

# **CAPÍTULO 11.**

## **RED ISDN**

### **ANTECEDENTES**

ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) se compone de los servicios de telefonía digital y transporte de datos que ofrecen las compañías regionales de larga distancia. El ISDN implica la digitalización de la red telefónica, que permite que voz, datos, texto, gráficas, música, video y otros materiales fuente se transmitan a través de los cables telefónicos. La evolución de ISDN representa un esfuerzo para estandarizar los servicios de suscriptor, interfase de usuario/red y posibilidades de red y de interredes. Dentro de las aplicaciones de ISDN están las imágenes a alta velocidad (como el facsímil del Grupo IV), las líneas telefónicas adicionales en las casas para dar servicio a la industria de ventas por teléfono, la transferencia de archivos a alta velocidad y la videoconferencia. El servicio de voz es también una aplicación de ISDN.

### **COMPONENTES ISDN**

Entre los componentes ISDN están las terminales, los TAs (Adaptadores de Terminal), los dispositivos de terminación de red, el equipo de terminación de línea y el equipo de terminación de central. Las terminales ISDN pueden ser de dos tipos. A las terminales ISDN especializadas se les conoce como TE1 (Equipo Terminal Tipo 1). A

las terminales que no son ISDN, como los DTE que salieron antes que los estándares de ISDN, se les conoce como TE2 (Equipo Terminal Tipo 2). Los TE1 se conectan a la red ISDN a través de un enlace digital de par trenzado de cuatro alambres. Los TE2 se conectan a la red ISDN a través de un TA. El TA de ISDN puede ser un dispositivo individual o una tarjeta dentro del TE2. Si el TE2 se implementa como un dispositivo individual, se conecta el TA vía una interfase estándar de la capa física. Algunos ejemplos son la EIA/TIA - 232 - C (originalmente llamada RS - 232 - C), la V.24 y la V.35.

El siguiente punto de conexión más allá de los dispositivos TE1 y TE2 en la red ISDN es el dispositivo NT1 (Terminador de Red Tipo 1) o el dispositivo NT2 (Terminador de Red Tipo 2). NT1 y NT2 son dispositivos de terminación de red que conectan el cableado de cuatro hilos del suscriptor con el ciclo local convencional de dos hilos. En Estados Unidos, el NT1 es un dispositivo del CPE (Equipo en las Instalaciones del Cliente). En la mayoría de los países, el NT1 es parte de la red que ofrece la compañía de larga distancia. El NT2 es un dispositivo más complicado que por lo general se encuentra en las PBXs (Centrales Privadas) digitales y que desempeña las funciones de los protocolos de las capas 2 y 3 y ofrece los servicios de concentración. Un dispositivo NT1/2 también puede ser un solo dispositivo que combina las funciones de un NT1 y un NT2.

La ISDN especifica una gran cantidad de puntos de referencia que definen las interfases lógicas que conectan los agrupamientos funcionales, como los TAs y los NT1. Los puntos de referencia de ISDN incluyen lo siguiente:

- R - El punto de referencia entre el equipo que nos es ISDN y un TA.
- S - El punto de referencia entre las terminales de usuario y el NT2.
- T - El punto de referencia entre los dispositivos NT1 y NT2.
- U - El punto de referencia entre los dispositivos NT1 y el equipo de terminación de línea en la red de larga distancia. El punto de interfase U

tiene significado solamente en Estados Unidos, donde la compañía de larga distancia no ofrece la función NT1.

La figura 11-1 muestra un ejemplo de configuración de ISDN y los tres dispositivos conectados a un switch ISDN en la central telefónica. Dos de estos dispositivos son compatibles con ISDN, de tal forma que pueden conectarse a dispositivos NT2 a través de un punto de referencia S. El tercer dispositivo (un teléfono no ISDN estándar), se conecta a través del punto de referencia a un TA. Cualquiera de estos dispositivos también se puede conectar a un dispositivo NT1/2, que puede reemplazar tanto al NT1 como al NT2. Además, aunque no se muestran en la figura, se conectan estaciones similares de usuario al extremo derecho del switch ISDN.

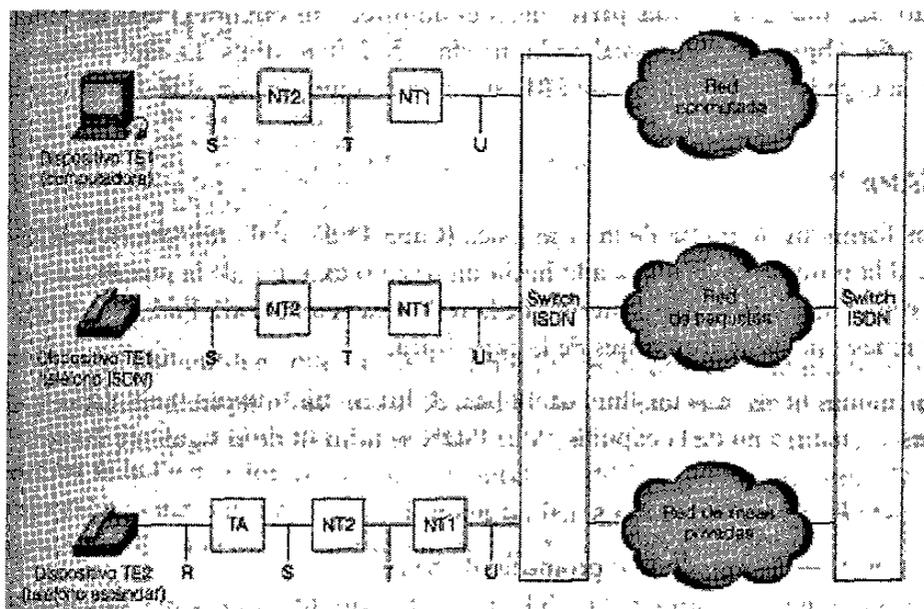


Figura 11-1

## SERVICIOS

El servicio BRI (Interfase a Tasa Básica) de ISDN presenta dos canales B y un canal D (2B + D). El servicio del canal B de BRI opera a 64 kbps y su función es transportar datos de usuario; el servicio del canal D de BRI opera a 16 kbps y su función es transportar información de control y de señalización, aunque puede soportar la

transmisión de datos de usuario en determinadas circunstancias. El protocolo de señalización del canal D comprende de la capa 1 a la Capa 3 del modelo de referencia OSI. La interfase BRI también ofrece el control de entramado, entre otras características, lo que permite que la tasa total sea de 192 kbps. La especificación de la capa física de BRI es la I.430 de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones) (anteriormente llamado CCITT [Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía]).

El servicio PRI (Interfase a Velocidad Primaria) de ISDN ofrece 23 canales B y un canal D en Estados Unidos y Japón, con una tasa total de 1.544 Mbps (el canal D de la interfase PRI opera a 64 Kbps). La interfase PRI de ISDN en Europa, Australia y otras partes del mundo ofrece 30 canales D más un canal D a 64 Kbps y una tasa total de la interfase de 2.048 Mbps. La especificación de la capa física de la interfase PRI está en la recomendación ITU-T I.431.

## CAPA 1

Los formatos de trama de la capa física (Capa 1) de ISDN difieren en función de si la trama está direccionada hacia un destino externo (de la terminal hacia la red) o hacia un destino interno (de la red hacia la terminal). En la figura 11-2 se muestra ambas interfaces de la capa física.

Las tramas tienen una longitud de 48 bits, de los cuales 36 representan datos. Los bits de una trama física de ISDN se utilizan de la siguiente manera:

- F- Proporcional a sincronización.
- L - Ajusta el valor promedio de bits.
- E - Asegura la resolución de la contención cuando varias terminales contienden por el uso del canal en un bus pasivo.
- A- Dispositivos activos.
- S- No asignado.
- B1, B2 y D- Manejan datos de usuario.

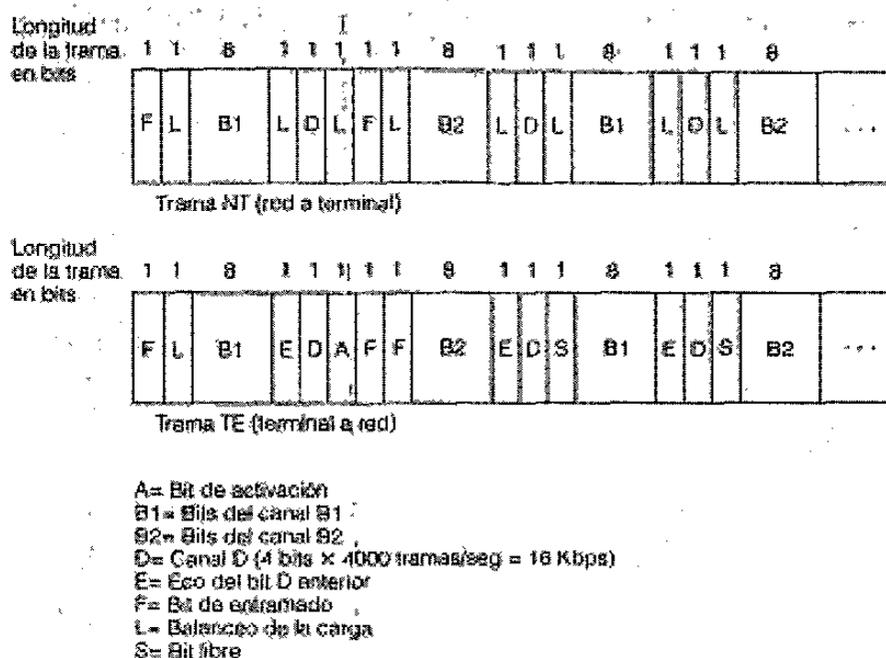


Figura 11-2

A un circuito se puede conectar físicamente varios dispositivos de usuario de ISDN. En esta configuración se pueden presentar colisiones si dos terminales transmiten simultáneamente; por lo tanto, ISDN incluye características para determinar la contención en el enlace. Cuando un NT recibe un bit D del TE, propaga hacia atrás el bit en la siguiente posición del bit E. El TE espera que el siguiente bit E sea el mismo que su último bit D transmitido.

Las terminales no pueden transmitir en el canal D a menos que detecten primero un número específico de unos (que indiquen "ninguna señal") que corresponda a una prioridad preestablecida. Si el TE detecta 1 bit en el canal de eco (E) que sea diferente de sus bits D, debe parar la transmisión inmediatamente. Esta simple técnica asegura que una sola terminal pueda transmitir a la vez su mensaje D en un instante de tiempo. Una vez que se ha transmitido con éxito el mensaje D, se reduce la prioridad de la terminal y se le solicita que detecte más unos consecutivos antes de transmitir. Las terminales no pueden indicar su prioridad hasta que todos los demás dispositivos en la misma línea

hayan tenido oportunidad de enviar un mensaje D. Las conexiones telefónicas tienen una prioridad mayor que todos los demás servicios y la información de señalización tiene una prioridad más alta que la información que no es de señalización.

## CAPA 2

La capa 2 del protocolo de señalización de ISDN es el procedimiento LAPD (Procedimiento de Acceso al Enlace, canal D). LAPD es parecido a HDLC (Control del Enlace de Datos de Alto Nivel) y a LAPB (Procedimiento de Acceso al Enlace, Balanceado). Como la extensión de las siglas LAPD lo indica, esta capa se utiliza a través del canal D para asegurar que la información de control y señalización fluya y sea recibida adecuadamente. El formato de trama de LAPD (vea figura 11-3) es muy parecido al de HDLC y, como HDLC, LAPD utiliza tramas de supervisión, de información y no numeradas. El protocolo LAPD se especifica formalmente en las recomendaciones Q.920 y Q.921 de la ITU-T.

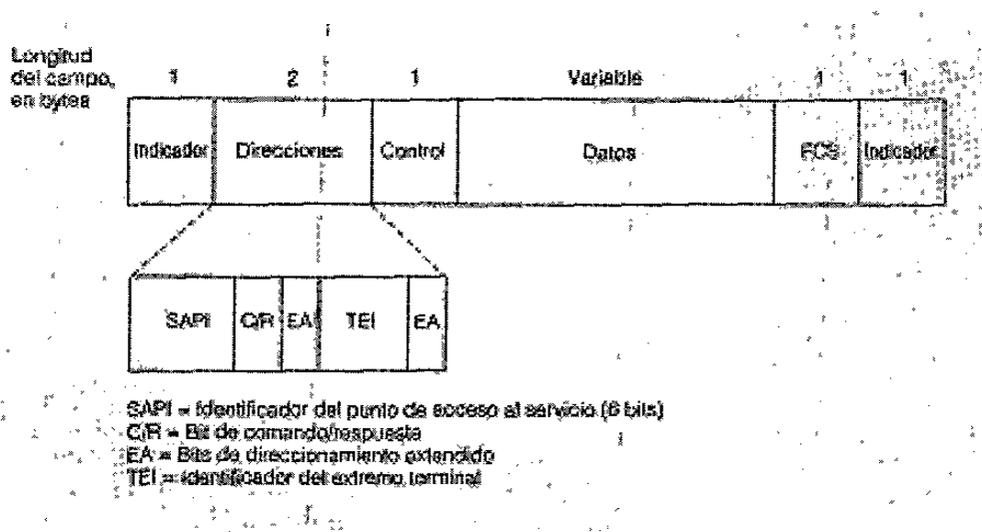


Figura 11-3

Los campos Indicador y Control de LAPD son idénticos a los de HDLC. El campo Direcciones de LAPD puede tener una longitud de 1 o 2 bytes. Si el bit de dirección extendida del primer byte se fija, la dirección es de 1 byte; si no se fija, la dirección es de 2 bytes. El primer byte del campo de dirección contiene el SAPI (Identificador del

Punto de Acceso al Servicio), que identifica el puerto en que los servicios de LAPD se ofrecen a la Capa 3. El bit C/R indica si la trama contiene un comando o una respuesta. El campo del TEI (Identificador del Extremo Terminal) identifica a una sola terminal o a terminales múltiples. Un campo TEI en todos los nodos indica un envío a todos los nodos de la red.

CAPA 3

Para la señalización en ISDN se utilizan dos especificaciones de la Capa 3: La I.450

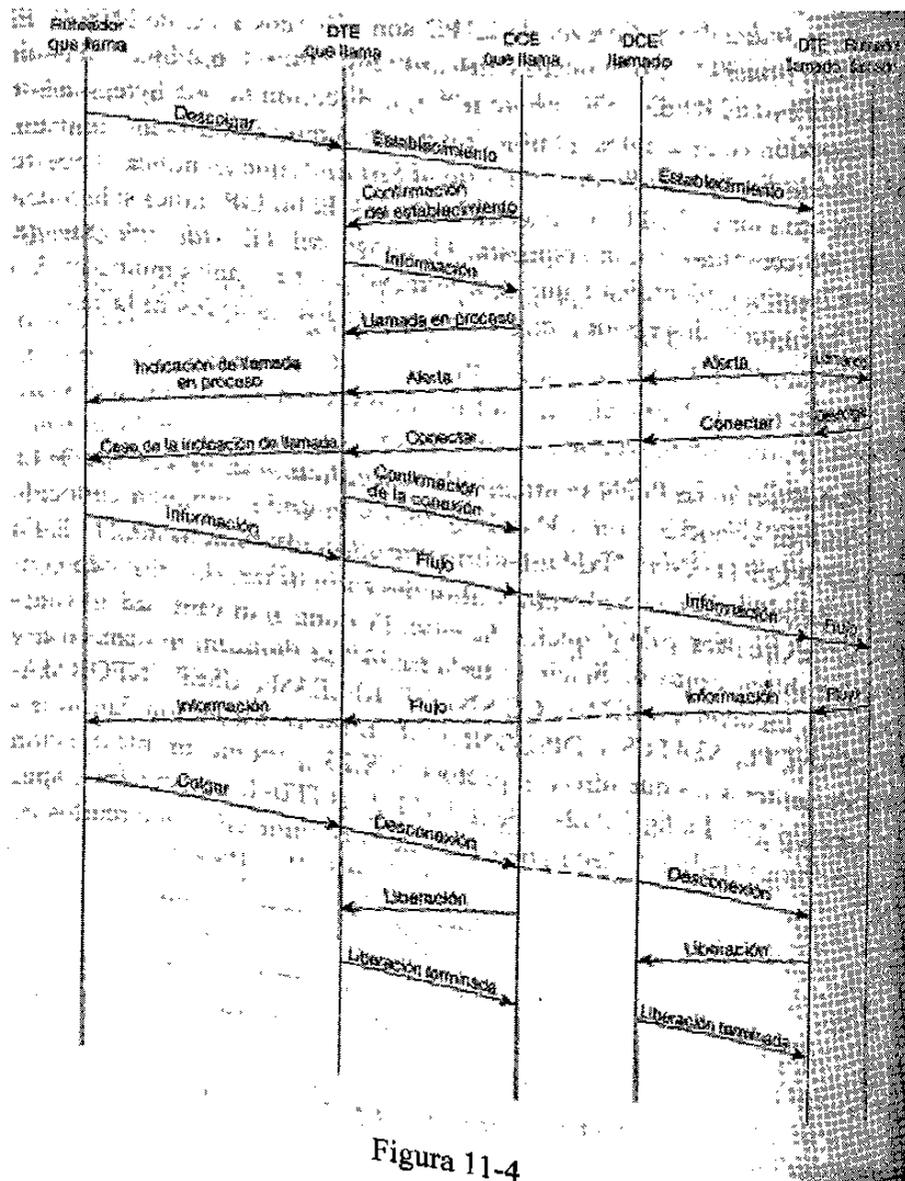


Figura 11-4

(también conocida como ITU-T Q.930) y la I.451 (también conocida como ITU-T Q.931) de la ITU (anteriormente conocida como la CCITT). En conjunto, estos protocolos soportan conexiones entre usuarios, utilizando conmutación de circuitos y de paquetes. Se especifica una gran cantidad de mensajes de establecimiento de llamada, terminación de llamada, información y misceláneos, incluyendo SETUP, CONNECT, RELEASE, USER INFORMATION, CANCEL, STATUS Y DISCONNECT. Estos mensajes son funcionalmente semejantes a los que ofrece el protocolo X.25 La figura 11-4, de la I.451 de la ITU-T, muestra las etapas típicas de una llamada realizada por medio de la conmutación de circuitos en ISDN.

