

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

Carrera: Sistemas Computacionales

Resumen Capitulo 9 al 11.

Alumno:

Reyes Villar Luis Ricardo | 21070343

Profesor: José Juventino Arias López

Materia: Fundamentos de Telecomunicaciones

Hora: 14:00 – 15:00 hrs

Grupo: 5503-A

Semestre: Agosto 2023 – Diciembre 2023

Capítulo 9. Conmutación de circuitos.

9.1 Redes Conmutadas.

El tratamiento de la tecnología y de la arquitectura de redes de conmutación de circuitos se inicia con el funcionamiento interno de un sencillo conmutador. Esto está en contraste con las redes de conmutación de paquetes, que son la mejor explicación para el comportamiento colectivo de un conjunto de conmutadores que componen una red.

La conmutación de circuitos se usa en redes telefónicas públicas y es la base de redes privadas. La técnica de conmutación de circuitos se desarrolló para tráfico de voz, aunque también puede gestionar tráfico de datos, en ocasiones resulta ineficiente.

En la conmutación de circuitos se establece un canal de comunicaciones dedicado entre dos estaciones. Se reservan recursos de transmisión y de conmutación de la red para su uso exclusivo en el circuito durante la conexión.

Esquemas simples de encaminamiento jerárquico han sido reemplazados por otros no jerárquicos más flexibles y potentes. Permite un incremento en la eficiencia y en la flexibilidad.

Desde la invención del teléfono, la conmutación de circuitos ha sido la tecnología dominante en las comunicaciones de voz, y así ha seguido siendo con la llegada de la RDSI.

La transmisión de datos a larga distancia se realiza generalmente mediante la transmisión de datos desde el origen hasta el destino a través de una red de nodos de conmutación intermedios. Este diseño de red conmutada se usa también a veces para implementar redes LAN. El propósito de estos últimos es proporcionar un servicio de conmutación que posibilite el intercambio de datos entre nodos hasta que alcancen su destino. Estas pueden ser computadoras, terminales, teléfonos u otros dispositivos de comunicación. A los dispositivos de conmutación cuyo objetivo es proporcionar la comunicación se les denomina nodos.

1. Algunos nodos sólo se conectan con otros nodos, su única tarea es la conmutación interna de los datos. Otros nodos tienen también conectadas una o más estaciones, de modo que además de sus funciones de conmutación estos nodos aceptan datos desde y hacia las estaciones conectadas a ellos.
2. Los enlaces entre nodos están normalmente multiplexados, utilizándose multiplexación por división de frecuencias (FDM) o por división en el tiempo (TDM).

3. Generalmente, la red no está completamente conectada; es decir, no existe un enlace directo entre cada posible pareja de nodos. Siempre resulta deseable tener más de un camino posible a través de la red para cada par de estaciones. Esto la red.

En las redes conmutadas de área amplia se emplean dos tecnologías diferentes: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Estas dos tecnologías difieren en la forma en que los nodos conmutan la información entre enlaces en el camino desde el origen hasta el destino.

9.2 Redes de conmutación de circuitos.

Las comunicaciones mediante la conmutación de circuitos implican la existencia de un camino o canal de comunicaciones dedicado entre dos estaciones, que es una secuencia de enlaces conectados entre nodos de la red. En cada uno de los enlaces físicos se dedica un canal lógico para cada conexión establecida. La comunicación vía la conmutación de circuitos implica tres fases:

1. Establecimiento del circuito.
2. Transferencia de datos.
3. Desconexión del circuito.

La conmutación de circuitos puede llegar a ser bastante ineficiente. La capacidad del canal se dedica permanentemente a la conexión mientras dura ésta, incluso si no se transfieren datos. Existe un retardo previo a la transferencia de las señales debido al establecimiento de la llamada. Una vez establecido el circuito la red es transparente para los usuarios. La información se transmite a una velocidad fija sin otro retardo que el de propagación a través de los enlaces de transmisión, siendo despreciable el retardo introducido por cada nodo de la ruta.

La conmutación de circuitos fue desarrollada para el tráfico de voz, pero en la actualidad se usa también para el tráfico de datos.

Una red pública de telecomunicaciones se puede describir a través de los cuatro componentes que forman su arquitectura:

- **Abonados:** son los dispositivos que se conectan a la red. La mayoría de los dispositivos de abonado en redes de telecomunicaciones públicas siguen siendo en la actualidad los teléfonos.
- **Bucle local:** es el enlace entre un abonado y la red, también denominado *bucle de abonado* o *línea de abonado*. En casi todas las conexiones de bucle local está normalmente comprendida en el rango que va desde unos pocos kilómetros hasta varias decenas de ellos.
- **Centrales:** son los centros de conmutación de la red. Aquellos centros de conmutación directamente los abonados se denominan *centrales finales*.

- **Líneas principales:** son los enlaces entre centrales. Las líneas principales transportan varios circuitos de voz haciendo uso de FDM o de TDM síncrona.

Los abonados se conectan directamente a una central final, que conmuta el tráfico entre abonados y entre un abonado y otras centrales de larga distancia. Las otras centrales son responsables de encaminar y conmutar el tráfico entre centrales finales.

La tecnología de conmutación de circuitos se desarrolló para las aplicaciones de tráfico de voz. Uno de los aspectos clave de tráfico de voz es que no debe haber prácticamente retardo en la transmisión ni variaciones en el mismo. La velocidad de transmisión de la señal se debe mantener constante. Estos requisitos son necesarios para permitir una conversación humana normal.

La conmutación de circuitos está ampliamente extendida, ocupando una posición predominante debido a que es adecuada para la transmisión analógica de señales de voz. En el mundo digital actual resultan más relevantes sus limitaciones. A pesar de sus inconvenientes, la conmutación de circuitos continúa siendo una alternativa tanto para redes de área local como para redes de área amplia.

9.3 Conceptos de Conmutación de circuitos.

La parte central de todo sistema modernos es el conmutador digital, cuya función es proporcionar una ruta transparente entre cualesquiera dos dispositivos conectados. El camino es transparente en el sentido de que parece como si existiese una conexión directa entre los dispositivos.

El elemento de interfaz de red incluye las funciones y el hardware necesarios para conectar dispositivos digitales, tales como dispositivos de procesamiento de datos y teléfonos digitales, a la red.

La unidad de control realiza tres tareas generales. En primer lugar, establece conexiones, lo cual se realiza generalmente bajo demanda. Para establecer la conexión, la unidad de control debe gestionar y confirmar la petición, determinar si la estación de destino está libre y construir una ruta a través del conmutador. En segundo lugar, la unidad de control debe mantener la conexión. Dado que el conmutador digital utiliza una aproximación por división en el tiempo. Por último, la unidad de control debe liberar la conexión, bien en respuesta a una solicitud generada por una de las partes o por razones propias.

Una característica importante de un dispositivo de conmutación de circuitos es si es bloqueante o no bloqueante. El bloqueo ocurre cuando la red no puede conectar a dos estaciones debido a que todos los posibles caminos entre ellas están siendo ya utilizados.

