ET.

La figura 5.6c muestra el flujo de información de administración entre un par de LME's capa 2, localizado en el TE y el NT2, respectivamente. Este flujo es transportado por el plano C y está dividido en dos subflujos que son intercambiados entre un par de entidades C-1 y C-2.

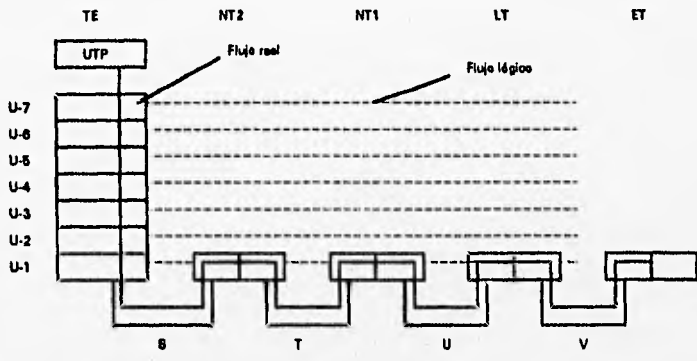
La figura 5.7 [GKES90] muestra los protocolos relacionados con ISDN. Como en cualquier red, ISDN es "indiferente" a las capas 4 a 7 ya que esas son capas "end to end" (ver glosario) utilizadas por el usuario para intercambiar información [GKES90] y la red de acceso solo involucra las capas 1 a 3. La capa 1 está definida con los estándares I.430 o I.431 [WSTA95].

Para el canal D, se definió en la capa de enlace de datos, el protocolo LAPD (Link Acces Protocol, D channel), el cual soporta tres aplicaciones: señalización de control, señalización de paquetes y telemetría. La señalización de control se ha definido sobre el estándar Q.931. Para la conmutación de paquetes se usa el protocolo X.25 en la capa 3, y los paquetes X.25 son transmitidos en tramas de LAPD. El protocolo X.25 en el nivel 3 es utilizado para establecer circuitos virtuales sobre el canal D a otros usuarios e intercambiar datos paquetizados.

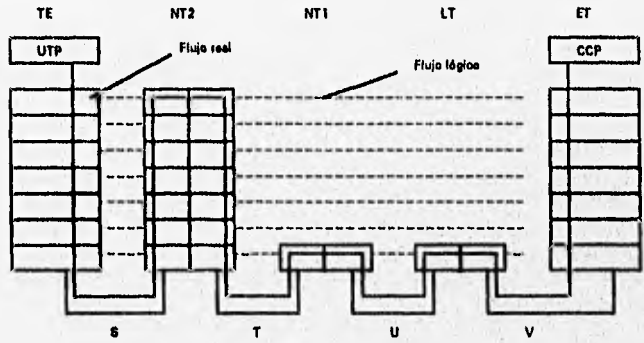
El canal B puede ser utilizado para conmutación de circuitos, circuitos semipermanentes y conmutación de paquetes

#### **Aplicaciones del Modelo de Referencia de Protocolos**

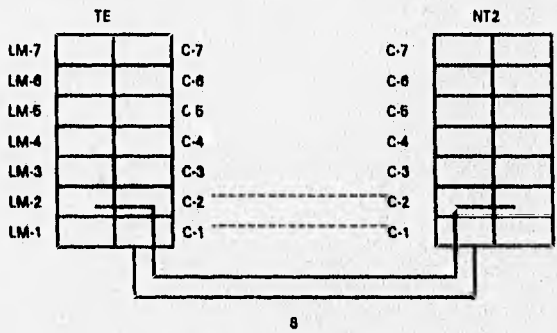
Ahora podemos derivar el modelo de referencia correspondiente a una conexión completa punto-a-punto entre un par de usuarios.



a) Modelo de referencia del protocolo para el plano U



b) Modelo de referencia del protocolo para el plano C



c) Modelo de referencia del protocolo para el plano LM

Figura 6.6 Modelo de referencia de la SAN

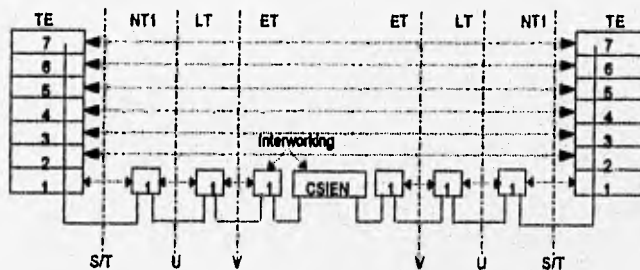
Referente a sus interacciones con otro grupo funcional, un grupo funcional que es parte de una conexión dada, no necesariamente contiene todos los planos. Similarmente, una o más capas dentro de un plano podrían estar vacías [HHEL91].

Físicamente, los diferentes flujos de información que son intercambiados entre par de planos y par de entidades en diferentes grupos funcionales son transportados generalmente sobre el mismo medio físico. Lógicamente, pueden ser transportados sobre los canales componentes separados de la estructura del canal existente o pueden ser multiplexados sobre un canal componente sencillo.

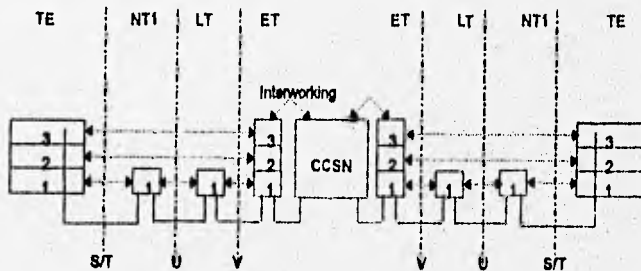
Algunos tipos de conexión específicos y flujos de información son de un interés particular. Entre estos están la conexión de circuitos conmutados simple sobre una interfaz de acceso-básico, una conexión de paquetes conmutados, y el caso de una conexión de señalización usuario-a-usuario.

### a. Conexiones de circuitos conmutados

Una versión, de alguna forma simplificada, del modelo de referencia, para el caso de una conexión sobre la IEN de circuitos conmutados, entre un par de usuarios está mostrada en la figura 5.7. Para mayor claridad se ha omitido el plano LM y se han descrito los planos U y C en diagramas separados.



Plano U



Plano C

Figura 5.7 Modelo de referencia para una conexión sobre la IENCS

Asumimos la existencia de una estructura de canal de acceso básico a través de los puntos de referencia T y U, en ambos lados de la conexión entre dos TE's y la ausencia del grupo funcional NT2, así que los puntos de referencia S y T están fundidos. Esta configuración tan simple corresponde a muchas aplicaciones prácticas, incluyendo la simple llamada de voz.

Los subflujos de información de usuario son transportados a través de la SAN sobre un canal B y entre SAN's por una IEN de circuitos conmutados. Puesto que una conexión de circuitos conmutados es normalmente transparente, de manera lógica, a la naturaleza de la información de usuario, la relación entre los grupos funcionales en la SAN se extiende solo a la capa U-1 (HHEL91). Todos los subflujos de información de usuario en las capas U-2 a U-7 están por lo tanto entre las entidades del plano-U, en las unidades funcionales TE y éstas tienen significancia punto-a-punto únicamente. Se puede ver que una función de interworking puede ser requerida para la conversión de protocolos de la capa 1 entre la SAN y la CSIEN.

En el plano C, el cual corresponde a la señalización de control de conexión entre los grupos funcionales sobre los dos lados de la UNI, normalmente sólo las entidades en las capas C-1, C-2 y C-3 están envueltas. El subflujo asociado con C-1 es relevante entre los grupos funcionales TE y NT1, entre los grupos funcionales NT1 y LT y entre LT y ET. Los otros dos subflujos asociados con las capas C-2 y C-3 existen sólo entre los grupos funcionales TE y ET.

Puesto que los flujos de información de control son también relevantes a la CCSN, una función de interworking entre la SAN y la CCSN es provista, la cual convierte los flujos físicos y lógicos a una forma apropiada para la CCSN. Específicamente, lo que es requerido aquí es la conversión del protocolo de control de conexión canal-D al sistema de señalización utilizado por la CCSN.

#### **b. Conexión de paquetes conmutados**

La ISDN también debe permitir al usuario el acceso a servicios de paquetes conmutados para tráfico de datos. Existen dos posibilidades para implementar este servicio:

1. Que la capacidad de conmutación de paquetes sea proporcionada por una red de datos pública de paquetes conmutados separada.
2. Que la capacidad de conmutación de paquetes esté integrada a la ISDN.

A continuación explicaremos el primer caso.

#### **Conmutación de paquetes proporcionada por una red separada a la ISDN**

Cuando el servicio de conmutación de paquetes es proporcionada por una red de conmutación de paquetes separada a la ISDN, el acceso al servicio es por medio del canal B, pero tanto el usuario como la PSPDN deben estar conectados a la ISDN como abonado. La PSPDN puede tener conectados (como subscriptores) uno o más nodos de conmutación de paquetes, llamados manejadores de paquetes [GKES90].



Lo anterior implica que cualquier usuario de la ISDN puede conectarse a la PSPDN ya sea por una conexión semipermanente o por una llamada de circuitos conmutados.

A continuación mostramos los pasos que se deben seguir para establecer una comunicación entre un usuario ISDN y un servicio o usuario de la PSPDN, ver figura 5.8.

1. El usuario envía por el canal D la petición a la ISDN para establecer una conexión física (circuito conmutado) sobre el canal B al manejador de paquetes.
2. La ISDN establece la conexión y notifica al usuario vía el canal D.
3. El usuario establece un circuito virtual sobre el canal B en la PSPDN.
4. Una vez finalizada la comunicación, el usuario termina el circuito virtual establecido.
5. Por medio del canal D, el usuario notifica a la ISDN que termine la conexión (vía conmutación de circuitos) con el manejador de paquetes.
6. La conexión es terminada por ISDN.

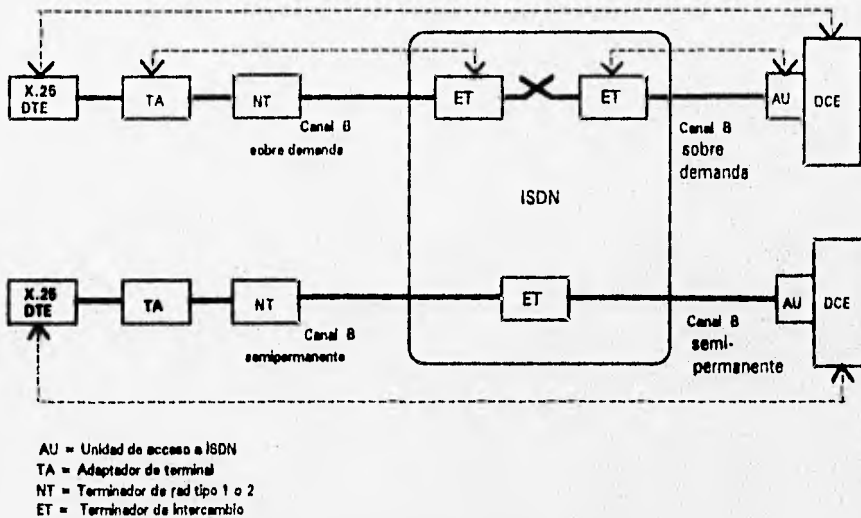
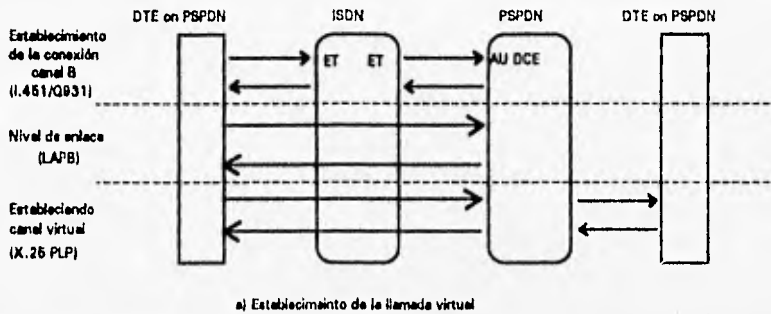
#### **Señalización de usuario-a-usuario sobre el canal D**

El modelo de referencia de protocolos para el caso de la señalización de usuario-a-usuario sobre un canal D en conjunción con la CCSN esencialmente es similar a la figura 5.7, con la excepción de que la CSIEN esta reemplazada por una CCSN en el plano U [HHEL91].

Los flujos de información de señalización de usuario-a-usuario así como los flujos de información de control son transportados sobre el canal D. Los primarios están bajo el control del plano U, donde los segundos están gobernados por el plano C. Las entidades en las capas C-1 a la C-3 proporcionan la función de control para los flujos de información de señalización de usuario-a-usuario. C-1 es relevante entre una TE y un NT1, entre un NT1 y un LT, y entre un LT y un ET. C-2 y C-3 proporcionan las funciones para que una TE interactúe con el ET con el propósito de acceder los recursos de la CCSN.

La señalización de usuario-a-usuario esencialmente es independiente de cualquier otra actividad. En particular, ésta podría ser transportada con o sin la existencia de una conexión sobre los canales B.

Principalmente, por razones de seguridad e integridad de la red, la mayoría de las redes existentes no permiten en la actualidad el uso de la señalización para la transferencia de los flujos de información de señalización de usuario-a-usuario. En este caso una IEN de paquetes conmutados podría tomar el lugar de la CCSN. Excepto por el reemplazo de la CSIEN por una PSIEN, el modelo de referencia de protocolos de la figura 5.7 se aplicaría sin cambios.



b) Acceso a la PSPDN para un servicio de paquetes conmutados

Figura 5.8 Establecimiento de una llamada a una PSPDN.

### 6.3 DIRECCIONAMIENTO

Así como se requiere un número telefónico para establecer una llamada, en ISDN es necesario un sistema de numeración similar y además, que cumpla con los requerimientos para el manejo heterogéneo de servicios que ISDN ofrece. Así, ISDN debe:

- ser fácilmente entendido y usado por los usuarios.
- ser compatible con el equipo de conmutación planeado y utilizado.
- prever la expansión de el número de suscriptores
- facilitar el interworking con los esquemas de numeración de redes públicas.

### 5.3.1 ESTRUCTURA DE UNA DIRECCION ISDN

Para lo anterior, en la década de los 1980's se propuso un plan de numeración basado en el plan de numeración ITU-T E.164 de telefonía [WSTA95]. Esta propuesta de ISDN tiene los siguientes principios:

- Es una versión mejorada del E.164. En particular, el código de país utilizado en el E.164 es usado para identificar países en el plan de numeración de ISDN.
- Es independiente de la naturaleza del servicio (voz, datos, etc.) o el desempeño característico de la conexión.
- Es una secuencia de dígitos decimales.
- El interworking entre ISDN's requiere solamente el uso del número ISDN.

Antes de que veamos el formato de una dirección en ISDN, es necesario mencionar la diferencia que hace la ITU-T entre una dirección y un número [WSTA95].

**Número ISDN.** Contiene información para que la red rutee la llamada. Por lo general corresponde al punto de unión del suscriptor a la red, por ejemplo el punto de referencia T. Un número siempre se encuentra asociado con el canal D, ver figura 5.9.

**Dirección ISDN.** Comprende el número ISDN e información adicional, la cual es usada del lado del suscriptor, y no por la red ISDN, para distribuir la llamada a la terminal apropiada. Por lo general se asocia al punto de referencia S, ver figura 5.9 [WSTA95].

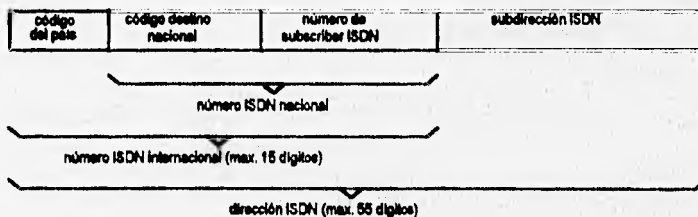


Figura 5.9 Formato de una dirección ISDN

- **Código de país (CP).** Especifica el país o área geográfica destino de la llamada. Utiliza de 1 a 3 dígitos.
- **Código destino nacional (CDN).** Es de longitud variable. Si los suscriptores de un mismo país son servidos por más de una ISDN, este número se puede utilizar para:
  1. Seleccionar una red destino en el país especificado.
  2. Puede ser usado como un formato de código troncal (código de área) para rutear la llamada a la red destino o a una región particular de la red.
- **Número del suscriptor ISDN.** Es de longitud variable. Se utiliza para buscar un suscriptor en la misma red local o numeración de área.

- Subdirección ISDN. Provee información de direccionamiento adicional. No se considera parte del plan de numeración pero constituye una parte intrínseca de la capacidad de direccionamiento de ISDN.

### **Información de la dirección**

Una dirección ISDN puede tener varios significados o diferentes formas de ser utilizada:

#### **a. El convencional y más utilizado**

Considera que cada punto de referencia T es asignado a una dirección ISDN, aquí, el campo de subdirección permite discriminar múltiples suscriptores del lado del suscriptor, de tal forma que sea transparente a la red [WSTA95]. Por ejemplo: Considere que un NT2 es un PBX que soporta varios números de teléfono. El número ISDN para el PBX es 617-543-7000 y para direccionar un teléfono local se requiere la extensión 678; por lo tanto, una llamada remota necesita marcar 617-543-7000-678. Los 10 primeros dígitos los utiliza ISDN para rutear la llamada y los 3 últimos son utilizados por el PBX. Ver la figura 5.10a

#### **b. Uso alternativo**

Es este caso cada terminal tiene su propio número ISDN, a los cuales se les llama marcación directa (Direct Dialing-In, DDI). Con DDI el esquema de numeración para terminales locales es construido bajo el esquema nacional. Por ejemplo: Consideremos que un NT2 es un PBX con un número principal de 543-7XXX con una extensión de 678 a una terminal; por lo que el usuario debe marcar 543-7678. Con DDI, ISDN todavía rutea sobre la base de el número ISDN. Ver figura 5.10b.

#### **c. Combinar DDI con subdirecciones**

Esto permitiría la marcación directa a ciertos equipos intermedios, tales como concentradores de terminal, con subdirecciones usadas para discriminar dispositivos unidos a un equipo intermedio.

#### **d. Asignar múltiples números ISDN a un punto de referencia**

Esto se puede utilizar cuando en una interfaz ISDN se debe tener una unión a una red que no es ISDN, tal como una red de conmutación de paquetes privada. Ver figura 5.10c.

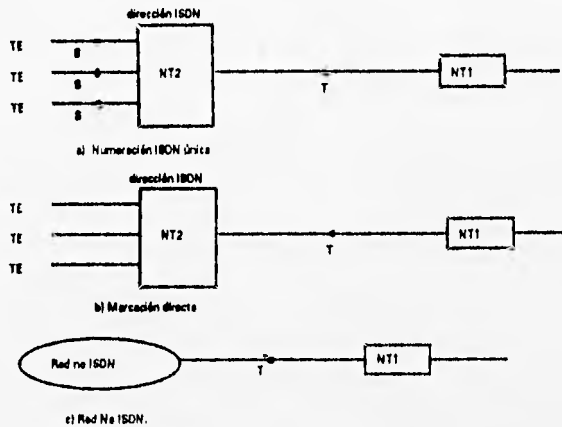


Figura 5.10 Las tres formas de utilización de una dirección ISDN

### 5.3.2 INTERWORKING EN LA NUMERACION

Actualmente se tiene una gran variedad de redes: redes de telefonía de conmutación pública (Public Switching Telephone Networks, PSTN), redes de datos públicas (Public Data Networks, PDN), etc., y unido a esto se tiene una gran variedad de estándares de esquemas de direccionamiento. Desafortunadamente estos esquemas no son compatibles unos con otros e incluso con el plan de numeración de ISDN, lo cual origina problemas de interconexión de redes (interworking).

Desde el punto de vista del direccionamiento en ISDN la interworking se define como el procedimiento por el cual un suscriptor ISDN puede establecer una llamada a un suscriptor o servicio localizado en una red pública. Para dar solución a este problema se proponen dos estrategias enunciadas como: aproximación de un estado y aproximación de dos estados [WSTA95].

#### Aproximación de un estado

En este caso el suscriptor que llama teclea una única dirección hacia el suscriptor o servicio destino durante el proceso de establecimiento de la llamada. Para lograr esto, la ITU-T propone dos métodos. Uno consiste en utilizar un prefijo que identifique a una red en particular, y el resto de la dirección identifica la terminal o el servicio utilizado en el formato propio de esa red en particular. El segundo método es utilizar el esquema de direccionamiento propuesto por ISDN. Ver figura 5.11a.

### Aproximación de dos estados

En este caso se necesitan dos etapas para establecer una llamada. Durante el primer estado se establece una conexión vía ISDN (usando el número ISDN) con la unidad de Interworking (InterWorking Unit, IWU) asociado al punto de unión con la red en la cual se encuentra el servicio requerido. Una vez establecida la conexión, la segunda etapa es enviar la dirección particular del servicio o subscriber en dicha red. Ver figura 5.11b.

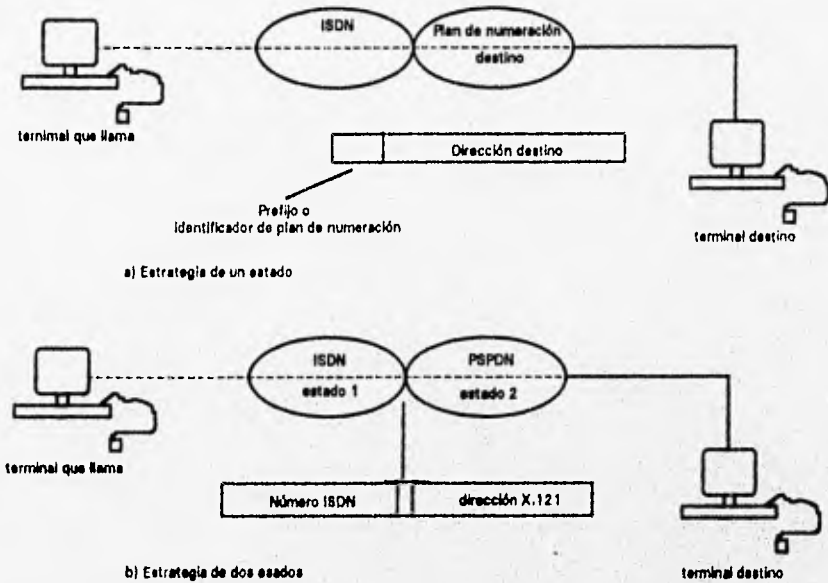


Figura 5.11 Estrategias para resolver el interworking en una red ISDN

Al concluir la lectura de este capítulo, podemos observar que la arquitectura ISDN, así como sus subredes intentan apearse a protocolos establecidos para poder tener una buena comunicación con otras redes.

El modelo de interconexión para sistemas abiertos fue desarrollado a principios de los 80's por varias organizaciones de estándares, principalmente ISO. Ahora es el modelo más utilizado para definir los protocolos de comunicación y estandarizar el equipo de los diferentes fabricantes.

Este modelo consta de siete capas, cada una de las cuales involucra una gran cantidad de protocolos basándose en las necesidades específicas de cada una. El modelo ISDN está basado en el modelo OSI, pero únicamente hace uso de las tres capas inferiores de este modelo.

El capítulo siguiente hace una descripción de cada una de las funciones que realizan las capas del modelo ISDN para lograr un buen funcionamiento de la red.

# Capítulo 6

## CAPAS ISDN

El modelo en capas de una red ISDN está basado en el modelo OSI y consta de tres capas que corresponden con las tres primeras capas de dicho modelo: capa física, capa de enlace de datos y capa de red. En este capítulo se analizan las características y funciones de cada una de ellas.

El análisis comienza en la capa física, en la que se definen las características tanto físicas como eléctricas de la red, así como la estructura de las tramas y su forma de multiplexión para su manejo. Posteriormente analizaremos la capa de enlace de datos que es la que se encarga de establecer y controlar las comunicaciones dentro de la red, se analiza con especial cuidado el protocolo D de acceso de enlace (Link Access Protocol D, LAPD) que es el método que se utiliza para establecer una comunicación entre al usuario y la red por lo que resulta de gran importancia.

Finalmente analizaremos la capa de red que es la que permite tener al control sobre una llamada a través de lo que se conoce como mensajes de señalización. Es así que para finalizar el capítulo se estudia el formato de los mensajes, sus distintos tipos y la forma en que son manejados para que cumplan con sus funciones.

### 6.1 CAPA FISICA ISDN

La capa física ISDN está presente en el punto de referencia S ó T. En cualquier caso, las funciones que realiza la capa física (capa 1 del modelo OSI) son las siguientes:

- Codificación de los datos digitales para la transmisión a través de la interfaz.
- Transmisión full-duplex de los datos del canal B.
- Transmisión full-duplex de los datos del canal D.
- Multiplexión de los canales para formar la estructura de la transmisión básica o primaria.
- Activación y desactivación del circuito físico.
- Alimentación de potencia de la red hacia la terminal
- Identificación de la terminal.
- Aislamiento de terminales fallidas.
- Resolución de la disputa del canal D.

### 6.1.1 INTERFAZ USUARIO-RED DE TASA BASICA

La capa 1 para la interfaz usuario-red básica está definida en la norma I.430 [WSTA95]. Como se mencionó antes, en la interfaz básica se utiliza una estructura de canal 2B + D con velocidad de 192 kbps. Existen cuatro aspectos importantes en la interfaz básica:

- La codificación en línea.
- El conector físico.
- El encuadramiento y la multiplexión.
- La disputa del canal para configuraciones multipunto.

#### Codificación en línea

La especificación eléctrica para la interfaz recomienda el uso de una codificación pseudoternaria. El "1" binario es representado por la ausencia de voltaje; el "0" binario es representado por un pulso positivo o negativo de  $750 \text{ mV} \pm 10\%$ . La tasa de transmisión es de 192 kbps.

#### Conector físico

La actual conexión física entre un TE y un NT en el punto de referencia S ó T para la interfaz de acceso básico está especificada en un estándar ISO (ISO 8887) y no en un estándar de la CCITT. Este estándar especifica un conector de 8 pines.

La tabla 6.1 lista la asignación de los contactos para cada uno de los 8 pines sobre el NT y el TE. Son necesarios dos pines en cada uno de los dispositivos para proveer una transmisión balanceada en cada dirección.

Número de contacto	TE	NT
a	Fuente de poder 3	Terminal de potencia 3
b	Fuente de poder 3	Terminal de potencia 3
c	Transmisor	Receptor
d	Receptor	Transmisor
e	Receptor	Transmisor
f	Transmisor	Receptor
g	Terminal de potencia 2	Fuente de poder 2
h	Terminal de potencia 2	Fuente de poder 2

Tabla 6.1 Asignación de pines para el conector físico ISDN

La especificación provee la capacidad de transferir potencia a través de la interfaz. La dirección de la transferencia de potencia depende de la aplicación. En una aplicación típica, la transferencia de potencia viene del lado de la red hacia las terminales, por ejemplo, para mantener un servicio de telefonía básica en caso de que ocurra alguna falla de la potencia proporcionada localmente.



## Encuadramiento y multiplexión

La estructura de acceso básico consiste de dos canales B de 64 kbps y un canal D de 16 kbps. Estos canales, producen una carga de 144 kbps, los cuales son multiplexados sobre una interfaz de 192 kbps en el punto de referencia S ó T. La capacidad restante es utilizada para diferentes propósitos de framing y sincronización.

### Formato de la trama.

La transmisión de acceso básico está estructurada en tramas repetitivas y de longitud fija. Para esta interfaz, cada trama es de 48 bits; en 192 kbps, las tramas deben repetirse en una tasa de una trama cada 250  $\mu$ s. La figura 6.1 muestra la estructura de la trama; la trama superior es transmitida por la red (NT1 ó NT2) hacia el equipo terminal (TE); la trama inferior es transmitida desde el TE hacia el NT1 ó NT2.

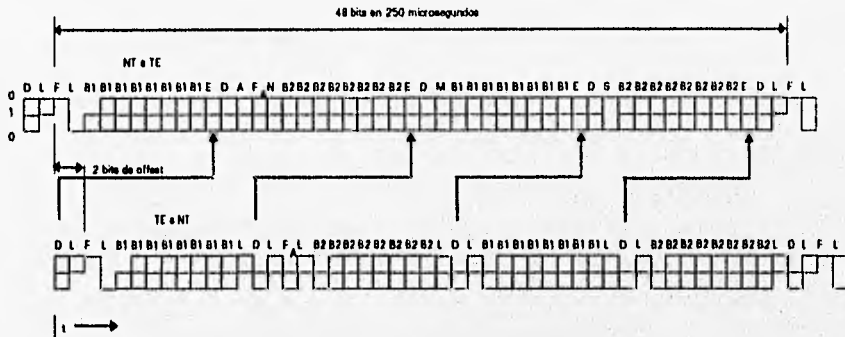


Figura 6.1 Estructura de una trama de tasa de datos básica

Primero vamos a explicar la estructura de la trama en la dirección TE a NT. Cada trama comienza con un bit de framing (F) que siempre se transmite como un pulso positivo. Este es seguido por un bit de balanceo de DC (L), el cual es un pulso negativo para balancear el voltaje. Los siguientes ocho bits (B1) son del primer canal B. Después sigue otro bit de balanceo de DC (L). Luego viene un bit del canal D, seguido por su bit de balanceo. Después sigue un bit de framing auxiliar (F<sub>A</sub>) el cual contiene un cero, a menos que sea utilizada una estructura multitrama. De aquí sigue otro bit de balanceo (L), ocho bits (B2) del segundo canal B, y otro bit de balanceo (L). Después siguen bits del canal D, del primer canal B, del canal D otra vez, del segundo canal B y del canal D otra vez, cada grupo de bits de canal esta seguido por un bit de balanceo.

La estructura de la trama en la dirección NT a TE es similar. Existen nuevos bits que reemplazan a algunos de los bits de balanceo de DC. El bit de eco del canal D (E) es una retransmisión del NT del bit D más reciente que ha recibido del TE. El bit de activación (A) es utilizado para activar o desactivar un TE, el cual permite que un dispositivo transmita, o cuando no tiene actividad, éste es colocado en un modo de consumo de potencia bajo. El bit N normalmente tiene un uno binario. Los bits N y M son utilizados para estructuras multitrama. El bit S está reservado para otros requerimientos futuros.

#### Alineación de la trama.

Para asegurar que el transmisor y el receptor no estén desalineados, la estructura de la trama incluye violaciones deliberadas al código pseudoternario. El receptor observa estas violaciones para asegurar que la alineación de la trama está siendo mantenida. Existen dos violaciones:

- El primer bit F: Este bit siempre es un cero positivo. La trama está estructurada para que el último bit cero de la trama sea positivo.
- El primer bit cero después del primer bit L: Ambos bits son de polaridad negativa. Esta segunda violación ocurre máximo hasta el bit  $F_A$ .

#### Estructura multitrama.

Una característica reciente en la interfaz básica es el abastecimiento de un canal adicional para tráfico en la dirección TE a NT, el cual es llamado el canal Q. Para llevar a cabo el canal Q, se establece una estructura multitrama poniendo un uno binario en el bit M (dirección NT a TE) en cada veinte tramas. En la dirección TE a NT, el bit  $F_A$  cada cinco tramas es un bit Q. Es decir, en cada multitrama de veinte tramas existen cuatro bits Q.

#### Disputa del canal para configuraciones multipunto

##### Configuraciones multipunto.

Con la interfaz de acceso básico es posible tener más de un dispositivo TE dentro de una configuración de bus pasivo. La configuración más simple es la de punto a punto, con un TE únicamente, ver figura 6.2a. La segunda configuración es un bus pasivo ordinario, el cual tradicionalmente se conoce como una línea multipunto, ver figura 6.2b.

Cuando dos dispositivos intercambian datos sobre un enlace, la fuerza de la señal del transmisor debe estar dentro de ciertos límites. La señal debe ser lo suficientemente fuerte así que, después de la atenuación y el deterioro de la señal a través del medio, ésta encuentre los requerimientos de fuerza de la señal mínimos del receptor y mantenga una adecuada proporción señal a ruido. Por otro lado, la señal no debe ser tan fuerte como para sobrecargar la circuitería del transmisor, lo cual crea armónicas y efectos no-lineales, ver figura 6.2c.

La configuración final, ilustrada en la figura 6.2d, es la configuración de estrella. Esta configuración permite conectar múltiples TE's pero requiere sólo alambrado punto a punto. En esta configuración, el NT1 debe tener lógica digital para proporcionar la operación del eco del canal D.

##### Resolución de la disputa del canal.

La función de resolución de la disputa del canal se requiere cuando múltiples terminales TE1 comparten una línea física (configuraciones de bus pasivo). Existen tres tipos de tráfico, en este tipo de configuraciones:

- Tráfico del canal B: No es necesario tener funciones adicionales para controlar el acceso a los dos canales B, puesto que cada canal está dedicado a un TE particular en cualquier tiempo dado.

- **Tráfico del canal D que llega:** El canal D se hace disponible a todos los dispositivos para la señalización de control y para la transmisión de paquetes, es por eso que el potencial para la disputa del canal existe. El esquema de direccionamiento LAPD, es suficiente para separar el destino apropiado para cada una de las unidades de datos.

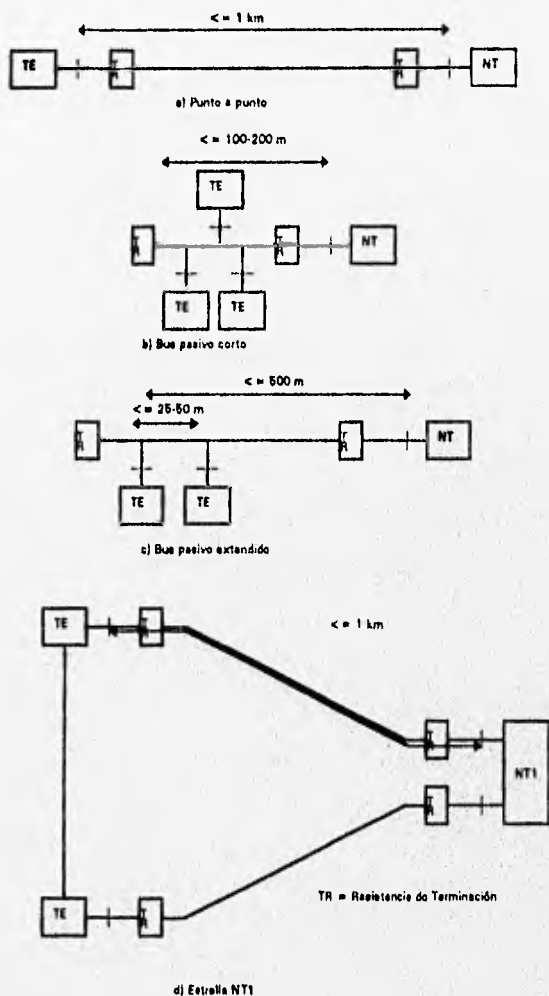


Figura 6.2 Configuraciones de la interfaz de tasa básica

- **Tráfico del canal D que sale:** El acceso debe estar regulado para que un dispositivo a la vez transmita. Este es el propósito del algoritmo de resolución de la disputa del canal.

El algoritmo de resolución de la disputa del canal regula la transmisión sobre el canal D así que la información de señalización tiene una prioridad dada (prioridad clase 1) mayor que los otros tipos de información (prioridad clase 2). El algoritmo de resolución de la disputa del canal D, se realiza de la siguiente manera:

1. Cuando un dispositivo de usuario no tiene tramas LAPD para transmitir, éste transmite una serie de unos binarios sobre el canal D.
2. El NT, al recibir un bit del canal D, regresa el valor binario como un bit de eco del canal D, conocido como bit E.
3. Cuando una terminal está lista para transmitir una trama LAPD, ésta escucha a la cadena de bits de eco del canal D que llega. Si ésta detecta una cadena de bits "1" de longitud igual a un umbral de valor  $X_l$ , donde  $l$  = la clase de prioridad para esta trama LAPD, ésta podría transmitir. De otra manera, la terminal debe asumir que alguna otra terminal está transmitiendo, y tiene que esperar.
4. Podría suceder que varias terminales estén monitoreando la corriente de eco y comiencen a transmitir al mismo tiempo, causando con esto una colisión. Para sobrellevar esta condición, un TE que está transmitiendo monitorea los bits de eco y los compara con sus bits transmitidos. Si existe alguna discrepancia, la terminal cesa de transmitir y regresa al estado de escuchar al canal.

### 6.1.2 INTERFAZ USUARIO-RED DE TASA PRIMARIA

Recordemos que en una interfaz primaria se multiplexan varios canales a través de un medio de transmisión único. Esta interfaz existe en el punto de referencia T con un dispositivo que concentra varias terminales o un PBX, permitiendo una transmisión TDM para acceder a la ISDN. Es importante mencionar que en una tasa primaria solo está permitido una configuración punto a punto.

Como se mencionó en capítulos anteriores, existen dos tipos de interfaz de tasa primaria: 1.544 Mbps y 2.048 Mbps.

#### Interfaz de tasa primaria de 1.544 Mbps

Esta tasa de transmisión es usada en el servicio de transmisión T1, el cual está basado en la estructura de transmisión DS-1 de los Estados Unidos. La trama que maneja la interfaz de tasa primaria de 1.544 Mbps está formado por 24 canales (o ranuras de tiempo) de 8 bits cada uno, mas un bit de encuadramiento, lo cual implica tener tramas de 193 bits transmitidos en 125 microsegundos o 8000 tramas por segundo, así, cada canal soporta 64 Kbps. La estructura de transmisión usada es el 23B + D, como se muestra en la figura 6.3.

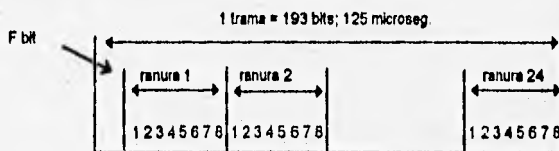


Figura 6.3 Trama para una interfaz de tasa primaria de 1.544 Mbps

El bit de encuadramiento es usado para sincronización y otras funciones de administración. Para poder hacer uso de este bit se crea una estructura multitrama de 24 tramas de 193 bits cada una. El significado que se le da a los componentes de la multitrama se muestra en la tabla 6.2.

Trama multitrama Número	Bit multitrama Número	FAS	Asignaciones O y M	CRC
1	1	-	m	-
2	194	-	-	e <sub>1</sub>
3	387	-	m	-
4	580	0	-	-
5	773	-	m	-
6	966	-	-	e <sub>2</sub>
7	1159	-	m	-
8	1352	0	-	-
9	1545	-	m	-
10	1738	-	-	e <sub>3</sub>
11	1931	-	m	-
12	2124	1	-	-
13	2317	-	m	-
14	2510	-	-	e <sub>4</sub>
15	2703	-	m	-
16	2896	0	-	-
17	3089	-	m	-
18	3282	-	-	e <sub>5</sub>
19	3475	-	m	-
20	3668	1	-	-
21	3861	-	m	-
22	4054	-	-	e <sub>6</sub>
23	4247	-	m	-
24	4440	1	-	-

Tabla 6.2 Arreglo multitrama para una interfaz de tasa primaria de 1.544 Mbps

Seis de estos bits forman una señal de alineación de trama (FAS) el cual se repite en cada multitrama para proveer una forma de sincronización, el código para la señal FAS es 001011. Los bits denominados e<sub>i</sub> se utilizan para la verificación de redundancia cíclica (Cyclic Redundancy Check, CRC), con 6 bits, y el resto de los bits etiquetados como m son utilizados para funciones de mantenimiento y operación.

El código de línea para la interfaz de 1.544 Mbps es AMI usando B8ZS, [WSTA95].

#### Interfaz de tasa primaria de 2.048 Mbps

Esta interfaz se basa en la estructura de transmisión Europeo. La estructura de la trama es la siguiente:

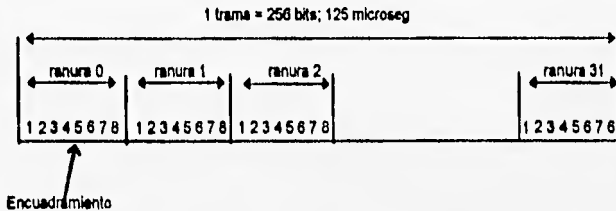


Figura 6.4 Trama para una interfaz de tasa primaria de 2.048 Mbps

La trama está formada por 32 ranuras de tiempo de 8 bits, obteniendo un total de 256 bits por trama transmitidos en 125 microsegundos. La primera ranura de tiempo se utiliza para propósitos de encuadramiento y sincronización, y los 31 canales restantes para los canales de datos del usuario. Cada canal soporta 64 Kbps y la estructura de transmisión utilizada es la de 30B + D.