# **CAPÍTULO 12.**

## **EL PROTOCOLO SDLC Y DERIVADOS**

### **ANTECEDENTES**

IBM desarrolló el protocolo SDLC (Control de Enlace de Datos Síncrono) a mediados de los años 70 para su uso en entornos SNA (Arquitectura de Redes de Sistemas). El SDLC fue el primer protocolo de la capa de enlace de datos que se basó en una operación síncrona orientada a bits.

Después de desarrollar el protocolo SDLC, IBM lo propuso a diferentes comités de estandarización. La ISO (Organización Internacional de Estándares) modificó el SDLC para crear el protocolo HDLC (Control de Enlace de Datos de Alto Nivel). El Sector de Estándares en Telecomunicaciones de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) (originalmente llamada CCITT) modificó después el protocolo HDLC para formar el LAP (Procedimiento de Acceso al Enlace), y después el LAPB (Procedimiento de Acceso al Enlace Balanceado). El IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica) modificó el protocolo HDLC para formar el IEEE 802.2. Cada uno de estos protocolos ha adquirido gran importancia en su propio dominio, pero

el SDLC continúa siendo el protocolo principal de la capa de enlaces de datos de SNA para los enlaces WAN.

## TIPOS Y TOPOLOGÍAS DE SDLC

El protocolo SDLC soporta una gran variedad de tipos de enlace y topologías. Puede utilizarse con enlaces punto a punto y enlaces multipunto, con medios de transmisión por cable o por el espacio libre, semidúplex o dúplex total y redes de conmutación de circuitos y de paquetes.

El protocolo SDLC identifica dos tipos de nodos de red: principal y secundario. Los nodos principales controlan la operación de otras estaciones llamadas secundarias. Los nodos principales sondean a los secundarios en un orden predeterminado y las estaciones secundarias, posteriormente, pueden transmitir si tienen datos para su envío. El nodo principal también se encarga de establecer y eliminar enlaces, y administrar el enlace mientras se encuentra en operación. Los nodos secundarios se controlan a través de los nodos principales, lo que significa que los secundarios solamente pueden mandar información a los principales, si estos últimos otorgan el permiso para hacerlo.

Los nodos principales y secundarios de SDLC pueden estar conectados en cuatro configuraciones básicas:

- Punto a punto – Involucra solamente dos nodos, el principal y uno secundario.
- Multipunto – Supone una estación principal y múltiples estaciones secundarias.
- Ciclo – Comprende una topología en ciclo, donde el nodo principal está conectado al primero y al último nodo secundario. Los nodos secundarios intermedios pasan los mensajes entre ellos a medida que responden a las solicitudes del nodo principal.

- Concentrador ve adelante – Implica un canal de ida y otro de regreso. El nodo principal utiliza el canal de regreso para comunicarse con los nodos secundarios. Los secundarios utilizan el canal de ida para comunicarse con el principal. El canal de ida está cableado de estación en estación hasta el principal a través de cada uno de los nodos secundarios.

## FORMATO DE LA TRAMA SDLC

El formato de la trama SDLC se muestra en la figura 12-1

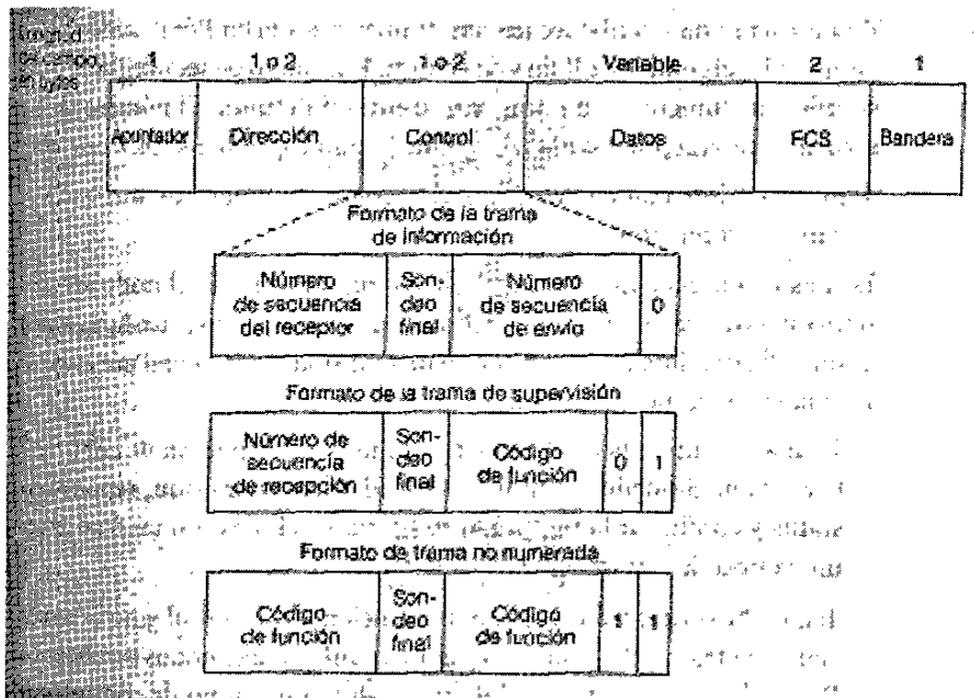


Figura 12-1

Las descripciones siguientes se refieren a los campos que se muestran en la figura 12-1.

- Apuntador – Comienza y finaliza la verificación de errores.
- Dirección – Contiene la dirección SDLC de la estación secundaria, que indica si la trama viene de una estación principal o de una secundaria. Esta dirección puede contener una dirección específica, un grupo de direcciones

o una dirección de difusión. Un nodo principal es una fuente de comunicación o un destino que elimina la necesidad de incluir la dirección del nodo principal.

- Control – Emplea tres diferentes formatos, en función del tipo de trama SDLC utilizada:

- Trama de información (I): Transporta la información de la capa superior e información de control.

Esta trama envía y recibe secuencias de números y el bit P/F (Sondeo Final) lleva a cabo el control de flujo y de errores. El número de secuencia de envío se refiere al número de la trama que se enviará después. El número de secuencia de recepción da el número de la trama que se recibirá después.

Tanto el emisor como el receptor conservan el número de secuencias de envío y recepción.

Una estación principal utiliza el bit P/F para informar al nodo secundario si requiere una respuesta inmediata. La estación secundaria utiliza el bit P/F para informar al nodo principal si la trama presente es la última en su respuesta actual.

- Trama de Supervisión (S): Proporciona la información de control. Una trama S puede solicitar y suspender la transmisión, reportar el status y confirmar la recepción de las tramas I. Las tramas S no tienen un campo de información.
- Trama No numerada (U): Soporta funciones de control y no es secuencial. Una trama U se puede utilizar para inicializar nodos secundarios. Dependiendo de la función de la trama U, su campo de control es de 1 o 2 bytes. Algunas tramas U tienen un campo de información.

- Datos – Contienen una PIU (Unidad de Información de Trayectoria) o una XID (Información de Identificación del Intercambio).
- FCS (Secuencia de Verificación de la trama) – Precede al delimitador de la bandera de final y, en general, es el residuo que resulta del cálculo de la CRC (Verificación de Redundancia Cíclica). El cálculo de la CRC se efectúa de nuevo en el receptor. Si el resultado difiere del valor contenido en la trama original, se da por hecho que ha habido un error.

En la figura 12-2 se muestra una configuración normal de red basada en SDLC. Como se ilustra, un controlador de establecimiento de IBM (originalmente llamado controlador de grupo) en un sitio remoto se conecta a terminales tontas y a una red Token Ring. En un sitio local, un anfitrión IBM se conecta (por medio de las técnicas de canal conectado) hacia un FEP (Procesador Frontal) de IBM, que también puede tener enlaces hacia las LANs Token Ring locales y a una troncal SNA. Los dos sitios se conectan por medio de líneas privadas a 56 Kbps basadas en SDLC.

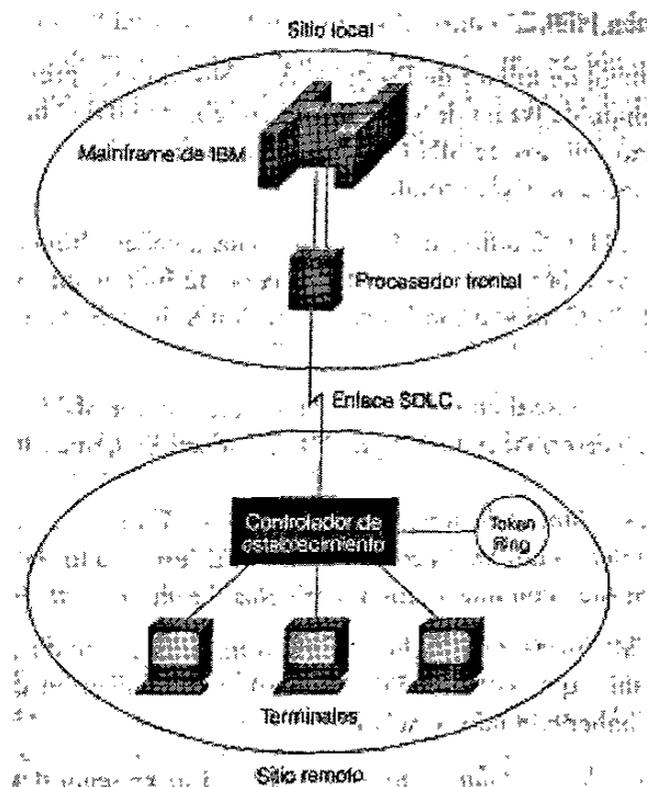


Figura 12-2

## PROTOSCOLOS DERIVADOS

A pesar de que LAP omite algunas características utilizadas en SDLC, en general se le considera como un superconjunto compatible de SDLC. LAP es un subconjunto de HDLC y se le creó para asegurar una compatibilidad dinámica con HDLC, que había sido modificado a principios de los años 80. El estándar IEEE 802.2 es una modificación de HDLC para los entornos LAN. El protocolo QLLC (Control de Enlace Lógico Calificado) es un protocolo de la capa de enlace de datos definido por IBM, que permite el transporte de los datos de SNA a través de las redes X.25.

## EL PROTOCOLO HDLC

HDLC (Control de Enlace de Datos de Alto Nivel) es un protocolo que comparte el formato de trama de SDLC, y los campos de HDLC brindan la misma funcionalidad que los de SDLC. Asimismo, como en SDLC, HDLC soporta operación síncrona dúplex total.

Sin embargo, HDLC difiere de SDLC en varios detalles. Primero, HDCL tiene una opción para la verificación de la suma de 32 bits. Asimismo, a diferencias de SDLC, HDLC no soporta las configuraciones de ciclo ni del concentrador ve adelante.

La diferencia principal entre HDLC y SDLC está en que SDLC sólo soporta un modo de transferencia, en tanto que HDLC soporta tres, que son los siguientes:

- NRM (Modo de Respuesta Normal) – Este modo de transferencia también lo utiliza el protocolo SDLC. En este modo, los secundarios no se pueden comunicar con un principal hasta que éste dé el permiso.
- ARM (Modo de Respuesta Asíncrona) – Este modo de transferencia permite que los secundarios inicien la comunicación con un principal sin haber recibido permiso.

- **ABM (Modo Balanceado Asíncrono)** – Éste presenta el nodo combinado, que puede actuar como un principal o un secundario en función de la situación. Toda la comunicación en ABM se presenta entre múltiples nodos combinados. En entornos ABM, cualquier estación combinada puede iniciar la transmisión de datos sin el permiso de ninguna otra estación.

## PROTOCOLO LAPB

LAPB (Procedimiento de Acceso al Enlace Balanceado) es un procedimiento mejor conocido por su presencia en la pila de protocolos de X.25. LAPB comparte el mismo formato de trama, tipos de trama y funciones de campo de SDLC y HDLC. A diferencia de cualquiera de éstos, sin embargo, LAPB sólo puede utilizar el modo de transferencia ABM y es adecuado solamente para estaciones combinadas. Asimismo, tanto el DTE (Equipo Terminal de Datos) como el DCE (Equipo de Comunicación de Datos) pueden establecer circuitos LAPB. La estación que inicia la llamada se define como la principal, en tanto que la estación que responde es la secundaria. Por último, el uso del bit P/F de LAPB es algo diferente al de otros protocolos.

## IEEE 802.2

Al IEEE 802.2, a veces también se le llama LLC (Control de Enlace Lógico). Es muy utilizado en entornos LAN, donde interopera con protocolos como el IEEE 802.3, IEEE 802.4 e IEEE 802.5. El estándar IEEE 802.2 brinda tres tipos de servicios:

El Tipo 1 ofrece servicio sin conexión ni confirmación, lo cual significa que el LLC Tipo 1 no confirma las transferencias de datos. Debido a que muchos de los protocolos de la capa superior, como el TCP/IP (Protocolo Internet/Protocolo de Control de Transmisión), ofrecen transferencias de datos confiable que puede compensar a los protocolos no confiables de la capa inferior, el Tipo 1 es un servicio ampliamente utilizado:

El Tipo 2 proporciona un servicio orientado a la conexión. El servicio LLC Tipo 2 (a menudo llamado LLC2) establece conexiones lógicas entre el emisor y el receptor y está, por lo tanto, orientado a la conexión. El protocolo LLC2 confirma los datos en cuanto los recibo y aparece en los sistemas de comunicación de IBM.

El Tipo 3 ofrece un servicio no orientado a la conexión con confirmación. Aunque el servicio LLC Tipo 3 soporta transferencia de datos con confirmación, no establece conexiones lógicas. Como término medio entre los otros dos servicios de LLC, el protocolo LLC Tipo 3 es útil en entornos de automatización de oficinas donde la detección de errores es importante, pero el espacio de almacenamiento (para circuitos virtuales) es extremadamente limitado.

Las estaciones terminales pueden soportar múltiples tipos de servicio de LLC. Un dispositivo Clase I soporta solamente servicio Tipo 1. Un dispositivo Clase II soporta servicio Tipo 1 y Tipo 2. Los dispositivos Clase III soportan servicio Tipo 1 y servicio Tipo 3, mientras que los dispositivos Clase IV soportan los tres tipos de servicio.

Los procesos de las capas superiores utilizan los servicios del IEEE 802.2 a través de los Puntos de Acceso al Servicio (los SAP). El encabezado del IEEE 802.2 comienza con un campo de DSAP (Punto de Acceso al servicio de Destino), que identifica los procesos de recepción de las capas superiores. En otras palabras, luego que la implantación del IEEE 802.2 del nodo receptor termina su procesamiento, el proceso de las capas superiores identificado en el campo DSAP recibe los datos restantes. Después de la dirección DSAP, está la dirección SSAP (Punto de Acceso al servicio Origen), que identifica el proceso de las capas superiores.