Una red bloqueante es aquella en la que es posible el bloqueo. Una red no bloqueante se caracteriza porque permite que todas las estaciones se conecten simultáneamente y garantiza el servicio a todas las solicitudes de conexión posibles siempre que el destino esté libre.

Conmutación por división en el espacio.

La conmutación por división en el espacio se desarrolló originalmente para entornos analógicos, desplazándose posteriormente al contexto digital. Los principios fundamentales de un conmutador son los mismos tanto si se usa para transportar señales analógicas como para el transporte de señales digitales.

Es aquel en el que las rutas de señal que se establecen son físicamente independientes entre sí. Cada conexión necesita el establecimiento o de un camino físico a través del conmutador que se dedique únicamente a la transferencia de señales entre los dos extremos. El bloque básico de un conmutador consiste en una matriz de conexiones metálicas o puerta semiconductoras que una unidad de control puede habilitar o deshabilitar.

Los conmutadores matriciales presentan varias limitaciones:

- El número de conexiones crece con el cuadrado del número de estaciones conectadas, lo cual resulta costoso para conmutadores grandes.
- La pérdida de un cruce impide la conexión entre los dos dispositivos cuyas líneas interseccionan en ese punto de cruce.
- Las conexiones se utilizan de forma ineficiente; incluso cuando todos los dispositivos conectados se encuentran activos, sólo está ocupada una pequeña fracción de los puntos de cruce.

Para superar estas limitaciones se emplean conmutadores multietapa. Esta solución presenta dos ventajas sobre una matriz de una sola etapa:

- El número de conexiones se reduce, aumentando la utilización de las líneas de cruce.
- Existe más de una ruta a través de la red para conectar dos extremos, incrementándose así la seguridad de la red.

Una red multietapa necesita un esquema de control mas complejo. Para establecer un camino en una red de una etapa sólo se necesita habilitar una única puerta. En una red multietapa se debe determinar una ruta libre a través de las etapas habilitando las puertas correspondientes.

Conmutación por división en el tiempo.

En lugar de utilizar los sistemas relativamente torpes por división en el espacio, los sistemas digitales modernos se basan en el control inteligente de elementos de división en el espacio y de división en el tiempo.

La conmutación por división en el tiempo involucra la fragmentación de una cadena de bits de menor velocidad en segmentos que compartirán una secuencia de velocidad superior con otras cadenas de bits. Los fragmentos individuales, se gestionan por parte de la lógica de control con el fin de encaminar los datos desde la entrada hacia la salida.

La conmutación mediante bus TDM, y todas las técnicas de conmutación digital, se fundamentan en la utilización de la multiplexación por división en el tiempo síncrona (TDM).

9.4 Encaminamiento en redes de conmutación de circuitos.

En una red grande de conmutación de circuitos muchas de las conexiones de circuitos necesitan una ruta que pase a través de más de un conmutador.

Existen dos requisitos fundamentales para la arquitectura de red: eficiencia y flexibilidad. Es deseable minimizar la cantidad de equipos en la red teniendo en cuenta que debe ser capaz de aceptar toda la carga esperada. La necesidad de carga se expresa durante los periodos de más actividad a lo largo del día. Otro es la flexibilidad. Aunque la red se puede dimensionar teniendo en cuenta el tráfico en horas punta, es posible que la carga supere temporalmente este nivel. Puede darse el caso de que los conmutadores y las líneas fallen y se encuentren momentáneamente inaccesibles. Sería deseable que la red proporcionase un nivel razonable de servicio incluso bajo tales circunstancias.

El punto clave de diseño que determina la naturaleza del compromiso entre eficiencia y flexibilidad es la estrategia de encaminamiento. Tradicionalmente, la función de encaminamiento en redes de telecomunicaciones públicas ha sido bastante simple.

9.5 Señalización de control.

Las señales de control constituyen el medio mediante el que se gestiona la red y por el que se establecen, mantienen y finalizan las llamadas. Tanto la gestión de las llamadas como la gestión de la red necesitan que se intercambie información entre el abonado y los conmutadores, entre los conmutadores entre sí y entre los conmutadores y el centro de gestión de red. En las grandes redes de telecomunicaciones se precisa un esquema de señalización de control relativamente complejo.

Funciones de señalización.

Las señales de control afectan a varios aspectos relativos al funcionamiento de la red, incluyendo tanto a los servicios de la red visibles por el abonado como a los

procedimientos internos. Entre las funciones más importantes se encuentran las siguientes:

1. Comunicación audible con el abonado
2. Transmisión del numero marcado a las centrales de conmutación
3. Transmisión de información entre los conmutadores indicando que una llamada dada no se puede establecer.
4. Transmisión de información entre conmutadores.
5. Generación en la señal que hace que el teléfono suene.
6. Transmisión de información con fines de tarificación,
7. Transmisión de información indicando el estado de los equipos y líneas principales de la red. Esta información se puede emplear con fines de encaminamiento y mantenimiento.
8. Transmisión de información utilizada para el diagnostico y aislamiento de fallos en el sistema.
9. Control de equipos especiales tales como equipos para canales vía satélite.

Localización de la señalización.

Es necesario considerar la señalización de control en dos contextos: La señalización entre el abonado y la red y la señalización dentro de la red. La señalización funciona de forma diferente en estos dos contextos.

Señalización por canal común.

La señalización intracanal se usa el mismo canal para transportar tanto las señales de control como la llamada propiamente dicha. Esta señalización comienza en el abonado origen y sigue la misma ruta que la llamada en sí.

La señalización por canal común es en la que las señales de control se transmiten por rutas completamente independientes de los canales de voz.

Capítulo 10. Conmutación de paquetes.

10.1 Principios de conmutación de paquetes.

- La técnica de conmutación de paquetes se diseñó para ofrecer un servicio más eficiente que el proporcionado por la conmutación de circuitos.
- Un elemento clave distintivo de las redes de conmutación de paquetes lo constituye el hecho de que el funcionamiento interno puede basarse en datagramas o en circuitos virtuales.
- La función de encaminamiento de una red de conmutación de paquetes trata de encontrar la ruta de mínimo coste a través de la red, estando el parámetro de coste basado en el número de saltos, el retardo esperado u otras métricas.
- X.25 es el protocolo estándar para la interfaz entre los sistemas finales y una red de conmutación de paquetes.

