

CAPITULO VI

REDES DE TRANSMISION DE DATOS

6.1.INTRODUCCION

El desarrollo de las redes de transmisión de datos ha ido paralelo a la evolución de las técnicas de computación. Los primeros computadores de principios de los años sesenta operaban en “modo batch”, mediante el cual grupos de programas eran almacenados en discos para ser posteriormente ejecutados sin interrupción por un gran computador. Para esa época, la capacidad de memoria de un “gran computador” era mucho menor que la de cualquiera de las calculadoras de bolsillo actuales. Por ejemplo, el autor de este libro trabajó con el computador IBM 1620, de 16 K de memoria, que en ese entonces (1961) era la última generación de computadoras utilizadas en las universidades de Estados Unidos.

Las primeras redes tenían una topología en estrella con dispositivos periféricos (impresoras, estaciones de trabajo, etc.) normalmente arrendados por los vendedores de los computadores. Para mediados de los años sesenta se comenzó a operar en modo de “tiempo compartido”, en el cual se ejecutaban múltiples programas concurrentemente; pero muy pronto se sintió la necesidad de interconectar los computadores para efectuar tareas especializadas y para proveer servicios de computación a usuarios en localidades remotas. A medida que bajaban los costos de computación, así mismo aumentaba la demanda de servicios. En 1970 la “computación distribuida” permitió a los usuarios no solamente compartir los servicios de un gran computador (Main Frame), sino también disponer de una gran variedad de recursos como, por ejemplo, bases de datos, dispositivos para gráficos y servicios de mensajería.

La creciente necesidad de interconexión de centros de computación trajo como consecuencia el desarrollo de las técnicas de transmisión digital. La infraestructura telefónica, de conmutación de circuitos, fue la primera red que se utilizó, pero como ya lo hemos señalado, estaba restringida a bajas velocidades. La necesidad de disminuir los costos de operación, combinado con los avances tecnológicos en electrónica, en computación y en informática que pronto emergieron, hizo que la conmutación por paquetes fuera la forma más apropiada de transmisión en las grandes redes de transmisión de datos que se desarrollaron.

En este capítulo vamos a describir las características y principios de operación de las principales redes actuales de transmisión de datos. Siguiendo la pauta que nos hemos trazado de describir los sistemas desde el punto de vista de un modelo estratificado, en la descripción de las redes y su arquitectura se utilizará siempre el Modelo ISO/OSI como referencia. La descripción será necesariamente muy breve, pero se tratará dar al lector la información suficiente que posteriormente le permita explorar por sí mismo aquellos aspectos más avanzados tanto en instrumentación como en la operación y funcionamiento de las redes actualmente utilizadas.

6.1.1. Definición y Clasificación

En su acepción general, una red de comunicaciones es un conjunto de dispositivos o nodos interconectados mediante "enlaces de comunicación". Esta simple definición nos debe bastar por ahora pues las redes de datos actuales tienen características muy propias que no nos permiten establecer una definición más precisa. En efecto, se puede intentar una definición a partir de las topologías de red, o mediante la descripción de los modos de operación (sincrónica o asincrónica), o según las técnicas de conmutación (circuitos o paquetes), pero habría una multitud de redes que se ajustarían a una o más descripciones.

La costumbre actual es más bien clasificar las redes por tipos y definir las características de las redes que entran dentro de cada tipo. Esto ha llevado a clasificar las redes de acuerdo con su extensión geográfica; en este caso se tiene la siguiente clasificación: (a) Redes de Gran Área (Wide-Area Network, WAN), (b) Redes de Área Local (Local Area Network, LAN) y (c) Redes de Área Metropolitana (Metropolitan Area Network, MAN). Más adelante describiremos las características y arquitecturas de estos tipos de red y las redes comerciales que han sido estandarizadas.

6.1.2. Principios de la Multicanalización

Técnicas de Multicanalización

El proceso de operación multicanal permite, mediante las técnicas llamadas de "multiplicidad", "multiplex" o "multicanal", combinar en el extremo transmisor los mensajes de varias fuentes de información, transmitirlos como un solo bloque y luego separarlos en el extremo receptor. La banda de frecuencias o intervalo de tiempo asignado a cada mensaje comúnmente se denomina "canal".

Hay dos formas básicas de multicanalización que son de interés:

1. La "Multiplicidad por División de Tiempo (Time-Division Multiplex, TDM)"
2. La "Multiplicidad por División de Frecuencia (Frequency-Division Multiplex, FDM)"

El sistema FDM en esencia consiste en colocar lado a lado, mediante modulación y sin solapamiento, los espectros de las señales mensaje individuales y formar así un espectro compuesto o señal de banda de base compuesta que se transmite; las señales se reparten el ancho de banda disponible del canal de transmisión y se transmiten simultáneamente. Este esquema se utiliza en la multicanalización de canales telefónicos.

El sistema TDM combina, en el tiempo y sin solapamiento, los mensajes individuales, codificados o no. El tiempo es compartido por las señales individuales, pero cada señal dispone para su transmisión de todo el ancho de banda del canal. Este esquema es el más utilizado en las redes de transmisión de datos.

Multicanalización de Canales Telefónicos

El proceso de asignación de las bandas de frecuencia en los sistemas telefónicos ha sido estandarizado por el UIT-T, cuyas recomendaciones establecen las bandas de frecuencia para la formación de conjuntos de 12 hasta 900 canales en multiplex.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

En la Fig. 6.1 se muestra la configuración de los grupos FDM normalizados por el IUT-T en su Recomendación G.233 para transmisión por canales analógicos de banda ancha.

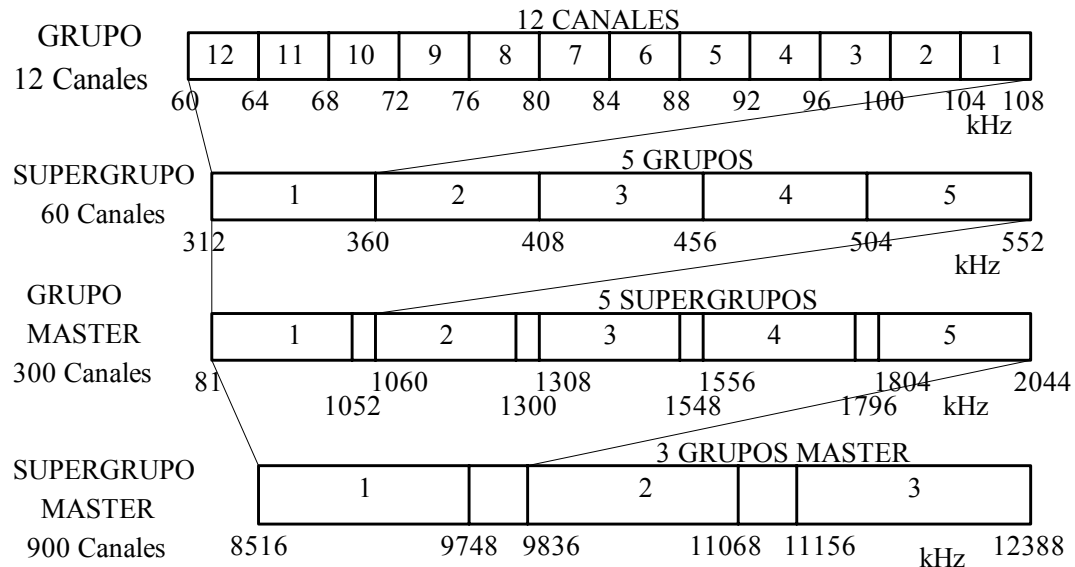


Fig. 6.1. Configuración FDM de Canales Telefónicos.

Jerarquías en los Sistemas de Transmisión de Datos

Una Jerarquía Digital, llamada también Jerarquía PCM, es una secuencia ordenada de velocidades de información (en bps) que constituye cada una un nivel jerárquico dado. Los equipos jerárquicos de multiplexamiento combinan un número definido de señales digitales del nivel (n-1) en una señal digital con velocidad del nivel n. Los bancos de canales PCM, los CODECs de banda ancha y los equipos de línea y multicanalización, deben operar únicamente a una velocidad igual o múltiplo de las velocidades jerárquicas. En la Fig. 6.2 se muestra las jerarquías actualmente en uso. Las características físicas y eléctricas de las dos primeras jerarquías han sido aprobadas por el UIT-T en la Recomendación G.703, y la estructura de la trama sincrónica de los dos primeros niveles en la Recomendación G.704. Estrictamente hablando, estas jerarquías son plesiocrónicas, y para diferenciarlas de las nuevas jerarquías digitales sincrónicas (Synchronous Digital Hierarchy, SDH), se las denomina Jerarquías Plesiocrónicas Digitales (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH)

La jerarquía PDH se utiliza exclusivamente para la transmisión de datos, pero la tendencia actual es la de establecer una sola red por la cual se pueda transmitir voz, datos e imágenes, y en la cual se utiliza la jerarquía SDH. A este efecto, el UIT-T ha promovido la creación de la llamada "Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Network, ISDN)". La Red ISDN permitirá la integración de servicios de datos, voz,

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

imágenes y video en una sola red, sobre una sola línea, bajo el mismo número y a nivel mundial. Más adelante describiremos esta red.

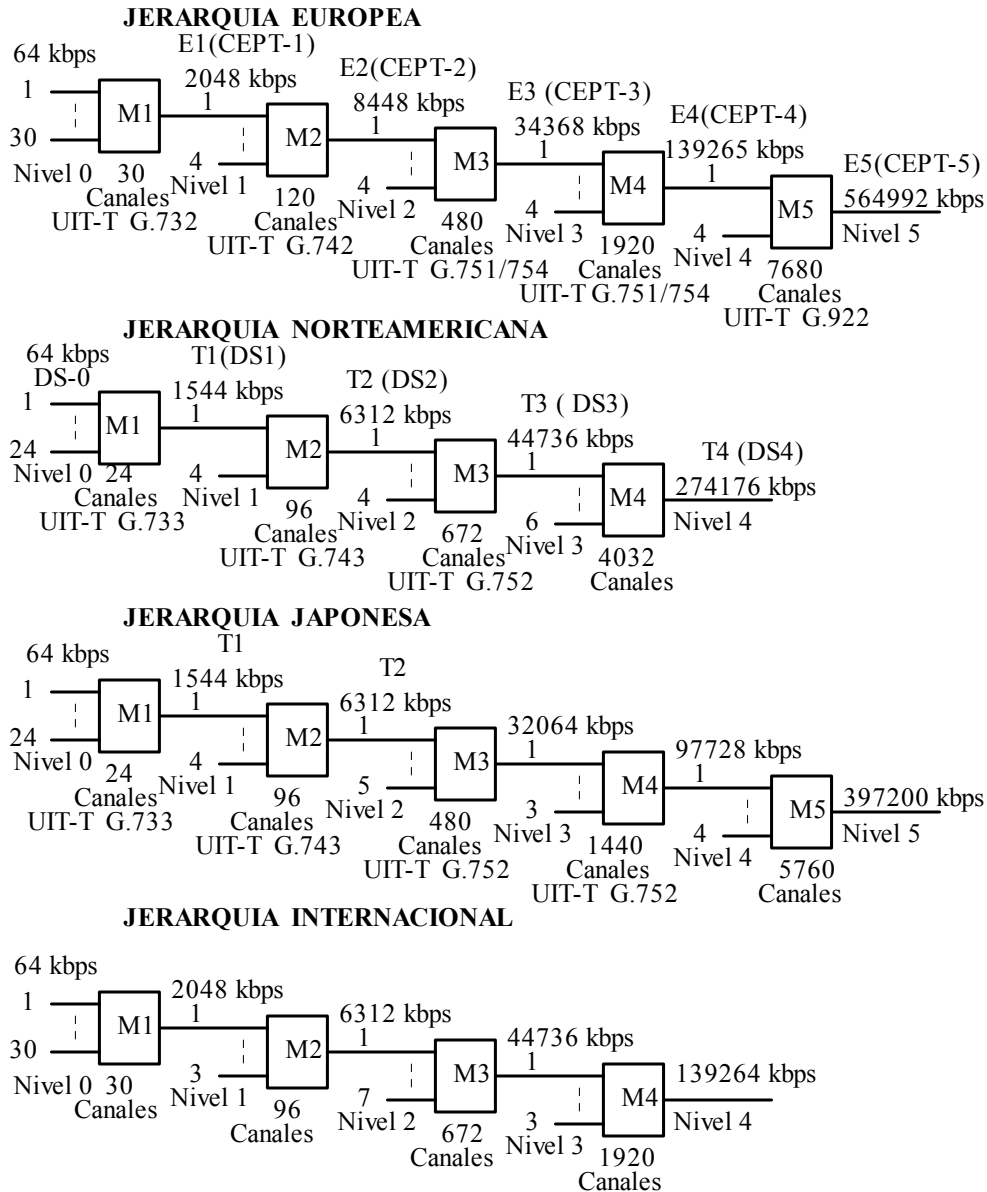


Fig. 6.2. Jerarquías Plesiocrónicas Digitales (PDH).

El Sistema Troncal T1

Un ejemplo muy interesante de la aplicación de los sistemas PCM/TDM es el sistema troncal de transmisión de voz y datos T1, desarrollado por la Compañía Bell de los Estados Unidos a principios de los años 60 para interconectar centrales telefónicas separadas hasta 80 km.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

nanosegundos la duración de cada dígito. La trama contiene 32 ranuras de tiempo RT de las cuales dos son para señalización y alineación, y treinta para los canales de Voz/Datos; la multitrama, formada por 16 tramas, tiene una duración de 2 ms. En la Fig. 6.4 se muestra la estructura de la multitrama CEPT-1.

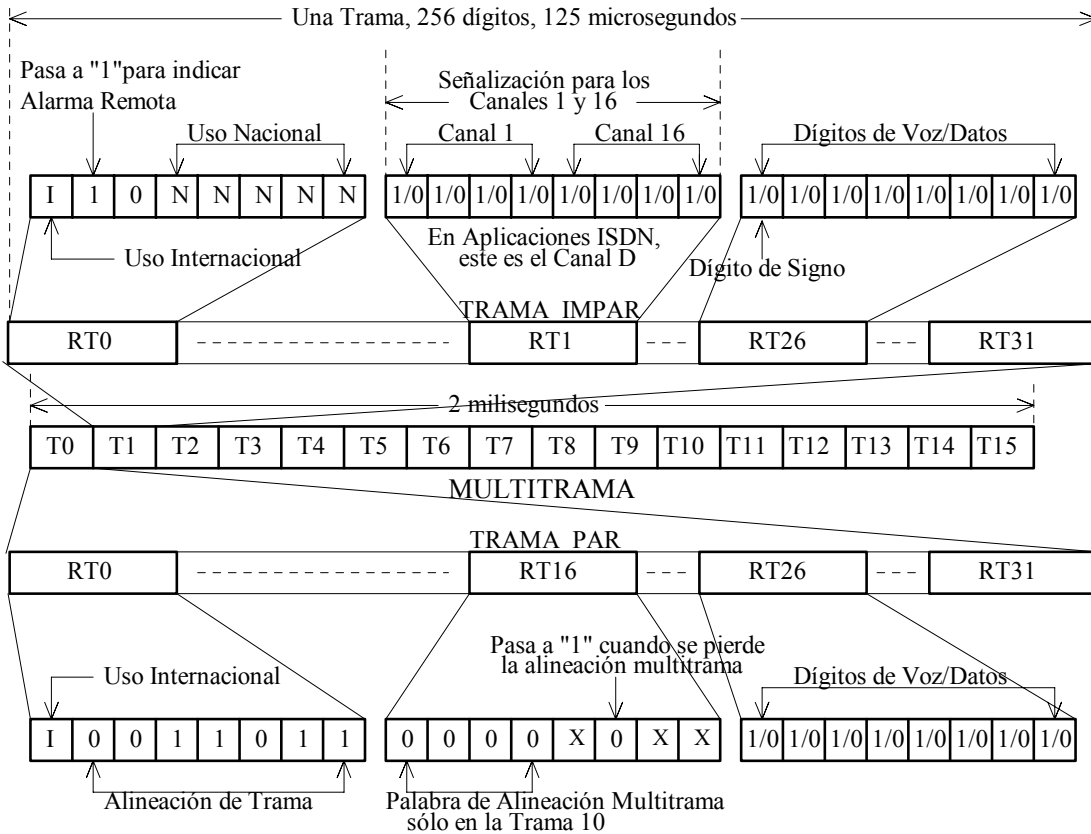


Fig. 6.4. Formato de la TRAMA E1.

En el formato CEPT-1, las informaciones de alineación y de señalización van en las dos primeras tramas, en las ranuras TR0 y TR1. La palabra de alineación de trama tiene la forma 0011011 y va en la ranura de tiempo RT0 de las tramas pares. Esta señal se utiliza para permitir que cada trama sea reconocida en el receptor. Un dígito de la misma ranura contiene el Dígito Internacional I. Las tramas impares llevan información de Señalización Nacional e Internacional, además de una indicación de alarma. La señalización para los canales 1 y 16 va en la ranura RT16 de la trama T1. Las tramas siguientes T2, T3,....., T15, llevan en la correspondiente ranura la información de señalización de los canales 2 y 17, 3 y 18, 4 y 19,.....,15 y 30, respectivamente.

Las Recomendaciones UIT-T G.711, G.712 y G.732 establecen todos los requerimientos para un comportamiento satisfactorio del sistema. El equipo E1 debe efectuar el multiplexaje TDM de los 30 canales de voz o datos agregando los sistemas de supervisión y alineamiento para transmitir la señal compuesta por una línea de transmisión

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

de 4 conductores y a una velocidad de 2048 kbps. Cuando los dígitos I y N no se utilizan, se suele ponerlos a UNO; sin embargo, algunas veces se pueden utilizar para transmitir información adicional; en este caso las velocidades de transmisión son de 1,5 kbps y 28 kbps con los dígitos I y N, respectivamente.

Leyes de Compansión

En las señales de voz la distribución de probabilidad de las amplitudes es tal que las amplitudes de baja frecuencia tienen una gran probabilidad de ocurrencia y como el ruido de cuantificación es del mismo orden, entonces la relación Señal/Ruido (S/N) será muy pequeña; esto significa también que el rango dinámico de las señales de voz puede exceder de 40 dB. Pero el efecto del ruido de cuantificación se puede reducir disminuyendo el valor de los pasos de cuantificación para niveles bajos de la señal, y aumentándolo para niveles altos. Esto se logra utilizando métodos de “compansión no lineal” en el proceso de cuantificación de las señales de voz, con lo cual se mejora la calidad de la transmisión. La “compansión” es un proceso de compresión en el transmisor y de expansión en el receptor.

El UIT-T, en sus Recomendaciones G.711, G.712 y G.713, establece las siguientes leyes o reglas de compansión: la “Ley A” utilizada en el formato E1, y la “Ley μ ” utilizada en el formato T1, que se definen en la Tabla siguiente:

LEYES DE COMPANSION

Ley de Compansión A	Ley de Compansión μ
<ul style="list-style-type: none"> $y = \frac{1 + \log_{10}(Ax)}{1 + \log_{10}(A)}$ para $0 < x \leq \frac{1}{A}$ $y = \frac{Ax}{1 + \log_{10}(A)}$ para $\frac{1}{A} \leq x \leq 1$ <p>$A = 87,6$</p>	<ul style="list-style-type: none"> $y = \frac{\log_{10}(1 + \mu x)}{\log_{10}(1 + \mu)}$ para $0 < x$ $y = \frac{-\log_{10}(1 - \mu x)}{\log_{10}(1 + \mu)}$ para $x < 0$ <p>$\mu = 100$ Sistemas DS-1 $\mu = 255$ Sistemas DS-2</p>

x = entrada al Compansor; y = salida cuantificada y comprimida.

Los primeros sistemas PCM utilizaban compansión analógica, mientras que en los sistemas actuales la compansión es digital. En enlaces internacionales, cuando se pasa, por ejemplo, de un sistema T1 a un sistema E1 se utilizan convertidores de Ley μ a Ley A.

6.2. REDES DE GRAN AREA (WAN)

6.2.1. Introducción

Una Red de Gran Area o WAN es una estructura de red que interconecta Nodos de Acceso o Puntos de Presencia geográficamente dispersos, tanto a nivel regional, nacional o internacional. Los nodos están interconectados en forma de una topología “múltiplemente conectada”, mediante la cual se dispone de suficientes rutas alternas para asegurar una alta conectabilidad y confiabilidad a un costo razonable. Fundamentalmente estas son redes con control distribuido.

Las unidades básicas de la WAN son los nodos de red, que son subsistemas de red que efectúan tareas de enrutamiento, multiplexamiento y conmutación a nivel local y a

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

nivel de red. El nodo de red es un subsistema con mucha inteligencia agregada que combina las funciones de un banco de canales, de un conmutador digital de interconexión y de un multiplexor integral para voz, datos y video.

El nodo de red tiene muchas denominaciones debido a las múltiples funciones que realiza: Punto de Presencia, Multiplexor-Compresor, Matriz de Conmutación, Conmutador, Procesador Nodal, etc., según la aplicación; pero todos tienen, en mayor o menor grado, las siguientes características y facilidades.

Características

1. Autonomía. Los nodos deben ser autónomos a fin de garantizar el servicio local ante fallas del sistema de transmisión.
2. Confiabilidad. Todos los servicios y equipos deben ser redundantes. La recuperación de fallas debe ser transparente para el usuario.
3. Transparencia de Servicios y Facilidades a nivel de Red. Cualquier usuario, debidamente autorizado, puede utilizar todos los servicios, facilidades y módulos especiales.
4. Capacidad de Crecimiento sin grandes modificaciones de estructura.
5. Posibilidad de migración hacia la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN). Esto implica capacidad para intercambio global a Nivel Básico [2B+D] y Primario [30B+D] y [23B+D]. Estos conceptos los describiremos más adelante.

Facilidades

1. Enrutamiento y Conmutación Automáticos.
2. Asignación y Reservación de Ancho de Banda según demanda.
3. Facilidades de Corrección de Error y Compresión de Datos.
4. Soporte para servicios de voz, datos, facsímil y video interactivos.
5. Alta capacidad de transmisión, tanto nacional como internacional.
6. Capacidad para control y transmisión a bajas y altas velocidades.
7. Facilidades de conversión entre formatos E1 y T1.
8. Facilidades de Conversión entre (a) diferentes velocidades de transmisión y (b) entre las leyes de compansión A y μ en los circuitos de voz internacionales.

Medios y Velocidades de Transmisión

En general, las WAN están formadas por los nodos de acceso interconectados por sistemas de portadora (communication carriers) que prestan servicios de transmisión. En este aspecto, a las WAN se las denomina también Redes de Valor Agregado (Value Added Networks, VAN).

Los medios y velocidades de transmisión más comunes son:

- Líneas Telefónicas Dedicadas Arrendadas: 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 19,2; 56 y 64 kbps

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Líneas DDS Dedicadas Arrendadas: 2,4; 4,8; 9,6; 19,2 y 56 kbps. Se utilizan principalmente en Estados Unidos y Canadá
- Troncal T1 Fraccionada: 64, 128, 256, 384, 512 y 768 kbps
- Troncales T1 a T3 y E1 a E4: hasta 44736 y 139264 kbps, respectivamente

En sitios en los cuales la transmisión es esporádica o cuando se necesita líneas de respaldo, se puede utilizar líneas telefónicas conmutadas y líneas DDS conmutadas. El medio físico puede ser conductores metálicos, fibras ópticas y medios inalámbricos (microondas). Nótese que un enlace (carrier) puede atender diferentes nodos de acceso.

En la Fig. 6.5 se muestra la configuración típica de un enlace entre dos nodos de una Red de Gran Area. Las dos estaciones A y B se están comunicando a través de la red.

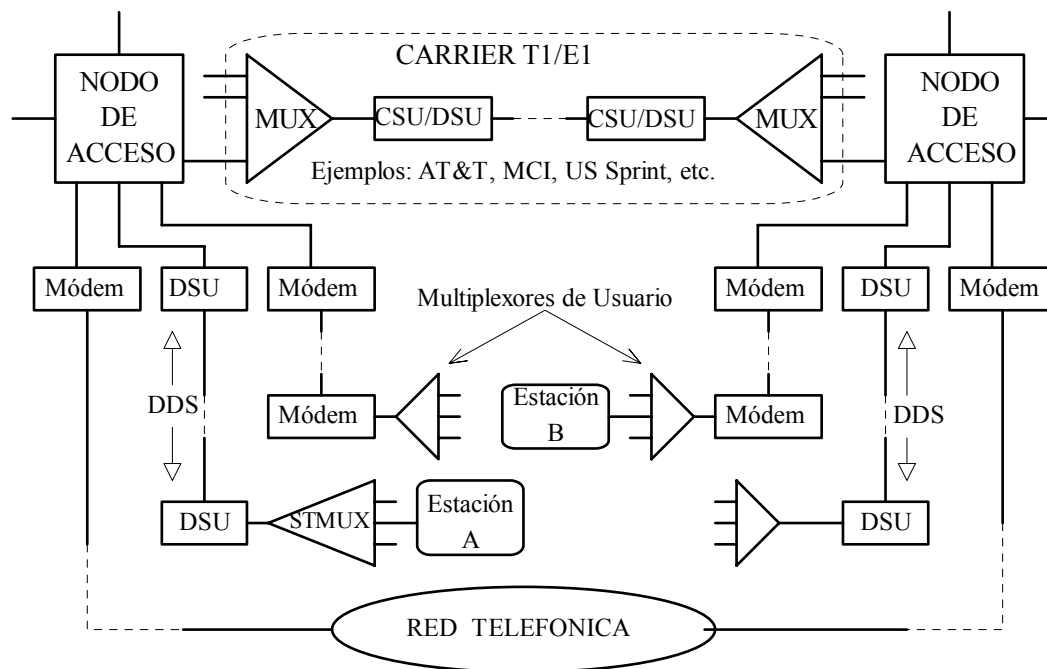


Fig. 6.5. Configuración Típica de un Enlace en una WAN.

En la Fig. 6.5 se puede observar, además de los módems y de los nodos de acceso, la presencia de otros elementos como son las líneas DDS, los multiplexores MUX y STMUX, los DSU y los CSU. Estos elementos están presentes en todas las redes de transmisión de datos y sería de interés conocer sus características y aplicaciones.

Las líneas DDS (Dataphone Digital Service) es un servicio de transmisión digital sincrónica, dedicado, arrendado, full dúplex, punto a punto, con velocidades de 2,4; 4,8; 9,6; 19,2 y 56 kbps. Este servicio de transmisión fue establecido por la AT&T en 1974 para atender la creciente demanda de servicios de transmisión de datos. Posteriormente se establecieron dos nuevos servicios DDS conmutados: uno a 56 kbps y otro a 384 kbps, que se pueden utilizar como líneas de respaldo en las WAN.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Los multiplexores son dispositivos que permiten, mediante TDM o FDM, la transmisión de varias señales individuales como una señal compuesta o agregada. En los multiplexores digitales corrientes (MUX) la velocidad de salida es el agregado de las velocidades de entrada. Los primeros multiplexores poseían muy poca inteligencia, pero a medida que aumentaban las exigencias para una mejor utilización del ancho de banda, los multiplexores prácticamente se convirtieron en minicomputadores mediante la adición de una programación especializada y la ejecución de tareas que un multiplexor digital corriente no podía efectuar.

El multiplexor digital corriente MUX es poco costoso y muy confiable, pero es muy deficiente en cuanto al uso del ancho de banda del medio de transmisión. Esta deficiencia es debida al hecho de que una ranura de tiempo se reserva para cada dispositivo conectado, no importa si está transmitiendo o no. Cuando un dispositivo está inactivo, el MUX rellena la ranura con CEROS y no la puede utilizar para ningún otro propósito. Como consecuencia, la transferencia neta de información en promedio es menor que la máxima permitida por el MUX.

Para mejorar el rendimiento de transmisión, se desarrolló el Multiplexor Estadístico (STMUX), en el cual la asignación de ranuras de tiempo a los dispositivos de entrada se efectúa en forma dinámica, es decir, que solamente se asigna ranuras a aquellos dispositivos que tienen información para transmitir. Para la asignación de ranuras el multiplexor debe poseer una gran inteligencia para seleccionar las entradas activas y repartir las ranuras según la demanda exigida. Es posible entonces aumentar significativamente el número de dispositivos de entrada a tal punto que la velocidad total o agregada de todas las entradas sea mayor que la velocidad compuesta de salida o de línea del multiplexor. En este caso el multiplexor confía que la velocidad agregada promedio de los dispositivos de entrada activos en un momento dado es menor que la capacidad de salida. Sin embargo, como las entradas son completamente independientes y para asegurar que en un momento dado no se exceda la capacidad de salida, el multiplexor debe poseer “buffers” para almacenar transitoriamente la información hasta que se normalice la situación.

La transmisión a través de las líneas DDS se verifica mediante las Unidades de Servicio de Datos (data service units, DSU). Las DSU se pueden considerar como “módems digitales” por cuanto ellas convierten la señal unipolar recibida de los ETD (computadores, multiplexores, terminales, etc) en señales bipolares apropiadas para transmisión sobre las líneas DDS, por ejemplo, en código AMI. La interfaz ETD/DSU es simplemente la interfaz V.24/V.28/RS-232 con velocidades desde 2,4 hasta 19,2 kbps; para la velocidad de 56 kbps se utiliza la interfaz V.35 (Código Winchester). Nótese que los DSU deben estar configurados como un ETCDD, es decir, su conector de entrada debe ser hembra.