## PROTOCOLO QLLC

QLLC (Control de Enlace Lógico Calificado) proporciona las características de control de enlace de datos que se requieren para transportar datos SNA a través de las redes X.25. Juntos, el QLLC y el X.25 reemplazan el SDLC en la arquitectura de

protocolos SNA. El QLLC utiliza la capa del nivel de paquetes (Capa 3) de la arquitectura de protocolos X.25. Para indicar que un paquete X.25 de la Capa 3 debe ser manejado por QLLC, un bit especial llamado bit calificador, en el GFI (Identificador del Formato General) del encabezado a nivel paquete de la Capa 3 de X.25 se fija en uno. Los datos SNA se transportan como datos de usuario en los paquetes X.25 de la Capa 3.

# CAPÍTULO 13.

## X.25

### ANTECEDENTES

X.25 es un estándar de protocolo del sector Estándares de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) para las comunicaciones WAN, que define cómo se establecen y mantienen las conexiones entre los dispositivos de usuario y los dispositivos de la red. Está diseñado para operar eficientemente sin tomar en cuenta el tipo de sistemas conectados a la red. En general se utiliza en las PSN (Redes de Conmutación de Paquetes) de los proveedores de servicios comunes, como las compañías telefónicas. A los suscriptores se les cobra según el uso que hagan de la red. El desarrollo del estándar X.25 fue iniciado por los proveedores de servicios en los años 70. En ese entonces, había una necesidad de protocolos WAN que pudieran ofrecer conectividad a través de las redes públicas de datos (las PDNs). En la actualidad, la ITU-T administra el X.25 como un estándar internacional.

### LA OPERACIÓN DEL PROTOCOLO Y LOS DISPOSITIVOS DE X.25

Los dispositivos de la red X.25 se pueden clasificar en tres categorías generales: DTE (Equipo Terminal de Datos), DCE (Equipo de Comunicación de Datos) y PSE (Intercambio de Conmutación de Paquetes). Los dispositivos del equipo terminal de

datos son sistemas terminales que se comunican a través de la red X.25. Por lo general son terminales, computadoras personales o anfitriones de red y están ubicados en las instalaciones de los suscriptores individuales. Los dispositivos que forman el equipo de comunicación de datos son dispositivos especiales de comunicaciones, como los módems y los switches de paquetes. Éstos ofrecen la interfase entre los dispositivos DTE y un PSE y, en general, se localizan en las instalaciones de la compañía que ofrece el servicio de transporte. Los PSEs son switches que componen el grueso de la red de la compañía de transporte. Los PSEs transfieren datos de un dispositivo DTE a otro a través de la PSN de X.25. La figura 13-1 muestra la relación entre los tres tipos de dispositivos de la red X.25.

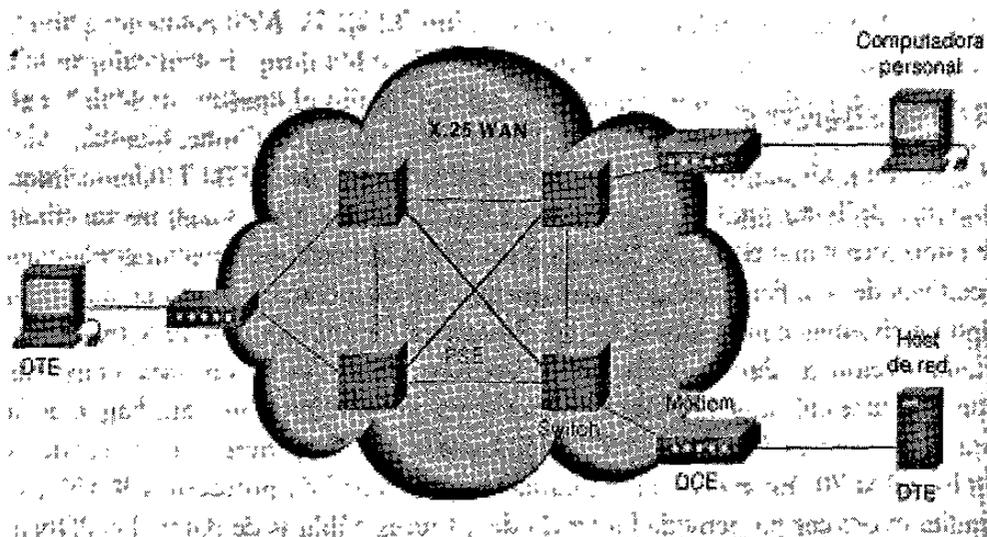


Figura 13-1

## ENSAMBLADOR / DESENSAMBLADOR DE PAQUETES

PAD (Ensamblador/Desensamblador de Paquetes) es un dispositivo que comúnmente se encuentra en las redes X.25. Los PADs se utilizan cuando en un dispositivo DTE, por ejemplo una terminal en modo carácter, es muy fácil implementar la funcionalidad total de X.25. El PAD se ubica entre un dispositivo DTE y un dispositivo DCE, y desempeña tres funciones principales: el almacenamiento, el ensamblado y el desensamblado de paquetes. PAD almacena datos enviados hacia o desde el dispositivo DTE. También

ensambla datos salientes en paquetes y los envía al dispositivo DCE. (Esto incluye la adición de un encabezado de X.25); por último, el PAD desensambla los paquetes entrantes antes de enviar los datos hacia el DTE. (Esto incluye eliminar el encabezado X.25). La figura 13-2 muestra la operación básica del PAD cuando se reciben de una WAN X.25.

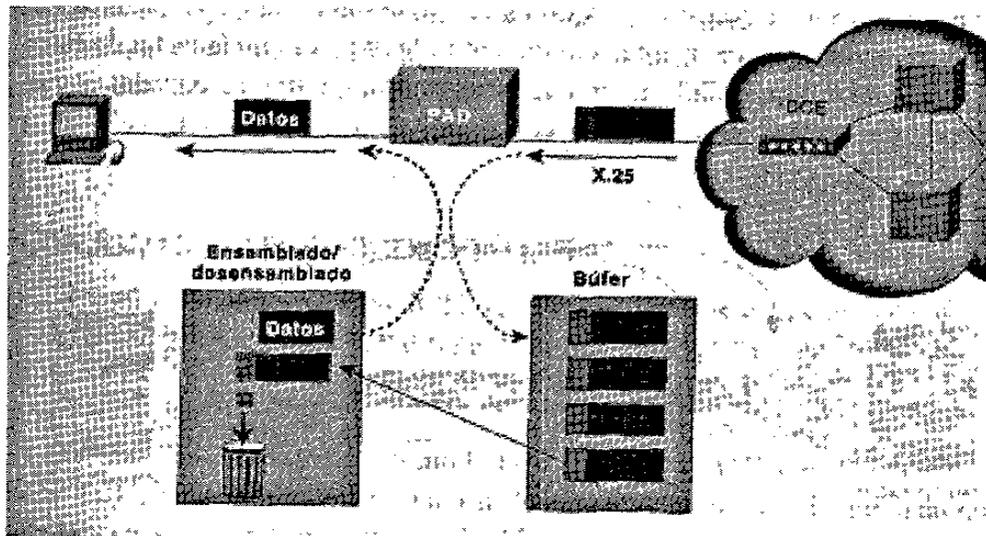


Figura 13-2

## ESTABLECIMIENTO DE SESIÓN EN X.25

Las sesiones de X.25 se establecen cuando un dispositivo DTE se pone en contacto con otro para solicitar una sesión de comunicación. El dispositivo DTE que recibe la solicitud puede aceptar o rechazar la conexión. Si la solicitud es aceptada, los dos sistemas comienzan la transferencia de información dúplex total. Cualquiera de los dispositivos DTE puede finalizar la conexión. Una vez terminada la sesión, es necesario establecer una nueva sesión para cualquier comunicación adicional.

## CIRCUITOS VIRTUALES X.25

Un circuito virtual es una conexión lógica creada para garantizar la comunicación confiable entre dos dispositivos de la red. Un circuito virtual denota la existencia de una

trayectoria lógica bidireccional de un dispositivo DTE a otro a través de una red X.25. Físicamente, la conexión puede pasar por cualquier número de nodos intermedios, como dispositivos DTE y centrales de conmutación de paquetes. Los circuitos virtuales múltiples (conexiones lógicas) pueden ser multiplexados en un solo circuito físico (conexión física). Los circuitos virtuales se demultiplexan en el extremo remoto y los datos se envían a los destinos adecuados. La figura 13-3 muestra cuatro circuitos virtuales separados que se están multiplexando en un solo circuito físico.



Figura 13-3

Hay dos tipos de circuitos virtuales X.25: conmutados y permanentes. Los SVCs (Circuitos Virtuales Conmutados) son conexiones temporales que se utilizan en las transferencias esporádicas de datos. Para que se establezcan es necesario que los dos dispositivos DTE establezcan, conserven y finalicen una sesión cada vez que los equipos necesiten comunicarse. Los PVCs (Circuitos Virtuales Permanentes) son conexiones establecidas de manera permanente, que se utilizan para transferencia de datos frecuentes y continuas, y no requieren que las sesiones se establezcan y finalicen. Por lo tanto, puesto que la sesión siempre está activa, los DTEs pueden comenzar a transferir datos en el momento que se requiera.

La operación básica de un circuito virtual X.25 empieza cuando el dispositivo DTE origen especifica el circuito virtual que se va a utilizar (en el encabezado del paquete) y después envía el paquete a un dispositivo DCE concentrado localmente. En este punto, el dispositivo DCE local analiza los encabezados del paquete para determinar qué circuito virtual debe utilizar y después manda los paquetes al PSE más cercano en la trayectoria de ese circuito virtual. Los PSE (switches) transfieren el tráfico al siguiente

nodo intermedio en la trayectoria, que puede ser otro switch u otro dispositivo DCE remoto.

Cuando el tráfico llega al dispositivo DCE remoto, se analizan los encabezados de los paquetes y se determina la dirección de destino. Posteriormente, los paquetes se envían al dispositivo DTE destino. Si la comunicación se presenta a través de un SVC (Circuito Virtual Conmutado) y ningún dispositivo tiene más datos que transferir, el circuito virtual se da por terminado.

## CONJUNTO DE PROTOCOLOS X.25

En el conjunto de protocolos X.25 se mapean las tres capas inferiores del modelo de transferencia OSI. Por lo general, en las implementaciones X.25 se utilizan los protocolos siguientes: PLP (Protocolo de la Capa de Paquetes), LAPB (Procedimiento de Acceso al Enlace Balanceado) y, entre otras, varias interfases seriales de la capa física (como la EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530 y la G.703). En la figura 13-4 se mapean los protocolos X.25 más importantes con las capas del modelo de referencia OSI.

## PROTOCOLOS PLP

PLP (Protocolo de la Capa de Paquetes) es el protocolo de la capa de red X.25 que administra el intercambio de paquetes entre los dispositivos DTE a través de circuitos virtuales. Los PLPs también pueden operar a través de implementaciones LLC2 (Control del Enlace Lógico2) en las LANs y a través de interfases de la ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) que corren el LAPD (Procedimiento de Acceso al Enlace sobre el canal D).

El PLP opera en cinco modos distintos: establecimiento de la llamada, transferencia de datos, ocioso, liberación de la llamada y reinicio.

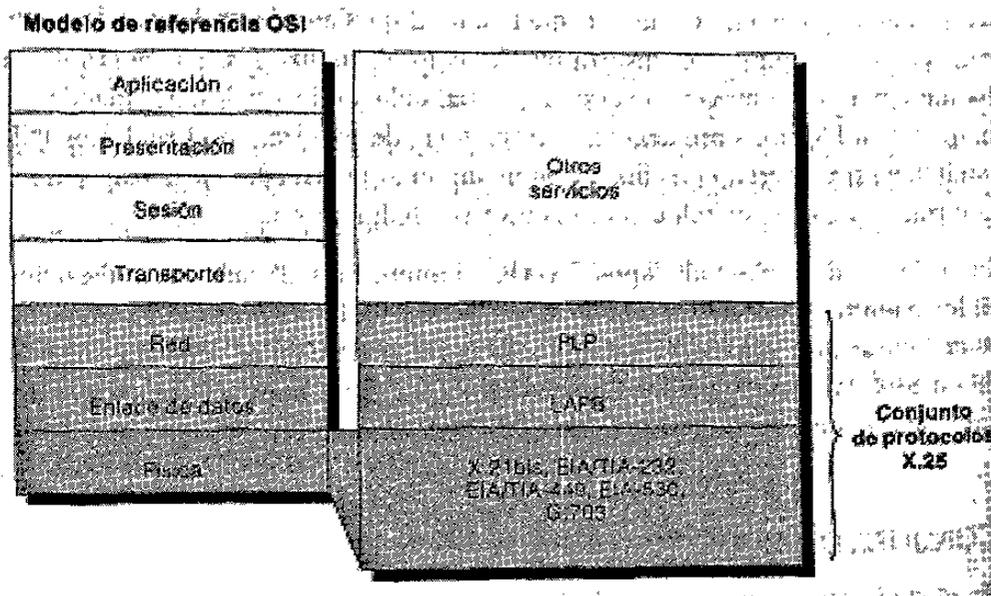


Figura 13-4

El modo de establecimiento de llamada se utiliza para establecer SVC entre dispositivos DTE. Un PLP utiliza el esquema de direccionamiento de X. 121 para establecer el circuito virtual. Este modo es ejecutado en circuitos virtuales individuales, lo que significa que un circuito virtual puede estar en modo de establecimiento de llamada en tanto que otro está en el modo de transferencia de datos. Este modo sólo se utiliza con los SVC, no con los PVCs.

El modo de transferencia de datos se utiliza para transferir datos entre dos dispositivos DTE a través de un circuito virtual. En este modo, el PLP maneja la segmentación y el reensamblado, el relleno con bits y el control de errores y de flujo. Este modo es ejecutado en circuitos virtuales individuales y se utiliza tanto con los PVCs como con los SVCs.

El modo de pausa se utiliza cuando se establece un circuito virtual pero no se presenta transferencia de datos. Es ejecutado en circuitos virtuales individuales y se utiliza solamente con los SVCs.

El modo de liberación de llamada se utiliza para finalizar sesiones de comunicación entre dispositivos DTE y para finalizar los SVCs. Este modo es ejecutado en circuitos virtuales individuales y se utiliza solamente con los SVCs.

El modo de reinicio se utiliza para sincronizar la transmisión entre un dispositivo DTE y un dispositivo DCE conectado localmente. Este modo no es ejecutado en circuitos virtuales individuales, sino que afecta a todos los circuitos virtuales establecidos entre los dispositivos DTE.

Hay cuatro tipos de campos de paquetes PLP:

- GFI (Identificador de Formato General) – Identifica los parámetros del paquete, por ejemplo, si el paquete transporta datos del usuario o información de control, qué tipo de ventaneo se está utilizando y qué tipo de confirmación de entrega se requiere.
- LCI (Identificador de Canal Lógico) – Identifica el circuito virtual a través de la interfase DTE/DCE local.
- Datos del usuario – Contiene información encapsulada de las capas superiores. Este campo sólo aparece en los paquetes de datos. De otro modo, se agregan los campos adicionales que contienen información de control.

## PROTOCOLO LAPB

LAPB (Procedimiento de Acceso al Enlace, Balanceado) es un protocolo de la capa de enlace de datos que administra la comunicación y el entramado de paquetes entre los dispositivos DTE y DCE. Es también un protocolo orientado a bits, lo que asegura que las tramas estén ordenadas correctamente y libres de errores.

Hay tres tipos de tramas LAPB: información, supervisión y no numeradas. La trama I (Trama de Información) transporta información de las capas superiores e información de

control. Las funciones de la trama I incluyen el secuenciamiento, el control de flujo y la detección y recuperación de errores. Las tramas I transportan números de secuencia de envío y recepción. La trama S (Trama de Supervisión) transporta información de control. Las funciones de la trama S incluyen la solicitud y suspensión de transmisiones, el reporte de status y la confirmación de la recepción de las tramas I. Las tramas S transportan solamente números de secuencia de recepción. La trama U (Trama No Numerada) transporta información de control. Entre las funciones de la trama están el establecimiento y la desconexión del enlace y el reporte de errores. Las tramas U no transportan números de secuencia.