La red de telecomunicaciones de conmutación de circuitos de larga distancia se diseñó para el tráfico de voz. Una característica fundamental de las redes de conmutación de circuitos es que se dedican recursos internos de la red a una llamada particular. A medida que las redes de conmutación de circuitos se han ido utilizando de forma creciente para conexiones de datos, se ponen de manifiesto dos problemas:

- En una conexión de datos usuario/estación típica la línea está desocupada la mayor parte del tiempo. Por tanto, la técnica de conmutación de circuitos resulta ineficiente para conexiones de datos.
 - En una red de conmutación de circuitos la conexión ofrece una velocidad de datos constante, de modo que los dispositivos conectados deben transmitir y recibir a la misma velocidad. Esto limita la utilidad de la red para la interconexión de distintos tipos de computadores y estaciones de trabajo.
- La eficiencia de la línea es superior, ya que un único enlace entre dos nodos se puede compartir dinámicamente en el tiempo por varios paquetes. Por el contrario, en la conmutación de circuitos la capacidad temporal de un enlace se reserva a priori mediante la utilización de la técnica de multiplexación por división en el tiempo síncrona, por lo que el enlace puede estar desocupado la mayor parte del tiempo dado que una parte de este se dedica a una conexión sin datos.
- Una red de conmutación de paquetes puede realizar una conversación en la velocidad de los datos.

- Cuando aumenta el tráfico en una red de conmutación de circuitos, algunas llamadas se bloquean; es decir, la red rechaza la aceptación de solicitudes de conexión adicionales mientras no disminuya la carga de la red.
- Se puede hacer uso de prioridades, de modo que, si un nodo tiene varios paquetes en cola para su transmisión, este puede transmitir primero aquellos con mayor prioridad.

Técnica de conmutación.

Existen dos aproximaciones usadas en las redes actuales: datagramas y circuitos virtuales.

En la técnica de datagrama cada paquete se trata de forma independiente, sin referencia alguna a los paquetes anteriores.

En la técnica de circuito virtual se establece una ruta previa al envío de los paquetes.

La principal característica de la técnica de circuitos virtuales es que la ruta entre las estaciones se establece antes de la transferencia de los datos.

Una ventaja del empleo de la técnica de datagrama es que no existe la fase de establecimiento de llamada. De esta forma, si una estación desea enviar sólo uno o pocos paquetes, el envío datagrama resultará más rápido. Otra ventaja del servicio datagrama es que, dado que es más rudimentario, resulta más flexible.

Comparación de las técnicas de conmutación de circuitos y de paquetes.

- **Retardo de propagación:** es el tiempo que tarda la señal en propagarse desde un nodo hasta el siguiente. Este tiempo es generalmente despreciable, ya que la velocidad de las señales electromagnéticas a través de un cable, por ejemplo, es generalmente de 2×10^8 m/s.
- **Tiempo de transmisión:** es el tiempo que tarda en transmisor en enviar un bloque de datos.
- **Retardo de nodo:** es el tiempo que tarda un nodo en realizar los procesos necesarios para la conmutación de datos.

En conmutación de circuitos existe un cierto retardo antes de que se pueda enviar el mensaje. Una vez establecida la conexión, el mensaje se envía como un único bloque, sin retardos en los nodos de conmutación.

La técnica de conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales parece muy similar a la de conmutación de circuitos. Un circuito virtual se solicita mediante el uso de un paquete de Petición de Llamada, lo que provoca un retardo en cada nodo. El circuito virtual se acepta mediante un paquete Llamada Aceptada. Al contrario que en el caso de conmutación de circuitos, la aceptación de llamada también experimenta retardos en los nodos, aunque la ruta del circuito virtual se encuentre ya establecida.

La técnica de conmutación de paquetes mediante datagramas no precisa un establecimiento de la llamada, de modo que, para mensajes cortos resulta más rápida que la conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales y, quizás, que la conmutación de circuitos.

Otras características.

Conmutación de circuitos	Conmutación de paquetes mediante datagramas	Conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales
Ruta de transmisión dedicada	Ruta no dedicada	Ruta no dedicada
Transmisión de datos continua	Transmisión de paquetes	Transmisión de paquetes
Suficientemente rápida para aplicaciones interactivas	Suficientemente rápida para aplicaciones interactivas	Suficientemente rápida para aplicaciones interactivas
Los mensajes no se almacenan	Los paquetes se pueden almacenar hasta su envío	Los paquetes se almacenan hasta su envío
La ruta se establece para toda la conversación	La ruta se establece para cada paquete	La ruta se establece para toda la conversación
Existe retardo de establecimiento de la llamada; retardo de transmisión despreciable	Retardo de transmisión de paquetes	Existe retardo de establecimiento de la llamada y de transmisión de los paquetes
Uso de señal de ocupado si la parte llamada está ocupada	Se puede notificar al emisor acerca de que un paquete no se ha enviado	Se notifica al emisor sobre la denegación de conexión
La sobrecarga puede bloquear el establecimiento de la llamada; no existe retardo en las llamadas ya establecidas	La sobrecarga aumenta el retardo de paquete	La sobrecarga puede bloquear el establecimiento de la llamada; aumenta el retardo de paquete
Conmutación electromecánica o computerizada	Nodos de conmutación pequeños	Nodos de conmutación pequeños
El usuario es el responsable de la protección ante pérdidas del mensaje	La red puede ser la responsable de paquetes individuales	La red puede ser la responsable de secuencias de paquetes
No existe generalmente conversión de velocidad ni de código	Existe conversión de velocidad y de código	Existe conversión de velocidad y de código
Ancho de banda fijo	Uso dinámico del ancho de banda	Uso dinámico del ancho de banda
No existen bits suplementarios tras el establecimiento de la llamada	Uso de bits suplementarios en cada paquete	Uso de bits suplementarios en cada paquete

Funcionamiento externo e interno.

Una de las características más importantes de una red de conmutación de paquetes es el uso de datagramas o de circuitos virtuales. En la interfaz entre una estación y un nodo de red, la red puede ofrecer tanto un servicio orientado a conexión como uno no orientado a conexión.

En un servicio no orientado a conexión la red gestiona los paquetes de forma independiente, pudiendo enviarlos desordenada o inadecuadamente. Este tipo de servicio se conoce a veces como servicio de datagrama externo.

Estas decisiones de diseño interno y externo no necesitan ser coincidentes:

- **Circuito virtual externo, circuito virtual interno:** cuando el usuario solicita un circuito virtual se crea una ruta dedicada a través de la red, de forma que todos los paquetes siguen ese mismo camino.
- **Circuito virtual externo, datagrama interno:** la red gestiona cada paquete de forma separada, de modo que, los distintos paquetes correspondientes a un mismo circuito virtual externo pueden seguir rutas diferentes.
- **Datagrama externo, datagrama interno:** cada paquete se trata de forma independiente tanto desde el punto de vista del usuario como desde el de la red.
- **Datagrama externo, circuito virtual interno:** el usuario externo no ve conexión alguna, limitándose a enviar paquetes a lo largo del tiempo. En cambio, la red establece una conexión lógica entre estaciones para el envío de paquetes, pudiéndose mantener esta conexión durante un largo periodo de tiempo con objeto de satisfacer futuras necesidades.

10.2 Encaminamiento.

Uno de los aspectos más complejos y cruciales del diseño de redes de conmutación de paquetes es el encaminamiento.

Características.

La función primordial de una red de conmutación de paquetes es aceptar paquetes procedentes de una estación emisora y enviarlos hacia una estación destino. Se debe realizar una función de encaminamiento. Los requisitos de esta función comprenden:

- Exactitud
- Simplicidad
- Robustez
- Estabilidad
- Imparcialidad

- Optimización
- Eficiencia

Criterios de funcionamiento.