Para el acceso a los servicios de portadora se utilizan las unidades de servicio de canal (channel service units, CSU) las cuales tienen funciones de regeneración de señal, monitoreo de señales, servicio de detección de error y servicios de prueba y diagnóstico. En los primeros sistemas la DSU se colocaba antes de la CSU, esta última era proporcionada por la empresa de portadora. En los sistemas actuales, sin embargo, la DSU y la CSU se

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

integran en una sola unidad, la DSU/CSU, la cual efectúa todas las funciones de las DSU y las CSU.

Para más información sobre estos dispositivos, el lector puede consultar [Held, 1992; Barksdale, 1986] quienes tratan estos temas en una forma muy completa.

6.2.2. La Red Digital de Servicios Integrados

Introducción

La meta actual de los organismos de telecomunicación internacionales es la creación de una red global de comunicaciones que permita a un usuario, en cualquier momento y en cualquiera parte, comunicarse con cualquier otro usuario o servicio a nivel mundial. En particular, el UIT-T ha estado involucrado en este proyecto desde 1972 y en la Octava Asamblea Plenaria efectuada en Málaga (España) en 1984, se adoptaron las primeras Recomendaciones I que establecieron las guías y procedimientos para la creación de la Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Network, ISDN).

La ISDN permitirá la integración de servicios de voz, texto, video y datos en una sola red, sobre una sola línea, bajo el mismo número y a nivel mundial. Las Recomendaciones I del IUT-T han establecido los basamentos para alcanzar una completa compatibilidad de equipos y servicios en la ISDN, tanto en modo de transmisión por conmutación de paquetes como en modo de transmisión por conmutación de circuitos.

La compatibilidad entre equipos y servicios es esencial para las comunicaciones internacionales y aunque se disponga de la tecnología y conocimientos necesarios, es a menudo difícil de instrumentar. Las partes involucradas (usuarios, fabricantes y las administraciones de telecomunicaciones) tienen diferentes intereses propios, ellas definen la compatibilidad en diferentes términos y tienen diferentes puntos de vista del grado de compatibilidad deseable o necesario. Por otro lado, hay influencias de tipo político y económico muy específicas que afectan aún más el proceso de compatibilización.

La ISDN permitirá entonces la integración de servicios de comunicación diferentes (voz, texto, video y datos) en una sola red de comunicación cuyo acceso será una simple "acometida de comunicaciones (communications outlet)" a nivel de cada usuario. El desarrollo de la ISDN se efectuará en varias fases hasta lograr la red global de comunicaciones. La primera fase, la más importante, es la digitalización de la red analógica telefónica, proceso que actualmente está bastante avanzado. En la segunda fase, la red digital telefónica se desarrollará en una red de banda angosta (N-ISDN) para la integración de todos los servicios de comunicación que operan hasta 64 kbps (telefonía, texto y datos). En la tercera fase, se desarrollará la red de banda ancha (B-ISDN) para servicios de comunicación que operan sobre 64 kbps (videotelefonía, videoconferencia, radiodifusión y televisión).

Descripción de las Recomendaciones I

Las Recomendaciones I de la UIT-T proporcionan los principios y guías sobre la ISDN así como especificaciones detalladas de las interfaces usuario-red. Ellas contienen también las referencias a otras Recomendaciones del UIT-T sobre tópicos específicos ya

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

normalizados, por ejemplo, los protocolos de señalización de la Serie Q y los protocolos de comunicación de la Serie X.

Las Recomendaciones I están estructuradas en la forma siguiente:

- Serie I.100. Conceptos y Principios de la ISDN
- Serie I.200. Capacidades de Servicio
- Serie I.300. Aspectos y Funciones de la Red
- Serie I.400. Interfaces Usuario-Red
- Serie I.500. Interfaces Inter-Red
- Serie I.600. Principios de Mantenimiento

Las Series I.100 a I.400 aparecieron en el Libro Azul del UIT-T en la edición de 1989, mientras que las Series I.500 e I.600 aparecieron en el Libro Blanco del UIT-T, edición de 1993. Sin embargo, en el UIT-T se sigue discutiendo diferentes aspectos relacionados con la ISDN.

A continuación vamos a describir brevemente las cuatro primeras series.

Serie I.100. Conceptos y Principios de la ISDN

La Serie I.100 sirve como introducción general al concepto de la ISDN. Esta serie contiene también información común a otras Series I como, por ejemplo, la definición de los términos específicos de las normas de la ISDN.

La Recomendación I.130 establece el método para describir los servicios disponibles a través de una red de servicios integrados. Cada servicio de la ISDN está caracterizado mediante valores específicos asignados a cada “atributo descriptivo”; por ejemplo, un atributo descriptivo puede ser el siguiente: “circuito de 64 kbps apropiado para la transmisión de voz sobre un ancho de banda nominal de 3,1 kHz”. En la Recomendación I.130 se define el significado de cada atributo.

Serie I.200. Servicios

Las Recomendaciones de la Serie I.200 proporcionan la clasificación y método de descripción de los servicios de telecomunicación provistos por la ISDN. Ellas forman también la base para definir los tipos de servicios ofrecidos por la red.

Los servicios provistos por la ISDN se han dividido en tres grandes familias:

- Servicios de Soporte o de Infraestructura
- Teleservicios
- Servicios Suplementarios

Los “servicios de soporte” proveen los medios para transmitir información entre usuarios en tiempo real y sin alteración de la señal mensaje. Sin embargo, algunas veces hay que alterar o transformar los mensajes como, por ejemplo, cuando es necesario pasar de un sistema con una codificación dada a otro tipo de codificación. En contraste, el

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

servicio de soporte “transferencia no restringida de información” no efectúa ningún cambio tanto en agrupamiento como en las secuencias digitales transportadas por la red. Los usuarios que utilizan este servicio deben proveer, en caso necesario, sus propios medios de codificación y decodificación. Los servicios de soporte ejecutan funciones de las tres primeras capas del Modelo de Referencia ISO/OSI.

Un ejemplo típico de servicio de soporte son los servicios de transmisión de datos especificados en la Serie X del UIT-T.

Los “teleservicios” utilizan los servicios de soporte para la transmisión de información, pero además emplean niveles funcionales superiores a los niveles 1, 2 y 3 de la Recomendación X.25. La caracterización de los teleservicios está todavía en proceso de definición, aunque la telefonía y el telex son ejemplos de teleservicios.

Tanto los servicios de soporte como los teleservicios se pueden usar en conjunto con los “servicios suplementarios”. Un servicio suplementario es un servicio adicional que no puede ofrecerse sin el concurso, sea de los servicios de soporte sea de los teleservicios. Un ejemplo de servicio suplementario es el “cobro a destino (collect call)”: el cobro a destino implica una llamada previa, por lo tanto la utilización de un servicio de soporte o de un teleservicio.

Serie I.300. Aspectos y Funciones de la Red

Las principales recomendaciones son la Recomendación I.320: Modelo de Referencia del Protocolo ISDN, y la Recomendación I.330: Numeración, Direccionamiento y Enrutamiento.

El propósito de la Recomendación I.320 es la de asignar funciones en una forma modular que facilite la definición de normas y protocolos de telecomunicación. El modelo de referencia definido en la Recomendación I.320 no es un reemplazo del Modelo ISO/OSI descrito en la Recomendación X.200, sino que lo extiende aún más de lo que fue definido en dicha recomendación.

Nótese que el propósito del Modelo ISO/OSI no está asociado con ningún tipo particular de red. En este sentido es menos específico que el Modelo ISDN, porque en este modelo se especifica el flujo de información a través de los servicios de telecomunicación definidos en la Serie I.200 (servicios de soporte, teleservicios y servicios suplementarios). En la descripción del Modelo ISDN se incorpora algunas características específicas de la ISDN que no se encuentran en otros tipos de red. Entre estas características se tiene los tipos de multiservicio entre los cuales se incluye voz, video, datos y comunicaciones multimedia.

Entre las extensiones del Modelo ISO/OSI incluidas en el Modelo ISDN, se tiene:

- Separación de las operaciones de señalización y supervisión del flujo de información dentro de un equipo
- Definición de los modos de comunicación que puedan operar independientemente uno del otro
- Aplicación de lo anterior a los componentes internos de la red

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

La separación de las operaciones de señalización, aplicación y supervisión dentro de un equipo permite que cada conjunto de operaciones sea modelado independientemente, aunque el flujo de información en el equipo del usuario continúe siendo modelado según el Modelo ISO/OSI.

La Recomendación I.330 provee los conceptos generales, principios y requerimientos para direccionar puntos de referencia localizados en los predios del usuario, para direccionar otras funciones y para permitir la comunicación entre terminales.

El Plan de Numeración Internacional sugerido por el UIT-T en las recomendaciones de la Serie E.164 se describen de nuevo en la Recomendación I.331. Para la ISDN los números tendrán un máximo provisional de 15 dígitos decimales y cada país retiene los números de código actuales.

En la ISDN la “dirección” no solamente contiene el “número de usuario” sino también información adicional de direccionamiento. Esta dirección adicional se puede utilizar en los sistemas privados (LAN, PABX, etc.) o también para distinguir varios servicios OSI dentro de un gran sistema de procesamiento de información.

La Recomendaciones I.300 muestran cómo los servicios de soporte, teleservicios y servicios suplementarios se pueden distribuir en conexiones elementales y en otras funciones adicionales.

Serie I.400. Interfaces Usuario-Red

En esta serie se detalla la interfaz entre el equipo del usuario y la ISDN, cuyos objetivos, características y capacidades se describen en la Recomendación I.410. En la Fig. 6.6 se muestra algunos ejemplos de interfaces usuario-red.

Los grupos genéricos de funciones que influyen las especificaciones de la interfaz se han establecido en la Recomendación I.411 y se muestran en la Fig. 6.7. Estos diferentes grupos

de funciones proporcionan una gran flexibilidad entre los usuarios y la red, y toman en cuenta las diferentes situaciones que pueden presentarse en la práctica.

Un objetivo de la ISDN es que un pequeño conjunto de interfaces usuario-red compatibles pueda soportar económicamente una gran gama de aplicaciones de usuario, equipos y configuraciones. No obstante, se requiere diferentes interfaces para aplicaciones con velocidades de transmisión y complejidad muy diferentes, así como para aplicaciones en etapa evolutiva. En la Recomendación I.411 se describe un conjunto bastante completo de realizaciones físicas de configuraciones de referencia.

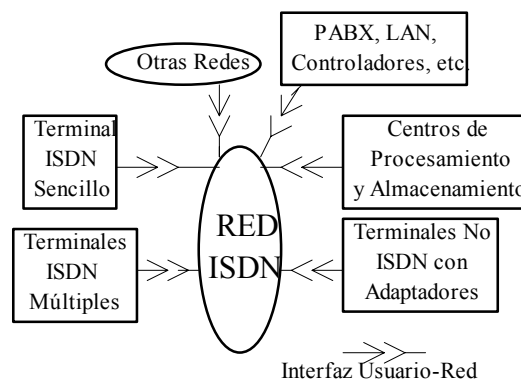


Fig. 6.6. Aplicaciones de las Interfaces Usuario-Red.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Las configuraciones de referencia son configuraciones conceptuales de utilidad en la identificación de las posibles formas de acceso a la ISDN. Las configuraciones de referencia básicas de la Recomendación I.411 se muestran en la Fig. 6.7.

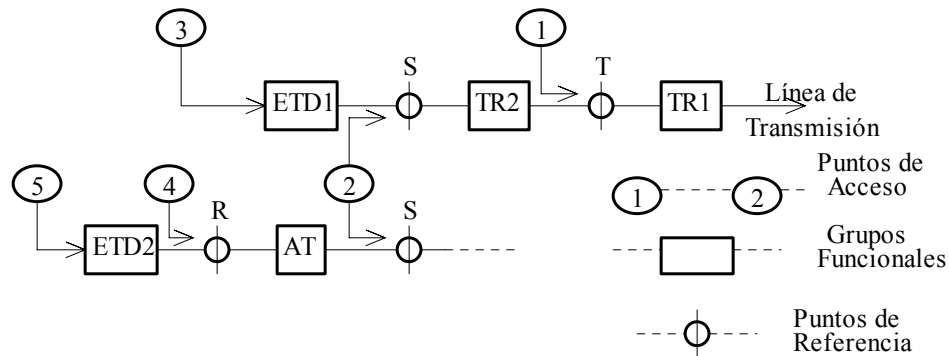


Fig. 6.7. Configuraciones de Referencia, Recomendación I.411

Los grupos funcionales son conjuntos de funciones que el usuario puede necesitar para acceder a la ISDN. En un arreglo particular las funciones específicas de un grupo funcional pueden o no estar presentes; asimismo, es posible que funciones específicas de un grupo funcional puedan ser ejecutadas por uno o más equipos.

Los puntos de referencia son puntos conceptuales que separan los grupos funcionales. En un acceso particular, un punto de referencia puede corresponder a una interfaz física entre dos equipos; también puede ser que no haya ninguna interfaz física en ese punto de referencia.

En la Fig. 6.7 están representados los siguientes grupos funcionales:

TR1 = Terminación de Red 1. Corresponde a la terminación de la línea de transmisión; incluye solamente funciones de Capa Física, tales como mantenimiento, terminación de interfaz, temporización, transferencia de potencia, etc. Este grupo funcional constituye la frontera mínima entre el usuario y la ISDN.

TR2 = Terminación de Red 2. Corresponde a dispositivos tales como las PABX, LAN y controladores terminales. Incluye funciones de las tres primeras capas del Modelo ISO/OSI tales como, por ejemplo, terminación de línea, conmutación, concentración, manejo de protocolos, funciones de mantenimiento, etc.

ETD1 = Equipo Terminal de Datos Tipo 1. Corresponde a un terminal ISDN diseñado de acuerdo con las especificaciones ISDN Usuario-Red (Rec. 4100) e incluye funciones de la Capa Física y superiores del Modelo ISO/OSI. Algunas de sus funciones son el manejo de protocolos, funciones de mantenimiento y de interfaz, conexión con otros equipos, etc. Equipos típicos que proveen esta función son los teléfonos digitales, los ETD apropiados y las estaciones de trabajo integradas.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

ETD2 = Equipo Terminal de Datos Tipo 2. Corresponde a un terminal que no sigue las especificaciones I.400; por ejemplo, un ETD2 puede ser un terminal X.25.

AT = Adaptador Terminal. Es un dispositivo necesario para interconectar terminales ETD2 a la interfaz ISDN. Este grupo funcional incluye funciones de Capa Física y superiores del Modelo ISO/OSI. Adaptadores entre las interfaces físicas en los puntos de referencia R y S o R y T son ejemplos de equipos o combinaciones de equipos que proveen funciones AT.

Los puntos de referencia R, S y T, Fig. 6.7, definen entonces las divisiones o fronteras entre los grupos funcionales: son los puntos donde están ubicadas físicamente las interfaces. El punto R es el punto donde está la interfaz ETD2/AT, es decir, el enlace físico entre un terminal no ISDN y su correspondiente adaptador. El punto S corresponde a la interfaz de terminales ISDN individuales, mientras que el punto T corresponde a la frontera mínima entre la terminación ISDN y el usuario. El punto T (incluyendo el grupo funcional TR1) constituye la “acometida de comunicaciones” ya mencionada. Los puntos S y T tienen las mismas especificaciones y características de diseño.

El acceso a los diferentes servicios de la ISDN se efectúa a través de los “puntos de acceso” señalados con círculos en la Fig. 6.7. Los servicios de soporte son accesibles a través de los puntos 1 y/o 2; en el caso en que las funciones correspondientes a TR2 no estén presentes o no sean necesarias, los puntos de referencia S y T (1 y 2) coincidirán, es decir, el terminal de usuario se conecta directamente a la red. Esta situación ilustra una característica clave de la compatibilidad ISDN usuario-red; en efecto, un terminal ETD1 puede conectarse directamente a una terminación de red TR1 o a un controlador, PABX, LAN o cualquier dispositivo TR2 usando las mismas especificaciones de interfaz, lo que asegura una completa portatilidad y compatibilidad. En forma similar, una PABX o una LAN pueden acceder a la red usando la misma interfaz.

Terminales que no siguen las normas ISDN como, por ejemplo, aquellos terminales basados en las Recomendaciones X.25 o X.21 utilizados para acceder a los servicios de soporte, utilizan el punto de acceso 4 con su correspondiente unidad adaptadora. En el caso de teleservicios, el equipo terminal está incluido en la definición del servicio. A estos servicios, que utilizan terminales basados en normas no ISDN, se puede acceder por el punto 5. Sin embargo, a los teleservicios que incorporan terminales conformes con las normas ISDN se puede acceder por el punto 3.

El equipo que se conecta en cualquiera de los puntos de acceso mostrados en la Fig. 6.7, debe cumplir con las especificaciones y protocolos asociados definidos por el UIT-T para el servicio solicitado en esos puntos. Esto asegura una completa portatilidad, compatibilidad e intercambiabilidad.

En la Recomendación I.412 se definen las estructuras de las interfaces y sus capacidades de transmisión. En cuanto a la estructura, se define tres tipos de interfaz usuario-red:

- La “Interfaz Básica (Basic Rate Interface, BRI)”, con una capacidad básica de transmisión de 144 kbps simultáneamente en ambas direcciones.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Dos “Interfaces Primarias (Primary Rate Interface, PRI)” : una con una capacidad básica de transmisión de 1536 kbps y otra con una capacidad básica de 1984 kbps, simultáneamente en ambas direcciones.

Cuando se incluye los dígitos de supervisión y sincronización, las correspondientes velocidades de transmisión suben a 144, 1544 y 2048 kbps, respectivamente. En la Tabla de la Fig. 6.8 se muestra las diferentes estructuras de las interfaces BRI y PRI.

La capacidad de información de las interfaces están caracterizadas en términos de “canales”. Estos canales son la base para la definición de las características de los servicios de la ISDN.

En la Recomendación I.412 se define los siguientes canales:

- El Canal B. Los canales B, con una capacidad de 64 kbps, se pueden utilizar para transportar una variedad de secuencias, en forma alterna o simultánea. Pueden utilizarse para voz, datos, facsímil o imágenes a 64 kbps en cualquiera de los diferentes modos de comunicación: conmutación de circuitos o conmutación de paquetes. Un canal B puede utilizarse también para transmitir flujos de información de usuario no tratados en Recomendaciones del UIT-T.
- El Canal D. Los canales D han sido concebidos originalmente para el transporte de la información de señalización para el control de los dispositivos ISDN. Su capacidad es de 16 kbps en la Interfaz Básica o de 64 kbps en la Interfaz Primaria. Los canales D tienen un protocolo estratificado de acuerdo con las Recomendaciones I.440, I.441, I.450 e I.451. Además de la señalización, ellos pueden transportar otra información compatible con esos protocolos como, por ejemplo, datos conmutados por paquetes, información de teleacción, señalización usuario-red, etc. En situaciones en que la confiabilidad de la señalización es crucial, las interfaces se configuran con dos canales D, uno activo y uno de reserva. Aunque no está especificado por el UIT-T, a los canales D de 64 kbps se les identifica algunas veces con la letra E.
- Los Canales H. Estos son canales de banda ancha diseñados para servir grandes grupos de terminales, PABX, LAN, etc. Dependiendo de la capacidad, se subdividen en:
 1. Un Canal H0 con una capacidad de 384 kbps
 2. Dos Canales H1: el Canal H11 con una capacidad de 1536 kbps, y el Canal H12 con una capacidad de 1920 kbps.
 3. Dos Canales H2: el Canal H21 con una capacidad de 32,768 Mbps y el Canal H22 con una capacidad de 43 a 45 Mbps.
 4. Un Canal H4 con una capacidad de 132 a 138,24 Mbps.

Los canales H se utilizan en aplicaciones de alta velocidad, tales como facsímil, video para teleconferencia, audio de alta calidad y datos multiplexados de alta velocidad.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Las características de Capa Física de estas interfaces están definidas en las Recomendaciones I.430 e I.431. Estas características incluyen las características eléctricas, la configuración de alambrado permisible, los tipos de conector, la forma de alimentación de potencia y la estructura TDM. La Interfaz Básica puede soportar hasta ocho equipos de usuario sobre el mismo alambrado de cuatro conductores, uno para cada dirección de transmisión. En este arreglo en barra radiante cada canal B se asigna a un usuario o terminal específico, de acuerdo con la señalización proporcionada por el canal D, el cual es compartido por todos los terminales. La Recomendación I.430 muestra los procedimientos de arbitraje cuando varios terminales solicitan simultáneamente acceso a la red, y la Recomendación I.440 el uso del Protocolo de Acceso LAPD (Link Access Procedures on the D Channel). La Recomendación Q.920 es equivalente a la Recomendación I. 440.

Específicamente, la Recomendación I.431 define la Capa Física de la Interfaz Primaria y está basada en las características eléctricas y de formato de las Recomendaciones G.703/G.704 de las troncales E1 y T1, a las cuales se les ha agregado especificaciones acerca de cómo serán usados los canales digitales para señalización y transferencia de información de usuario. Desde el punto de vista de la señalización, la Recomendación I.431 simplemente especifica que la información de señalización y control ocupará un canal de 64 kbps, el canal D, sea en la Ranura de Tiempo 16 de E1 o en la Ranura de Tiempo 24 de T1.

En la Tabla siguiente se muestra la forma como están estructurados los diferentes canales en la ISDN.

Tipo de Interfaz	Estructuras	Velocidad Básica kbps	Velocidad de Transmisión kbps	Observaciones
Interfaz Básica (BRI)	D	16	192 (*)	Canal D de 16 kbps N-ISDN
	B+D	80		
	2B+D	144		
Interfaz Primaria (PRI)	23B+D	1536	1544 (*)	Canal D de 64 kbps, B-ISDN Jerarquía Norteamericana T1 nB+D, $n \leq 23$ nH0+D, $n \leq 3$ nH0, $n \leq 4$
	4H0 (**)	1536		
	3H0+D	1216		
	H11+D	1600		
	3H0+2B+D	1344	2048 (*)	Canal D de 64 kbps, B-ISDN Jerarquía Europea E1 nB+D, $n \leq 30$ nH0+D, $n \leq 5$
	30B+D	1984		
5H0 (**)	1920			
	5H0 +D	1984		
	H12+D	1984		

(*) Incluye dígitos adicionales de sincronización y supervisión. Estos dígitos no llevan información de usuario y no se incluyen en la estructura de la interfaz.

(**) Cuando no se tiene un canal D propio, la señalización para los canales H0 puede ser proporcionada por un canal D de otra interfaz.

Fig. 6.8. Estructuras y Velocidades en las Interfaces Básica y Primaria.

Además de la señalización, el canal D puede transportar cualquiera otra información compatible con sus protocolos como, por ejemplo, datos conmutados por paquetes,

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

información de teleacción, etc. Nótese que la señalización en la ISDN es un sistema de señalización multicapa que utiliza la capa física como un medio para mover la información de señalización de capas superiores entre entidades de señalización. Tomados individualmente, los dígitos en la capa física no llevan ninguna información de señalización.

El Protocolo LAPD es el nombre dado al protocolo de señalización en modo paquete definido en las Recomendaciones Q.920(I.440) y Q.921(I.441) para la Capa Enlace y en las Recomendaciones Q.931(I.451) y Q.932(I.452) para la Capa Red. En la Capa Enlace, el protocolo LAPD utiliza el formato HDLC, y define los dígitos, octetos y secuencias de estados necesarios entre el usuario y la red con el fin de establecer, controlar y terminar llamadas utilizando cualquiera de los 100 o más tipos de servicio disponibles a través de la ISDN. Si los usuarios en ambos terminales de llamada están conectados a la ISDN y hay una vía para el canal D, existe entonces un control total de la llamada. Debido a la extensa gama de servicios ofrecidos, la instrumentación completa del protocolo LAPD requiere una gran capacidad de procesamiento.

De particular importancia son los formatos especificados en la Recomendación UIT-T G.704/I.431, Fig. 6.9. En esta Recomendación se especifican también las características funcionales de las interfaces asociadas a: nodos de la red, en especial equipos múltiplex digitales sincrónicos y centrales digitales en redes digitales integradas para telefonía, redes digitales de servicios integrados y equipos de multiplexación TDM.

En la Fig. 6.9 se muestra entonces los formatos E1 (30B+D) y T1 (23B+D) de la Interfaz Primaria, Recomendación UIT-T G.704/I.431.

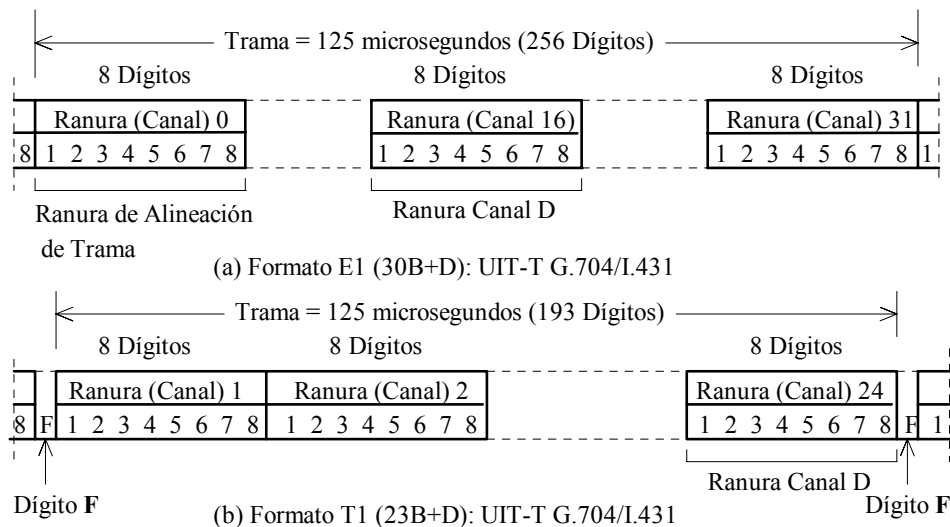


Fig. 6.9. Formatos de Capa Física de la Interfaz Primaria.

Para la Interfaz Primaria se especifican las estructuras de trama básica 30B+D (E1) a 2048 kbps y la 23B+D (T1) a 1544 kbps:

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Estructura 30B+D (E1)

Cada trama está formada por 256 dígitos, numerados del 1 al 256 y contiene 32 canales o ranuras de tiempo. La ranura 0 se utiliza para la alineación de trama, mientras que la ranura 16 contiene el Canal D; las otras 30 ranuras contienen la información. La frecuencia de repetición de trama es de 8000 Hz y la velocidad de transmisión de 2048 kbps.

Estructura 23B+D (T1)

Cada trama está formada por 193 dígitos, numerados del 1 al 193 y contiene 24 canales o ranuras de tiempo. La ranura 24 contiene el Canal D; las otras 23 ranuras contienen la información. El primer bit de una trama se designa como dígito F y se utiliza para fines tales como la alineación de trama, la monitorización de la calidad de funcionamiento y el suministro de un enlace de datos. La frecuencia de repetición de trama es de 8000 Hz y la velocidad de transmisión de 1544 kbps.

El servicio básico que la Capa Enlace provee es la transferencia confiable de la información de señalización de la Capa Red entre dos conmutadores de red adyacentes. La Capa Enlace utiliza los medios de la Capa Física para efectuar esta tarea. En la Recomendación I.441, que es equivalente a la Recomendación Q.921, se define las especificaciones de la Capa Enlace de la Interfaz Primaria, protocolo LAPD, cuyo formato se muestra en la Fig. 6.10.

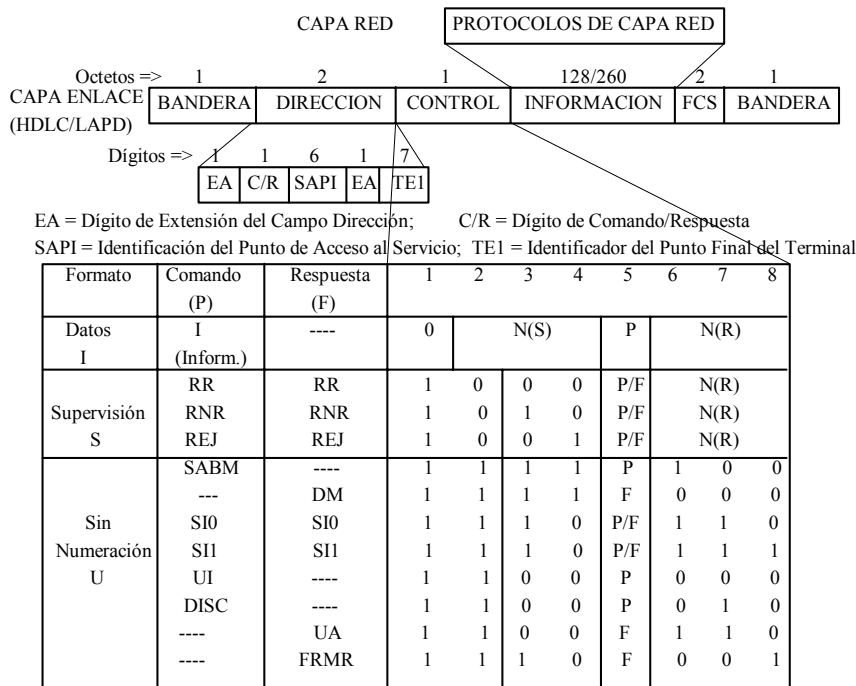


Fig. 6.10. Protocolo de Capa Enlace LAPD de la Interfaz Primaria.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Mientras que las Capas Física y Enlace tratan solamente con la señalización entre dos conmutadores o nodos de red, la Capa Red tiene responsabilidades más amplias, pues especifica los mensajes de control, los parámetros y los procedimientos necesarios para:

- (a) establecer, mantener y terminar llamadas por conmutación de circuitos o conmutación de paquetes entre usuarios de la red, y
- (b) transportar información de servicio suplementaria entre usuarios de la red.