## PROTOCOLO X.21 BIS

El protocolo X.21bis es un protocolo de la capa física que se utiliza en X.25, el cual define los procedimientos mecánicos y eléctricos para usar el medio de transmisión. La

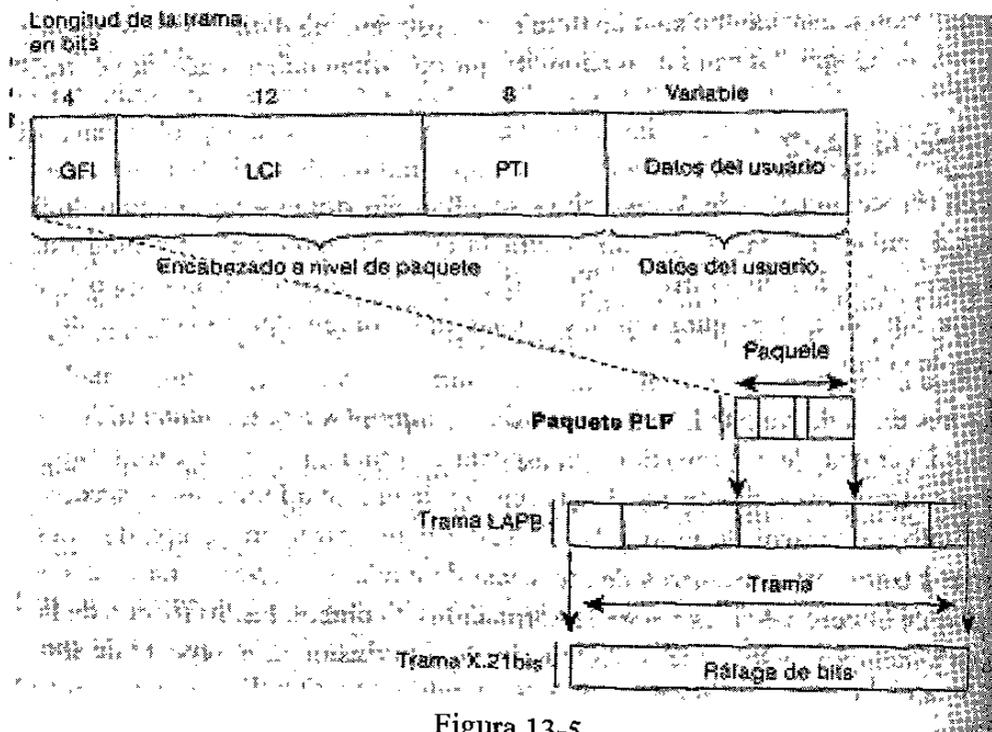


Figura 13-5

X.21bis maneja la activación y desactivación del medio físico que conecta el DTE con el DCE. Soporta conexiones punto a punto, velocidades de hasta 19.2 Kbps y transmisión síncrona, dúplex total por un medio de cuatro alambres. La figura 13-5 muestra el formato del paquete PLP y su relación con las tramas LAPB y X.21bis.

## FORMATO DE TRAMA LAPB

Las tramas LAPB incluyen un encabezado, datos encapsulados y un finalizador. La figura 13-6 muestra el formato de la trama LAPB y su relación con el paquete PLP y la trama X.21bis.

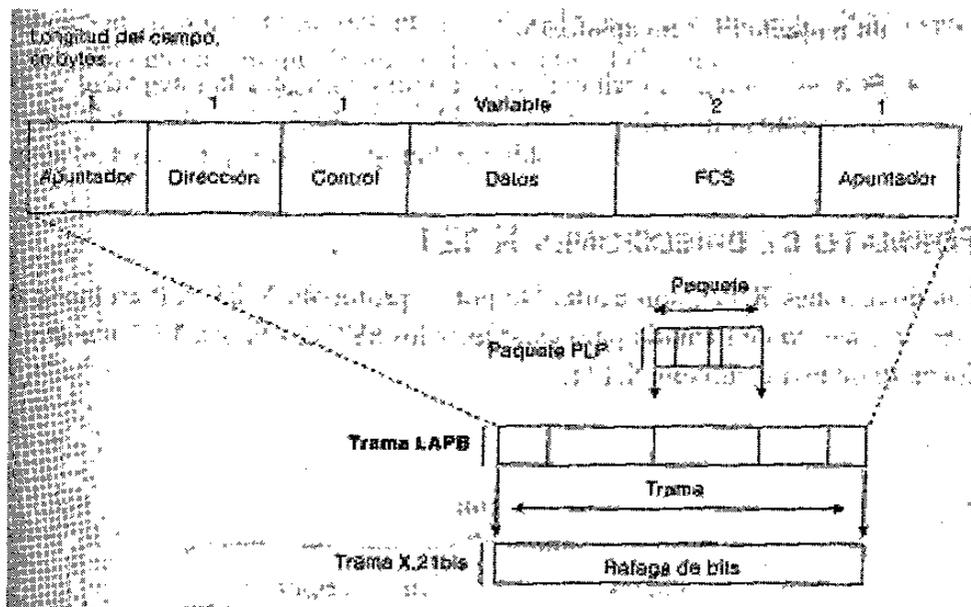


Figura 13-6

En las descripciones siguientes se resumen los campos que se muestran en la figura 13-6:

- Campo apuntador de trama – Delimita el comienzo y el final de la trama LAPB. La función de relleno de bits se utiliza para asegurar que el patrón apuntador no se presente dentro del cuerpo de la trama.
- Campo dirección – Indica si la trama transporta un comando o una respuesta.

- Campo control – Califica los comandos y las respuestas e indica si la trama es una trama I, una trama S o una trama U. Además, este campo contiene el número de secuencia de la trama y su función (por ejemplo, si está listo para recibir o está desconectado). Las tramas de control varían en longitud en función del tipo de tramas.
- Campo datos – Contiene los datos de las capas superiores en forma de un paquete PLP encapsulado.
- FCS – Maneja la verificación de errores y asegura la integridad de los datos transmitidos.

## FORMATO DE DIRECCIONES X.121

Las direcciones X.121 son utilizadas por el protocolo X.25 PLP en modo de establecimiento de llamada para establecer los SVC. La figura 13-7 muestra el formato de una dirección X.121.

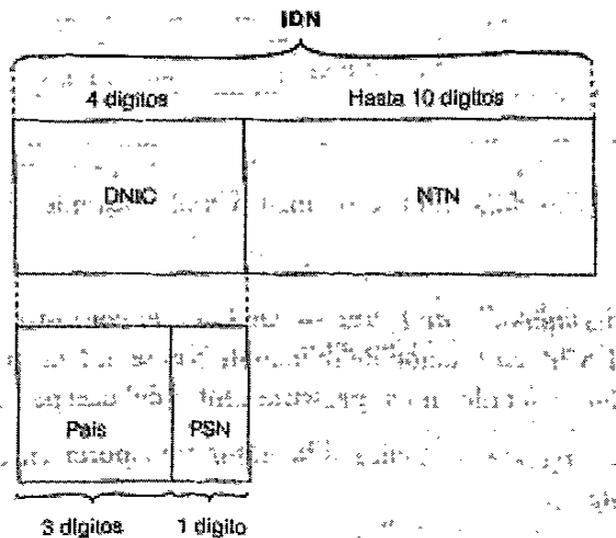


Figura 13-7

El campo dirección de X.121 es un IDN (Número Internacional de Datos), que está formado por dos campos: El DNIC (Código de Identificación de la Red de Datos) y el NTN (Número de Terminal Nacional).

El DNIC es un campo opcional que identifica la PSN exacta en que se ubica el dispositivo DTE de destino. A menudo, este campo se omite en llamadas dentro de la misma PSN. El DNIC tiene dos subcampos: País y PSN. El primer subcampo especifica el país en que se ubica el destino. El segundo, PSN, especifica la PSN exacta en que se ubica el dispositivo DTE destino.

El NTN identifica el dispositivo DTE en la PSN exacta a que está destinado el paquete. Este campo es de longitud variable.

# CAPÍTULO 14.

## CONMUTACIÓN ATM

### ANTECEDENTES

ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) es un estándar de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Estándares en Telecomunicaciones), para la conmutación de celdas donde la información para múltiples tipos de servicios, como voz, video y los datos, se transporta en celdas pequeñas de tamaño fijo. El propósito de las celdas ATM es la conexión. La figura 14-1 muestra una red ATM privada y una red ATM pública que transporta tráfico de voz, video y datos.

### ESTÁNDARES

ATM es producto de los esfuerzos del estándar de la BISDN (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) de la ITU-T. Concebida originalmente como una tecnología de transporte a alta velocidad para voz, video y datos a través de redes públicas. El Foro de ATM amplió la visión de la ITU-T de ATM y planteó su uso en redes públicas y privadas. El Foro de ATM ha publicado trabajos en relación con las especificaciones siguientes:

- UNI (Interfase de Red de usuario) 2.0
- UNI 3.0
- UNI 3.1
- P-NNI (Interfase de Nodo de la Red Pública)
- LANE (Estimulación de LAN)

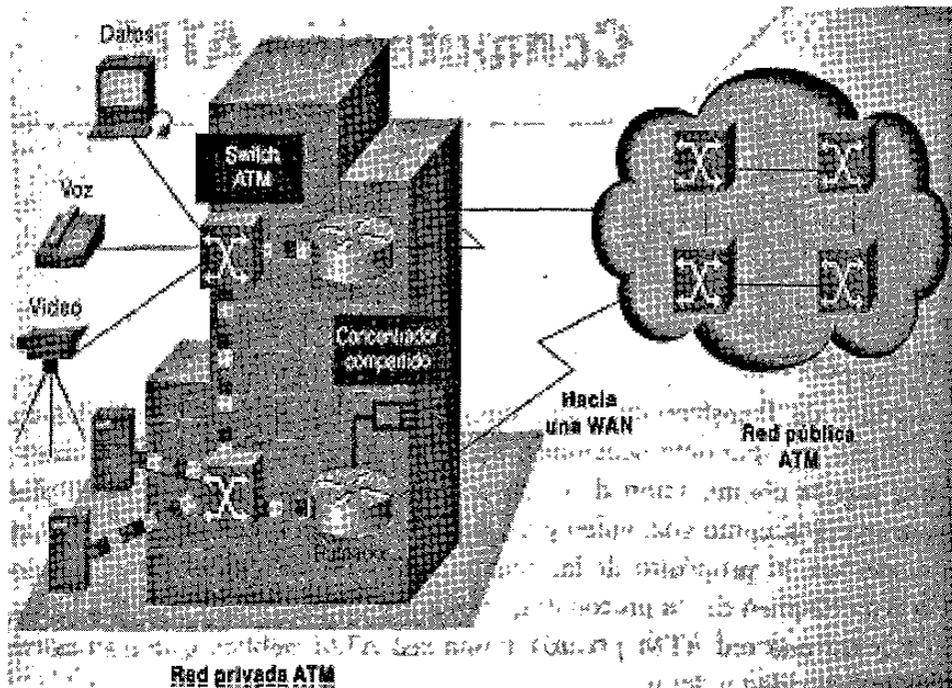


Figura 14-1

## DISPOSITIVOS ATM Y ENTORNO DE RED

ATM es una tecnología de conmutación de celdas y multiplexaje que reúne los beneficios de la conmutación de circuitos (garantizado: capacidad y retardo de transmisión constante) con los de la conmutación de paquetes (flexibilidad y eficiencia para tráfico intermitente). Proporciona un ancho de banda expandible desde algunos megabits por segundo (Mbps) hasta muchos gigabits por segundo (Gbps). Debido a su naturaleza asíncrona, ATM es más eficiente que las tecnologías síncronas como el TDM (Multiplexaje por División de Tiempo).

Con TDM, los usuarios son asignados a ranuras de tiempo, y ninguna otra estación puede enviar información en esa ranura de tiempo. Si una estación tiene muchos datos que enviar, lo puede hacer solamente cuando se presenta su ranura de tiempo, aunque todas las demás ranuras estén vacías. Por otro lado, si una estación no tiene información que enviar cuando se presente su ranura de tiempo asignada, dicha ranura de tiempo se manda vacía y, por lo tanto, se desperdicia. Como ATM es asíncrona, las ranuras de tiempo están disponibles bajo demanda, y hay información en el encabezado de cada celda ATM que identifica el origen de la transmisión.

## FORMATO BÁSICO DE LA CELDA ATM

ATM transfiere la información a través de unidades de tamaño fijo llamadas celdas. Cada celda consta de 53 octetos o bytes. Los primeros 5 bytes contienen información del encabezado de la celda y los 48 bytes restantes contienen la "carga útil" (la información del usuario). Las celdas pequeñas de tamaño fijo son muy adecuadas para la transferencia de tráfico de voz y video, ya que dicho tráfico no tolera los retardos que surgen por tener que esperar a que un paquete grande de datos descargue su información, entre otras cosas. La figura 14-2 muestra el formato básico de una celda ATM.

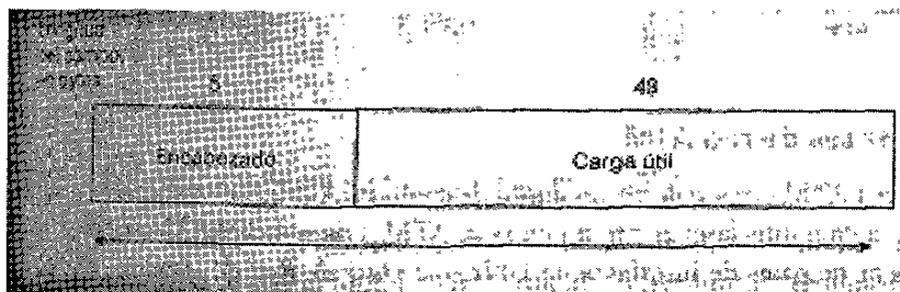


Figura 14-2

## DISPOSITIVOS ATM

Una red ATM está formada por un switch ATM y puntos terminales de ATM. Un switch ATM es responsable del transporte de celdas a través de una red ATM. El trabajo de un switch ATM está bien definido: Acepta la celda entrante de un punto terminal de

ATM u otro switch ATM. Posteriormente, lee y actualiza la información contenida en el encabezado de la celda y, rápidamente, conmuta la celda a una interfase de salida para enviarla a su destino. Un punto terminal de ATM (o sistema terminal) contiene un adaptador de interfase de red ATM. Algunos ejemplos de puntos terminales de ATM son las estaciones de trabajo, los ruteadores y las DSU (Unidades de Datos de Servicio), los switches LAN y los CODECs (Codificadores Decodificadores de Video). La figura 14-3 muestra una red ATM formada por switches ATM y puntos terminales de ATM.

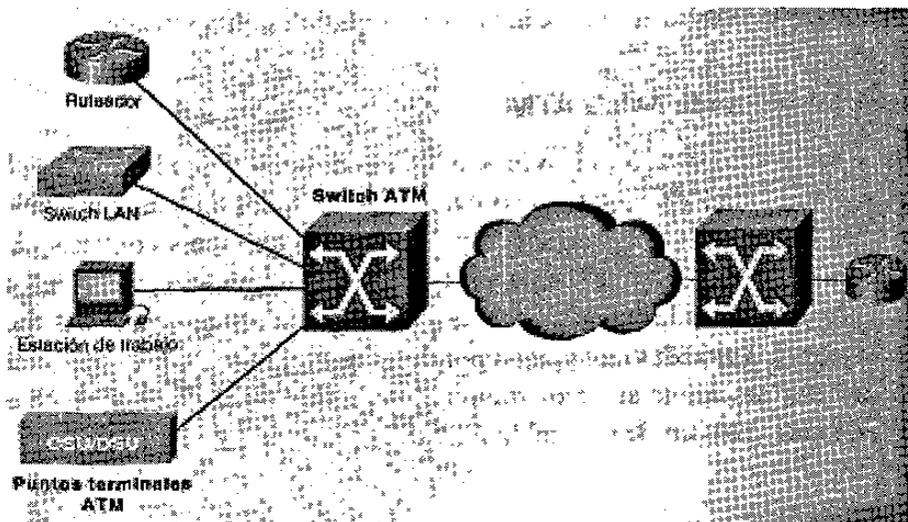


Figura 14-3

## INTERFASE DE RED ATM

Una red ATM consta de un conjunto de switches ATM interconectados a través de enlaces o interfases punto a punto de ATM. Los switches ATM soportan dos tipos principales de interfases: la UNI (Interfase de Red de Usuario) y la NNI (Interfase de nodo de red). La UNI conecta los sistemas terminales de ATM (como los anfitriones y ruteadores) hacia un switch ATM. La NNI conecta dos switches ATM.