La elección de una ruta se fundamenta generalmente en algún criterio de funcionamiento. El más simple consiste en elegir el camino con menor número de saltos a través de la red. Este es un criterio que se puede medir fácilmente y que debería minimizar el consumo de recursos de la red. Una generalización del criterio de menor número de salto lo constituye el encaminamiento mínimo de coste.

Instante y lugar de decisión.

Las decisiones de encaminamiento se realizan de acuerdo con algún criterio de funcionamiento. Dos cuestiones importantes de esta decisión son el instante temporal y el lugar en que se toma la decisión.

El instante de decisión viene determinado por el hecho de que la decisión de encaminamiento se hace en base a un paquete o a un circuito virtual.

El término lugar de decisión hace referencia al nodo o nodos en la red responsable de la decisión de encaminamiento.

El instante y el lugar de decisión son variables de diseño independientes. En una red de circuitos virtuales, cada nodo recuerda la decisión de encaminamiento tomada cuando se estableció el circuito virtual, de modo que, se limita a transmitir los paquetes sin tomar decisiones nuevas.

Fuente de información de la red y tiempo de actualización.

La mayor parte de las estrategias de encaminamiento requieren que las decisiones se tomen en base al conocimiento de la topología de la red, la carga y el coste de los enlaces. Algunas estrategias como la de inundaciones y el encaminamiento aleatorio no hacen uso de ninguna información para la transmisión de los paquetes.

En el encaminamiento distribuido, en el que la decisión de encaminamiento se toma en cada uno de los nodos, estos hacen uso de información local como es el coste asociado los distintos enlaces de salida; también pueden utilizar información de los nodos adyacentes, tal como la congestión experimentada en cada nodo.

Un concepto relacionado es el de tiempo de actualización de la información, el cual es función de la fuente de información y de la estrategia de encaminamiento.

Estrategias de encaminamiento.

Existen numerosas estrategias de encaminamiento para abordar las necesidades de encaminamiento en redes de conmutación de paquetes.

- **Encaminamiento estático:** se configura una única y permanente ruta para cada par de nodos origen-destino en la red, pudiéndose utilizar para ello cualquiera de los algoritmos de encaminamiento mínimo coste.
- **Inundaciones:** no precisa ninguna información sobre la red y funciona como sigue. Un nodo origen envía un paquete a todos sus nodos vecinos, los cuales, a su vez, lo envían sobre todos los enlaces de salida excepto por el que llegó.
- **Encaminamiento aleatorio:** presenta con menor tráfico, la sencillez y robustez de la técnica de inundaciones. En esta técnica, un nodo selecciona un único camino de salida para retransmitir un paquete entrante.
- **Encaminamiento adaptable:** las decisiones de encaminamiento cambian en la medida que lo hacen las condiciones de la red. Las principales condiciones que influyen en las decisiones de encaminamiento son:
 - **Fallos:** cuando un nodo o una línea principal fallan, no pueden volver a ser usados como parte de una ruta.
 - **Congestión:** cuando una parte de la red sufre una congestión importante, es deseable encaminar a los paquetes de forma que se rodease la zona congestionada en lugar de realizar el encaminamiento a través de ella.

10.3 X.25

Uno de los protocolos estándares más ampliamente usado es X.25. El estándar especifica tres capas de protocolos:

- Capa física
- Capa de enlace
- Capa o nivel de paquete

Estas tres capas corresponden a las tres capas inferiores del modelo OSI. La capa física trata la interfaz física entre una estación y el enlace que la conecta con uno nodo de conmutación de paquetes.

Servicio de circuito virtual.

El servicio de circuito virtual de X.25 ofrece dos tipos de circuitos virtuales: llamadas virtuales y circuitos virtuales permanentes. Una llamada virtual es un circuito virtual que se establece dinámicamente mediante una petición de llamada y una liberación de llamada como se describe más adelante. Un circuito virtual permanente es un circuito virtual fijo asignado en la red. La transferencia de los datos se produce como con las llamadas virtuales, pero en este caso no se necesita realizar ni el establecimiento ni el cierre de la llamada.

Formato De Paquete.

Los datos de usuario se segmentan en bloques con un cierto tamaño máximo, añadiéndosele a cada segmento una cabecera de 24, 32 o 56 bits para formar un

paquete de datos. En el caso de que se utilice un número de secuencia de 15 bits para indicar el circuito virtual, la cabecera comienza con un octeto identificador de protocolo de valor 00110000. La cabecera incluye 12 bits para especificar un número de circuito virtual (4 bits para el número de grupo y 8 bits para el número de canal). Los campos P(S) y P(R) se usan para el control de flujo y de errores a través del circuito virtual tal como se explica más adelante. El bit Q no se encuentra definido en el estándar y lo utiliza el usuario para distinguir entre dos tipos de datos.

Además de la transmisión de datos de usuario, X.25 debe transmitir información de control relativa al establecimiento, mantenimiento y liberación de circuitos virtuales. Esta información se transmite en paquetes de control, cada uno de los cuales incluye el número de circuito virtual, el tipo de paquete, que identifica la función de control específica, e información de control adicional relacionada con esta función. Por ejemplo, un paquete Petición de Llamada incluye los siguientes campos adicionales:

- Longitud de la dirección del DTE llamante (4 bits): es la longitud del campo de dirección correspondiente, en unidades de 4 bits.
- Longitud de la dirección del DTE llamado (4 bits): es la longitud del campo de dirección correspondiente, en unidades de 4 bits.
- Direcciones DTE (variable): direcciones de los DTE llamante y llamado.
- Campo de facilidades: es una secuencia de facilidades. Cada facilidad especificada consta de un código de 8 bits y ninguno o varios códigos de parámetros. Un ejemplo de facilidad es la carga en sentido contrario.

Multiplexación.

Quizás el servicio más importante ofrecido por X.25 sea la multiplexación. Un DTE puede establecer hasta 4.095 circuitos virtuales simultáneamente con otros DTE sobre el mismo enlace físico DTE-DCE. El DTE puede asignar internamente estos circuitos como le plazca. Cada uno de los circuitos virtuales corresponde, por ejemplo, a una aplicación, a un proceso o a un terminal. La línea DTE-DCE permite multiplexación full-duplex; es decir, un paquete asociado a un circuito virtual dado se puede transmitir en ambos sentidos en cualquier instante de tiempo.

Para saber qué paquetes pertenecen a cada circuito virtual, cada paquete contiene un número de circuito virtual de 12 bits. La asignación de números de circuito virtual sigue la convención que se muestra en la Figura 10.18. El número cero se reserva siempre para paquetes de diagnóstico comunes a todos los circuitos virtuales. Se usan rangos contiguos de números para cuatro categorías de circuitos virtuales. A los circuitos virtuales permanentes se les asigna números que comienzan por 1. La siguiente categoría la constituyen las llamadas virtuales entrantes, lo que significa que sólo a las llamadas procedentes de la red se les puede asignar estos números; el circuito virtual, en cambio, es en los dos sentidos (full-duplex). Cuando se recibe una solicitud de llamada, el DCE selecciona un número libre de esta categoría.