Mediante el renglón (a) la Capa Red provee un conjunto completo de primitivas de señalización para control de llamadas; el renglón (b) es una función más básica de transferencia de datos la cual permite la aplicación de un mayor control sobre el manejo de los servicios suplementarios.

Las Recomendaciones Q.931(I.451) y Q.932(I.452) definen entonces la Capa Red de la Interfaz Primaria.

Dentro del Protocolo de Capa Red, cada mensaje o paquete consiste de los elementos siguientes, Fig. 6.11:

1. Discriminador del Protocolo (Protocol Discriminator)
2. Referencia de la Llamada (Call Reference)
3. Tipo de Mensaje
4. Otros Elementos de Información, si se requieren

Los renglones 1, 2 y 3 son comunes a todos los mensajes y deben estar siempre presentes, mientras que el renglón 4 es específico para cada tipo de mensaje.

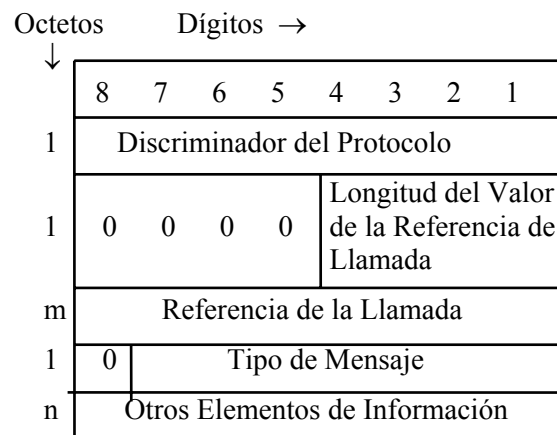


Fig. 6.11. Protocolo de Capa Red de la ISDN.

La longitud máxima normal del mensaje es de 260 octetos. Nótese que el UIT-T no ha establecido protocolos de señalización Canal D para las Capas Transporte, Sesión y Presentación .

6.2.3. El Sistema de Señalización N° 7

Aunque no forma parte de las Recomendaciones de la Serie I, los protocolos de señalización descritos en las Serie Q y X son también fundamentales en la instrumentación de la ISDN. Las técnicas de “señalización por canal común” se emplean tanto dentro como entre ISDNs, utilizándose en particular el Sistema de Señalización N° 7 (SS7) del UIT-T.

Fundamentalmente, la señalización es el intercambio de información de control entre los elementos de una red de telecomunicaciones. Esta información incluye todos los recursos para la supervisión y control de todas las operaciones necesarias en la transferencia de información. La Señalización por Canal Común (CCS) es un método de señalización donde las señales de control no van por los mismos canales o circuitos

controlados (como es el caso de la telefonía), sino por un canal separado común compartido. En sí misma, la señalización es un sistema completo de transmisión de datos de propósito especial que puede utilizar los mismos protocolos y tecnología de las redes existentes.

El Sistema de Señalización N° 7 es el último sistema CCS especificado por el UIT-T en las Recomendaciones de la Serie Q.700. Los objetivos generales del SS7 son los de lograr un sistema CCS normalizado internacionalmente que (a) sea optimizado para operación en las redes digitales de telecomunicación en conjunto con centrales controladas por programas, y (b) que pueda aportar los requerimientos presentes y futuros de transferencia de información sin pérdidas ni duplicación de información.

6.2.4. El Sistema Frame Relay

Introducción

El Sistema Frame Relay (FR) es una nueva tecnología de las WAN que es análoga al sistema X.25 pero que permite la transmisión a velocidades mucho más altas (en la gama de 1 a 2 Mbps). El sistema FR está basado en la Recomendación I.122 del IUT-T, pero no es un estándar en sí, sino más bien una versión de la ISDN de banda angosta (N-ISDN); utiliza el protocolo de señalización Q.931 de la ISDN de banda angosta y retransmite o releva (relay) directamente tramas a través de la red. El sistema FR fue diseñado para trabajar específicamente con la ISDN y puede proveer altos anchos de banda (altas velocidades de transmisión) según demanda; esto es particularmente útil en la interconexión de redes de área local (LAN), debido a que el tráfico en una LAN es esporádico, es decir, se hace en ráfagas de datos que pueden ser de alta velocidad y de duración variable (en inglés se dice que el tráfico es “bursty”).

El sistema FR tiene dos características que lo hacen muy atractivo: bajo “overhead” y habilidad para soportar ráfagas de datos de alta velocidad. El bajo “overhead” se refiere al procesamiento mínimo que tiene lugar en cada nodo o conmutador de una red FR, denominados “puntos de presencia (POP)”. En particular, el procesamiento de errores y control de flujo es mínimo, lo cual teóricamente produce un menor retardo (de 2 ó 3 ms) comparado con el retardo de X.25 (de 20 a 40 ms) aún a las mismas velocidades de transmisión. En efecto, en FR se verifica en cada nodo si la trama está o no en error. Si la trama es correcta, se retransmite; pero si la trama está en error, ella es descartada dejando la recuperación del error a las capas superiores, es decir, a los usuarios terminales. Nótese la diferencia con X.25 en el cual, cuando la trama está en error, se pide la retransmisión del mensaje al nodo anterior. En FR se puede entonces aumentar la velocidad de transmisión desde 56 kbps hasta 2048 kbps; para un futuro muy próximo se espera alcanzar velocidades superiores, posiblemente 45 Mbps.

La habilidad del sistema FR para soportar ráfagas de datos de duración variable y de distintas velocidades, lo distingue también de los Servicios de Líneas Arrendadas (Lease-Line Services) de conmutación de circuitos, en los cuales las velocidades de transmisión generalmente son fijas. En FR los nodos están enlazados mediante Circuitos Virtuales Permanentes (PVC) y cada PVC tiene asignada una velocidad de transmisión CIR (Committed Information Rate), que es la velocidad de transmisión garantizada disponible en

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

el circuito. Sin embargo, la velocidad máxima disponible puede hacerse mucho mayor para ráfagas de corta duración. La velocidad CIR es equivalente al ancho de banda y más específicamente es la velocidad promedio en el PVC. Algunas veces la velocidad de transmisión puede superar durante breves períodos al CIR, lo cual a menudo se indica como “capacidad de ráfagas”. Típicamente el CIR es inferior a la velocidad de acceso, y si es igual, significa que los datos nunca podrán viajar más rápido que el CIR. En general, en el momento de afiliarse a un sistema FR, el usuario especifica cuáles nodos deben interconectarse y define los parámetros de la conexión, por ejemplo, el CIR de operación. La red registra esta conexión como permanente hasta que el usuario la modifica y la red se encarga del enrutamiento, relevo y transmisión de las tramas. En un futuro próximo FR ofrecerá servicios en la forma de circuitos virtuales conmutados.

Formatos y Configuración del Sistema FR

En la Fig. 6.12 se muestra el formato de la trama FR.

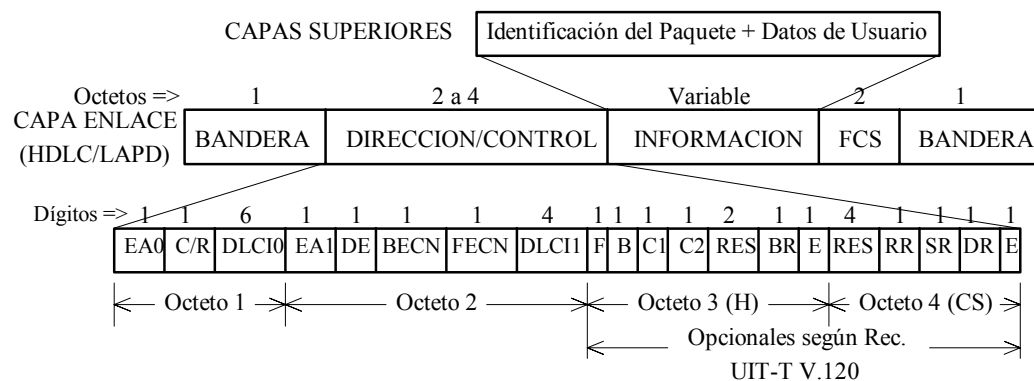


Fig. 6.12. Formato de la Trama Frame Relay.

Los dos primeros octetos del Campo Dirección/Control contienen los siguientes subcampos:

DLCI 1/0 (Identificador de la Conexión de Enlace). Estos 10 dígitos representan la conexión virtual entre un usuario y un conmutador o Punto de Presencia (POP). Cada conexión virtual que es multiplexada en un canal físico estará representada por un valor único DLC 1/0. Estos valores tienen significado local solamente, lo que significa que ellos son propios del canal físico sobre el cual ellos residen. Por lo tanto, dispositivos en los lados opuestos de una conexión pueden tener diferentes valores de DLCI/0 sobre la misma conexión virtual.

EA (Dirección Extendida). El dígito EA se utiliza para indicar si el octeto en el cual el valor de EA = 1 es el último campo de direcciones. Si el valor es 1, entonces el octeto actual es el último valor DLCI.

C/R. Es un indicador de comando/respuesta. Todavía no está bien definido.

DE, BECN, FECN. Son los dígitos de control de congestión.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

El Identificador de la Conexión del Enlace (DLCI 0/1) permite que la red enrute cada trama de nodo a nodo a lo largo de una trayectoria virtual. La bandera DE (Elegible para Descartar) y los dígitos FECN y BECN de notificación de congestión se utilizan para el manejo de situaciones de congestión en la red. Los procedimientos establecidos en la Recomendación UIT-T V.120 se pueden utilizar en FR para proveer segmentación, reensamblaje y señalización fin-a-fin de las condiciones de error y el estado del control; estos procedimientos son opcionales.

Los dos octetos opcionales de adaptación de terminal según la Recomendación UIT-T V.120 tienen el significado siguiente:

H = Encabezado V.120;	CS = Estado (Status) de Control
F = Dígito F de Segmentación ;	B = Dígito B de Segmentación
C1/C2 = Dígitos de Control de Error ;	Res = Reservado para uso futuro
BR = Dígito BREAK/HDLC;	E = Dígito de Extensión
RR = Recepción Lista;	SR = Enviar Listo;
	DR = Datos Listos

Para ver cómo opera el sistema FR, supongamos que una Aplicación A desea enviar un archivo a una Aplicación B por una configuración B+D. La Aplicación A inicia el proceso de comunicación enviando a la Capa Transporte, a través de las Capas Presentación y Sesión, una petición para el establecimiento de una conexión. La Capa Transporte envía información de control y señalización por el canal D utilizando los procedimientos Q.931; el mensaje de señalización es enrutado a través de la red y es utilizado para definir la trayectoria virtual y los parámetros de llamada que serán usados durante la etapa de transferencia de datos.

Una vez que la llamada se ha establecido, los datos son transferidos a través de la red por el canal B utilizando el DLCI y la información de ruta determinada en la etapa de establecimiento de la llamada. Lo importante en FR es que minimiza la cantidad de procesamiento de las tramas en la red y como consecuencia la transferencia de la información es mucho más rápida, pues, como ya lo hemos señalado, el retardo en cada nodo es de 2 ó 3 ms comparado con el retardo de 20 a 40 ms en X.25.

En el sistema FR no hay un mecanismo para impedir que un usuario descargue un gran volumen de datos sobre la red, retardando así las otras comunicaciones y generando problemas de congestión. Sin embargo, las especificaciones de FR contemplan un mecanismo para manejar la congestión, específicamente los dígitos BECN y FECN. El dígito BECN avisa que hay congestión en el sentido opuesto al de transmisión (aguas arriba). Por su parte, el dígito FECN avisa que la congestión es en el sentido de transmisión (aguas abajo). Cuando los usuarios finales reciben una indicación de congestión, ellos deben reducir inmediatamente las velocidades de transferencia hasta que la red desactive los dígitos BECN y FECN. Una forma en la cual los POP manejan la congestión es almacenando los datos en un buffer de alta capacidad, por ejemplo, 2 megabits, y transmitiendo las tramas desde el buffer a una velocidad no superior al CIR. Si los datos continúan llegando a velocidades superiores al CIR, el buffer empieza a llenarse y cuando ha llegado a un cierto umbral, activa los dígitos BECN y FECN para alertar, aguas arriba y

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

aguas abajo, las condiciones de congestión. Estos dígitos participan la congestión, pero si la situación no mejora, se alcanza un segundo umbral y el buffer comienza a descartar tramas, al mismo tiempo que activa el dígito DE “Elegible para Descartar”; este dígito identifica las tramas que han excedido las velocidades contratadas y que pueden ser desechadas. De esta manera sólo queda afectado un solo PVC y no el resto de la red, y los datos perdidos son recuperados por mecanismos apropiados en las capas superiores. En FR es muy importante, entonces, el escoger una velocidad CIR apropiada para una conexión dada; en efecto, una velocidad CIR muy baja puede causar congestión y tiempos de respuesta lentos. Una velocidad CIR muy alta puede resultar innecesariamente costosa. Nótese que el costo de FR no depende de la distancia, sino de las velocidades CIR contratadas.

Las nuevas redes FR proveen todas las facilidades para el acceso de los usuarios a los cuales asignan “líneas de acceso (LA)” a una cierta velocidad, mayor que la velocidad CIR contratada. La mayor aplicación de FR es en la interconexión de grandes computadoras y de redes de área local formando redes de gran área, o redes de valor agregado. En la Fig. 6.13 se muestra la configuración de una red pública con Frame Relay.

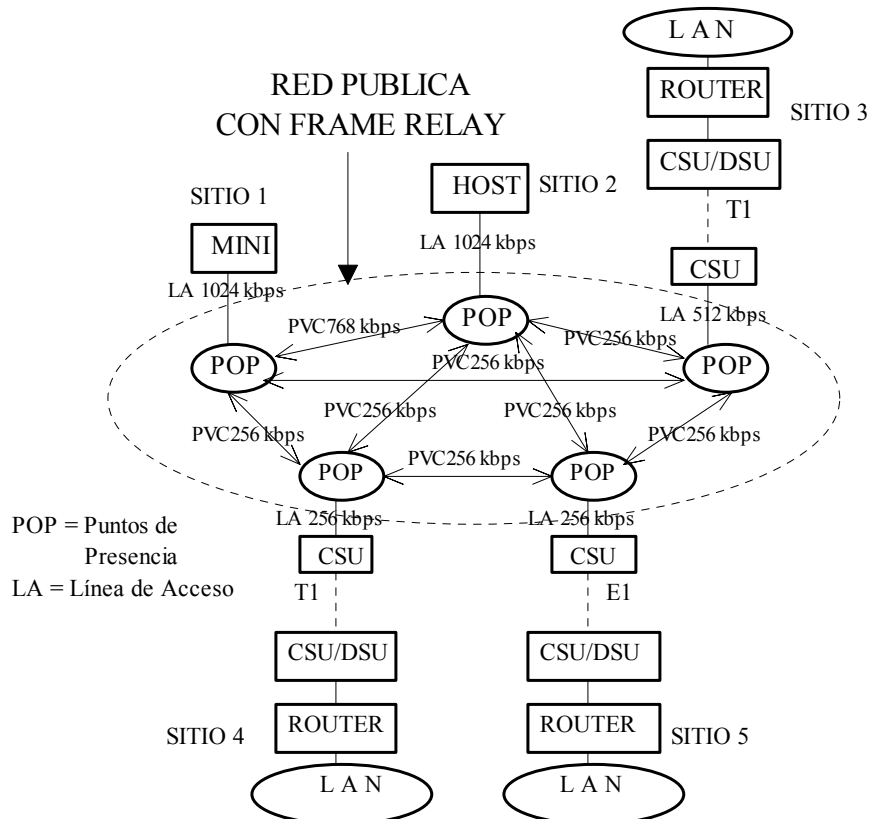


Fig. 6.13. Configuración de un Sistema Frame Relay.

El sistema FR fue diseñado para operar sobre una amplia gama de interfaces y servicios de transmisión existentes. En un ambiente privado el acceso a FR puede realizarse mediante las interfaces de la Serie V, T1, T1 Fraccional, X.21, y las interfaces ISDN BRI y

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

PRI, en las cuales el protocolo de base es el HDLC y sus variantes. El usar servicios fácilmente disponibles permite una rápida introducción al mercado y además el usuario puede escoger entre diferentes operadoras que ofrecen servicios de transmisión FR.

Minimizando los formatos y los procedimientos necesarios, FR ofrece beneficios de costo/prestaciones sobre las tecnologías existentes para el acceso de datos entre redes de banda ancha. Asimismo, el sistema FR reenruta automáticamente la comunicación por otra ruta en caso de falla y la red FR se ocupa de las reparaciones necesarias. En cambio, cuando se está conectado a una red privada con líneas dedicadas, el usuario no sólo debe asegurarse la posibilidad de reenrutamiento del tráfico, sino que además debe pagar por esa capacidad.

Otros estándares relacionados con el sistema Frame Relay son:

UIT-T: I.122, Q.922 y Q.933

ANSI: T1.606-90, T1S1/90-175R4 y T1S1/90-214.

6.3. REDES DE AREA LOCAL

6.3.1. Introducción

Una red de área local (Local Area Network, LAN) es una red de datos de recursos compartidos que permite que un número de dispositivos independientes y no homogéneos puedan comunicarse entre sí. Estas redes están confinadas en áreas geográficas relativamente pequeñas como, por ejemplo, un recinto universitario (edificios y laboratorios) o un edificio con una gran cantidad de oficinas, en donde se necesita servicios de transferencia de archivos, procesamiento de palabras, correo electrónico, servidores de todo tipo, bases de datos distribuidas, etc., e interconexión con otras LAN. Una LAN puede soportar una gran cantidad de dispositivos digitales: computadoras (micro, mini y maxi), terminales de video, bancos de datos, impresoras, graficadoras, impresoras de facsímil e interfaces con otras redes. La transmisión de voz y de video no ha sido definida en las LAN.

Las características principales de las redes de área local son:

- Tiene una extensión de 1 a 10 km, cuando más
- La información se transmite en serie sincrónica y asincrónicamente, comúnmente desde 300 bps hasta 20 Mbps, aunque hay en proyecto y desarrollo sistemas que pueden llegar hasta 1000 Mbps
- La tecnología utilizada es de avanzada y está basada en procesadores
- Comparada con los sistemas de transmisión analógica, la LAN es relativamente inmune al ruido. La tasa de error (BER) es del orden de 10^{-9} , mientras que la tasa de error en transmisión de voz, por ejemplo, es de 10^{-4} . La confiabilidad es alta
- La transmisión se efectúa por conmutación de paquetes

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Puede soportar una gran variedad de otros dispositivos como, por ejemplo, sensores, termostatos, alarmas de seguridad, dispositivos de control de procesos, terminales de datos de baja velocidad (telex, teletipo), etc.
- La arquitectura de la red es tal que permite una total conectabilidad entre los dispositivos conectados a ella sin necesidad de algoritmos de enrutamiento complicados
- El costo, tanto total como por conexión, es moderado

6.3.2. Características Técnicas de las Redes de Area Local

Las características técnicas de las redes de área local incluyen las topologías, los métodos de acceso empleados para transmitir datos por la red, los medios de transmisión, y los programas (software) y equipos necesarios para operar la red.

Topologías

La topología de una red de área local puede adoptar varias formas, como se muestra en la Fig. 6.15.

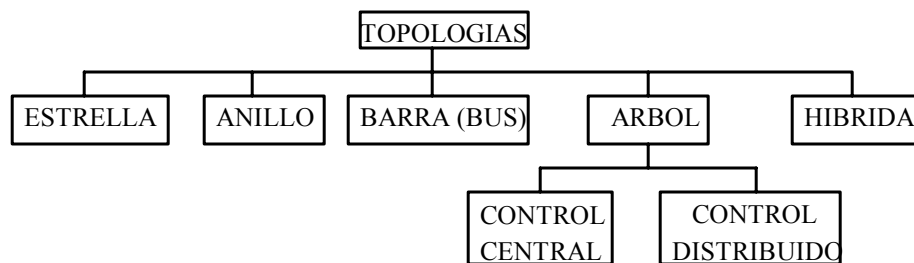


Fig. 6.14. Topologías de Red

Cada topología está adaptada a determinados usos, tiene sus propias estrategias de enrutamiento óptimo y sus características de confiabilidad. En contraste, una red telefónica tiene una organización jerárquica con enlaces entre nodos diseñados en términos de tráfico y costo, y con enrutamientos que siguen reglas muy complejas, mientras que una red de área local tiene una forma muy regular y el enrutamiento es muy sencillo.

En la Fig. 6.15 se muestra la forma de algunas de estas topologías.

La estrella es una topología conveniente para instalaciones centralizadas física y lógicamente. La estrella permite también la transmisión por conmutación de circuitos y un enrutamiento muy fácil y flexible por cuanto el nodo central conoce todas las trayectorias que de él irradian. Como existe un nodo central (“Hub”), el acceso a la red se puede controlar fácilmente y se puede establecer esquemas de prioridad de utilización en algunos de los nodos o usuarios. Con la centralización del control, el nodo central debe ser muy confiable y con una suficiente capacidad computacional para el enrutamiento y control de todo el tráfico de la red. El acceso del usuario al nodo central se verifica a través de las

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

“unidades de interfaz de nodo (Node Interface Unit, NIU)”, las cuales están conectadas al nodo central, aunque muchas veces ellas están directamente incorporadas en él. La topología en estrella tiene la desventaja de que es muy vulnerable a fallas en el nodo central; cualquiera falla en este nodo ocasiona el derrumbe completo de la red.

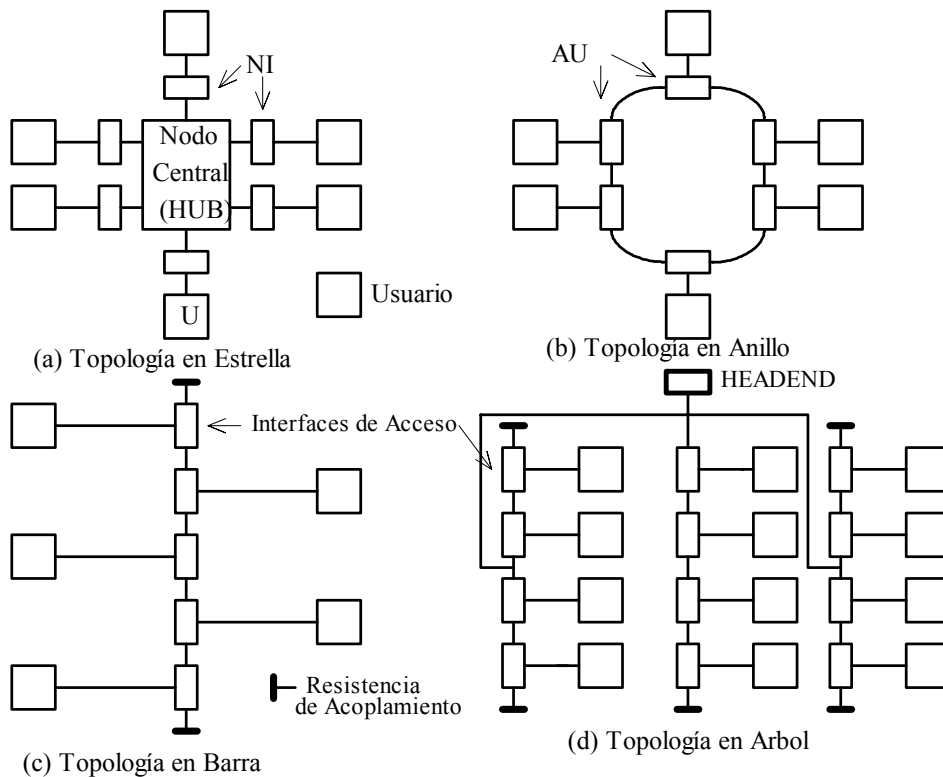


Fig. 6.15. Topologías de las Redes de Área Local.

El anillo es una topología apropiada para modos de transmisión por paquetes. El anillo consiste en una serie de enlaces conectados con repetidores activos o “Unidades de Acceso, (AU)”. Las secuencias de información circulan en el anillo en forma unidireccional pasando por las unidades de acceso, las cuales deciden si aceptan la información o la dejan seguir a la próxima; en las unidades de acceso no hay almacenamiento (buffering) y el retardo producido es mínimo (generalmente de pocos dígitos). La vulnerabilidad del anillo es grande también, pues una rotura en un enlace interrumpe el flujo de información; sin embargo, como veremos más adelante, algunos sistemas en anillo tienen esquemas que permiten restablecer la continuidad del anillo en caso de rotura.

La topología en anillo y la topología en estrella se pueden combinar para formar una estrella cuyos rayos son las secciones de un anillo y cuyo nodo central es la denominada Unidad de Acceso a Multiestación (MAU). Esta configuración físicamente es una estrella pero lógicamente es un anillo; corrientemente se dice que es un “anillo colapsado”. Más adelante veremos una aplicación de esta configuración en una red de área local.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

La topología en barra o “bus” requiere un medio de transmisión full dúplex en el cual las señales fluyen en cualquiera dirección. El modo de transmisión es por paquetes. A diferencia de las topologías en estrella o en anillo, los nodos o usuarios asociados con una barra no efectúan ninguna clase de enrutamiento; esto se debe a que la barra es un medio radiante o difusor (“broadcast”) en el cual los nodos escuchan todas las transmisiones y solamente copian aquellos mensajes que llevan su dirección. En algunos sistemas de barra radiante los nodos tienen que competir entre sí para poder utilizar el medio; esto quiere decir que el control del medio está distribuido entre los diferentes nodos en competencia. Una aplicación de este sistema lo veremos más adelante.

La topología de barra y la topología en estrella se pueden combinar de tal manera que el nodo central (convertido en una “barra colapsada o puntual”) retransmita simultáneamente a todas las estaciones en los rayos de la estrella la transmisión de una estación dada. El nodo central controla todos los aspectos de la transmisión. Esta configuración físicamente es una estrella pero lógicamente es una barra, en la cual el nodo central puede controlar el acceso y establecer prioridades.

La topología en árbol es una generalización de la topología en barra. La configuración en árbol comienza en un punto denominado “cabecera” o “headend”. De la cabecera salen varios cables que a su vez contienen más ramales, los cuales se subdividen en más ramales formando una red que puede ser bastante compleja; en este caso el control está centralizado en la cabecera. Por ejemplo, la red del protocolo industrial BSAP, vista en el Capítulo V, es una red en árbol con control centralizado. Algunas veces las redes en barra con control distribuido se pueden extender hasta formar árboles y no necesariamente se dispone de una cabecera. En este caso se tiene una red en árbol con control distribuido.

Las topologías anillo en estrella y barra en estrella pueden ser consideradas como topologías “híbridas”.

Métodos de Acceso al Medio

Las redes de área local están formadas por colecciones de dispositivos que deben compartir la capacidad de transmisión de la red, y es necesario disponer de medios para el control del acceso al medio de transmisión cuando dos (o más) dispositivos desean establecer una conexión en un momento dado. En primer lugar, hay que decidir si el control se ejerce en una forma centralizada o en una forma distribuida. En el sistema centralizado se define un controlador o nodo que tendrá la autoridad para permitir el acceso a la red. Una estación que desea transmitir debe esperar entonces hasta recibir autorización desde el nodo de control. Por el contrario, en la red con control distribuido las estaciones colectivamente establecen una forma dinámica de control para determinar qué estación transmitirá de primero, por cuánto tiempo, con qué prioridades, etc.

Basados en las premisas anteriores, podemos establecer entonces tres formas de acceso al medio: el acceso dedicado, el acceso controlado y el acceso aleatorio, que son las tres formas encontradas en la mayoría de las redes de área local corrientes, Fig 6.16.

Fundamentalmente, en el acceso dedicado se aplican las técnicas de multiplex TDM y FDM, que hemos visto anteriormente, y sus formas de acceso a satélites, conocidas como Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) y Acceso Múltiple por División de

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Frecuencia (FDMA). El controlador, en este caso un multiplexor, asigna o reserva ranuras de tiempo o gamas de frecuencia a los diferentes usuarios. Esta asignación puede ser fija o puede ser dinámica, como es el caso de los multiplexores estadísticos, en los cuales la asignación de canales o ancho de banda es “según la demanda”. Estas técnicas son poco utilizadas en las redes de área local corrientes y no abundaremos en más detalles.