Si el switch es propiedad del cliente y está ubicado en sus instalaciones o es propiedad pública y es operado por una compañía telefónica, la UNI y la NNI se pueden subdividir en UNI y NNI públicas o privadas. Una UNI privada conecta un punto terminal de ATM y un switch ATM privado. Su equivalente pública conecta un punto

terminal de ATM o un switch privado con un switch público. Una NNI privada conecta dos switches ATM dentro de la misma organización privada. Una NNI pública conecta dos switches ATM dentro de la misma organización pública.

Una especificación adicional, la B-ICI (Interconexión de Intercambio entre Prestaciones de servicio en Banda Ancha), conecta dos switches públicos de diferentes proveedores de servicio. La figura 14-4 muestra las especificaciones de la interfase ATM para las redes públicas y privadas.

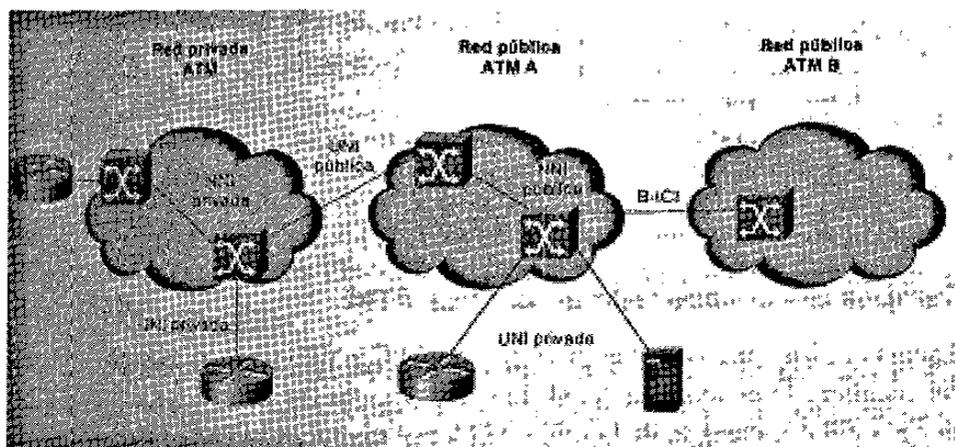


Figura 14-4

## FORMATO DEL ENCABEZADO DE CELDA ATM

Un encabezado de celda ATM puede tener uno de dos formatos: UNI o NNI. El encabezado UNI se utiliza para la comunicación entre puntos terminales de ATM y switches ATM en las redes ATM privadas. El encabezado NNI se utiliza para la comunicación entre switches ATM. La figura 14-5 describe el formato básico de celda ATM, el formato del encabezado UNI y el del encabezado NNI de la celda ATM.

A diferencia del encabezado UNI, el encabezado NNI no incluye el campo GFC (Control de Flujo Genérico). Además, el encabezado NNI tiene un VPI (Identificador de Trayectoria Virtual) que ocupa los primeros 12 bytes, y permite que haya troncales más grandes entre switches públicos ATM.

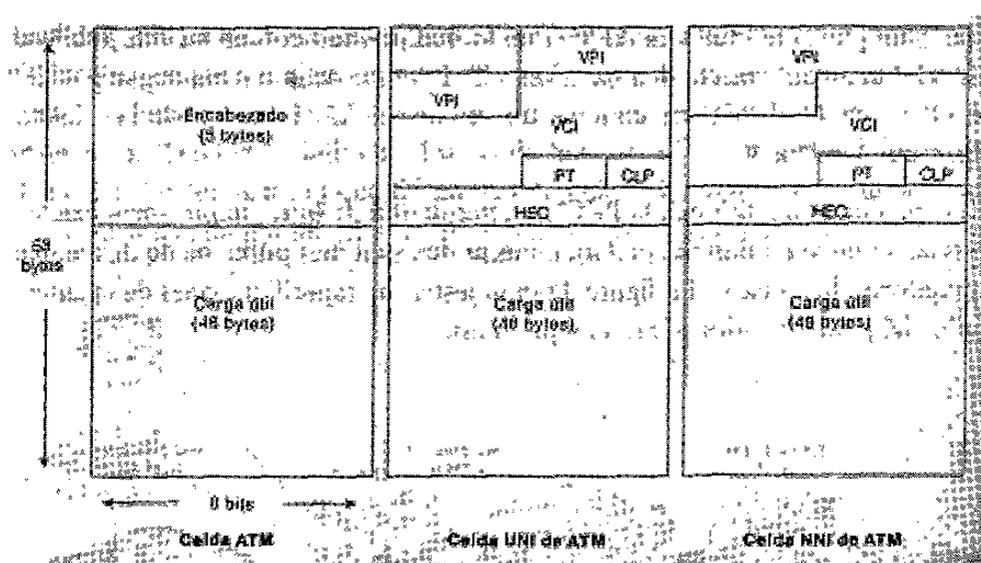


Figura 14-5

## CAMPOS DEL ENCABEZADO DE LA CELDA ATM

Además de los campos del encabezado de GFC y VPI, se utilizan otros campos del encabezado de la celda ATM. Las descripciones siguientes se refieren a los campos del encabezado de la celda ATM que se muestran en la figura 14-5:

- GFC (Control de Flujo Genérico) - Proporciona funciones locales como la identificación de múltiples estaciones que comparten una sola interfase de ATM. En general este campo no se utiliza y se fija en su valor predeterminado.
- VPI (Identificador de Trayectoria Virtual) - En conjunto con el VCI, identifica el siguiente destino de una celda conforme ésta pasa a través de una serie de switches ATM en camino hacia su destino.
- VCI (Identificador del Canal Virtual) - En conjunto con el VPI, identifica el siguiente destino de una celda conforme ésta pasa a través de una serie de switches ATM en ruta a su destino.
- PT (Tipo de Carga Útil) - Indica en el primer bit si la celda contiene datos del usuario o datos de control. Si la celda contiene datos del usuario, el segundo

bit indica si hay saturación y el tercer bit indica si la celda es la última de una serie de celdas que representa una sola trama AAL5.

- CLP (Prioridad de Pérdida de Saturación) - Indica si la celda se debiera eliminar al encontrar un alto grado de saturación a su paso por la red. Si el bit CLP es igual a 1, la celda se deberá eliminar para dar preferencia a las celdas cuyo bit CLP sea igual a cero.
- HEC (Control de Errores del Encabezado) - Calcula la suma de verificación sólo en el encabezado mismo.

## SERVICIOS ATM

Hay tres tipos de servicios en ATM: PVC (Conexiones Virtuales Permanentes), SVC (Conexiones Virtuales Conmutadas) y servicio sin conexión (muy parecido a SMDS).

Una PVC permite la conectividad directa entre sitios. De esta forma, una PVC es similar a una línea privada. Una de las ventajas de una PVC es que garantiza la disponibilidad de una conexión y no requiere los procedimientos asociados con el establecimiento de llamada entre switches. Las desventajas de las PVCs son, entre otras, la conectividad estática y el establecimiento manual.

Una SVC se genera y libera dinámicamente y permanece en uso sólo mientras se lleva a cabo la transferencia de datos. En este sentido, es similar a una llamada telefónica. El control dinámico de la llamada requiere un protocolo de señalización entre el punto terminal de ATM y el switch ATM. Entre las ventajas de las SVCs se cuenta la flexibilidad de la conexión y el establecimiento de llamada que puede manejarse automáticamente por medio de un dispositivo de red. Algunas desventajas son el tiempo extra y el gasto indirecto que se requiere para establecer la conexión.

## CONEXIONES VIRTUALES DE ATM

Las redes ATM están, fundamentalmente, orientadas a la conexión, lo que significa que se debe establecer un VC (Canal Virtual) a través de la red ATM antes de cualquier transferencia de datos. (Un canal virtual, a grandes rasgos, equivale a un circuito virtual).

En ATM hay dos tipos de conexiones: las trayectorias virtuales, que se identifican por medio de identificadores de trayectoria virtual y los canales virtuales, que se identifican por la combinación de un VPI y un VCI (Identificador de Canal Virtual).

Una trayectoria virtual es un conjunto de canales virtuales que están conmutados de manera transparente a través de una red ATM con base en VPI comunes. Sin embargo, todos los VCIs y VPIs tienen significado local solamente a través de un enlace particular y se calculan de nuevo en cada switch, según sea necesario.

Una trayectoria de transmisión es un conjunto de VPs. La figura 14-6 muestra cómo se encadenan los VCs para crear VPs, que, a su vez, se enlazan para crear una trayectoria de transmisión.

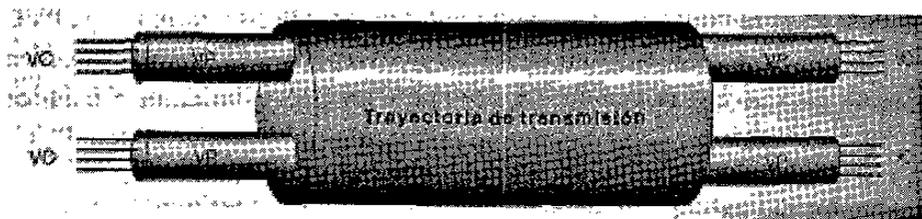


Figura 14-6

## OPERACIÓN DE LA CONMUTACIÓN EN ATM

La operación básica de un switch ATM es muy sencilla. La celda se recibe a través de un enlace con un valor VCI o VPI conocido. Este switch "mira" el valor de la conexión en una tabla de traducción local para determinar el puerto (o puertos) de salida

de la conexión y el nuevo valor VPI/VCI de la conexión en ese enlace. Posteriormente, el switch retransmite la celda a través de ese enlace de salida con los identificadores de conexión adecuados. Como todos los VCIs y VPIs tienen significado local sólo a través de un enlace particular, estos valores se calculan de nuevo, en cada switch, según sea necesario.

## MODELO DE REFERENCIA ATM

La arquitectura de ATM utiliza un modelo lógico para describir la funcionalidad que soporta. La funcionalidad de ATM corresponde a la capa física y parte de la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI.

El modelo de referencia ATM se compone de los siguientes planos que se extienden a través de todas las capas:

- Control - Este plano es responsable de la creación y administración de las solicitudes de señalización.
- Usuario - Este plano es responsable de la administración de la transferencia de datos.
- Administración - Este plano tiene dos componentes:
  - La administración en capa se encarga de administrar las funciones específicas de la capa como la detección de fallas y los problemas de los protocolos.
  - La administración en plano se encarga de administrar y coordinar las funciones relacionadas con todo el sistema.

El modelo de referencia ATM se compone de las siguientes capas:

- Capa física - Es análoga a la capa física del modelo de referencia OSI y administra la transmisión dependiente del medio físico de transmisión.

- Capa ATM - Combina con la capa de adaptación de ATM, la capa ATM es, análoga, a grandes rasgos, a la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI. La capa ATM es responsable de establecer conexiones y pasar celdas a través de la red ATM. Para realizar esta función, utiliza la información del encabezado de cada celda ATM.
- AAL (Capa de Adaptación de ATM) - Combinada con la capa ATM, la AAL es, análoga (ligeramente) a la capa de enlace e datos del modelo OSI. La capa AAL es responsable de aislar los protocolos de capas superiores de los detalles de los procesos de ATM.

Por último, las capas superiores que residen arriba a la capa AAL, aceptan datos del usuario, los conforman en paquetes y los encargan a la AAL. La figura 14-7 muestra el modelo de referencia ATM.

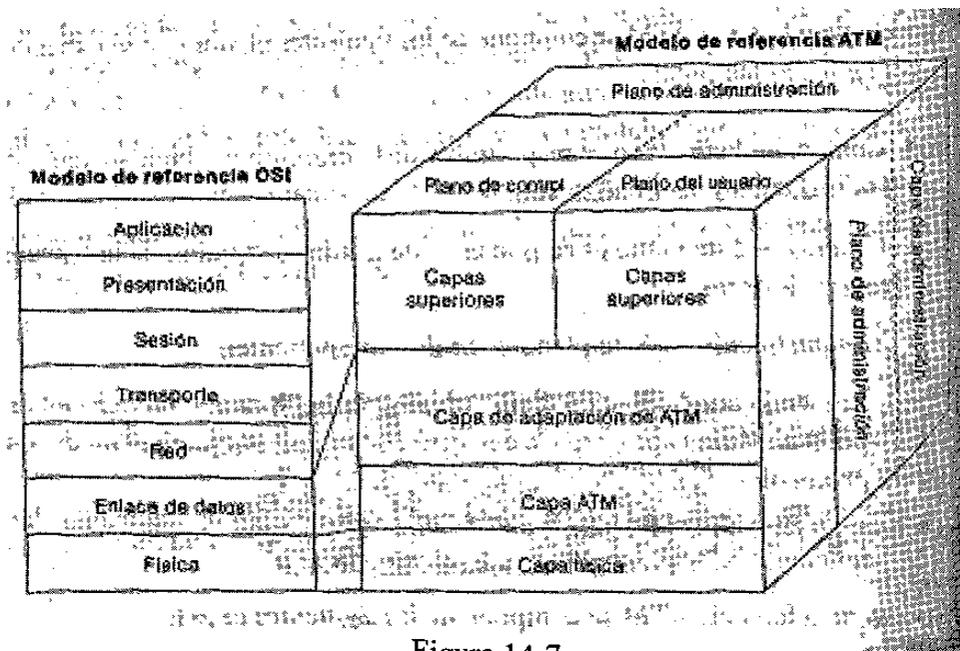


Figura 14-7

## CAPA FÍSICA DE ATM

Esta capa tiene cuatro funciones: convertir los bits en celdas; controlar la transmisión y recepción de bits en el medio físico; supervisar los límites de las celdas de ATM; empaquetar las celdas en un tipo de trama adecuado para enviarlas a través del medio físico.

La capa física de ATM se divide en dos partes: la subcapa PMD (Dependiente del Medio Físico) y la subcapa TC (Convergencia de Transmisión).

La subcapa PMD presenta dos funciones básicas. Primero, sincroniza la transmisión y la recepción a través del envío y recepción de un flujo continuo de bits con la información de temporización asociada. Segundo, especifica el medio físico para el medio de transmisión que se va a utilizar, incluyendo los tipos de conector y el cable. Algunos ejemplos de estándares de medios de transmisión para ATM son la SONET/SDH (Red Óptica Síncrona / Jerarquía Digital Síncrona), el DS-3/E3, 155 Mbps a través de MMF (Fibra óptica Multimodo) utilizando el esquema de codificación 8B/10B y 155 Mbps 8B/10B, a través de cableado de STP (Par Trenado Blindado).

La subcapa TC tiene cuatro funciones: delineamiento de celdas, generación y verificación de la secuencia de HEC (Control de Errores del Encabezado), desacoplamiento de la tasa de celdas y adaptación de la trama de transmisión. La función de delineación de celdas conserva los límites de las celdas ATM, y permite así que los dispositivos puedan ubicar celdas dentro de una ráfaga de bits. La generación y verificación de la secuencia HEC crea y verifica el código de control de errores del encabezado para asegurar la validez de los datos. El desacoplamiento de la tasa de celdas conserva la sincronización e inserta o suprime celdas ATM libres (no asignadas) para adaptar la tasa de celdas ATM válidas a la capacidad de carga útil del sistema de transmisión. La adaptación de la trama de transmisión empaqueta las celdas ATM en tramas aceptables para la implementación de la capa física particular.