Las llamadas salientes en un solo sentido (unidireccionales) se inician por parte del DTE, de modo que es él quien elige en este caso uno de los números libres reservados para estas llamadas. Esta separación de categorías está pensada para evitar la selección simultánea por parte del DTE y del DCE del mismo número para dos circuitos virtuales diferentes.

La categoría de llamadas virtuales en ambos sentidos o bidireccionales prevé un desbordamiento para la reserva compartida por el DTE y el DCE, lo que permite diferencias en los picos del flujo de tráfico.

Control De Flujo Y De Errores

El control de flujo y de errores en el nivel de paquete de X.25 es básicamente idéntico en formato y funcionamiento al control de flujo realizado por el protocolo HDLC descrito en el Capítulo 7. Se hace uso de un protocolo de ventana deslizante en el que cada paquete incluye un número de secuencia correspondiente al paquete enviado, P(S), y un número de secuencia relativo al paquete recibido, P(R). Aunque por defecto se utilizan números de secuencia de 3 bits, un DTE puede solicitar, de forma opcional a través del mecanismo de facilidades de usuario, el empleo de números de secuencia de 7 o de 15 bits.

El campo P(S) se asigna por parte del DTE a los paquetes salientes de acuerdo con el circuito virtual al que se asocian; es decir, el campo P(S) de cada nuevo paquete de salida sobre un circuito virtual es uno más que el del anterior paquete de ese circuito, módulo 8 (o módulo 128 o módulo 32.768). El campo P(R) contiene el número del siguiente paquete esperado por el otro extremo de un circuito virtual dado, siendo usado para la confirmación en la técnica de incorporación de confirmaciones (piggybacking). Si uno de los extremos no dispone de datos que enviar, puede llevar a cabo la confirmación de los paquetes recibidos mediante los paquetes de control Preparado para Recibir (RR, Receive Ready) y No Preparado para Recibir (RNR, Receive Not Ready), cuyo significado es el mismo que en el protocolo HDLC. El tamaño implícito de ventana es 2, pudiendo llegar a ser igual a 7 o a 32.767 para números de secuencia de 7 bits y de 15 bits, respectivamente.

El mecanismo de confirmación (en forma del campo P(R) en los datos o a través de los paquetes RR y RNR), y en consecuencia el control de flujo, puede tener significado local o extremo a extremo de acuerdo con el valor del bit D. Si D = 0 (situación usual), la confirmación tiene lugar entre el DTE y la red, lo cual se usa por el DCE local y/o la red para confirmar la recepción de paquetes y realizar el control de flujo desde el DTE hacia la red. Si D = 1, las confirmaciones proceden del DTE remoto.

El esquema de control de errores consiste en la técnica ARQ adelante-atrás-N («go-back-N»). Las confirmaciones negativas se llevan a cabo en forma de paquetes de control Rechazo (REJ, Reject), de modo que si un nodo recibe un paquete de este tipo retransmitirá el paquete especificado y todos los siguientes.

Secuencias De Paquetes

X.25 posibilita la identificación de secuencias contiguas de paquetes de datos, lo que se conoce como secuencia completa de paquetes. Esta característica presenta varios usos. Uno importante es su empleo en la interconexión de redes (descrita en la Parte V del libro) para permitir el envío de bloques de datos de tamaño mayor al permitido por la red sin que pierdan su integridad.

Para especificar este mecanismo, X.25 define dos tipos de paquete: paquetes A y paquetes B. Un paquete de tipo A es aquel en el que el bit M toma el valor 1, el bit D el valor 0 y el paquete está completo (su longitud es la máxima permitida). Un paquete de tipo B es cualquier paquete que no sea de tipo A. Así, una secuencia completa de paquetes consiste en cero o más paquetes A seguidos de un paquete de tipo B. La red puede combinar esta secuencia para construir paquetes más grandes; asimismo, la red puede dividir un paquete de tipo B en paquetes de menor tamaño para producir una secuencia completa de paquetes.

La forma en que se gestiona el paquete B depende del valor de los bits M y D. Si $D = 1$, el DTE receptor envía una confirmación extremo a extremo hacia el DTE emisor, lo que indicaría una confirmación de la secuencia completa de paquetes. Si $M = 1$, existen secuencias de paquetes completas adicionales. Esto posibilita la creación de subsecuencias como parte de una secuencia más larga, de modo que se puede producir la confirmación extremo a extremo antes de que finalice la secuencia más larga.

En la Figura 10.19 se muestran algunos ejemplos acerca de estos conceptos. Es responsabilidad de los DCE reorganizar los cambios en la numeración de la secuencia causados por la segmentación y llevar a cabo la agrupación o ensamblado.

REINICIO Y REARRANQUE

X.25 proporciona dos facilidades para la recuperación de errores. La facilidad de reinicio se usa para reiniciar un circuito virtual, lo que significa que los números de secuencia se hagan igual a cero en ambos extremos y que se pierdan los paquetes de datos o de interrupción en tránsito. Es función de un protocolo de nivel superior la recuperación de los paquetes perdidos. Un reinicio puede estar provocado por diversas condiciones de error tales como la pérdida de paquetes, errores en el número de secuencia, congestión o pérdida de un circuito virtual interno a la red. En este último caso, ambos DCE deben restablecer el circuito virtual interno para atender al circuito virtual externo aún existente entre los dos DTE. Tanto un DTE como un DCE pueden originar un reinicio a través del uso de un paquete Petición de Reinicio (<<Reset Request>>) o una Indicación de Reinicio («Reset Indication»), a los cuales responde el receptor con un paquete Confirmación de Reinicio («Reset Confirmation>>»). Independientemente de quien origine el reinicio, es responsabilidad del DCE involucrado informar al otro extremo.

Una situación de error más seria requiere un re arranque. El envío de un paquete Petición de arranque («Restart Request») es equivalente a la emisión de un paquete Petición de Liberación sobre todas las llamadas virtuales y uno de Petición de Reinicio sobre todos los circuitos virtuales. Como antes, tanto el DCE como el DTE pueden iniciar la acción. Un ejemplo de una condición de re arranque consiste en la pérdida temporal del acceso a la red.

Capítulo 11. Transferencia en modo asíncrono y retransmisión de tramas.

11.1 Arquitectura de protocolos

El modo de transferencia asíncrono (ATM) es similar en muchos aspectos a la conmutación de paquetes usando X.25 y a la técnica de retransmisión de tramas. Como ellas, ATM lleva a cabo la transferencia de los datos en trozos discretos. Además, al igual que X.25 y retransmisión de tramas, ATM permite la multiplexación de varias conexiones lógicas a través de una única interfaz física. En el caso de ATM, el flujo de información en cada conexión lógica se organiza en paquetes de tamaño fijo denominados celdas.