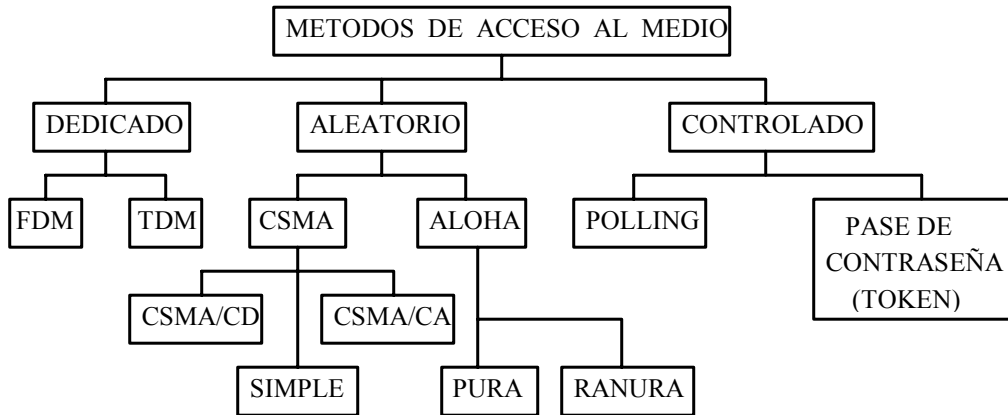


Fig. 6.16. Métodos de Acceso al medio en Redes de Area Local

Los métodos de acceso más utilizados en las redes de área local son los métodos de acceso aleatorio y los métodos acceso controlado, los cuales describiremos brevemente.

Métodos de Acceso Aleatorio

Método ALOHA

En los métodos de acceso aleatorio los usuarios compiten entre sí para lograr el acceso y control del medio de transmisión; esta es una forma de control distribuido. Este método tuvo su origen en la Universidad de Hawaii [Abramson, 1970] cuando se intentó transmitir desde varios transmisores independientes a través de un solo repetidor; en efecto, un terminal listo para transmitir simplemente envía su mensaje, sin importarle el estado del canal. La estación transmisora espera un tiempo igual al doble del tiempo de propagación máximo en el canal; si la estación escucha un reconocimiento durante ese tiempo, considera completa la transmisión y se prepara para enviar otro mensaje, y así sucesivamente para todas las estaciones. Obviamente habrá colisiones entre diferentes transmisiones simultáneas, en cuyo caso los receptores afectados descartan las tramas corruptas recibidas y no envían reconocimientos. En estas circunstancias, los transmisores afectados deberán retransmitir después de un tiempo de espera aleatorio. Este esquema se denominó ALOHA y representa la forma más pura o básica de acceso aleatorio, de allí el nombre de ALOHA PURA, como se le conoce comúnmente. Pero la simplicidad del sistema ALOHA pura tiene un costo; en efecto, debido a que el número de colisiones se incrementaba al aumentar la carga (número de transmisores en servicio), la capacidad de utilización del canal era aproximadamente de 18%.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Para mejorar el rendimiento del sistema ALOHA pura se decidió dividir el tiempo de transmisión en ranuras uniformes cuya duración era igual al tiempo de transmisión de una trama. Los transmisores solamente pueden transmitir en los extremos inferiores de las ranuras, de manera que las tramas que colisionen siempre estarán dentro de una misma ranura. Este esquema aumentó la capacidad de utilización hasta aproximadamente el 37%, y por sus características se denominó ALOHA RANURADA.

Método CSMA

La baja capacidad de transmisión del método ALOHA se deriva de su incapacidad para aprovechar una de las propiedades claves de las redes de packet radio y las redes locales y la cual es que el tiempo de propagación entre estaciones es generalmente mucho menor que el tiempo de transmisión de una trama. En este caso, cuando una estación transmite una trama las otras estaciones lo saben casi inmediatamente y pueden abstenerse de transmitir hasta que la transmisión finalice. De esta manera solamente cuando por lo menos dos estaciones comienzan a transmitir simultáneamente se puede producir colisiones. Estas consideraciones llevaron al desarrollo de una técnica conocida como Acceso Múltiple por Sondeo de Portadora (Carrier Sense Multiple Access, CSMA) una de cuyas formas es utilizada en la Red Ethernet o LAN IEEE 802.3, como veremos más adelante. Este método de acceso es apropiado para topologías en barra y árbol.

En CSMA un terminal sondea el canal antes de empezar a transmitir y si el canal está desocupado realiza la transmisión; si el canal está ocupado, se retira y espera un tiempo aleatorio antes de volver a sondear el canal. Hay, sin embargo, una cierta probabilidad de que otro terminal haya efectuado la misma operación y que los dos terminales “vean” un canal desocupado produciéndose una colisión. La probabilidad de este suceso aumenta en barras largas con numerosos usuarios, puesto que una transmisión puede iniciarse en un extremo del canal y antes de que la señal se propague hasta un cierto punto, un nuevo usuario ha entrado al canal. El sistema debe ser capaz de detectar las colisiones y esto se efectúa comparando las señales transmitidas con las presentes en el canal para ver si el mensaje en el canal es igual al que está siendo transmitido, o mediante técnicas que detectan la presencia de otras transmisiones por medios eléctricos directos. En cualquier caso, los usuarios que han detectado una colisión se retiran y esperan un tiempo aleatorio, independiente para cada uno, antes de volver a tratar de acceder al canal. Este proceso se repite hasta que se consigue el canal desocupado o cuando se ha llegado a un cierto número de intentos, que en algunos sistemas es de 16.

Se puede presentar el caso en que dos terminales comiencen a transmitir simultáneamente sin que se haya detectado una colisión durante un cierto tiempo, debido al tiempo de propagación (alrededor de 5 nanosegundos por metro) de las señales antes de encontrarse. Si los mensajes son lo suficientemente cortos, puede ocurrir una colisión sin que los terminales sepan de ella y la información transmitida se perdería. Es necesario, entonces, que los mensajes o paquetes no sean menores que cierta longitud, la cual es una función de la velocidad de transmisión y de la longitud del canal. Otro problema en CSMA es que la cantidad de tiempo requerido para tener acceso al canal puede ser muy variable; de hecho, no hay ninguna garantía de que el terminal pueda tener alguna vez la oportunidad de transmitir.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

El esquema que hemos descrito es el CSMA SIMPLE, que aunque más eficiente que el ALOHA, tiene todavía una deficiencia muy importante. En efecto, cuando dos tramas colisionan, el medio permanece inutilizable durante la duración de transmisión de las dos tramas, y si las tramas son largas, esto significa una gran pérdida de tiempo utilizable. Esta pérdida de tiempo, o de ancho de banda como algunas veces se dice, se puede reducir si el terminal continúa sondeando el canal mientras está transmitiendo (“oyendo mientras se habla”). Si durante la transmisión el terminal detecta otra señal en el canal, debe abortar su transmisión y transmitir de inmediato una señal de interferencia de muy corta duración para avisar a las otras estaciones que se ha producido una colisión. Después de transmitir la señal de interferencia debe retirarse del canal y esperar un tiempo aleatorio antes de hacer un nuevo intento de acceso; el terminal que originó la colisión actúa de la misma manera. Este esquema mejorado se denomina Acceso Múltiple por Sondeo de Portadora con Detección de Colisiones (CSMA/CD) y es el utilizado en la Red Ethernet y estandarizado por la IEEE, Comité 802, Norma 802.3, cuya estructura de trama veremos más adelante.

Otra forma de CSMA es aquella en la cual los terminales poseen un mecanismo que les permite estimar el tiempo o intervalo de ocurrencia de una colisión y evitar la transmisión durante ese tiempo. Esta técnica se denomina Acceso Múltiple con Sondeo de Portadora con Medios para evitar Colisiones (CSMA/CA). Como esta técnica elimina los circuitos de detección de colisiones, que son propiedad de Ethernet, las redes que utilizan el método CSMA/CA son menos costosas que la red Ethernet que utiliza el esquema CSMA/CD. La técnica CSMA/CA se utiliza actualmente en redes de área local inalámbricas, que han sido normalizadas en el estándar IEEE 802.11.

Una excelente descripción de las técnicas anteriores se puede encontrar en [Stallings, 1993].

Métodos de Acceso Controlado

En muchas aplicaciones el acceso de las estaciones al medio de transmisión debe ser asegurado por el sistema y el control que lo realiza puede ser centralizado o puede ser distribuido. Esta clasificación permite definir en las redes de área local dos tipos de acceso controlado: el método de acceso por interrogación (polling) y el método de acceso por pase de contraseña (token).

Método de Acceso por Interrogación(Polling)

El método de acceso por interrogación es una forma de control centralizado y es particularmente apropiado para topologías en árbol y en sistemas multipunto, aunque en principio se puede utilizar con cualquiera topología. Sin importar la topología, la interrogación es llevada a cabo por una estación de control conectada a todas las estaciones de la red mediante un enlace compartido o por enlaces dedicados. Este es el método de acceso comúnmente utilizado en los protocolos industriales.

La esencia del procedimiento del polling ya la hemos visto cuando se describió algunos de los protocolos de Capa Enlace, descripción que consideramos suficiente para entender sus principios.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Método de Acceso por Pase de Contraseña

A diferencia del polling, en el método por pase de contraseña (“token”) se controla la secuencia de transmisión de las estaciones, los tiempos de transmisión, las prioridades, etc., y se puede utilizar en topologías en anillo y en barra. El control está distribuido entre las estaciones presentes.

La distribución del control necesita un medio mucho más restringido que en el caso de polling, con paquetes mejor estructurados y una interacción más estricta entre estaciones, y entre estaciones y el medio de transmisión. La clave del sistema es la utilización de una contraseña; la contraseña es una secuencia fija de datos que circula en el medio de transmisión, un anillo o una barra. Cuando una estación tiene datos para transmitir, primero debe tomar posesión de una contraseña libre, a la cual le agrega una bandera para indicar que la contraseña está siendo utilizada, y le agrega también la información que va a transmitir a una estación dada; a continuación la retransmite. Durante el tiempo en que la contraseña está en uso, las otras estaciones permanecen inactivas con lo cual se elimina la posibilidad de una colisión, aún si el medio es una barra; solamente aquella estación cuya dirección está en la contraseña puede copiar la información, las demás la ignoran. Una vez completada la transmisión, la contraseña es liberada en el medio y, de acuerdo con un esquema fijo, una nueva estación toma posesión de ella y el proceso se repite.

De acuerdo con el tipo de topología, se han desarrollado dos métodos de acceso por pase de contraseña: el Anillo de Pase de Contraseña (“Token Ring”) y la Barra de Pase de Contraseña (“Token Bus”), que ya han sido estandarizados por la IEEE, Comité 802, Normas 802.5 y 802.4, respectivamente. Vamos a describir brevemente estos métodos de acceso a redes de área local.

Anillo de Pase de Contraseña (“Token Ring”)

En esta topología las estaciones están acopladas al anillo a través de una interfaz activa AU, Fig. 6.15 (b), que permite que una estación esté en una condición de “escucha” o en una condición de “transmisión”. Si las estaciones están inactivas o no quieren transmitir, la contraseña circula libremente a lo largo del anillo, pasando de estación en estación. Si una estación desea transmitir, ella espera hasta que detecta que le llega una contraseña vacía; la estación toma posesión de la contraseña, la marca cambiándole un dígito (bandera) y le agrega el resto de los campos necesarios para construir una trama la cual transmite a una estación dada. La trama así formada se desplaza por el anillo y cada estación la recibe y si no es para ella la retransmite. La estación de destino observa que la trama lleva su dirección, de modo que ella copia la información, marca la trama como recibida y la retransmite. Esta trama continúa circulando por el anillo y al llegar a la estación de origen, se verifica que la información ha sido entregada, se le elimina la información que se transmitió y se libera la contraseña. En la Fig. 6.17 se muestra este mecanismo: en (a) la Estación A espera a la contraseña vacía; cuando la recibe, la marca, le agrega los otros campos y la transmite con dirección Estación C. En (b) la Estación C ha copiado la trama a ella dirigida, la marca y la retransmite. En (c) la trama llega a la Estación A la cual elimina los campos adicionales liberando la contraseña. Más adelante, al describir

el sistema Token Ring IEEE 802.5, mostraremos la estructura de la contraseña y de la trama completa.

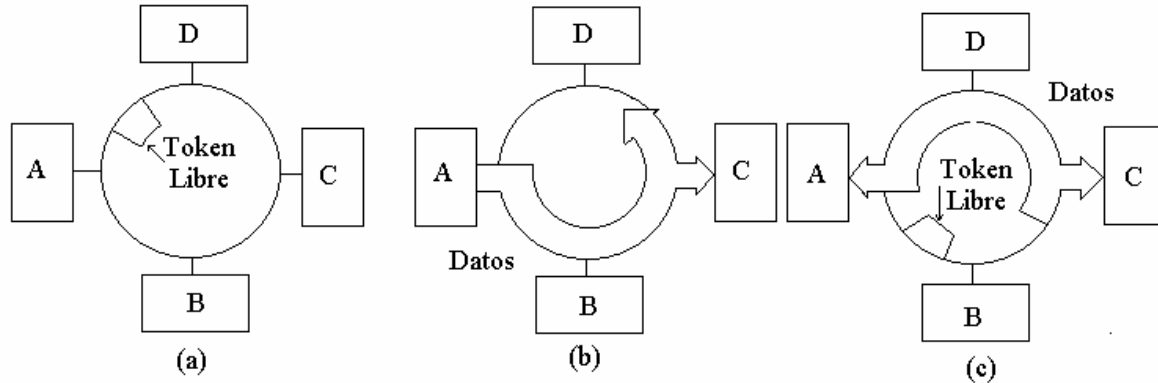


Fig. 6.17. Mecanismo de Transmisión en el Sistema Token Ring.

La principal ventaja de este esquema es que las estaciones transmiten en una forma controlada y equitativa, pues todas las estaciones tienen la oportunidad de transmitir. Sin embargo, como veremos más adelante, en algunos sistemas se agregan mecanismos para establecer prioridades y para garantizar servicios de ancho de banda según demanda.

La principal desventaja del esquema Token Ring es la necesidad de un estricto mantenimiento de la contraseña; por ejemplo, pérdida o duplicación del token produce interrupciones indeseables. Para prevenir estas eventualidades, una de las estaciones actúa como monitor para asegurar que una sola contraseña está en el anillo o para suplir una si es necesario.

Barra de Pase de Contraseña ("Token Bus")

En esta técnica se combinan las atractivas propiedades de la topología en barra radiante, como, por ejemplo, la transmisión en banda ancha, con aquellas de un esquema con acceso controlado al medio, como, por ejemplo, buen rendimiento bajo condiciones de carga de alto tráfico, insensibilidad al factor velocidad-distancia y equidad de acceso, propias de la topología en anillo.

En este sistema una contraseña controla el derecho de acceso al medio; la estación que posee la contraseña tiene momentáneamente el control sobre el medio. A la contraseña se le agregan los diferentes campos de la trama y se transmite por la barra. Puesto que la barra es radiante, todas las estaciones "ven" la trama que solamente es copiada por la estación de destino. Esta estación libera a la contraseña la cual es tomada por una estación de acuerdo con una secuencia de direcciones de estación. Este mecanismo cíclico constituye un anillo lógico, es decir, se efectúa una operación en anillo utilizando una barra física.

La operación estable requiere el envío de la contraseña a una estación activa que especifica la sucesora cuando la estación ha finalizado su transmisión. El máximo tiempo de transmisión de cualquiera estación es controlado por un temporizador de posesión de contraseña. Pero lo más difícil es establecer y mantener el anillo lógico; esto implica, por ejemplo, la inicialización, incorporación o remoción de una estación. Cada estación

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

participante conoce las direcciones de su predecesora y sucesora, y una vez que una estación ha completado la transmisión de sus tramas, ella pasa la contraseña a su sucesora. La forma de la trama y de la contraseña las veremos más adelante al describir la red de área local LAN IEEE 802.4.

En la Fig. 6.18, se muestra en forma esquemática la operación del sistema Token Bus.

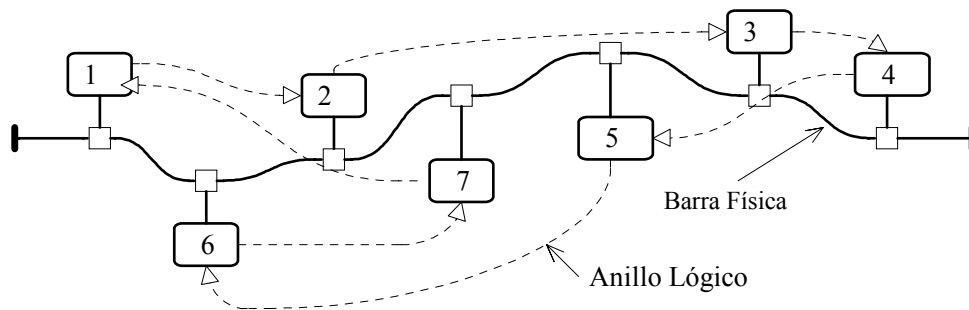


Fig. 6.18. Mecanismo de Transmisión del Anillo Lógico en el Sistema Token Bus.

Después de haber enviado la contraseña, la estación monitorea la barra para asegurarse de que su sucesora la ha recibido. Si la estación emisora detecta una trama válida después de la contraseña, supone que su sucesora posee la contraseña y está transmitiendo normalmente. En caso contrario, toma el control de la red y, si es necesario, las acciones de recuperación apropiadas para restablecer el anillo lógico.

Otros Métodos de Acceso al Medio

Además de los esquemas de control de acceso al medio vistos, hay otros dos métodos de acceso al medio que se emplean en algunos productos comerciales y sistemas prototipo; estos esquemas son el “anillo ranurado” y el “anillo con inserción de registro”, que vamos a describir muy brevemente.

Anillo Ranurado

En el anillo ranurado (“slotted ring”) un número constante de ranuras de longitud fija circulan continuamente a lo largo del anillo. Cada ranura contiene una bandera indicadora para designar si la ranura está llena o vacía e inicialmente todas las ranuras están vacías. La estación que desea transmitir debe segmentar sus datos en tramas de longitud fija y espera hasta que llega una ranura vacía. Al llegar una ranura vacía la estación activa la bandera y llena la ranura con su trama de datos y la transmite; la estación no puede transmitir más información hasta que su ranura retorne por el anillo, y el proceso se repite igual para todas las estaciones.

Una de las realizaciones del anillo ranurado es en el denominado “anillo de Cambridge”, desarrollado en Inglaterra en la Universidad del mismo nombre. En el anillo de Cambridge cada ranura contiene un minipaquete de 5 octetos que incluye direcciones (fuente/destino), dígitos de control y de datos (2 octetos solamente). Este anillo puede

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

operar a una velocidad de 10 Mbps sobre par trenzado y puede contener hasta 1024 minipaquetes o ranuras.

La principal desventaja del anillo ranurado es el desperdicio que puede ocurrir si las estaciones no desean transmitir información, en cuyo caso las ranuras asignadas estarán circulando vacías. Sin embargo, esta desventaja es compensada por la simplicidad de operación; la interacción del nodo con el anillo está minimizada y como consecuencia aumenta la confiabilidad.

Anillo con Inserción de Registro

El anillo con inserción de registro (“Register Insertion Ring”) contiene un registro de desplazamiento asociado con cada nodo. El registro, cuya longitud es igual a la de las tramas, se utiliza para guardar temporalmente las tramas que circulan a través del nodo. Además, en el nodo hay buffers para almacenar tramas producidas localmente. El paquete a transmitir se coloca en un registro el cual inmediatamente se inserta en el anillo. Como consecuencia, el anillo se alarga en una longitud igual a la del registro y transmite el mensaje. Todo el tráfico pasa a través del registro lo que permite que cada estación lea las direcciones de destino, y si es la suya copia la información y luego marca y retransmite el mensaje. Una vez que el paquete regresa a la estación de origen, él es renovado y queda listo para una nueva transmisión.

El lector puede encontrar mucha información sobre estos métodos en [Stallings, 1993].

Medios de Transmisión en Redes de Area Local

El medio de transmisión es el canal o conexión física entre el transmisor y el receptor en una red de comunicaciones. Los medios de transmisión utilizados en las redes de área local son el par trenzado, el cable coaxial, las fibras ópticas y el espacio libre.

Los medios de transmisión se pueden clasificar como “medios guiados” y “medios no guiados” y la transmisión es en forma de una onda electromagnética. Ejemplos de los medios guiados son el par trenzado, el cable coaxial y las fibras ópticas, mientras que la atmósfera y el espacio exterior son ejemplos de medios no guiados. La atmósfera y el espacio exterior permiten la transmisión de ondas electromagnéticas pero no las guían, como es el caso de la transmisión en radiofrecuencia y con rayos infrarrojos.

De acuerdo con el modo de transmisión de las señales, se tiene la “transmisión en banda de base” y la “transmisión mediante portadora modulada”, que ya hemos definido anteriormente. La transmisión en banda de base demanda anchos de banda menores que la transmisión mediante portadora modulada y los medios de transmisión deberán ser compatibles con estos modos. Por ejemplo, el par trenzado es el medio apropiado para la transmisión en banda de base, mientras que el cable coaxial y las fibras ópticas lo son para la transmisión mediante portadora modulada. Nótese que en la literatura inglesa se utiliza el término “broadband”, que significa “banda ancha”, como sinónimo del término “modulada”; el lector debe estar atento a estas singularidades del lenguaje técnico.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Vamos a describir brevemente estos medios de transmisión en lo que se refiere a su aplicación en las redes de área local, pues en el Capítulo IX se trata con más detalle los medios de transmisión en general.

El Par Trenzado

El par trenzado consiste de dos conductores de cobre o de acero trenzados o torcidos en espiral con revestimiento de cobre. Estos conductores se fabrican como pares sueltos o en forma de cable multipar (generalmente cuatro pares). Los pares pueden venir con o sin apantallamiento. Nótese que el trenzado es para reducir el efecto del ruido externo sobre los conductores, mientras que el apantallamiento es para reducir la energía radiada por los conductores; sin embargo, el par trenzado con apantallamiento de plomo provee un alto grado de protección tanto del exterior al interior como del interior al exterior.

El par trenzado se puede utilizar para la transmisión tanto de señales analógicas como digitales. En el caso de señales analógicas se requiere amplificadores cada 5 a 6 km, mientras que para señales digitales lo normal es de 2 a 3 km. La aplicación más común del par trenzado es para la transmisión de voz con una capacidad de hasta 24 canales de voz y un ancho de banda de 268 kHz; en transmisión digital se puede alcanzar una velocidad de 230 kbps.

El par trenzado, tanto no apantallado (unshielded twisted pair, UTP) o apantallado (shielded twisted pair, STP), es el más económico de los medios de transmisión y su instalación es muy fácil. En los edificios modernos el alambrado telefónico con par trenzado es parte de la infraestructura normal de telecomunicaciones y puede utilizarse para interconexiones en algunas redes de área local. Aunque el par trenzado está restringido en cuanto a velocidad y distancia de transmisión, se puede alcanzar velocidades de hasta 16 Mbps a 750 metros. Su uso está normalizado en el estándar EIA/TIA 568.

Un tipo de par trenzado muy utilizado en la práctica es el denominado “sistema de cableado IBM”, cuyos diámetros van desde 0,405 mm (calibre 26 AWG) hasta 0,644 mm (Calibre 22 AWG). El cable IBM se clasifica en tipos: desde Tipo 1 hasta Tipo 9, que se utilizan para diferentes distancias y aplicaciones. En el Capítulo IX veremos otras categorías de par trenzado. El lector puede obtener más información acerca de este tipo de conductor en cualquier catálogo de componentes.

El Cable Coaxial

En las redes de área local se utilizan dos tipos básicos de cable coaxial según la técnica de transmisión utilizada: banda de base o portadora modulada (“Broadband”). Ambos tipos de cable son mucho más costosos que el par trenzado, pero como su ancho de banda es mucho mayor, pueden permitir altas velocidades de transmisión a distancias mucho mayores que con el par trenzado.

En sistemas de banda de base se utiliza cable de 50 Ω , mientras que en sistemas de portadora modulada se utiliza cable de 75 Ω . Este último es el mismo tipo utilizado en sistemas de televisión por cable (CATV). La velocidad de transmisión en los cables en redes de área local de banda de base puede llegar hasta los 10 Mbps, y en las redes de portadora modulada hasta los 400 Mbps.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

El cable coaxial se puede aplicar en configuraciones punto-a-punto y multipunto. En banda de base el cable de 50 Ω puede soportar hasta 100 dispositivos por segmento, aunque con la ayuda de repetidores se puede extender mucho más. Por su parte, el cable de banda ancha de 75 Ω puede soportar cientos de dispositivos; sin embargo, en altas velocidades de transmisión (sobre 50 Mbps) se originan algunos problemas técnicos que limitan el número de dispositivos de 20 a 30. Las velocidades de transmisión típicas en las redes de área local corrientes tanto en banda de base como en portadora modulada comúnmente van de 2 a 20 Mbps, pero con las nuevas tecnologías se puede llegar a 1000 MHz.

Las distancias máximas en un cable de banda de base típico están limitadas a unos cuantos kilómetros, mientras que en los cables de banda ancha pueden llegar a decenas de kilómetros. La diferencia tiene que ver con la intensidad relativa de las señales tanto digitales como analógicas. En efecto, los tipos de ruido electromagnético que se encuentran generalmente en zonas industriales y urbanas son de frecuencias relativamente bajas, del mismo orden de las frecuencias de las señales digitales. Las señales analógicas, por su misma naturaleza, pueden ser fácilmente trasladadas a frecuencias lo suficientemente altas para evitar el efecto de las componentes del ruido y pueden alcanzar distancias superiores. En general, altas velocidades (sobre 50 Mbps), en transmisión digital o analógica, están limitadas a una distancia de aproximadamente 1 km. En las especificaciones de las redes de área local corrientes todos estos parámetros vienen ya establecidos y el lector solamente tiene que seguir las instrucciones de los fabricantes de las redes.

El Cable de Fibra Optica

El cable de fibra óptica es un medio de transmisión de energía luminosa y como tal provee un ancho de banda muy alto, permitiendo velocidades de transmisión del orden de los cientos de gigahertz. La fibra óptica en sí consiste en un núcleo de vidrio o plástico rodeado por un revestimiento de otro material con un índice de refracción diferente (en el Capítulo IX describiremos las características físicas de las fibras ópticas con mucho más detalle). Generalmente, las fibras ópticas se juntan en forma de cable multifibra con armaduras protectoras de aluminio o de acero para darle fortaleza mecánica; las fibras en sí son extremadamente flexibles pero frágiles, y la protección que se les agrega las hace muy rígidas y por lo tanto más complicadas para instalar que el par trenzado o el mismo cable coaxial.

Además de su alto ancho de banda, las fibras ópticas tienen ventajas adicionales en comparación con los otros medios de transmisión. Puesto que los datos se transmiten en forma de luz, las fibras ópticas son inmunes al ruido electromagnético y su instalación no requiere elementos especiales de apantallamiento ni de protección contra humedad, gases tóxicos, etc. La fibra óptica es el medio de transmisión ideal para esos ambientes hostiles. Por otro lado, como la información viaja en una trayectoria unidireccional, se necesitan dos fibras para conectar los transmisores con los receptores, una para cada dirección de transmisión; además, como el costo actual de los cables de fibra óptica es más alto que el par trenzado o el cable coaxial, este requerimiento de un cable dual hace más costosa la instalación. Finalmente, la dificultad de su empalmado necesita equipos y personal especializado, y una vez que la red ha sido instalada es muy difícil efectuar cambios en ella. Estas desventajas hacen que la aplicación de las fibras ópticas en redes de área local en

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

muchas aplicaciones comerciales no se haya extendido como debiera. En la medida en que los costos de la fibra y de la instalación declinen debido a las mejoras tecnológicas que cada día emergen, la aplicación de las fibras ópticas hasta el nivel doméstico de usuario tendrá repercusiones inmensas en el ámbito de las telecomunicaciones.

El Espacio Libre

Para transmitir en la atmósfera o en el espacio exterior comúnmente se emplean tres técnicas: las microondas (radiofrecuencia), los rayos infrarrojos y el láser. La característica común en estas técnicas no guiadas es que la transmisión es en línea visual. Como los anchos de banda en estos medios son bastante altos (microondas, de 10^9 a 10^{10} Hz; infrarrojos, de 10^{11} a 10^{14} Hz), hay un gran potencial para la transmisión a muy altas velocidades. En el comercio se puede encontrar una variedad de sistemas inalámbricos para distancias cortas en una amplia gama de velocidades y frecuencias.

Estas técnicas de transmisión son particularmente apropiadas para enlaces de corta distancia, por ejemplo, entre edificios en una ciudad, en donde es muy difícil, si nó imposible, colocar conductores. Estas técnicas de línea visual requieren equipos de transmisión y recepción solamente en cada edificio y en general no resultan tan costosas como con los otros medios de transmisión.

En un enlace con infrarrojos los transmisores modulan una fuente incoherente de rayos infrarrojos. El sistema es muy fácil de instalar, es altamente direccional, muy difícil de interceptar y no se necesita licencias gubernamentales para su operación. Muchas de las denominadas “redes locales inalámbricas” son de este tipo y operan en la gama de 1 a 3 MHz. En el sistema con láser la operación es similar, pero en este caso el medio de transmisión es un rayo de luz coherente de diferentes longitudes de onda. Como los rayos láser pueden ser potencialmente peligrosos, en algunos países se requiere una licencia de operación y los equipos deben estar muy bien apantallados para evitar radiaciones indeseables.