Para hacer uso de los bits de la ranura de tiempo 0 se utiliza un arreglo multitrama de 10 tramas, ver tabla 6.3. Los bits del 2 al 8 de cada trama por son utilizados como señal de alineación de trama (código 001101). El bit A puede ser utilizado para indicar una alarma remota, poniéndose en este caso el bit A en 1. Los bits etiquetados como C, se utilizan para la verificación de redundancia cíclica de 4 bits. Los bits de repuesto  $S_{24}$  a  $S_{31}$ , pueden ser usados de diferentes formas [WSTA95]:

- Pueden ser utilizados para especificar una aplicación punto a punto.
- El bit  $S_{24}$  es recomendado por la CCITT como un enlace de datos basado en mensajes para la operación, mantenimiento y monitoreo de desempeño de la red.

	Sub-multitrama (SMF)	Número de trama	Bits 1 al 8							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Multitrama	I	0	$C_1$	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		2	$C_2$	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		4	$C_3$	0	0	1	1	0	1	1
		5	1	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		6	$C_4$	0	0	1	1	0	1	1
	II	7	0	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		8	$C_1$	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		10	$C_2$	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		12	$C_3$	0	0	1	1	0	1	1
		13	E	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$
		14	$C_4$	0	0	1	1	0	1	1
15	E	1	A	$S_{24}$	$S_{25}$	$S_{26}$	$S_{27}$	$S_{28}$		

Tabla 6.3 Arreglo multitrama para una interfaz de tasa primaria de 2.048 Mbps

El código de línea para la interfaz de 2.048 es AMI usando HDB3 [WSTA95].

## 6.2 CAPA DE ENLACE DE DATOS ISDN

Arriba de la capa física se encuentra la capa de enlace de datos para efectuar las comunicaciones. Se ha puesto énfasis en la definición de un protocolo de control de enlace de datos para el canal D. Este protocolo, conocido como LAPD, es utilizado para la comunicación entre el usuario y la red. Para el tráfico del canal B, la situación es diferente. Para una conexión de paquetes conmutados, LAPB (Link Access Protocol-Balanced) es utilizado para conectar al usuario a un nodo de conmutación de paquetes. Para una conexión de circuitos conmutados, existe un circuito punto a punto entre dos usuarios, y éstos son libres de utilizar cualquier protocolo en el nivel de enlace para el control del enlace de datos punto a punto.

### 6.2.1 LAPD

Todo el tráfico sobre el canal D emplea un protocolo a nivel capa de enlace conocido como LAPD (Link Access Protocol - D channel) definido en la Q.921. Primero vamos a mencionar los servicios que LAPD ofrece a la capa de red, y después examinaremos los diferentes elementos del protocolo LAPD.

#### Servicios

El propósito del LAPD es transportar la información de usuario entre las entidades de la capa 3 a través de la ISDN utilizando el canal D. El servicio LAPD soportaría:

- Terminales múltiples en la Interfaz usuario-red.
- Entidades de la capa 3 múltiples.

El estándar LAPD provee dos formas de servicio a los usuarios de LAPD: el servicio de transferencia de información sin reconocimiento y el servicio de transferencia de información con reconocimiento. El servicio de transferencia de información sin reconocimiento simplemente ofrece la transferencia de tramas conteniendo datos del usuario sin algún reconocimiento. El servicio no garantiza que los datos presentados por un usuario serán entregados a otro usuario, ni informa al transmisor si la entrega tuvo fallas.

El servicio de transferencia de información con reconocimiento es el más común y es similar al servicio ofrecido por LAPB y HDLC (High-level Data Link Control). Con éste servicio, se establece una conexión lógica entre dos usuarios LAPD. Ocurre en tres fases: el establecimiento de la conexión, la transferencia de datos y la terminación de la conexión. Durante la fase del establecimiento de la conexión, los dos usuarios acuerdan el intercambio de datos. Durante la fase de la transferencia de datos, el LAPD garantiza que todas las tramas serán entregadas en el orden en las que fueron transmitidas. Durante la fase de la terminación de la conexión, uno de los dos usuarios solicita la terminación de la conexión lógica.

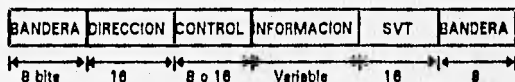
### El protocolo LAPD: características básicas

Tanto la información de usuario, la información de control del protocolo y los parámetros son transmitidos en tramas. Correspondientes a los dos tipos de servicio ofrecidos por el LAPD, existen dos tipos de operación:

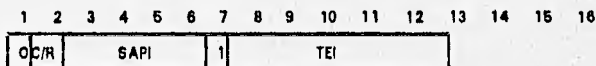
- Operación sin reconocimiento: La información de la capa 3 es transferida en tramas sin numerar. La detección de errores es utilizada para descartar tramas dañadas, pero no hay control de errores o control del flujo.
- Operación con reconocimiento: La información de la capa 3 es transferida en tramas que incluyen números secuenciales y que son reconocidos. Los procedimientos de control de errores y control del flujo se incluyen dentro del protocolo. Este tipo también es conocido en el estándar como operación de trama múltiple.

### Estructura de la trama

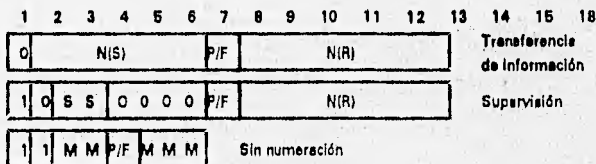
Toda la información de usuario y los mensajes del protocolo son transmitidos en la forma de tramas. La figura 6.5 describe la estructura de la trama del LAPD. Examinaremos cada uno de éstos campos.



a) Formato de la trama



b) Formato del campo de dirección



S = Bit de función de supervisión  
M = Bit de función modificador

c) Formatos del campo de control

Figura 6.5 Formato LAPD



**Campos de bandera.** Los campos de bandera delimitan la trama con el patrón único 01111110. En ambos lados de la interfaz usuario-red, los receptores están continuamente esperando la secuencia de bandera para sincronizarse en el comienzo de una trama. Mientras están recibiendo una trama, una estación continúa esperando esa secuencia para determinar el fin de la trama. Puesto que el protocolo permite la presencia de patrones de bits arbitrarios, nada asegura que el patrón 01111110 no aparecerá en algún lado dentro de la trama, y de esta manera destruiría la sincronización. Para evitar este problema, un procedimiento conocido como "relleno de bits" es utilizado. Entre la transmisión de las banderas de comienzo y fin, el transmisor siempre insertará un bit "0" extra después de cada ocurrencia de cinco 1s en la señal. Después de detectar una bandera de comienzo, el receptor monitorea la corriente de bits. Cuando un patrón de cinco 1s aparece, el sexto bit es examinado. Si este bit es 0, éste es borrado. Si el sexto bit es un 1 y el séptimo bit es un 0, la combinación es aceptada como una bandera. Si el sexto y el séptimo bit son unos, el transmisor está indicando una condición de aborto.

**Campo de dirección.** El LAPD tiene que tratar con dos niveles de multiplexión. Primero, del lado del usuario, podrían existir varios dispositivos compartiendo la misma interfaz física. Segundo, dentro de cada dispositivo, podrían existir diferentes tipos de tráfico: específicamente, datos de paquetes conmutados y señalización de control. Para acomodar éstos niveles de multiplexión, LAPD emplea una dirección de dos partes, la cual consiste de un Identificador del punto terminal (Terminal Endpoint Identifier, TEI) y un Identificador del punto de acceso al servicio (Service Access Point Identifier, SAPI).

Típicamente, cada dispositivo tiene un Identificador del punto terminal (TEI) único. También es posible que a un dispositivo le sea asignado más de un TEI. La tabla 6.4 muestra la asignación de los números TEI.

a) Asignaciones SAPI	
Valor SAPI	Protocolo Relacionado o Entidad de Administración
0	Procedimientos de control de llamada
16	Comunicación de paquetes conforme al nivel 3 del X.25
32-61	Comunicación Trama Relay
63	Procedimientos de administración de la capa 2
Todos los demás	Reservado para futura estandarización

b) Asignaciones TEI	
Valor TEI	Tipo de Usuario
0-63	Equipo de usuario con asignación del TEI no automática
64-126	Equipo de usuario con asignación del TEI automática
127	Utilizado durante la asignación del TEI automática

Tabla 6.4 Asignaciones a TEI y SAPI

Los servicios de la capa de enlace de datos se realizan sobre una conexión de la capa de enlace de datos entre un par de puntos de acceso al servicio (Service-Access Point, SAP). Estos son los puntos lógicos en los cuales la capa de enlace de datos proporciona sus servicios y en los cuales estos servicios se accesan por el usuario. Los SAP's se denotan por sus identificador del punto de acceso al servicio (Service-Access Point Identifier, SAPI). Cuatro valores específicos han sido asignados, como se muestra en la tabla 6.4.

Los valores SAPI son únicos dentro de un TEI. Es decir, para un TEI dado, existe una entidad de la capa 3 única para un SAPI dado. El TEI y el SAPI juntos también son utilizados para identificar de manera única una conexión lógica; en este contexto, la combinación de TEI y SAPI se conoce como identificador de la conexión de enlace de datos (Data Link Connection Identifier, DLCI).

El formato del campo de dirección se ilustra en la figura 6.5. El campo de dirección incluye un bit de comando/respuesta (C/R). Todos los mensajes del LAPD están clasificados como comandos o respuestas, y éste bit es utilizado para indicar que tipo de mensaje contiene la trama.

**Campo de control.** LAPD define tres tipos de tramas, cada una con un formato del campo de control diferente. Las tramas de transferencia de información (tramas I) transportan los datos a ser transmitidos por el usuario. Las tramas de supervisión (tramas S) proveen el mecanismo de solicitud de repetición automática (Automatic Repeat Request, ARQ). Las tramas sin numeración (tramas U) proveen funciones de control de enlace suplementarias y también son utilizadas para soportar la operación sin reconocimiento.

Todos los formatos del campo de control contienen el bit poll/final (P/F). En las tramas de comando, se le conoce como bit P y es puesto en 1 para solicitar (poll) una trama de respuesta de la entidad LAPD correspondiente. En las tramas de respuesta, es conocido como el bit F y es puesto en 1 para indicar que la trama de respuesta transmitida es el resultado de un comando.

**Campo de información.** El campo de información está presente sólo en las tramas I y en algunas tramas sin numeración. El campo puede tener cualquier secuencia de bits, pero debe ser un número entero de octetos. La longitud del campo de información es variable hasta un máximo definido por el sistema.

**Campo de secuencia verificadora de trama.** La secuencia verificadora de trama (Frame-Check Sequence, FCS) es un código de detección de errores calculado de los bits restantes de la trama, excluyendo a las banderas. El código utilizado es el código CRC-CCITT [WSTA90].

### **Operación con reconocimiento**

La operación con reconocimiento del LAPD se relacionan con en el intercambio de las tramas I, las tramas S y las tramas U entre un usuario y la red sobre el canal D. Los diferentes comandos y respuestas definidos para éstos tipos de trama se listan en la siguiente tabla 6.5 [WSTA90].

#### **Establecimiento de la conexión**

Una conexión lógica puede ser solicitada por la red o por el usuario transmitiendo una trama SABME. La entidad LAPD correspondiente recibe la trama SABME y pasa una indicación de solicitud de conexión a la entidad de la capa 3 apropiada.

Comandos y Respuestas LAPD

Nombre	Codificación del campo de control	C/R	Descripción
<b>Formato de Transferencia de Información</b>			
I (Información)	0-N(S)-P-N(R)-	C	Intercambio de datos del usuario
<b>Formato de Supervisión</b>			
RR (Receive Ready)	1000000*-N(R)-	C/R	Reconocimiento positivo; listo para recibir trama I
RNR (Receive Not Ready)	10100000*-N(R)-	C/R	Reconocimiento positivo; no está listo para recibir
REJ (Reject)	10010000*-N(R)	C/R	Reconocimiento negativo; regreso a N
<b>Formato Sin Numeración</b>			
SABME (Set Asynchronous Balanced Mode)	1111P110	C	Solicitud de conexión lógica
DM (Disconnected Mode)	1111F000	R	Inhabilitado para establecer o mantener una conexión lógica
UI (Unnumbered Information)	1100P000	C	Utilizado para el servicio de transferencia de información sin reconocimiento
DISC (Disconnect)	1100P010	C	Termina la conexión lógica
UA (Unnumbered Acknowledgment)	1100F110	R	Reconocimiento de SABME o DISC
FRMR (Trama Reject)	1110F001	R	Reporta la recepción de una trama inaceptable
XIO (Exchange Identification)	1111*101	C/R	Información de identificación de intercambio

\* = bit P/F

Tabla 6.5 Comando y respuestas LAPD

Si la entidad de la capa 3 responde con una aceptación de la conexión, entonces la entidad LAPD transmite una trama UA de regreso al otro lado. Si el destino rechaza la solicitud de conexión, su entidad LAPD regresa una trama DM, y la entidad LAPD receptora informa a su usuario del rechazo.

**Transferencia de datos**

Cuando la solicitud de la conexión ha sido aceptada y confirmada, la conexión es establecida. Ambos lados podrían empezar a enviar datos del usuario en las tramas I, comenzando con un número de secuencia 0. Los campos N(S) y N(R) de la trama I son números secuenciales que soportan control del flujo y control de errores. Una entidad LAPD que envía una secuencia de tramas I las numerará secuencialmente, y colocará el número secuencial en N(S). N(R) es el número de tramas I recibidas; éste le indica a la entidad LAPD que número de trama I espera recibir en la siguiente recepción

Las tramas S también son utilizadas para el control del flujo y control de errores. La trama de Receive Ready (RR) es utilizada para reconocer la última trama I recibida indicando la siguiente trama I esperada. La trama Receive Not Ready reconoce una trama I, igual que RR, pero también pregunta a la entidad correspondiente si se suspende la transmisión de tramas I. Cuando la entidad que manda un RNR está otra vez lista, ésta envía un RR. El cual indica que la última trama I recibida ha sido rechazada y que la retransmisión de todas las tramas I comenzando con el número N(R) es requerida.

### Desconexión

La entidad LAPD puede iniciar una desconexión, sobre su propia iniciativa si existe alguna falla, o en la solicitud de su usuario de la capa 3. La entidad LAPD manda una desconexión sobre una conexión lógica particular enviando una trama DISC a la entidad correspondiente sobre la conexión. La entidad remota debe aceptar la desconexión respondiendo con un UA e informando a su usuario de la capa 3 que la conexión ha sido terminada.

### Trama de rechazo de trama

La trama de rechazo de trama (Frame Reject, FRMR) es utilizada para indicar que una trama impropia ha llegado -una que de alguna manera viola el protocolo. Es decir, han ocurrido una o más de las siguientes condiciones:

- La recepción de un campo de control indefinido.
- La recepción de una trama S o trama U con longitud incorrecta.
- La recepción de un N(R) inválido; el único N(R) válido está en el rango que va del número secuencial de la última trama reconocida al número secuencial de la última trama transmitida.
- La recepción de una trama I con un campo de información que excede la longitud máxima establecida.

El efecto del FRMR es abortar la conexión. Sobre la recepción de un FRMR, la entidad receptora puede tratar de restablecer la conexión utilizando el procedimiento de establecimiento de la conexión descrito anteriormente.

La trama de identificación de intercambio (Exchange Identification, XiD) es utilizada por dos estaciones para intercambiar información relacionada al manejo de la conexión. Cuando una entidad correspondiente recibe un comando XiD, ésta responde con una respuesta XiD.

### Operación sin reconocimiento

La operación sin reconocimiento provee el intercambio de los datos de usuario con ninguna forma de control de errores o control del flujo. La trama de información de usuario (IU) es utilizada para transmitir los datos del usuario. Cuando un usuario LAPD desea enviar datos, éste pasa los datos a su entidad LAPD, la cual pasa los datos en el campo de información de una trama IU. Cuando esta trama es recibida, el campo de información es pasado al usuario destino. No existe reconocimiento que se regresa al otro lado. Sin embargo, la detección de errores es desempeñada y las tramas erróneas se descartan.

### Funciones de administración

Existen dos funciones relacionadas con el manejo del enlace que se aplican a la entidad LAPD, más que a una conexión en particular o a un usuario de LAPD. Estas son para la administración del TEI y para la negociación de parámetros.

#### Administración del TEI

La administración del TEI provee procedimientos de asignación del TEI en forma automática. Estos procedimientos podrían ser invocados por el equipo TE conectado en una interfaz usuario-red específica, así que ninguna configuración manual de un valor TEI es necesario.

Además de la asignación del TEI automática, existen procedimientos para verificar el valor de una asignación del TEI existente y para remover una asignación del TEI. Estos procedimientos también hacen uso de las tramas Ui.

Si el lado de la red determina que un valor TEI debe ser discontinuado, éste manda un mensaje de remover la identidad, y el equipo de usuario apropiado removerá su TEI e introducirá un estado de TEI sin asignar. La red podría mandar un comando si ésta determina que existe una asignación del TEI duplicada.

#### Negociación de los parámetros

Asociados con la operación del LAPD existen ciertos parámetros clave. Cada parámetro tiene asignado un valor de default en el estándar, pero se han hecho provisiones para la negociación de otros valores.

### 6.2.2 ADAPTACION DE LA TERMINAL

Muchos de los equipos de comunicaciones de datos existentes no son compatibles con las interfaces, protocolos y tasas de datos de ISDN, por lo que estos deben ser adaptados a una terminal ISDN.

En la actualidad existe una gran cantidad de adaptadores de terminales (Terminal Adapter, TA), ya sea como un dispositivo stand-alone (ver glosario) o como una tarjeta de circuito para una PC. Todos estos dispositivos adaptan las características y funciones de un dispositivo particular a las características y funciones de un dispositivo ISDN.

En términos generales una TA realiza las siguientes funciones [WSTA95]:

- Adaptación de la tasa
- Conversión de señalización
- Conversión X.25
- Conversión de la interfaz física
- Digitalización

La conversión de señalización consiste en mapear un protocolo de señalización de un dispositivo particular, por ejemplo X.21, al protocolo de señalización ISDN llamado Q.931.

Convertir un dispositivo X.25 a ISDN es hacer una conversión de tal forma que pueden ser utilizar los canales B y D, esto se realiza haciendo una adaptación de la tasa de datos y una conversión de la señalización.

La conversión de la interfaz física consiste en convertir el medio de transmisión a dos cables de par trenzado en la interfaz S o T, según sea el caso.

La digitalización se realiza cuando el dispositivo utiliza señales analógicas en el medio de transmisión.

A continuación estudiaremos con mayor énfasis los procedimientos que existen para la adaptación de la tasa de datos asumiendo que todos los TA soportan señalización sobre el canal D y un procedimiento sobre el canal B que indica el tipo de la adaptación, esto último se muestra en la tabla 6.6 [WSTA95].

Servicio ISDN	Procedimiento TA	Interface(s)	canales ISDN
Circuitos conmutados	I.465/V.120 (U.S.A.)	V.24, V.35	B, H
	I.463/V.110 (Japón, Europa)	V.24, V.35	B
	I.461/X.30	X.21	B
Paquetes conmutados	I.462/X.31 modo circuito	X.25	B
	I.462/X.31 modo paquetes	X.25	B, D, H

Tabla 6.6 Procedimientos existentes para la adaptación de la tasa de datos

### Adaptación de la tasa

Algunos equipos (llamados TE2 en la terminología ISDN) tales como terminales y PC trabajan a una tasa de transmisión de datos menor a 64 Kbps, pero dado que el principal medio de transmisión de datos es el canal B (64 Kbps), esos equipos TE2 deben ser mapeados a 64 Kbps para facilitar la multiplexión que se utiliza en estándares ya definidos como T1. Otra razón por la cual es necesaria la adaptación de la tasa, es por que el canal B es la unidad fundamental de la conmutación de circuitos. Esto es, aún cuando un canal B esté lógicamente dividido en uno o varios subcanales, todos estos son transmitidos sobre un circuito único entre el mismo par de usuarios.

A continuación examinaremos la adaptación de la tasa de acuerdo al los procedimientos especificados en I.460 [WSTA95].

La I.460 hace una separación entre los dispositivos que manejan tasas que son submúltiplos de 64 Kbps (8, 16 y 32 Kbps) y los que no lo son, para poder utilizar los diferentes procedimientos propuestos.

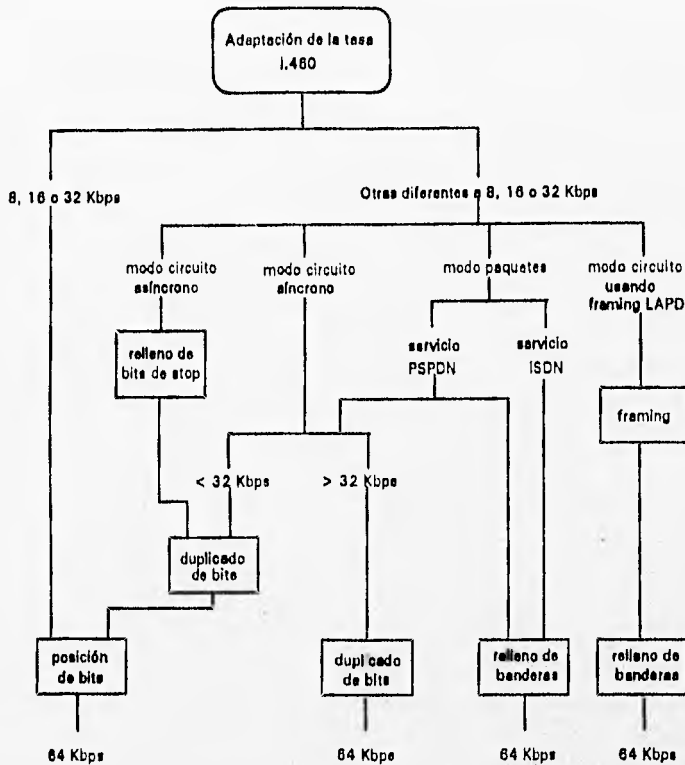


Figura 6.6 Alternativas para la adaptación de la tasa de datos a 64 Kbps en el canal B

### Terminal con tasa de datos de 8, 16 o 32 Kbps

Para un dispositivo del usuario con tasa de 8 Kbps el procedimiento que se sigue es el siguiente [WSTA95]. Cada bit que recibe el TA del TE2 es transmitido en un octeto en el cual, el primer bit es el bit de dato del usuario y los 7 bits restantes son puestos en 1 binario. Cuando el dato llega del otro lado de la ISDN, el primer bit es pasado a la terminal y el resto se deshacha. Un procedimiento similar se lleva a cabo para equipos terminales con tasa de 16 y 32 Kbps, ver figura 6.7.

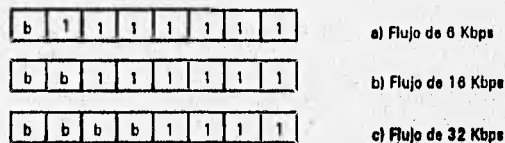


Figura 6.7 Localización de los bits de datos en un octeto del canal B para la adaptación de la tasa

## Terminal con tasa distinta a 8, 16 o 32 Kbps

### a. Modo circuito síncrono

Consideremos ahora un dispositivo síncrono usando el canal B como servicio en modo circuito. El procedimiento que se sigue en este caso está definido en I.461/X.30 (terminales que usan Interfaz X.21, X.21 bis y X.20) e I.463/V110 ( terminales que usan Interfaz serie V). Si la tasa de datos de la terminal es menor a 32 Kbps, entonces se utiliza una función de adaptación de 2 estados [WSTA95] (ver figura 6.8) y las tasas de datos permitidas son las indicadas en la tabla 6.7 [WSTA95].

Tasa de datos síncrona (bps)	Tasa de síncrona RA1 (Kbps)
600	8
1,200	8
2,400	8
4,800	8
7,200	16
9,600	16
12,000	32
14,400	32
19,200	32

Tabla 6.7 Tasas de datos permitidas para ser adaptadas

El bloque del primer estado involucra la creación de un trama con solamente algunos de los bits de datos del usuario, por ejemplo, para hacer una adaptación de una tasa de 2400 bits a una tasa intermedia ISDN de 8 Kbps, se forman tramas de 80 bits, de los cuales 24 bits son datos del usuario; obteniendo una tasa de 100 tramas por segundo a la salida del bloque del primer estado. El arreglo de los bits para la trama de este ejemplo se muestran en la tabla 6.8.

Cuando la tasa de datos a ser adaptada está entre 32 Kbps y 64 Kbps solo se utiliza el primer estado para su adaptación. Es importante resaltar que cuando se hace una adaptación de la tasa es necesario que los dos usuarios que desean establecer una conexión operen a la misma tasa de datos, es por eso que durante el establecimiento de la llamada se debe identificar la tasa de datos del usuario lo cual se hace con la señalización de canal común sobre el canal D.

### b. Modo circuito asíncrono

Para este caso se utiliza un procedimiento de tres estados [WSTA95.]

Las funciones del segundo (B1) y tercer (B2) estado son iguales a las funciones del primero y segundo estado, respectivamente, explicadas en el modo síncrono.



Octeto	Bits							
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	D1	D1	D2	D2	D3	D3	S
3	1	D4	D4	D5	D5	D6	D6	X
4	1	D7	D7	D8	D8	D9	D9	S
5	1	D10	D10	D11	D11	D12	D12	S
6	1	1	1	0	E4	E5	E6	E7
7	1	D13	D13	D14	D14	D15	D15	S
8	1	D16	D16	D17	D17	D18	D18	X
9	1	D19	D19	D20	D20	D21	D21	S
10	1	D22	D22	D23	D23	D24	D24	S

- El patrón de alineación de trama está formado por el primer octeto (que son todos 0) y el primer bit de los 9 octetos restantes ( que son todos 1), dando un total de 17 bits.
- El sexto octeto contiene un 1 seguido por un conjunto de E bits (E1, E2, ..., E7) los cuales se usan para indicar la tasa de usuario de datos, para este caso la tasa 2400 bits corresponde al código 1110.

D<sub>i</sub> = bits de datos

S = bit de status

X = bits reservados para uso futuro.

Tabla 6.8 Adaptación de la tasa de datos de 2.4 Kbps a un tasa de 8 Kbps

La función del primer estado (B0) es convertir un flujo de caracteres asíncrono en una tasa de datos síncrono aceptable por el segundo estado ( ver tabla 6.9). La técnica utilizada en el primer estado consiste en agregar bits de parada adicionales entre caracteres para elevar la tasa de datos intermedia más cercana que pueda aceptar el segundo estado.

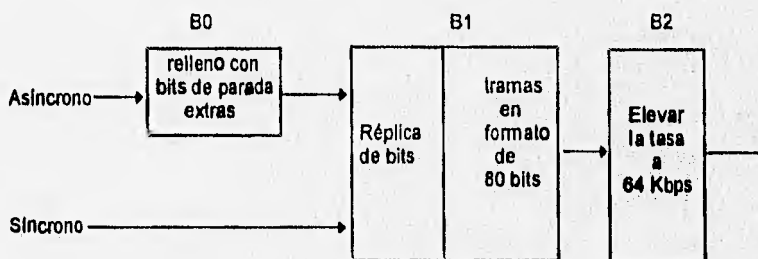


Figura 6.8 Proceso de adaptación de una tasa de datos asíncrona

Tasa de datos asíncrona (bps)	Tasa de datos síncrona B1 intermedia	Tasa de datos síncrona B2 (Kbps)
50	600	8
75	600	8
110	600	8
150	600	8
200	600	8
300	600	8
600	600	8
1200	1200	8
3600	4800	8
4800	4800	8
7200	9600	16
9600	9600	16
12000	19200	32
14400	19200	32
19200	19200	32

**Tabla 6.9 Tasa de datos asíncronas aceptadas para ser adaptadas a una tasa síncrona**

### **c. Modo paquetes**

La recomendación I.462/X.31 [WSTA95], soporta equipos que manejan modo paquetes sobre ISDN. Recordemos que el servicio de conmutación de paquetes en ISDN se puede dar de dos formas:

- a) la conmutación de paquetes esté dada por una red externa y la conexión se realiza sobre el canal B
- b) la conmutación se realiza dentro de la misma ISDN.

#### **Caso A**

Todas las redes de conmutación de paquetes manejan X.25 y por lo tanto envían tramas LAPB. Si la tasa de la terminal TE2 es menor a 64 Kbps se sigue el siguiente procedimiento. El TA recibe las tramas del TE2. Las tramas son transmitidas tan rápido como vayan llegando, creando "huecos" entre la transmisión de una trama y otra. Estos huecos son llenados con octetos de banderas adicionales. La señalización sobre el canal D es usada para decirle a la red a qué tasa está transmitiendo la terminal. Este proceso es conocido como "Rellenado de banderas intertramas"

#### **Caso B**

En este caso el servicio es dado sobre los canales B y D. Así que los paquetes X.25 son transportados en tramas LAPB sobre el canal B y tramas LAPD sobre el canal D. La adaptación de la tasa sobre el canal B a 64 Kbps y sobre el canal D a 16 Kbps se hace utilizando el método de relleno de banderas.

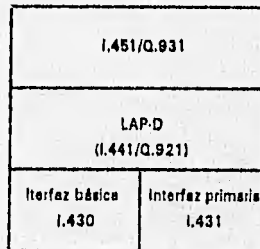
### 6.3 CAPA DE RED ISDN

LA capa de red de ISDN utiliza un conjunto de protocolos que permiten tener un control sobre una llamada. Las especificaciones de estos protocolos están contenidas en seis recomendaciones:

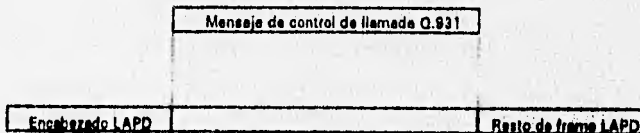
- Menciona los aspectos generales de la capa 3 de la UNI-ISDN.
- Indica los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y terminación de conexiones de red en la UNI-ISDN.
- Especifica los procedimientos para establecer un servicio adicional asociado o no con la conexión existente
- Define los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y terminación de conexiones en modo trama en la UNI-ISDN.
- Proporciona una forma de codificación par servicios de telecomunicaciones.

A continuación estudiaremos el protocolo Q.931, denominado básico [WSTA90] y la forma de proveer servicios suplementarios, protocolo Q.932.

Q.931 es un protocolo nuevo propuesto por la CCITT que trabaja en la capa 3 del modelo OSI [WSTA95], el cual provee señalización de control fuera de banda para el establecimiento de una conexión sobre los canales B y H. También provee señalización de control usuario a usuario sobre el canal D. Como se muestra en la figura 6.9a el protocolo Q.931 se ubica sobre la capa de enlace, por lo que cada mensaje es encapsulado en un trama LAPD. Ver figura 6.9.



a) Ubicación de protocolo Q.931 en el modelo OSI.



b) Encapsulado de la información de Q.931

Figura 6.9 Arquitectura de comunicaciones para el control de la llamada

Antes de estudiar el protocolo Q.931 mencionaremos que una red ISDN puede manejar dos tipos de terminales: terminales funcionales y terminales estímulo.

Las terminales funcionales son dispositivos inteligentes que pueden manejar todos los tipos de mensajes disponibles por Q.931, en cambio las terminales estímulo son terminales que no manejan señalización ISDN. Las terminales estímulo transmiten información de señalización, un evento o un dígito a la vez. Para las terminales estímulo, las funciones de control están centralizadas en el Exchange [WSTA95].

### 6.3.1 MENSAJES EN FORMATO Q.931

El proceso de establecimiento, mantenimiento y terminación de una conexión o de un servicio suplementario, se realiza por medio del intercambio de mensajes de control de señalización. El formato de un mensaje Q.931 se muestra en la figura 6.10 [WSTA95].

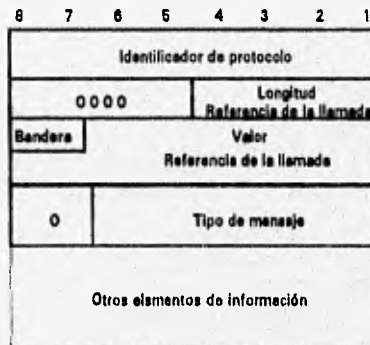


Figura 6.10 Formato Q.931

Los tres primeros campos del formato son comunes a todos los tipos de mensajes, el resto de los campos varía de acuerdo al tipo de mensaje que se vaya a enviar. A continuación explicaremos los tres primeros campos.

#### Identificador de protocolo

Se utiliza para determinar el tipo de mensaje de llamada usuario-red de otros tipos de llamadas. Los tipos de mensajes que pueden existir son los que se muestran en la tabla 6.10.

### Referencia de la llamada

El campo de referencia de la llamada esta dividido en tres subcampos: longitud, valor y bandera.

**Subcampo de longitud.** Define la longitud en octetos del resto de los campos del mensaje, recordemos que el número de campos varía de acuerdo al tipo de mensaje. Si este subcampo vale 0 indica que se solicita un servicio suplementario.

**Subcampo de valor.** Define el número único asignado a una conexión. Este número es creado por el TE y tiene un significado local, es decir, entre el TE y el NT. Si este subcampo tiene un valor de 0 significa que se hará un referencia a una llamada global, usada para restaurar un enlace

**Subcampo de bandera.** Indica cual end de la conexión LAPD inició la llamada.

---

00000000	Protocolo específico de los usuarios	} Señalización usuario a usuario
00000001	Protocolos de capas altas OSI	
00000010	Datos de usuarios para llamadas X.25	
00000011	Administración del sistema	
00000100	Caracteres IA5	
00000101	Información codificada en ASN.1/BER	
00000110	Reservados para uso futuro	
00000111	Adaptación de tasa V.120	
00001000	Mensaje de control de llamada usuario red Q.931	
00010000	Reservado para otras capas de red u	
a	otros protocolos de la capa 3 incluyendo X.25	
00111111		
01000000		
a	Para uso nacional	
01001111		
01010000	Reservados para otras capas de red u	
b	otros protocolos de la capa 3, incluyendo X.25	
11111110		

Todos los demás valores están reservados.

---

Tabla 6.10 Tipos de mensajes existentes en el protocolo Q.931

### Tipo de mensaje

El protocolo Q.931. maneja tres tipos de mensajes:

- Control de conexión en modo circuito.
- Control de conexión para acceso a modo paquetes.

- Señalización usuario a usuario no asociada con las llamadas de circuitos conmutados.
- Mensajes usados con referencias a llamadas globales.

MENSAJE	SIGNIFICADO	DIRECCION	FUNCION
<b>Mensajes para el establecimiento de la llamada</b>			
ALERTING	global	ambas	Indica que una "alarma de usuario" ha iniciado.
CALL PROCEEDING	local	ambas	Indica que un "establecimiento de llamada" ha sido iniciada.
CONNET	global	ambas	Indica una "aceptación de llamada" por el TE que se llamó.
CONNET ACKNOWLEDGE	local	ambas	Indica que un usuario ha sido asignado a la llamada.
PROGRESS	global	ambas	Reportes progresivos de una llamada.
SETUP	global	ambas	Inicia el establecimiento de una llamada.
SETUP ACKNOWLEDGE	local	ambas	Indica que el establecimiento de una llamada ha sido iniciada pero requiere más información.
<b>Mensajes durante la fase de información de la llamada</b>			
RESUME	local	U-R	Petición de volver a iniciar la llamada suspendida previamente.
RESUME ACKNOWLEDGE	local	N-U	Indica que la petición de llamada ha sido restablecida.
SUSPEND	local	U-N	Petición de suspensión de una llamada.
SUSPEND ACKNOWLEDGE	local	N-U	Indica que la llamada a sido suspendida.
SUSPEND REJECT	local	N-U	Indica el fracaso de una petición de suspensión de llamada.
<b>Mensajes de terminación de una llamada</b>			
DISCONNECT	global	ambas	Se envía al usuario y a la red para indicar que la conexión se termina.
RELEASE	local	ambas	Indica que se hace el intento de liberar el canal y la llamada referida.
RELEASE COMPLETE	local	ambas	Indica la liberación del canal y la llamada referida.
INFORMATION NOTIFY	local acceso	ambas ambas	Provee información adicional. Indica información relacionada a la llamada.
STATUS	local	ambas	Se envía en respuesta a un STATUS INQUIRY o en algún tiempo dado para reportar un error.
STATUS INQUIRY	local	ambas	Solicita mensaje de estatus.

Tabla 6.11 Mensajes del protocolo q.931 para una conexión en modo circuito

De éste explicaremos únicamente el primer tipo de mensaje.

**Control de conexión modo circuitos.**

Como su nombre lo indica establece, mantiene y termina una conexión de circuitos conmutados sobre un canal B, para lo cual utiliza una red de conmutación de circuitos. Los mensajes utilizados en este tipo de conexión se muestran en la tabla 8.11 y pueden ser de:

- significado local (Local), aquellos que son utilizados de la UNI (ya sea donde inicia o termina la conexión) a la red;
- significado acceso (acceso), que son utilizados únicamente en la UNI pero no en la red y de
- significado global (global), que existe en la UNI y en la red.

Además, un mensaje puede ser enviado únicamente del usuario hacia la red (U-R), de la red hacia el usuario (R-U), o poderse enviar en ambas direcciones (ambas).

Con el estudio de este capítulo se ha concluido el análisis de lo que el concepto de una red ISDN implica, ahora que se conocen sus características, requerimientos y posibilidades se puede dar el siguiente paso, que consiste en definir los medios más adecuados para llevar a cabo su implementación de forma real.

El siguiente capítulo está dedicado al estudio del SONET que es el punto de entrada al modo de transferencia asíncrona ATM, que hoy por hoy es el medio con mejores perspectivas para cumplir con los requerimientos necesarios para que una red ISDN funcione de la manera en que fue planeada y más aún que se de el paso hacia una red B-ISDN, es decir, una red ISDN de banda ancha con las mejoras y ventajas que esto representa.

# Capítulo 7

## SONET (Synchronous Optical Network)

En la década de los 60's, todos los sistemas de conmutación y transmisión eran analógicos, y se utilizaba la modulación codificada por pulsos (Pulse Code Modulation, PCM) para transformar señales analógicas de voz a cadenas de bits digitales. El problema principal que se tenía que solucionar, era la falta de espacio para nuevos cables, dada la enorme cantidad de cables ya existentes en las calles. La solución que se encontró fue la de utilizar cuatro cables de cobre en vez de dos, con lo que se logró que la cadena digital pudiera transmitir una mayor cantidad de señales de voz con mejor calidad que con los sistemas analógicos. Además surgió el estándar de 24 señales de voz multiplexadas junto con un bit de encuadramiento (framing bit) para formar una señal de 1.544 Mbps llamado DS-1. Cada señal de voz requiere de 64 Kbps (que es el producto de muestreo a 8 KHz por 8 bits-por-muestra), lo cual permite las múltiples conversiones de voz analógica a digital y de digital a analógica [CGUY93]. Pocos años después, los europeos desarrollaron un estándar similar con 30 canales de voz más un canal de encuadramiento y un canal de señalización para un total de 2.048 Mbps; este estándar es comúnmente llamado E-1.

El encuadramiento es un método que consiste en identificar dónde empazar a contar los canales, de esta manera los demultiplexores saben cual es el canal 1, 2, etc. Una secuencia de bits repetida en cada cuadro (8000 cuadros por segundo) forma un patrón que es difícil imitar por los datos. Así que, observando las cadenas de datos durante un cierto periodo de tiempo, el mecanismo de encuadramiento puede saber cual es el canal 1.

Debido a que hasta 1975 la conmutación era analógica, todos los sistemas digitales de transmisión recibían señales analógicas, y utilizaban un reloj de cristal interno para convertirlas en cadenas digitales, y luego las volvían a convertir en analógicas, pocos años después se empezó a utilizar el cable coaxial en lugar del alambre de cobre, con lo cual incrementó la velocidad de transmisión.