ATM es un protocolo funcional con mínima capacidad de control de errores y de flujo, lo que reduce el coste de procesamiento de las celdas ATM y reduce el número de bits suplementarios necesarios en cada celda, posibilitándose así su funcionamiento a altas velocidades. El uso de ATM a altas velocidades se ve apoyado adicionalmente por el empleo de celdas de tamaño fijo, ya que de este modo se simplifica el procesamiento necesario en cada nodo ATM.

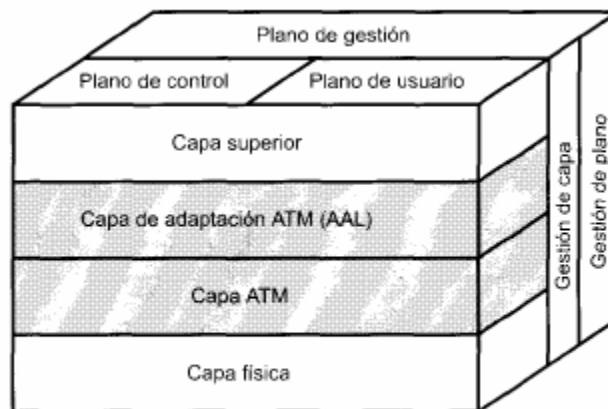


Figura 11.1. Arquitectura de protocolos ATM.

Las normalizaciones de ITU-T para ATM se basan en la arquitectura de protocolos mostrada en el Figura 11.1, donde se ilustra la arquitectura básica para una interfaz entre un usuario y la red. La capa física especifica un medio de transmisión y un esquema de codificación de señal. Las velocidades de transmisión especificadas en la capa física van desde 25.6 Mbps hasta 622.08 Mbps, siendo posibles velocidades superiores e inferiores.

Dos capas de la arquitectura están relacionadas con las funciones ATM. Existe una capa ATM común a todos los servicios de transferencia de paquetes, y una capa de adaptación ATM (AAL) dependiente del servicio. La capa ATM define la transmisión de datos en celdas de tamaño fijo, al tiempo que establece el uso de conexiones lógicas. El empleo de ATM crea la necesidad de una capa de adaptación para dar soporte a protocolos de transferencia de información que no se basan en ATM. AAL convierte la información procedente de capas superiores en celdas ATM para enviarlas a través de la red, al tiempo que extrae la información contenida en las celdas ATM y la transmite hacia las capas superiores. El modelo de referencia de protocolos involucra tres planos independientes:

- Plano de usuario: permite la transferencia de información de usuario así como de controles asociados (por ejemplo, control de flujo y de errores).
- Plano de control: realiza funciones de control de llamada y de control de conexión.
- Plano de gestión: comprende la gestión de plano, que realiza funciones de gestión relacionadas con un sistema como un todo y proporciona la coordinación entre todos los planos, y la gestión de capa, que realiza funciones de gestión relativas a los recursos y a los parámetros residentes en las entidades de protocolo.

11.2 Conexiones lógicas ATM

Las conexiones lógicas en ATM se denominan conexiones de canal virtual (VCC, virtual channel connection). Una VCC es similar a un circuito virtual en X.25 y constituye la unidad básica de conmutación en una red ATM. Una VCC se establece a través de la red entre dos usuarios finales, intercambiándose sobre la conexión celdas de tamaño fijo en un flujo full-duplex de velocidad variable. Las VCC se utilizan también para intercambios usuario-red (señalización de control) y red-red (gestión de red y encaminamiento).

En ATM se ha introducido una segunda subcapa de procesamiento para abordar el concepto de camino virtual. Una conexión de camino virtual (VPC, virtual path connection) es un haz de VCC con los mismos extremos, de manera que todas las celdas transmitidas a través de todas las VCC de una misma VPC se conmutan conjuntamente.

El concepto de camino virtual se desarrolló en respuesta a una tendencia en redes de alta velocidad en la que el coste del control está alcanzando una proporción cada vez mayor del coste total de la red. La técnica de camino virtual ayuda a contener el coste asociado al control mediante la agrupación en una sola unidad de aquellas

conexiones que comparten rutas comunes a través de la red. Las acciones de la gestión de red se pueden aplicar a un reducido número de grupos en lugar de a un número de conexiones individuales elevado.

El uso de los caminos virtuales presenta varias ventajas:

- Arquitectura de red simplificada: las funciones de transporte de la red se pueden separar en dos grupos: aquellas relacionadas con una conexión lógica individual (canal virtual) y las relativas a un grupo de conexiones lógicas (camino virtual).
- Incremento en eficiencia y fiabilidad: la red maneja entidades totales menores.
- Reducción en el procesamiento y tiempo de establecimiento de conexión pequeño: gran parte del trabajo se realiza cuando se establece el camino virtual, de modo que la reserva de capacidad en la VPC antes de la llegada de nuevas llamadas permite establecer nuevos canales virtuales mediante la ejecución de funciones de control sencillas en los extremos del camino virtual. No se necesita procesamiento de llamadas en los nodos de tránsito, por lo que la incorporación de nuevos canales virtuales a un camino virtual ya existente conlleva un procesamiento mínimo.
- Servicios de red mejorados: el camino virtual se usa internamente a la red, aunque también es visible para el usuario final. Así, el usuario puede definir grupos de usuarios fijos o redes fijas de haces de canales virtuales.

11.3 Celdas ATM

El modo de transferencia asíncrono hace uso de celdas de tamaño fijo, que constan de 5 octetos de cabecera y de un campo de información de 48 octetos. El empleo de celdas pequeñas de tamaño fijo presenta varias ventajas.

Formato de Cabecera.

El campo de control de flujo genérico (GFC, Generic Flow Control) no se incluye en la cabecera de las celdas internas a la red, sino sólo en la interfaz usuario-red, por lo que únicamente se puede usar para llevar a cabo el control de flujo de celdas en la interfaz local entre el usuario y la red. Este campo podría utilizarse para ayudar al usuario en el control del flujo de tráfico para diferentes calidades de servicio.

El identificador de camino virtual (VPI) es un campo de encaminamiento para la red, de 8 bits para la interfaz usuario-red y de 12 bits para la interfaz red-red. Este último caso permite un número superior de VPC internas a la red, tanto para dar servicio a subscriptores como las necesarias para la gestión de red. El identificador de canal virtual (VCI) se emplea para encaminar a y desde el usuario final.

El campo tipo de carga útil (PT, payload type) indica el tipo de información contenida en el campo de información. En la Tabla 11.2 se muestra la interpretación de los bits PT. Un valor 0 en el primer bit indica información de usuario (es decir, información procedente de la capa inmediatamente superior). En este caso, el segundo bit indica si se ha producido o no congestión; el tercer bit, llamado tipo de unidad de datos de servicio (SDU)', es un campo de 1 bit que se puede usar para discriminar dos tipos de SDU ATM asociadas a una conexión dada. El término SDU se refiere a la carga útil de 48 octetos de la celda. Un valor de 1 en el primer bit del campo PT indica que la celda transporta información de gestión de red o de mantenimiento. Esto permite la inserción de celdas de gestión de red en una VCC de usuario sin afectar a los datos de usuario, de modo que el campo PT proporciona información de control en banda.