Los rayos infrarrojos son muy susceptibles a las condiciones ambientales tales como la lluvia y la neblina, lo que no sucede con las microondas. En efecto, en las microondas, a las frecuencias utilizadas en la práctica y para las cortas distancias de operación, estos aspectos climáticos tienen poca importancia. La diferencia con los rayos infrarrojos es que las antenas deben montarse en el techo de los edificios. Por otro lado, las microondas son mucho menos direccionales y por lo tanto se puede presentar problemas de seguridad e integridad de la información en la trayectoria de transmisión. Como es el caso con todos los sistemas de radiofrecuencia, se necesita una licencia de operación expedida por las autoridades gubernamentales. El costo del sistema es superior al del sistema infrarrojo. En el Capítulo IX daremos más detalles sobre las microondas.

6.3.3. Redes de Area Local no Estandarizadas

Con la creciente utilización de computadoras de todo tipo y con la necesidad de interconectarlas en redes, poco a poco fueron apareciendo en el mercado redes de área local con distintas características y modos de operación. Estas redes fueron creadas por instituciones y fabricantes que, por supuesto, patentaron sus sistemas y fueron cautivando un mercado hasta constituirse virtualmente en “estándares de facto”.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Las redes de área local más conocidas son:

- La Red Ethernet, desarrollada conjuntamente por la Digital Equipment Corporation (DEC), Xerox e Intel. Esta es una red en barra/árbol y su método de acceso es el CSMA/CD.
- La Red MAP (Manufacturing Automation Protocol) desarrollada por General Motors. Esta es una red de barra en anillo lógico con pase de contraseña (Token Bus).
- La Red en Anillo IBM (IBM Token Ring Network) desarrollada por la International Business Machines (IBM). Esta es una red en anillo con pase de contraseña (Token Ring).

Otros tipos de red de área local son: Arcnet, STAR-LAN, FIBER RING, HYPER-CHANNEL, WangNet (Wang Band, Interconnect Band), Net/One, XLAN, AT&T ISN, etc. y toda la gama de redes inalámbricas (WaveLan, BestLan, WiLan, etc). Se tiene también las redes de área local con conmutación matricial como, por ejemplo, las centrales computarizadas (CBX), las centrales automáticas digitales (PABX) y los Conmutadores de Circuitos Virtuales. No daremos detalles de estas redes; el lector puede encontrar mucha información en los catálogos de los fabricantes de redes.

6.3.4. Redes de Area Local Estandarizadas

Ante la creciente cantidad de redes de área local presentes en el mercado, el Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE) de los Estados Unidos decidió establecer el denominado Comité 802 para la elaboración de unos estándares para las redes de área local. En 1985, el Comité 802 completó un conjunto de normas que regulan el método de acceso, los medios de transmisión y otras características de las redes de área local. Estas normas han sido adoptadas por el Instituto Americano de Normas Nacionales (ANSI), la Oficina Nacional de Normas (NBS) y por la mayoría de los fabricantes de redes, incluyendo IBM, DEC y AT&T. Estas normas fueron revisadas por la ISO y emitidas en 1987 como normas internacionales con la designación ISO 8802; sin embargo, nosotros siempre nos referiremos a ellas como los estándares LAN IEEE 802.

Arquitectura de las Redes de Area Local

Como en el Modelo ISO/OSI, los modelos LAN IEEE 802 definen una arquitectura de red estratificada pero solamente para las Capas Enlace y Física; las capas superiores no están definidas. En la Fig. 6.19 se comparan los Modelos ISO/OSI y LAN IEEE 802.

En general, la Capa Enlace debe proveer servicios de control de error y control de flujo entre nodos en una red. Pero como en una LAN no hay nodos intermedios (el enrutamiento es innecesario), algunas funciones de Capa Red se pueden incorporar en la Capa Enlace. Estas funciones son los Servicios con Conexión, Servicios sin Conexión, Capacidad de Multiplexamiento y Servicios de Direccinamiento fin-a-fin.

En una LAN se tiene las estaciones conectadas a la red, y en las estaciones se están desarrollando procesos. Estos procesos pueden ser locales o pueden venir del

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

exterior de la estación; por ejemplo, un proceso puede ser una transferencia de archivo. Un proceso en una estación puede entonces conectarse a través de la LAN con otro proceso en otra estación de misma LAN. Esto implica dos niveles de direccionamiento: un nivel o dirección para el proceso que se está desarrollando en la estación (y que puede venir del exterior) y otro nivel o dirección de la estación de destino en la misma LAN. Como este doble direccionamiento implicaría dos capas (una capa de red adicional), en el estándar LAN 802 este problema se resolvió dividiendo la Capa Enlace en dos subcapas: la subcapa Control del Enlace Lógico (Logical Link Control, LLC) y la subcapa Control de Acceso al Medio (Media Access Control, MAC). En resumen, la dirección en la subcapa LLC debe identificar al usuario o proceso, mientras que la dirección en la subcapa MAC identifica una estación en la misma red.

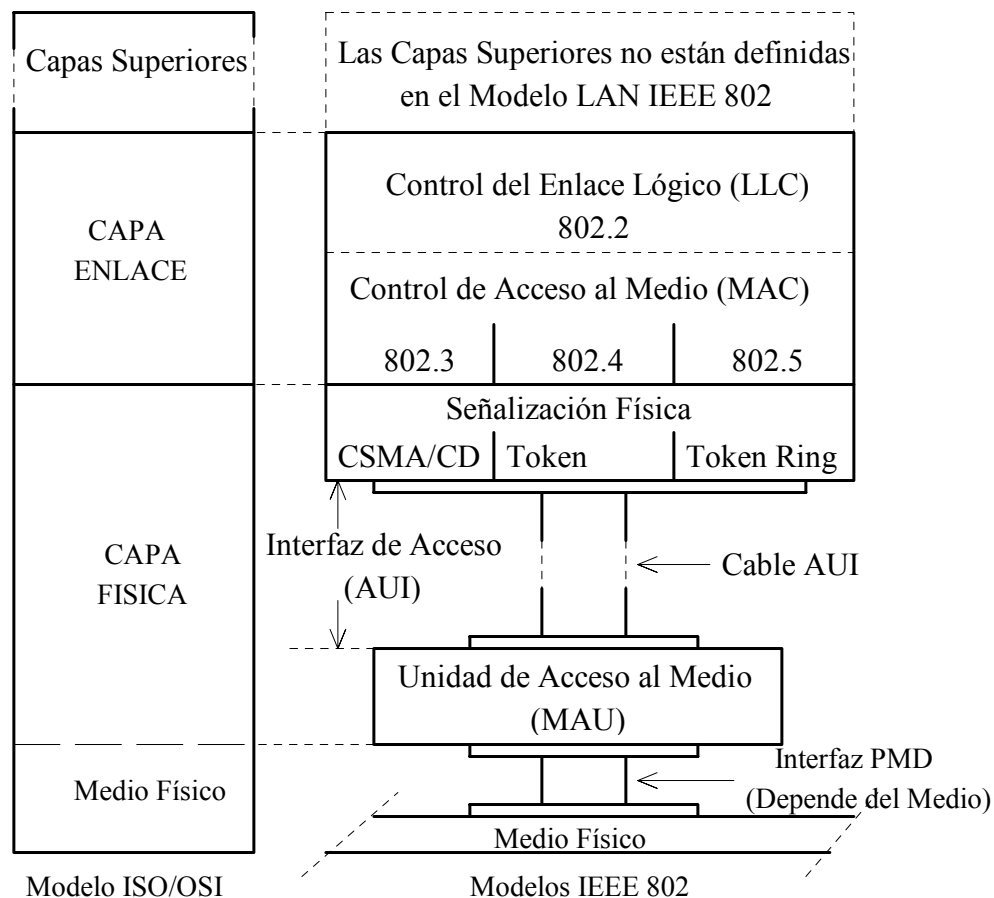


Fig. 6.19. Modelos ISO/OSI y LAN IEEE 802.

A nivel de Capa Física, los protocolos LAN IEEE 802 se encargan de los detalles técnicos de las características de señal tales como la codificación de línea, los tipos de cable, los conectores, la sincronización de reloj, la detección de colisiones, la calidad de la señal, las fallas en los equipos, etc. Todas estas características son altamente dependientes

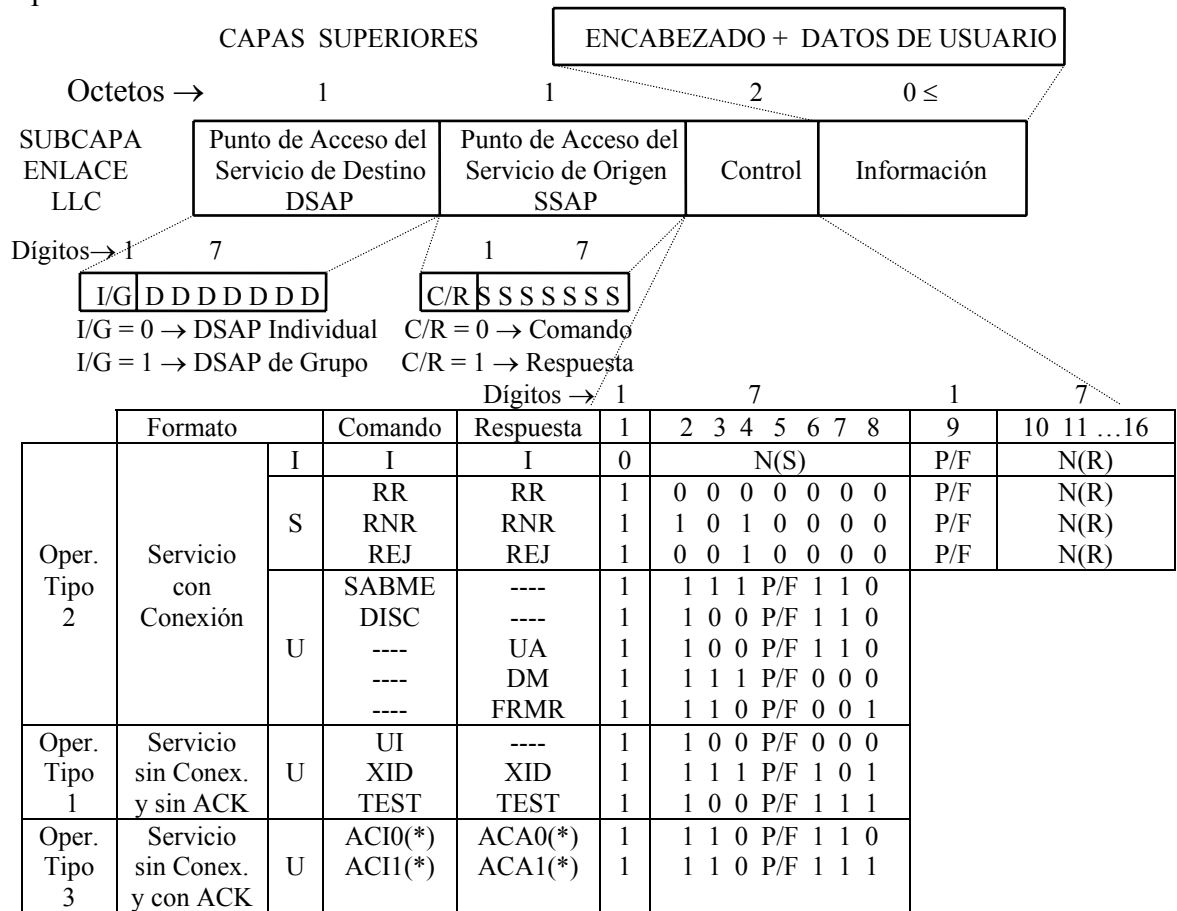
VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

del tipo de red en particular y más adelante veremos algunas de estas características al describir los diferentes tipos de LAN IEEE 802.

Subcapa Control del Enlace Lógico (LLC)

La subcapa LLC fue diseñada para servir de base a los diferentes tipos de LAN que fueron estandarizadas, y ella misma, la subcapa LLC, recibió la designación LAN IEEE 802.2. Como se puede observar en la Fig. 6.19, la subcapa LLC es común para los tres estándares especificados para la subcapa MAC: los estándares LAN IEEE 802.3, LAN IEEE 802.4 y LAN IEEE 802.5, las cuales describiremos más adelante.

En la Fig. 6.20 se muestra el formato LLC. Este formato consta de cuatro campos: dos de direccionamiento, uno de control y uno para la información que viene de las capas superiores.



(*) ACIO = Acknowledged Connectionless Information. Secuencia 0.

ACII = “ “ “ “ 1.
 ACA0 = “ “ Acknowledgement. Secuencia 0.
 ACA0 = “ “ “ “ 1.

Fig. 6.20. Protocolo IEEE 802.2. Control del Enlace Lógico (LLC).

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

El campo DSAP (Destination Service Access Point) está asociado con un usuario particular o proceso que utiliza la estación; por ejemplo, si el usuario o proceso es un repetidor multipuerto, cada uno de los puertos de entrada al repetidor tendrá asociada una dirección, con un máximo de 128 direcciones. Asimismo, el primer dígito (I/G) del campo DSAP sirve para indicar direcciones individuales o de grupo. El objeto del campo SSAP (Source Service Access Point) es similar al del campo DSAP, con la diferencia de que el primer dígito (C/R) indica si se trata de un comando o de una respuesta.

El campo de control de LLC es idéntico al del protocolo HDLC con algunas variantes. En efecto, LLC utiliza solamente el modo de operación asincrónico balanceado (ABM), semejante al LAPB de X.25, y se utiliza para proveer los siguientes servicios, como se puede observar en la Fig. 6.20.

Servicios sin Conexión y sin Reconocimiento, Operación Tipo 1. Este es un servicio de datogramas que simplemente permite la transmisión y recepción de bloques LLC, sin necesidad de establecer previamente una conexión y sin medios de reconocimiento para saber si se han recibido o no. La recuperación de tramas o de errores se deja a las capas superiores. En la Operación Tipo 1 se utilizan tres comandos/respuesta: UI (información no numerada) para enviar una trama de datos; XID (exchange identification) para transmitir la clase de estación; y TEST para solicitar una prueba de la trayectoria LLC destino-LLC origen. La operación Tipo 1 está muy bien adaptada para comunicación sin conexión punto-a-punto, para comunicación “broadcast” o para usarla con un grupo particular de usuarios.

Servicios con Conexión, Operación Tipo 2. Este es un servicio con conexión para el establecimiento de circuitos virtuales entre los puntos de acceso al servicio o usuarios. Proporciona los medios para solicitar y ser notificado del establecimiento o terminación de una conexión lógica. En este caso el campo de control contiene dos octetos que contienen los números N(S) y N(R), de siete dígitos cada uno. La operación es idéntica a la del protocolo HDLC/LAPB en lo que se refiere a control de flujo y recuperación de errores, pero el dígito P/F se coloca a cero solamente en la última trama de una serie para indicar el final de la transmisión.

Servicios sin Conexión y con Reconocimiento, Operación Tipo 3. Este servicio proporciona un mecanismo mediante el cual un usuario puede transmitir una trama y recibir un reconocimiento sin necesidad de haber establecido previamente una conexión. Este servicio alivia a las capas superiores de la tarea de reconocimiento y se utiliza para transferencias punto-a-punto. A diferencia de los otros formatos LLC, este formato no está definido en el protocolo HDLC. En Operación Tipo 3 se define los comandos/respuesta ACI/ACA y para evitar la pérdida de tramas, se utiliza el dígito 8 que se alterna entre 0 y 1 en las tramas de comando (Secuencias 0 y 1); el receptor responde con tramas con el mismo número.

Subcapa Control de Acceso al Medio (MAC)

El Comité IEEE 802 definió tres estándares para los tres tipos de red de más uso en la práctica: la Red Ethernet de Xerox con la denominación LAN IEEE 802.3, la Red Token Bus MAP de la General Motors con la denominación LAN IEEE 802.4 y la Red Token Ring de la IBM con la denominación LAN IEEE 802.5, cada una de las cuales tiene

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

definida una Subcapa MAC, las cuales describiremos en breve. También definió los estándares 802.6 para las redes de área metropolitana y 802.11 para redes inalámbricas.

Las características de las tres primeras redes estandarizadas por el IEEE se muestran en la Tabla de la Fig. 6. 21.

CARACTERISTICAS DE LAS REDES DE AREA LOCAL ESTANDARIZADAS

CARACTERISTICAS	LAN IEEE 802.3 (*)	LAN IEEE 802.4 (**)	LAN 802.5 (***)
Topología	Barra / Arbol	Barra Física Anillo Lógico	Anillo Físico
Método de Acceso	CSMA/CD	Barra de Contraseña (Token Bus)	Anillo de Contraseña (Token Ring)
Forma de Transmisión	Banda de Base/ Portadora Modulada	Banda de Base/ Portadora Modulada	Banda de Base
Velocidad de Transmisión	10 Mbps	1 a 20 Mbps	1, 4 y 16 Mbps
Código de Línea	Manchester/DPSK	Manchester/ FSK, PSK	Differential Manchester
Medio de Transmisión	Cable Coaxial, Par Trenzado, Fibras Opticas	Cable Coaxial Fibras Opticas	Par Trenzado Fibras Opticas
Distancia Máxima entre Estaciones	1500 (Con Repetidores)	800 m	100 m
Número Máximo de Estaciones	100 (Segmento de 500 m)	45	260

(*) Ethernet: DEC, XEROX, Intel; (**) MAP: General Motors; (***) IBM Token Ring Network

Fig. 6.21. Características de las Redes LAN IEEE 802.

6.3.5. El Estándar LAN IEEE 802.3

El estándar LAN IEEE 802.3 fue desarrollado tomando como base la red Ethernet, en la cual el método de acceso es el CSMA/CD y la topología en barra/árbol. En el estándar LAN IEEE 802.3 hay una cantidad de opciones que le dan al usuario una completa flexibilidad y variedad en la mayor parte de las aplicaciones prácticas. La LAN IEEE 802.3 tiene dos características principales:

- La topología es en barra radiante. Esto significa que cada trama enviada por una estación es escuchada por todas las estaciones conectadas a la barra.
- La red opera en semidúplex. Esto significa que una estación puede estar transmitiendo o recibiendo tramas, nunca las dos cosa simultáneamente.

Para distinguir las diferentes opciones disponibles, el Comité 802 desarrolló una notación de la forma “[Velocidad de Transmisión, en Mbps][Método de Señalización][Longitud Máxima del Segmento, en centenas de metros]”. Por ejemplo, la forma 10BASE5 designa a una red de velocidad 10 Mbps, en Banda de Base y con una longitud de 500 metros, y la forma 10BROAD36 designa a una red de 10 Mbps, de Portadora Modulada y con una longitud de 3600 metros.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Las alternativas definidas son: 10BASE5, 10BASE2, 1BASE5, 10BROAD36 y las nuevas denominaciones, que no siguen exactamente la convención, 10BASET y 10BASEFL, 100BASETX, 100BASEFX, donde T y F significan “par trenzado” y “fibra óptica”, respectivamente. En la Tabla siguiente se muestra las características de algunas de estas alternativas.

OPCIONES DEL ESTANDAR LAN IEEE 802.3

Parámetro	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseFL	100BaseTX	100BaseFX	10Broad36
Velocidad Mbps	10	10	10	10	100	100	100
Longitud metros	500	185	100	2000	100	400	1800
Medio	Coaxial Grueso 50 Ohm	Coaxial Fino 50 Ohm	UTP CAT3/5	Fibra Optica MM	UTP CAT5	Fibra Optica MM	Coaxial RG-59 75 Ohm
Topología	Barra	Barra	Estrella	Estrella	Estrella	estrella	Barra

La especificación 10BASE5 fue la primera establecida por el Comité 802 en 1985; esta configuración se puede extender con cuatro repetidoras hasta un máximo de 2500 m (5 segmentos de 500 m) con una separación mínima entre estaciones de 2,5 m; los segmentos deben estar terminados en ambos extremos con resistencias de 50 Ohm, una de las cuales está conectada a tierra. Si se utilizan repetidores remotos y las longitudes máximas permitidas para los cables AUI (50 m), la longitud total de la red puede extenderse aún más. Una desventaja del cable grueso es que debido a su rigidez es más difícil de instalar, además de que es muy costoso.

Más tarde apareció una nueva versión, la 10BASE2, que utiliza cable coaxial fino, que es más flexible y menos costoso que el cable grueso, pero con la desventaja de que la longitud del segmento es solamente de 185 m con un máximo de 28 estaciones por segmento y una separación mínima entre estaciones de 0,5 m. Igual que en 10BASE5, los segmentos deben terminarse con resistencias de 50 Ohm, una de las cuales está conectada a tierra.

El cable coaxial siempre ha sido una fuente de problemas en Ethernet debido a su carácter "broadcast". Una rotura del cable, la desconexión abrupta de una estación o la falta de una resistencia de terminación ocasionan el desplome de la red.

Las especificaciones 10BASET y 10BASEFL, para topologías barra en estrella, fueron las siguientes en aparecer. En el caso más sencillo, estas configuraciones consisten de un número de estaciones conectadas a un punto central, algunas veces denominado repetidor multipuerto o "hub"; el número de estaciones depende del número de puertos del repetidor. En 10BASET la distancia entre la estación y el repetidor multipuerto está limitada a 100 m, mientras que en 10BASEFL, la longitud puede alcanzar los 500 m. La ventaja de los hub con topologías en estrella es que las conexiones son independientes y una falla en un cable no afecta a los demás, solamente a la estación afectada.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Una ventaja en el uso de repetidores multipuerto a una velocidad de 10 Mbps es que la configuración 10BASE5 se puede combinar con las configuraciones 10BASET y 10BASEFL. En efecto, en la red básica 10BASE5 los repetidores multipuerto 10BASET y 10BASEFL son vistos como simples estaciones, de modo que la red se puede extender con menos costo para su utilización en otras aplicaciones. Esta es una forma de distribución muy utilizada en oficinas y laboratorios.

Configuración Física de la Red LAN IEEE 802.3

La configuración física de esta red es muy similar a la de la red Ethernet, y a tal punto que la palabra “Ethernet” ya ha pasado a ser la denominación común de la Red LAN IEEE 802.3. Nosotros seguiremos esa costumbre y utilizaremos la forma “**Ethernet (802.3)**” para designarla.

En la Fig. 6.22 se muestra una implantación típica de las tarjetas de red Ethernet (802.3) cuyas características se muestran en la Tabla de la Fig. 6.21.

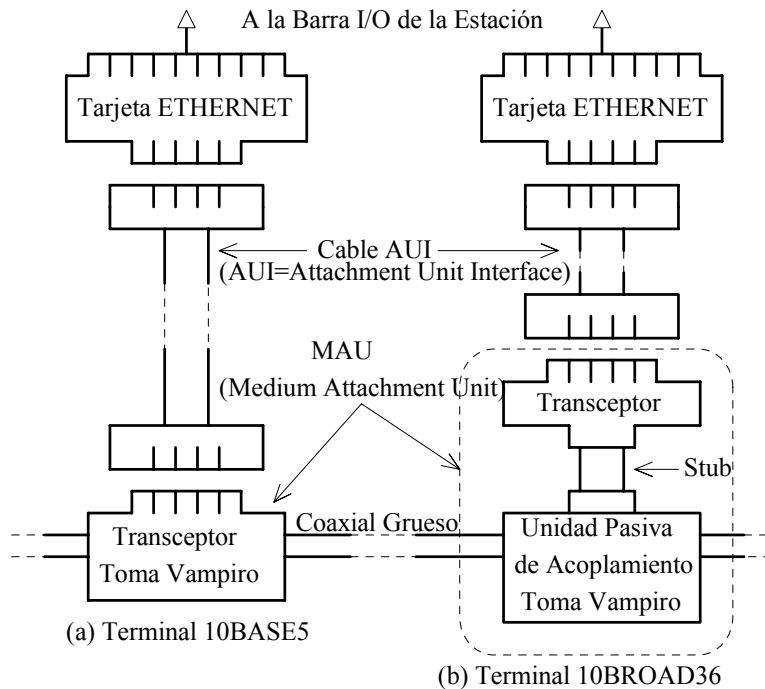


Fig. 6.22. Soporte Físico de la Red Ethernet (802.3)

La instalación del soporte físico en la red Ethernet (802.3) es relativamente fácil y adaptable para una gran cantidad de aplicaciones. Para la instalación de una red en particular, el lector debe seguir con cuidado las instrucciones que el fabricante incluye en la documentación de la red. Estos aspectos prácticos están fuera del propósito de este libro.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Una de las grandes ventajas de la red Ethernet (802.3) es su conectabilidad y capacidad para soportar diversos ambientes sobre un mismo medio. En la Fig. 6.23 se muestra un ejemplo de una red real.

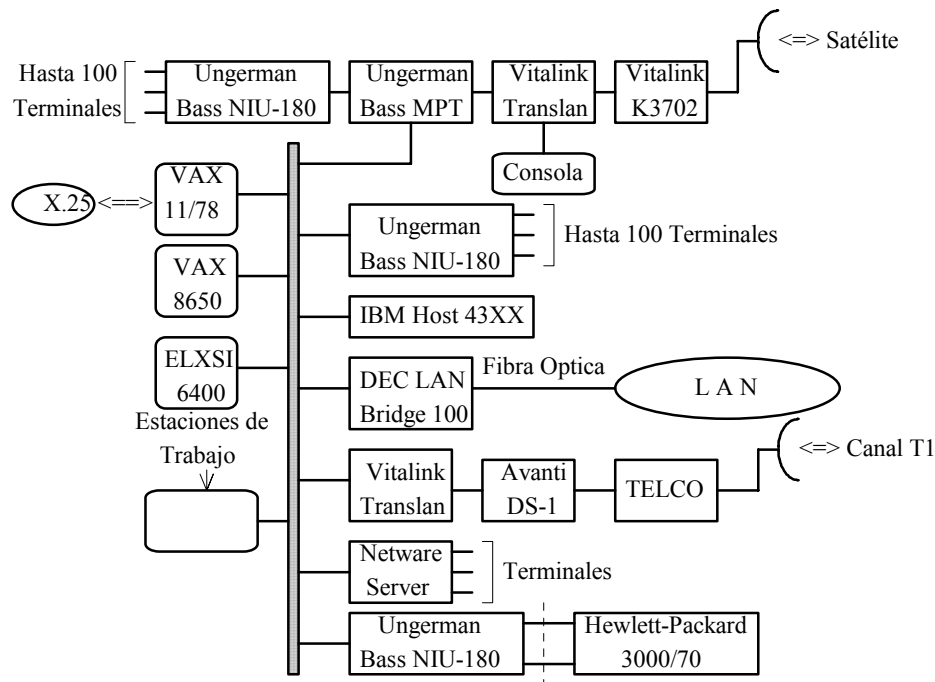


Fig. 6.23. Ambiente Operativo Multiproveedores y Conectabilidad.

En Ethernet (802.3) las estaciones no necesariamente están conectadas al mismo cable. Puede conectarse hasta 5 segmentos de cable de 500 metros a través de repetidoras, como se muestra en la Fig. 6.24.

Sin embargo, las especificaciones imponen límites a estas configuraciones. Por ejemplo, la máxima trayectoria de extremo a extremo es de 1500 metros y un segmento individual no puede tener una longitud superior a los 500 metros. Tampoco se puede usar más de dos repetidoras en la trayectoria que media entre dos estaciones. El número máximo de estaciones en cualquiera configuración es de 1024, con no más de 100 estaciones en cada segmento; de hecho, el número máximo de estaciones en una configuración de 5 segmentos prácticamente es de 500. En el caso de repetidoras remotas, el enlace entre punto a punto no puede tener más de 1000 metros. Sin embargo, en las redes prácticas no es conveniente ni deseable llegar a estos límites; por razones que veremos más adelante, es preferible extender la red mediante puentes y no con repetidoras.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

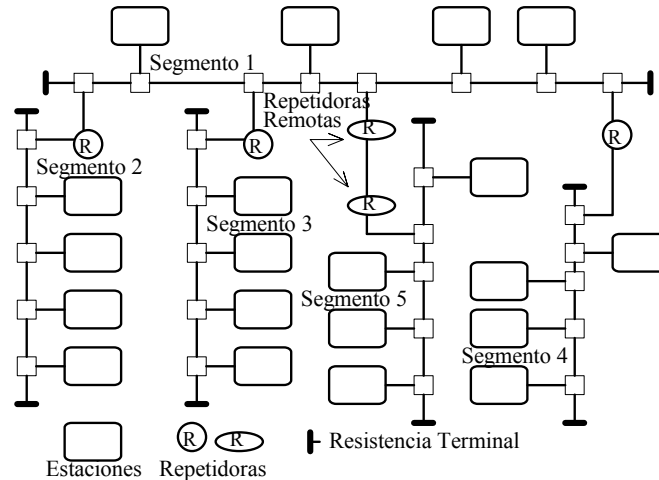


Fig. 6.24. Configuración Extendida de una Red Ethernet (802.3).