Estos métodos de multiplexaje serán explicados en este capítulo. Primero hablaremos de PDH y sus características; posteriormente trataremos el tema de la Red Óptica Síncrona, sus características y las ventajas que esta presenta.



## 7.1 ¿QUE ES PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)?

Al hablar de multiplexaje nos referimos a tomar un cierto número de señales DS-1 o E-1 y ponerlas juntas, se tome un bit de cada una de las cadenas y se pone dentro de otra cadena de mayor jerarquía. En Europa las jerarquías se manejan [CGUY93]:

Cuatro E-1 hacen un E-2 a 8 Mbps  
Cuatro E-2 hacen un E-3 a 34 Mbps  
Cuatro E-3 hacen un E-4 a 140 Mbps  
Cuatro E-4 hacen un E-5 a 565 Mbps (no estandarizado)

En cada paso el multiplexor tenía que tomar en consideración que los relojes de las cadenas eran ligeramente diferentes, así que se desarrolló el método llamado jerarquía digital plesiosíncrona (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) "Plesio" del griego significa "casi".

En este método a cada reloj se le permite cierto rango de velocidades, el multiplexor lee cada cadena a la velocidad máxima de cada reloj y cuando ya no hay más bits en el búfer de entrada (ya que los bits llegan conforme a un reloj de menor velocidad), este le añade bits de "adaptación" para adaptar la señal a la velocidad más alta del reloj. También consta de un mecanismo que le permite señalar al demultiplexor que se ha realizado una adaptación, y el demultiplexor deberá saber que bits descartar.

En los últimos años la conmutación digital ha tomado ventaja sobre la analógica por el hecho de que todos los sistemas digitales se puedan conectar y sincronizar uno con otro.

Existen dos problemas con el método PDH vistos desde la perspectiva de una red síncrona [CGUY93]:

Uno es que cada vez que es necesario sacar o insertar una cadena de otra de mayor orden, es necesario realizar todas las operaciones de todos los multiplexores que crearon dicha cadena. Esta operación es conocida bajo el nombre de Add/Drop.

El otro problema es que los multiplexores crean una red en la cual redireccionar las señales después de alguna falla de la red y controlar elementos de redes remotas desde centros de trabajo resulta extremadamente difícil.

Buscando una mejora a los problemas anteriores se creó el nuevo método de multiplexaje llamado jerarquía digital síncrona (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) en Europa y red óptica síncrona (Synchronous Optical Network, SONET) en Norte América. SONET maneja una tasa básica de 51.84 Mbps, conocida como señal de transporte síncrona nivel 1 (Synchronous Transport Signal Level-1, STS-1), las cuales si se multiplexan a un nivel 3 forman la tasa básica SDH conocida como módulo de transporte síncrono nivel 1 (Synchronous Transport Module Level 1, STM-1) e 155.52 Mbps. Debido a que la única diferencia entre SDH y SONET es el tamaño de su tasa básica, en lo subsiguiente únicamente mencionaremos el término SONET ya que es el más conocido.

## 7.2 ¿QUE ES SONET?

En SONET se conserva la constante de tiempo de 8000 cuadros por segundo, lo que se transmite en los 125 microsegundos es representado en un rectángulo el cuál describe el formato del primer nivel de la jerarquía síncrona (el más bajo). SONET establece un estándar para formatos de multiplexaje usando señales múltiplos de 51.84 Mbps agrupadas en bloques, cada bloque transporta señales DS-3 [WSTA92]; además define formatos de multiplexaje síncrono para soportar señales digitales de niveles más bajos (DS-1, DS-2, etc.).

Las especificaciones SONET definen una jerarquía, la cual se muestra en la tabla 7.1. El nivel más bajo, referido como STS-1 trabaja a 51.84 Mbps. Se pueden multiplexar varias señales STS-1 en una señal STS-N [WSTA92].

Como se puede observar en la tabla 7.1, SDH tiene su tasa más baja en STM-1 a 155.52 Mbps, lo que equivale a STS-3.

Jerarquía SONET	Jerarquía SDH	Tasa de datos (Mbps)
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-9	STM-3	466.56
STS-12	STM-4	622.08
STS-18	STM-6	933.12
STS-24	STM-6	1244.16
STS-36	STM-12	1866.24
STS-48	STM-16	2488.32

Tabla 7.1 Jerarquías SONET

Toda la información se recolecta en bytes y no en bits. Una trama STS-1 consta de 90 columnas y 9 renglones (810 bytes). Los bytes se transmiten en un renglón a la vez empezando de izquierda a derecha y de arriba a abajo. En la figura 7.1 podemos observar la trama STS-1 [WSTA 92]:

SONET se encuentra estructurado en una jerarquía de cuatro capas lógicas, [WSTA92], [UBLA95]:

- **Fotónica:** es la capa física responsable de convertir una señal eléctrica a una óptica, y de regenerar la señal óptica conforme viaja por la red.
- **Sección:** es un regenerador, desarrolla funciones tales como la alineación de tramas, monitoreo y detección de errores. Es responsable de la recepción y regeneración de la señal.

- **Línea:** es un concentrador, opera entre elementos de red y provee de servicios al equipo de ruta como multiplexaje, sincronización y conmutación de protección automática (Automatic Protection Switching, APS). APS permite a la red reaccionar ante líneas ópticas caídas, conmutando hacia alguna fibra alterna, estas operaciones se inician comúnmente debido a la pérdida de la conexión o al deterioro en la calidad de la señal.
- **Ruta:** es una terminal o un multiplexor y es el responsable de mapear la carga de usuario a formato SONET.

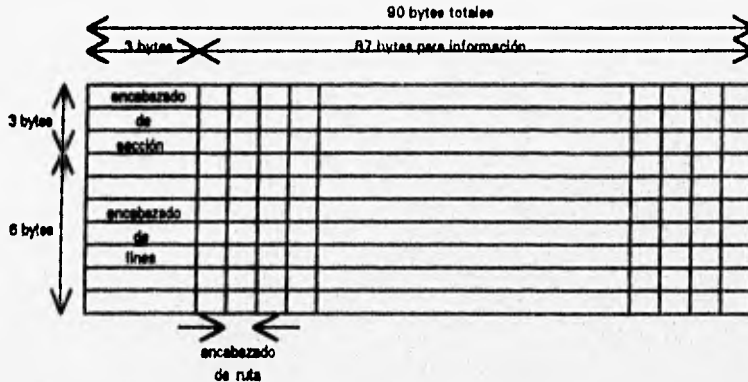


Figura 7.1 Trama STS-1 de la jerarquía SONET

En la figura 7.1 la parte más grande del rectángulo es destinada a la información a transmitir, a excepción de una columna destinada para encabezados de ruta; mientras la parte izquierda es para encabezados de sección y línea como se muestra a continuación en la figura 7.2 y en la tabla 7.2 (WSTA92).

Encabezado de sección	A1	A2	C1	Encabezado de ruta
	B1	E1	F1	
	D1	D2	D3	
Encabezado de línea	H1	H2	H3	
	B2	K1	K2	
	D4	D5	D6	
	D7	D8	D9	
	D10	D11	D12	
	Z1	Z2	E2	
J1				
B3				
C2				
G1				
F2				
H4				
Z3				
Z4				
Z5				

Figura 7.2 Encabezados de SONET

CAMPO	DESCRIPCION
<b>Encabezado de Sección</b>	
A1, A2	Bits de encuadramiento.
C1	Sirve para identificar cada cuadro STS-1 dentro de un STS-N.
B1	Sirve para monitoreo de errores utilizando tramas STS-1 anteriores.
E1	Canal PCM de 64 kbps.
F1	Canal de 64 kbps para propósitos de usuario.
D1-D3	Canal de 192 kbps para alarmas de control y administración entre secciones.
<b>Encabezado de Línea</b>	
H1-H3	Apuntadores para alineación de la carga de datos.
B2	Monitoreo de errores en el nivel línea
K1, K2	Señalización entre la misma línea y el equipo de APS.
D4-D12	Canal de 576 kbps para alarmas de control y administración y control en el nivel línea.
Z1, Z2	Reservados
E2	Canal de voz PCM de 64 kbps.
<b>Encabezado de Ruta</b>	
J1	Canal de 64 kbps, sirve para enviar mensajes para verificar la integridad de la ruta.
B3	Monitoreo de errores a nivel ruta.
C2	Señal que sirve para identificar si la STS está ocupada o no, y si lo está, el tipo de mapeo que necesitará la terminal receptora para poder interpretar la carga.
F2	Canal de 64 kbps para el usuario.
H4	Indicador multitrama, para cuando la carga excede el área de carga.
Z3-Z5	Reservado para uso futuro.

Tabla 7.2 Descripción de encabezados SONET

### 7.2.1 APUNTADES

Cada una de las cadenas que entran al multiplexor tienen un encuadramiento que no está alineado en tiempo con las otras cadenas, ni con el encuadramiento de la cadena de salida. En el PDH, el multiplexor no necesita saber en que parte del tiempo se encuentra el encuadramiento, ya que ésta es la tarea del demultiplexor en el nivel de menor jerarquía; y precisamente esto es lo que hace que las operaciones de add/drop sean tan caras. Para resolver este problema cada nodo SONET encuentra dónde empieza el encuadramiento en cada cadena, entonces debe calcular un apuntador que indica exactamente en que parte del bloque STM-1 ha puesto el principio de la cadena encuadrada. Si la cadena encuadrada se desliza con respecto al bloque STM-1, el sistema simplemente cambia el apuntador [CGUY93], [WSTA92]. Este método permite a la red trabajar sincronamente, al mismo tiempo que puede aceptar tráfico asincrónico [UBLA95].

## **7.2.2 CONTENEDORES VIRTUALES (CV) Y UNIDADES ADMINISTRATIVAS (AU)**

La señal PDH no se copia en el bloque STM-1 tal cual llega, por ejemplo; no puede usar el espacio reservado para encabezados y no puede llenar el espacio disponible de 261x9 bytes. Por tal motivo todas las señales PDH son empaquetadas en contenedores virtuales apropiados, este reempaquetamiento es llamado "adaptación" [CGUY93]. Existen diferentes tipos de contenedores virtuales, uno para cada tipo de señal PDH, un contenedor virtual junto con un apuntador es conocido como unidad administrativa.

## **7.2.3 PERSPECTIVAS DE LOS ESTANDARES**

Cuando se introdujo SONET en 1984, se propuso como sistema de transporte la fibra óptica, esta propuesta fue aceptada por ANSI Comité T1 y posteriormente se propuso a CCITT. Para 1988 la CCITT adoptó un conjunto de estándares de interfaz para SDH como las recomendaciones G.707, G.708 y G.709, y ANSI ha publicado estándares para SONET y formatos para la interfase óptica como T1.105 y T1.106 respectivamente. Estos estándares proporcionan las especificaciones de las interfases comunes a todos los equipos SONET, en particular tienen un cuidado especial en poner elementos extra para soportar mayor número de operaciones de las que actualmente se pueden realizar, esto da un amplio margen para las nuevas innovaciones en redes. Al mismo tiempo, el trabajo de estandarización empezó para los protocolos de operaciones de comunicación en las redes para controlar la subred SONET, y para modelos de información para la subred SONET y sus componentes.

Como un estándar global de transmisión SDH necesitaba ser compatible, ya que muchas de las redes alrededor del mundo están basadas en un número de diferentes jerarquías digitales [CGUY93]. Para resolver estos problemas, en 1988 ANSI y CCITT llegaron a ciertos acuerdos, el resultado fue que SDH en la CCITT se convirtió en un estándar de apoyo que permite variaciones locales [YCHA93]:

- SDH-Europa para adaptar la jerarquía de la conferencia europea de correos y telecomunicaciones (Conference Europeene des Postes et Telecommunications, CEPT)
- SDH-SONET para adaptar la jerarquía Norteamericana
- SDH-Japón para adaptar la jerarquía Japonesa.

Los reportes técnicos de ANSI enumeran dichas variaciones, sin embargo es bueno aclarar que señales que se encuentren más allá de los 155 Mbps no las utilizan ya que utilizan módulos del modo de transferencia asíncrona (Asynchronous Transfer Mode, ATM).

Se espera que SONET se convierta en una interfaz universal de fibra óptica que unirá redes telefónicas e incluso a los usuarios finales. En la estructura de los estándares han sido completadas las especificaciones de mapeo para señales de: interfases de datos distribuidos por fibra (Fiber Distributed Data Interface, FDDI); canal dual de cola distribuida (Distributed Queue Dual Bus, DQDB) y ATM.

## 7.2.4 SOPORTE DE OPERACIONES

Con o sin SONET, la fibra óptica se ha convertido en el medio principal para telecomunicaciones de muy alta velocidad, y los elementos de las redes de banda ancha que han sido introducidos en las redes de fibra óptica se han vuelto más inteligentes para proveer mayor flexibilidad, manejabilidad y mantenibilidad. SONET simplemente sirve como herramienta para facilitar la evolución de este tipo de redes.

Conforme los elementos inteligentes de las redes SONET se desarrollan, los sistemas de operación de la red tienen que irse mejorando. Estos elementos introducen la capacidad de las redes de proveer la activación de servicios y seguridad de los mismos; y necesitan al establecimiento de enlaces de comunicación para sus sistemas de operaciones, para de esta manera poder controlarlas remotamente.

Una pregunta que nos podríamos hacer sería, ¿Por qué cambiar a SONET?. Los proveedores de redes analizan típicamente tres ventajas económicas potenciales derivadas de una nueva tecnología: ahorro de costos, ahorro de operaciones e incremento de beneficios. Actualmente SONET es un estándar establecido, el cual conduce a una vida más larga de los productos, a mayor competencia y a un costo reducido de los equipos; también conduce a una mayor flexibilidad, eficiencia, manejabilidad de arquitecturas y nuevos servicios, lo cual lleva a reducir al costo de operaciones y a incrementar los beneficios [YCHA93]. Sin embargo, estas ventajas económicas son difíciles de cuantizar antes de que el equipo sea instalado.

Después de varios años de espera y de estrategias, a finales de 1992 se habían desplegado cerca de 20 000 terminales SONET de multiplexoras de operación add drop (Add Drop Multiplexer, ADM) en una arquitectura punto a punto. En 1991, por primera vez en la historia, terminales de fibra óptica de diferentes compañías (Alcatel y Fujitsu) fueron construidas bajo un mismo estándar de especificaciones para interfaces y fueron capaces de comunicarse una con otra.

## 7.3 VENTAJAS AL USAR REDES CON FIBRA OPTICA

Existen diversos atributos que hacen de la fibra óptica un medio de transporte superior sobre los ya existentes [JGR192], [TSWU92]:

- **Mayor capacidad:** actualmente la fibra óptica trabaja a velocidades del orden de los Giga-bits-por-segundo, aunque en los laboratorios se están probando fibras que trabajan a 10 veces dicha velocidad. Esto proporciona mayor ancho de banda, lo que nos permite la telecomunicación de voz, datos, video e incluso televisión de alta definición (High Definition Tele Vision, HDTV).
- **Alta confiabilidad:** para describir este atributo basta mencionar dos características de la fibra:

Tiene una tasa de error de bits (Bit Error Ratio, BER) menor de  $1 \cdot 10^{-11}$ . Este medio se encuentra libre de interferencia electromagnética, además de ser inmune a la lluvia, la temperatura y la humedad. A estas características podemos añadir el hecho de que el cableado de fibra óptica se realiza de tres a cuatro metros bajo tierra lo cual también lo hace inmune a desastres naturales como terremotos o huracanes.

- **Mayores espacios de repetición:** actualmente los sistemas de fibra óptica pueden transmitir datos a distancias de 30 a 50 millas sin necesidad de un regenerador; en comparación con los medios de cobre que necesitan un repetidor cada milla, esta resulta una ventaja muy grande.
- **Pequeño tamaño y peso ligero:** una milla de cableado de cobre punto a punto pesa aproximadamente media tonelada, en esta misma distancia utilizando fibra el peso se reduce en un 75%.

**Crecimiento potencial ilimitado:** la restricción en la capacidad no está dada por la fibra, sino por los equipos optoelectrónicos en donde termina la fibra.

Hasta ahora hemos visto que esta necesidad de transmitir cada vez un mayor número de información digital requiere de técnicas de transmisión más sofisticadas, así como de medios de transmisión que soporten grandes anchos de banda. Las técnicas que acabamos de ver no solucionan totalmente estos problemas, pero sirvieron de base para el desarrollo de una nueva tecnología: El Modo de Transferencia Asíncrona, el cual será el tema de nuestro próximo capítulo.

# Capítulo 8

## B-ISDN CON ATM

En algunas ocasiones se confunden los términos o se considera que algunos de ellos son sinónimos, como es el caso de ATM y B-ISDN.

El objetivo principal de este capítulo es clarificar un poco la distinción de ATM con B-ISDN y mostrar como se relaciona la tecnología ATM con otras redes. Para lograr este propósito, en el capítulo se describen las principales características de ATM, así como su interacción con otras tecnologías. Además se desglosa el modelo de protocolos siguiendo el modelo OSI para una red ATM.

### 8.1 INTRODUCCION A ATM

Los objetivos de una red con modo de transferencia asíncrono ATM son proporcionar una red de alta velocidad, pequeño retraso con multiplexión y conmutación para soportar cualquier tipo de tráfico del usuario.

Al referimos a un modo de transferencia, nos estamos refiriendo a los procesos de conmutación y multiplexaje. Existen modos de transferencia síncronos y asíncronos. A continuación haremos una comparación entre ambos.

Una transmisión utilizando SONET combinada con conmutación síncrona de división en el tiempo (como multiplexaje síncrono por división en el tiempo (Synchronous Time-division Multiplexing, STM), que es básicamente una estructura de transporte de circuitos conmutados basados en multiplexaje por división en el tiempo (Time Division Multiplexing, TDM)) provee un sistema de transporte de alta capacidad, con potencia de operaciones y capacidad de mantenimiento. De cualquier modo, las técnicas tradicionales de conmutación por división en el tiempo utilizadas en los elementos de las redes SONET, como ADMs y crossconectores digitales SONET (Digital Cross Connectors, DCC), las cuales dividen el ancho de banda en un número de canales con capacidad fija, requieren que todos los datos a ser transmitidos sean estandarizados a una tasa [CGUY93]. Esta característica hace que SONET sea eficiente únicamente para servicios con tasas constantes de bits (Constant Bit Rate, CBR), tales como servicios de voz. Por lo tanto, los sistemas SONET / STM pueden no ser la elección adecuada para la tecnología ISDN de banda ancha (Broadband-ISDN, B-ISDN), (recordemos que esta tecnología nos permite interfaces de alta velocidad que pueden integrar voz, datos, imagen y video) ya que no provee suficiente flexibilidad para manejar la variedad de anchos de banda que requiere este tipo de red [JGR192].



Para soportar este tipo de requerimientos, se ha propuesto la tecnología ATM para los servicios B-ISDN. ATM es un modo de transporte con conexión orientada, en el cual la información está organizada en entidades de tamaño fijo llamadas celdas. Una celda puede contener tráfico de usuario o tráfico de administración y de control.

ATM es asíncrono en el sentido que la recurrencia de celdas que contienen información de un usuario no es necesariamente periódica. Esta tecnología combina la flexibilidad de la tecnología tradicional de paquetes conmutados, la cual es eficiente por soportar servicios con requerimientos de diversos anchos de banda, con el determinismo del TDM. Como podemos ver la tecnología ATM es lo bastante flexible en su manejo para atender a todo tipo de tráfico, algunos ejemplos particulares de estos son [JGRI92]:

- **Voz:** los 64 Kb/s que se necesitan para manejar señales de voz pueden ser introducidos en las celdas ATM. Si cada celda puede almacenar 48 bytes de información, entonces cada celda puede guardar 6 ms de voz.
- **Audio:** El proceso de codificación de música debido a las características propias de esta, genera promedios de bits variables y esta es precisamente una de las aplicaciones del ATM.
- **Video:** Una de las técnicas principales para reducir la capacidad que se requiere para transmitir una señal de video es transmitir solamente la información relativa a los cambios con respecto al contenido de la imagen original, estas variaciones que se dan con la acción de los cuadros se adecuan de forma ideal a la capacidad variable de transmisión del ATM.

Como podemos ver todas estas aplicaciones producen información con promedios variables de transmisión, es por esto que ATM es el candidato ideal para una red de servicios integrados de banda ancha.

Las técnicas convencionales de conmutación de paquetes permiten longitudes variables en los paquetes para soportar mayor variedad de servicios mediante la flexibilidad del manejo de anchos de banda, sin embargo esta característica hace que su diseño en hardware sea muy complicado. La adopción de técnicas TDM en sistemas ATM establecen el tamaño de la celda fijo, con esto se simplifican los sistemas de procesamiento de hardware y se puede predecir el comportamiento del sistema.

Existen tres criterios importantes que se deben tomar en cuenta para decidir si una unidad de datos de protocolo (Protocol Data Unit, PDU) debe tener tamaño fijo o variable. Estos son:

- Eficiencia en la transmisión.
- Velocidad de conmutación.
- Retraso en la red.

La eficiencia de transmisión puede ser calculada utilizando la siguiente ecuación [UBLA95]:

$$T_E = L_i / (L_i + L_o)$$

- $T_E$  Eficiencia de transmisión.
- $L_i$  Tamaño del campo de información.
- $L_c$  Tamaño del encabezado de control.

En diversos estudios realizados se ha demostrado que la eficiencia de transmisión es mejor en PDU's variables, ya que esta mejora entre mayor sea el valor de  $L_i$  para un  $L_c$  dado. Sin embargo si se tiene PDU's de tamaño chico y fijo, estos se procesan de manera más rápida evitando retrasos.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se realizaron estudios en donde se llegó a la decisión de que el campo de información (o campo  $i$ ) de la celda sería de 48 octetas, y el encabezado de la misma sería del 10 % del campo  $i$ , es decir, 5 octetas de encabezado.

Con estos valores para la celda ATM se logra una buena integridad de la información, ya que se asegura que la pérdida de celdas sea entre 4 y 16 ms, el cual es un rango aceptable para el usuario final (el que ve o el que escucha).

Las principales ventajas de tener una celda de 53 octetas se listan a continuación [UBLA95]:

- Aceptable para redes de voz.
- Adaptable para operaciones de corrección de errores.
- Capaz de minimizar el número de bits a retransmitir desde el dispositivo del usuario en caso de error.
- Capaz de trabajar con equipo de transporte exterior.
- Anula el retraso inherente en el procesamiento de PDUs de gran tamaño.

## 8.2 ESTRUCTURA DE UNA CELDA ATM

La información que circula en una red ATM está organizada como una cadena de celdas de longitud fija. En la figura 8.1 mostramos la celda definida en CCITT [TSWU92].

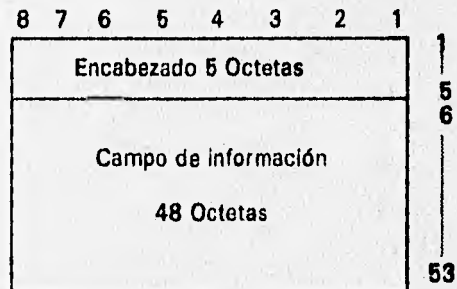


Figura 8.1 Estructura de una celda ATM

La secuencia de transmisión en ATM se hace en octetas y se puede realizar de dos maneras:

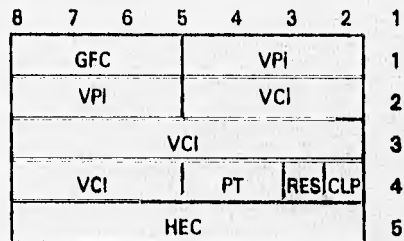
- 1.- Forma descendente, empezando por el bit 8.
- 2.- Forma ascendente, empezando por el bit 1.

Para todos los campos el primer bit enviado es el más significativo (MSB).

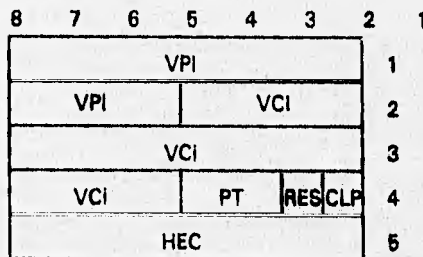
El papel principal de los encabezados es identificar las celdas que pertenecen al mismo canal virtual (Virtual Channel, VC) en una cadena asincrónica TDM. En la figura 8.2 se muestran los dos códigos de encabezados definidos [TSWU92].

La interfaz usuario-red (User-Network Interface, UNI) se define para los procesos de interconexión entre el equipo del usuario y el nodo ATM. Existen UNI privado y UNI público, la principal diferencia radica en el tipo de enlace físico de comunicación. Los UNI privados usan fibra óptica, par trenzado, etc., los UNI públicos utilizan SONET, DS3, E4, etc.. La interfaz nodo-red (Node-Network Interface, NNI) se refiere a la interconexión entre nodos ATM.

a) Interfase usuario red (UNI).



b) Interfase nodo red (NNI).



VPI: Identificador de ruta virtual.

VCI: Identificador de canal virtual.

RES: Reservado.

HEC: Control de error de encabezado.

PT: Tipo de carga.

CLP: Prioridad de pérdida de celda.

GFC: Control de flujo de medios

compartidos.

Figura 8.2 Encabezados de la celda ATM

El encabezado NNI, es casi el mismo que el UNI, la diferencia radica en que no contiene el campo del control de flujo de medios compartidos (Generic Flow Control, GFC) por lo que cuenta con 28 bits para enrutamiento (12 bits para el identificador de ruta virtual (Virtual Path Identifier, VPI) y 16 bits para el Identificador de Canal Virtual (Virtual Channel Identifier, VCI)).

En el formato de encabezado UNI, se asignan cuatro bits al campo GFC, el cual se encarga del control de flujo, se asignan 24 bits para el campo de enrutamiento, los cuales están marcados como VPI (16 bits) y VCI (8 bits); estos son utilizados para el enrutamiento que se establece por negociación entre el usuario y la red. Sirven como identificadores de un canal virtual, la etiqueta de virtual indica qué celdas pueden ser ruteadas de nodo a nodo con base en el VPI. La ruta es establecida al principio de cada canal a partir de los mensajes de señalización.

Por su parte el VCI nos dice como se requiere que los canales sean colocados sobre la ruta virtual indicada por el VPI. Estos identificadores se procesan en la red y realizan decisiones de ruteo, sin embargo no existen como estándares en ATM, por lo que únicamente tienen significado local en la UNI.

Dos bits más son asignados al campo de tipo de carga (Payload Type, PT) para identificar si la información es del usuario o de la red (una celda ATM la cual transporta información de control de red para una conexión particular es llamada celda de operación y mantenimiento (Operations And Maintenance, OAM)), además de notificar sobre problemas de congestión.

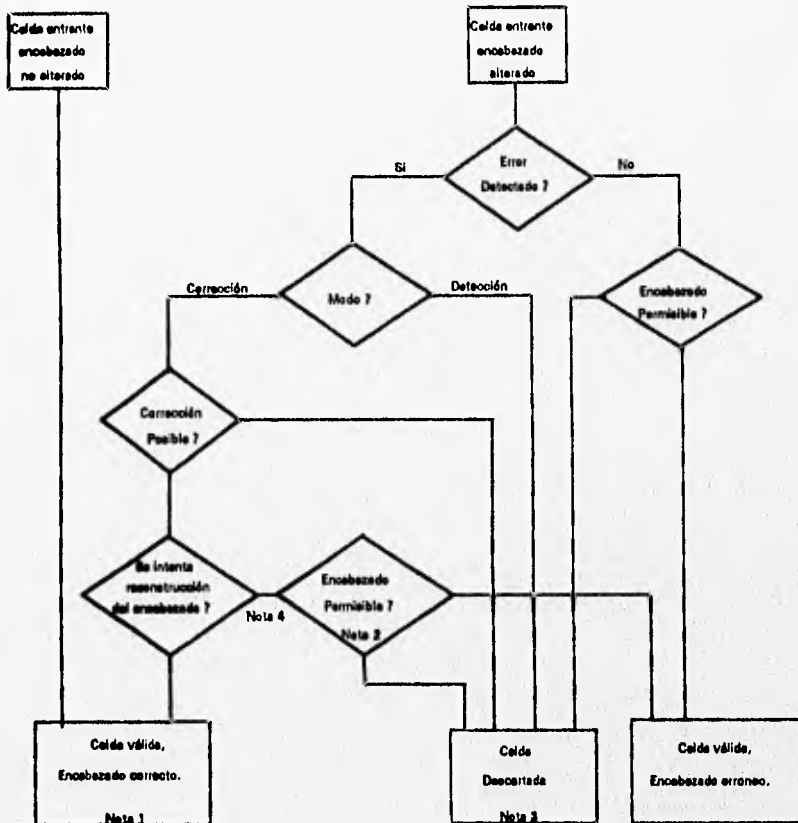
Se asigna un bit al campo de prioridad de pérdida de celda (Cell Loss Priority, CLP) el cual determina si la celda debe ser descartada, basado en las condiciones de la red. También permite distinguir sobre una misma trayectoria virtual las celdas más o menos sensibles desde el punto de vista de la aplicación y que no presentan las mismas restricciones en la tasa de pérdida.

Finalmente se asignan 8 bits al campo de control de error del encabezado (Header Error Control, HEC) que sirve para monitorear si el encabezado está correcto, además cuenta con un método de corrección de un bit. Un bit queda reservado para uso futuro. El campo HEC se calcula usando las primeras 4 octetas, el valor de este campo lo calcula el transmisor y es el residuo de efectuar la división (módulo 2) del polinomio generador  $x^8 + x^2 + x + 1$  entre  $x^8$ , multiplicado por el contenido del encabezado. Después efectúa una operación XOR con dicho residuo y el patrón 01010101; el resultado de dicha operación será el valor HEC. El cálculo complementario se realiza en el receptor con las 5 octetas.

Cuando una celda ATM es transmitida, el campo HEC se encuentra en modo de corrección (hay que recordar que la operación de este campo radica en proteger el encabezado y no la carga).

Si en el modo de corrección se detecta error en un bit o en múltiples bits, entonces se cambia para operar en el modo de detección, que se encarga de corregir las celdas con error en un bit y de descartar las celdas con error en múltiples bits. Después regresa al modo de corrección en donde todas las celdas descartadas son eliminadas.

En la figura 8.3 se muestra el diagrama para el manejo de errores establecido por ITU-T I.432 [UBLA95]:



Nota 1: Celda válida significa celda libre de errores.

Nota 2: Una celda no permisible depende de la implementación

Nota 3: Encabezado inválido o no permisible.

Nota 4: No se invoca la corrección de errores

Figura 8.3 Diagrama para el manejo de errores del encabezado ATM

Como se puede observar, ATM provee operaciones limitadas de detección de errores, además de no tener servicios de retransmisión, y de desarrollar pocas operaciones en el encabezado; es por estas razones que ofrece un servicio rápido.

### 8.3 MODELO EN CAPAS PARA B-ISDN - ATM

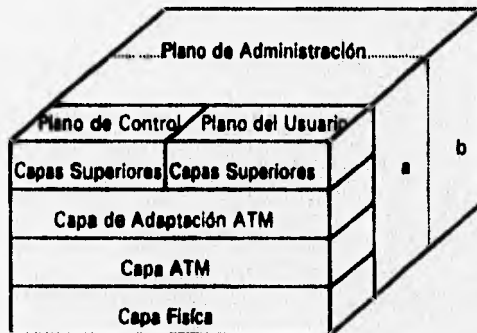
En la figura 8.4 podemos observar el modelo de referencia para la arquitectura B-ISDN basada en ATM definido en la CCITT I.321 [TSWU92]. Este modelo refleja los principios de las comunicaciones por capas definidos por OSI.

Consiste de tres planos: el de usuario, el de control y el de administración.

El plano de usuarios (Plano-U) es el encargado de proveer la transferencia de información del usuario, control de flujo y operaciones de recuperación.

El plano de control (Plano-C) procesa información de señalización, se encarga de establecer una conexión en la red y manejarla; también se encarga de desconectarla.

El plano de administración (Plano-M) tiene dos funciones: Plano de administración y capa de administración. El plano de administración no tiene estructura en capas y provee funciones de administración y coordinación entre el plano de usuarios y el plano de control. La capa de administración se encarga de administrar las entidades en las capas, además de realizar servicios de administración, operación y mantenimiento (OAM).



a: Capa de administración .

b: Plano de administración.

Figura 8.4 Modelo de referencia B-ISDN - ATM

Este modelo presenta unas capas superiores en las cuales se presentan aspectos relacionados con el plano-U y el plano-C. Las capas del plano-U comprenden todos los protocolos de servicio específico, estos protocolos deberán ser independientes de los de niveles inferiores. Las capas al plano-C proveen las capacidades de transporte de mensajes, de señalización y control de conexión [CISL94].

También se encuentran definidas tres capas: Física, ATM y capa de adaptación a ATM (ATM Adaptation Layer, AAL), donde la capa física y la ATM forman la jerarquía de transporte ATM. Para entender mejor la función de cada una de las capas, podemos observar el modelo detallado en la tabla 8.1:

	Función de capa superior	Capas superiores		
		CS	A A L	
A d m o n.	Convergencia	CS	A A L	
	Segmentación y reensamblaje	SAR		
	Control de flujo. Generación y extracción de encabezados de las celdas. Traducción del VPI/VCI en la celda. Multiplexaje y demultiplexaje de las celdas.		A  T  M	
d e c a p a	Acoplamiento de tasas de las celdas. Generación y verificación del campo HEC del encabezado. Delineación de celdas. Adaptación de cuadros de transmisión. Generación y recuperación de los cuadros de transmisión.	T C	C e p a	Capa física basada en
	Tiempo de bit.  Medio físico.	P M	f i s i c a	SONET - SDH o basada en celdas

Tabla 8.1 Funciones de las capas ATM

### 8.3.1 CAPA FÍSICA

La capa física transporta datos (bits o celdas) y consta de dos subcapas: Subcapa de Medios físicos (Physical Medium, PM) y Subcapa de Convergencia de transmisión (Transmission Convergence, TC).

La subcapa PM es la más baja y desarrolla únicamente funciones dependientes del medio físico, realiza funciones relacionadas con el tiempo de transmisión de bits, codificación de línea y si es necesario conversiones eléctrico / ópticas.

La subcapa TC desarrolla todas las funciones para transformar una cadena de celdas ATM en una cadena de datos que pueda ser transmitida y recibida por un medio físico; así mismo cuando recibe la carga se encarga de extraer celdas de esta.

También desarrolla una delineación de celdas, la cual se encarga de habilitar al receptor para recuperarlas. Esta subcapa cuenta con un control de error de un bit en el encabezado para desechar las celdas erróneas.

En la subcapa TC se adaptan las tasas de transmisión entre la capa ATM y la capa física a la capacidad de carga disponible del sistema usado mediante la introducción de celdas vacías u ociosas, en la recepción dichas celdas son eliminadas. La tasa de bits disponibles para celdas con información de usuarios, celdas de señalización y celdas OAM es 155.520 Mbps.

Existen tres diferentes tipos de flujo para la capa física según especificaciones de la CCITT I.413, dichos flujos son:

- Entre la capa física y la ATM.
- Entre la capa física y el plano de administración.
- Entre subcapas dentro de la capa física.

El foro ATM ha determinado que SONET no sea el único medio de transporte disponible para redes ATM, y por lo tanto ha definido otros medios como capa física, estos medios los podemos observar en la figura 8.5 [UBLA95]:

Capa de adaptación ATM (AAL)								
Capa ATM								
S	O	D	F	S	U	U	U	*No
o	o	S	D	S	T	T	T	est
n	45	1.544	100	155	51.84	12.96	25.92	ndr
e	3	1	1	1	1	1	1	o
t	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	lámbrica

\* No estandarizada

Figura 8.5 Medios disponibles para capa física ATM

### Mapeo de celdas ATM en SONET STS-3

En este tipo de mapeo todos los paquetes de transmisión en banda ancha son señales SONET que operan en un rango STS -3 a 155 Mbit/s.

En la figura 8.6 se puede observar que todos los tipos de servicios, incluyendo servicios CBR y VBR son transformados a celdas ATM y entonces son colocados en los paquetes de información SONET para su transporte.



Estas tramas soportan una tasa de transferencia de 149.760 Mbit/s para las celdas, los demás bits de la trama son para encabezados [UBLA95].

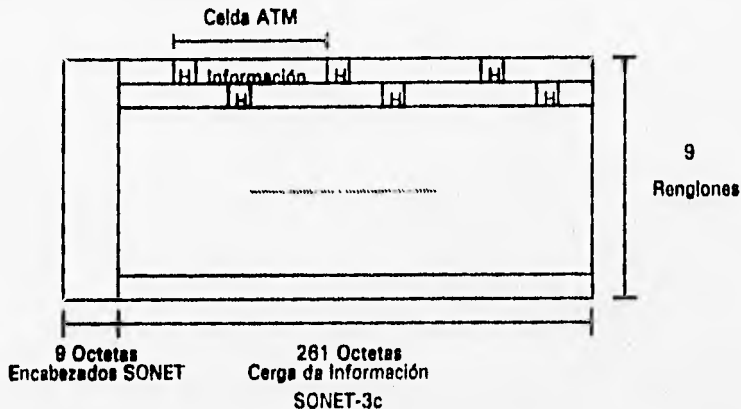


Figura 8.8 Mapeo de celdas ATM en SONET STS-3

### Mapeo de celdas ATM en DS3

Para utilizar DS3 como capa física de ATM se ha desarrollado un protocolo de convergencia de la capa física (Physical Layer Convergence Protocol, PLCP).

Las celdas ATM son mapeadas en una carga PLCP DS3, después este es mapeado en la carga de información DS3.

Una trama PLCP tiene una carga de información de 40.704 Mbit/s y puede transportar 12 celdas, como se puede ver en la tabla 8.2, cada una con un encabezado PLCP de 4 bytes y la última con un subencabezado de 13 ó 14 nibbles (recordar que un nibble equivale a un conjunto de cuatro bits). La carga de información DS3 transporta 8000 de estas tramas por segundo, en la tabla 2 se muestra el esquema de ATM sobre DS3.

Las dos primeras octetas sirven para encuadramiento, el campo B1 sirve para el monitoreo de errores y se calcula con las doce celdas ATM y los 12 bytes de encabezado de ruta (Path OverHead, POH) de una trama PCLP anterior.

El contador C1 provee a la trama PCLP de un identificador de longitud y de un ciclo de nibbles mínimos de relleno para justificar la trama y el campo G1 se usa para indicar que un bloque tiene errores basado en el byte B1 de la trama anterior. El identificador de encabezado de ruta (P0 - P11) se usa para indexar la octeta adyacente del encabezado de ruta.

Los bytes Z1 - Z6 en el encabezado son para futuros desarrollos.

Encuadramiento PLCP		POI	POH	Carga PLCP
A1	A2	P11	Z6	Primera celda ATM
A1	A2	P10	Z5	Celda ATM
A1	A2	P9	Z4	Celda ATM
A1	A2	P8	Z3	Celda ATM
A1	A2	P7	Z2	Celda ATM
A1	A2	P6	Z1	Celda ATM
A1	A2	P5	X	Celda ATM
A1	A2	P4	B1	Celda ATM
A1	A2	P3	G1	Celda ATM
A1	A2	P2	X	Celda ATM
A1	A2	P1	X	Celda ATM
A1	A2	P0	C1	Doceava celda ATM
1 octeta	1 octete	1 octeta	1 octeta	53 octetas

13 ó 14 nibbles

POI: Indicador de encabezado de ruta.  
POH: Encabezado de ruta.

Tabla 8.2 Mapeo de celdas ATM en DS-3

#### Mapeo de celdas ATM en FDDI

Para poder transportar las celdas ATM sobre FDDI únicamente se utiliza la capa física y la subcapa de medio físico de FDDI y se realiza a través del plano-U en una UNI privada, la unidad de interfaz de red (Network Unit Interface, NUI) debe proveer tráfico del tipo AAL 3/4.

La subcapa TC se encarga de hacer la delimitación de la celda utilizando códigos de control FDDI. La subcapa PM se encarga de sincronizar y codificar los bits, opera a 100 Mbit/s.