El bit prioridad de pérdida de celdas (CLP) se emplea para ayudar a la red ante la aparición de congestión. Un valor 0 indica que la celda es de prioridad relativamente alta, no debiendo ser descartada a menos que no queda otra opción; un valor 1 indica por el contrario que la celda puede descartarse en la red. El usuario puede utilizar este campo para insertar celdas extra (una vez negociada la velocidad), con CLP igual a 1, y transmitir las al destino si la red no está congestionada. La red puede poner este campo a 1 en aquellas celdas que violen los parámetros de tráfico acordados entre el usuario y la red. En este caso, el conmutador que lo activa se percata de que la celda excede los parámetros de tráfico establecidos pero que ésta puede ser procesada. Posteriormente, si se encuentra congestión en la red, esta celda se marcará para su rechazo antes que aquellas que se encuentran dentro de los límites de tráfico fijados.

Capa Física Basada En Celdas

Para la capa física basada en celdas no se impone fragmentación o delimitación, consistiendo la estructura de la interfaz en una secuencia continua de celdas de 53 octetos. Dado que no existe imposición externa de tramas en esta aproximación, es necesaria alguna forma de llevar a cabo la sincronización. Ésta se consigue con el campo de control de errores de cabecera (HEC) incluido en la cabecera de la celda, siendo el procedimiento como sigue.

Capa Física Basada En SDH

La capa física basada en SDH impone una estructura sobre la secuencia de celdas ATM. En esta sección se verá la especificación 1,432 para 155.52 Mbps, usándose estructuras similares para otras velocidades.

Entre las ventajas del enfoque basado en SDH se encuentran las siguientes:

- Se puede usar para transportar cargas útiles basadas en ATM o en STM (modo de transferencia síncrono), haciendo posible el despliegue inicial de una infraestructura de transmisión de fibra óptica de alta capacidad para un

gran número de aplicaciones basadas en conmutación de circuitos y dedicadas y de fácil migración para el soporte de ATM.

- Algunas conexiones específicas pueden ser de conmutación de circuitos usando un canal SDH. Por ejemplo, el tráfico de una conexión de vídeo a velocidad constante puede llevarse a cabo segmentando éste en cargas útiles de la señal STM-1, que puede ser conmutada por circuitos. Esto puede resultar más eficiente que la conmutación ATM.
- Haciendo uso de las técnicas de multiplexación síncrona SDH se pueden combinar varias secuencias ATM para construir interfaces de velocidad superior a las ofrecidas por la capa ATM en un lugar específico. Por ejemplo, se pueden combinar cuatro secuencias ATM distintas, cada una a 155 Mbps (STM-1), para dar lugar a una interfaz de 622 Mbps (STM-4). Esta técnica puede ser más efectiva desde el punto de vista del coste que el uso de una única secuencia ATM a 622 Mbps.

11.5 Clases de servicios ATM

Una red ATM se diseña para poder transmitir simultáneamente diferentes tipos de tráfico, entre los que se encuentra la transmisión en tiempo real como voz, vídeo y tráfico TCP a ráfagas. Aunque cada uno de estos flujos de tráfico se gestiona como una secuencia de celdas de 53 octetos a través de un canal virtual, la forma en que se gestiona cada uno de ellos en la red depende de las características del flujo en cuestión y de los requisitos de la aplicación. Por ejemplo, el tráfico de vídeo en tiempo real se debe transmitir con variaciones mínimas de retardo.

En el Foro ATM se han definido las siguientes clases de servicios:

- Servicio de tiempo real:
 - A velocidad constante (CBR, Constant Bit Rate).
 - A velocidad variable en tiempo real (rt-VBR, real-time Variable Bit Rate).
- Servicio de no tiempo real:
 - A velocidad variable en no tiempo real (nrt-VBR, non-real-time Variable Bit Rate).
 - A velocidad disponible (ABR, Available Bit Rate).
 - A velocidad no especificada (UBR, Unspecified Bit Rate).

Servicios De Tiempo Real

La distinción más importante entre aplicaciones se refiere al retardo y a la variabilidad de éste, conocida como fluctuación, que puede tolerar la aplicación. Las aplicaciones en tiempo real implican general- mente un flujo de información hacia

un usuario que lo reproduce en una fuente. Por ejemplo, un usuario espera que la recepción de un flujo de información de audio o vídeo tenga lugar de forma continua y homogénea. La falta de continuidad o pérdidas excesivas provoca una disminución importante en la calidad, por lo que aquellas aplicaciones que conllevan una interacción entre usuarios son muy estrictas respecto del retardo, resultando generalmente perjudicial cualquier retardo que supere unas pocas centenas de milisegundos. En consecuencia, en una red ATM son elevadas las demandas de conmutación y envío de datos en tiempo real.

Servicios De No Tiempo Real

Los servicios que no son en tiempo real están pensados para aplicaciones que presentan características de tráfico a ráfagas y no presentan fuertes restricciones por lo que respecta al retardo y a la variación del mismo. Consecuentemente, la red presenta una mayor flexibilidad en la gestión de los flujos de tráfico y puede hacer un mayor uso de la multiplexación estadística para aumentar su eficiencia.

Velocidad variable en no tiempo real (nrt-VBR)

Para algunas aplicaciones que no son en tiempo real es posible caracterizar el flujo de tráfico esperado de forma que la red pueda proporcionar una calidad de servicio (QoS, Quality of Service) sustancialmente mejorada desde el punto de vista de las pérdidas y el retardo. Estas aplicaciones pueden hacer uso del servicio nrt-VBR, en el que el usuario final especifica una velocidad de pico de celdas, una velocidad de celdas sostenible o promedio y una medida acerca de cómo de agrupadas o en ráfagas pueden estar las celdas. Con esta información, la red puede reservar recursos para ofrecer un retardo relativamente pequeño y una pérdida de celdas mínima.

El servicio nrt-VBR se puede utilizar para transmisiones de datos que presentan requisitos críticos en cuanto a la respuesta en el tiempo.

11.6 Capa de Adaptación ATM

El uso de ATM hace necesaria la existencia de una capa de adaptación para dar soporte a protocolos de transferencia de información que no estén basados en ATM. Dos ejemplos de ello son voz PCM (modulación por código de pulso) y el protocolo Internet (IP). Voz PCM es una aplicación que genera una secuencia de bits a partir de una señal de voz. Para utilizar esta aplicación sobre ATM es necesario agrupar bits PCM en celdas para su transmisión, y leerlas cuando sean recibidas en el receptor de manera que se obtenga un flujo homogéneo y constante de bits. En un entorno heterogéneo en el que existen redes IP interconectadas con redes ATM, una forma adecuada de integrar los dos tipos de redes es realizar una transformación entre paquetes IP y celdas ATM; esto implicará en general la segmentación de un paquete IP en varias celdas para su transmisión y el

ensamblado de la trama a partir de las celdas en el receptor. Permitiendo el uso de IP sobre ATM es posible la utilización de toda la infraestructura IP existente sobre una red ATM.