## CAPAS DE ADAPTACIÓN DE ATM: AAL1

La AAL1, un servicio orientado a la conexión, es adecuada para el manejo de aplicaciones de estimulación de circuitos como voz y videoconferencia. El servicio de emulación de circuitos también da cabida a la conexión de equipo que utiliza actualmente líneas privadas hacia una red troncal de ATM. La AAL1 requiere la sincronización de temporización entre origen y destino. Por esta razón, la AAL1 depende de un medio, como SONET, que soporta la temporización. El proceso de AAL1 prepara una celda para su transmisión en tres pasos. Primero, las muestras sincrónicas (por ejemplo, 1 byte de datos a una velocidad de muestreo de 12.5 microsegundos) se insertan en el campo Carga útil. Segundo, el campo SN (Número de Secuencia) y el campo SNP (Protección del Número de Secuencia) se suman para ofrecer información que la AAL1 de recepción utiliza para verificar que se han recibido las celdas en el orden correcto. Tercero, el residuo del campo Carga útil se llena con una cantidad suficiente de bytes individuales hasta llegar a los 48. La figura 14-8 muestra cómo la AAL1 prepara la celda para su transmisión:

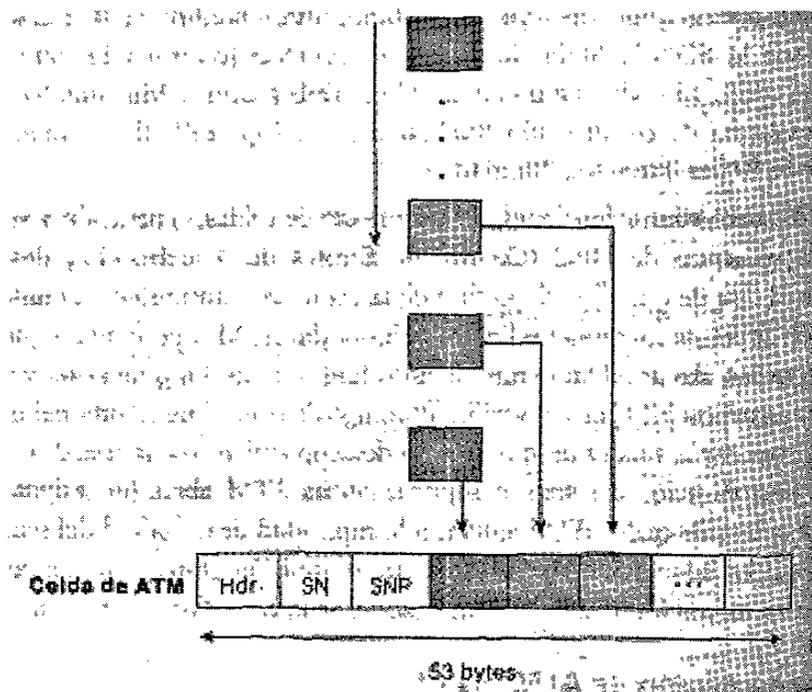


Figura 14-8

## CAPAS DE ADAPTACIÓN ATM: AAL3/4

AAL3/4 soporta datos orientados y no orientados a la conexión. Fue diseñada para proveedores de servicios de red y se parece al SMDS (Servicio de Datos Conmutados a Multimegabit). En un futuro se utilizará AAL3/4 para transmitir paquetes SMDS a través de una red ATM.

AAL3/4 prepara una celda para su transmisión en cuatro pasos: Primero, CS (Subcapa de Convergencia) crea una PDU (Unidad de Datos de Protocolo) colocando al inicio un encabezado de etiqueta de comienzo/final a la trama y agregando al final un campo de longitud como finalizador. Segundo, la subcapa SAR (Segmentación y Reensamblaje) fragmenta la PDU y le coloca un encabezado al inicio. Después, la subcapa SAR agrega al final un finalizador CRC-10 a cada fragmento PDU para el control de errores. Por último, la unidad de datos del protocolo SAR se convierte por completo en el campo Carga útil de una celda ATM a la cual la capa ATM coloca al comienzo el encabezado estándar de ATM.

Un encabezado AAL 3/4 de la PDU de SAR consta de los campos tipo, número de secuencia e identificador del multiplexaje. Los campos tipo identifican si una celda es el comienzo, la continuación o el final de un mensaje. Los campos del número de secuencia identifican el orden en el que las celdas se deben reensamblar. El identificador de multiplexaje determina qué celda, provenientes de diferentes fuentes de tráfico, se entrelazan en el mismo VCC para que las celdas correctas se reensamblen en el destino.

## CAPAS DE ADAPTACIÓN ATM: AAL5

AAL5 es la AAL principal para datos y soporta datos orientados y no orientados a la conexión. Se utiliza para transferir la mayor parte de los datos que no son SMDS, como el IP clásico a través de ATM y LANE. A AAL5 también se le conoce como SEAL (Capa de Adaptación Simple y Eficiente), ya que la subcapa SAR simplemente acepta la

PDU de CS y la segmenta en PDU de SAR de 48 octetos sin agregar ningún campo adicional.

AAL5 prepara una celda para su transmisión en tres pasos: Primero, la subcapa CS agrega al final de una trama un relleno de longitud variable y un finalizador de 8 bytes. El relleno asegura que la PDU resultante quede en el límite de 48 bytes de una celda ATM. El finalizador incluye la longitud de la trama y una CRC (Verificación de Redundancia Cíclica) de 32 bits calculada a través de toda la PDU. Esto permite que el procedo de recepción de la AAL5 detecte errores de bits, celdas perdidas o celdas que están fuera de secuencia. Segundo, la subcapa SAR segmenta la PDU de CS en bloques de 48 bytes. No se agrega un encabezado ni un finalizador (como en la AAL3/4), por lo que los mensajes no pueden estar entrelazados. Por último, la capa ATM coloca cada bloque en el campo Carga útil de una celda ATM. En todas las celdas excepto la última, se fija en cero un bit en el campo PT (Tipo de Carga Util) para indicar que la celda no es la última en una serie que representa una sola trama. En la última celda, el bit en el campo PT se fija en uno.

## DIRECCIONAMIENTO EN ATM

El estándar de la ITU-T se basa en el uso de direcciones (parecidas a los números telefónicos) para redes ATM (BISDN) públicas. El Foro ATM extendió el direccionamiento de ATM para incluir redes privadas. Eligió el modelo de direccionamiento de subred o cubierta, en el que la capa ATM es responsable del mapeo de direcciones de la capa de red hacia direcciones de la capa ATM. Este modelo de subred es una alternativa para el uso de direcciones de protocolo de la capa de red (como el IP y el IPX) y los protocolos de ruteo existentes (como el IGRP y el RIP). El Foro de ATM definió un formato de direcciones que se basa en la estructuración de las direcciones de los NSAP (Puntos de Acceso al Servicio de la Red) de OSI.

## MODELO DE DIRECCIONAMIENTO DE LA SUBRED

El modelo de direccionamiento de la subred desacopla la capa ATM de cualquier protocolo existente de las capas superiores como el IP o el IPX. Como tal, requiere un esquema de direccionamiento y un protocolo de ruteo completamente nuevos. A todos los sistemas ATM se les debe asignar una dirección ATM, además de cualquier otra dirección de los protocolos de las capas superiores. Lo anterior requiere un ATM-ARP (Protocolo de Resolución de Direcciones ATM) para comparar las direcciones de las capas superiores con sus direcciones ATM correspondientes.

## DIRECCIONES ATM CON FORMATO NSAP

Para su uso dentro de las redes privadas ATM, se designan direcciones ATM con formato NSAP de 20 bytes, en tanto que las redes pública típicamente utilizan direcciones E.164, formateadas tal como lo define la ITU-T. El Foro de ATM especificó una codificación NSAP para direcciones E.164, que se utilizará para codificar direcciones E.164 en redes privadas, sin embargo, algunas de éstas también pueden utilizar esta dirección.

Dichas redes privadas pueden basar su propio direccionamiento (formato NSAP) en la dirección E.164 de la UNI (Interfase de red de usuario) pública a la que están conectadas y pueden tomar el prefijo de la dirección del número E.164, identificando los nodos locales por medio de los bits de orden inferior.

Todas las direcciones ATM con el formato NSAP constan de tres componentes: AFI (Identificador de Autoridad y de Formato), IDI (Identificador del Dominio Inicial) y DSP (Parte Específica del Dominio). AFI identifica el tipo y formato de IDI, a que, a su vez, identifica la ubicación de la dirección y la autoridad administrativa. La DSP contiene información real de ruteo.

Los tres formatos de direccionamiento privado de ATM difieren en cuanto a la naturaleza de AFI e IDI. En el formato E.164 codificado por NSAP, el IDI es un número E.164. En el formato DCC, el IDI es un DCC (Código de Datos del País), que identifica a los diferentes países, como lo especifica la ISO 3166. Dichas direcciones son administradas por el Cuerpo Nacional de Miembros de la ISO en cada país. En el formato ICD, el IDI es un ICD (Asignador de Códigos Internacionales), asignado por la autoridad de registro del ISO 6523 (el Instituto Británico de Estándares). Los códigos ICD identifican a las diferentes organizaciones internacionales particulares.

El Foro de ATM recomienda que las organizaciones o los proveedores de servicios de redes privadas utilicen ya sea el formato DCC o el ICD para conformar su propio plan de numeración.

La figura 14-9 muestra los tres formatos de direcciones ATM que se utilizan en las redes privadas.

## CAMPOS DE DIRECCIÓN EN ATM

Las descripciones siguientes se refieren a los campos que se muestran en la figura 14-9:

**AFI (Identificador de la Autoridad y del Formato)** - Identifica el tipo de formato de la dirección (E.164, ICD o DCC).

**DCC (Código de Datos del País)** - Identifica a los países en particular.

**HO-DSP (Parte Específica del Dominio de Orden Superior)** - Combina el RD (Dominio de Ruteo) y el Identificador de Área (AREA) de las direcciones NSAP. El Foro de ATM combinó estos campos para soportar una jerarquía de direccionamiento multinivel flexible para los protocolos de ruteo basados en prefijos.

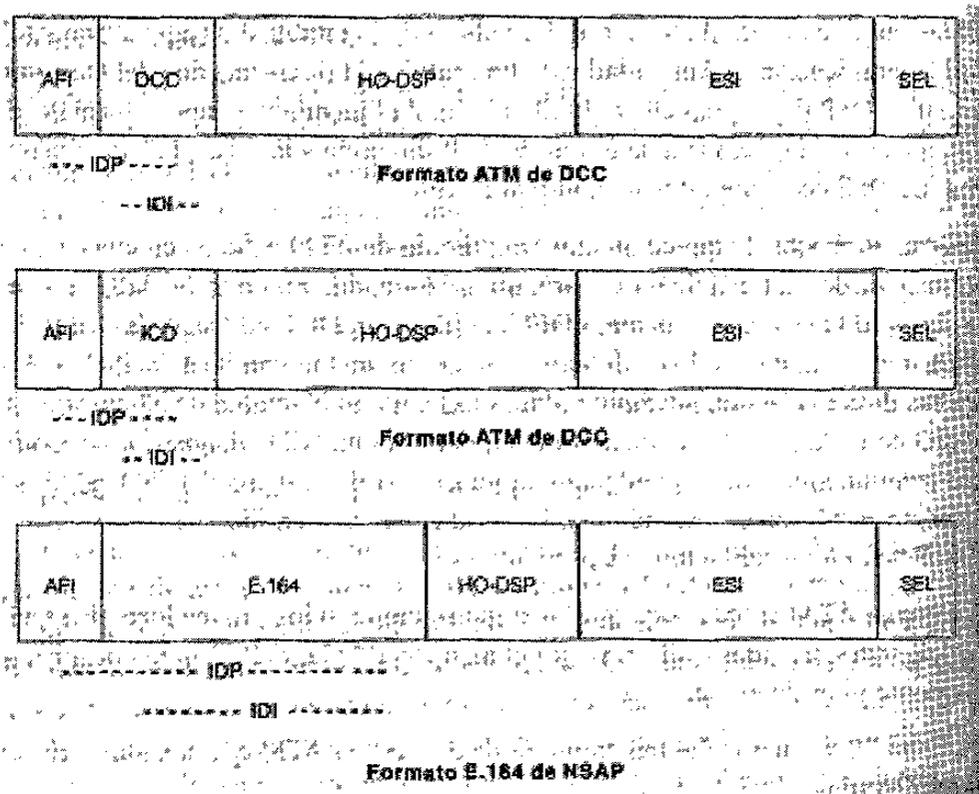


Figura 14-9

ESI (Identificador del Sistema Terminal) - Especifica la dirección MAC de 48 bits que administra el IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica).

SEL (Selector) - Se utiliza para el multiplexaje local dentro de las estaciones terminales y no tiene significado en la red.

ICD (Designador del Código Internacional) - Identifica a las organizaciones internacionales particulares.

E.164 - Indica la dirección E.164 de BISDN.

## CONEXIONES ATM

ATM soporta dos tipos de conexiones: punto a punto y punto a multipunto.

Las conexiones punto a punto conectan dos sistemas terminales de ATM y pueden ser unidireccionales (comunicación solamente en una dirección) o bidireccionales (comunicación en ambas direcciones). Las conexiones punto a multipunto conectan un sistema terminal de un solo origen (conocido como nodo raíz) hacia múltiples terminales de destino (conocidas como hojas). Dichas conexiones son solamente unidireccionales. Los nodos raíz pueden transmitir hacia las hojas, sin embargo, las hojas no pueden transmitir hacia la raíz o entre ellas en la misma conexión. La duplicación de celas se lleva a cabo dentro de la red ATM a través de los switches ATM, donde la conexión se divide en dos o más ramas.

Algo muy útil sería que las redes ATM tuvieran conexiones multipunto a multipunto bidireccionales. Dichas conexiones son análogas a las características de multidifusión y de difusión de las LANs de medio de transmisión compartido como Ethernet y Token Ring. La características de difusión es fácil de implementar en las LANs de medio compartido, donde todos los nodos conectados a un solo segmento de LAN deben procesar todos los paquetes que se envían a través de ese segmento. Desafortunadamente, una característica multipunto a multipunto no se puede implementar utilizando AAL5, que es la AAL (Capa de Adaptación ATM) más común para transmitir datos a través de la red ATM. A diferencia de la AAL 3/4, con su campo MID (Identificador de Mensajes), la AAL5 no ofrece un modo dentro de su formato de celda de entrelazar celdas de diferentes paquetes AAL5 en una sola conexión. Esto significa que todos los paquetes AAL5 enviados hacia un destino particular a través de una conexión particular se deben recibir en secuencia; de otra forma, el proceso de reensamblado del destino no podrá reconstruir los paquetes. Ésta es la razón por la que las conexiones punto a multipunto de la AAL5 de ATM sólo pueden ser unidireccionales. Si un nodo de hoja transmitiera un paquete AAL5 en la conexión, por ejemplo, sería recibido por el nodo raíz y por todos los demás nodos hoja. En estos nodos, el paquete enviado por la hoja puede estar entrelazado con los paquetes enviados por la raíz y, posiblemente, por otros nodos hoja, impidiendo el reensamblado de cualquiera de los paquetes entrelazados.

## ATM Y LA MULTIDIFUSIÓN

ATM necesita alguna forma de capacidad de multidifusión. En la actualidad, la AAL5 (que es la AAL5 más común para datos) no soporta paquetes entrelazados, por lo que no soporta la multidifusión.

Si un nodo hoja transmitiera un paquete a través de una conexión AAL5, el paquete podría mezclarse con otros paquetes y ser reensamblado de una manera inadecuada. Se han propuesto tres métodos para resolver este problema: la Multidifusión VP, el Servidor de Multidifusión y la Conexión Punto a Multipunto sobrepuesta.

En la primera solución, un VP multipunto a multipunto enlaza todos los nodos en el grupo de multidifusión, y a cada nodos se le da un valor de VCI (Identificador de Canal Virtual Único) dentro del VP. De aquí que los paquetes entrelazados pueden identificarse por el valor VCI único de origen. Por desgracia, este mecanismo requeriría un protocolo para asignar valores VCI únicos a los nodos, y dicho mecanismo de protocolo no existe por el momento. Tampoco está claro todavía si los dispositivos SAR (Segmentación y Reensamblado) actuales pueden soportar fácilmente dicho modo de operación.

Un servidor de multidifusión es otra solución potencial al problema de la multidifusión a través de una red ATM. En este escenario, todos los nodos que deseen transmitir hacia un grupo de multidifusión, establecen una conexión punto a punto con un dispositivo externo llamado servidor de multidifusión (quizás se describa mejor como un resecuenciador o serializador). El servidor de multidifusión, a su vez, se conecta con todos los nodos que deseen recibir paquetes de multidifusión a través de una conexión punto a multipunto. El servidor de multidifusión recibe paquetes a través de las conexiones punto a punto y después, los retransmite a través de la conexión punto a multipunto, pero solamente después de asegurarse de que los paquetes están serializados

(esto es, antes de enviar el paquete siguiente, el paquete anterior debe haber sido transmitido por completo). De esta forma, se elimina el entrelazado de celdas.