Los códigos FDDI utilizados para el transporte de celdas son limitados, ya que únicamente se utilizan tres de ellos:

- JK se utiliza para señalar que la línea esta vacía y puede ser empleado para propósitos de sincronización, así que por lo menos se deberá insertar un código JK entre cada celda ATM.
- TT se emplea para indicar el inicio de la celda, es decir, se usa como delneador.
- QQ se utiliza para indicar que hubo una pérdida de la señal.

En la figura 8.7 mostremos un ejemplo de una transmisión.

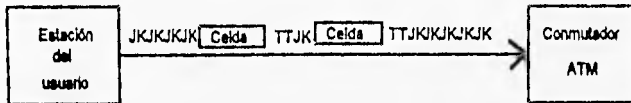


Figura 8.7 Mapeo de celdas ATM sobre FDDI

### Mapeo de celdas ATM en UNIs privadas de 51.84 Mbit/s y subtasas

El Foro ATM ha publicado especificaciones para correr ATM en tasas de 51.84 Mbit/s, 25.92 Mbit/s y 12.96 Mbit/s. Para este fin la subcapa del medio físico utiliza una modulación amplitud modulada / fase modulada sin portadora (Carrierless Amplitude modulation / Phase modulation, CAP) para la transmisión y la sincronización de bits.

### 8.3.2 CAPA ATM

La capa ATM nos provee de una transferencia transparente de unidades de datos de tamaño fijo entre una fuente y su correspondiente destino o destinos con un adecuado grado de servicios (Grade Of Service, GOS). Además desarrolla funciones de multiplexaje, demultiplexaje y conmutación para celdas de rutas virtuales VPs y de canales virtuales VCs. Cada celda ATM contiene una etiqueta en su encabezado (VPI / VCI) para identificar explícitamente a que canal virtual pertenece cada celda. Un canal virtual provee transporte de celdas ATM entre dos o más puntos finales para transferencia de información usuario - usuario, usuario - red o red - red. Los puntos en los cuales las celdas ATM son pasadas a un nivel más alto para procesamiento son los puntos finales de un canal virtual.

En esta capa se realiza la función de control de flujo generado, al cual se añade al encabezado para controlar el flujo de tráfico en la red. En una operación de transmisión, cuando llega información de la capa AAL a la capa ATM, se le agrega el encabezado adecuado (con excepción del campo HEC), formando de esta manera la celda, en una operación de recepción, se extrae el encabezado y solo pasa el campo a la capa AAL.

Las funciones de enrutamiento de un canal virtual VC son realizadas por un switch de VC. Dicho enrutamiento involucra transformar los valores del VCI de los enlaces de VC que entran, a valores VCI de los enlaces de VC de salida.

Los valores de los VCI y los VPI se procesan en las terminales de rutas virtuales (Virtual Path Terminal, VPT). Entre VPT's asociados con una misma ruta virtual, solo los valores del VPI son los que se procesan. La integridad de la secuencia de las celdas se necesita mantener mediante un VC.

VC's en diferentes VP's pueden tener el mismo valor VCI aunque tengan diferentes valores VPI. Las celdas asociadas con un VP particular son identificadas por un valor VPI en la etiqueta de la celda, y por el enlace físico por el cual la celda es transportada.

En la figura 8.8 mostramos la relación entre VC, VP, enlace físico y capa física. La capa física provee una cadena de bits para acarrear las celdas y sus puntos de terminación son establecidos por procesamiento de los encabezados de las celdas; Incluye múltiples enlaces físicos y cada enlace contiene múltiples VP's teniendo cada uno múltiples VC's.

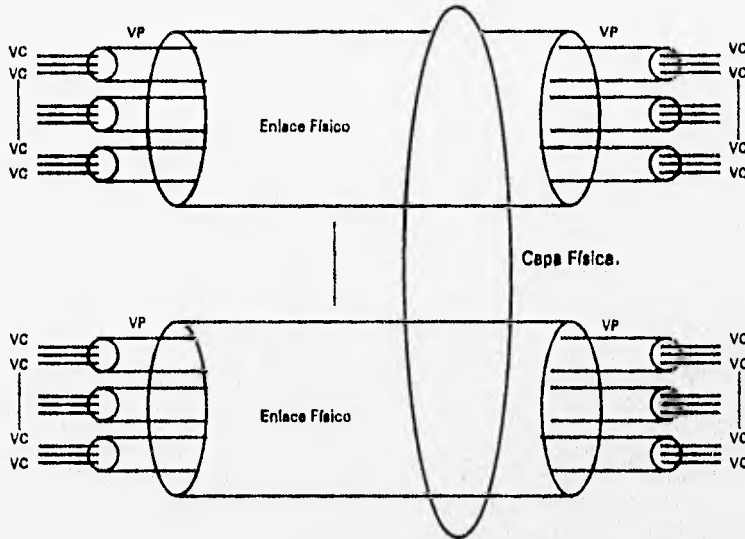


Figura 8.8 Relación entre Capa física y Enlace físico en ATM

La capa AAL provee a la capa ATM de interfaces estandarizadas, entonces la capa ATM es la responsable de retransmitir y rutear el tráfico a través del switch ATM. La capa ATM es del tipo conaxión orientada.

La capa ATM desarrolla operaciones correspondientes a las capas 2 y 3 del modelo OSI.

### 8.3.3 CAPA DE ADAPTACION A ATM (AAL)

Para hacer uso de ATM se necesita una capa de adaptación que soporte protocolos de transferencia de información que no estén basados en ATM. La capa de adaptación a ATM (ATM Adeptation Layer, AAL) cumple con esta función llevando a cabo las funciones necesarias para adaptar los servicios provenientes de la capa ATM a servicios requeridos por su usuario de servicio.

Quando un servicio es requerido, la capa de adaptación ATM separa el tráfico en PDU's de 48 octetas, en donde además de la información del usuario van incluidos un encabezado y un subencabezado que variarán dependiendo del tipo de servicio que se este atendiendo.

Estas celdas son pasadas a la capa ATM, la cual le añade un encabezado de 5 octetas, además de realizar otras funciones, la celda de 53 octetas es enviada a la capa física, que se encarga de transportarla a través de la red. Al llegar a la capa ATM receptora, esta sustrae el encabezado y lo procesa, entonces pasa la información a la capa AAL.

### **Organización de la capa AAL**

La capa AAL se encuentra organizada en dos subcapas lógicas, estas son:

- La subcapa de convergencia (Convergence Sublayer, CS) se encarga de proveer las funciones necesarias de la AAL para soportar aplicaciones específicas. Cada aplicación accede a la AAL en un punto de acceso a servicio (Service Access Point, SAP). Esta subcapa es la dependencia de servicios de la capa AAL.
- La subcapa de segmentación y reensamble (Segmentation And Rassemble aublayer, SAR) se encarga de la segmentación de la información recibida de la CS en celdas ATM para su transmisión en la fuente y del reensamblaje de la información a partir de las celdas en el destino.

El tipo de carga del usuario se identifica en esta capa. Para transferencia de tráfico de usuario (Plano - U), la AAL opera en los puntos finales de las conexiones virtuales y no con el backbone de la red. Para el tráfico de los planos M y C, la AAL debe ser invocada por el nodo de la red en la UNI.

### **Servicios de la capa AAL**

Algunos ejemplos generales de los servicios que brinda esta capa son [WSTA95]:

- Manejo de errores de transmisión.
- Segmentación y reensamble de grandes bloques de datos para adecuarlos al campo de información de las celdas ATM.
- Manejo de las condiciones de celda perdida y mal insertada.
- Control de flujo e Información del tiempo de bits (Timing).

Como es de suponerse, el brindar todos estos servicios requiere del desarrollo de una gran cantidad de protocolos, por lo que para minimizar lo mas posible su número la ITU-T ha definido cuatro clases de servicios principales que cubren una gran variedad de requerimientos. Esta clasificación esta hecha en base a las siguientes consideraciones:

- La relación de tiempo de bits (timing) que debe ser mantenida entre la fuente y el destino.
- Al tipo de tasa de transmisión de bits que requieren las aplicaciones: constante o variable.
- Al modo de conexión utilizado en una transferencia: conexión orientada o sin conexión.

De esta manera la clasificación propuesta es la que se muestra en la tabla 8.3.

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Relación de tiempo entre la fuente y el destino	Requerido		No requerido	
Tasa de transmisión	Constante	Variable		
Modo de conexión	Conexión orientada			Sin conexión
Protocolo AAL	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3/4, Tipo 5	Tipo 3/4

Tabla 8.3 Clasificación de servicios AAL

La clase A involucra un flujo ininterrumpido de información digital con una tasa constante de bits, necesita una capacidad de carga constante y predeterminada, y primordialmente es soportada a través de la emulación de circuitos en la capa ATM. La emulación de circuitos es un método para simular la capacidad de conmutación de circuitos en redes ATM. Se necesita un detector de reloj para la correcta recuperación de la señal en el receptor.

La clase B representa servicios de conexión orientada, los cuales necesitan una recuperación de reloj, estos servicios son en tiempo real, por ejemplo servicios de video VBR.

La clase C también maneja servicios de conexión orientada pero no requiere relación de reloj entre el emisor y el receptor.

La clase D es prácticamente lo mismo que la clase C excepto que los servicios son del tipo sin conexión.

## Protocolos AAL

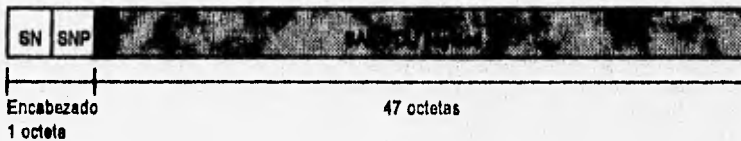
La definición de protocolos para esta capa es un proceso que ha sufrido múltiples transformaciones, ya que en un principio se definieron 4 protocolos diferentes: tipo 1, tipo 2, tipo 3 y tipo 4; uno para cada tipo de servicio que brinda esta capa, posteriormente cada uno de estos protocolos se subdividió a su vez en dos protocolos uno para la capa CS y otro para la capa SAR finalmente debido a las similitudes de los protocolos tipo 3 y 4 se decidió fundirlos en uno solo conocido como tipo 3/4 y se definió uno nuevo, el tipo 5. A continuación estudiaremos las funciones que desempeñan cada uno de estos protocolos.

### Protocolo AAL tipo 1

Este tipo de protocolo se maneja cuando se requiere una tasa de transmisión de bits constante CBR. Provee de servicios tales como:

- Transferencia de información de tiempo de bits entre la fuente y el destino.
- Transferencia de información estructurada entre la fuente y el destino.
- Indicación de información errónea o perdida a las capas superiores, si es que estas fallas no pudieron ser corregidas dentro de la AAL 1

En este caso el protocolo de la subcapa SAR se encarga de empaquetar los bits que recibe de la CS en celdas ATM para transmitirlos y desempaquetarlos al recibirlos en el destino. Los PDU's en el nivel SAR tienen el formato que se muestra en la figura 8.9:



SN Número Secuencial (Sequence Number 4 bits)

SNP Protección de Número Secuencial (Sequence Number Protection 4 bits)

Figura 8.9 SAR - PDU de AAL 1

Como podemos ver en la figura 8.9 cada bloque o SAR-PDU va acompañada de un encabezado dividido en dos campos.

El primero, SN, es un número secuencial que permite detectar PDU's perdidos o erróneos.

El segundo es la protección del número secuencial SNP que permite la corrección de todos los errores de un bit ocurridos en el SN y la detección de todos los errores de 2 bits.

En lo que respecta a la subcapa CS no ha sido definido un formato de CS-PDU. Las principales funciones que tiene que desempeñar tienen que ver con el control de reloj y la sincronización y son las siguientes:

- Manejo de la variación del retraso de las celdas.
- Manejo de pérdida y malinserción de celdas.
- Para algunos servicios, recuperación del receptor de la frecuencia del reloj del emisor.
- Corrección adelantada de errores para video y audio de alta calidad.
- Reporte del estado del desempeño en las conexiones "end to end".

#### **Protocolo AAL tipo 2**

Este tipo de protocolo esta proyectado para aplicaciones analógicas tales como: el video y el audio que requieren de información de tiempo de bits pero no de una tasa de transmisión de bits constante CBR y los servicios que debe de proveer son los siguientes:

- Transferencia de Unidades de Datos de Servicios (Service Data Unit, SDU) con una tasa VBR.
- Transferencia de información de tiempo de bits entre la fuente y el destino.
- Indicación de información errónea o perdida a las capas superiores, si es que estas fallas no pudieron ser corregidas dentro de la AAL 2.

Hasta el momento para poder brindar estos servicios se han definido las siguientes funciones que debe desempeñar el AAL tipo 2 [RHAN93], [WSTA95]:

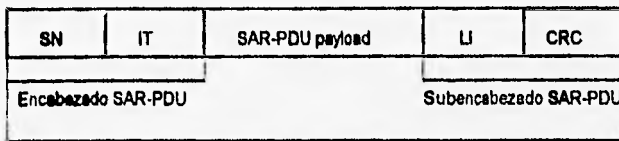
- Segmentación y reensamblaje de la información.
- Manejo de la variación del retraso de las celdas.
- Manejo de pérdida y malinserción de celdas.
- Recuperación de la frecuencia del reloj del emisor por el receptor.
- Monitoreo y manejo de los errores ocurridos en los encabezados y los subencabezados.
- Monitoreo de la información del usuario para la detección y posible corrección de los errores de un bit.



Las funciones específicas a cada capa se encuentran bajo estudio por lo que aún no están definidas completamente.

En lo que respecta a la subcapa SAR, por principio de cuentas debe aceptar CS-PDU's con una longitud variable por lo que el SAR-PDU puede no llenarse completamente.

El modelo de SAR-PDU propuesto por la ITU-T en su recomendación I.363 [RHAN93] se muestra en la figura 8.10.



SAR-PDU

- SN = Número secuencial (Sequence Number)
- IT = Tipo de Información (Information Type)
- LI = Indicador de largo (Length Indicator)
- CRC = Prueba cíclica de redundancia (Cyclic Redundancy Check)

Figura 8.10 SAR-PDU propuesto por la ITU-T

La función de los campos del encabezado y el subencabezado del SAR-PDU es la siguiente:

- SN: usado en el reensamble de un SAR-SDU para verificar que todos los SAR-PDU's han sido recibidos y concatenados correctamente, permitiendo así la localización de celdas perdidas o mal insertadas.
- IT: indica el tipo de SAR-PDU que es:
  - El principio del mensaje (Beginning Of Message, BOM).
  - La continuación del mensaje (Continuation Of Message, COM).
  - El final del mensaje (End Of Message, EOM).

Este campo puede incluir también alguna información de tiempo de bits o un discriminador para las componentes de señales de audio o video.

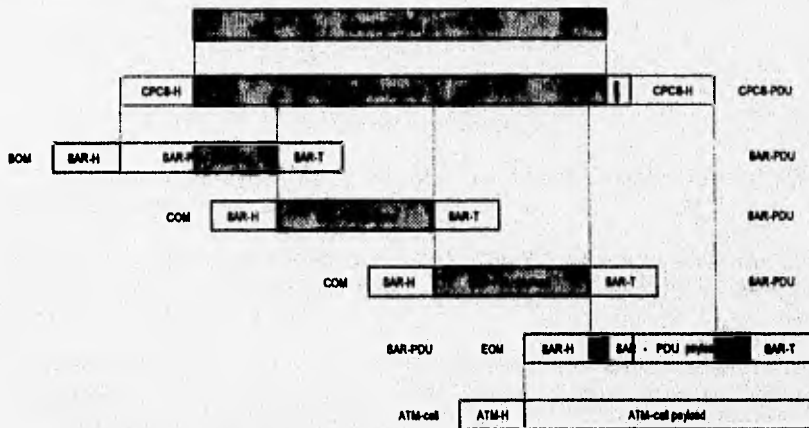
- LI: este campo indica el número de octetas de un SAR-SDU que van en la unidad de segmentación SAR-PDU.
- CRC: este campo indica el valor de una prueba de redundancia cíclica que se aplica a todo el SAR-PDU.

### Protocolo AAL tipo 3/4

Las especificaciones iniciales para los tipos de AAL 3 y 4 eran muy similares en el formato del PDU y su funcionalidad, por lo que la ITU-T decidió combinar ambos en uno solo conocido como tipo 3/4. Los tipos de servicios que debe proveer el AAL tipo 3/4 se caracterizan en base a dos dimensiones:

- El servicio de modo de conexión que brinda puede ser sin conexión o de conexión orientada. En el primer caso, cada bloque presentado a la subcapa SAR (SAR Service Data Unit, SAR-SDU) es tratado independientemente. Por el contrario en el segundo caso es posible definir múltiples conexiones lógicas SAR sobre una sola conexión ATM.
- El servicio que presta puede ser en modo-mensaje o modo flujo continuo. En el primero se transmiten cuadros de datos, un bloque de datos proveniente de la capa superior a la AAL es transferido en una o más celdas. En el segundo caso se transfieren datos continuamente a baja velocidad y con requerimientos de retraso bajos. Los datos son presentados a la AAL en bloques de tamaño fijo, los cuales pueden ser tan pequeños como una octeta, así, un bloque es transferido en cada celda.

El esquema general del servicio de transferencia de datos del AAL 3/4 se muestra en la figura 8.11.

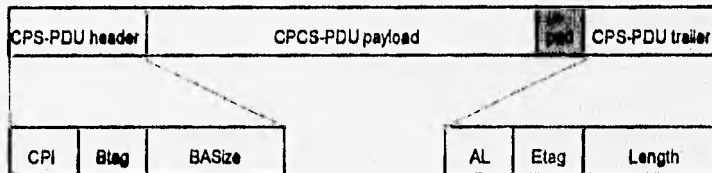


- CPCB = Subcapa de convergencia de parte común (Common Part Convergence Sublayer)
- SAR = Segmentación y reensamblado (Segmentation & Reassembly)
- PDU = Unidad de datos de protocolo (Protocol Data Unit)
- CPCB-H = Encabezado CPCB (CPCB Header)
- CPCB-T = Subencabezado CPCB (CPCB-Trailer)
- SAR-H = Encabezado SAR (SAR Header)
- SAR-T = Subencabezado SAR (SAR Trailer)
- ATM-H = Encabezado ATM (ATM Header)
- BOM = Principio del mensaje (Beginning Of Message)
- COM = Continuación del mensaje (Continuation Of Message)
- EOM = Fin del mensaje (End Of Message)

Figura 8.11 Esquema general del servicio de transferencia de datos del AAL 3/4

En la figura 8.11 podemos apreciar que primero se toma un bloque de datos proveniente de las capas superiores (Higher-Layer PDU), y es encapsulado en un PDU de la subcapa CS. Esta subcapa es referida como subcapa de convergencia de parte común (Common Part Convergence Sublayer, CPCS). Una vez que se tiene el CPCS-PDU es pasado a la subcapa SAR, donde es dividido en bloques de información de 44 octetas. Cada bloque de estos puede ser introducido en un SAR-PDU, el cual incluye un encabezado y un subencabezado totalizando así 48 octetas. Finalmente cada SAR-PDU de 48 octetas es introducido en una celda ATM para ser transmitido.

Las funciones que desempeña cada subcapa del AAL 3/4 se pueden apreciar analizando sus respectivos PDU's. En la figura 8.12 podemos apreciar el CPCS-PDU:



- CPI = Indicador de Parte Común (Common Part Indicator) 1 octeta
- Btag = Etiqueta de inicio (Beginning Tag) 1 octeta
- BASize = Tamaño del búfer de asignación (Buffer Allocation Size) 2 octetas
- AL = Alineamiento 1 octeta
- Etag = Etiqueta de fin (End Tag) 1 octeta
- Length = Largo del CPCS-PDU payload 2 octetas
- ped = Relleno

Figura 8.12 CPCS-PDU del AAL 3/4

Como se ve en la figura 8.12 el encabezado del CPCS-PDU esta formado por tres campos cuya función es la siguiente:

- **CPI:** es un campo de una octeta, que indica la interpretación que se le debe dar a los campos siguientes, actualmente solo una interpretación está definida, que es la que se está explicando [WSTA95]:
- **Btag:** es también un campo de una octeta, contiene un número asociado con un particular CPCS-PDU, este mismo número debe aparecer en el campo Etag del subencabezado. El emisor cambia el valor de cada CPCS-PDU sucesivo que manda permitiendo así que el receptor asocie correctamente el encabezado con el subencabezado de cada CPCS-PDU.
- **BASize:** este es un campo de dos octetas, indica a la capa equivalente en el receptor el tamaño máximo del búfer requerido para reensamblar la unidad de datos de servicio (Service Data Unit, CPCS SDU). Para el modo de mensajes, el valor es igual al largo del campo de información del CPCS-PDU, para el modo de flujo continuo el valor es igual o más grande que el largo del campo de información del CPCS-PDU.

Como podemos ver en la figura 8.12 cuando el campo de información no esta completamente ocupado es rellenado fuera (pad), de tal forma que el subencabezado siempre comienza en el límite de los 32 bits. Este contiene los siguientes campos:

- **Alignment:** que es un campo de una octeta, esta es una octeta llenadora cuyo único propósito es hacer que el largo del CPCS PDU sea igual a 32 bits.
- **Endtag:** es de una octeta y como ya se explicó se usa en conjunto con Btag.
- **Length:** es un campo de dos octetas cuyo valor indica el largo del campo de información del CPCS-PDU.

El propósito de la subcapa CS es avisar al receptor que un bloque de datos está llegando en segmentos y que debe ser reservado un espacio de búfer para reensamblarlo, esto a su vez activa las funciones CPCS en el receptor para poder verificar la correcta recepción del bloque de datos completo CPCS-PDU.

En la subcapa SAR se recibe la información de la subcapa CS que llega en bloques llamados SDU. Cada SDU es transmitida en uno o más SAR-PDU's, y cada uno de estos a su vez es transmitido en una celda ATM. Los encabezados del SAR-PDU se utilizan para el proceso de segmentación de SDU's en la transmisión y para su reensamblaje en la recepción.

En la figura 8.13 se muestra el formato del SAR-PDU:

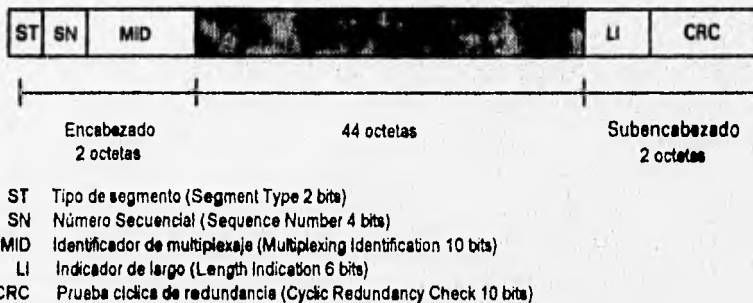


Figura 8.13 SAR-PDU del AAL 3/4

La función de cada uno de los campos del encabezado y el subencabezado es la siguiente:

- **ST:** Indica el tipo de SAR-PDU que es, existen 4 diferentes:
  - Mensaje de secuencia Individual (Single Sequence Message, SSM) que contiene un SAR-SDU completo.

Cuando un SAR-SDU es segmentado en dos o más SAR-PDU's, el segmento puede ser:

- El principio del mensaje, BOM.
  - La continuación del mensaje, COM.
  - El final del mensaje, EOM.
- SN: usado en el reensamblaje de un SAR-SDU para verificar que todos los SAR-PDU's han sido recibidos y concatenados correctamente. Un número es colocado en el BOM e incrementado secuencialmente con cada sucesivo COM y en el EOM para un SAR-SDU individual.
  - MID: este es un identificador único asociado con un grupo de SAR-PDU's que cargan a un solo SAR-SDU. Este número es necesitado también para asegurarse de que el reensamblaje se lleve a cabo correctamente.
  - LI: este campo indica el número de octetas de un SAR-SDU que va en la unidad de segmentación SAR-PDU. El número puede ser un valor entre 4 y 44 octetas, en múltiplos de 4. El número será siempre de 44 para BOM y COM SAR-PDU's. Este número puede ser menor en un SSM si el SAR-SDU es menor de 44 octetas al igual que en un SAR-PDU EOM. Si el tamaño del SAR-SDU no es un múltiplo entero de 44 entonces se necesita de un EOM SAR-PDU parcialmente lleno, el problema se resuelve rellorando su campo de información sobrante.
  - CRC Este campo indica el valor en 10 bits de una prueba de redundancia cíclica que se aplica a todo el SAR-PDU.

Una característica distintiva del AAL tipo 3/4 es que puede multiplexar distintos flujos de datos en la misma conexión virtual ATM (VCI/VPI). Para el servicio de conexión orientada a cada conexión lógica entre usuarios de la AAL le es asignado un valor único de MID, de esta manera el tráfico de varias de 2<sup>10</sup> conexiones diferentes de AAL's pueda ser multiplexado e intertransportado sobre una sola conexión ATM. Para el servicio de conexión no orientada el campo MID puede ser utilizado para asignar un identificador único a cada usuario de una conexión no orientada pudiendo multiplexar el flujo de información de múltiples usuarios de la AAL.

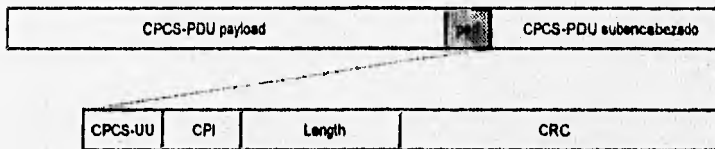
### **Protocolo AAL tipo 5**

Este es el tipo de protocolo que se ha especificado más recientemente y fue introducido para reforzar las facilidades de transporte de información para los protocolos de las capas altas que utilizan la conexión orientada. Su filosofía se basa en lo siguiente: Si las capas altas tienen cuidado con la administración de la conexión y las capas ATM producen errores mínimos, entonces muchos de los campos en los SAR y CPCS PDU's no son necesarios, el formato del CPCS-PDU se muestra en la figura 8.14. En general AAL 5 fue introducido para [WSTA95]:

- Reducir el gasto de recursos en el procesamiento de protocolos.
- Reducir el gasto en la información.
- Asegurar la adaptabilidad a los protocolos de transporte existentes.

Las funciones de cada uno de los campos que conforman el subencabezado del CPCS-PDU del tipo de AAL 5 son:

- **CPCS-UU:** es un campo de una octeta usado para llevar a cabo una transferencia transparente de la información usuario-usuario.
- **CRC:** este campo indica el valor en 32 bits de una prueba de redundancia cíclica que se aplica a todo el CPCS-PDU, esto brinda mayor robustez contra errores y fallas que se puedan presentar en la red en comparación con la que se brinda en el AAL tipo 3/4 cuyo CRC es de 10 bits.
- **CPI:** este campo es de una octeta e indica la interpretación de los campos restantes del encabezado, hasta ahora solo una interpretación ha sido definida (le que se esta explicando).
- **Length:** es un campo de dos octetas cuyo valor indica el largo del campo de información del CPCS-PDU.



- CPI = Indicador de Parte Común (Common Part Indicator) 1 octeta
- Length = Largo del CPCS-PDU payload 2 octetas
- pad = Relleno
- CRC = Prueba cíclica de redundancia (Cyclic Redundancy Check CRC) 4 octetas
- CPCS-UU = Indicación usuario a usuario de CPCS (CPCS User to User indication) 1 octeta

Figura 8.14 CPCS-PDU del AAL 5

Como se puede ver el campo BASize ha sido eliminado, si la información que proporciona fuera necesaria puede ser obtenida de las capas altas ya que muchos de los protocolos que se manejan en estas capas son capaces de fijar o negociar el tamaño máximo de PDU's y esta información puede ser utilizada por el receptor para reservar el espacio de búfer necesario para llevar a cabo el reensamblaje de la información. Si el CPCS-PDU completo no es un múltiplo de 48, tiene que ser relleno para poder ser procesado.

El SAR-PDU consiste simplemente de 48 octetas de campo de información que acarrea una porción del CPCS-PDU. Su formato lo apreciamos en la figura 8.15.



Figura 8.15 SAR-PDU del AAL 5

La ausencia de encabezados de protocolo tiene implicaciones importantes, tales como:

- Debido a que no existe un número secuencial, el receptor debe asumir que todos los SAR-PDU's llegan en el orden correcto para su reensamblaje. El campo CRC en el CPCS-PDU intenta garantizar eso.
- La ausencia del campo MID impide saber si un SAR-PDU que está siendo analizado, acarrea una parte del CPCS-PDU que está siendo transmitido o es la primera parte del CPCS-PDU siguiente, para distinguir entre estos dos casos el bit de indicación de usuario de ATM a usuario de ATM (ATM user to ATM user AAU) que se encuentra en el campo Payload Type del encabezado de una celda ATM es utilizado. Así un CPCS-PDU consiste de cero o más SAR-PDU's consecutivos con un AAU cuyo valor es 0 seguido inmediatamente por un SAR-PDU con un AAU cuyo valor es 1. Este proceso lo podemos observar en la figura 8.16.

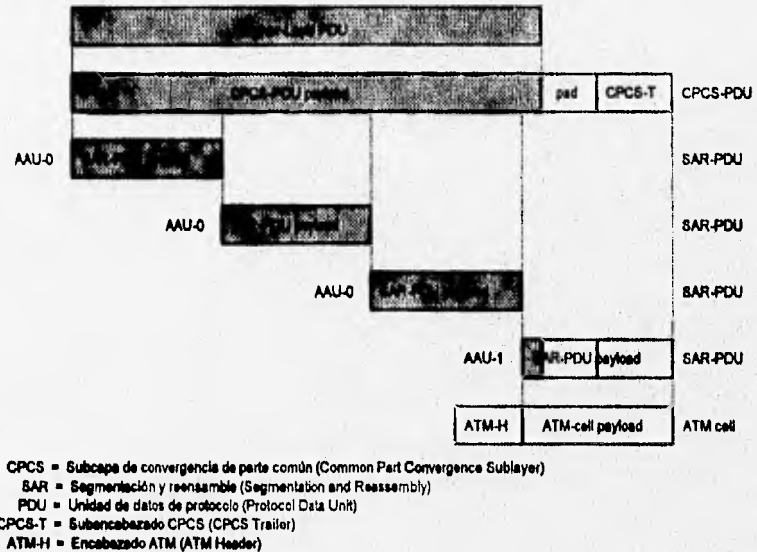


Figura 8.16 Esquema general del servicio de transferencia de datos del AAL 5

- La ausencia del campo LI hace suponer que no hay manera para la entidad SAR de distinguir entre las octetas del CPCS-PDU y las rellanadoras en el último SAR-PDU, sin embargo en la última SAR-PDU la entidad SAR no busca de esta manera el subencabezado del CPCS-PDU, sino que como ya se mencionó, se requirió que el campo de información del CPCS-PDU que no fuera ocupado debía ser rellanado de manera tal que el último bit del subencabezado CPCS-PDU sea el último bit del SAR-PDU, pudiendo localizar así el subencabezado.

La capa AAL realiza algunas de las funciones desarrolladas en las capas 4, 5 y 7 del modelo OSI.

**ATM surge durante el proceso de estandarización de la red digital de servicios integrados de banda ancha (B-ISDN) como un nuevo modelo de transferencia de información. En contraste con las transmisiones digitales existentes que usan técnicas de transmisión de modo circuitos y emplean multiplexaje por división en el tiempo síncrono (pleisocrono), ATM es una técnica de transferencia de celdas y emplea multiplexaje por división en el tiempo asíncrono (estadístico).**

**ATM ha influenciado en la estandarización de jerarquías digitales, estructuras de multiplexaje, conmutación en interfaces para señales de banda ancha.**

**En este capítulo hemos tratado de describir y aclarar algunos conceptos utilizados dentro del desarrollo de las redes del modo de transferencia asíncrona ATM, pero queda por describir detalladamente cada uno de los conceptos aquí presentados como la tecnología de conmutadores ATM, el control de tráfico y algunos conceptos adicionales.**



# Capítulo 9

## CONMUTACION EN ATM

En las redes ATM la conmutación no forma parte de sus estándares, por lo que los vendedores son libres de realizarla como consideren más conveniente, debido a esta situación existen un gran número de técnicas de las cuales describiremos únicamente las más comunes en este capítulo.

En estas redes encontramos dos tipos diferentes de switches: switches de ruta virtual y switches de canal virtual. Los primeros se caracterizan por analizar únicamente el campo VPI en el encabezado de la celda; en cambio los switches de canal virtual analizan los dos campos Identificadores VPI y VCI. Dicho análisis se realiza para poder efectuar operaciones de multiplexaje/demultiplexaje y de decisiones de ruteo.

Los switches ATM mueven físicamente el tráfico de puertos de entrada a puertos de salida, a lo que se le conoce como conmutación en el espacio. Al efectuar sus operaciones el switch deberá tomar en cuenta la prioridad de tiempo de la celda para requerimientos de retraso y la prioridad en el espacio para celdas con restricciones de pérdida.

ATM utiliza algunos de los conceptos existentes en equipos de croconexión. Los switches utilizan identificadores de línea y de tronco para mapear conexiones de entrada con conexiones de salida; dicho mapeo se realiza utilizando una tabla que correlaciona los canales de entrada con los de salida. Esta operación se muestra en la figura 9.1 [UBLA95].

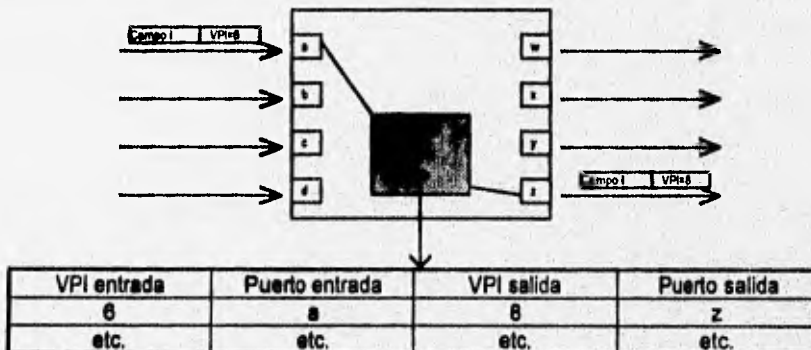


Figura 9.1 Conmutacion por mapeo

Otra manera de realizar las operaciones de conmutación se lleva a cabo utilizando lo que se conoce como autoruteamiento, en donde la traslación de VPI/VCI se realiza únicamente a la entrada de la red de switches. Después de la traslación se le agrega un encabezado interno a la celda, por lo que se requiere de una mayor velocidad en la red.

Para una red con k número de etapas, el encabezado interno se dividirá en k campos (uno para cada etapa), cada campo contendrá el número de salida destino. Su operación se muestra en la figura 9.2 [RHAN93].

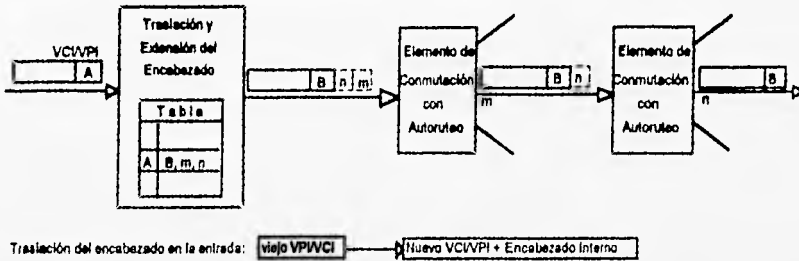


Figura 9.2 Conmutación por autoruteamiento

La fábrica de conmutación describe los componentes del switch. La operación de un switch ATM es recibir las celdas en los puertos de entrada, leer el valor VCI/VPI identificar el puerto de salida para el próximo nodo que recibirá el tráfico, examinar la tabla de ruteo para localizar el puerto de salida, cambiar los valores en el encabezado y enviarla.

Si listamos las operaciones principales de un switch ATM quedarían de la siguiente manera:

- Conmutación en el espacio.
- Ruteo.
- Multiplexaje y manejo de colas.
- Mapeo de encabezados.

## 9.1 PRINCIPALES TECNOLOGIAS DE CONMUTACION EN ATM

### 9.1.1 SWITCH DE MEMORIA COMPARTIDA

Este tipo de conmutador se caracteriza por utilizar una memoria compartida para el almacenamiento de las celdas y para la fábrica de conmutación. En esta tecnología las colas de entrada son recibidas por un multiplexor que las ordena en una sola línea de entrada al switch, el cual las pasa a un demultiplexor que las vuelve a dividir en colas de acuerdo a sus identificadores y las manda a los puertos de salida. Este procedimiento se observa en la figura 9.3 [UBLA95].

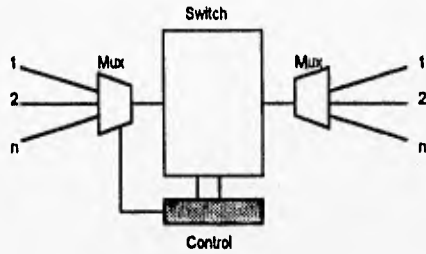


Figura 9.3 Switch de memoria compartida

### 9.1.2 SWITCH DE BARRAS CRUZADAS

Estos arreglos pueden tener tres combinaciones diferentes: cuando tiene mayor número de entradas que de salidas ( $N > M$ ) se conoce como concentración, cuando tienen menor número de entradas que de salidas ( $N < M$ ) se conoce como expansión y cuando tienen igual número de entradas que de salidas ( $N = M$ ) se conoce como conexión.

En su forma más simple esta tecnología consiste de un arreglo de  $N \times M$  líneas las cuales se puedan conectar entre sí en puntos de cruce como se muestra en la figura 9.4 [UBLA95]. La fábrica de conmutación de un switch de barra cruzada consiste de  $N^2$  puntos de cruce, por lo que el tamaño del switch se encuentra limitado.

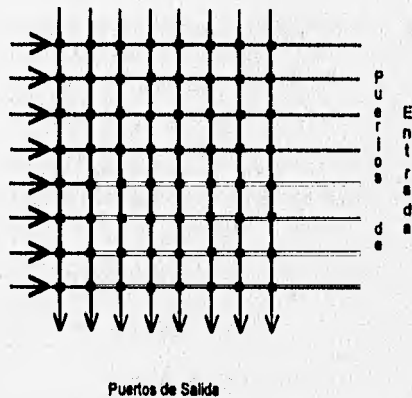


Figura 9.4 Switch de barras cruzadas

### 9.1.3 SWITCH DE BARRAS CRUZADAS CON ARBITRAJE (KNOCKOUT-SWITCH)

Este switch es una variación del de barras cruzadas; es decir, cada línea de entrada se conecta con cada línea de salida, pero estas últimas además van conectadas a un dispositivo de arbitraje. Este dispositivo recibe celdas de la línea de salida y las coloca en una cola del tipo "primero en entrar primero en salir" (First-In First-Out, FIFO). Las colas permiten que el arbitro decida que celdas tienen preferencia de acceso a los puertos de salida. El diagrama lo podemos observar en la figura 9.5 [UBLA95].

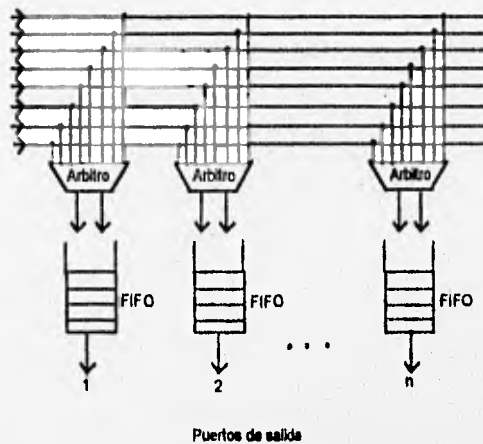


Figura 9.5 Switch de barras cruzadas con arbitraje

## 9.2 REDES CONMUTADAS

La clasificación general de redes de conmutación es la que se muestra en la figura 9.6 [RHAN93]:

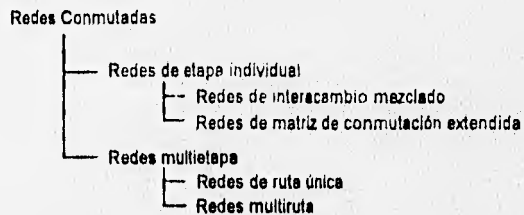


Figura 9.6 Clasificación general de redes de conmutación

## 9.2.1 REDES DE ETAPA UNICA

Una red de etapa única esta formada por una sola etapa de elementos de conmutación, este tipo de redes se subdivide a su vez en dos:

### Redes da matriz de conmutación extendida

Una red de este tipo se basa en una matriz de conmutación extendida formada por elementos de conmutación de  $n$  entradas por  $n$  salidas ( $n \times n$ ). El modelo está formado como se muestra en la figura 9.7 [RHAN93].