SERVICIOS AAL

El documento 1.362 de ITU-T especifica los siguientes ejemplos generales de servicios ofrecidos por AAL:

- Gestión de errores de transmisión.
- Segmentación y ensamblado para permitir la transmisión de bloques de datos mayores en el campo de información de las celdas ATM.
- Gestión de condiciones de pérdida de celdas y de celdas mal insertadas.
- Control de flujo y de temporización.

Con objeto de minimizar el número de protocolos AAL diferentes que se deben especificar para dar respuesta a distintas necesidades, ITU-T ha definido cuatro clases de servicios que cubren un amplio rango de requisitos. La clasificación se realiza teniendo en cuenta si se debe mantener una relación de temporización entre el emisor y el receptor, si la aplicación necesita una velocidad constante y si la transferencia es o no orientada a conexión. El sistema de clasificación no se encuentra en ningún documento de la ITU-T, pero el concepto ha permitido el desarrollo de protocolos AAL. La capa AAL proporciona mecanismos para dar cabida a una amplia variedad de aplicaciones sobre la capa ATM y ofrece protocolos contruidos sobre la base de las capacidades de gestión de tráfico de la capa ATM. El diseño de los protocolos AAL debe estar relacionado con las clases de servicio estudiadas.

En la tabla se sugieren los tipos de aplicaciones que pueden soportar conjuntamente AAL y ATM. Entre ellas se encuentran las siguientes:

- **Emulación de circuitos:** hace referencia al soporte de estructuras de transmisión TDM síncronas. tales como T-1, sobre redes ATM.
- **Voz y vídeo VBR:** son aplicaciones en tiempo real que se transmiten en formato comprimido. Un efecto de la compresión es que la aplicación puede estar soportada por una velocidad variable, lo que requiere un envío continuo de bits hacia el destino.
- **Servicios generales de datos:** entre ellos se incluyen servicios de mensajería y transacciones que no precisan soporte en tiempo real.
- **IP sobre ATM:** transmisión de paquetes IP en celdas ATM.
- **Encapsulado multiprotocolo sobre ATM (MPOA):** soporte de protocolos distintos de IP (por ejemplo, IPX, AppleTalk, DECNET) en ATM.
- **Emulación de redes LAN:** soporte de tráfico entre redes LAN a través de redes ATM, con emulación de la capacidad de difusión LAN (la transmisión

de una estación se recibe en muchas otras estaciones). LANE se diseña para permitir una transición cómoda entre un entorno LAN y otro ATM.

11.7 Retransmisión de tramas.

La técnica de retransmisión de tramas («<frame relay»), como ATM, se diseñó para proporcionar un esquema de transmisión más eficiente que el de X.25. Tanto las normalizaciones como los productos comerciales relacionados con la retransmisión de tramas aparecieron antes que los correspondientes a ATM, por lo que existe una amplia base de productos de retransmisión de tramas instalados. Es por ello que, a pesar del desplazamiento sufrido por esta técnica como consecuencia del interés actual por las redes de alta velocidad ATM, en esta sección se presenta una revisión de la retransmisión de tramas.

Fundamentos

La aproximación tradicional de conmutación de paquetes hace uso de X.25, lo que no sólo determina la interfaz usuario-red sino que también afecta al diseño interno de la red. Algunas de las características básicas de X.25 son:

- Los paquetes de control de llamada, usados para el establecimiento y liberación de circuitos virtuales, se transmiten por el mismo canal y circuito virtual que los paquetes de datos, empleándose, en consecuencia, una señalización en banda.
- La multiplexación de circuitos virtuales tiene lugar en la capa 3.
- Tanto la capa 2 como la 3 incluyen mecanismos de control de flujo y de errores.

Plano de control

El plano de control para servicios en modo trama es similar al de señalización por canal común para servicios de conmutación de circuitos por cuanto que se utiliza un canal lógico diferente para la información de control. En la capa de enlace se utiliza el protocolo LAPD (Q.921) para proporcionar un servicio de control de enlace de datos fiable, con control de errores y de flujo, entre el usuario (TE) y la red (NT) sobre el canal D. Este servicio de enlace de datos se usa para el intercambio de mensajes de señalización de control Q.933.

Plano de usuario

LAPF (Procedimiento de Acceso al Enlace para Servicios en Modo Trama) es el protocolo del plano de usuario para la transferencia real de información entre usuarios finales. Este protocolo está definido en Q.922, que es una versión mejorada de LAPD (Q.921). En retransmisión de tramas sólo se usan las funciones centrales de LAPF:

- Delimitación de tramas, alineamiento y transparencia.
- Multiplexación/demultiplexación de tramas utilizando el campo de dirección.

- Inspección de la trama, para asegurarnos que ésta consta de un número entero de octetos, antes de llevar a cabo la inserción de bits cero o tras una extracción de bits cero.
- Inspección de la trama para asegurarnos que no es demasiado larga ni demasiado corta.
- Detección de errores de transmisión.
- Funciones de control de congestión.

La última función es nueva en LAPF, mientras que el resto son también funciones de LAPD. Las funciones centrales de LAPF en el plano de usuario constituyen una subcapa de la capa de enlace de datos. Esto proporciona el servicio de transferencia de tramas de enlace de datos entre abonados sin control de flujo ni de errores. Además de este hecho, el usuario puede seleccionar funciones extremo a extremo adicionales de la capa de enlace o de la de red, las cuales no forman parte del servicio de retransmisión de tramas. De acuerdo con las funciones básicas, una red ofrece retransmisión de tramas como un servicio orientado a conexión de la capa de enlace con las siguientes propiedades:

- Se preserva el orden de la transferencia de tramas entre el origen y el destino.
- Existe una probabilidad pequeña de pérdida de tramas.

Transferencia De Datos De Usuario

El funcionamiento de la técnica de retransmisión de tramas por lo que respecta a la transferencia de datos de usuario se explica mejor considerando el formato de trama, mostrado en la Figura 11.18a. Éste es el formato definido para el protocolo LAPF de funcionamiento mínimo (conocido como protocolo central LAPF), el cual es similar al de LAPD y LAPB con una salvedad: no existe campo de control, lo que tiene las siguientes implicaciones:

- Existe un único tipo de trama usada para el transporte de datos de usuario y no existen tramas de control.
- No es posible el uso de señalización en banda; una conexión lógica sólo puede transmitir datos de usuario.
- No es posible llevar a cabo control de flujo ni de errores dado que no existen números de secuencia.

Los campos indicador y secuencia de comprobación de trama (FCS) actúan como en LAPD y LAPB. El campo de información contiene datos de capas superiores, de modo que si el usuario decide implementar funciones adicionales de control de enlace de datos extremo a extremo se puede incluir una trama de datos en este campo. En particular, una opción usual es el empleo del protocolo LAPF completo para llevar a cabo funciones por encima de las funciones centrales de LAPF.