Una conexión punto a multipunto sobrepuesta es la tercera solución potencial al problema de la multidifusión a través de una red ATM. En este escenario, todos los nodos en el grupo de multidifusión establecen una conexión punto a multipunto con todos los demás nodos en el grupo, y a su vez, se convierten en hojas en las conexiones equivalentes de todos los demás nodos. De aquí que todos los nodos pueden transmitir y recibir de todos los demás nodos. Esta solución requiere que cada nodo mantenga una conexión por cada miembro que transmita en el grupo, en tanto que el mecanismo de servidor de multidifusión solamente necesita dos conexiones. Para establecer este tipo de conexión también se requiere un proceso de registro para informar a los nodos que se unan a un grupo acerca de los otros nodos en el grupo, para que los nuevos nodos puedan formar la conexión punto a punto. Los demás nodos también deben saber acerca del nuevo nodo para que puedan incluir al nuevo nodo en sus conexiones punto a multipunto. El mecanismo de servidor de multidifusión es más escalable en términos de recursos de conexión pero tiene el problema de requerir un resecuenciador centralizado, que es un cuello de botella potencial y también un punto de falla en sí mismo.

## CALIDAD DEL SERVICIO EN ATM

ATM soporta las garantías de QOS (Calidad de Servicio) que comprenden el contrato de tráfico, el formateo de tráfico y la política de tráfico.

Un contrato de tráfico especifica una envoltura que describe el flujo de datos que se desea. Esta envoltura especifica los valores del ancho de banda pico, el ancho de banda promedio sostenido y el tamaño de la ráfaga, entre otros. Cuando un sistema terminal de ATM se conecta hacia una red ATM, establece un "contrato" con la red con base en los parámetros QOS.

El uso de colas es la forma de tráfico para limitar las ráfagas de datos, limitar la tasa de datos pico y suavizar los desfases para que el tráfico no se salga de la envoltura prometida. Los dispositivos ATM son responsables de adherirse al contrato a través de la forma de tráfico. Los switches ATM pueden utilizar la política de tráfico para hacer valer el contrato. El switch puede medir el flujo de tráfico real y compararlo con la envoltura de tráfico que se convino. Si el switch descubre que el tráfico se encuentra fuera de los parámetros convenidos, puede fijar en uno el bit CLP (Prioridad de Pérdida de Celda) de las celdas que están mal. Al fijar en uno el bit CLP, hace que la celda sea "elegida para descarte", lo que significa que cualquier switch que maneje dicha celda, podrá eliminarla en periodo de saturación.

## SEÑALIZACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE CONEXIONES ATM

Cuando un dispositivo ATM quiera establecer una conexión con otro dispositivo ATM, manda un paquete de solicitud de señalización al switch ATM al que está conectado directamente. Esta solicitud contiene la dirección ATM del punto terminal de ATM deseado, así como cualquiera de los parámetros QOS que se requieran para la conexión.

Los protocolos de señalización en ATM varían según el tipo de enlace ATM y pueden ser señales de la Interfase Usuario-Red (UNI) o de la Interfase de Nodo de Red (NNI). La UNI se utiliza entre un sistema terminal de ATM y un switch ATM a través de una UNI de ATM, en tanto que la NNI se utiliza a través de enlaces NNI.

La especificación UNI 3.1 del Foro de ATM es el estándar actual para la señalización UNI de ATM. La especificación UNI 3.1 se basa en el protocolo de señalización de la red pública Q.2931 desarrollado por la ITU-T. Las solicitudes de la señalización UNI se transportan a través de una conexión predeterminada bien conocida VPI = 0, VPI = 5.

Actualmente, sólo hay estándares para la señalización UNI de ATM. Sin embargo, se siguen realizando trabajos de estandarización respecto a la señalización NNI.

## PROCESO DE ESTABLECIMIENTO DE CONEXIONES ATM

La señalización de ATM utiliza el método de un paso para establecer conexión, el cual se utiliza en todas las redes modernas de telecomunicaciones como la red telefónica. El establecimiento de conexión en ATM procede de la siguiente manera. Primero, el sistema terminal de origen envía una solicitud de señalización para la conexión. La solicitud de conexión se propaga por la red. Como resultado, las conexiones se establecen a través de la red. La solicitud de conexión llega al destino final, el cual acepta o rechaza la solicitud de conexión.

## NEGOCIACIÓN Y RUTEO DE LA SOLICITUD DE CONEXIÓN

El ruteo de la solicitud de conexión está gobernado por el protocolo de ruteo de ATM (que rutea las conexiones con base en las direcciones de origen y destino), el tráfico y

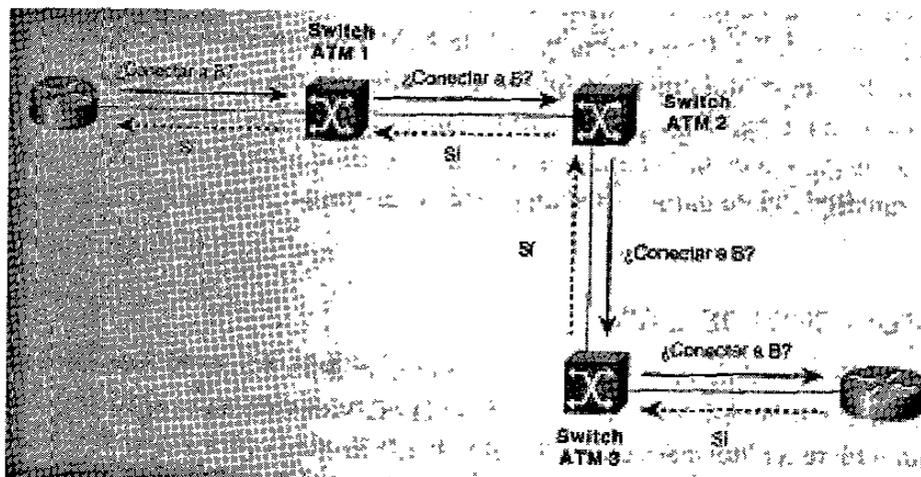


Figura 14-10

los parámetros QOS solicitados por el sistema terminal de origen. La negociación de una solicitud de conexión que es rechazada por el destino es limitada debido a que el ruteo de la llamada se basa en los parámetros de la conexión inicial; a su vez el cambio de los

parámetros puede afectar el ruteo de la conexión. La figura 14-10 presenta los puntos principales del método de un paso para el establecimiento de conexiones ATM:

## MENSAJES DE ADMINISTRACIÓN DE LA CONEXIÓN ATM

Para establecer y eliminar una conexión ATM se utiliza una gran cantidad de tipos de mensajes de administración de la conexión, entre los que se incluyen Establecimiento, Llamada en proceso, Conectar y Liberar. El sistema terminal de origen envía un mensaje de Establecimiento (incluyendo la dirección del sistema terminal de destino y cualquier parámetro QOS del tráfico) cuando desea establecer una conexión. El switch de entrada envía un mensaje de Llamada en proceso de regreso al origen en respuesta al mensaje de Establecimiento. El sistema terminal de destino, posteriormente, envía un mensaje Conectar si la conexión fue aceptada. El sistema terminal de destino envía un mensaje de Liberar de regreso al sistema terminal de origen si la conexión es rechazada, y de esta manera deja limpia la conexión.

Los mensajes de administración de la conexión se utilizan para establecer una conexión ATM de la manera siguiente: Primero, un sistema terminal de origen envía un mensaje de Establecimiento, el cual es direccionado al primer switch ATM (switch de entrada) en la red. Este switch envía un mensaje de Llamada en proceso e invoca un protocolo de ruteo de ATM. La solicitud de señalización se propaga por la red. El switch de salida (llamado switch de egreso) que está conectado al sistema terminal de destino recibe el mensaje de Establecimiento. El switch de egreso envía el mensaje de Establecimiento hacia el sistema terminal a través de su UNI y el sistema terminal de ATM envía un mensaje Conectar si se acepta la conexión. El mensaje Conectar atraviesa la red de regreso a lo largo de la misma trayectoria hacia el sistema terminal de origen, el cual envía un mensaje de Confirmación de la Conexión de regreso al destino para confirmar la conexión. La transferencia de datos, entonces, puede comenzar.

## EMULACIÓN DE LAN

La LANE (Emulación de LAN) es un estándar definido por el Foro de ATM, que ofrece a las estaciones conectadas vía ATM las mismas capacidades que pudieran tener normalmente las LAN tradicionales como Ethernet y Token Ring. Como su nombre sugiere, la función del protocolo LANE es emular una LAN arriba de una red ATM. Específicamente, el protocolo LANE define mecanismos para la emulación de una red LAN IEEE 802.3 Ethernet o una LAN IEEE802.5 Token Ring. El protocolo LANE actual no define un encapsulamiento diferente para FDDI. (Los paquetes de FDDI deben ser mapeados a las LAN Ethernet o Token Ring [las ELAN] por medio del uso de las técnicas de puenteo de traducción existentes). Tanto Fast Ethernet (100 BaseT) e IEEE 802.12 (100VG-AnyLAN) pueden mapearse sin ningún cambio debido a que utilizan los mismos formatos de paquetes. La figura 14-11 presenta una comparación entre una LAN física y una ELAN:

El protocolo LANE define una interfase de servicio para los protocolos de la capa superior (esto es, para la capa de red) que es idéntica a la correspondiente de las LANs

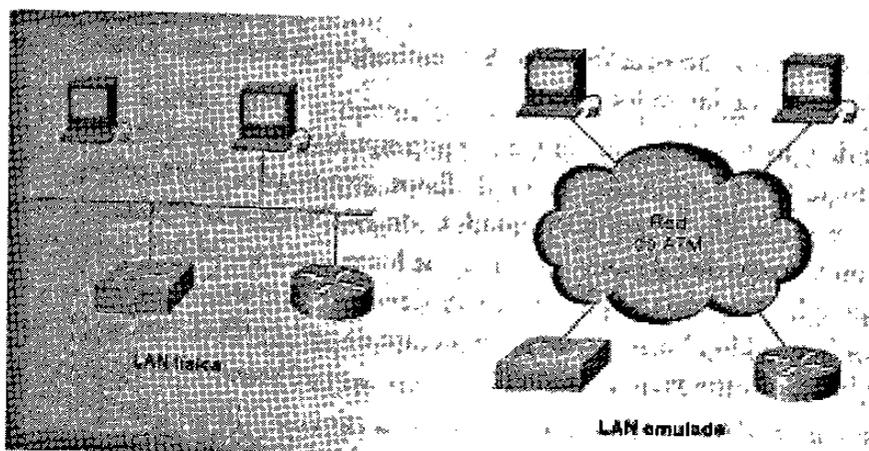


Figura 14-11

existentes. Los datos enviados a través de la red ATM se encapsulan en el formato de paquete LAN MAC adecuado. En palabras más sencillas, los protocolos LANE hacen

que una red ATM se vea y comporte como una LAN Ethernet o Token Ring - aunque opere mucho más rápido que una red LAN Ethernet o Token Ring real.

Es importante notar que la finalidad de la LANE no es emular el protocolo MAC real de la LAN específica en cuestión (esto es, CSMA/CD para Ethernet o estafeta circulante para Token Ring). LANE no requiere modificaciones en los protocolos de la capa superior para poder operar a través de una red ATM. Como el servicio LANE presenta la misma interfase de servicio de los protocolos MAC existentes hacia los manejadores de la capa de red (como una interfase de manejador NDIS u ODI), no se requiere ningún cambio en esos manejadores.

## ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS LANE

La función básica del protocolo LANE es la resolución de direcciones MAC en direcciones ATM. El objetivo es resolver dichos mapeos entre direcciones para que los sistemas terminales de LANE puedan establecer conexiones directas entre ellos mismos y, posteriormente enviar datos. El protocolo LANE se utilizará en dos tipos de equipo conectado a ATM: En las tarjetas de interfase de red ATM (NIC) y, en el equipo de conectividad y de conmutación LAN.

Las NICs de ATM implementará el protocolo interfase LANE en la red ATM, sin embargo, presentará la interfase de servicio de LAN existente a los manejadores de protocolos de los niveles superiores dentro de los sistemas terminales conectados. Los protocolos de la capa de red en los sistemas terminales continuarán comunicándose como si estuvieran en una LAN conocida, utilizando los procedimientos acostumbrados. Sin embargo, podrán utilizar el enorme ancho de banda de las redes ATM.

Un segundo tipo de mecanismos de red que implementará LANE consta de switches y ruteadores LAN conectados a ATM. Estos dispositivos, junto con hosts de ATM conectados directamente equipados con NIC de ATM, se utilizarán para ofrecer un servicio de LAN virtuales en el que los puertos en los switches LAN se asignarán a LANs

virtuales particulares independientemente de su localización física. La figura 14-12 muestra la arquitectura de protocolos LANE implementada en los dispositivos de la red ATM.

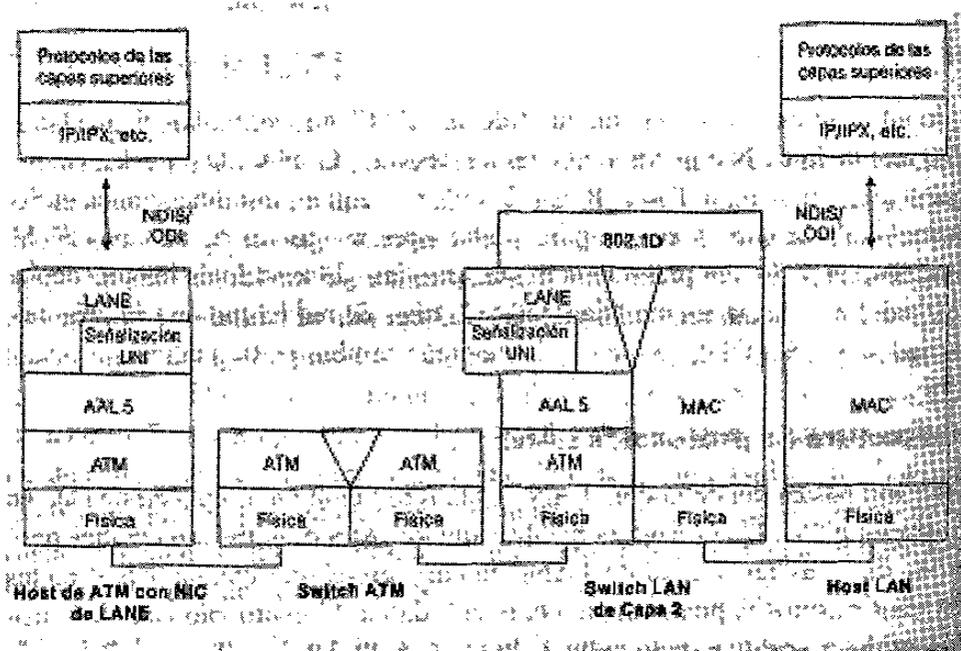


Figura 14-12

Notas: El protocolo LANE no impacta de manera directa en los switches ATM. LANE, como la mayoría de los otros protocolos de interconectividad de ATM, está construido sobre un modelo de capas. Como tales, los protocolos LANE trabajan de manera transparente sobre y a través de los switches ATM, utilizando solamente los procedimientos estándares de ATM.

## COMPONENTES DE LANE

El protocolo LANE define la operación de una sola LAN emulada (ELAN). (Una ELAN equivale a una LAN virtual [VLAN]). Aunque es posible que haya varias ELANs al mismo tiempo en una sola red ATM, una ELAN emula una Ethernet o una Token Ring y consta de los componentes siguientes:

- LEC (Cliente de Emulación de LAN) - El LEC es una entidad en un sistema terminal que desempeña el direccionamiento de datos, la resolución de direcciones y el registro de las direcciones MAC con el LES. El LEC también proporciona una interfase estándar de LAN para los protocolos de alto nivel en las LANs tradicionales. Un sistema terminal de ATM que se conecta a múltiples ELAN tendrá una LEC por cada ELAN.
- LES (Servidor de Emulación LAN) - Éste ofrece un punto de control central para que las LECs envíen información de control y de registro. (Sólo hay una LES por cada ELAN).
- BUS (Servidor de Difusión y Desconocido) - El BUS es un servidor de multidifusión que se utiliza para dispersar el tráfico con direcciones destino desconocidas y direccionar tráfico de multidifusión y difusión a clientes dentro de una ELAN particular. Cada LEC está asociada con un solo BUS por cada ELAN.
- LECS (Servidor de Configuración de la Emulación LAN) - El LECS conserva una base de datos de las LECs y las ELANSs a las que pertenecen. Este servidor acepta solicitudes de las LEC y responde con el identificador ELAN adecuado, es decir la dirección ATM del LES que da servicio a la ELAN apropiada. Hay un LECS por cada dominio administrativo da servicio a todas las ELAN dentro de ese dominio.