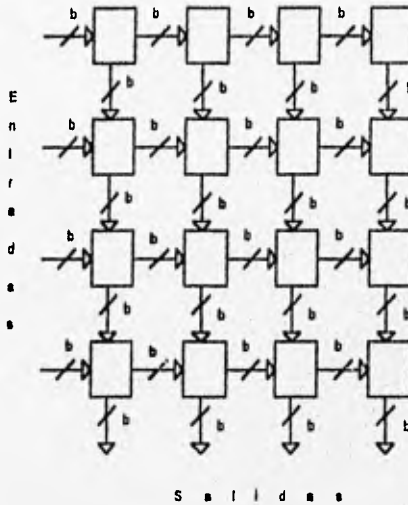


Figura 9.7 Matriz de conmutación extendida

Un elemento de conmutación tiene generalmente  $n$  entradas por  $n$  salidas, para poder formar la matriz de conmutación extendida (MCE) es necesario adicionarle  $n$  entradas y  $n$  salidas más, como se ve en la figura 9.7, las  $n$  salidas adicionales se utilizan para retransmitir las señales de entrada a la columna siguiente de la MCE. Las entradas adicionales están conectadas a las salidas normales del elemento de conmutación en la misma columna pero en el renglón de arriba completando así la matriz.

Este tipo de implementación es una buena opción siempre y cuando el tamaño de la etapa de conmutación no pase de  $132 \times 132$ , ya que no se pueden agregar elementos de conmutación indiscriminadamente para aumentar la capacidad de la MCE.

## Redes de intercambio mezclado

Una red de este tipo se basa en la forma de permutación mezclada de conexión de los elementos de conmutación que forman la etapa. Lo anterior se muestra en la figura 9.8 [RHAN93].

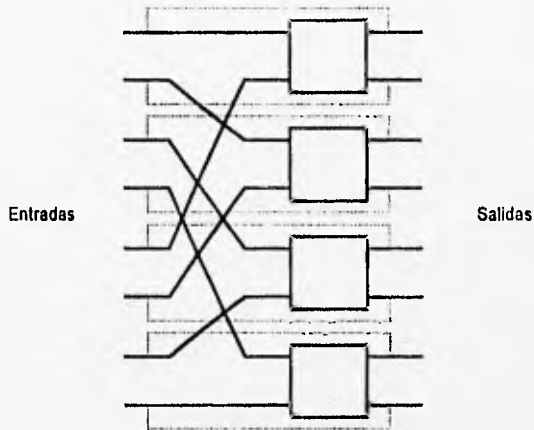


Figura 9.8 Red de intercambio mezclado

Como se puede ver, es necesario un mecanismo de realimentación ya que para que una determinada entrada alcance una determinada salida, tiene que estar circulando en la red hasta que encuentre la salida requerida, es por esto que también este tipo de red es conocido como red de recirculación.

Una red de este tipo ofrece la ventaja de requerir un menor número de elementos de conmutación, pero su desempeño no es muy bueno.

## 9.2.2 REDES MULTITAPA

Como vimos, las redes de etapa única presentan ciertas limitantes, en cuanto a crecimiento y desempeño, cuando la demanda de conmutación es muy grande, es por esto que en estos casos se utilizan las redes multitapa. Estas están construidas a partir de múltiples etapas individuales que están interconectadas siguiendo un modelo.

En base al número de rutas que se encuentran disponibles para alcanzar una salida destino desde una entrada origen, estas redes pueden ser subdivididas en dos grupos que son: redes de ruta única y redes multinuta.

## Redes de ruta única

Este tipo de redes también son conocidas como Banyan y se caracterizan por el hecho de que solo existe una ruta entre una entrada y un origen. En este modelo las operaciones de ruteo son sencillas, pero puede tener problemas de celdas bloqueadas por colisión cuando más de una llegan a un elemento de conmutación al mismo tiempo.

Las redes Banyan se subdividen a su vez en redes Banyan de nivel-(L) en las cuales solo los elementos de conmutación adyacentes son conectados, de esta manera cada ruta pasa a través del mismo número de L etapas.

Un tipo especial de red banyan es el conocido como red delta, que se caracteriza porque tiene el mismo número de líneas de entrada que de líneas de salida, cada salida se encuentra identificada por un valor único, que generalmente es una dirección destino, cada dígito en la dirección identifica la siguiente etapa de elementos de switches en la fábrica de conmutación. En la figura 9.9 [UBLA95] se muestra una red delta de 3 etapas, como se puede ver en este ejemplo el tráfico que llega a las líneas de entrada es examinado por 3 etapas de conmutación, cada una de ellas es responsable de la examinación de un bit en particular y se hace desde el bit mas significativo hacia el bit menos significativo.

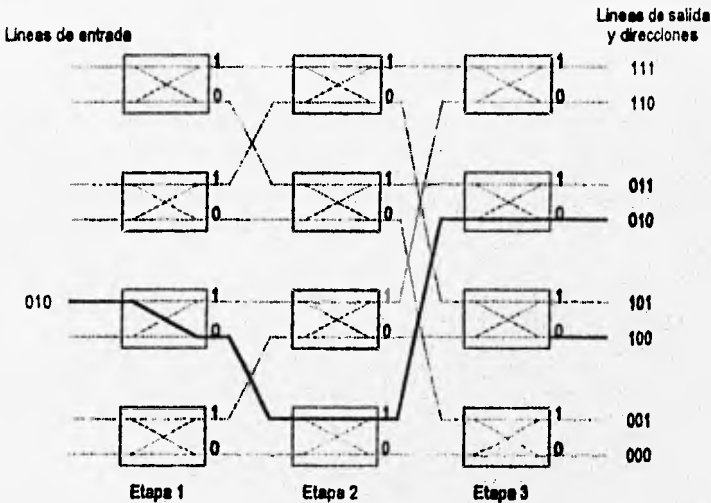


Figura 9.9 Red delta de tres etapas

Como se mencionó anteriormente pueden ocurrir colisiones de celdas si dos o más llegan a un elemento de conmutación al mismo tiempo, estas celdas pueden colisionarse en un elemento intermedio, cuando están destinadas para la misma línea de salida o bien pueden colisionarse en el elemento final, para reducir la probabilidad de colisiones se pueden colocar búfers en cada elemento de conmutación, permitiendo así que las celdas que vayan llegando formen colas.

A continuación se muestran tres alternativas para colocar los búfers y las colas en la fábrica de conmutación [UBLA95]:

En la primera los búfers se colocan en la entrada figura 9.10, cada entrada tiene un búfer dedicado que opera siguiendo el principio FIFO. La lógica dentro del búfer determina cuando debe ser servido y cuando debe sacar una celda de la cola al bus. Este modelo presenta colisiones si dos celdas al principio de la cola de dos búfers distintos están destinadas para el mismo elemento de conmutación. Además, si la primera celda en una cola está esperando la disponibilidad de la línea de un elemento de conmutación, las celdas que están detrás de ella también se encontrarán bloqueadas ya que no podrán salir hasta que no salga la primera.

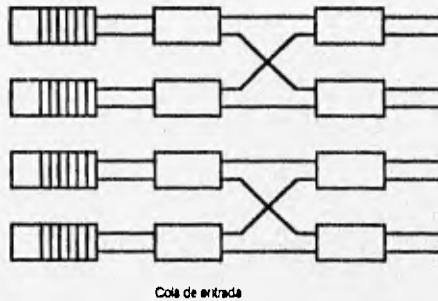


Figura 9.10 Red con búfers de entrada

En la segunda los búfers se colocan en las salidas, figura 9.11. Este modelo se basa en que una sola celda pueda ser atendida por un puerto de salida, en este modelo las colisiones ocurren solo si la fábrica de conmutación opera a la misma velocidad que las líneas de entrada de los elementos de conmutación, lo cual se minimiza utilizando diferentes velocidades entre la fábrica y las líneas.

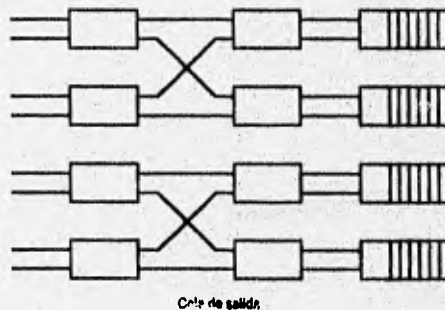


Figura 9.11 Red con búfers de salida



La última opción se basa en una cola central, figura 9.12, como se puede observar, no existen búfers dedicados entre las entradas y las salidas, sino que se utiliza un elemento central de memoria en la cual todas las entradas pueden escribir y todas las salidas pueden leer. La memoria puede ser organizada para proveer de búfers lógicos de entrada o búfers lógicos de salida, la compartición de memoria por todos los búfers reduce los requerimientos de memoria en gran medida, pero a cambio se necesita de un alto grado interno de paralelización para poder adaptar el rango de frecuencia de acceso a la memoria a los requerimientos tecnológicos que un dispositivo de conmutación de alta velocidad implica.

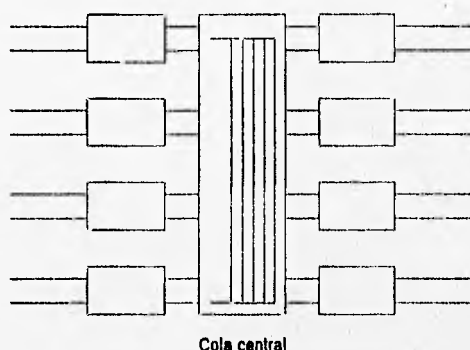


Figura 9.12 Red con cola central

### Redes multiruta

En este tipo de redes existen múltiples rutas alternativas para alcanzar una salida destino desde una determinada entrada. Esta propiedad ofrece la ventaja de que los bloques internos pueden ser reducidos y a veces eliminados.

Un ejemplo de este tipo de redes es la que se muestra en la figura 9.13, que es conocida como red banyan paralela o red de apilamiento vertical.

En este tipo de redes las celdas ATM que pertenecen a la misma conexión son pasadas al mismo plano de la red multidimensional. Durante la fase del establecimiento de una llamada es cuando se decide que plano es el que va a ser utilizado por la conexión. Los switches que utilizan este tipo de red cuentan con la lógica necesaria para examinar cada llamada que llega poniéndola en el plano adecuado, entonces los switches la mandan hacia la línea de salida apropiada.

Existen otros modelos de redes multiruta [RHAN93], pero los switches que utilizan el modelo descrito han probado ser altamente eficientes además de tener un excelente rendimiento.

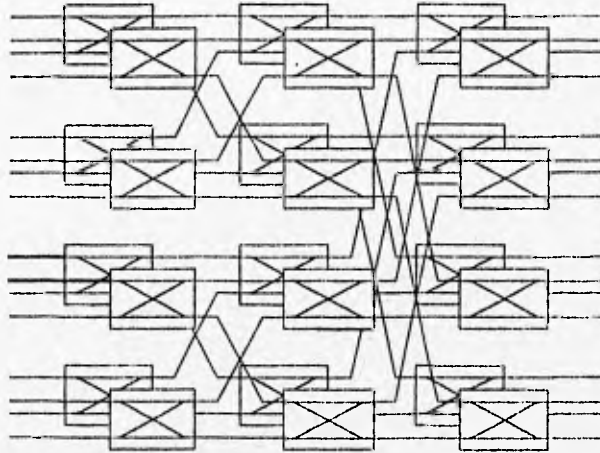


Figura 9.13 Red banyan paralela

En este capítulo hemos visto con detalle las técnicas de conmutación de las que hace uso ATM. También vimos que mientras unas técnicas ofrecen algunas ventajas, como requerir un menor número de elemento de conmutación, algunas ofrecen algunas desventaja.

En el próximo capítulo veremos los algoritmos de los que puede hacer uso ATM para el control del tráfico y de la congestión.

# Capítulo 10

## MANEJO DEL TRAFICO EN ATM

Una de las funciones más importantes que tiene que llevarse a cabo para el correcto desempeño de una red es el control del tráfico y la congestión. El realizar esta función en una red ATM presenta algunas dificultades extras como la poca disponibilidad de espacio en los encabezados para llevar a cabo un control sobre el flujo de las celdas de los usuarios y las que surgen de las características propias en que se lleva a cabo una transmisión en una red de este tipo.

El diseñar una estrategia para llevar a cabo este control es de vital importancia, ya que como en toda red en algún momento el tráfico proveniente de los nodos tenderá a exceder su capacidad de transferencia propiciado una pérdida de celdas con información en el momento en que los búfers de los switches ATM se desborden y no puedan almacenarlas. Es por esto que el desarrollo de estrategias efectivas para minimizar tal efecto es uno de los principales objetivos de organizaciones tales como: la ITU-T y su especificación I.371 y el foro ATM que ha publicado una versión más avanzada de la especificación I.371 conocida como: especificación de interfase ATM usuario - red 3.0 [ATM93] en las que se han definido un grupo inicial de requerimientos para llevar a cabo la labor de control del tráfico y la congestión en redes ATM de una manera adecuada.

En este capítulo veremos los requerimientos para el control del tráfico y la congestión en ATM, las diferencias entre el control del tráfico y el control de la congestión, las funciones para llevar a cabo éstos dos tipos de control, los parámetros de desempeño para medir la eficiencia de éstos controles y algunos algoritmos utilizados en el control de tráfico y la congestión.

### 10.1 REQUERIMIENTOS PARA EL CONTROL DEL TRAFICO Y LA CONGESTION EN ATM

Un esquema para llevar a cabo el control del tráfico y la congestión en una red ATM debe realizar las siguientes funciones:

- Llevar a cabo un buen manejo del tráfico y de la asignación de los recursos de la red entre los distintos tipos de aplicaciones.
- Proveer una adecuada calidad de servicios (Quality of Service, QoS).

- Soportar los diferentes requerimientos de retraso de las distintas aplicaciones.
- Llevar a cabo un control de la variación del retraso de las celdas (Cell Delay Variation, CDV).
- Adaptarse a patrones de tráfico inesperados.
- Eliminar tráfico para prevenir o reaccionar ante una situación de congestión.
- Evitar que cada una de las conexiones VPI/VCI sobrepase la máxima tasa pico de transmisión asignada, descartando las que así lo hagan.
- Monitorear el tráfico así como todas las conexiones VCI/VPI para asegurarse de su corrección.
- Detectar problemas y emitir alarmas cuando se encuentre ante eventos problemáticos.

En conclusión, un esquema efectivo debe ser diseñado en base a un acuerdo entre el usuario y la red. El primero debe comprometerse a cumplir su contrato de servicio con la red siguiendo las reglas que esta le impone y la red por su parte se compromete a soportar los requerimientos de QoS acordados con el usuario.

## 10.2 CONTROL DEL TRAFICO Y CONTROL DE LA CONGESTION

En ATM el control del tráfico y el control de la congestión son dos conceptos diferentes. La congestión se define como la situación que se presenta en la capa ATM en los elementos de red (Network Elements, NE's) como switches, líneas de transmisión o crossconectores donde la red no es capaz de cumplir con el objetivo de brindar un funcionamiento adecuado. Por su parte el control de tráfico se define como el conjunto de acciones tomadas por la red para prevenir y eliminar la congestión; el control de tráfico toma las medidas necesarias para adaptarse a las fluctuaciones impredecibles del tráfico y otros problemas dentro de la red [UBLA95].

Al llevar a cabo las operaciones de control del tráfico y la congestión es importante no perder de vista los siguientes objetivos:

- Tanto el control del tráfico como el control de la congestión deben soportar una calidad de servicios (QoS) ATM adecuada.
- El control del tráfico y el control de la congestión deben residir en la capa ATM, por lo que no se deben confiar funciones de control de tráfico y control de congestión a la capa AAL ni a ninguna otra capa alta.
- Las operaciones de control del tráfico y control de la congestión de la capa ATM deben ser diseñadas para minimizar la complejidad de la red.

### **10.2.1 FUNCIONES PARA CONSEGUIR UN CONTROL DE TRAFICO Y UN CONTROL DE LA CONGESTION**

El objetivo primordial del control de la congestión y del control de tráfico es proteger a la red y al mismo tiempo proveer al usuario con los servicios establecidos en su contrato. Para cumplir con este objetivo la red ATM debe:

- Llevar a cabo una serie de acciones conocidas como control de admisión y conexión (Connection Admission Control, CAC) durante el establecimiento de una llamada para determinar si una conexión de un usuario debe ser aceptada o rechazada.
- Establecer acciones para monitorear y regular el tráfico en la UNI ; estas acciones son conocidas como control de parámetro de uso (Usage Parameter Control, UPC).
- Aceptar accesos de usuario para establecer prioridades para diferentes tipos de tráfico a través del uso del bit de prioridad de celda perdida CLP del encabezado.
- Establecer mecanismos de configuración de tráfico para poder manejar todo el tráfico (con diferentes características) en la UNI.

### **10.3 ASIGNACION DEL ANCHO DE BANDA**

Debido a que una red ATM está diseñada para soportar una gran variedad de aplicaciones, en el momento del diseño se deben tomar decisiones acerca de como deben de ser acomodadas las tasas de transmisión que requieren las aplicaciones en la tasa de transferencia de la red, es decir, como se deben establecer y manejar el CAC y el UPC de una manera efectiva tanto para el usuario como para la red.

Una de las funciones más importantes que se realiza en el manejo de tráfico es la asignación de este a cada línea de comunicación dentro de la red, esta asignación se realiza en base a la máxima tasa que soporta cada una de las líneas, es decir, la suma de las  $n$  tasas de transferencia que llegan a un determinado nodo ATM (que soporta múltiples aplicaciones) a través de sus  $n$  entradas no debe exceder la tasa de transferencia de la salida  $m$  del nodo o por lo menos no lo debe hacer por un prolongado periodo de tiempo (pocos milisegundos) soportado por los búfers del nodo.

Cada cola de entrada al multiplexor (nodo ATM) debe ser servida razonable y equitativamente, de manera que este servicio resulte en retrasos apropiados y una aceptable pérdida de tráfico vis-a-vis para cada aplicación.

El servicio a las colas es realizado de manera cíclica. Cada cola es examinada, su campo de información es extraído y transportado a través de la línea de salida, después se examina la siguiente cola y se sigue el mismo procedimiento y así sucesivamente hasta que la última cola es atendida volviendo a comenzar el ciclo.

El ciclo de servicio a las colas debe asegurarse de atender al tráfico sensible al retraso en un periodo de 1 a 2 ms. En la figura 10.1 se muestra un nodo ATM y las distintas colas de entrada a él [UBLA95].

Si asumimos un ciclo de servicio de 1.5 ms podemos realizar los cálculos necesarios para saber cuantas celdas pueden ser atendidas en un ciclo de la manera siguiente:

Tenemos que  $1/0.0015 \text{ s} = 666.6$  ciclos de servicio por segundo, la línea de salida tiene un ancho de banda de 155.520 Mbit/s menos el ancho requerido para los encabezados de los cuadros SONET nos da un ancho de banda efectivo de 149.760 Mbit/s dividido entre 53 octetas por celda por 8 bits por octeta nos da un resultado de 353,207 celdas por segundo o lo que es lo mismo  $353,207/666.6 = 529$  celdas por ciclo de servicio.

La figura 10.1 nos muestra que todas las colas son atendidas durante un ciclo de servicio.

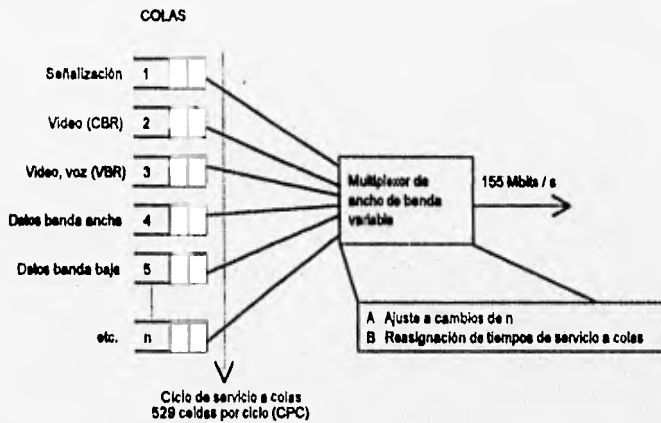


Figura 10.1 Colas de entrada a un nodo ATM

El multiplexor debe tener la capacidad de ajustarse a los cambios en el número de llamadas y sus colas resultantes variando sus tiempos de servicio a cada cola de acuerdo a esto.

Para determinar qué colas tienen que sacar sus celdas durante el ciclo de servicio y a qué tasa deben ser sacadas de las colas, la estrategia general que se sigue es sencilla [UBLA95]:

- La mas alta prioridad es otorgada a la cola de señalización ya que no debe experimentar pérdidas ni grandes retrasos.
- Las colas sensibles al retraso son las siguientes en ser atendidas. Si hay celdas en las colas, por T1 ms, o hasta que estas colas estén vacías.

- Después, las colas no sensibles al retraso son atendidas por T2 ms.
- Cuando la cola de señalización es servida, uno de los dos T1 o T2 es suspendido y posteriormente reanudado cuando el servicio a esta cola es finalizado.

De esta forma, todas las colas tienen garantizado un ancho mínimo de banda establecido de  $(T1/(T1+T2))B$  para el tráfico sensible al retraso y de  $(T2/(T1+T2))B$  para el tráfico no sensible al retraso, donde B es la tasa de transferencia de la línea de salida.

La manera en la cual las colas son atendidas depende de cuantas celdas deben ser sacadas por ciclo de servicio. Se debe estar consciente que el número de celdas servidas por ciclo varía no solo entre voz, video y datos, sino dentro de una misma aplicación como la voz, que se puede manejar comprimida o descomprimida.

## 10.4 NEGOCIANDO CON EL RETRASO VARIABLE

Las operaciones de manejo de tráfico no solo se realizan en la UNI origen sino que también son desempeñadas en la UNI destino y la manera en la cual se maneja depende del tipo de tráfico que sea. En la figura 10.2 [UBLA95] se muestra una clasificación de los distintos tipos de tráfico que pueden existir así como la manera en la que son manejados:

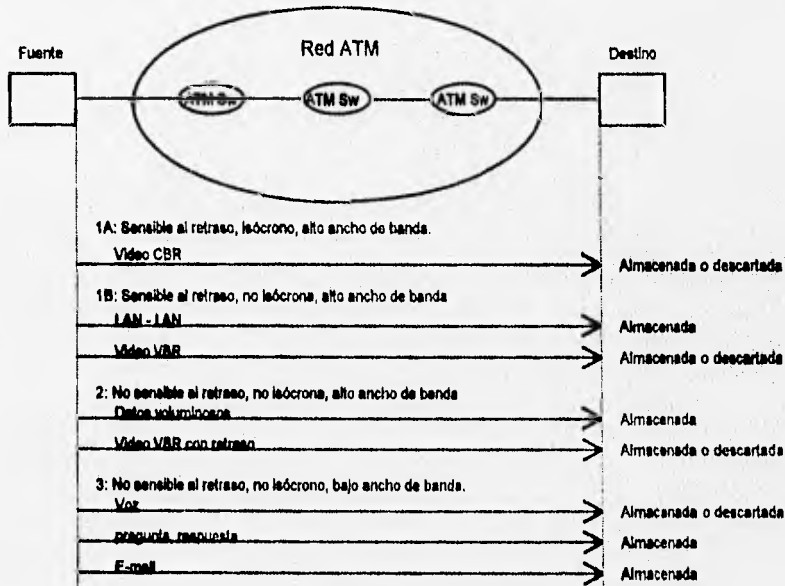


Figura 10.2 Tipos de tráfico

En la figura 10.2 se aprecian tres tipos principales de tráfico que una aplicación puede tener, estos son:

- 1A: Tráfico sensible al retraso, isócrono y de alto ancho de banda.  
Video CBR.
- 1B: Tráfico sensible al retraso, no isócrono y de alto ancho de banda.  
LAN-LAN.  
Video VBR.
- 2: Tráfico no sensible al retraso, no isócrono y de alto ancho de banda.  
Datos voluminosos.  
Video VBR con retraso.
- 3: Tráfico no sensible al retraso, no isócrono y de bajo ancho de banda.  
Voz.  
Correo electrónico.

La figura 10.2 nos muestra que en general cualquier tipo de tráfico que maneje datos es almacenado y retenido en el búfer por algún tiempo para evitar ser descartado. En contraste, el tráfico proveniente del video y voz es descartado si llega muy tarde o almacenado hasta alcanzar el tiempo esperado de llegada (estándar) si es que llega anticipadamente.

## **10.5 PROCEDIMIENTOS DEL CONTROL DE ADMISION Y CONEXION**

El control de admisión y conexión, CAC es la serie de procedimientos que operan en la UNI para proteger a la red de cargas excesivas de tráfico. Cuando un usuario requiere un nuevo VPC o VCC debe especificar las características del tráfico en ambas direcciones que va a requerir dicha conexión. La definición de las características del tráfico se lleva a cabo al seleccionar el nivel de QoS da entre una serie de niveles de QoS's que la red provee estableciendo un contrato. La red acepta la conexión solo si puede proveer los recursos necesarios para soportar el nivel de tráfico y QoS requeridos.

Una vez que la conexión es aceptada, la red mantendrá el nivel de QoS acordado mientras el usuario no exceda el nivel de tráfico especificado en el contrato.

## **10.6 CONTROL DEL PARAMETRO DE USO**

Una vez que la conexión es aceptada y que la red ha reservado los recursos necesarios para atenderla, el control del parámetro de uso, UPC se encarga de monitorear cada sesión del usuario, verificando que este cumpla con el contrato. El propósito principal del UPC es mantener la integridad de la red y asegurar que solo VPI's y VCI's válidos ingresen a esta. Dicho procedimiento lo podemos apreciar en forma esquematizada en la figura 10.3 [UBLA95].



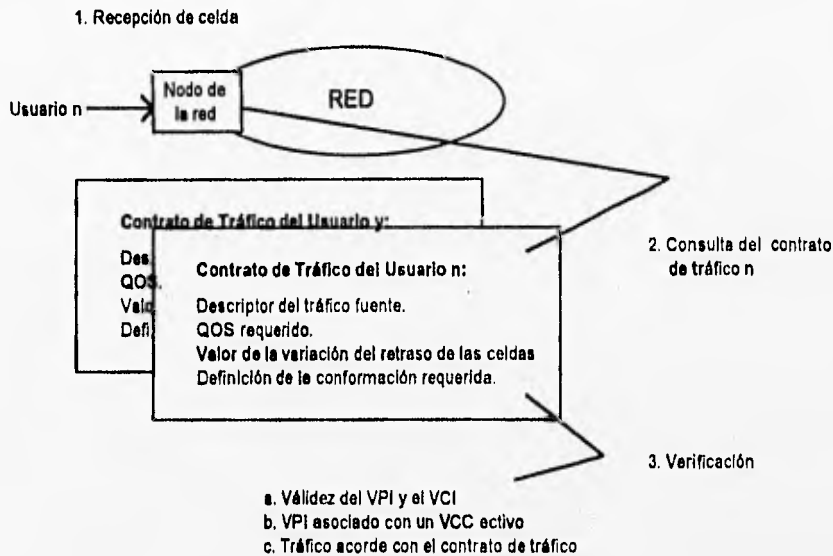


Figura 10.3 Control del parámetro de uso

## 10.7 PARAMETROS DE DESEMPEÑO EN LA UNI

La ITU-T en su recomendación I.35B define cuatro parámetros de desempeño para redes basadas en ATM. Estos son:

- **Celdas entregadas con éxito.** Una celda entregada con éxito es toda aquella libre de error que es entregada en un tiempo ( $\Delta t$ ) menor que un tiempo máximo permitido  $T$ , es decir ( $\Delta t < T$ ).
- **Celdas perdidas.** Una celda perdida es toda aquella que:
 

Es entregada en un tiempo ( $\Delta t$ ) mayor que el máximo permitido  $T$ , es decir, ( $\Delta t > T$ )  
 Se pierde o se descarta dentro de la red.  
 Cuando la celda tiene un error de más de un bit en el encabezado ya que la función de corrección de errores en el encabezado no puede corregir errores de más de un bit.
- **Celdas insertadas.** Una celda insertada es toda aquella que llega a un destino proveniente de una fuente distinta a la fuente original de la conexión virtual.
- **Celdas severamente dañadas.** Una celda severamente dañada es toda aquella que contiene bits erróneos en el campo I del usuario.

## 10.8 CONCEPTOS BASICOS DEL MANEJO DE TRAFICO EN LA UNI

Actualmente existe un gran número de alternativas para el manejo de tráfico en una red ATM. El esquema Eckberg mostrado en la figura 10.4 [ECKB92] es el propuesto por el grupo de teoría telegráfica de los Laboratorios Bell, y ha sido aprobado de manera general por la ITU-T.

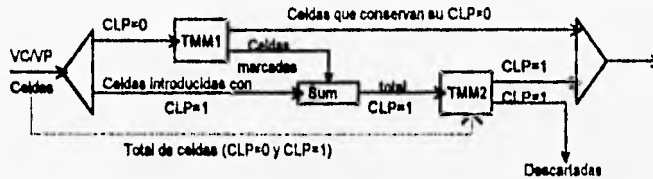


Figura 10.4 Esquema Eckberg para manejo de tráfico

Este esquema asume que el usuario tiene un contrato con la red ATM donde han sido especificados ciertos parámetros de QoS. Antes de introducir su tráfico a la red el usuario tiene la opción de definir la precedencia de sus celdas a través del campo CLP del encabezado. Esta decisión permite al proveedor de servicios de red ATM determinar cómo debe ser tratado el tráfico en una situación de congestión.

Como se puede ver en la figura 10.4 el usuario introduce su tráfico a un nodo de la red, los identificadores del VC y el VP que van en las celdas son verificados en el contrato del usuario y en caso de ser aceptado se toman algunas decisiones:

La máquina de monitoreo de la transmisión 1 (Transmission Monitoring Machine, TMM1) se encarga de manejar todas las celdas cuyo CLP sea igual a 0 (celdas de alta prioridad que no deben ser pérdidas). En caso de que el usuario viole el contrato con la red la TMM1 puede cambiar el valor del CLP de 0 a 1, es decir, las convierte en celdas marcadas por tráfico excesivo. La TMM1 no puede cambiar el valor del CLP de todas las celdas ya que tiene que respetar y transmitir las acordadas en el contrato del usuario con la red.

El usuario puede introducir celdas con un CLP=1 (celdas marcadas externamente). El nodo ATM de la red sumará estas celdas marcadas con las celdas marcadas por tráfico excesivo y manda el total de celdas marcadas con un CLP=1 al TMM2, la cual decide si descarta algunas o bien permite a todas estas celdas el ingreso a la red.

## 10.9 CONFORMACION DEL TRAFICO

La conformación de tráfico es otro procedimiento que permite controlarlo, su objetivo principal es suavizar el flujo de tráfico y el amontonamiento de celdas dentro de la red para conseguir una mejor división de recursos así como un promedio de tiempo de retraso mínimo.

Uno de los métodos más aceptados para realizar la función de conformación de tráfico es el conocido como: piscinas de créditos y cubos goteantes (token pools & leaky buckets) [UBLA95].

El método del cubo goteante consiste en mantener un número de contadores para cada conexión en el lado UNI de la red, periódicamente un generador de créditos coloca un determinado número de estos en lo que se conoce como una piscina de créditos. Cuando las celdas de una conexión son mandadas hacia la red el número de créditos de la piscina de la conexión se decrementa en el número de celdas que fueron mandadas. Si el usuario manda tráfico excesivo (más del acordado en su contrato) la piscina se vacía, es decir, el usuario agota todos sus créditos, si se presenta una situación como esta la acción que se toma dependerá de la implementación de la red pudiendo suceder dos cosas:

1. La celda es admitida dentro de la red pero el bit CLP de su encabezado es marcado con un valor de 1 pudiendo ser eliminada posteriormente.
2. La celda es eliminada en la UNI.

Algunas variaciones de este método proponen la especificación de dos piscinas de créditos por cada conexión. La primera estaría destinada para las celdas cuyo CLP fuera definido como 0 por el usuario. La segunda estaría destinada para las celdas cuyo CLP fuera definido como 1 por el usuario. El esquema de esta propuesta lo podemos observar en la figura 10.5 [UBLA95]. Como se puede ver con esta variación del método se le da al usuario algún control acerca de cuáles celdas pueden ser eliminadas por la red en un momento dado ya que las celdas con un CLP igual a 1 solo tienen acceso a la segunda piscina de créditos, mientras que las que tienen un CLP igual a 0 acceden a la primera piscina si esta no tiene créditos pueden pasar a la segunda y en caso de que esta sí tenga, ser mandadas.

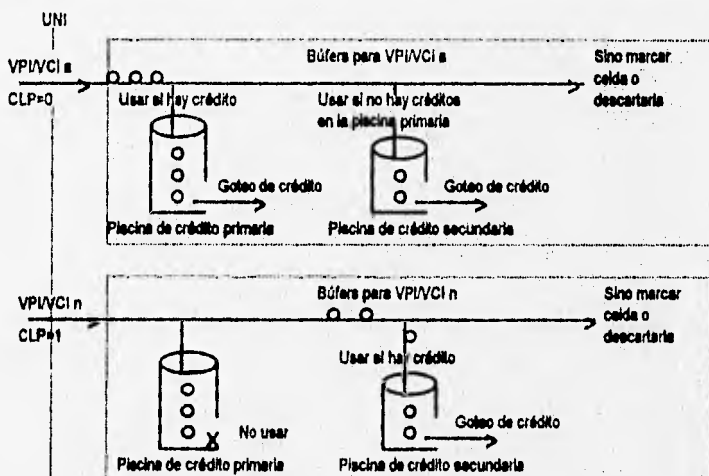


Figura 10.5 Método de la piscina de créditos y cubo goteante

## 10.10 TASA E INTERVALO DE LLEGADAS DE LAS CELDAS

La tasa y el intervalo de llegada de las celdas son aspectos que se deben tener en cuenta para llevar a cabo un monitoreo efectivo y adecuado del tráfico dentro de una red, tomando las acciones necesarias para solucionar los problemas que se puedan presentar. Una red ATM realiza el monitoreo de la tasa de llegada de las celdas para cada una de las conexiones a través de una UNI. Debido a la capacidad de la red para multiplexar cientos de sesiones en una sola conexión física el problema del monitoreo del tráfico de cada usuario se complica.

En primer lugar en condiciones en las que el volumen de tráfico es muy grande, es decir, cuando los recursos de la red están siendo explotados cerca de su nivel máximo (lo ideal si se trata de una red comercial) el intervalo de llegada entre las celdas es muy pequeño por lo que el manejo del tráfico debe ser rápido e igualmente eficiente que en condiciones normales de menor tráfico.

Otro aspecto que hay que tomar en cuenta es que las celdas que lleguen a un nodo pueden acarrear tráfico de distintas aplicaciones de usuario como: voz, video y datos, por lo que requerirán de distintos niveles de QoS que la red les debe brindar. En conclusión sin importar que las aplicaciones presentadas a la UNI tengan distintas necesidades de ancho de banda y calidad de servicio, la red debe ser capaz de brindarles a cada una de ellas lo que necesita.

## 10.11 PARAMETROS DE DESEMPEÑO PARA LA TRANSFERENCIA DE CELDAS ATM

El foro ATM ha definido un grupo de parámetros de desempeño para la transferencia de celdas que corresponden con la recomendación I.350 estipulación para la QoS en la UNI. Dichos parámetros se muestran en la table 10.1 [ATM93]:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Relación de celdas erróneas: celdas erróneas / (celdas entregadas con éxito + celdas erróneas).</li><li>• Relación de bloques de celdas severamente dañados<sup>1</sup>: bloques de celdas severamente dañados / total de bloques de celdas transmitidos.</li><li>• Relación de celdas pérdidas: celdas pérdidas / total de celdas transmitidas.</li><li>• Tasa de celdas malinsertadas: celdas malinsertadas / Intervalo de tiempo.</li><li>• Retraso de transferencia de celda: tiempo transcurrido entre la salida de una celda de un punto de medición y su entrada a otro punto de medición.</li><li>• Retraso medio de transferencia de celda: promedio de un número específico de retrasos de transferencia de celda para una o más conexiones.</li><li>• Variación del retraso de las celdas, CDV: describe la variabilidad de la forma en que las celdas llegan por una determinada conexión.</li></ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Tabla 10.1 Parámetros de desempeño

<sup>1</sup> Bloque de celdas: Secuencia de n celdas mandadas consecutivamente. Se puede considerar a un bloque de celdas como la secuencia de celdas transmitida entre celdas OAM.

El desempeño de los parámetros mostrados en la tabla 10.1 sirve como base para la medición de la calidad de los servicios QoS provistos por una red ATM.

En la tabla 10.2 [ATM93] se muestra una guía emitida por el foro ATM que indica como algunos atributos de la red pueden afectar a los cinco parámetros más críticos de desempeño mencionados en la tabla 10.1.

Atributo	A	B	C	D	E
Retraso de propagación				S	
Errores del medio	S	S	S		
Arquitectura de conmutación		S		S	S
Capacidad de los búfers		S		S	S
Número de nodos intermedios	S	S	S	S	S
Carga de tráfico		S	S	S	S
Fallas		S			
Asignación de recursos		S		S	S

- A Relación de celdas erróneas.  
 B Relación de celdas perdidas.  
 C Tasa de celdas malinsertadas.  
 D Retraso medio de transferencia de celda.  
 E Variación del retraso de las celdas.

Tabla 10.2 Atributos que afectan a los parámetros

Del análisis de la tabla 10.2 se pueden apuntar algunas cosas:

- El número de nodos intermedios entre un origen y un destino debe ser el menor posible ya que cada nodo es una posible fuente de degradación de los 5 parámetros críticos de desempeño de la transferencia de celdas.
- La excesiva carga de tráfico debe ser evitada ya que tiene que ver con la degradación de 4 de los 5 parámetros críticos de desempeño.
- Mientras que el retraso por propagación solo afecta al retraso medio de transferencia de celda, su efecto en el cálculo final del retraso es muy significativo.

## 10.12 CONTROL DEL TRAFICO Y CONTROL DE LA CONGESTION ESPECIFICADOS POR EL FORO ATM Y LA ITU-T

Para llevar a cabo el monitoreo y control del tráfico en las UNI's, el foro ATM y la ITU-T han definido una serie de algoritmos tanto para tráfico CBR como para tráfico VBR. Los parámetros que se usan para llevar a cabo este control son:

Para tráfico CBR:

1. Tasa pico de celdas (Peak Cell Rate, PCR). Es el límite de tráfico permitido para cada "conexión UNI".

Para tráfico VBR:

1. Tasa pico de celdas PCR.
2. Tasa de celdas sostenible (Sustainable Cell Rate, SCR). Es la tasa promedio máxima permitida para cada conexión UNI.
3. Medida de explotación máxima (Maximum Burst Size, MBS).

Estos parámetros son fijados por el usuario durante el establecimiento de la conexión a través de un mensaje de configuración.