En la LAN IEEE 802.3 hay una norma conocida como la “Regla 5-4-3” para la estimación del número de segmentos y repetidoras en una red local. La Regla 5-4-3 divide la red en dos tipos de segmentos: segmentos de usuario y segmentos de enlace. Los segmentos de usuario tienen estaciones conectadas a ellos, mientras que los segmentos de enlace son utilizados por las repetidoras para interconectar los segmentos de usuario. La regla establece que “entre dos nodos cualesquiera pueden haber como máximo **cinco** segmentos a través de **cuatro** repetidoras o concentradores, y solamente **tres** de los cinco segmentos pueden contener estaciones de usuario”. La Regla 5-4-3 asegura que las señales transmitidas se propaguen por toda la red dentro de un tiempo especificado. Como cada repetidora agrega un tiempo de propagación dado, la regla está diseñada para minimizar el tiempo de transmisión de las señales dentro de la red y disminuir el riesgo de colisiones.

Arquitectura de la Red LAN IEEE 802.3

La arquitectura de la Red LAN IEEE 802.3 comprende las subcapas LLC y MAC, correspondientes a la Capa Enlace ISO/OSI, y la Capa y Medio Físico correspondientes. En la Fig. 6.19 se muestra esta arquitectura y en la Fig. 6.25 la configuración de la subcapa MAC.

En la Fig. 6.25 se muestra la configuración de la subcapa MAC (802.3). Esta subcapa comprende los siguientes campos:

Preámbulo. Este campo de siete octetos es una secuencia de dígitos que tiene la forma 10101010.....10101011 y se utiliza para la sincronización de bit de la trama.

Inicio de Trama (SFD). Este es un campo de 1 octeto de la forma 10101011 que se utiliza para la sincronización de la trama; indica simplemente el comienzo de una trama.

Dirección de Destino (DA). Este es un campo de 2 ó 6 octetos. Nótese que con 6 octetos se puede direccionar hasta $2^{48} = 2,81 \times 10^{14}$ destinos. Esto se hizo con el objeto de que cada usuario pudiera tener una dirección única; la red viene ya con estas direcciones

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

incorporadas en cada tarjeta. Nótese que esta dirección es la dirección de una estación en la red local. Como ésta es una red difusora (“Broadcast”), todas las estaciones escuchan las transmisiones y si una estación reconoce su dirección, ella acepta el resto de la trama; si nó, la ignora.

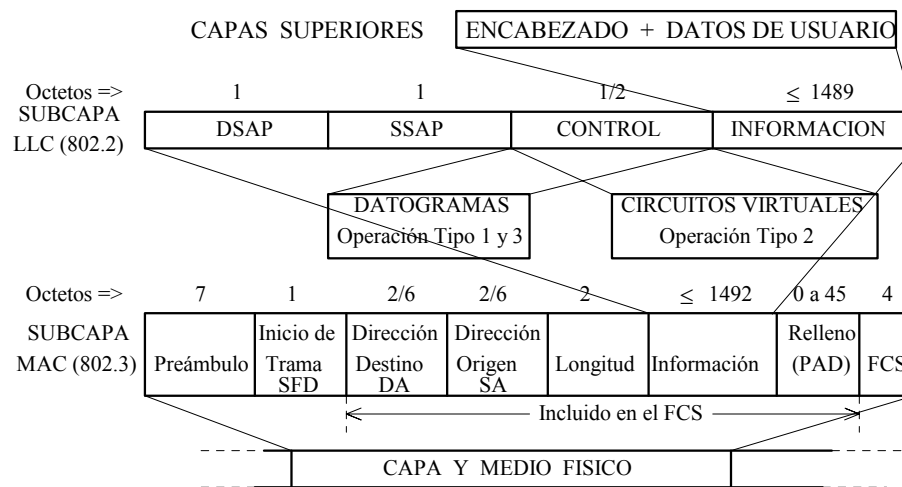


Fig. 6.25. Arquitectura del Estándar LAN IEEE 802.3.

Dirección de Origen (SA). Dirección local de la estación que transmite la trama. La longitud es igual a la de DA.

Longitud. Campo de 2 octetos que especifica el número de octetos en el campo Información (Subcapa LLC). La longitud máxima de la trama MAC desde el inicio de DA hasta el final de FCS es de 1518 octetos, mientras que la longitud mínima es de 64 octetos. Esta característica clasifica a la LAN IEEE 802.3, a nivel de enlace, como un protocolo por conteo de caracteres.

Información. En este campo se encapsula el contenido de la subcapa LLC.

Relleno o PAD. El relleno o “padding” es una secuencia de longitud variable que se transmite para asegurar que el valor mínimo de (Información + Relleno) \geq 46 octetos.

FCS. Código de Redundancia Cíclica (CRC) de 32 dígitos utilizado para verificación de error.

Las funciones de la Capa Física comprende los medios de acceso (CSMA/CD), la sincronización, la generación del código Manchester, la modulación y demodulación DPSK, etc. cuyas características conocemos y no las describiremos aquí. Tampoco describiremos lo relacionado a la gestión de la red. Para más información, el lector puede consultar [Stallings, 1993] y los catálogos de los fabricantes de las redes.

La Red Ethernet (802.3) es la red más popular en aplicaciones en oficinas y en laboratorios. Sin embargo, en aplicaciones críticas como por ejemplo, en el control de procesos, la red tiene la desventaja de la incertidumbre del acceso; en un proceso crítico no

se puede permitir retardos en los instantes de ejecución de un comando. Por ejemplo, si un proceso por alguna razón entra en un lazo de inestabilidad, los sensores y controladores experimentarán un aumento en sus comandos con una gran probabilidad de que se produzca colisiones. Como consecuencia, una estación dada puede fallar en su acceso a la red en un momento crucial. En un ambiente de oficinas, por el contrario, una situación de congestión no tiene graves consecuencias: simplemente, el operador puede esperar a que la situación se normalice o dejar la tarea para después.

Tecnologías Ethernet de Alta Velocidad

Desde que la Red Ethernet (802.3) se desarrolló en la década de los 80, la potencia de procesamiento de los computadores personales y estaciones de trabajo se ha incrementado en forma exponencial, y la cantidad de aplicaciones y estaciones ha aumentado dramáticamente. Esto trajo como consecuencia una limitación en el ancho de banda disponible para cada estación. Para compensar esta limitación en el ancho de banda se han propuesto varias soluciones:

- Aumentar la velocidad de procesamiento sobre los 10 Mbps actuales
- Segmentar la red mediante puentes y enrutadores
- Instalar conmutadores LAN

Aumentar la velocidad sobre los 10 Mbps es una solución cara, porque significa prácticamente la instalación de una nueva red, aunque con las técnicas emergentes en full dúplex se puede alcanzar 20 MHz. Con las nuevas tecnologías las velocidades han aumentado a 100 Mbps, 1 Gbps y 10 Gbps, pero esto implica nuevos equipos y tarjetas de red, así como disponer de un cableado normalizado que pueda soportar esas velocidades.

La segmentación de la red mediante puentes y enrutadores divide una LAN en múltiples LANs más pequeñas o subLANs. Por ejemplo, si 100 estaciones comparten una barra de 10 Mbps, las 100 estaciones estarán compitiendo por el acceso al canal y la velocidad neta de transmisión de cada estación será muy baja. Si se agregan, por ejemplo, tres puentes, se formarán cuatro subLANs de 10 Mbps y en cada subLAN estarán compitiendo ahora solamente 25 estaciones por el acceso al canal; por consiguiente, la velocidad neta en las estaciones aumenta. La operación de los puentes y enrutadores la veremos más adelante.

La operación de los conmutadores LAN es similar a la de los puentes. Los conmutadores LAN son dispositivos muy inteligentes que pueden leer las direcciones de una trama y la retransmiten a otra LAN o la bloquean o filtran si es necesario. Como consecuencia, la velocidad neta de transmisión en las estaciones aumenta. Los conmutadores son muy fáciles de instalar y generalmente utilizan el mismo cableado de 10 Mbps. Los conmutadores LAN permiten el establecimiento de enlaces de alta velocidad con otros conmutadores o servidores, al mismo tiempo que permiten el tráfico de estaciones de 10 Mbps. Esta tecnología se conoce actualmente como Ethernet Conmutada.

Como la Red Ethernet (802.3) no ha seguido este mismo tren, los fabricantes de sistemas han desarrollado nuevos estándares que aumentan la velocidad de transmisión hasta 100 Mbps y 1000 Mbps. Estos nuevos estándares definen la denominada Ethernet

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Rápida (Fast Ethernet, FE), la Ethernet Conmutada (Switched Ethernet) y la Ethernet de Alta Velocidad (High Speed Ethernet, HSE) para operar a 100Mbps, y la Ethernet Gigabit para operar a 1 Gbps (la Ethernet a 10 Gbps está actualmente en estudio).

Las redes FE, Ethernet Conmutada, HSE y la Ethernet Gigabit utilizan el mismo metodo de acceso CSMA/CD que la Ethernet (802.3), lo cual es de gran importancia para la migración de la Ethernet estándar hacia las tecnologías Ethernet de Alta Velocidad; sin embargo, es necesario que el cableado sea el apropiado para operar a estas altas velocidades. En estos casos se tiene:

Para operar a 100 Mbps (Fast Ethernet, Ethernet Conmutada y HSE):

100BASETX, dos pares UTP, Categoría 5, distancia máxima: 100 m

100BASET4, 4 pares UTP, Categorías 3, 4 y 5, distancia máxima: 100 m

100BASEFX, fibras ópticas cable NA, distancias máximas: en HDX 412 m y en FDX 2000 m

Para operar a 1000 Mbps (Ethernet Gigabit):

1000BASESX, fibra óptica multimodo a 850 nm, distancias máximas: 260 m en HDX/FDX

1000BASELX, fibra óptica multimodo a 1300 nm, distancias máximas: 320 m en HDX y 420 m en FDX

1000BASECX, Par Trenzado STP, distancia máxima: 25 m

En el caso de la Ethernet Gigabit, el IEEE ha establecido un grupo de tareas, el IEEE 802.3z, para estudiar todos los aspectos del desarrollo de la Ethernet Gigabit.

Las mejoras introducidas en las prestaciones de la Red HSE a 100 Mbps ha permitido su aplicación a nivel industrial, lo cual no era posible con la Ethernet (802.3) estándar a 10 Mbps. En estos momentos en la red de campo Fieldbus Foundation se está introduciendo una barra o LAN HSE que reemplazará eventualmente a la Barra H2.

El lector puede descargar desde Internet mucha información sobre las tecnologías Ethernet de Alta Velocidad.

6.3.6. El Estándar LAN IEEE 802.4

La red MAP de la General Motors, cuya topología es en barra física y anillo lógico, ha sido estandarizada por el Comité IEEE 802 con la denominación LAN IEEE 802.4 (Token Bus). Como lo mencionamos anteriormente, en esta técnica las estaciones conectadas a la barra forman un anillo lógico, es decir, a las estaciones se les asigna posiciones en secuencia que se repiten cíclicamente. El ordenamiento físico de las estaciones es irrelevante e independiente de su ordenamiento lógico.

Arquitectura de la Red LAN IEEE 802.4

El principio de acceso al medio se basa en la utilización de una contraseña, la cual regula el derecho de acceso y cuya estructura se muestra en la Fig. 6.26.

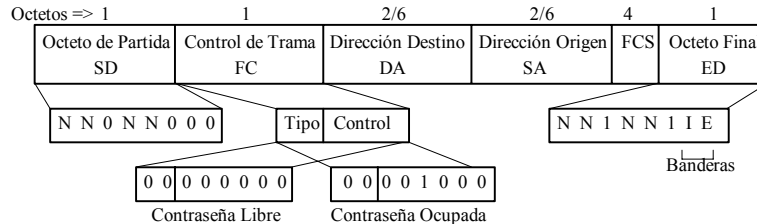


Fig. 6.26. Estructura de la Contraseña o Token. LAN IEEE 802.4.

La contraseña contiene los siguientes campos:

Octeto de Partida (SD). Este octeto indica el comienzo de la trama. Los dígitos N de este octeto violan el código Manchester para poder identificar unívocamente el octeto SD.

Control de Trama (FC). Este campo indica si es una trama que incluye al LLC; esta es la condición de “contraseña ocupada”. Los dígitos en este campo controlan la operación de la trama MAC. Por ejemplo, para indicar “contraseña libre” o “contraseña ocupada”.

Dirección de Destino (DA). Esta es la dirección de la próxima estación que debe tomar posesión de la contraseña. Esta estación toma el control del medio durante un tiempo especificado; en este lapso ella puede transmitir una o más tramas o puede interrogar estaciones y recibir respuestas. Cuando la estación no tiene más información para transmitir o cuando el tiempo de posesión de la contraseña ha expirado, ella retransmite la contraseña, ahora libre, con la dirección de la próxima estación permitida.

Dirección de Origen (SA). Dirección de la estación que emitió la contraseña.

FCS. Campo de verificación de error.

Octeto Final (DE). Este campo indica el final de la trama. Igual que en el octeto SD, los dígitos N violan el código Manchester a fin de poder identificar el octeto DE. Asimismo, se tiene las banderas I para indicar tramas intermedias y E para indicar errores en el FCS. Si I = 1, vienen más tramas; en la última trama de una serie se coloca I = 0. Si E = 0, indica que hubo error detectado por el FCS.

Normalmente la contraseña libre posee también un preámbulo, pero no lo representamos en la Fig. 6.26, pues este campo es para sincronización solamente; no lleva información.

Una vez que una estación entra en posesión de una contraseña libre, ella elabora la

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

trama MAC (que contiene al LLC), cuya configuración se muestra en la Fig. 6.27.

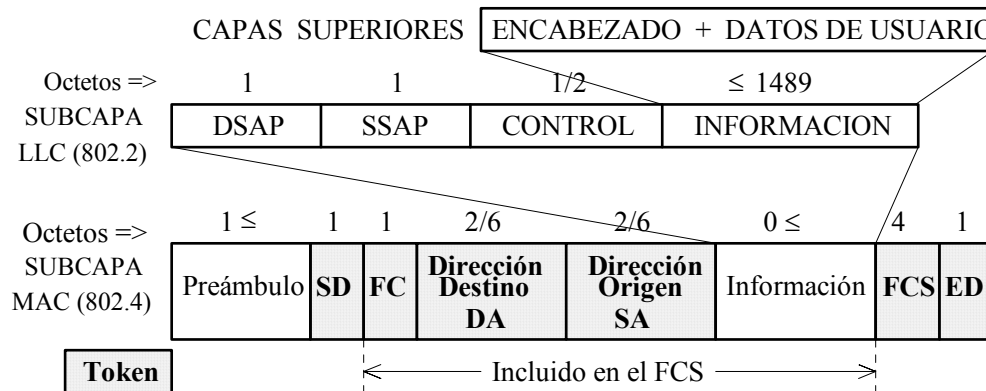


Fig. 6.27. Arquitectura del Estándar LAN IEEE 802.4

Nótese la forma como la contraseña (los campos sombreados) queda incorporada dentro de la trama MAC/LLC; la dirección de destino de la contraseña libre es ahora la dirección de origen de la trama MAC/LLC.

Los campos de la trama MAC/LLC son los siguientes:

Preámbulo. Este campo contiene uno o más octetos que son utilizados por los receptores como sincronización de bit y de trama. Se utiliza también en la contraseña libre.

Campos SD, FC y DE. Estos campos forman parte de la contraseña.

Dirección de Destino (DA). Igual que en el estándar LAN IEEE 802.3.

Dirección Origen (SA). Igual que en el estándar LAN IEEE 802.3.

Información. En este campo se encapsula el contenido de la subcapa LLC.

FCS. Igual que en el estándar LAN IEEE 802.3. Una condición de error se indica en la contraseña haciendo $E = 0$.

Nótese que la contraseña libre es básicamente una trama MAC pero sin el LLC.

El esquema de anillo lógico con pase de contraseña (token bus) es muy utilizado en sistemas de automatización de procesos pero requiere mucho mantenimiento. Como mínimo, las siguientes funciones deben ser efectuadas por una o más estaciones:

- Inicialización del anillo. Cuando se arranca la red o después de una falla total, la red debe ser inicializada. En este caso, una de las estaciones establece un algoritmo para establecer el orden o secuencia de acceso de las estaciones.
- Inserción y Remoción de una Estación. Debe establecerse mecanismos para la inserción de nuevas estaciones o para que una estación se retire de la red.

- Recuperación de errores. Algunas veces una dirección se duplica (dos estaciones aparecen con el mismo turno) o el anillo lógico se ha roto (ninguna estación cree que le llegó su turno). En estos casos, la red establece mecanismos para la recuperación de la condición normal de operación. Como en esta red no hay una estación monitora, todas las estaciones deberán ser capaces de tomar el control y efectuar las tareas de mantenimiento y de detección de posibles anomalías operacionales.

La Red Token Bus (802.4) es bastante compleja por la variedad de técnicas de modulación que utiliza; en efecto, el código de línea básico es el Manchester Diferencial con modulación de portadora en FSK y PSK sobre un cable coaxial de banda ancha. Pero justamente este cable de banda ancha es una de las mejores ventajas del esquema token bus, pues como el ancho de banda es muy grande, tiene la capacidad para soportar diferentes tipos de tráfico por diferentes gamas de frecuencia. Por ejemplo, es posible agregar, sobre el mismo cable, canales de voz y de video para su uso en coordinación con un control de procesos o como funciones de comunicación independientes. Asimismo, la longitud del cable es potencialmente mayor que la de otras redes pues no está limitada por la necesidad evitar o detectar colisiones rápidamente.

6.3.7. El Estándar LAN IEEE 802.5

La técnica de la red en anillo tuvo sus comienzos en 1969 cuando se propuso el denominado “anillo de Newhall” como un prototipo experimental. Posteriormente, en 1986, la IBM desarrolló su IBM Token Ring Network, la cual fue la base para que el Comité IEEE 802 emitiera el estándar LAN IEEE 802.5, cuyo método de acceso ya hemos descrito anteriormente. Este mecanismo se puede entender mejor si observamos la configuración de la contraseña y los formatos LLC/MAC, en las Fig. 6.29 y Fig. 6.30.

El principio del sistema se basa en la circulación de una secuencia de datos, la contraseña, por un anillo físico al cual están conectadas las estaciones mediante interfaces conocidas como “unidades de acceso”. Como ya lo explicamos anteriormente, una estación que desea transmitir espera la llegada de la contraseña a la cual marca (haciendo $T = 1$) y le agrega la información que desea transmitir. Esta trama (la trama MAC) circula a través de todas las unidades de acceso, y aquella unidad que reconoce su dirección en la trama, copia la información, vuelve a marcar la trama (banderas A y C) y la retransmite. Cuando esta trama llega a la estación de origen, se verifica que ha sido recibida y se le elimina toda la información adicional a la contraseña; esta contraseña libre se retransmite y en la primera estación que tiene información para transmitir se repite el proceso. Nótese que una estación puede transmitir más de una trama consecutivamente; esta operación se controla mediante un temporizador de posesión de la contraseña: la estación puede transmitir tramas consecutivamente hasta que el tiempo de posesión expira, emitiendo ahora una contraseña libre.

Aunque el control está distribuido entre las estaciones conectadas al anillo, a una de las estaciones se la designa como “monitora activa” de la red. Sus funciones son las de asegurar la operación correcta del anillo; en operación normal, la estación monitora coloca el dígito $M = 1$ en la contraseña y un número de prioridad mayor que cero en el campo

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Prioridad. Si en el siguiente paso el dígito M aún está a UNO, la estación monitora coloca un valor de cero en el campo Prioridad ya que la prioridad no fue utilizada.

Configuración Física de la Red LAN IEEE 802.5

La red Token Ring (802.5) tiene una topología básica en anillo, pero puede configurarse como un anillo en estrella mediante el uso de las Unidades de Acceso Multiestación (MAU). La red original IBM fue diseñada para trabajar a 4 Mbps sobre par trenzado apantallado, pero al ser estandarizada, se repotenció para trabajar entre 4 y 16 Mbps sobre par trenzado apantallado y no apantallado, fibras ópticas y cable coaxial.

Los equipos básicos de esta red son las MAU, las cuales permiten la interconexión al anillo de estaciones de trabajo, servidores, computadoras de gran capacidad (Main Frames), etc. Las MAU generalmente vienen con ocho entradas y tienen mecanismos para mantener cerrado el anillo en caso de falla en alguna de las estaciones. Cuando se aumenta la distancia o el número de estaciones, las señales que circulan en el anillo generalmente experimentan degradación y distorsión siendo necesaria la utilización de repetidoras. En Token Ring (802.5) se utiliza repetidoras para cable trenzado (TCR), repetidoras para fibras ópticas (TFR), repetidoras de ramal (TLR), además de protectores de falla en los cables (TCP). Estos dispositivos pueden estar incorporados dentro de la MAU o pueden ser unidades separadas. Igual que con las Tarjetas Ethernet, mediante las Tarjetas de Interfaz Token Ring (TRIC) un computador personal corriente puede convertirse en una estación Token Ring.

En la Fig. 6.28 se muestra una configuración típica de una red Token Ring (802.5).

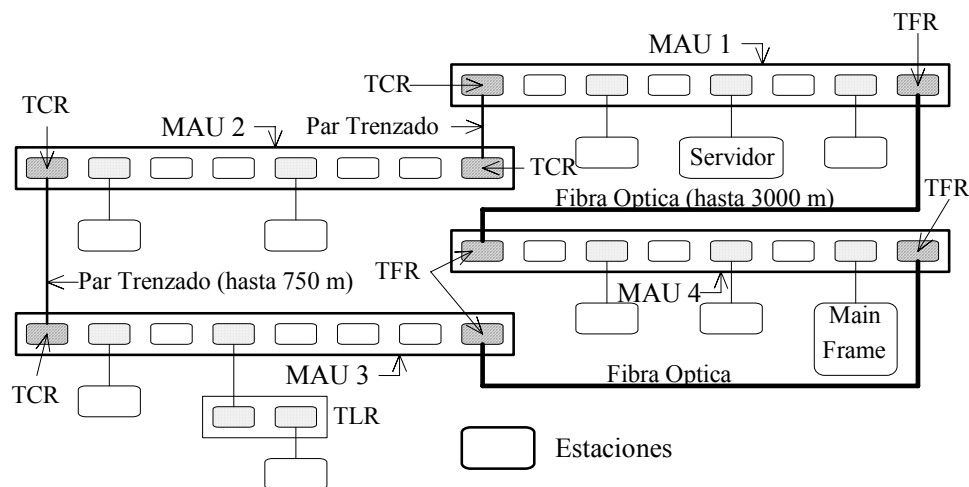


Fig. 6.28. Configuración Típica de una Red LAN IEEE 802.5 (Token Ring).

Arquitectura de la Red LAN IEEE 802.5

La contraseña está formada por los siguientes campos, Fig. 6.29:

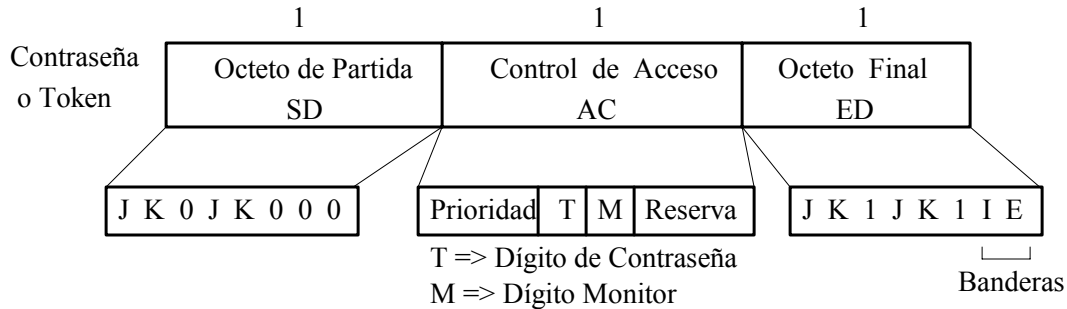


Fig. 6.29. Estructura de la Contraseña o Token. LAN IEEE 802.5.

Octeto de Partida (SD). Este octeto indica el comienzo de una trama MAC. Los dígitos J y K de este octeto violan el código Manchester para poder identificar unívocamente el octeto SD.

Control de Acceso (AC). Este campo contiene varios subcampos de control: (a) el subcampo de Prioridad, de 3 dígitos, para indicar el orden de prioridad de una contraseña y cuál estación la puede utilizar para transmitir; (b) el dígito monitor M, que se utiliza para la recuperación de fallas de señal, y (c) el dígito T, el cual cuando $T = 0$ indica que la contraseña está libre, y cuando $T = 1$, es que la contraseña está ocupada; (d) tres dígitos de reserva que se pueden utilizar para permitir que estaciones con mensajes de alta prioridad soliciten en una trama que la próxima contraseña les sea adjudicada; esta adjudicación la hace la estación monitora.

Octeto Final (DE). Este campo indica el final de la trama. Igual que en el octeto SD, los dígitos J y K violan el código Manchester a fin de poder identificar el octeto ED. Asimismo, se tiene las banderas I para indicar tramas intermedias y E para indicar errores en el FCS. Si $I = 1$, vienen más tramas; en la última trama de una serie se coloca $I = 0$. Si $E = 0$, indica que hubo error detectado por el FCS.

Una vez que una estación entra en posesión de una contraseña libre, ella elabora la trama MAC, cuya configuración se muestra en la Fig. 6.30.

Nótese la forma como la contraseña (los campos sombreados) queda incorporada dentro de la trama MAC.

6.4. REDES DE AREA METROPOLITANA

6.4.1. Introducción

La Red de Area Metropolitana, MAN, es un nuevo concepto dentro del área de las Telecomunicaciones. En términos generales, una MAN es un sistema de red que puede proveer facilidades de conmutación (switching) a alta velocidad (100 o más Mbps) a distancias típicas propias de un área metropolitana (por ejemplo, una ciudad y su vecindad inmediata), y a diferencia de las LANs, su conectabilidad es de una naturaleza tal que permite simultáneamente el tráfico de voz, datos y video.

Pudiera pensarse que la MAN es simplemente una LAN extendida para cubrir una superficie del tamaño de una ciudad. Esto no es exactamente así, pero algunos conceptos y técnicas desarrollados para las LANs se aplican también en la MAN.

Estructura de la MAN

Una MAN tiene una estructura similar a una LAN distribuida. Los nodos o estaciones están conectados a un medio común de alta velocidad, y cada nodo recibe todas las transmisiones (como en una barra o un anillo) pero solamente acepta aquellos mensajes o paquetes dirigidos a él. Este procedimiento se denomina algunas veces “conmutación mediante escucha selectiva”. Generalmente la dirección está contenida en el paquete; sin embargo, en algunos casos no es así, de modo que el nodo debe utilizar otros métodos para determinar cuales son los paquetes dirigidos a él.

Las normas para la MAN han sido establecidas por el Comité Proyecto 802 de la IEEE y se originaron cuando se presentó el problema de cómo interconectar redes de área local a distancias mayores de unos cuantos kilómetros sin que se produjera retardos o congestión causados por señales de baja velocidad. Consecuentemente, la interconexión de las LANs ha sido uno de los objetivos del Comité IEEE 802 que con el agregado de la telefonía digital y video, generó el concepto de la red de área metropolitana.

Características

El Comité IEEE 802 estableció que una MAN debería proporcionar un “soporte masivo a las señales de voz, datos y video” y que tendría que ser “optimizada para distancias entre 5 y 50 km”. Hasta el presente se ha presentado diferentes soluciones y las investigaciones inherentes siguen en progreso. En este libro solamente describiremos dos de estas soluciones que han sido estandarizadas: la FDDI y la DQDB, las cuales veremos más adelante.

El Comité IEEE 802 ha formulado una norma general como definición y objetivos de las MAN. Esta norma define un nivel o protocolo de control de acceso al medio y un nivel físico, similares a los dos primeros niveles de la X.25. La norma establece las directivas para el intercambio en full dúplex de señales digitales entre nodos, separados hasta 50 km, que comparten el mismo medio de transmisión, y que proporcionan servicios que requieren un ancho de banda garantizado y un retardo restringido. Las velocidades de transmisión pueden ir desde 1 Mbps hasta el valor límite del medio utilizado (del orden de los 100 Mbps). Esta norma es el Estándar IEEE 802.6 de la DQDB.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Las características claves de la Red de Area Metropolitana son:

- Alta velocidad. Una MAN está diseñada para soportar un número relativamente grande de dispositivos de diferentes velocidades, incluso redes de área local. Por lo tanto, su capacidad debe ser alta. Las líneas de acceso y las velocidades de transmisión van desde 1,5 Mbps hasta 2,4 Gbps.
- Gran Cobertura Geográfica. Como su nombre lo indica, una MAN está diseñada para cubrir un área que se extiende desde unas pocas cuadras hasta el área de una ciudad de buen tamaño.
- Soporte Integrado para Voz /Datos. En muchos casos, una MAN será usada no solamente para interconectar LANs y grandes computadores, sino también como una alternativa o complemento del servicio telefónico local. Por lo tanto, la MAN puede soportar tráfico de redes de conmutación de paquetes como de redes de conmutación de circuitos. Esta última capacidad le permite la transmisión de imágenes estáticas o video de banda angosta y la interconexión directa entre grandes computadores para la transmisión de grandes volúmenes de datos.
- Reducción de los Costos de Comunicación. Los costos de comunicación se pueden reducir en una MAN al compartirse canales de alto ancho de banda y mediante la reducción de los costos de la interfaz usuario/red o de los nodos de red.
- Tecnologías de banda ancha multiradiante (Fast Packet). Es una red multicorporativa tanto pública como privada y la gestión de red es distribuida.