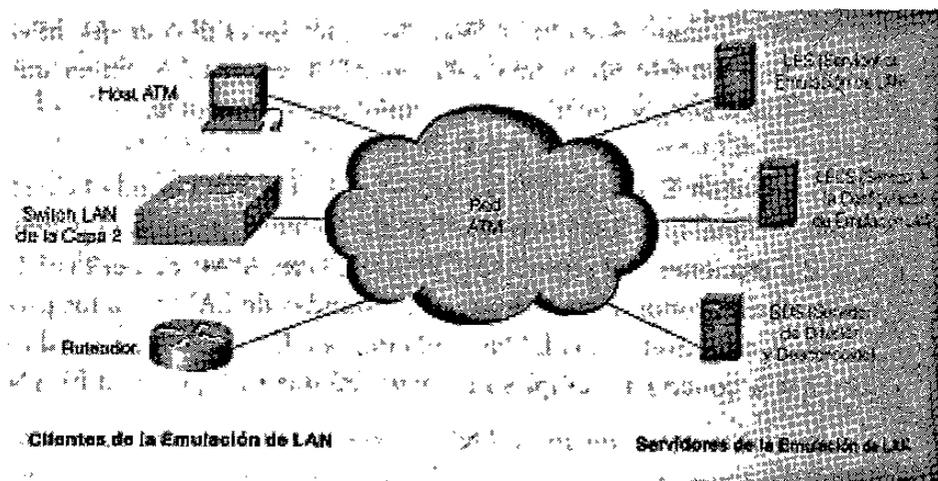


Figura 14-13

## TIPOS DE CONEXIÓN DE LA EMULACIÓN DE LAN

Las entidades LANE de la Fase 1 se comunican entre sí utilizando una serie de VCC (Conexiones de Circuito Virtual) de ATM. Las LECs mantienen conexiones separadas para la transmisión de datos y el control del tráfico. Las conexiones de datos de LANE son VCC para Datos Directos, VCC para Envío de Multidifusión y VCC para Reenvío de Multidifusión.

El VCC para datos directos es un VCC punto a punto bidireccional que se establece entre dos LECs que desean intercambiar datos. Típicamente, dos LECs utilizan el mismo VCC para Datos Directos para transportar todos los paquetes entre ellos más que abrir un nuevo VCC por cada par de direcciones MAC. Gracias a esta técnica se pueden conservar los recursos de conexión y la latencia del establecimiento de la conexión.

El VCC para envío de multidifusión es un VCC punto a punto bidireccional que establece el LEC para el BUS.

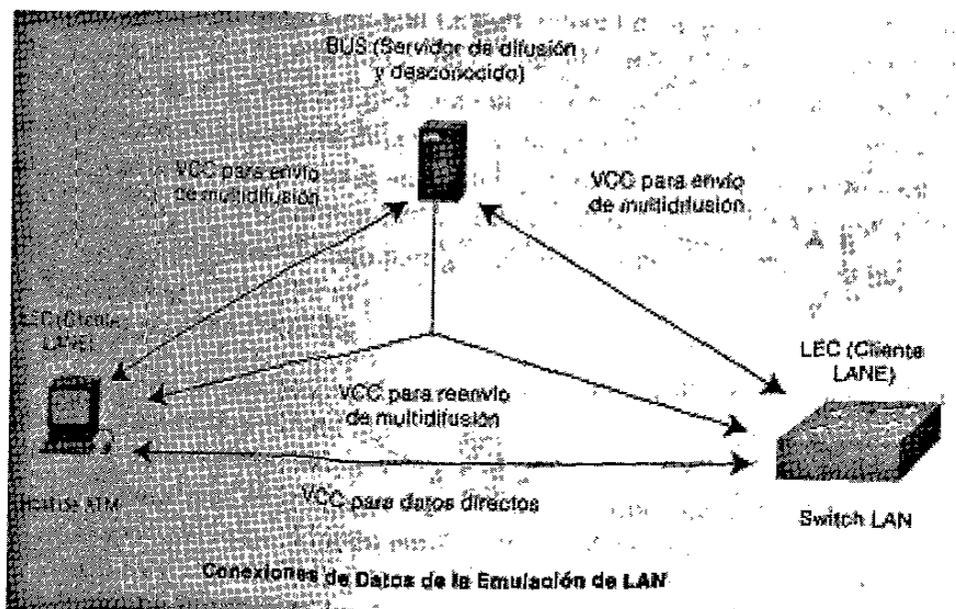


Figura 14-14

El VCC para reenvío de multidifusión es un VCC unidireccional que se establece hacia el LEC desde el BUS. Típicamente es una conexión punto a multipunto, donde cada LES es una hoja.

La figura 14-14 muestra las conexiones de datos de LANE.

Las conexiones de control incluyen el VCC para configuración directa, el VCC para control directo y el VCC para control distribuido. El VCC para configuración directa es un VCC punto a punto bidireccional que establece el LEC hacia el LES. El VCC para control distribuido es un VCC bidireccional que se establece desde un LES hasta el LEC (ésta es por lo regular una conexión punto a multipunto). La figura 14-15 muestra las conexiones de control de LANE.

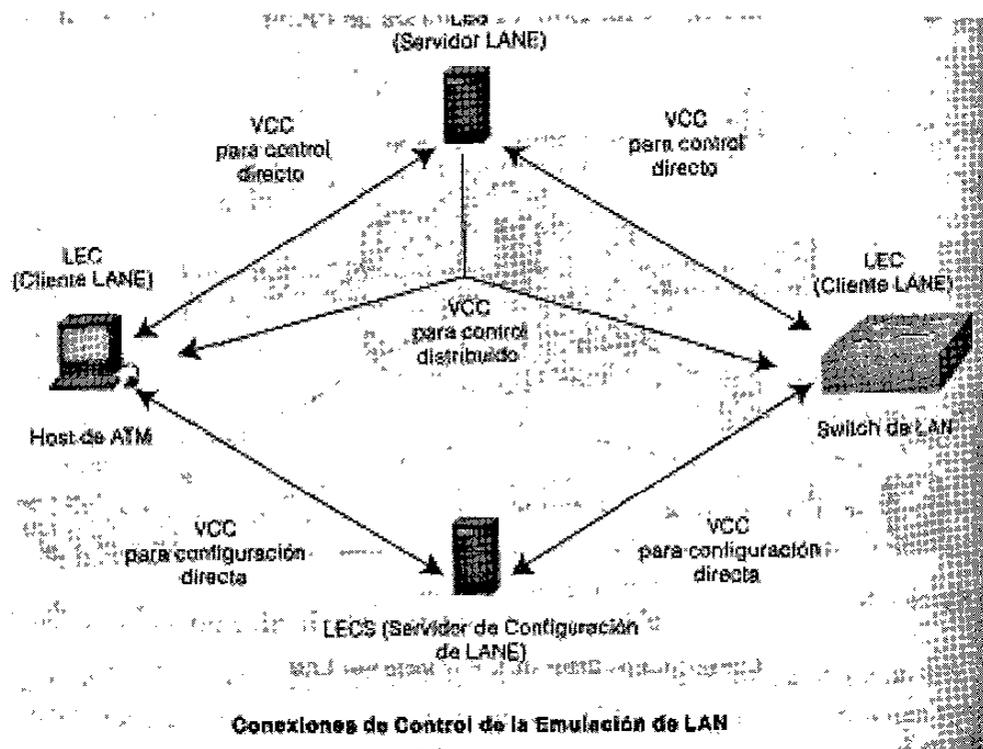


Figura 14-15

## OPERACIÓN DE LANE

La operación de un sistema LANE y sus componentes se entiende mejor si se examinan estas etapas de operación de LEC: inicialización y configuración; conexión y registro con los LES, encuentro y conexión al BUS, y transferencia de datos.

### INICIALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN

En la inicialización, un LEC busca al LECS para obtener la información requerida sobre la configuración. Este proceso comienza cuando el LEC obtiene su propia dirección de ATM, cosa que típicamente ocurre cuando el LEC registra su dirección.

Posteriormente, el LEC debe determinar la ubicación del LECS. Para hacer esto, el LEC debe ubicar primero al LECS por alguno de los siguientes métodos: utilizando un procedimiento ILMI definido para determinar la dirección LECS, utilizando una dirección LECS bien conocida, o utilizando una conexión permanente bien conocida hacia el LECS (VPI = 0, VCI = 17).

Cuando se ha encontrado el LECS, el LEC establece un VCC para configuración directa hacia el LECS y envía un LE\_CONFIGURE\_REQUEST. Si se encuentra un parámetro igual a éste, el LECS regresa un LE\_CONFIGURE\_RESPONSE hacia el LEC con la información de configuración que requiere para conectarse hacia la ELAN que desea, incluyendo lo siguiente: la dirección ATM del LES, el tipo de LAN que se está emulando, el tamaño máximo de paquete en la ELAN y el nombre de la ELAN (una cadena de texto para propósitos de despliegue).

### CONEXIÓN Y REGISTRO CON LES

Cuando un LEC se conecta con el LES y registra sus propias direcciones ATM y MAC, lo hace en tres pasos:

1. Después que LEC obtiene la dirección LES, opcionalmente LEC libera la conexión hacia el LECS, establece una VCC para control directo hacia el LES y envía un LE\_JOIN\_REQUEST en ese VCC. Esto le permite registrar sus propias direcciones MAC y ATM con LES y (opcionalmente) cualquier otra dirección MAC para la que es proxy. Esta información se conserva de tal forma que dos LECs no podrán registrar la misma dirección MAC o ATM.
2. Después de recibir el LE\_JOIN\_REQUEST, el LES verifica con el LECS vía su conexión abierta, comprueba la solicitud y confirma la membresía del cliente.
3. Una vez que la verificación ha tenido éxito, el LES agrega al LEC como una hoja de su VCC para control distribuido punto a multipunto y envía al LEC un LE\_JOIN\_RESPONSE exitoso que contiene un ID de Cliente de Emulación de LAN (LECID) único. El LECID es utilizado por el LEC para filtrar sus propios envíos de difusión desde el BUS.

## BÚSQUEDA Y CONEXIÓN DEL BUS

Ahora que el LEC se ha conectado de manera exitosa al LECS, su primera tarea es encontrar la dirección del BUS/s ATM para unirse al grupo de direccionamiento de difusión y convertirse en un miembro de la LAN emulada.

Primero, el LEC crea un paquete LE\_ARP\_REQUEST con la dirección MAC 0xFFFFFFFF. Después, el LEC envía este paquete especial LE\_ARP en el VCC para control directo hacia el LES. El LES reconoce que el LEC está buscando el BUS y responde con la dirección ATM del BUS en el VCC para control distribuido.

Cuando el LEC tiene la dirección ATM del BUS, se une al BUS creando primero un paquete de señalización con la dirección ATM del BUS y estableciendo un VCC para envío de multidifusión con el BUS. Una vez que ha recibido la solicitud de señalización, el BUS agrega el LEC como una hoja en su VCC para envío de multidifusión punto a

multipunto. El LEC ahora es un miembro de la ELAN y está listo para la transferencia de datos.

## TRANSFERENCIA DE DATOS

El estado final, la transferencia de datos, se compone de la resolución de la dirección ATM del LEC de destino y la transferencia de datos real, la cual debe incluir el procedimiento de actualización de flujo.

Cuando un LEC tiene un paquete para enviarlo hacia una dirección MAC con destino desconocido, debe descubrir la dirección ATM del LEC de destino a través de la cual puede llegar a la dirección particular. Para llevar a cabo lo anterior, el LEC envía primero la trama de datos hacia el BUS (vía el VCC para envío de multidifusión) para que sea distribuida a todos los LEC en la ELAN vía el VCC para reenvío de multidifusión. Esto se hace debido a que la resolución de la dirección de ATM puede tomar algún tiempo y muchos protocolos de red no pueden tolerar retardos.

Posteriormente, el LEC envía una trama de control de la LE\_ARP\_Request (Solicitud de Protocolo de Resolución de Direcciones de la Emulación de LAN) hacia el LES vía un VCC para control directo.

Si el LES conoce la respuesta, responderá con la dirección ATM del LEC que posee la dirección MAC en cuestión. Si el LES no se sabe la respuesta, distribuye el LE\_ARP\_REQUEST a alguno o a todos los LEC (bajo reglas que son paralelas a la distribución de la trama de datos real del BUS, pero a través de VCC para control directo y control distribuido en lugar de los VCC para envío de multidifusión y reenvío de multidifusión que utiliza el BUS). Si hay dispositivos de puenteo/conmutación donde el software de LEC participa en la ELAN, éstos traducirán el ARP a través de sus interfaces LAN.

En el caso de una transferencia de datos real, si se recibe un LE\_ARP, el LEC establece un VCC para directos hacia el nodo de destino y utiliza esto para transferir datos en vez de usar la trayectoria BUS. Sin embargo, antes de que pueda hacer esto, el LEC necesitará utilizar el procedimiento de flujo de LANE.

El procedimiento de actualización de flujo de LANE asegura que todos los paquetes enviados anteriormente hacia el BUS hayan sido entregados al destino antes de que se haya utilizado el VCC para datos directos. En el procedimiento de actualización de flujo, se envía una celda de control hasta la primera trayectoria de transmisión siguiendo al último paquete. Posteriormente, el LEC espera hasta que el destino confirme la recepción del paquete de actualización de flujo antes de utilizar la segunda trayectoria para enviar paquetes.

# GLOSARIO

**Tecnologías Ethernet** - Se exploran las características, componentes y operación de las tecnologías Ethernet, incluyendo Ethernet e IEEE 802.3, 100BaseT y 100VG-Any-LAN y Ethernet Gigabit.

**FDDI (Interfase de Datos Distribuidos por Fibra Óptica)** - Aquí se estudia la arquitectura de FDDI, las especificaciones, los medios de transmisión, los dispositivos, las facilidades de tolerancia a fallas y el formato de trama.

**"Tecnologías Wan"** es una descripción de las especificaciones y características de operación de las tecnologías y protocolos clave de las WAN (Redes de Área Amplia).

**Frame Relay** - Describe la operación y características de esta tecnología WAN a alta velocidad.

**HSSI (Interfase Serial de Alta Velocidad)** - Define qué es la interfase HSSI y describe el uso de la tecnología HSSI en implementaciones WAN T3.

**ISDN (Red Digital de Servicios Integrados)** - Expone la tecnología ISDN y describe el uso de ISDN como una tecnología WAN.

**PPP (Protocolo Punto a Punto)** - Analiza el protocolo PPP y describe el uso de PPP para permitir el acceso remoto en entornos WAN.

**SMDS (Servicio de Datos Conmutados a Multimegabit)** - Explica las características y operación del servicio ADSL, que es una tecnología WAN conmutada de gran ancho de banda.

**ADSL (Línea de Suscriptor Digital Asimétrica)** - Describe las características y operación de SMDS, que es una implementación WAN a alta velocidad.

**SDLC (Control de Enlace de Datos Síncrono y Derivados)** - Analiza el papel de SDLC como un protocolo de la capa de enlace de datos en redes SNA de IBM y describe la operación de los protocolos derivados.

**X.25** - Expone la operación y características de X.25.

**Conmutación ATM (Modo de transferencia Asíncrona)** – Explora la tecnología ATM, incluyendo componentes, tipos de conexión, el direccionamiento, los retos de la multidifusión y la LANE (Emulación de LAN).

**DLSw (Conmutación de Enlace de Datos)** – Define y describe la operación de la DLSw tal como está implementada para el transporte de tráfico SNA y NetBIOS a través de las WANs IP.

**Conmutación de LAN** – Analiza los orígenes de la conmutación LAN, los beneficios, las operaciones, los tipos y las aplicaciones.

**Conmutación de etiqueta** – Analiza la conmutación de etiqueta, incluyendo el TDP, los métodos de asignación de etiquetas y los diferentes módulos de ruteo.

**Puenteo en medios de transmisión diversos** – Define y describe el puenteo de traducción y el puenteo transparente origen ruta y revela los retos decisivos de implementación.

**SRB (Punteo Origen Ruta) – Analiza los conceptos de SRB, los estándares, el proceso de descubrimiento de la ruta y el formato de trama de RIF.**

**Punteo transparente – Estudia las operaciones del punteo transparente, los ciclos de ruteo y el algoritmo de árbol de recubrimiento.**