Un parámetro adicional es calculado para el tráfico VBR:

Tolerancia de explotación (Burst Tolerance, BT) Este parámetro limita la cantidad de tráfico que puede ser mandado sobrepasando la tasa de bits sostenible antes de que sea marcado como tráfico excesivo. Se calcula de la siguiente manera [UBLA95]:

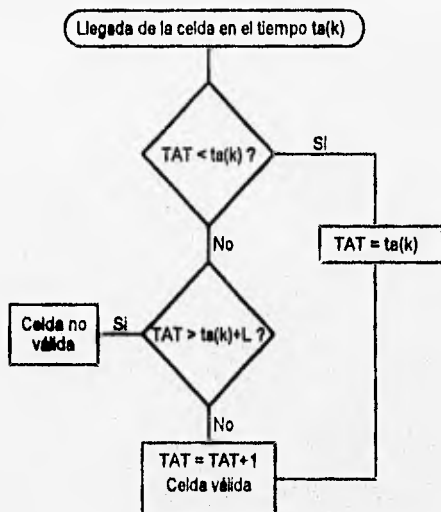
$$BT = (MBS-1) / (1 / SCR - 1 / PCR)$$

## 10.13 ALGORITMO GENERICO PARA TASAS DE CELDAS (Generic Cell Rate Algorithm, GCRA)

El algoritmo GCRA es empleado para el control del tráfico y es parte del contrato de servicios usuario / red. Se basa en el uso de dos parámetros el incremento I y el límite L. El primero afecta a la tasa de celdas y el segundo al número de celdas de una conexión y la notación que se utiliza para expresarlo es la siguiente: GCRA(I, L). El objetivo principal de este algoritmo es determinar si las celdas que llegan a la UNI son válidas (si llegan en el periodo de tiempo esperado), o no válidas (si llegan mas rápido de lo esperado).

Existen dos versiones del algoritmo GCRA: El algoritmo de horario virtual y el algoritmo de "cubo en estado constante de goteo".

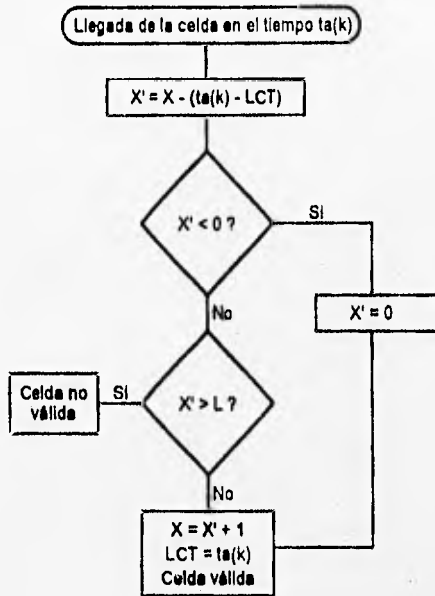
El diagrama de flujo del algoritmo de horario virtual lo podemos apreciar en la figura 10.6 [WSTA95]. El algoritmo es inicializado con la llegada de la primera celda de una conexión en el tiempo  $t_a(1)$ , con este valor el algoritmo actualiza el tiempo teórico de llegada de celda (Theoretical Arrival Time, TAT). Si el tiempo de llegada de la siguiente celda es mayor que el valor de TAT, entonces la celda es válida y el valor de TAT es actualizado con el tiempo de llegada de la celda +  $I$ . Si el tiempo de llegada de la celda es menor que el valor de TAT pero mayor que  $TAT - L$  entonces la celda también es considerada como válida y el valor de TAT es incrementado por  $I$ . En este caso se permite que la celda llegue un poco antes porque se encuentra en la tolerancia de CDV acordado. Finalmente si el tiempo de llegada de la celda es menor que  $TAT - L$ , es decir, sobrepasa la tolerancia de CDV acordada, la celda es considerada como no válida y el valor de TAT permanece sin cambio.



$I$  = Incremento  
 $L$  = Limite  
 $t_a(k)$  = Tiempo de llegada de la celda  $k$   
 $TAT$  = Tiempo teórico de llegada

Figura 10.6 Algoritmo de horario virtual

El diagrama de flujo del algoritmo de cubo en estado constante de goteo se muestra en la figura 10.7 [WSTA95]. En este algoritmo se define un cubo con una capacidad finita que es drenada a una tasa constante de una unidad por unidad de tiempo y cuyo contenido es incrementado por  $I$  para cada celda válida. La capacidad total del cubo es de  $I + L$ . Después de la llegada de la  $k$ -ésima celda, en el tiempo  $t_a(k)$ , el algoritmo verifica si el cubo ha sido desbordado. Si es así, la celda es descartada. Sino, el contenido del cubo es incrementado. El monto del incremento depende de que tanto es drenado el cubo entre la llegada de las celdas.



$I$  = incremento  
 $L$  = Limite  
 $X'$  = Variable auxiliar  
 $ta(k)$  = Tiempo de llegada de la celda  $k$   
 $X$  = Valor del contador del cubo goteante  
 $LCT$  = Ultimo tiempo valido (Last Compliance Time)

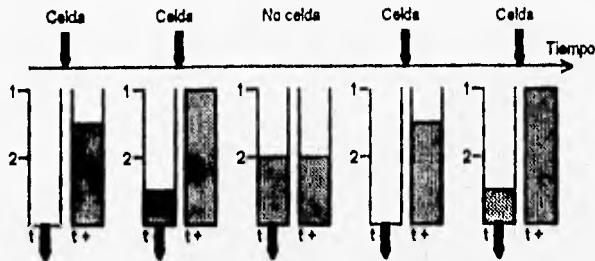
Figura 10.7 Algoritmo de cubo en estado constante de goteo

Un ejemplo de cómo el algoritmo GCRA es aplicado se muestra en la figura 10.8 [ATM93]. Como podemos ver con un GCRA(1.5, .5), se logra un efecto de suavización del tráfico. En el diagrama las flechas verticales representan la llegada de celdas a través de la UNI; la flecha horizontal representa el tiempo y las variables  $t^-$  y  $t^+$  representan el estado del cubo justo antes de la llegada de una celda y el estado del cubo justo después de la llegada de una celda respectivamente.

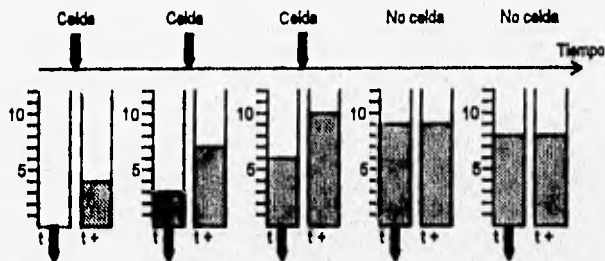
En la figura 10.8a se puede ver que cuando el cubo está en 1, en  $t^-$ ,  $L$  previene el envío de 1 celdas más y si son entradas van a ser marcadas como no válidas.

El mismo criterio es aplicado a la figura 10.8b donde se tiene una explosión de tráfico para un GCRA(4, 7), como podemos ver si la capacidad del cubo está en peligro de ser desbordada, no se permite el envío de celdas y si estas son enviadas se marcarán como no válidas.





a) Tráfico suavizado con GCR (1.5, .5)



b) Tráfico intenso GCR (4, 7)

Figura 10.8 Ejemplo de aplicación del algoritmo GCR

## 10.14 CONTROL DEL TRAFICO LAN CON UNA TASA DE BITS DISPONIBLE

En la actualidad las redes de área local (LAN) son las más ampliamente difundidas alrededor de todo el mundo, por lo que en el desarrollo de redes de alta velocidad como lo es ATM se debe prever una interacción con este tipo de redes.

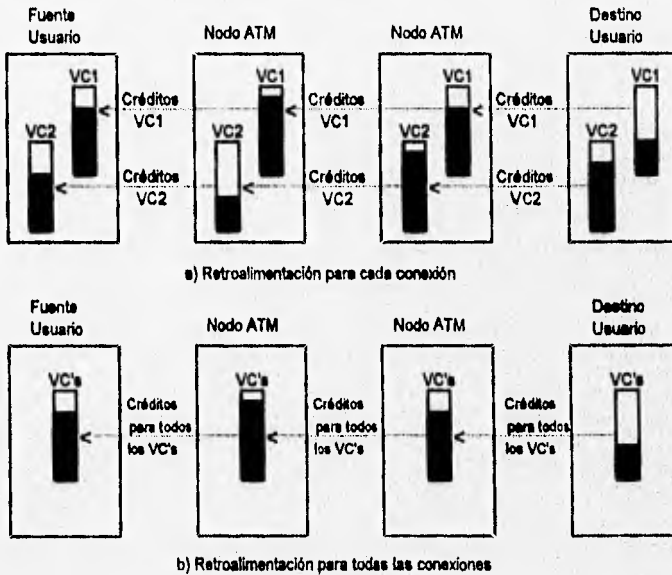
La interacción de una red ATM con una LAN presenta algunos problemas debido a que los dispositivos que trabajan bajo una arquitectura LAN no tienen un contrato con la red ATM como cualquier otro usuario por lo que el adaptarlos a una tasa de bits variable o a una constante que permita tener un control sobre el flujo de su tráfico es muy difícil. Para solucionar este problema el foro ATM se dió a la tarea de definir una nueva clase de servicio conocida como: tasa de bits disponible (Available Bit Rate, ABR).

El objetivo del servicio ABR es proveer una emulación de servicios LAN a través de un backbone ATM ofreciendo la misma calidad de servicio que una red LAN puede ofrecer. Además, el servicio ABR debe proporcionar la facilidad de transmitir utilizando la capacidad completa de la línea cuando esta se encuentre ociosa.

Existen diversas propuestas para lograr la implantación del servicio ABR, pero en general todas ellas giran alrededor de dos modelos principales:

1. Esquemas basados en créditos:
  - a) Créditos para cada conexión.
  - b) Créditos agregados para todas las conexiones.
2. Esquemas basados en tasas:
  - a) Tasas establecidas para cada conexión.
  - b) Tasas establecidas para todas las conexiones.

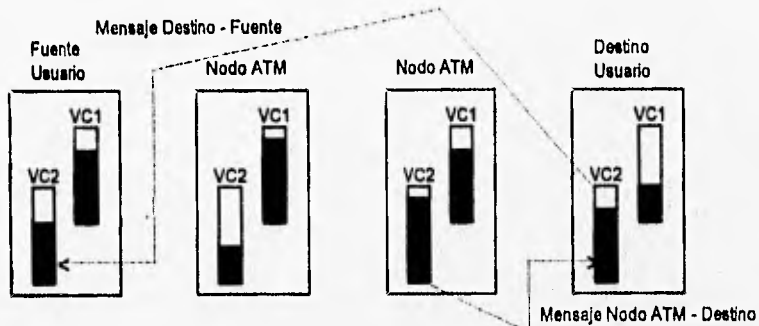
En la figura 10.9, se pueden apreciar los esquemas basados en créditos. Este tipo de esquemas opera de nodo en nodo, los créditos son enviados de nodo en nodo desde el destino hasta la fuente del tráfico. Estos créditos permiten a cada nodo mandar tráfico al nodo siguiente. Si un nodo no recibe créditos entonces deberá esperar y suspender el envío de tráfico hasta que le lleguen créditos.



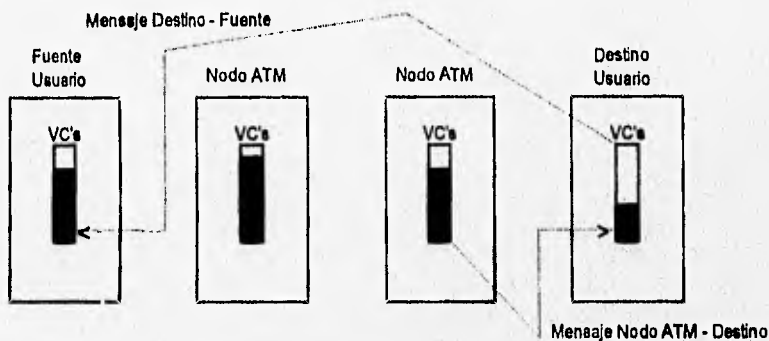
Ciclo de retroalimentación: nodo por nodo

Figura 10.9 Esquemas basados en créditos

En la figura 10.10, se pueden observar los esquemas basados en tasas. Este tipo de esquema funciona de la siguiente manera: un nodo ATM puede mandar al destino una notificación del estado de la congestión. El usuario destino manda entonces a la fuente del tráfico la notificación del estado de la congestión y a través de algún algoritmo la fuente podrá mandar sus celdas si las condiciones son apropiadas.



a) Retroalimentación para cada conexión



b) Retroalimentación para todas las conexiones

Ciclo de retroalimentación: end to end

Figura 10.10 Esquemas basados en tasas

Ambos modelos tienen sus ventajas y desventajas. Los esquemas basados en créditos son mucho más efectivos en la correcta asignación del ancho de banda pero su realización es costosa. Los esquemas basados en tasas por su parte son más baratos de realizar pero puede generar un comportamiento oscilatorio dentro de la red si el tiempo transcurrido en el envío de las notificaciones del estado de la congestión es demasiado grande.

Otro de los aspectos importantes que se deben tener en cuenta para brindar el servicio ABR es como se va a llevar a cabo la retroalimentación de la información de congestión dentro de la red, en las figuras 10.9 y 10.10 podemos observar dos formas de hacerlo. Una se lleva a cabo sobre todas las conexiones y la otra sobre cada conexión particular.

El llevar a cabo una retroalimentación sobre todas las conexiones es más barato en lo referente a los recursos empleados, pero tiene la desventaja de no permitir el monitoreo individual de cada conexión por lo que en situaciones de congestión algunas celdas pueden ser marcadas y eliminadas a pesar de que no contribuyen con la congestión. Este problema no se presenta si la retroalimentación se lleva a cabo sobre cada conexión ya que en situaciones de congestión se puede detectar y marcar las celdas de las conexiones que están causando problemas sin afectar a las demás.

Tres tipos de retroalimentación de la información de congestión pueden ser llevados a cabo para brindar el servicio de ABR (UBLA95):

1. Retroalimentación de tasa binaria. En este caso un nodo de la red determina que está ocurriendo una congestión, entonces coloca un determinado valor binario en una celda mandándola al destino, el destino usa estas celdas para mandar avisos a la fuente, de este forma la fuente puede detener, aumentar o disminuir la velocidad con que envía su tráfico en base a la recepción o no de los avisos de congestión.

2. Retroalimentación de tasa explícita. En este tipo de retroalimentación cada nodo determina como van a ser compartidos los recursos por las conexiones. Periódicamente la fuente envía una celda OAM que informa su tasa actual de transmisión. Cualquier nodo puede expandir reducir este valor según los recursos con que cuente, finalmente la celda modificada es retomada a la fuente para que reajuste su tasa de transmisión.

3.- Retroalimentación de explotación específica. Este esquema está basado en créditos. El número de celdas que puede ser transmitido está limitado a un tamaño máximo (número de créditos), esta información es mandada a través de una celda OAM de nodo en nodo empezando en el destino y terminando en la fuente. Conociendo esta información cada nodo manda el número de celdas adecuado al nodo siguiente teniendo en cuenta que por cada celda que mande su número de créditos se va a reducir en uno. Si un nodo agota sus créditos entonces deberá esperar y suspender el envío de tráfico hasta que le lleguen nuevos créditos.

Una variedad de métodos han sido propuestos para el manejo de tráfico en una red ATM. La manera en la cual el tráfico es manejado llegará a ser una operación estandarizada. Las funciones para administrar el tráfico han sido publicadas por el foro ATM, para proporcionar una guía sobre como controlar el tráfico.

Uno de los retos más importantes que aún quedan por resolver es el control del tráfico. En B-ISDN el control del tráfico permitirá proteger a la red y al usuario para alcanzar objetivos de desempeño predefinidos (en términos de probabilidad de pérdida de celdas o retrasos en sus transmisiones). Básicamente, el control de tráfico se refiere al conjunto de acciones a elegir por la red para evitar la congestión.

En los capítulos anteriores hemos tratado de definir la mayoría de los conceptos teóricos para llegar a entender lo que conforma a una Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha y a la tecnología ATM. Lo que nos resta es mostrar como llega a la integración de éste tipo, y sus posibles aplicaciones, utilizando los conceptos anteriormente definidos.

# Capítulo 11

## APLICACIONES

Las perspectivas que ofrece una red B-ISDN/ATM para el desarrollo de aplicaciones son muy amplias. En la actualidad las aplicaciones que se están desarrollando requieren de un ancho de banda considerable, así como de una buena calidad de servicios y de una gran velocidad, características propias de una red de este tipo.

En este capítulo describimos algunos campos de la actividad humana en los que se ha empezado a hacer uso de sistemas de este tipo como son la pedagogía, la medicina, la agricultura, el manejo de documentos o las teleconferencias. Aplicaciones en las que ha resultado de gran ayuda, como podremos apreciar a continuación.

### 11.1 EMULACION DE UNA RED LAN MEDIANTE UNA RED ATM

En los capítulos anteriores hemos descrito la manera en que operan las redes ATM, así como las ventajas que estas representan sobre las redes existentes. Sin embargo, si se quiere tener éxito en el mercado, no se puede olvidar de la tecnología existente y dar cuenta nueva.

Algunas personas ven en ATM una buena opción para utilizarse como concentrador LAN, y lo consideran un buen competidor con los backbones FDDI [UBLA95]. Es por estos motivos que para poder interconectar una red ATM con una red LAN es necesario tener un servicio que haga una emulación LAN en ATM dadas las diferencias existentes entre ellas.

Se le llama emulación LAN ya que una red con backbone ATM opera entre las LAN's, y estas no se enteran de esta interfaz; la red ATM juega el papel de LAN, pero no utiliza los protocolos comunes de estas [UBLA95]. El foro ATM únicamente aceptó definir dos formatos de tramas de control de acceso al medio (Media Access Control, MAC), el IEEE 802.3 y el IEEE 802.5.

Antes de empezar a analizar los métodos para esta labor, deben resaltarse las diferencias más obvias entre estas dos tecnologías. La principal es el tamaño de los PDU's que emplean para intercambiar su información. Mientras las LAN's utilizan tramas (o mensajes) que pueden ir más allá de 18 kbytes; ATM utiliza celdas de tamaño fijo de 53 bytes; esto ocasiona que las tramas LAN deban ser segmentadas, para lo que se puede utilizar ya sea el servicio AAL 3/4 o el AAL 5 que radican en la capa AAL del modo ATM. El recomendado por el foro ATM es AAL 5.

La otra diferencia esencial, es el hecho de que las redes LAN utilizan servicios sin conexión y las redes ATM utilizan servicios por conexión únicamente.

Finalmente una emulación LAN debe poder soportar servicios de control de acceso al medio, MAC multicast, unicast y de grupo.

### 11.1.1 EMULACION DE SERVICIOS SIN CONEXION

Como se mencionó anteriormente, una red LAN utiliza servicios sin conexión. Esto significa que cuando una estación conectada a ésta red desea mandar un mensaje a otra, lo único que necesita hacer es: esperar a tener permiso de acceso y entonces mandar el mensaje con la dirección destino y la dirección fuente por la red; la cual se encarga de pasar el mensaje a todas las estaciones conectadas a ella. Las estaciones tomarán el mensaje, si corresponde a su dirección lo procesarán, de lo contrario lo ignorarán.

En una red ATM que utiliza servicio por conexión o de conexión orientada, si una estación desea comunicarse con otra, será necesario primero entablar la comunicación mediante la transferencia de información de control con la red utilizando para este fin un protocolo de señalización (Q.2931 en el modelo B-ISDN-ATM), durante la fase de establecimiento de la conexión la estación fuente informa a la red la dirección destino y los servicios de calidad que requerirá según el tipo de servicio. Una vez establecida la conexión, se asignan los valores VCI/VPI, se segmentan los mensajes con el adecuado AAL y se envían.

A continuación se hace una breve descripción de los métodos que existen para proveer de un servicio sin conexión [HLIN95].

#### Métodos basados en servidores

Estos métodos se basan en añadir switches no-ATM adicionales, usualmente llamados servidores sin conexión; y cada estación que desee tener una conexión de este tipo deberá tener por lo menos una conexión hacia un servidor sin conexión, la cual puede ser virtual o permanente; también puede haber interconexión entre servidores.

Para transferir un mensaje, la estación fuente le añade a este la dirección destino y la dirección fuente y lo manda al servidor sin conexión, este se encarga de determinar por que salida ATM se deberá mandar el mensaje dependiendo de la dirección destino. El proceso de envío se puede realizar de dos formas diferentes:

1.- El servidor reensambla el mensaje, determina el nodo siguiente, lo vuelve a segmentar y lo envía al nodo seleccionado.

2.- El servidor asume que se usó un servicio AAL 3/4 para la segmentación del mensaje, por lo que al recibir la primer celda únicamente realizará una decisión de ruteo y la enviará por el enlace correspondiente sin necesidad de esperar la llegada de las demás. Esto es posible por el campo de identificación de multiplexaje (Multiplexing Identification, MID).

Al enviar la primera celda se crea un mapa para las demás que tengan el mismo MID; una vez transmitida la última celda se libera el valor MID para que pueda volver a ser utilizado y se borra el mapa.

Como cualquier método, este ofrece ventajas y desventajas, las cuales se analizan a continuación.

- **Vantajas:** Al realizarse una transferencia, tanto para la estación fuente, como para los switches ATM el servicio sin conexión es transparente; además no se necesitan requerimientos específicos sobre los switches ATM debido a que la operación sin conexión la realiza el servidor, y sus servicios pueden ser accedidos utilizando estándares ATM.
- **Desventajas:** Desde el punto de vista de emulación de una LAN, el utilizar el primer método mencionado representa grandes retrasos para transmitir las tramas, lo que implica tener búfers más grandes. El segundo método requiere de la utilización de AAL 3/4, siendo que AAL 5 es el propuesto por el foro ATM.

En general estos dos métodos requieren de una red de servidores extra, que aunado al costo de la red ATM se vuelve un problema enorme. Por último, la carga de entrada al servidor tiene como limitante el tipo de enlace físico que se tenga. Tomando en cuenta que todos los mensajes deben pasar por el servidor, si consideramos que en cierto momento todas las estaciones que comparten el mismo enlace con el servidor se quieren comunicar entre ellas, sufrirán graves limitaciones.

Algunos de los problemas mencionados tienen una solución. Empezando por el problema de usar el servicio AAL 3/4, se propone que en lugar de usar canales virtuales se utilicen rutas virtuales y AAL 5, logrando que el campo VCI actúe como MID.

La solución que se propone para las limitantes de entrada al servidor es la integración de las funciones del servidor en los switches ATM; esta propuesta sugiere el hecho de que los switches actuales tengan que ser rediseñados para poder hacerlos híbridos.

#### **Método de direcciones cortas**

Para este método, en la UNI existe una conexión de ruta virtual dedicada al tráfico sin conexión la cual se identifica con el VPI = "0". Cada estación que desee participar en este servicio deberá tener una pequeña dirección de dos bits, los cuales indicarán: Bit 1, un Identificador del switch (Switch Identifier, SI), y Bit 2, una identificación del puerto (Port Identifier, PI); por ejemplo la dirección @1.x indicará que la estación se encuentra conectada al puerto x del switch 1.

En la red pueden estar interconectados varios switches mediante VPC's que estarán dedicados exclusivamente al tráfico sin conexión entre los switches. Cuando una estación manda un mensaje, se incluirá en el VCI la dirección destino, si para llegar a dicha dirección es necesario pasar a otro switch, el VCI ahora tendrá el valor del puerto destino y el del puerto fuente, cuando el switch correspondiente transmite la celda al puerto adecuado esta tendrá en su VCI la dirección fuente, así el destino reconoce de donde fue recibida la celda.

Como el campo VCI de cada celda contiene su dirección fuente, es posible que el destino reciba celdas intercaladas desde diversas fuentes; siempre ocupando el VPC dedicado.

- **Ventajas:** Este método ofrece una red de servicio sin conexión en la UNI, y como no es necesario el campo MID se emplea AAL 5, además toda la transferencia se realiza en la capa ATM.
- **Desventajas:** Es de uso no estandarizado para la asignación de valores VCI/VPI, por lo que requiere la utilización de tablas de ruteo en los switches ATM, además por las direcciones tan cortas que maneja presenta limitaciones en el tamaño de la arquitectura.

#### **Métodos basados en conexiones**

Estos métodos requieren de una conexión de canal virtual entre cada par de estaciones participantes. Si una estación desea mandar un mensaje a determinado destino, primero se verifica si existe la conexión; si dicha conexión existe se envía el mensaje, de lo contrario se establece la conexión y luego envía el mensaje.

- **Ventajas:** Este método utiliza la capacidad de los switches ATM, además de que el servicio sin conexión es transparente para los usuarios.
- **Desventaja:** Este método ocupa los servicios por conexión o de conexión orientada de los switches ATM.

Otra opción dentro de esta metodología es usar el conocido como Método de conexión parcial. En este método sigue existiendo el enlace entre dos máquinas, pero las estaciones finales no se enteran de dicha conexión y son relevadas de cualquier función de señalización y administración de conexión, en su lugar se ocupa un agente de acceso a servicios sin conexión que se encarga de establecer y romper la conexión cuando se requiera.

- **Ventajas:** Este método proporciona un servicio sin conexión puro.
- **Desventajas:** Utiliza demasiados encabezados de control de señalización para establecer y terminar las conexiones, lo que implica que cada estación implemente funciones de administración sobre la conexión creando un gran tráfico de control en la red. Una solución sería que al entablarse una comunicación esta se utilice para transmitir múltiples mensajes; de esta manera se aprovecha más la conexión y se reduce el retraso al aplicarse control solo al primer mensaje.

Otra desventaja, es que se requiere de un gran número de conexiones para comunicar a todas las estaciones, y se utilizan recursos de la red aún cuando no se este utilizando la conexión. La solución que se propone es utilizar un servicio ATM llamado tasa de bits disponibles (ABR), el cual únicamente utiliza ancho de banda y espacio en búfer si se está transmitiendo, si no solo utiliza recursos para la entrada de las tablas VCI / VPI. Por otra parte se recomienda que solo las estaciones que estén en constante comunicación tengan conexión, las que no, se conectarán mediante actividades de monitoreo.



## 11.1.2 EMULACION DE SERVICIOS DE REPARTO / MULTICAST

Una red LAN proporciona servicios de direcciones MAC tanto unicast como multicast, lo que indica que cualquier trama enviada a través de la red pasará por todos los nodos conectados hasta llegar a su correspondiente destino. Una red ATM soporta ciertos tipos de multicasting, a continuación se describen algunos:

**Conexiones punto a multipunto:** En esta conexión una máquina actúa como raíz y todas las demás conectadas a esta, son las hojas. La raíz es la única que puede ser emisora, las hojas siempre serán receptoras.

Para poder establecer una comunicación punto a multipunto, es necesario que la fuente sepa la dirección ATM del destino. Pero en una emulación LAN lo que se conoce es la dirección MAC; por lo que se requiere de un mecanismo que nos permita saber la dirección ATM a partir de la dirección MAC

**Conexiones multipunto a multipunto:** En esta conexión todas las máquinas pueden ser emisoras y receptoras. Sin embargo, esta conexión no está estandarizada.

A continuación se describen tres métodos para obtener la emulación de un servicio multicast utilizando conexiones multipunto a multipunto:

1.- Utilizando una conexión de canal virtual. Este método crea un conflicto al tratar de identificar la dirección fuente ya que como todas las celdas provienen de un mismo canal virtual, todas tienen valores VPI / VCI iguales. Esto sugiere utilizar AAL 3/4 para poder tener un campo MID.

2.- Utilizando una conexión de ruta virtual. Este método permite ocupar el campo VCI como campo MID y utilizar AAL 5.

3.- Método Token. Este método se basa en conexiones de canales virtuales a los cuales se encuentran conectadas las estaciones. si una estación desea repartir un mensaje a las demás, deberá pedir el token a un controlador; si se le asigna el token, podrá ocupar uno de los canales virtuales.

Para realizar emulación de servicios de multicast con conexiones punto a multipunto se describen los dos siguientes métodos:

1.- Cada estación posee un VCC punto a multipunto para el cual es la raíz y todas las demás son las hojas. Su principal desventaja es la complejidad que presenta, ya que se requerirán tantos VCC punto a multipunto como estaciones participantes existan.

2.- Servidor multicast. Cada una de las estaciones participantes tiene un VCC punto a punto hacia el servidor, el cual tiene conexión punto a multipunto con cada una de las mismas. Si se utiliza AAL5 el mensaje se tiene que reensamblar antes de poder ser enviado, a menos de que en lugar de VCC's se ocupen VPC's. De no ser así, otra opción es utilizar AAL 3/4 para evitar el reensamblaje.

- **Ventajas:** Es muy sencillo, ya que existen únicamente N conexiones punto a punto a ser administradas y una punto a multipunto.
- **Desventajas:** Son las mismas que en los métodos basdos en servidores.

### 11.1.3 ARQUITECTURA DEL FORO ATM PARA LA EMULACION DE UNA LAN

Según acuerdos logrados por el foro ATM en marzo de 1995, se decidió ocupar el método basado en conexiones para emular servicios sin conexión. Esta decisión estuvo basada en el hecho de que este método explota los recursos de los switches ATM, además de no requerir modificaciones a los mismos. Para emular servicios multicast se decidió utilizar el método de servidor ya que las especificaciones de la UNI únicamente aceptan VCC punto a multipunto como conexiones multipunto; además de que resulta ser un método muy sencillo.

En la figura 11.1 se muestra la arquitectura aceptada por el foro ATM.

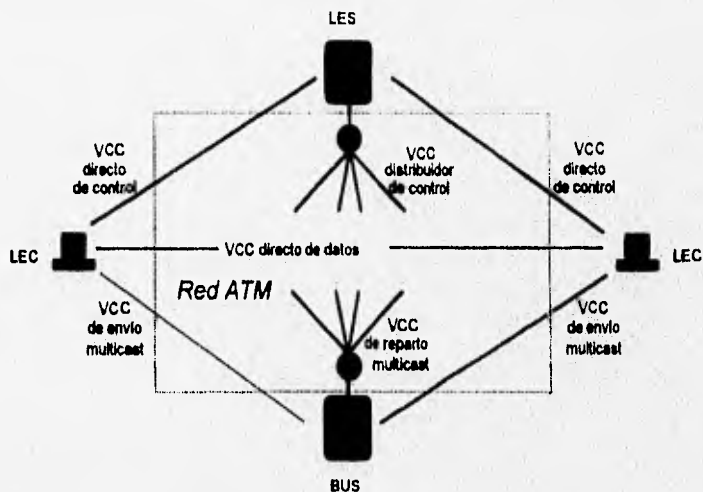


Figura 11.1 Arquitectura de emulación LAN aceptada por el foro ATM

#### Cilente de una emulación LAN (LEC)

Cualquier estación conectada a la red ATM y que participe en el servicio de emulación contendrá un cliente de emulación LAN (LAN Emulation Client, LEC), el cual provee de un servicio MAC sin conexión a los usuarios de sus capas superiores. Este servicio consiste de dos primitivos:

- **Requerimiento:** usado por el usuario de una emulación de LAN para pedir al LEC que transmita un mensaje a un destino.
- **Indicación:** usado por el LEC para indicar a un usuario que recibió un mensaje válido y libre de errores.

Un LEC está identificado por una dirección MAC de 48 bits y una dirección ATM de 20 bytes, y comunmente es un ruteador.

Al recibir un mensaje de las capas superiores, el LEC primero intenta envío por el VCC de datos directo utilizando una tabla de direcciones. Si el destino es desconocido en esta tabla entonces manda un requerimiento al protocolo de resolución de dirección del emulador LAN (LAN Emulation Address Resolution Protocol, LEARP) en el servidor de emulación LAN (LAN Emulation Server, LES), el cual se encarga de manejar la información de control. Este servidor busca la dirección ATM destino, una vez encuentre la dirección, envía un LEARP respuesta y el LEC establece un VCC con dicha dirección.

Este método se aplica a direcciones MAC unicast, pero implica tener un pequeño retraso por el uso de LEARP y el establecimiento de las conexiones. Para direcciones MAC multicast, el LEC envía el mensaje al servidor de reparto y direcciones desconocidas (Broadcast / Unknown Server, BUS), el cual maneja datos del usuario, para que reparta una copia de dicho mensaje a todas las estaciones conectadas.

Las estaciones ATM realizan un filtrado mediante la comparación de la dirección MAC del mensaje que llegó y su propia dirección, si no concuerdan las direcciones los mensajes son desechados.

#### **Servidor de reparto y direcciones desconocidas (BUS)**

Este servidor sirve principalmente para repartir las tramas al utilizar un servicio multicast, aunque también puede utilizarse en un servicio unicast para repartir tramas desconocidas a cierto LEC hacia su destino.

En el proceso de reparto el LEC manda la trama al BUS mediante un VCC de envío, el cual es controlado por el LEC, y el BUS que tiene conexión punto a multipunto, reensambla el mensaje (debido al uso de VCC y AAL5) y luego lo envía a todas sus hojas a través de un VCC de reparto, el cual es controlado por el BUS.

Las tramas desconocidas se pueden manejar de dos formas dentro del BUS:

1.- El BUS simplemente las reparte hacia todas sus hojas, basándose en la técnicas de filtrado que tiene los LEC's. A esto se le conoce como BUS repartidor (Broadcast-BUS, B-BUS). El problema que presenta esta arquitectura es que si se incrementa considerablemente el tamaño de la red, se mantendrá a la red inundada con tramas repartidas creando problemas de congestión; además de que las estaciones gastarán poder de procesamiento al realizar constantemente operaciones de filtrado. La ventaja es que resulta ser una arquitectura muy sencilla.

2.- El BUS basándose en la dirección resuelta por el LES, envía la trama desconocida al LEC destino directamente. A esto se le conoce como BUS Inteligente (Intelligent-BUS, I-BUS). El problema que presenta esta arquitectura es que el tráfico desconocido es muy poco ya que solo se enviará la primera trama por este medio y las subsecuentes por el VCC de datos directo. La ventaja es que reduce el tráfico enviado a los LEC's.

### **Servidor de emulación LAN (LES)**

La función principal de este servidor es soportar LEARP necesitados por un LEC fuente para determinar la dirección ATM de otro LEC, el cual es responsable de cierta dirección MAC.

La manera en que este servidor realiza su función es la siguiente: recibe un LEARP de un LEC fuente a través de un VCC de control, este envía el requerimiento al LEC a través del VCC repartidor. Cuando el LEC recibe un requerimiento de LEARP, el cual contiene la dirección MAC fuente y destino y la dirección ATM fuente, este revisa si es el encargado de la dirección MAC enviada; de ser así manda al LES un LEARP de respuesta por el VCC de control con su dirección ATM. El LES hace una operación de reparto a través del VCC distribuidor a todas sus hojas.

Hay que considerar varias características para lograr una correcta conexión en una emulación LAN:

- Un LEC puede representar cero, una o varias direcciones MAC
- Una dirección MAC puede ser representado por un solo LEC.
- Dos diferentes LEC's estarán identificados por dos diferentes direcciones ATM.
- Dado que las tramas emuladas únicamente tienen como información de encabezado los 2 bytes de Identificador LEC (LEC Identifier, LECID), los BUS y los LEC's de diferentes LAN's emuladas deberán ser identificados por diferentes direcciones ATM.

Como podemos constatar el foro ATM ha definido una arquitectura muy poderosa capaz de Interoperar con el gran tendido de redes LAN existentes actualmente.

## **11.2 MANEJO AUTOMATICO DE DOCUMENTOS DIGITALIZADOS**

La tecnología de documentos en imágenes permite que los documentos sean capturados digitalmente vía scanner y luego sean convertidos en una imagen en mapas de bits, indexada, compresada y almacenada en una base de datos; después la imagen puede ser retomada y distribuida para su procesamiento (NMUL93).

El tamaño del documento es importante ya que esto impactará en el tipo de periféricos de entrada y salida que serán necesarios, incluyendo el tipo de estación de trabajo así como las consideraciones para una arquitectura básica.

El objetivo de capturar documentos en imágenes es pasarlo de papel a forma digital para poder ser manejado por la computadora, se utilizan herramientas para que los documentos capturados sean debidamente puestos en un tamaño correcto. Para capturar letras de máquina, comunmente se ocupa un reconocimiento óptico de caracteres (Optical Character Recognition, OCR), lo que nos permitirá guardar el documento en algún procesador de palabras o en modo ASCII.

Un sistema de imágenes típico incluye los siguientes componentes [NMUL93]:

- Estaciones de trabajo con capacidad de despliegue de alta resolución.
- Scanners y software OCR.
- Dispositivos de salida (impresoras, plotters, etc)
- Medios de almacenamiento (preferible discos ópticos)

Para poder obtener un mayor beneficio de estas técnicas es conveniente montar las imágenes en un servidor sobre una red para poder tener acceso múltiple.

Integrar un sistema de este tipo llega a presentar dificultades ya que el tamaño de los mapas de bits resultantes (aún compresos) es grande (entre 50 kb y 100 kb y para documentos de color aumentará de 10 a 20 veces), haciendo difícil su manipulación. Otro problema es que si una aplicación contiene muchas imágenes compresas, el enviarlas a través de una red local (LAN) tradicional ocasionará muchos retardos, por lo que se considera necesario ocupar una tecnología con un ancho de banda mayor, como lo es ATM. Además, es conveniente que para obtener un mayor beneficio de este sistema, no únicamente los usuarios locales deberán tener acceso, sino también los remotos mediante una red de área amplia (Wide Area Network, WAN).

La LAN deberá ser una conexión de alta velocidad entre estaciones de trabajo, servidores y otros tipos de dispositivos que permitan a los usuarios compartir recursos, intercambiar archivos y enviar mensajes eficientemente.

Si se utiliza una LAN tradicional (aún a 10 Mbps ó 16 Mbps) esta puede ser saturada fácilmente si exista un gran número de usuarios simultáneos, esto puede reducirse mediante la compresión de documentos y aumentando el tamaño de los paquetes tanto como sea posible.

Si se usa la LAN sobre FDDI se evitan los problemas de saturación, sin embargo en la aplicación del inciso 11.1 se hizo notar la conveniencia de usar ATM como backbone LAN, que es más recomendable.

Otra alternativa es usar ISDN ya que ofrece mayores beneficios tales como mejores tiempo de respuesta de la red, control sobre el ancho de banda y flexibilidad para la reconfiguración.

Un sistema de documentos en imágenes puede quedar estructurado como se muestra en la figura 11.2 [NMUL93].

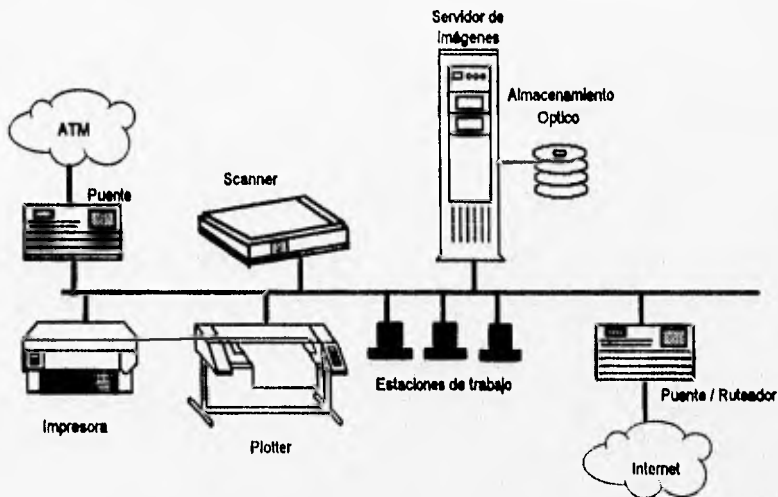


Figura 11.2 Sistemas de documentos con backbone ATM

### 11.3 APLICACIONES PEDAGOGICAS MULTIMEDIA

Uno de los conceptos que últimamente ha despertado gran interés en distintas áreas, es el de las aplicaciones multimedia. Este interés es debido principalmente a que estas aplicaciones se han convertido en una herramienta de gran ayuda en muchos campos de la actividad humana [BPAR95].

La idea de multimedia generalmente se asocia con el hecho de combinar imágenes, audio y datos en una sola aplicación, pero este concepto va mucho más allá, la multimedia es toda una filosofía de diseño y su objetivo es el desarrollo de sistemas cuya interacción con el hombre sea más efectiva y de alguna manera más natural; es decir, tratan de vencer esa barrera que de una forma u otra se establece entre el hombre y la máquina, logrando de esta forma que el hombre vea a la computadora como un colaborador más que como una herramienta. Para lograr este objetivo un sistema multimedia hace uso de todos los recursos de que actualmente se dispone tales como el manejo del video y el audio que bien utilizados pueden ser de vital importancia para llevar a cabo una actividad [BPAR95].