El concepto de MAN todavía está en proceso de consolidación y debido a la rápida evolución de la tecnología, aún puede presentarse nuevas soluciones. Algunas de estas soluciones ya han sido estandarizadas por los Organismos Internacionales, pero el concepto de MAN sigue siendo objeto de intensas investigaciones pues es el nexo que llevará a la consolidación de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (BISDN).

Modelos de Referencia

En las páginas siguientes describiremos algunas de las Redes de Area Metropolitana actuales y también algunas de las tecnologías de alta velocidad (Fast Packet) y los estándares de transmisión más recientes. En la Fig.6.31 se muestra los correspondientes modelos de referencia en relación con el Modelo de Referencia ISO/OSI.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

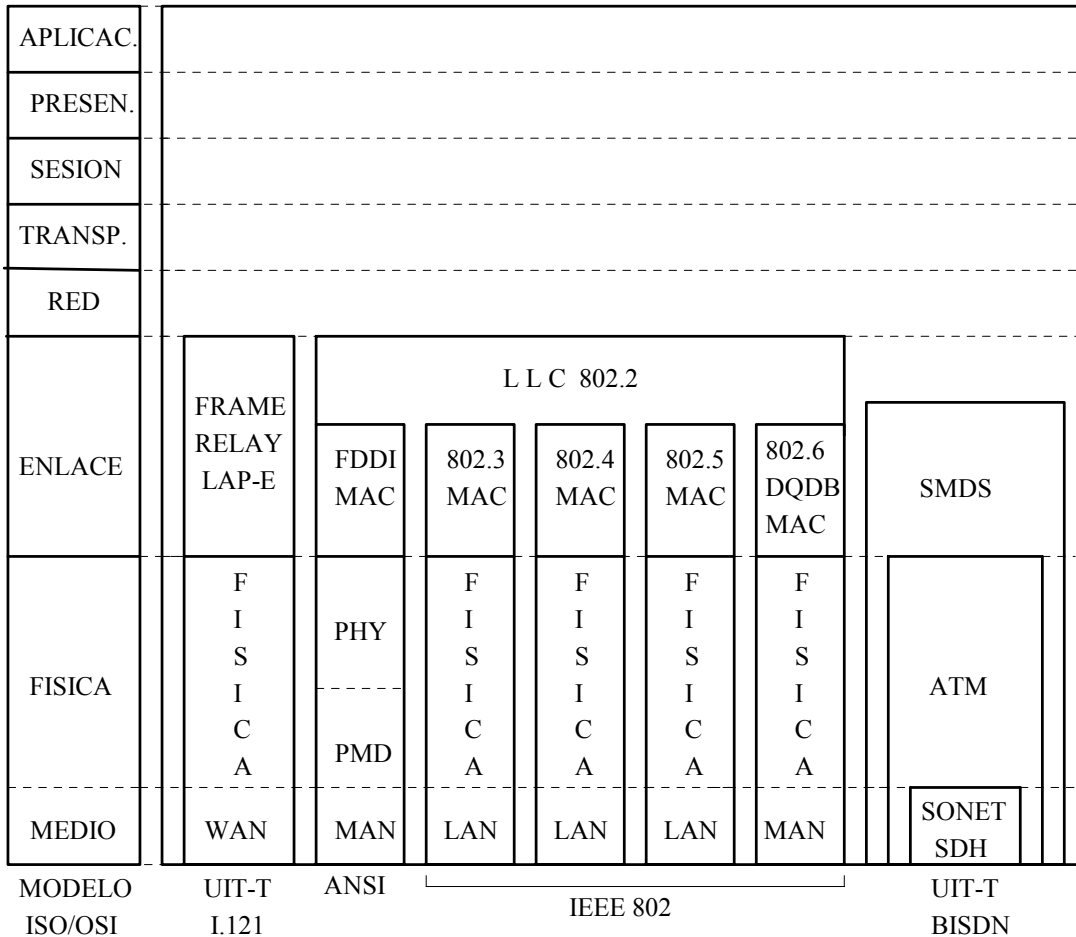


Fig. 6.31. Modelos de Referencia.

6.4.2. El Estándar FDDI

La FDDI (Fiber Distributed Data Interface) es un sistema de transmisión óptico, en la forma de un anillo doble con una topología similar al Estándar IEEE 802.5 Token Ring. La FDDI fue propuesta por el Grupo de Trabajo X3T9.5 de la ANSI y se aplica como un “backbone” para interconectar redes de área local, computadores de alta capacidad y grandes sistemas de almacenamiento de información. A la FDDI original algunas veces se la considera como una LAN, pero por sus nuevas características agregadas (FDDI-II), velocidad, capacidad y tamaño la podemos considerar más bien como una MAN.

Características

La velocidad de transmisión básica es de 100 Mbps, pero mediante el código de línea 4B/5B se produce en el medio una velocidad de modulación de 125 Mbaudios con una longitud de onda óptica de 1300 nm y un porcentaje de error (BER) de 10⁻⁹. Esta codificación facilita la extracción y la sincronización de reloj. Es un sistema muy confiable. La red puede soportar un total de 500 estaciones con una separación máxima de 2 km entre

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

estaciones adyacentes dentro de un radio de 100 km. El tamaño máximo de los paquetes es de 4500 octetos. La tolerancia a fallas permite el funcionamiento de la red aún cuando se rompa un enlace o falle una estación. Aunque la FDDI original contemplaba únicamente conmutación por paquetes, posteriormente el estándar se extendió para incluir también la conmutación por circuitos con lo que se facilita la transmisión de voz y video de banda angosta; ésta es la FDDI-II.

Una de las características más importantes de la FDDI es la utilización de las fibras ópticas como medio de transmisión

Configuración

La FDDI emplea una topología en doble anillo que permite una mayor flexibilidad y confiabilidad. Como veremos a continuación, hay estaciones, denominadas de Clase A, que se conectan a los dos anillos; mientras que hay estaciones, denominadas de Clase B, que se conectan a un solo anillo, Fig. 6.32.

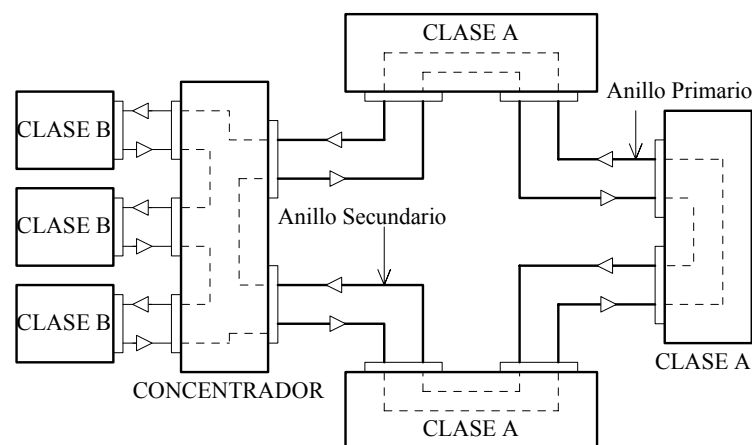


Fig. 6.32. Configuración Física de la FDDI.

Como puede observarse en la Fig. 6.32, la FDDI está compuesta por un anillo primario y un anillo secundario en los cuales la información viaja en sentidos contrarios. Las estaciones Clase A están conectadas a los dos anillos y tienen la capacidad de reconfigurar la red en caso de rotura de los anillos o falla en una estación. Por otro lado, las estaciones de Clase B están conectadas solamente al anillo primario a través de un concentrador y no pueden reconfigurar al anillo aún si ocurre una falla. La reconfiguración, algunas veces denominada “capacidad de cicatrización”, solamente puede ser efectuada por las estaciones Clase A o por los concentradores. El concentrador es una forma especial de estación de Clase A utilizado para conectar todas las estaciones de Clase B en una configuración de anillo en estrella.

Modelo de Referencia y Arquitectura

La FDDI posee una arquitectura estratificada, Fig. 6.33, que ocupa las capas correspondientes a las capas Física y Enlace del Modelo ISO/OSI.

Como puede observarse en la Fig. 6.33, la FDDI está compuesta por las subcapas MAC, PHY, PMD y SMT, cuyas funciones son:

Subcapa MAC:

- Descripción e interpretación de la trama
- Generación y repetición de tramas
- Emisión y captura de Tokens
- Control de los temporizadores
- Monitoreo de los anillos
- Direccionamiento
- Detección y Recuperación de errores

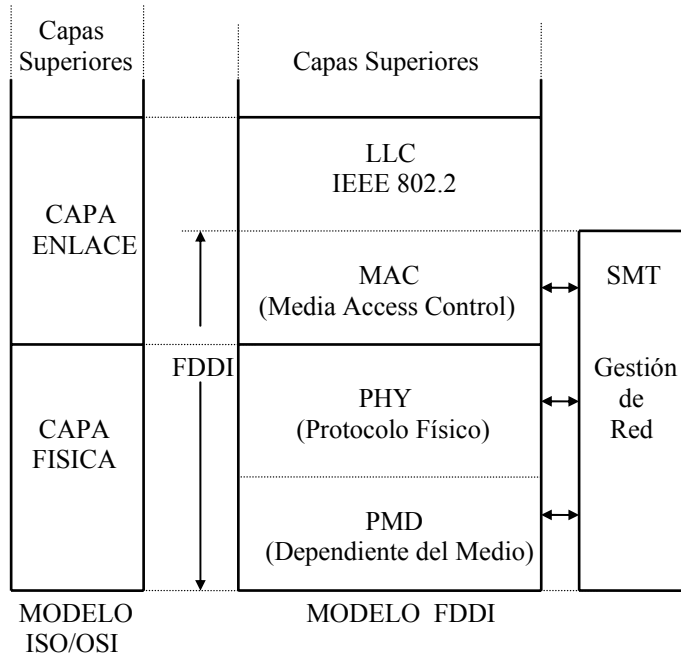


Fig. 6.33. Modelo de Referencia del Estándar FDDI.

Subcapa PHY:

- Regulación y sincronización del reloj de 125 MHz
- Codificación 4B/5B y control de los símbolos. La codificación 4B/5B convierte grupos de 4 dígitos en grupos de 5 dígitos; los grupos de 5 dígitos se denominan "símbolos". Esta codificación se hace para mejorar el balance en CC y para simplificar la sincronización
- Definición del Protocolo Estación-Estación (Hand-Shaking)
- Establecimiento de los límites de la trama para transmisión a y desde las capas superiores

Subcapa PMD:

- Control del enlace electro-óptico
- Codificación de línea NRZI
- Selección de la potencia y la longitud de onda para la transmisión óptica
- Establecimiento de los requerimientos de cableado y conectores

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Limitación de la atenuación y del jitter.
- Establece el método para aislar una estación en caso de falla

Capa de Gestión SMT:

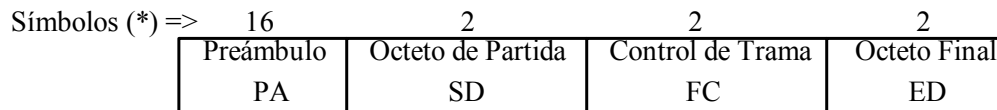
- Inserción y remoción de estaciones
- Configuración del anillo
- Servicios generales de gestión de la red

En la FDDI no se prescribe un protocolo para la subcapa LLC; sin embargo, siempre se utiliza el protocolo LLC IEEE 802.2. En este caso, las funciones de la subcapa LLC son:

- Servicio sin Conexión y sin Reconocimiento (LLC Tipo 1)
- Solamente puede enviar y recibir tramas
- Transmisión punto a punto, multipunto y radiante (broadcast)
- Servicio con Conexión (LLC Tipo 2)
- Transmisión punto a punto entre puntos de acceso al servicio
- Permite Control de Flujo y Recuperación de Errores
- Procedimientos de Control
- Utiliza un protocolo Tipo HDLC
- Tramas de Información, Supervisión y No Numeradas
- Secuenciamiento y Reconocimiento en "piggyback"
- Control de Flujo

En cuanto a la arquitectura de la FDDI, ella es muy parecida la del estándar IEEE 802.5 Token Ring, pero difiere un poco de ella en lo que se refiere al manejo de la contraseña, a la asignación de prioridades y en la gestión del protocolo.

En la Fig. 6.34 se muestra la forma de la contraseña o token en la FDDI.



(*) Un "símbolo" equivale a 4 dígitos de datos ó 5 dígitos de código

Fig. 6.34. Estructura de la Contraseña o Token en FDDI.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Una estación en posesión de la contraseña tiene el derecho de transmitir datos y puede transmitir una cantidad de tramas dentro de un intervalo de tiempo dado. Cada estación deja libre a la contraseña cuando no tiene más información para transmitir o cuando el tiempo de posesión de la contraseña ha expirado. Asimismo, cada estación retransmite tramas de las estaciones anteriores y copia toda aquella trama que tiene su propia dirección. La estación de destino establece el estado de la detección de error, la dirección de los reconocimientos, el estado de la duplicación de tramas, la información propiamente, y retransmite la trama a la próxima estación. La estación que ha transmitido una trama debe removerla una vez que ella ha dado una vuelta completa al anillo. La recuperación de errores es manejada por las capas superiores.

En la Fig. 6.35 (a) a (h) se muestra el mecanismo de circulación de la contraseña.

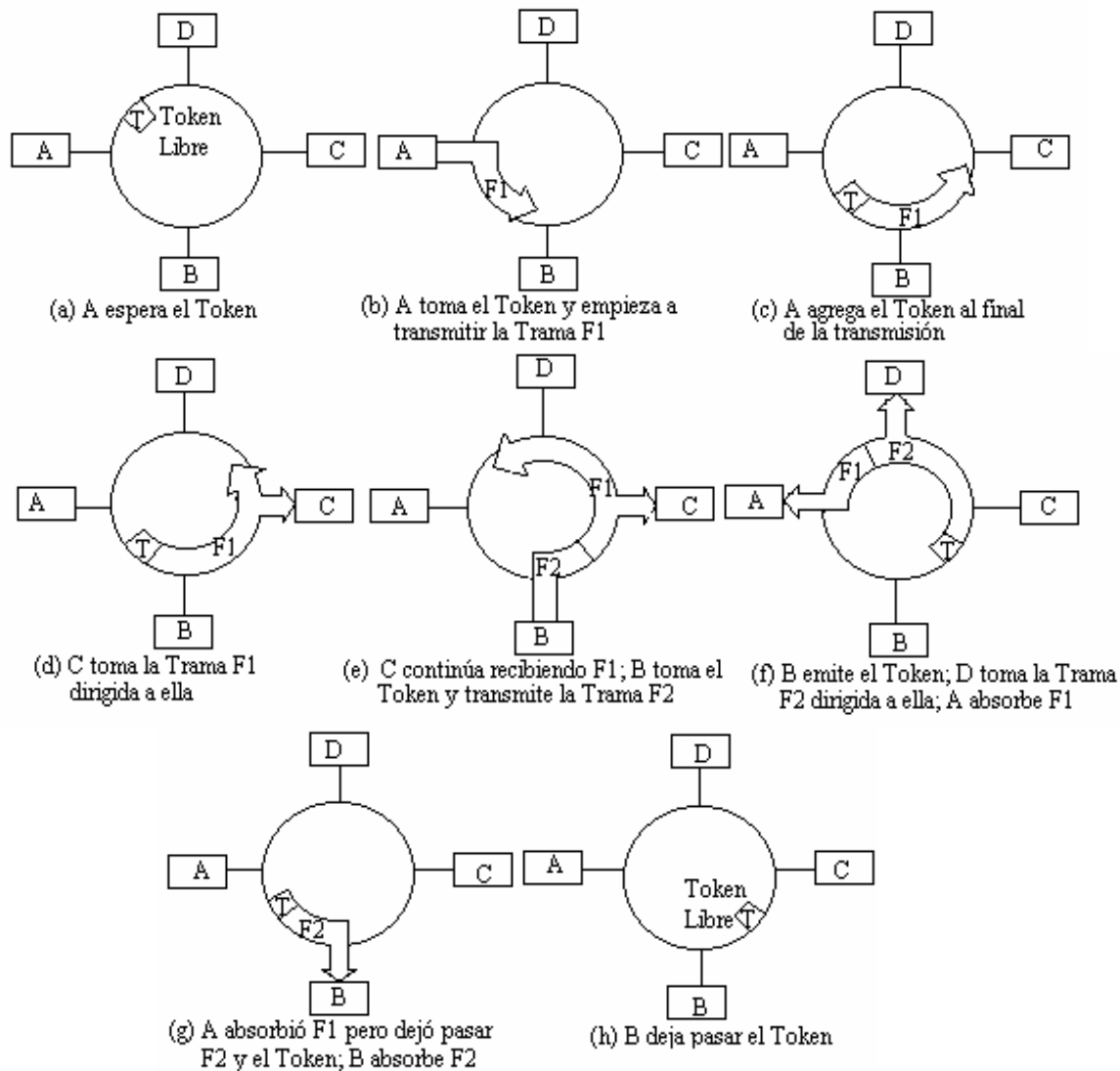


Fig. 6.35. Mecanismo de Circulación de la Contraseña o Token en FDDI.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Arquitectura de la FDDI

El formato de la arquitectura en FDDI se muestra en la Fig. 6.36.

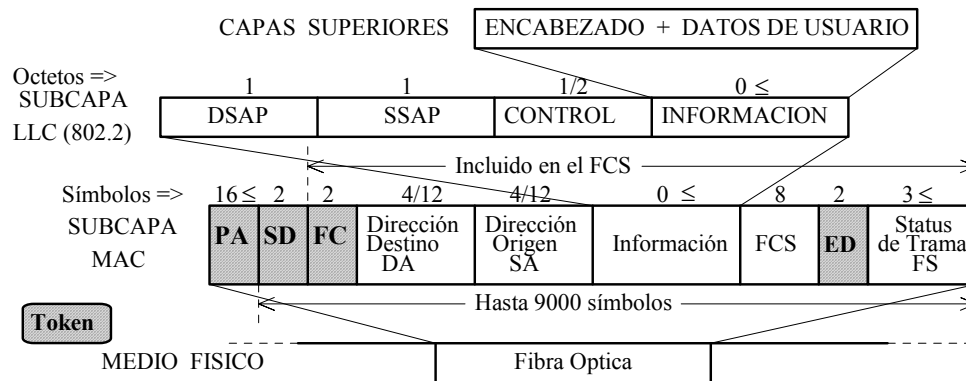


Fig. 6.36. Arquitectura del Estándar FDDI.

Nótese el parecido con la arquitectura del estándar LAN IEEE 802.5 Token Ring.

La Red FDDI-II

La FDDI-II es una extensión de la FDDI que permite además la transmisión por conmutación de circuitos. En FDDI, toda la información es transmitida en tramas de duración variable. Cada trama incluye los octetos limitadores de trama y la dirección de las estaciones de destino MAC; pero la FDDI no es apropiada para la transmisión de datos en forma continua y a velocidad constante entre dos estaciones. Aún la denominada clase de tráfico sincrónico de la FDDI apenas soporta un mínimo de velocidad fija sostenida. Este tipo de transmisión es típico en las aplicaciones de conmutación de circuitos, tales como la voz y el video digitalizados. FDDI-II provee entonces un servicio de conmutación de circuitos mientras que mantiene también el servicio de transmisión por paquetes basado en contraseñas de la FDDI original. Con FDDI-II es posible entonces establecer y mantener una conexión a una velocidad fija entre dos estaciones. En la fase de establecimiento de la conexión se negocia el tipo de transmisión que se va a efectuar: modo paquetes (FDDI) o modo circuitos (FDDI-II).

En FDDI-II se crea hasta un máximo de 16 canales isocrónicos de 6144 kbps cada uno. Cada canal se puede distribuir entre tres enlaces FDX de 2048 kbps o entre cuatro enlaces de 1536 kbps para satisfacer tanto a las jerarquías europeas (E1/E4) como las norteamericanas (T1/T4). En esta disposición queda un canal residual para transmisión por paquetes a una velocidad de por lo menos 1000 kbps, aún cuando se haya adjudicado todos los 16 canales isocrónicos. Los canales isocrónicos pueden ser reasignados dinámicamente en tiempo real y el ancho de banda que no se esté utilizando se adjudica automáticamente al canal de contraseña (token). Los canales conmutados por circuitos se imponen en el anillo cada 125 microsegundos por medio de una estación denominada "Maestra del Ciclo (Cycle Master)" cuando ella está en posesión de la contraseña.

Arquitectura de la FDDI-II

En la Fig. 6.36 se muestra la arquitectura de la FDDI-II.

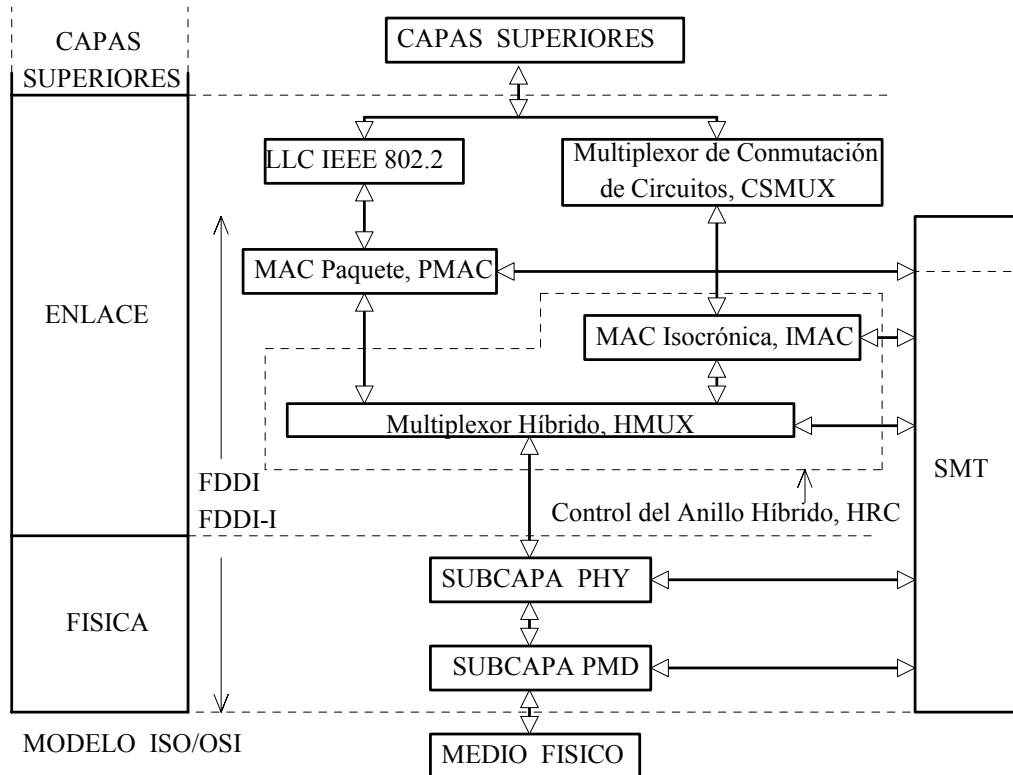


Fig. 6.37. Arquitectura de la FDDI-II.

La capa física (PHY + PMD) y la presencia de la capa SMT son las mismas de la FDDI. A nivel MAC aparecen dos nuevos componentes, denominados colectivamente “control de anillo híbrido (Hybrid ring control, HRC): el multiplexor híbrido HMUX y la subcapa MAC Isocrónica (IMAC). El módulo IMAC provee la interfaz entre FDDI y el servicio isocrónico, representado por el multiplexor de conmutación de circuitos CSMUX. El HMUX efectúa la multiplexación de los paquetes de datos que vienen desde el MAC y los datos isocrónicos que vienen del IMAC.

Una FDDI-II puede operar en Modo Básico o en Modo Híbrido. Cuando opera en modo básico solamente se dispone del servicio de conmutación de paquetes controlado por la contraseña circulante; este modo es el de la FDDI original. Cuando trabaja en modo híbrido, se dispone de servicios de conmutación de paquetes y de conmutación de circuitos. La FDDI-II arranca generalmente en el modo básico para inicializar temporizadores y establecer los parámetros apropiados y luego pasa al modo híbrido.

Cuando opera en modo híbrido, la FDDI-II emplea un protocolo repetitivo denominado “ciclo”. El ciclo es una trama similar en principio a las utilizadas en los sistemas de transmisión sincrónica. El contenido de cada ciclo es visto por todas las

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

estaciones a medida que circula en el anillo, y la estación Maestra del Ciclo genera un nuevo ciclo a una velocidad de 8000 por segundo, o lo que es lo mismo, cada 125 microsegundos. Para una velocidad de 100 Mbps, la longitud del ciclo es de 12500 dígitos. Cuando el ciclo completa una revolución en el anillo, la estación maestra de ciclo lo absorbe y emite un nuevo ciclo.

Durante la operación normal, sobre la red circulan los ciclos generados por la estación maestra. Las estaciones se comunican compartiendo la utilización de un canal dedicado isocrónico. La estación maestra regula en general la actividad en la red. Para más información, el lector puede consultar [Stallings, 1993; Lee Byeong y otros, 1993]

En la integración de servicios requerida en los ambientes modernos de procesamiento de la información, donde se combina aplicaciones de alto poder gráfico, así como video y sonido interactivos (multimedia), se necesita una plataforma de alta capacidad de transmisión de por lo menos un orden de magnitud superior al que proporcionan las actuales tecnologías de redes locales. La red FDDI/FDDI-II cumple con estos objetivos pues ella satisface una gran variedad de requerimientos por sus características físicas de velocidad y confiabilidad, como por su capacidad de transmisión de información, utilizando tanto técnicas de conmutación por paquetes como de conmutación por circuitos. Sin embargo, su alto costo actual limita su uso sólo a sistemas compuestos por grandes computadores (main frames) como es el caso de las redes corporativas.

6.4.3. El Estándar DQDB

Características

La Red de Cola Distribuida y Barra Doble DQDB (Distributed Queue Double Bus) fue desarrollada en Australia con el nombre de Red QPSX (Queued Packet Synchronous Switch) y es la base de la Norma MAN IEEE 802.6 aprobada en 1990.

La DQDB incluye salvaguardas contra accesos maliciosos o accidentales y es altamente tolerante a fallas debido a su capacidad de reconfiguración automática o autocatrización.

En la Fig. 6.38 se muestra la configuración física de la Red DQDB.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

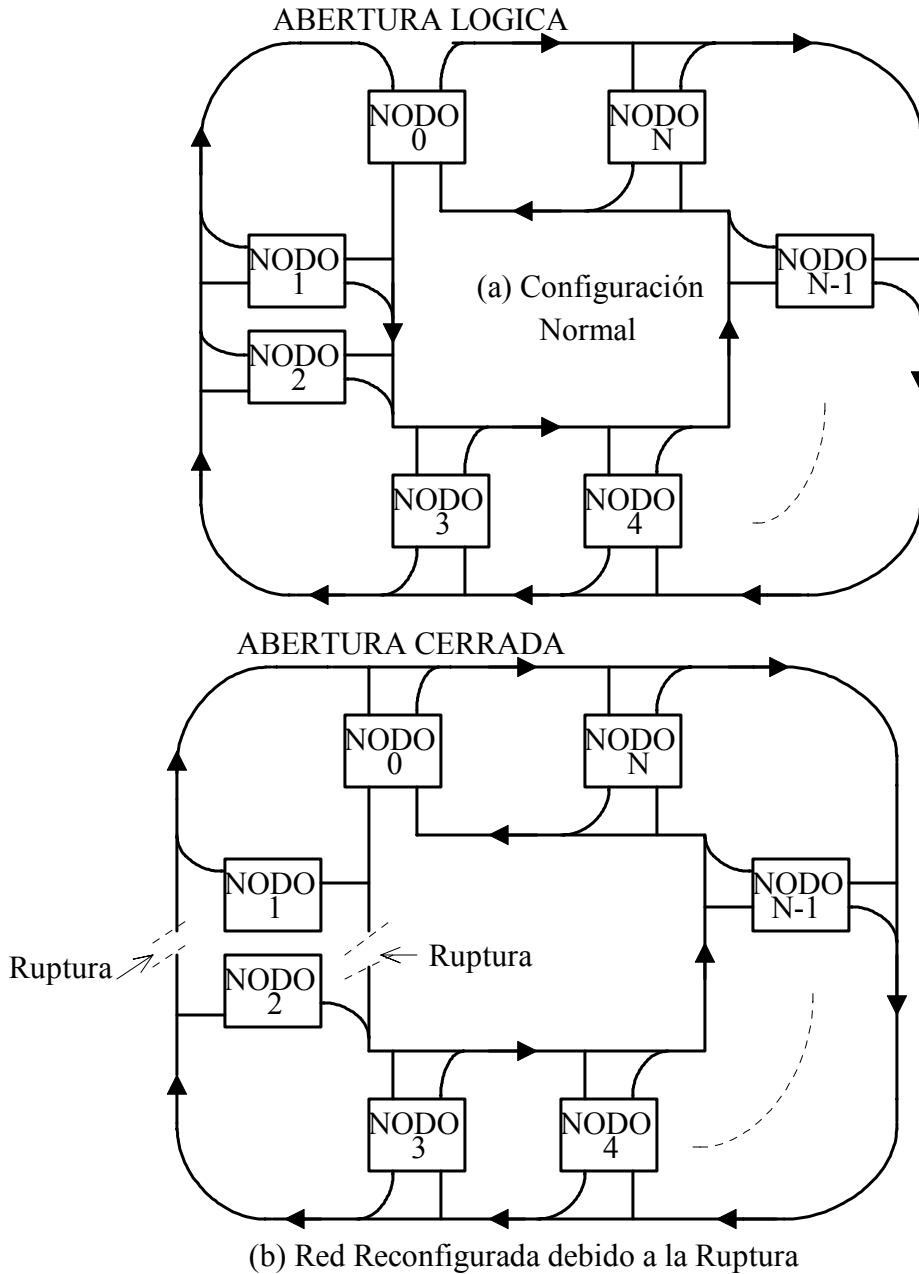


Fig. 6.38. Configuración de la Red DQDB.