Si por sí solos los sistemas multimedia son de gran ayuda, la posibilidad de su uso de manera distribuida y en tiempo real a través de una red incrementa en mucho su utilidad, ya que el manejo de medios como el video y el audio en una red dan la posibilidad entre otras muchas cosas de un trabajo colaborativo y consultivo entre expertos en un determinado tema, así como de un manejo mucho más simple y natural de la información.

Ahora bien, el manejo de este tipo de aplicaciones de manera distribuida y en tiempo real dentro de una red, requiere que esta sea capaz de soportar grandes anchos de banda y velocidades muy altas de transmisión entre otras cosas.

En los últimos años la multimedia aplicada a la pedagogía ha demostrado ser de gran utilidad, ya que involucra de manera activa a los estudiantes en el medio ambiente de enseñanza. Las características más importantes con que debe contar un medio ambiente de este tipo son:

- Parámetros que el usuario pueda cambiar.
- Un sistema de conocimiento de los componentes del medio ambiente, como por ejemplo modelos matemáticos de las situaciones que se presentan.
- Un sistema de razonamiento acerca de las acciones del usuario y respuesta inmediata a ellas.

A continuación se examinan algunos sistemas pedagógicos diseñados bajo esta filosofía.

**Simulaciones Multimedia.** Una simulación puede estar basada en escenarios o en conocimientos, el propósito de ambas es involucrar al estudiante en situaciones en las que tiene que resolver problemas relevantes.

Las simulaciones basadas en escenarios utilizan video, gráficas y sonido para involucrar al estudiante en situaciones típicas del tema a aprender.

Por su parte las simulaciones basadas en el conocimiento responden de acuerdo a la actividad individual de cada estudiante, dándole un asesoramiento dinámico, este tipo de sistema lleva a cabo un razonamiento acerca de las acciones del estudiante cuando se encuentra ante un determinado problema ofreciéndole una comparación en tiempo real de sus acciones en relación con las de un experto ante el mismo problema.

**Sistemas de composición y colaboración multimedia.** Estos sistemas brindan a los estudiantes una buena interconexión de interfases multimedia que les da acceso en cualquier punto de una red a información referente a un determinado tema.

**Sistemas de explicación multimedia.** Este tipo de sistemas incorpora modelos de las preguntas que los estudiantes le hacen y en base a ellos generan un contexto en tiempo real donde les da información acerca de los elementos multimedia que puede soportar. Algunos sistemas permiten acceder a documentos multimedia a través de ligas hipermédia, pudiéndose crear documentos en un procesador de textos común y referenciar a través de estas ligas información multimedia contenida en otros archivos almacenados en distintas bases de datos en diferentes puntos de una red.

### **11.3.1 RETOS TECNOLOGICOS Y PERSPECTIVAS DE LA PEDAGOGIA MULTIMEDIA**

Los retos tecnológicos más importantes que se tienen para hacer más efectivos y más ampliamente extendidos los elementos multimedia en el campo de la pedagogía son [BPAR95]:

- La transición hacia sistemas multimedia basados en conocimientos ya que son más efectivos.
- La transición hacia sistemas multimedia en red; preferentemente de workstations equipadas individualmente. Esto es importante debido a que las redes de alta velocidad con alta calidad de servicio permiten aplicaciones en tiempo real como las que se necesitan para una interacción a distancia entre maestros y alumnos y en general para muchas aplicaciones multimedia. El conseguir dicha transición también reduciría de forma dramática los costos, ya que se podrían tener servicios multimedia distribuidos en distintos puntos de la red.
- Desarrollo de herramientas para la creación de materiales multimedia

Como conclusión se puede decir que los esfuerzos para el desarrollo de este tipo de sistemas deben estar encaminados a hacerlos educacionalmente tan o más eficientes que los métodos tradicionales, además de que deben ser integrados en una red global que apoye por elementos multimedia y aplicaciones de inteligencia artificial, origine una gran fuente de información de fácil acceso.

### **11.4 MULTIMEDIA MEDNET**

El campo de la medicina es un área natural para la aplicación de los sistemas multimedia distributivos y colaborativos, debido a que es precisamente aquí donde la colaboración y consulta en tiempo real entre expertos ayuda a tomar decisiones críticas de una manera más acertada.

MedNet es una red capaz de realizar un monitoreo de los diversos aspectos involucrados en una neurocirugía, además de consultas multipunto y colaboración distribuida, todo esto en tiempo real [RSIM95].

#### **11.4.1 MEDNET COMO UN SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL MULTIMEDIA**

La implementación de MedNet está prevista para ser hecha sobre los nodos de computadores en servicio de los 7 hospitales de la Universidad de Pittsburgh, MedNet incorpora audio digitalizado, así como información generada por computadora. Además de manejar video a través de una red analógica de banda ancha paralela.



Esta red permite la continua vigilancia de la condición de los pacientes durante una cirugía cerebral así como la asesoría y consulta entre neurofisiólogos y neurocirujanos en tiempo real y de manera remota.

En la práctica un neurotécnico opera un nodo móvil de MedNet conectado a la red durante todo el procedimiento. El técnico corre varios tests de diagnóstico y los resultados de estos pueden ser consultados por los expertos desde cualquier otro nodo de la red, esta consulta puede incluir audio y video de toda la operación así como también comunicación de todo tipo entre el personal de la sala y los expertos en lugares remotos.

#### 11.4.2 IMPLEMENTACION DEL HARDWARE

Esta se divide en tres partes:

1.- La red. La infraestructura de comunicación esta formada por dos redes paralelas. El sistema esta basado en un backbone Ethernet para la información digital (incluyendo un canal de audio) y un sistema paralelo de televisión por cable (Cable Television, CATV) para audio y video con un ancho de banda de 450 MHz.

Dos fuentes de video son integradas en el sistema, una para los microscopios equipados con cámaras de video y otra para las cámaras montadas en las salas de operación.

Las dos fuentes de video están acompañadas de un canal de audio y son transportados a través de la red de banda ancha analógica para ser desplegadas directamente en las MedNet workstations, que utilizan el software y hardware (tarjeta) video de Hewlett Packard, con el que capturan las secuencias de video, las almacenan en disco y las recuperan para su uso posterior con una tarjeta de video dedicada.

El esquema de MedNet lo podemos ver en la figure 11.3, en la que se puede observar que la red analógica de banda ancha está instalada en cuatro salas de operaciones del Hospital Presbiteriano Universitario y en tres salas de operaciones del Hospital de Niños de Pittsburgh. Estas redes paralelas se extienden a todos los departamentos de neurocirugía y neurofisiología de los centros hospitalarios así como a muchos de sus salones de conferencia y lectura, lo que facilita la investigación, enseñanza y consulte remota en el complejo hospitalario.

2.- Los nodos. En MedNet existen tres tipos de nodos que pueden ser conectados a la red, estos son (RSIM95):

\* Nodo móvil tipo perche. Este se utiliza para el monitoreo de pacientes y realización de pruebas en las salas de operación y cuidados intensivos, estos nodos pueden funcionar independientemente de la red.

\* Nodo estacionario. Este es un nodo de adquisición de datos usado para hacer pruebas a los pacientes en los laboratorios de diagnóstico e investigación.

\* El tercer tipo de nodo de MedNet son las estaciones de trabajo utilizadas para el monitoreo remoto, están equipadas con audio y tarjetas HP vídeo/life para desplegar imágenes a través de un sintonizador VCR conectado a la red CATV.

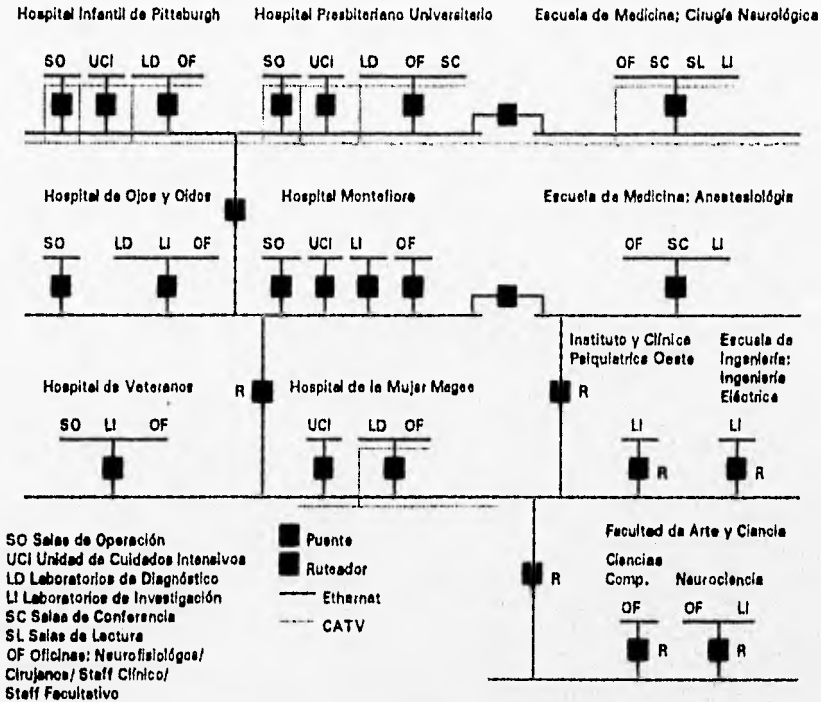


Figura 11.3 Esquema de la red multimedia MedNet

### 11.4.3 IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE

La implementación de la fase I en software consta de tres partes las cuales son:

1.- Interfase. La interfase con el usuario de MedNet esta conformada por cuatro programas distintos basados en X-Windows, estos son:

\* Test. Esta programa establece una interfaz con el hardware de adquisición de datos que permite al operador escoger uno de una serie de procedimientos o modos para llevar a cabo la adquisición. Test también alimenta los datos tal como son adquiridos (sin procesar raw) al programa Display en el nodo local y pasa después los datos ya sea procesados o en forma raw a la capa de transporta de la red.

\* Display. Una vez que el técnico selecciona el modo de adquisición de datos más adecuado, utiliza las rutinas de Display que proveen dos tipos de ventana una de tipo osciloscopio y otra ventana de scrolling para presentar los datos neurofisiológicos, sin procesar tal como el programa Test los adquirió. El neurotécnico puede procesar y hacer anotaciones de las señales, es decir, las puede analizar.

\* View. Este programa recibe los datos de Test y ofrece varias opciones de despliegue cada una independientemente controlada. View puede crear una ventana individual para cada componente de datos. El programa recibe los datos de la capa de transporte de la red y actualiza sus ventanas de acuerdo a los cambios que se presenten; el neurofisiólogo puede revisar cada componente de un caso y requerir cualquier subconjunto de datos adquiridos anteriormente ya que View mantiene una historia de él, así mismo puede desplegar rápidamente otro caso o prueba distinta en una ventana diferente, de esta forma el neurofisiólogo puede rápidamente acceder a múltiples fases de la operación y comunicarse con quien sea conveniente a través de un programa de comunicación de audio llamado Talker o un programa basado en X-Windows llamado Neurocomm.

\* Report. Este programa sirve para revisar e imprimir señales desplegadas durante un estudio una vez que este ha concluido. Report combina las facilidades de anotaciones de Display y las opciones de despliegue de View además de la capacidad para generar formas estandarizadas de reportes mostrando las señales elegidas y sus anotaciones.

2.- Protocolo de comunicación. El protocolo de comunicación MedNet (MedNet Communication Protocol, MNCP) fue desarrollado para los requerimientos propios de esta red.

3.- Sistema de archivos. Todos los datos adquiridos por MedNet son almacenados y recuperados de archivos de disco que se encuentran en lo que se conoce como formato de archivo estructura de neuro datos (Neuro Data Structure File Format, NDS) construido en la parte más alta del sistema de archivos de la red.

Es así como MedNet se puede considerar como un buen ejemplo de lo que una red distribuida de servicios multimedia puede ayudar en los distintos campos de la actividad humana en su caso particular en la medicina.

## 11.5 LA CONSULTA MEDICA

La figura 11.4 muestra cuatro entidades comunicándose sobre una red de transporte ATM: dos estaciones de usuario, un Servidor de Información (Information Server, IS), y un servidor para los servicios de llamada avanzados (JKOE94). Los médicos utilizan las estaciones para consultarse entre sí a través de una sesión de video. La información médica, la cual ellos ven simultáneamente, les es provista por el IS. El Servidor de Llamada Avanzado (Advanced Call Server, ACS) transporta todas las llamadas necesarias y las funciones de administración de la conexión.

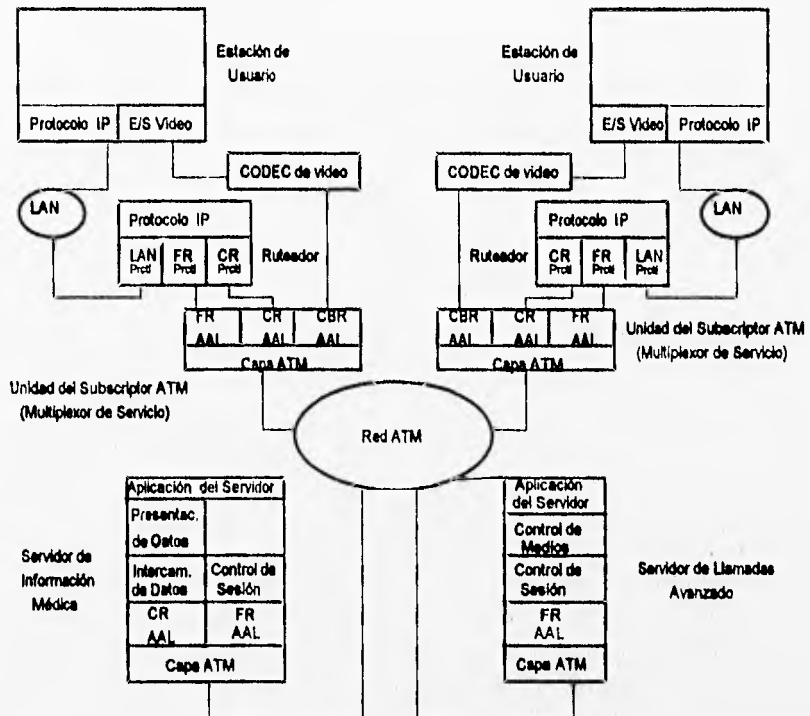


Figura 11.4 Arquitectura de la consulta médica

Una de las estaciones utiliza los servicios del ACS para iniciar una sesión de información con el IS. Este entonces utiliza los servicios ACS para configurar una sesión de video con la otra estación. Después, los servicios ACS son utilizados para manipular la información del IS, compartirla entre los dos usuarios, y permitir la colaboración.

La red ATM transporta tres corrientes de datos separadas en esta aplicación. Una corriente de bits constante y bidireccional es soportada entre los CODEC's (Codificador/Decodificador) de video del lado de los usuarios. Los CODEC's de video local proveen las interfaces para los dispositivos de entrada/salida de video de la estación. El servicio de acceso es el servicio de tasa de bits constante (Constant Bit Rate Service, CBR) provisto por la AAL. Una corriente de datos de control multi-direccional es soportada entre todas las entidades mencionadas en el párrafo anterior para proveer todo el control de sesión y medios. El acceso al transporte ATM es a través del servicio Frame Relay. Una corriente de datos es soportada desde el IS hasta las dos estaciones. El servicio de acceso es el servicio de relevo de celdas (Cell Relay Service, CRS) provisto por la AAL. CRS es utilizado puesto que la información en la sesión de consulta envuelve imágenes médicas y requiere la transferencia de grandes anchos de banda.

Las corrientes de información y control son distribuidas localmente del lado de los usuarios sobre redes LAN. Del lado de los usuarios las funciones ATM y AAL son implantadas en las unidades del subcriptor o los multiplexores de servicio, y los ruteadores proveen la interfaz entre éstos y las LAN's. El protocolo IP es utilizado como un ejemplo de un protocolo de interworking entre las LAN's y la red ATM. Del lado de los servidores, las pilas de protocolos -de la Capa ATM hasta la aplicación- son implantadas sobre los servidores.

## **11.6 COMUNICACION DE IMAGENES EN LA AGRICULTURA**

Cuando el agricultor observa señales de enfermedad u otros síntomas en su campo, realiza una grabación en video, describiendo el problema. En la grabación el se enfoca en los síntomas de la planta y trata de ilustrar la extensión en el campo.

Cuando el agricultor llega a su casa, llama al consultor y le muestra la grabación. Durante esta comunicación es posible parar y tener una toma cerrada en una imagen fija, o revisar una secuencia. Basados en la conversación apoyada con imágenes, normalmente es posible recomendar un tratamiento [JKOE94].

Los agricultores no solo obtienen un consejo útil, también aprenden. A través del diálogo existe un efecto metódico y profesional, y por supuesto el conocimiento de los síntomas y el tratamiento se incrementa. Comparada con las conversaciones telefónicas, la comunicación de imágenes es un método más eficiente de consejo y aprendizaje.

Debido al peligro de infección, a los criadores de cerdos no les es permitido visitar el establo de otro. A través de las grabaciones en video desde los establos, mostradas a través de las llamadas sobre la red de banda ancha, es posible dar a los otros un buen consejo acerca de los sistemas de ventilación, sistemas de forraje, etc.

### **11.6.1 DESCRIPCION FUNCIONAL DEL SISTEMA TECNICO**

Toda documentación en video se obtiene por los recursos de una grabación en video ordinaria con una cámara sin conexión a cualquier red.

Conectando la cámara a una red de banda ancha, las secuencias de video pueden ser mostradas a otros a través de esta, mientras uno puede discutir las imágenes a través de una conexión de voz.

Las llamadas a un consultor pueden ser hechas desde el establo, si la conexión de video y la conexión de voz se pueden extender a éste.

La red de banda ancha también puede ser utilizada para la distribución de señales de video de un subcriptor a todos los demás así que los consultores puedan sacar noticias en video en un tiempo fijo.

El sistema técnico ha sido dividido en [EBJJSI]:

- equipo de video.
- la conexión en el establo.
- la red de banda ancha.

El equipo de video es la combinación de una cámara y una video grabadora estándar. A los consultores les ha sido proporcionado un equipo de edición.

La conexión en el establo es simplemente un cable coaxial pasivo y un cable telefónico con conexiones ubicadas aproximadamente cada 15 metros para la cámara de video y el teléfono, respectivamente, ver figura 11.5. Los cables han sido llevados a la terminal de red para la red de banda ancha, así que las llamadas pueden ser realizadas en la red de banda ancha desde un punto de acceso arbitrario.

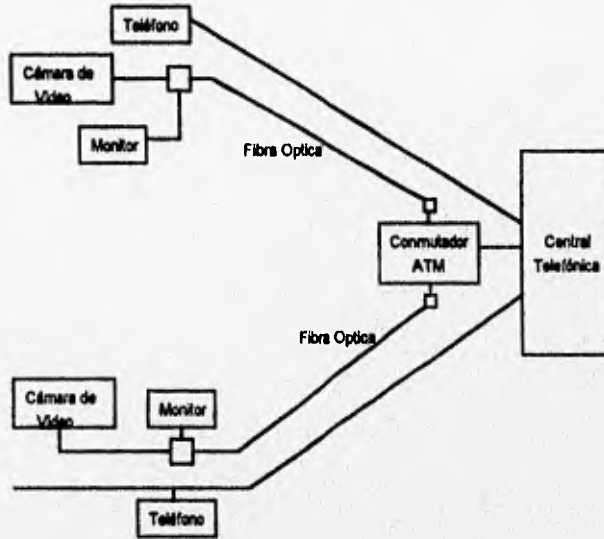


Figura 11.5 Sistema técnico de la comunicación de imágenes en la agricultura

La red de banda ancha esta dividida en :

- la función de control.
- el conmutador de banda ancha.
- la línea del suscriptor.
- la terminal de red.

En la función de control, los usuarios son suscriptores telefónicos ordinarios. La información de control al conmutador de banda ancha es simplemente un voltaje de DC positivo, sobre una línea de señalización, para cuando los suscriptores descuelgan el teléfono. Una interfaz sobre el conmutador de banda ancha recuerda cuales conversaciones están activas, y desconecta una conexión cuando la señal de DC desaparece colgando el teléfono.

El conmutador de banda ancha es un conmutador ATM.

La línea del suscriptor esta basada en dos fibras ópticas para cada uno de los suscriptores para la transmisión de video y una conexión telefónica ordinaria para transmisión de voz.

La terminal de red comprende:

- el equipo de video óptico el cual transmite, respectivamente recibe, la señal de luz de las fibras ópticas y la transforma en señales de video.
- la línea telefónica.
- los cables de la conexión al establo.
- el equipo de audio el cual modula las señales de audio que se encuentran dentro de la señal de video.
- la distribución de tramas donde la conexión de todas las unidades puede tomar lugar.

## 11.7 VIDEO INTERACTIVO SOBRE DEMANDA

Un sistema de video sobre demanda, (Video on Demand, VOD), comprende muchos elementos que son necesarios para proveer un servicio completo. Entre esos hay uno o mas servicios de video; operación, administración y mantenimiento de sistemas; conmutación, multiplexión y ruteo de sistemas en la oficina central o head-end [YHSI94]; redes backbone para ligar servidores de video dispersos geográficamente; redes de distribución de las oficinas centrales a al home [YHSI94]; redes de los usuario (llamadas customer premises networks); y la unidad set-top, que recibe, demodula, decodifica y convierte el video para televisión playback.

El principal servicio de una VOD está dirigido hacia el "video sobre demanda interactivo (Interactive VOD, IVOD)" [DDEL94], por el que los usuarios adquieren accesos a películas via una conexión punto a punto. Esta conexión le permite al usuario un control individual e instantaneo del medio de almacenamiento en términos de inicio, control de la secuencia (fast-forward), pausa y regreso de las acciones o escenas.

Dadas estas características generales es bueno pensar en una arquitectura de red basada en un transporte ATM, pues el uso de ATM asegura futuras "pruebas de operación" que requieran varios anchos de banda y servicios, tales como video, audio, juegos, cursos educativos, etc. [DDEL94].

En la figura 11.6 se muestran los principales elementos de un sistemas VOD con ATM, los cuales describiremos brevemente.

**Set-top.** Tambien llamado terminal del subscriber [YHSI94]. Este dispositivo, junto con el televisor y su control remoto (al que en conjunto se le llama CPE: customer premises equipment [DDEL94]), permiten a un usuario final conectarse a un servidor de video y navegar en él para seleccionar películas u otros contenidos tales como juegos, historietas, software, etc.

Red de acceso. También llamada "community network" [YHS194]. La red de acceso conecta el servidor de video y el equipo set-top. Comprende los diferentes arreglos de acceso de la red ATM al set-top como son: acceso a multiplexores, interfaces con cable coaxial CATV, UTP, fibra óptica.

Oficina de conmutación o central. El equipo de la oficina de conmutación es considerado en términos de dos categorías:

- Prestador del servicio. Provee la interfaz para que el cliente localice y se conecte al servidor de video dentro de un proveedor de servicio seleccionado.
- Centro de operación del servicio. Habilita un proveedor de servicio para manejar su material de programas, distribuidos sobre varios servidores de video y proveer las operaciones de servicio relacionadas a un grupo de clientes. El centro de operación del servicio puede ser un elemento separado de la red o como pequeñas redes puede estar integrado con el servidor de video.

Servidor de video. Es el elemento de la red que provee los fuentes de video, los cuales pueden ser requeridos por un cliente. El servidor de video provee una copia sobre demanda de la señal de video requerida vía la red ATM a el usuario. Los programas de video están almacenados en formato MPEG. El o los servidores de video pueden ser propiedad de un proveedor de servicios, y múltiples proveedores de servicios pueden operar en la misma red.

Red ATM. Provee la Interconexión de varios elementos de la red en la arquitectura VOD.

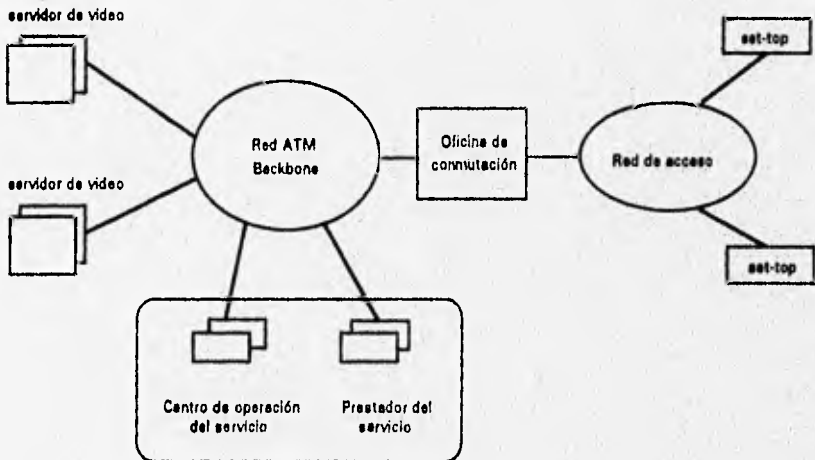


Figura 11.6 Arquitectura de una red VOD con ATM



Una importante característica de la arquitectura de la red de video sobre demanda es el uso de ATM, con la cual se obtienen las siguientes ventajas:

- Servicios múltiples, que requieren varias tasa de bits y una mezcla flexible, pueden ser transportados eficientemente sobre la red VOD ATM (tales como diferentes calidades de video, juegos usando transferencia de datos, librerías de audio e integración posible con otros servicios de banda ancha).
- Cuando usamos ATM, los canales de señalización, pueden ser provistos es una manera eficiente en términos del uso del ancho de banda (multiplexión estadística).
- La identificación de programas (películas, audio, etc.) puede hacer uso de identificadores dentro del canal (ATM VP/VC), simplificando la administración de las conexiones y la red.
- El uso de ATM está evolucionando hacia servicios B-ISDN. Una vez que la infraestructura sea instalada para el servicio VOD, será posible económicamente agregar nuevos servicios tales como tele-educación, video-compras, etc.

Existen dos tipos básicos de video sobre demanda interactivo IVOD:

- IVOD-I. IVOD con acceso instantáneo. Aquí, el usuario puede detener y controlar individualmente la información del programa de una librería instantáneamente, con respuesta de control instantáneo.
- IVOD-d. IVOD con acceso retardado. Aquí, el usuario puede detener y controlar individualmente la información del programa de una librería, pero cada acceso está caracterizado por un tiempo de espera distinto de cero aproximado al tiempo que se tarda en visualizar la librería, pero limitado a un tiempo de espera fijo convenido.

ATM es todavía una tecnología en desarrollo para usarse a niveles nacionales, pero esto no quiere decir que no pueda utilizarse ya con algunos subscriptores de prueba que sean capaces de generar un tráfico de todo tipo: voz, datos e imágenes; una prueba de ello son las aplicaciones que hemos presentado en éste capítulo, que aunque algunas aún no existen en este país, muestran un gran avance para probar la medida en que ATM responderá a los usuarios y las capacidades de las Oficinas Centrales, por lo que en nuestro país se deben acelerar las instalaciones de fibra óptica que conecten a las ciudades más importantes.

Una vez conocidas algunas de las aplicaciones que pueden ser soportadas por B-ISDN/ATM, propondremos en el siguiente capítulo un modelo de red que permita transportar cualquier tipo de información a alta velocidad.

## Capítulo 12

### PROPUESTA PARA LA INTEGRACION DE UNA RED LOCAL DEL TIPO B-ISDN/ATM EN EL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA DE LA DEPTI

Cuando los usuarios de las computadoras demandan una nueva característica sobre su red de área local, ellos no están concientizados con los detalles del funcionamiento de la red. Ellos asumen que el administrador de la LAN tendrá los conocimientos para satisfacer sus requerimientos [DHEY92].

Los usuarios de las computadoras de hoy están acostumbrados a tener un acceso ilimitado de los recursos computacionales; quieren saber, porqué no pueden enviar un correo electrónico a una oficina en los Estados Unidos, o porqué necesitan utilizar un disco flexible para intercambiar archivos, por qué se tardan mucho en establecer una conexión de una máquina a otra, siendo que físicamente están una al lado de la otra, o porqué es muy lento procesar la información en una máquina remota. La demanda de interconectar en una forma eficiente los recursos computacionales ha pasado de ser un lujo a ser una necesidad.

En la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (DEPTI-UNAM) existe una red de computadoras, en la cual se presentan problemas de desempeño, debido principalmente, a que no se segmenta gran cantidad del flujo de información, lo que origina que el backbone se sature y se tengan tiempos de respuesta muy grandes.

En este capítulo propondremos 2 modelos de arquitecturas que nos solucionarían dicho problema: el primero utilizando switches, el segundo utilizando una combinación de puentes y concentradores.

Dadas las nuevas tecnologías de conmutación y ruteo y aunado con la definición de LAN proporcionada por Lee A. Bertman que dice: una red de área local "es una red de comunicación capaz de proporcionar una facilidad de intercambio interno de voz, datos de computadoras, procesamiento de palabras, videoconferencia, telemetría, y otras formas de mensajes electrónicos" [LBER83], propondremos una arquitectura de red utilizando switches ATM para la DEPTI-UNAM, y por último estableceremos algunos de los parámetros de desempeño con los que podremos evaluar a una red.

## 12.1 DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DE UNA RED

Para integrar una red, primeramente se debe conocer a los elementos que la forman, así como las funciones que estos desempeñan. A continuación describiremos dichos elementos.

El **host** o sistema final, es una máquina de usuario, la cual contiene las siete capas del modelo de referencia OSI.

Un **repetidor**, solo envía bits de una red a otra, haciendo que las dos redes se vean lógicamente como una sola red. Las redes a menudo están divididas en dos o más segmentos, debido a las restricciones de la longitud máxima del cable, y los repetidores realizan la función de unir los segmentos de la red. Los repetidores son tontos (sin software), éstos solamente copian los bits sin entender qué es lo que están haciendo.

Un **punto**, puede ser utilizado para conectar dos redes a nivel de la capa de enlace de datos, se utiliza cuando las redes tienen diferentes capas de enlace de datos pero la misma capa de red. Una conexión entre una Ethernet y un token bus se haría normalmente con un punto. Las tramas que vienen de la Ethernet llegan al punto en formato Ethernet y son copiadas al token bus en formato token bus, o viceversa. Los puntos son inteligentes (con software), éstos pueden ser programados para copiar tramas selectivamente y hacer los cambios necesarios mientras realizan las copias.

Un **ruteador** es necesario cuando las dos redes utilizan la misma capa de transporte, pero tienen diferentes capas de red. Una conexión entre un token bus y una red pública X.25 necesitaría un ruteador para convertir las tramas token bus al formato requerido por la red X.25.

El **gateway** es utilizado para conectarse a una red que no utiliza el modelo OSI del todo. En muchos casos la conexión tendrá que ser realizada en la capa de aplicación.

Un **multiplexor** es un dispositivo que acepta la entrada de varias líneas en una secuencia predeterminada y saca los datos en una sola línea de salida en la misma secuencia. Puesto que cada una de las ranuras de tiempo de salida está dedicada a una línea de entrada específica, no hay necesidad de transmitir los números de las líneas de entrada. La línea de salida debe ser de la misma capacidad que la suma de las capacidades de las líneas de entrada [ATAN88].

El **concentrador** es un dispositivo que sirve como centro de una red con topología tipo estrella. También el término concentrador se refiere a un dispositivo que contiene múltiples módulos de equipos de redes [CIS92].

Un **switch** es un dispositivo que filtra y distribuye paquetes basado en la dirección destino de los mismos. El switch aprende la dirección asociada con cada uno de sus puertos, y construye tablas basadas en ésta información para tomar las decisiones de conmutación. Es decir determina qué paquetes tienen permitido pasar entre diferentes usuarios en diferentes puertos.

Un switch ATM mueve físicamente el tráfico de puertos de entrada a puertos de salida, a lo que se le conoce como conmutación en el espacio.

La operación de un switch ATM es recibir las celdas en los puertos de entrada, leer el valor VCI/VPI, identificar el puerto de salida para el próximo nodo que recibirá el tráfico, examinar la tabla de ruteo para localizar el puerto de salida, cambiar los valores en el cabezado y enviarla.

## **12.2 POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA REESTRUCTURACION DE LA RED DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA DE LA DEPTI UTILIZANDO EQUIPO TRADICIONAL**

En la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM se cuenta con una red de computadoras a la cual están conectados todos los departamentos localizados en los edificios A, B y la Biblioteca conjunta. En la figura 12.1 se muestra un esquema general de los nodos conectados al backbone, mostrando únicamente el concentrador, el puente, el repetidor y el equipo (Estaciones de trabajo y PC's, solamente) con que cuenta el departamento de eléctrica, el cual es el siguiente:

Como se muestra en la figura 12.1; las máquinas que forman la red del departamento de eléctrica se encuentran dispersas en tres segmentos<sup>1</sup>. En el primero y segundo segmentos (S1 y S2), que parten de un repetidor, las PC's están conectadas a la red por medio de un conector T para cable coaxial y las estaciones de trabajo por medio de un transceiver para adaptar el medio físico de coaxial a par trenzado.

Al tercer segmento (concentrador) se encuentran conectadas 4 estaciones de trabajo y un servidor, los cuales pertenecen al departamento de eléctrica, además de las conexiones del departamento de informática.

La red del departamento de eléctrica trabaja bajo una arquitectura cliente servidor, funcionando como servidores las máquinas llamadas verona y pacific, y el resto como clientes.

Como se puede ver, la configuración actual de la red no fue planeada, por lo que su crecimiento se dió en forma desordenada. Esto ocasionó que el desempeño de la red, no solo del departamento de eléctrica sino de toda la DEPTI, se viera disminuido. Por ejemplo, cuando al servidor verona envía un mensaje a la computadora atlantic (entiéndese por mensaje cualquier tipo de paquete) lo manda a través del backbone para que lo tome atlantic, sin embargo este mensaje también llega a todas las computadoras del concentrador y, por estar conectados entre sí el concentrador y el repetidor, el paquete llega también a todas las computadoras conectadas al repetidor. Esto resulta en un mayor tráfico de datos, pérdidas de tiempo y desperdicio de recursos.

---

<sup>1</sup> Segmento: Punto de unión física al backbone de la red.

ARQUITECTURA DEL EQUIPO DE COMPUTO  
DEPFI - UNAM

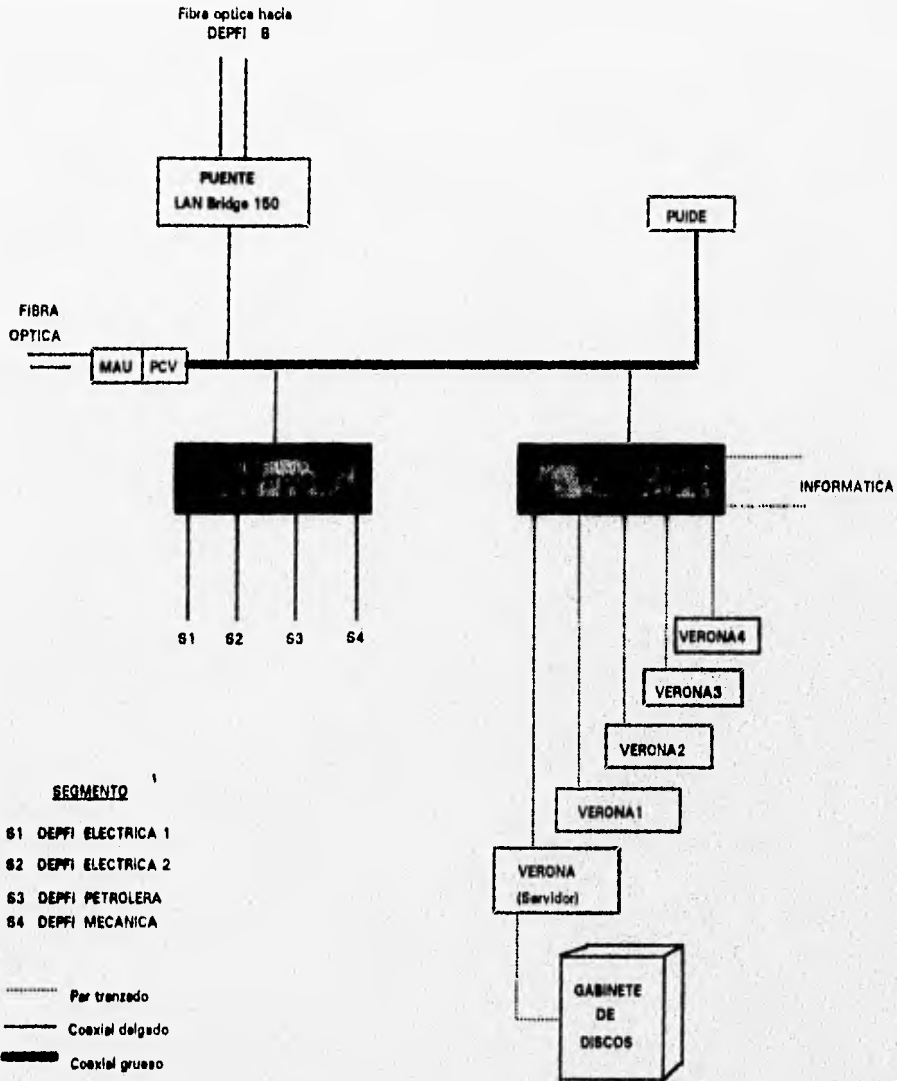


Figure 12.1 Arquitectura actual de la red en la DEPFI-UNAM

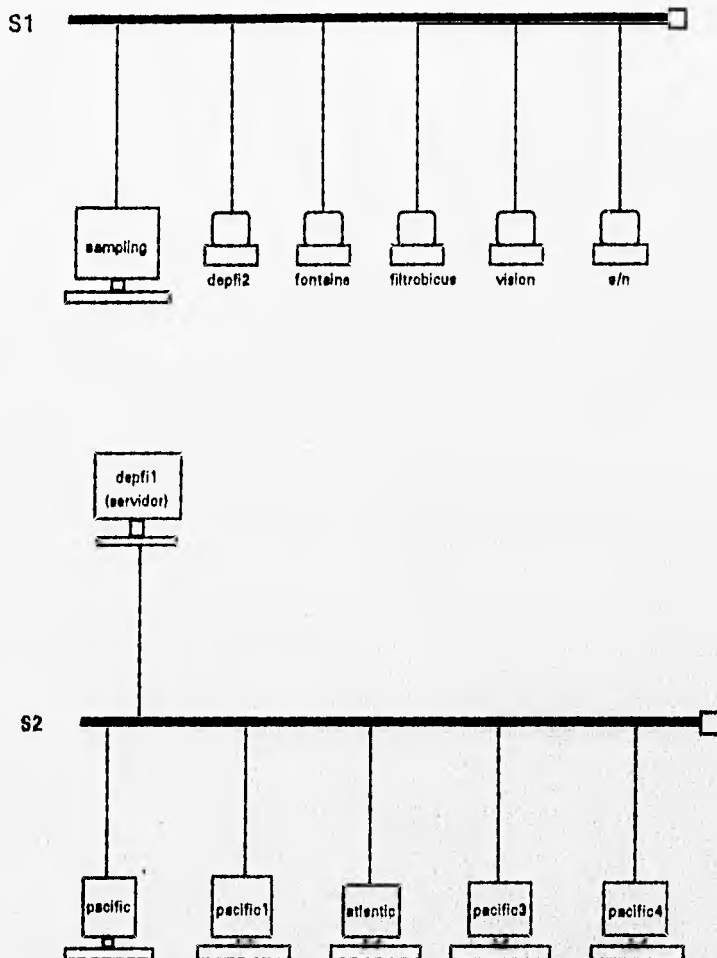


Figura 12.1 Arquitectura actual de la red en la DEPM-UNAM. (continuación)

Para evitar esto existen dos opciones: la primera (y más cara) es comprar un switch y la segunda es comprar una tarjeta puente que se colocaría en un concentrador, en ambos casos el equipo sería de uso exclusivo para el departamento de eléctrica.

Para la primer solución que se muestra en la figura 12.2, el switch uniría a todas las máquinas con el backbone y controlaría el flujo entre estas máquinas y el resto de la DEPM.

Con los switches que actualmente existen en el mercado se tiene la posibilidad de trabajar con servidores a 100 Mbps y sus clientes a 10 Mbps.

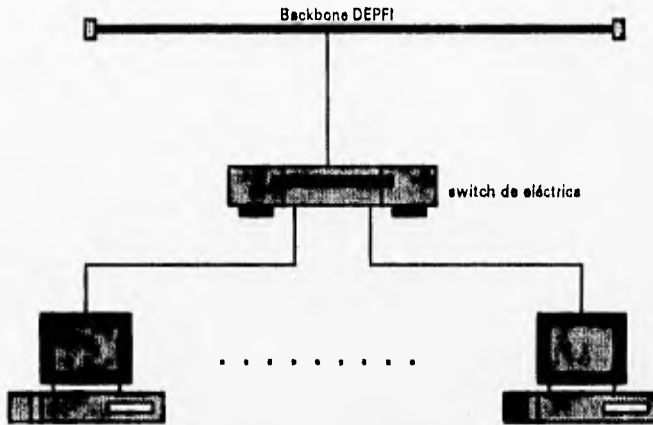


Figura 12.2 Esquema de la red utilizando un switch

La otra opción para aislar el tráfico entre la red del departamento de eléctrica y el resto de la DEPTI es hacer uso de un concentrador unido a una tarjeta inteligente de puente. El puente realiza la misma labor de control de flujo que el switch, sin embargo solo aísla dos segmentos a la vez y es más lento, pero está diseñado para decrementar los costos en aquellas redes que no requieren de una administración sofisticada de flujo de datos. Como se puede ver en la figura 12.3 el puente monitorea el tráfico en ambos segmentos de la red que conecta, permitiendo pasar sólo aquellos paquetes cuyo destino esté en el otro lado, por lo que aísla el tráfico "local" del departamento de eléctrica.

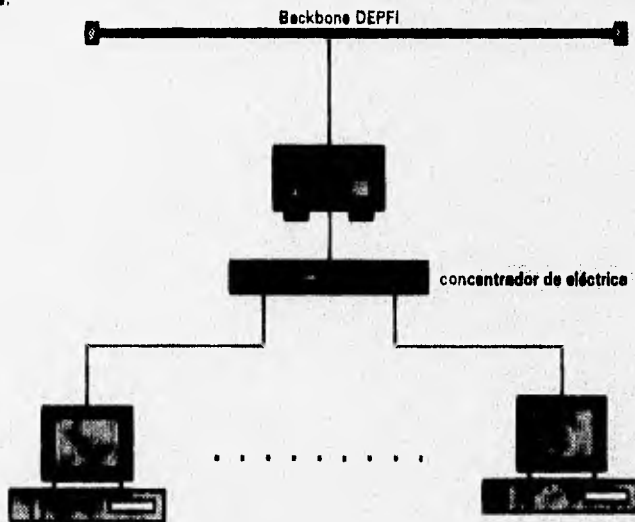


Fig 12.3 Esquema de la red utilizando un concentrador y un puente.

Cualquiera de éstas dos opciones puede aplicarse en cada uno de los departamentos de la DEPEFI agregando un switch principal, el cual uniría a los switches o puentes-Hub que se colocarían en cada departamento con el fin de controlar el flujo entre ellos; con lo que se formarían grupos de trabajo (uno por departamento), ver figura 12.4.

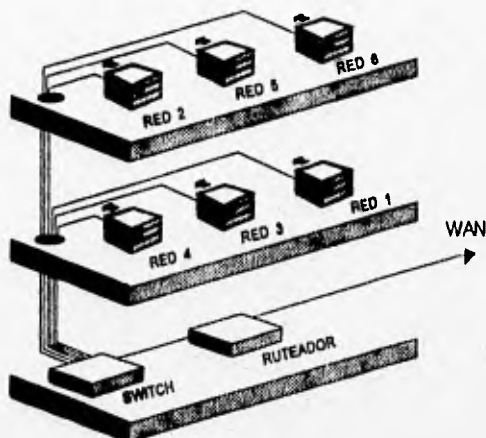


Figura 12.4 Sugerencia para la reestructuración de la red de la DEPEFI

### 12.3 ALTERNATIVA ATM PARA LA REESTRUCTURACION DE LA RED DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA DE LA DEPEFI

En la actualidad en el departamento de eléctrica se llevan a cabo actividades de Investigación y desarrollo en las que la red de área local con que se cuenta resulta de vital importancia, sin embargo se ha llegado al punto en el cual los servicios que ofrece esta red, que fue integrada con tecnología Ethernet se ven superados por las necesidades de los usuarios, que para llevar a cabo sus actividades necesitan hacer uso de diversas aplicaciones que generan tráfico de todo tipo.

Es por esto que la integración de una red LAN/ATM en este departamento sería ideal, ya que mejoraría de manera importante la calidad de los servicios de red que se brindan actualmente, además de dar la oportunidad de manejar nuevas aplicaciones y herramientas que en la actualidad es prácticamente imposible utilizar debido a la baja velocidad de la red y el congestionamiento que presenta.

Como se mencionó en los capítulos 10 y 11 el foro ATM ha definido la forma para que las tecnologías LAN y ATM trabajen de manera conjunta en lo que se conoce como una emulación LAN/ATM.



De acuerdo con la especificación del Foro ATM para la emulación LAN, "El principal objetivo de un servicio de emulación LAN es permitir acceder a las aplicaciones existentes a una red ATM a través de protocolos como el APPN, el NetBIOS, el IPX, etc., como si estuvieran corriendo sobre LAN's tradicionales" [BKLE95].

El servicio de emulación LAN permite a las aplicaciones que corren sobre los protocolos LAN tradicionales disfrutar de las altas velocidades que brinda ATM, sin tener que sufrir ninguna modificación. De esta forma una LAN tradicional puede utilizar este servicio tanto para comunicarse con otras LAN como para comunicarse con otros elementos de red conectados directamente con ATM.

### 12.3.1 EMULACION LAN DESDE UN PUNTO DE VISTA CONCEPTUAL

Debido a que ATM utiliza un servicio de transporte de conexión orientada, el servicio de emulación LAN provee de una capa de translación entre los protocolos de las capas altas que utilizan servicios de transporte sin conexión y los protocolos ATM de las capas bajas que manejan servicios de transporte de conexión orientada.

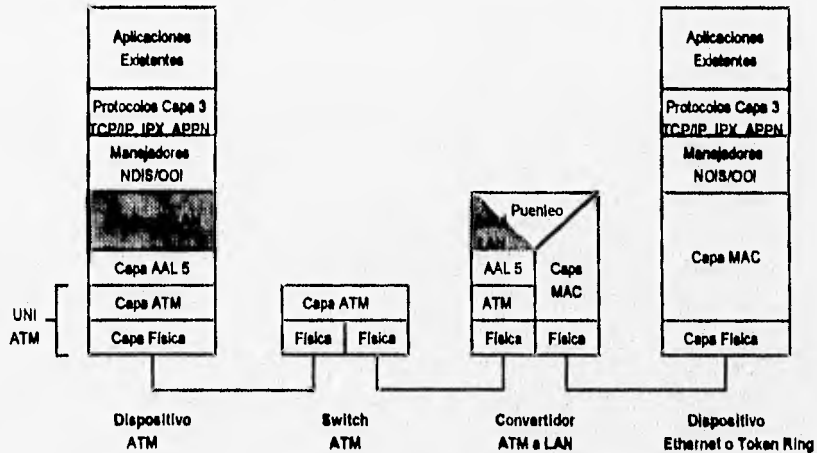


Figura 12.5 Emulación LAN

En la Figura 12.5 se muestra las diferencias en las capas de los protocolos de un dispositivo B-ISDN/ATM y un dispositivo Ethernet o Token Ring, así como la manera en la que se realiza la conversión de protocolos [BKLE95].

Como sabemos ATM puede acarrearse diversos tipos de tráfico y manejar diversos protocolos de adaptación simultáneamente por medio de la capa AAL. Para llevar a cabo el servicio de emulación LAN se utiliza el AAL tipo 5, y la capa de emulación LAN se sitúa justamente arriba del AAL 5.

En el convertidor ATM a LAN (dispositivo frontera), el servicio de emulación LAN resuelve los problemas de conversión de protocolos a través del puenteo de direcciones LAN y ATM en la capa de control de acceso al medio (MAC).

La emulación LAN es completamente independiente de los protocolos, servicios y aplicaciones de las capas altas porque ocurre en los dispositivos frontera y en los sistemas finales, por lo es enteramente transparente tanto para la red ATM como para los dispositivos Token ring y Ethernet.

La emulación LAN enmascara el establecimiento de las conexiones y obtiene las funciones requeridas por el switch ATM de los protocolos de las capas altas. Inversamente mapea las direcciones MAC en las conexiones virtuales ATM. De esta forma una red ATM parece funcionar como una LAN.

### 12.3.2 EMULACION LAN EN EL DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

Como se mencionó anteriormente, el departamento de eléctrica de la DEPTI cuenta con una red LAN de estaciones de trabajo y pc's, los servidores de esta red son las máquinas conocidas como verona y pacific, siendo las demás máquinas clientes.

Tomando en cuenta que la reestructuración de la red se debe llevar a cabo haciendo el menor número posible de cambios y aprovechando el equipo con que se cuenta, la mejor opción para poder introducir la tecnología ATM y mejorar así su desempeño es una emulación LAN.

En la figura 12.6 se muestra cómo la emulación LAN puede trabajar con la LAN existente en el departamento.

Como se puede ver la emulación LAN trabaja con el ambiente Ethernet existente en el departamento, dándole acceso a los servidores con interfases nativas (máquinas a las que se les colocaría tarjetas ATM: verona y depfi1), a través de un switch LAN/ATM.

Esto es, la emulación LAN hace parecer a ATM como una LAN clásica y las técnicas estándar de puenteo permiten al switch LAN/ATM proveer de conectividad independiente del protocolo entre los elementos de la red.

Bajo este esquema el desempeño de los clientes se ve mejorado considerablemente debido a que la alta velocidad de la interfaz ATM incrementa la capacidad de entrada/salida de datos en los servidores y todo esto sin tener que realizar ningún cambio en los clientes, por otro lado también se ven beneficiados por el ancho de banda dedicado, que resulta de la implementación de una LAN conmutada como lo es la propuesta.

El switch propuesto deberá tener por lo menos 2 puertos ATM y 10 puertos Ethernet para conectar los dos servidores que se tienen así como las máquinas clientes. En este caso el requerimiento más importante del switch es que tenga los dos puertos ATM, ya que las conexiones Ethernet se podrían expandir a través de concentradores.

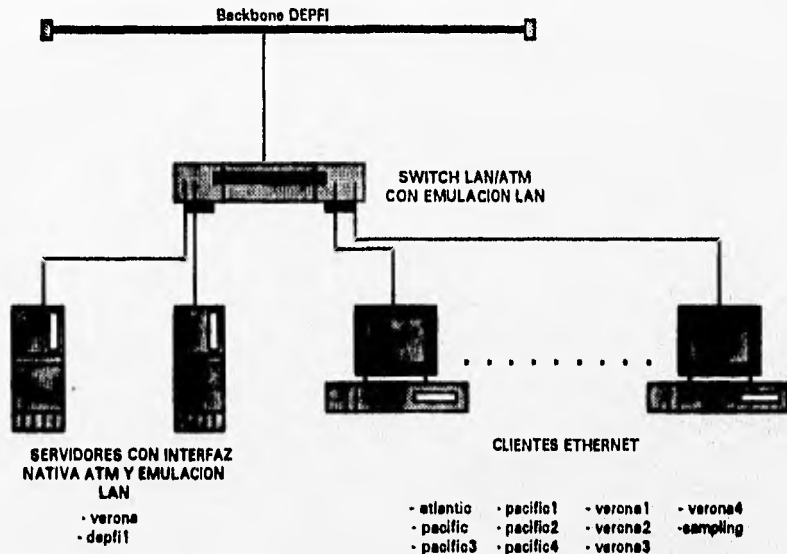


Figura 12.6 Propuesta ATM con emulación LAN para el Departamento de Eléctrica

Hay que tomar en cuenta que el desempeño de la red se mejora considerablemente pero de manera interna, es decir, solo en la red del departamento de eléctrica ya que al momento de intentar salir a través del backbone tendremos el problema de un limitado ancho de banda, lo que crea un cuello de botella que evita tener la misma calidad de servicios que se tienen dentro.

Considerando lo anterior y aunque en este trabajo nuestra intención es proponer únicamente la reestructuración de la red local del departamento de eléctrica, pensamos que una solución para eliminar el cuello de botella que se presenta en el backbone de la red de la DEPTFI, sería la sustitución del backbone actual por uno basado en tecnología ATM, además de formar grupos de trabajo como se mencionó anteriormente. El esquema que se sugiere es el que se muestra en la figura 12.7.

Lo que se sugiere en el esquema anterior es utilizar como backbone un switch ATM/Ethernet de gran capacidad conectado al ruteador IIMAS por medio de fibra óptica.

Las características de este switch dependerán de los switches que se decida utilizar en cada departamento.

Si los departamentos deciden utilizar switches ATM/Ethernet, se requerirá que el switch-backbone cuente con 5 puertos ATM y dos ethernet como mínimo.

Si los departamento deciden utilizar switches puramente Ethernet bastará con un solo puerto ATM (para conectar el switch del departamento de eléctrica) y como mínimo 6 puertos Ethernet.

Con cualquiera de las dos formas sugeridas se obtiene una segmentación del flujo de la información, la ventaja de utilizar switches ATM/Ethernet consiste en mejorar el desempeño de la red, así como facilitar una posible migración a una red puramente ATM, pero cualquiera de las dos implementaciones solucionan el problema del cuello de botella.

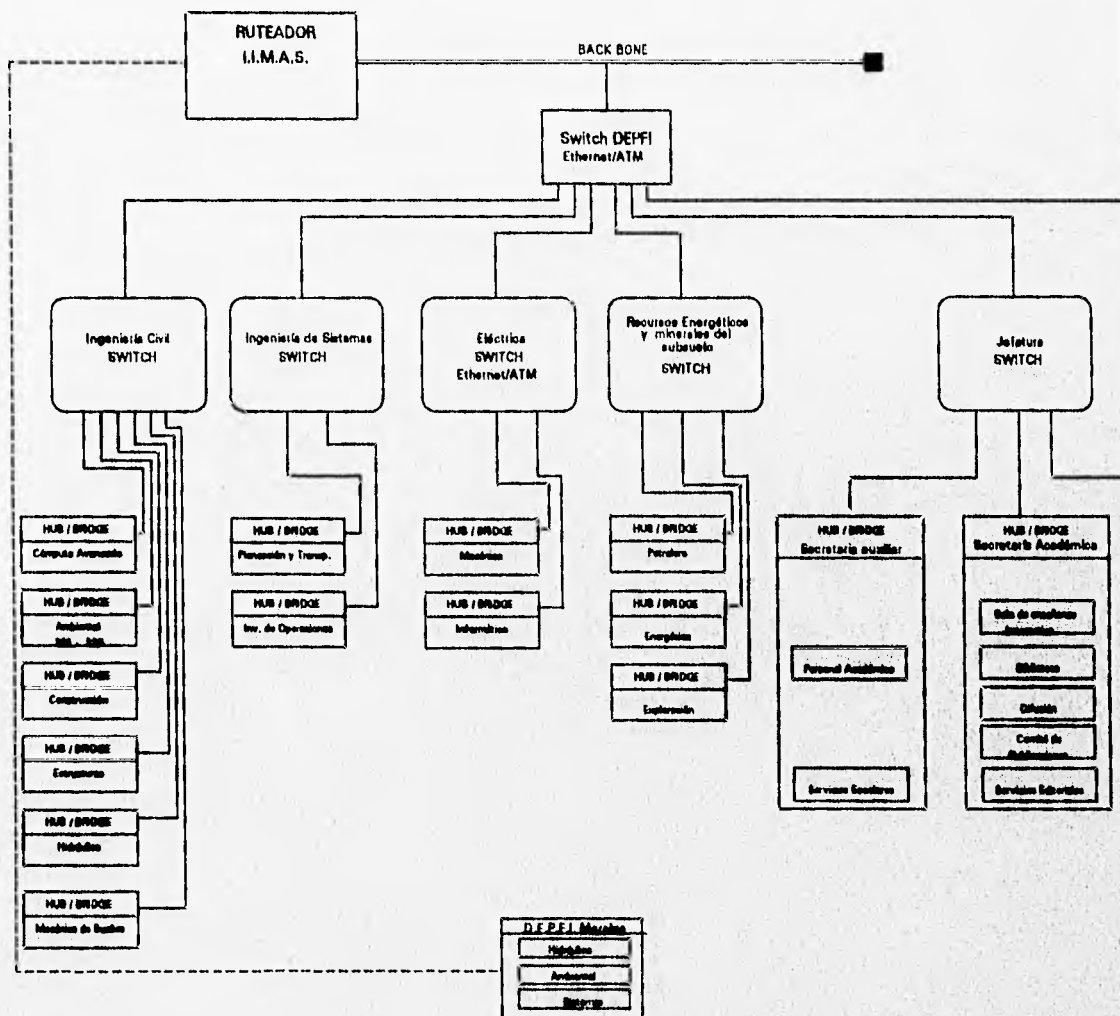


Figura 12.7 Sugerencia para la implementación de un backbone ATM

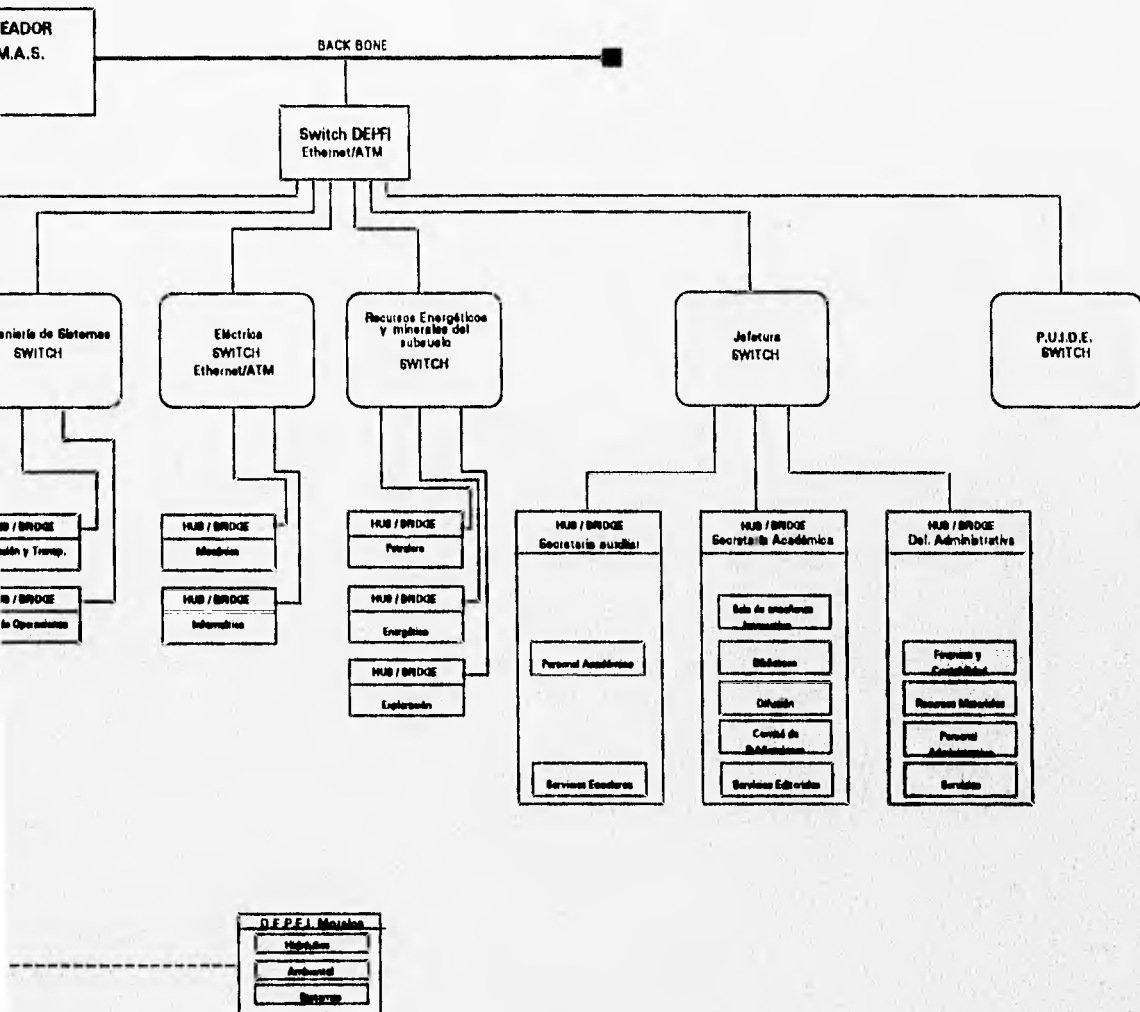


Figura 12.7 Sugerencia para la implementación de un backbone ATM

## 12.4 PARAMETROS DE EVALUACION

En los siguientes párrafos trataremos de definir las características actuales de la red del Departamento de Eléctrica y como se modificarían estas al integrar la red LAN-ATM propuesta.

Es difícil definir que características son las que determinarán el uso de una arquitectura o de otra, sin embargo en la tabla 12.1 se propone un resumen de algunas de ellas [UBLA95], [DSTA94].

	ETHERNET	ATM
Velocidad:	10 Mbps	155 Mbps
Medio:	Par trenzado, Cable coaxial o Fibra Óptica	Par trenzado, Fibra Óptica, DS1, DS3 o SONET.
Distancia Máxima (Km):	1.0	125.0
Seguridad:	Media	Alta
Costo:	Medio	Alto
Retraso promedio ( $\mu$ s/Km)	4.2	4
Topología:	Bus	Adaptable

Tabla 12.1 Parametros de evaluación de Ethernet y ATM

Una red con topología bus que utiliza Ethernet maneja velocidades de 1, 2.5, 5 y 10 Mbps y utilizan como medio par trenzado, cable coaxial o fibra óptica, sin embargo la restricción en la velocidad está dada por el estándar y no por el medio. Por otro lado tenemos que ATM tiene un rango de velocidades que va desde 1.544 Mbps hasta 155 Mbps, dependiendo del medio que se utilice.

La distancia que existe entre elementos de la red, principalmente se encuentra limitada por el medio físico.

En Ethernet la seguridad se encuentra afectada en la subcapa de control de acceso al medio debido a que el método de acceso CSMA/CD no garantiza la ausencia de colisiones. Como se explicó en el capítulo 9, en ATM la cantidad de celdas perdidas es mínima debido a la manera en que los switches trabajan. Es por esto que en la red propuesta el nivel de colisiones dependerá únicamente de Ethernet.

En lo que respecta al costo se puede generalizar que el equipo ATM es en promedio tres veces más costoso que un equipo Ethernet; sin embargo hay que considerar que ATM es una tecnología relativamente nueva y por tanto los precios aún son elevados, entonces es de esperar que en un período relativamente corto bajen considerablemente.

Al introducir un switch con tecnología ATM se incrementa enormemente la velocidad en la red, y como en nuestra propuesta las distancias son cortas, el problema del retraso sería mucho menor en comparación con el actual.

Al utilizar Ethernet estaremos hablando siempre de una topología bus, en cambio ATM puede adaptarse a las topologías LAN clásicas como bus, anillo o estrella. Por lo tanto, al introducir tecnología ATM se tiene la ventaja de en un futuro poder modificar la topología de la red sin tener que hacer grandes cambios.

Además de los parámetros de desempeño descritos en la tabla 12.1 se cuenta con un conjunto de especificaciones de hardware y software que son los que permitirán elegir el equipo adecuado.

La sugerencia de aumentar las capacidades de la red actual añadiendo equipo ATM se fundamenta en varias razones: una de ellas es tomar en cuenta la naturaleza de la información que transporta la red, como es el audio, imágenes y datos. Además se proyecta en un futuro cercano integrar el video a los servicios existentes.

En esta propuesta se pretenden aprovechar las características de la infraestructura existente, reduciendo los costos que generalmente ocasiona la migración de una tecnología a otra. Al referirnos a infraestructura estamos considerando el cableado, el equipo de cómputo y la arquitectura Ethernet existente. Es así que al realizar esta propuesta de integración se espera mejorar el desempeño de la red utilizando tecnología de vanguardia que facilite su conexión e integración con las nuevas tecnologías así como su posterior evolución y crecimiento.

Al analizar los esquemas propuestos en este capítulo se puede ver que los problemas de congestión y velocidad de la red del departamento se reducirían significativamente, por lo que los usuarios se verían beneficiados de manera directa al reducirse los tiempos de espera en la respuesta de la red, además de tener acceso a herramientas más sofisticadas que se podrían instalar aprovechando los recursos y la calidad de los servicios que una red con buen desempeño nos puede brindar.

En especial una red ATM con emulación LAN nos ofrece grandes ventajas como es el hecho de la facilidad con la que se puede llevar a cabo la migración hacia una red puramente ATM, así como su alto nivel de escalabilidad, que de acuerdo a la tendencia siempre evolutiva y creciente en este campo es una de las características que se debe tomar en cuenta en la propuesta de toda red. Teniendo en cuenta lo anterior consideramos que el llevar a cabo la integración de la propuesta LAN/ATM que se ha hecho en este capítulo deja a la red del departamento de eléctrica en las condiciones ideales para adaptarse fácilmente a una reestructuración de toda la red de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, reestructuración que a nuestro modo de ver sería un gran avance hacia la modernización de las tecnologías de redes que actualmente utiliza la Universidad.



# Capítulo 13

## CONCLUSIONES Y RESULTADOS

En este trabajo hemos presentado un estudio de los tipos de redes que en la actualidad se utilizan con mayor frecuencia: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Con este estudio nos dimos cuenta de sus posibilidades así como de sus limitaciones, llegando a la conclusión de que si bien en la época que fueron diseñadas (década de los 70's) cumplían ampliamente con sus objetivos, en la actualidad se han visto superadas por los requerimientos de servicios de procesamiento de la información y de los sistemas de comunicación existentes.

Teniendo las bases que nos dió el estudio de éstas tecnologías, pudimos iniciar el análisis de las redes ISDN, comprendiendo como es que ésta arquitectura integra los servicios existentes y las nuevas tecnologías en una sola red capaz de manejar la telefonía, la transferencia de datos y otros servicios.

Pudimos darnos cuenta también que con la evolución de ISDN hacia B-ISDN, ATM resulta ser la mejor opción para brindar los servicios de transferencia de información que una arquitectura de éste tipo requiere. Por lo que concluimos que éstas tecnologías más que estar separadas se complementan para formar una sola, conocida como red de banda ancha B-ISDN/ATM.

Consideramos que las redes de banda ancha B-ISDN/ATM, por sus características serán utilizadas con mayor frecuencia. Una de las pruebas más fehacientes de ello, es la gran cantidad de aplicaciones que requieren de los servicios que brinda una red como esta.

Entre las aplicaciones que consideramos tendrá un gran auge en México es la emulación LAN, por que nos ofrece la posibilidad de combinar las tecnologías LAN tradicionales y el ATM obteniendo un alto desempeño a un costo relativamente bajo, ya que no es necesario realizar grandes modificaciones a la infraestructura de las redes LAN existentes.

Con el surgimiento de aplicaciones que necesitan cada vez de mayores recursos y la necesidad de utilizarlas para llevar a cabo un trabajo más eficiente, en cualquier campo de la actividad humana, observamos que ante la diversidad, y la cantidad de información que se tendrá que manejar una emulación LAN cubriría estas necesidades de una manera adecuada.

Un ejemplo de lo que se menciona en el párrafo anterior es la propuesta que se hizo para reestructurar la red del departamento de eléctrica de la DEPE. Que aunque no se cumplió con el objetivo de llevarla a cabo totalmente, debido a las limitantes económicas, es una solución óptima a los problemas de desempeño, que se presentan en ésta red que son similares a los que surgirían en cualquier otro lugar que cuente con una LAN que presente problemas similares, por lo que concluimos que la propuesta hecha es aplicable a cualquier LAN en la que se quiera mejorar su desempeño.

Podemos puntualizar que el diseño e integración de redes B-ISDN/ATM no es una necesidad inmediata a nivel nacional, ya que todavía se encuentra en una etapa experimental y el país no cuenta con la infraestructura necesaria para soportarla. Pero esto no quiere decir que no se puede integrar a nivel local en instituciones educativas y de investigación, así como de instituciones privadas que tengan el interés de utilizar éste tipo de tecnologías, sino que por el contrario, sean este tipo de organizaciones las que primero comprueben su capacidad y puedan abrir el camino para una futura utilización a nivel nacional, tanto pública como privada, como se está haciendo en Estados Unidos y Europa en los que el desarrollo y aplicación del B-ISDN/ATM se está dando de manera importante.

Por último deseamos mencionar que la investigación que realizamos nos ha dado los conocimientos y la experiencia para lograr un mayor y mejor desarrollo profesional, así como las bases para continuar con estudios más profundos en este tema, y estamos seguros que este texto servirá como base a futuros estudios en esta área fomentando el interés de las siguientes generaciones.

# APENDICE A

## CHEQUEO DE REDUNDANCIA CICLICA (CRC)

El CRC es un método para detección de error usado en la capa 2 en el protocolo X.25, en el nivel de enlace de señalización del SS7 y en LAPD [WSTA95].

Operación.

Dado un bloque de datos M (mensaje a transmitir) de k bits, el transmisor genera una secuencia F de n bits, conocida como secuencia de chequeo de frame (Frame Check Sequence, FCS) de modo que el frame resultante es de  $T = k + n$  bits, el cual es exactamente divisible entre un patrón de bits P predeterminado de longitud n+1. El receptor divide el frame que llega entre el número P y si no hay residuo se asume que no hubo error.

Existen tres métodos para realizar la operación del CRC:

- Aritmética de módulo 2
- Polinomios
- Registros de comientos y compuertas OR exclusivas

## ARITMETICA DE MODULO 2

La aritmética de módulo 2 significa realizar sumas binarias sin acarreo y el proceso que se sigue es el siguiente.

1 Obtener los datos de:

mensaje M

Patrón P

FCS R. ( que será calculado en el paso 3)

2 Multiplicar el mensaje por  $2^n$ .

$T = 2^n M + F_{bits}$

3 Como queremos que T sea exactamente divisible entre P suponemos que:

$$\frac{2^n M}{P} = Q + \frac{R}{P}$$

y el residuo R se suma a la caena  $2^n M$  para obtener T, el cual se envía

$$T = 2^n M + R$$

Ejemplo:

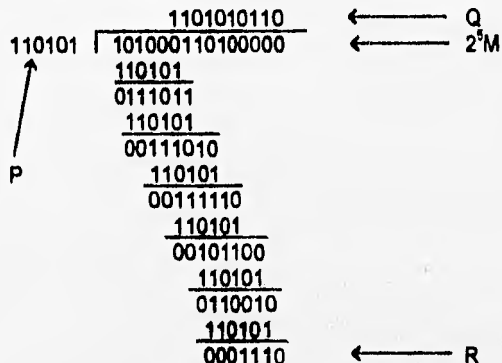
Dados

M = 1010001101 (k = 10 bits)  
 P = 110101 (n+1 = 6 bits)  
 FCSR = ? (n = 5 bits)

obtener el código T a transmitir.

1)  $2^n M = 2^5 M = 101000110100000$

2)



3) Por lo tanto:

$$T = 2^5 M + R$$

$$T = 101000110101110$$

## POLINOMIOS

El proceso que se sigue es el mismo que se utilizó con el de aritmética de módulo

2. En este caso se expresan todos los valores como polinomios en el dominio de la variable X con coeficientes binarios:

1.  $\frac{X^k M(X)}{P(X)} = Q(X) + \frac{R(X)}{P(X)}$
2.  $T(X) = X^k M(X) + R(X)$

## REGISTROS DE CORRIMIENTO Y COMPUERTAS OR EXCLUSIVAS

El circuito que realiza la función de CRC está implementado como sigue (WSTA95):

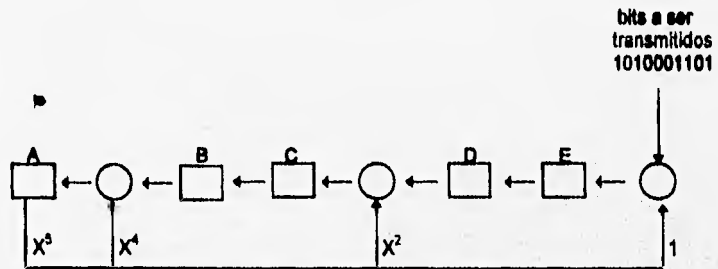
1. El registro contiene n bits, iguales a la longitud del FCS.
2. Hay cerca de n compuertas or-exclusivas.
3. La presencia o ausencia de una compuerta corresponde a la presencia o ausencia de un término divisor polinomial, P(X).

Por ejemplo, para un mensaje  $M = 1010001101$  y un divisor  $P = 110101$  se tienen los siguientes polinomios:

$$M(X) = X^8 + X^7 + X^3 + X^2 + 1$$

$$P(X) = X^5 + X^4 + X^2 + 1$$

El circuito que realiza el proceso CRC es:



Como el código  $T$  es de  $k + n$  bits, para este caso el circuito obtiene el resultado en  $T = 10 + 5 = 15$  pasos, los cuales representamos en la siguiente tabla.

	A	B	C	D	E	bit de salida	
contenido inicial	0	0	0	0	0		
paso 1	0	0	0	0	1	1	mensaje a ser enviado
paso 2	0	0	0	1	0	0	
paso 3	0	0	1	0	1	1	
paso 4	0	1	0	1	0	0	
paso 5	1	0	1	0	0	0	
paso 6	1	1	1	0	1	0	cinco 0's agregados
paso 7	0	1	1	1	0	1	
paso 8	1	1	1	0	1	1	
paso 9	0	1	1	1	1	0	
paso 10	1	1	1	1	1	1	
paso 11	0	1	0	1	1	0	
paso 12	1	0	1	1	0	0	
paso 13	1	1	0	0	1	0	
paso 14	0	0	1	1	1	0	
paso 15	0	1	1	1	0	0	

Residuo

# Bibliografía

- [ATAN88] Andrew S. Tanebaum  
Computer Networks  
Prentice Hall  
USA, 1988
- [ATM93] ATM Forum  
ATM user-network interface specification, Version 3.0  
Agosto 5, 1993
- [BKLE95] Bob Klessig  
Integrating ATM across the enterprise data network.  
3Com Technical Reprints  
USA, 1995.
- [BPAR95] Beverly Park Woolf, Wendy Hall  
Multimedia Pedagogues  
"Interactive Systems for Teaching and Learning"  
I.E.E.E., Mayo, 1995
- [CGUY93] Cambyse Guy Omidyar & Anne Aldridge  
Introduction to SDH/SONET  
IEEE Communications Magazine  
September 1993
- [CISL94] Carlos Islas P. & Baldomero Cárdena  
ATM: Conmutación Temporal Asíncrona  
Soluciones avanzadas  
Año 2, No. 10. Junio 1994.
- [CIS92] CISCO Systems  
Interconexión de redes: Términos y Acrónimos  
México, 1992.
- [DDEL94] Interactive Video on Demand  
Daniel Delodders, Willem Verblest y Henri Verhille  
IEEE Communications Magazine, Mayo 1994, pp 82 - 88.

- [DHEY92] **Drew Heywood**  
Enterprise Series. Conectivity: Local Area Network  
New Riders Publishing  
USA, 1992
- [DSTA94] **Local Area Networks**  
David A. Stamper  
The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc  
USA 1994.
- [EBJJS1] **Image Communication in Agriculture -Experiences from a Field Trial**  
Eva Bjerrum, John B. Simonsen  
Dinamarca.
- [ECKB92] **Eckberg, A. E.**  
B-ISDN/ATM traffic and congestion control  
I.E.E.E. network  
Septiembre, 1992
- [ENUS86] **Integrated Network Architectures - Alternatives and ISDN**  
Eric Nussbaum, Walter E. Noller  
IEEE Communications Magazine  
Marzo 1986 - Vol. 24, No. 3
- [FHAL92] **Fred Halsall**  
Data Communication, Computer Networks and Open Systems.  
Addison - Wesley  
U.S.A., 1992. Tercera Edición
- [GKES90] **ISDN Concept, Facilities and Services**  
Gary C. Kessler  
McGraw-Hill, Inc.  
1990.
- [HHEL91] **Integrated Services Digital Networks**  
Architectures / Protocols / Standards  
Hermann J. Helgert  
Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

- [HLIN95] Hong Linh, William Ellington Jr, Jean Yves Le Boudec,  
Andreas Meier and Wayne Pace.  
LAN Emulation on an ATM Network.  
IEEE Communications Magazine.  
Mayo 1995.
- [JGR192] John M. Griffiths  
ISDN Explained  
Worldwide Network and Applications Technology  
John Wiley & Sons  
England, 1992. 2ª Edición.
- [JHU190] Switching and Traffic Theory for Broadband Networks  
Joseph Y. Hul.  
Kluwer Academic Publishers, 3ª. edición.  
USA 1990.
- [JKOE94] Multimedia Systems  
John F. Koegel  
ACM Press, 1ª. edición  
USA 1994.
- [JMDO83] Fundamentals of Digital Switching  
John C. McDonald  
Plenum Press, New York,  
USA, 1983
- [LBER83] L. A. Bertman  
Exploring the Capabilities of Local Area Networks  
The office  
Mayo 1983, p 55
- [MGER84] Geris M.  
Controlling routes, Traffic rates  
and Buffer allocation in Packet Networks.  
IEEE Communications Magazine  
Noviembre 1984.



- [MMEJ94] Soluciones Avanzadas. Tecnologías de información y estrategias de negocios  
Introducción a ATM  
Dr. Marcelo Mejía Olvera  
Año 2, Número 10, pp 16-20  
Junio de 1994.
- [MSMO91] M. Smouts  
Packet Switching Evolution  
from Narrowband to Broadband-ISDN  
Artech - House  
U.S.A., 1991.
- [NMUL93] Nathan J. Muller  
Computerized Document Imaging Systems  
Artech - House  
U.S.A., 1993
- [RHAN93] Rainer Händel, Manfred N. Huber  
Integrated Broadband Networks  
An Introduction to ATM-Based Networks  
Addison-Wesley  
England, 1993
- [RKEN96] Architectures for Implementation  
Robert Kenedi, Cho Lun Wong  
IEEE Communications Magazine  
Marzo 1996 - Vol. 24, No. 3
- [RSIM95] Robert Simon, Donald Krieger, Taleb Znati, Raymond Lofink, Robert J. Scabasi.  
Multimedia MedNet  
"A Medical Collaboration and Consultation System"  
I.E.E.E., Mayo, 1995
- [RWIN93] Robert G. Winch  
Telecommunication Transmission Systems  
McGraw-Hill  
U.S.A., 1993.

- [TSWU92] **Tsong - Ho Wu**  
**Fiber Network Service Survivability**  
**Artech House, Inc.**  
**U.S.A., 1992.**
- [UBLA95] **Uyless Black**  
**ATM Foundation for Broadband Networks**  
**Prentice Hall**  
**U.S.A. 1995**
- [WSTA90] **William Stallings**  
**ISDN an Introduction**  
**Maxwell McMillan International Publications**  
**Singapore, 1990. Segunda Edición**
- [WSTA92] **William Stallings**  
**ISDN and Broadband ISDN**  
**Editorial MacMillan**  
**USA 1992. 2a Edición.**
- [WSTA95] **William Stallings**  
**ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM**  
**Prentice Hall, 3a. edición**  
**U.S.A. 1995**
- [YCHA93] **SONET Implementation**  
**does the status of SONET deployment meet the original**  
**expectations of the system's developers?**  
**Yau-Chau Ching and H. Sabit Say.**  
**IEEE Communications magazine**  
**September, 1993**
- [YHSI94] **An Open-System Approach to Video on Demand**  
**Yee-Hsiang Chang, David Coggins, Daniel Pitt, David Skellem, Manu**  
**Thapar y Chandra Venketraman.**  
**IEEE Communications Magazine, Mayo 1994, pp 68 - 80.**