La estructura física consiste en dos lazos unidireccionales que circulan en sentido opuesto, formando un anillo físico como una barra lógica doble. Las barras operan independientemente una de la otra, a velocidades de hasta 150 Mbps soportando tráfico tanto asincrónico como sincrónico (voz y video interactivos). Una unidad, que funciona

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

como maestra, no repite los datos que recibe en cualquiera de las dos direcciones, como se muestra en la Fig. 6.38(a).

El lazo funciona como una barra lógica eliminando la necesidad de remover los datos del canal lo que ocurriría en un anillo lógico. La inserción de datos en la barra se hace solamente en ranuras vacías mediante una función lógica OR que combina los “1” de los datos con los “0” de la barra. Esto simplifica los circuitos que están en serie con la barra, donde una falla podría interrumpir el servicio. El resto del protocolo de acceso se instrumenta externamente a la barra, con lo que una falla en esta lógica más complicada no afecta la operación de la red.

El hecho de que el lazo siempre tiene una apertura proporciona un mecanismo de tolerancia a las fallas. Si se produce una ruptura del cable o una falla en un nodo que no sea “puenteable”, la apertura lógica puede cambiarse hacia el sitio donde se produjo la falla. La terminación original de la barra ahora pasará los datos y la nueva terminación se ubicará en el punto donde se produjo la ruptura, con lo que la red continuará funcionando sin pérdida de velocidad ni aumento del tiempo de acceso. Este proceso se ilustra en la Fig. 6.38(b).

El mecanismo de autocatrización asegura la confiabilidad y la preferencia de las administraciones de comunicaciones. El sistema permite también una gran flexibilidad en cuanto a velocidades de operación, diversidad de rutas y grado de redundancia. Aunque el medio físico preferido es la fibra óptica, el estándar no la exige.

Control de Acceso al Medio (MAC)

El acceso al medio se hace enviando reservaciones de ranura “río arriba” cuando una estación desea transmitir “río abajo”. Cada estación posee dos contadores “hacia arriba/hacia abajo” (up/down) funcionando continuamente, uno por cada dirección de transmisión. Cuando un “pedido de reservación de ranura” circula río arriba, el contador se incrementa en 1. Cuando una ranura vacía circula río abajo, el contador se decrementa en 1. Un valor diferente de cero en el contador indica que hay requerimientos insatisfechos río abajo; un valor de cero implica que no hay pedidos insatisfechos. Las ranuras tienen una longitud fija de 53 octetos.

Cuando la estación quiere transmitir, lee el contador de pedidos de reservación. Si la lectura es cero, transmite en la próxima ranura vacante que pasa. En condiciones de carga bajas el retardo es despreciable, tal como ocurre con el protocolo CSMA/CD. Si el contador no está a cero, la lectura va disminuyendo a medida que aparezcan ranuras vacías viajando río abajo que van satisfaciendo a los nodos que están en la cola. En la próxima ranura vacía disponible se puede efectuar la transmisión. En condiciones de alta carga la eficiencia se acerca al 100%, en forma similar a lo que ocurre en los protocolos de circulación de contraseña (token), por lo que el protocolo DQDB combina las ventajas de esos protocolos y lo hace con unos pocos dígitos de control (overhead).

Esta combinación de acceso rápido en condiciones de baja carga y espera determinística en carga alta, hace a este protocolo muy adecuado para la configuración de Redes MAN, y puede ser útil también en redes más pequeñas cuando se requiere altas velocidades y tolerancia a las fallas. El protocolo también puede ser extendido para permitir

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

la asignación de prioridades en el acceso a las ranuras de tiempo. Esto se logra con colas separadas para cada nivel de prioridad por medio de contadores independientes.

Otra ventaja de este sistema es la segmentación de los paquetes grandes que se quieran transmitir, con lo que se evita que un paquete muy grande cause a los demás paquetes un retardo de transmisión considerable.

Arquitectura

La arquitectura del Estándar DQDB es mucho más compleja que las vistas anteriormente, como puede observarse en la Fig. 6.39.

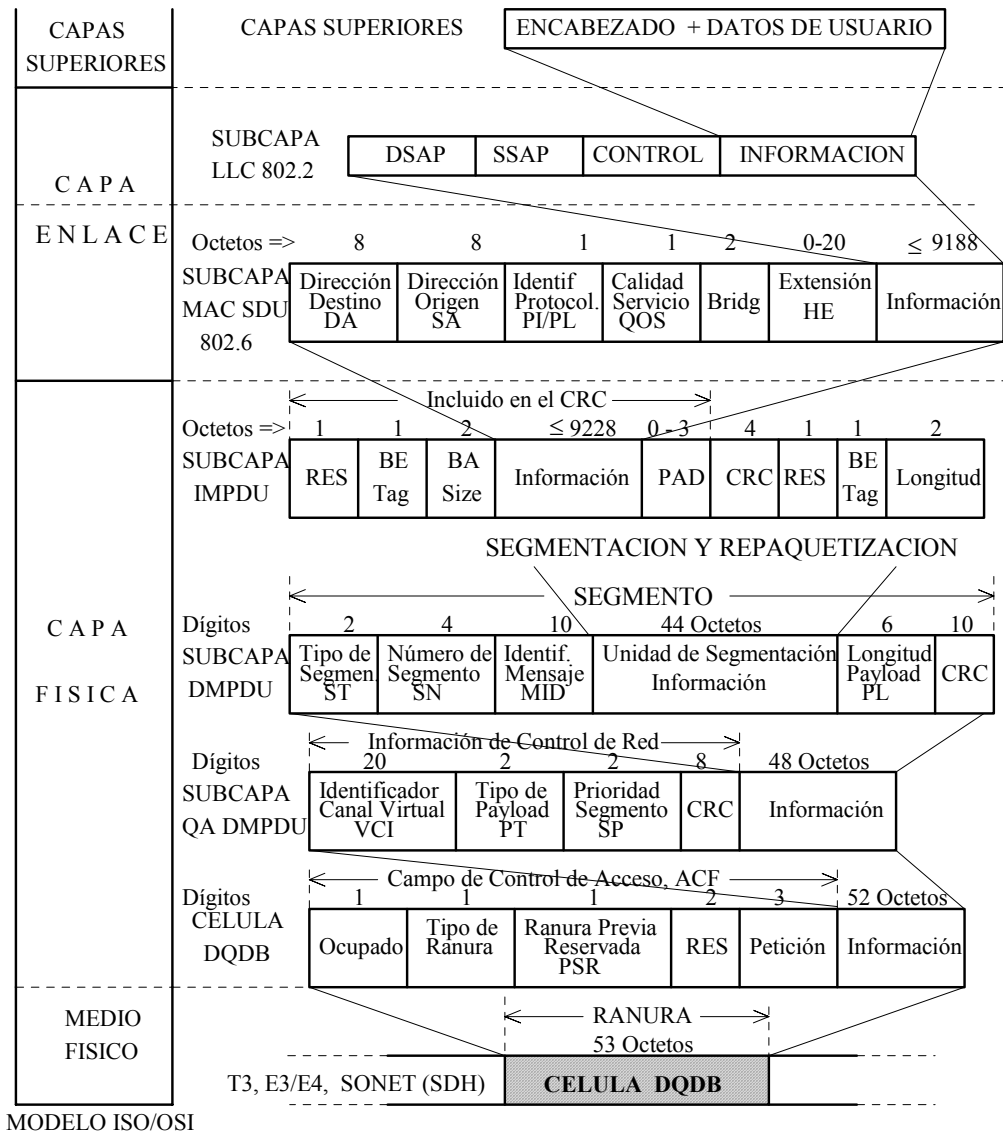


Fig. 6.39.Arquitectura del Estándar DQDB.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

En DQDB se emplean dos métodos de control de acceso: (a) el acceso por cola arbitrada (QA) para servicios con conexión y servicios asincrónicos sin conexión, utilizados en la transferencia de archivos y en procesos de transacción; y (b) el acceso prearbitrado (PA) para servicios isocrónicos con conexión, utilizado para la transmisión de voz y video a velocidad fija.

Nótese que las funciones del estándar DQDB se desarrollan bajo la subcapa LLC 802.2, que es común con las redes de área local 802.3/4/5; esto permite la interconexión casi directa entre las LAN 802.3/4/5 y la DQDB.

La subcapa MAC SDU 802.6 encapsula la subcapa LLC 802.2 la cual puede contener hasta 9188 octetos. La subcapa MAC SDU está conformada por los siguientes campos:

Dirección Destino (DA). Es la dirección del nodo de destino.

Dirección Origen (SA). Es la dirección del nudo fuente.

Identificación del Protocolo (PI). Este campo identifica el usuario del servicio a quien se le está enviando el contenido del campo Información. Este octeto contiene dos dígitos para indicar la longitud del campo PAD en la subcapa IMPDU.

Calidad de Servicio (QOS). Este campo indica la calidad de servicio para la subcapa IMPDU en lo relacionado con el retardo de acceso a una subred. Este valor está basado en la prioridad solicitada por el usuario MAC.

Bridging. Campo reservado para uso futuro para la utilización de puentes a nivel MAC.

Extensión (HE). Longitud del Encabezado, de 0 a 20 octetos con pasos de 4 octetos. Se puede utilizar para información de control adicional de uso futuro.

Información. Contiene la subcapa LLC 802.2 cuyas funciones ya conocemos.

Las subcapas LLC 802.2 y la subcapa MAC SDU 802.6 juntas son equivalentes a la Capa Enlace del Modelo ISO/OSI.

Como los datos son transmitidos en tramas o células de 53 octetos, y por cuanto la trama MAC SDU puede contener hasta 9228 octetos, es necesario efectuar a nivel de capa física un proceso de segmentación y repaquetización para generar las células de 53 octetos. La trama MAC SDU se encapsula previamente en una nueva trama a nivel de capa física denominada IMPDU (Initial MAC PDU) con el agregado de algunos elementos de servicio. La trama IMPDU contiene entonces los siguientes campos:

RES. Reservado para uso futuro.

BE Tag (Beginning-end Tag). Es una secuencia de un octeto asociado con un IMPDU dado y que se incrementa en 1 módulo 256; este número se utiliza en la segmentación y en la repaquetización, y se utiliza para numerar los IMPDU enviados por el nodo.

BA Size (Buffer allocation size). Es la longitud total de la trama IMPDU. Sirve para anunciar los requerimientos de memoria para almacenar el IMPDU. Se utiliza también en la segmentación y repaquetización.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Los campos RES + BE Tag + BA Size conforman el Encabezado de la trama IMPDU.

Información. Contiene la trama MAC SDU.

PAD. Contiene un número mínimo de octetos de manera que la longitud total de los campos sea un múltiplo de 4, ó, si es posible, que la longitud total de la trama IMPDU sea un múltiplo entero de 44.

CRC. Código CRC-32 que opera sobre Encabezado + Información + PAD. Este campo es opcional.

RES + BE Tag + Longitud. Esta es la cola de la trama IMPDU; los valores contenidos en ella son los mismos que los del Encabezado.

La trama IMPDU puede contener hasta 9240 octetos siendo necesario efectuar sobre ella un proceso de segmentación y repaquetización. En efecto, cada trama IMPDU se fragmenta en segmentos de 44 octetos, denominados Unidades de Segmentación, y con el agregado de algunos elementos de servicio se forma el Segmento o trama DMPDU (Derived MAC PDU). Esta trama, de 48 octetos, contiene los siguientes campos:

Tipo de Segmento (ST). Hay cuatro tipos de Segmentos DMPDU que se pueden codificar con los dos dígitos binarios. Cuando el DMPDU contiene un IMPDU completo, se produce un solo segmento o mensaje; en este caso se tiene el Segmento SSM (single segment message). Si el IMPDU se fragmenta en dos o más DMPDU, el primer DMPDU es el “principio del mensaje (Segmento BOM)”; el último DMPDU es el “final del mensaje (Segmento EOM)”, y cualquier otro DMPDU intermedio es la “continuación del mensaje (Segmento COM)”.

Número de Segmento (SN). Se utiliza para la paquetización del IMPDU a fin de verificar que todas las Unidades de Segmentación se han recibido y ordenado en forma apropiada. Un valor de segmento (generalmente 1) se establece para el BOM y se incrementa para cada COM o EOM sucesivos de un IMPDU.

Identificador del Mensaje (MID). Este es un identificador asociado con el conjunto de DMPDU que contienen un IMPDU completo. Este número es necesario para la reordenación apropiada de los IMPDU.

Los campos ST + SN + MID constituyen el Encabezado del DMPDU para información de control de red.

Unidad de Segmentación. Este es uno de los segmentos de la trama IMPDU; generalmente contiene 44 octetos, excepto en los segmentos EOM o SSM que contengan menos de 44 octetos..

Longitud Payload (PL). Indica el número (entre 4 y 44) de octetos venidos del IMPDU que ocupan la Unidad de Segmentación del DMPDU. Este número será siempre 44 para los BOM y COM. Será menor que 44 en el SSM si el IMPDU tiene menos de 44 octetos. Puede también ser menor que 44 en un EOM cuando el IMPDU no es un entero múltiplo de 44 octetos de longitud.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

CRC. Código CRC-10 que opera sobre ST + SN + MID + Información + PL.

El proceso de elaboración de la célula DQDB continúa con la generación de la Subcapa QA DMPDU de 52 octetos, cuyos elementos son:

Identificador del Canal Virtual (VCI). Identifica al canal virtual o enlace lógico al cual pertenece el segmento. Un valor del VCI de puros “1” corresponde a un servicio MAC sin conexión. Cualquier otro valor del VCI distinto de cero está disponible para servicios isocrónicos y servicios de datos con conexión.

Tipo de Payload (PT). Indica la naturaleza de los datos a transferir. El valor por defecto en transmisión de datos es 00; los otros valores (01, 10 y 11) están en estudio para uso futuro, por ejemplo, para indicar señalización de red o datos de gestión.

Prioridad del Segmento (SP). Reservado para uso futuro con puentes multipuerto. Un puente multipuerto permite interconectar tres o más LANs.

Los campos VCI + PT + SP constituyen el Encabezado QA DMPDU y se denomina “campo de control de acceso (ACF)”.

CRC. Código CRC-8 que opera sobre el ACF. Se utiliza para la detección de errores y la corrección de errores sencillos.

La subcapa QA DMPDU se encapsula finalmente para producir la Célula o Ranura DQDB de 53 octetos. La Célula DQDB de 53 octetos es la unidad básica de transferencia de información en el estándar DQDB.

La Célula DQDB contiene un encabezado que contiene los siguientes elementos de servicio:

Ocupado (Busy). Indica si la célula contiene información o es una célula libre (o vacía).

Tipo de Ranura. Indica si se trata de una ranura QA o PA.

Ranura Previa Reservada (PSR). Indica si el segmento en la ranura anterior se puede o no borrar. Este dígito se coloca a “1” en un nodo dado cuando la ranura precedente contenía un segmento QA destinado solamente para ese nodo. La aplicación de este dígito está en estudio.

RES. Reservado para uso futuro; por ahora se coloca en 00.

Petición. Estos tres niveles se utilizan para establecer tres niveles de prioridad.

La formación de una célula de 53 octetos no es una característica intrínseca del protocolo DQDB. La utilización de una célula de 53 octetos es parte de un plan global de estandarización, en el cual todo tipo de información se transmitirá en paquetes pequeños de 53 octetos, de acuerdo con los estándares SONET/SDH y ATM, que veremos más adelante.

La capa física DQDB es independiente del medio físico de transmisión; por lo tanto, se puede instrumentar una variedad de redes DQDB usando la misma capa física sobre diferentes sistemas de transmisión. El estándar contempla tres sistemas de transmisión:

ANSI DS3(T3): para transmitir a 44,736 Mbps sobre cable coaxial o fibra óptica.

UIT-T G.703: para transmitir a 34,368 Mbps y 139,264 Mbps sobre cable coaxial.

SONET/SDH: para transmitir a 155,520 Mbps sobre fibra óptica monomodo.

En [Stallings, 1993 y Kessler, 1992] el lector encontrará un excelente tratamiento de estos temas.

6.5. ESTANDARES, TECNOLOGIAS, Y SERVICIOS DE ALTA VELOCIDAD

6.5.1. Introducción

La necesidad de aumentar cada vez más la velocidad de transmisión sobre las velocidades existentes estimuló en los entes de normalización internacionales la creación de nuevos estándares para la transmisión de información a grandes velocidades, pues las actuales jerarquías plesiocrónicas no eran apropiadas. Con las jerarquías plesiocrónicas, que mostramos en la Fig. 6.2, la comunicación entre varias redes diferentes es muy costosa debido a las diferencias entre las técnicas de codificación y las estrategias de multiplexación. Por ejemplo, una señal DS1, Fig. 6.3, consiste de 24 señales de voz con un dígito de sincronización de trama, y su velocidad es de 1544 kbps. Además, utiliza el código de línea AMI y un dígito de cada octeto para señalización, lo que significa 56 kbps por canal. Sin embargo, cuando utiliza el código de línea B8ZS, se pueden utilizar todos los dígitos del octeto para información lo cual aumenta la velocidad a 64 kbps por canal para uso internacional. Por otro lado, la señal CEPT-1 contiene 30 canales de voz y dos canales para señalización y entramado, una velocidad de 2048 kbps, y el código de línea HDB3. Esto en cuanto a las técnicas de codificación, porque si observamos los procedimientos de multiplexamiento, nos encontramos con diferentes técnicas de entrelazado de dígitos y entrelazado de octetos.

En resumen, la tecnología plesiocrónica tiene las siguientes desventajas:

- Los sistemas europeos y norteamericanos tienen muy poco en común. Para la comunicación entre Europa y los Estados Unidos, por ejemplo, se requiere la utilización de convertidores de muy alto costo.
- Los equipos producidos por diferentes fabricantes no son compatibles por más que se diga que están estandarizados.
- No contienen sistemas de autoverificación o “chequeo en línea”. La verificación y las reparaciones hay que hacerlas manualmente.
- No hay estándares para velocidades más altas; todos los sistemas son propietarios.
- No hay sincronización más arriba de los sistemas DS1 o CEPT-1

El hecho de que los sistemas no sean sincrónicos es de capital importancia; en efecto, en los sistemas sincrónicos se puede agregar o separar (Add/Drop) canales individuales en cualquier punto de la cadena de multiplexamiento, pues la localización de un canal cualquiera está plenamente identificada. Esto no se puede hacer en las jerarquías plesiocrónicas; para extraer una señal DS0 de una señal DS3, por ejemplo, hay que efectuar todos los pasos de desmultiplexamiento: DS3 => DS2 => DS1 => DS0. Nótese que

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

“plesiocrónico” significa “cuasi-sincrónico”, y debido a la inserción y remoción de dígitos la ubicación de un canal determinado puede variar de una trama a otra.

6.5.2. Los Estándares SONET/SDH

Introducción

La denominación SONET/SDH (Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy) representa a un conjunto de normas americanas especificadas por la ANSI T1.105/106/107 que son las de SONET y por el UIT-T G.707/708/709 para Europa, que son las de SDH. Las normas SONET y las SDH son consistentes y por ello se utiliza la denominación compuesta SONET/SDH para designarlas. El proceso de aprobación de estas normas finalizó en 1988.

Los estándares SONET/SDH definen las velocidades y formatos, los elementos arquitecturales de red, los enlaces ópticos de capa física y los procedimientos de multiplexamiento y sincronización.

Todas las funciones de SONET/SDH corresponden a la Capa Física del Modelo ISO/OSI, como se puede apreciar en la Fig. 6.31.

Características

Las características más importantes son las siguientes:

- Transmisión por fibras ópticas monomodo con interfaces eléctricas
- La transmisión se efectúa mediante células básicas de 53 octetos, como las vistas en DQDB
- Velocidades jerárquicas que son múltiplos enteros de una velocidad básica de 51,84 Mbps y velocidades de transmisión desde 155,52 Mbps hasta 2,48832 Gbps
- Como sistema de transporte de información:
 - Flexibilidad de interfaz con los nuevos estándares de alta velocidad (DQDB, ATM, SMDS, B-ISDN, etc.)
 - Capacidad de Diagnóstico incorporada
- En tanto que Sistema Sincrónico:
 - Facilidad para inserción y extracción económica (Add/Drop) de canales de tráfico de bajo volumen de datos y bajas velocidades
 - Retardo de transmisión muy pequeño
- Del Sistema Optico:
 - Capacidad de transmisión a largas distancias
 - Alto Ancho de Banda

- Naturaleza de la Información:
 - Voz, Datos, Imágenes y Video interactivos

Estructura

El transporte de una señal desde una red a una red diferente requiere procedimientos muy complicados de multiplexamiento y codificación, como es el caso de la conversión de una señal DS1 en una señal CEPT-1. Para resolver este problema, en SONET/SDH se estandarizan los formatos y las velocidades. El primer paso es la formación de un bloque básico denominado STS-1 (Synchronous Transport Signal) con una velocidad básica de 51,84 Mbps. El bloque STS-1 puede contener hasta 28 señales DS1 ó 1 señal DS3 ó 20 señales CEPT-1; incluye también capacidad para mantenimiento, operación, administración y supervisión del sistema. En la Fig. 6.40 se muestra la forma del bloque STS-1.

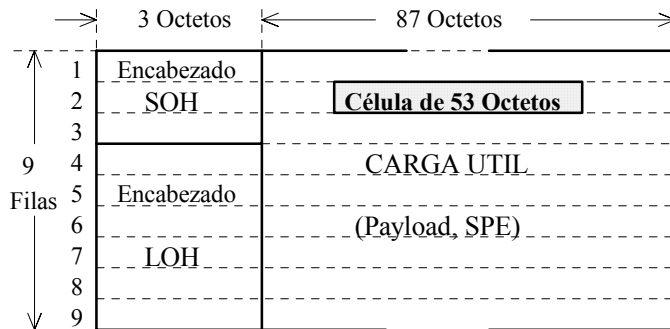


Fig. 6.40. Formato SONET/SDH STS-1

El bloque STS-1 contiene los siguientes elementos:

Encabezados SOH (Section Overhead) y LOH (Line Overhead). En estos encabezados va la información de sincronización y servicio, incluyendo un canal de voz para mantenimiento. La descripción detallada de estos campos está fuera de los objetivos de este libro.

Carga Util Sincrónica (SPE). Este campo se llena con las células básicas de 53 octetos, que contienen la información de las señales DS1 o CEPT-1.

El bloque STS-1 contiene entonces 810 octetos, su duración es de 125 μ seg y su velocidad es de 51,84 Mbps. La transmisión se efectúa de arriba hacia abajo, fila por fila, de izquierda a derecha y el MSB de cada octeto se transmite de primero. Los encabezados llevan toda la información de sincronización y de servicio, mientras que la información útil va en el SPE. Esto permite la comunicación entre nodos de red inteligentes y facilita la administración, vigilancia y control desde un punto central.

Cuando el volumen de información a transmitir es muy grande, se elaboran los bloques STS-N. Estos bloques se forman mediante entrelazado de octetos de N señales STS-1; la duración de los bloques STS-N es siempre de 125 μ seg, de modo que su

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

velocidad es N veces la velocidad básica de 51,84 Mbps. Los valores corrientes de N son 1, 3, 12 y 48.

Para su transmisión por un medio de fibra óptica, las señales STS- N se multiplexan para formar las señales o portadoras de línea STM- M (Synchronous Transmission Module) cuyas velocidades son también múltiplos enteros de la velocidad básica de 51,84 Mbps; en este caso $M = N/3$, con $N \geq 3$. Por ejemplo, tres señales STS-1 forman una señal STM-1, cuya velocidad es de 155,52 Mbps.

En la Fig. 6.41(a) se muestra la multiplexación de tres señales STS-1 para formar una señal STM-1, y en la Fig. 6.41(b) la estructura del bloque STM-1.

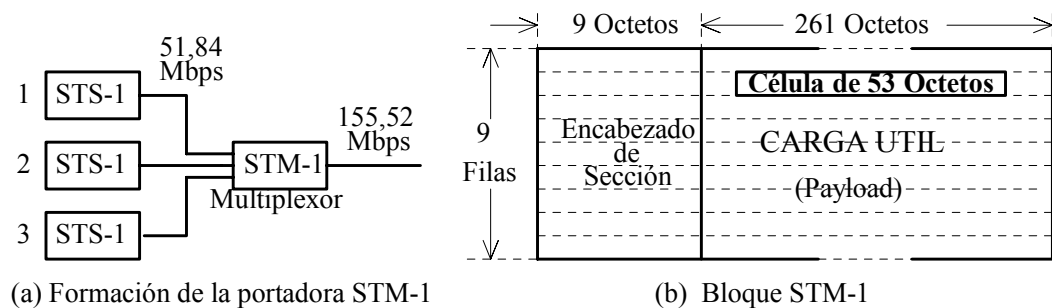


Fig. 6.41. Formato SONET/SDH STM-1.

El bloque STM-1 consta de 2430 octetos, con una duración de 125 μ seg y una velocidad de 155,52 Mbps. Nótese que el bloque STM- M , con $M = N/3 \geq 1$, también tiene una duración de 125 μ seg, pero su velocidad será igual a $[3M \times 51,84]$ Mbps. Por ejemplo, el bloque STM-16 tendrá una velocidad de $48 \times 51,84 = 2,48832$ Gbps.

El lector seguramente tendrá curiosidad por saber por qué la duración de todos los bloques es de 125 μ seg. Este valor tiene su origen en el Teorema del Muestreo de Shannon y en el ancho de banda normalizado de los canales de voz. En efecto, si el ancho de banda normalizado del canal de voz es de 4 kHz, la Frecuencia de Muestreo de Nyquist será de 8000 muestras por segundo; pero como cada muestra se codifica en ocho dígitos binarios o bits (un octeto), entonces la señal de voz tendrá una velocidad de 64 kbps y cada muestra de señal de 8 dígitos binarios tendrá una duración de 125 μ seg. La señal DS0 corresponde, pues, a un canal de voz y en un bloque STS-1 se puede transmitir hasta 672 canales de voz equivalente a una señal DS3. El canal de voz de 64 kbps es el canal básico para todos los sistemas de transmisión de información en banda ancha.

Puesto que la información se transmite por fibras ópticas, en SONET se definen las denominadas Portadoras Ópticas OC- N (Optical Carriers, OC) que son las formas ópticas de las señales STS- N y que tienen la misma velocidad. Por ejemplo, la velocidad de la portadora óptica OC-1 es la misma que la de la señal STS-1. En SONET/SDH se tiene entonces los portadores eléctricos STM y STS y la portadora óptica OC. En la Tabla

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

siguiente se muestra la equivalencia entre estas tres portadoras y sus velocidades de transmisión correspondientes.

PORTADORAS Y VELOCIDADES EN SONET/SDH

PORTADORA OPTICA	PORTADORA STS	ELECTRICA STM	VELOCIDAD Mbps
OC-1	STS-1	----	51,84
OC-3	STS-3	STM-1	155,52
OC-9	STS-9	STM-3 (*)	466,56
OC-12	STS-12	STM-4 (*)	622,08
OC-18	STS-18	STM-6	933,12
OC-24	STS-24	STM-8	1244,16
OC-36	STS-36	STM-12	1866,24
OC-48	STS-48	STM-16 (*)	2488,32

(*) Actualmente disponibles comercialmente

La descripción de los estándares SONET/SDH que hemos mostrado es, lo reconocemos, muy escueta; pero el propósito principal ha sido el de ofrecer un conocimiento conceptual de los estándares y sus principales características. Un enfoque más avanzado de este tema está fuera de los límites de este texto.

6.5.3. El Modo de Transferencia Asíncrona (ATM)

Introducción

El Modo de Transferencia Asíncrona es una tecnología de conmutación y multiplexamiento de alta velocidad orientada a conexión. Se utiliza en aplicaciones de alta velocidad en telecomunicaciones, tales como telemedicina, educación a distancia, transmisión de grandes volúmenes de datos, videoconferencia, televisión, multimedia, etc.

Una red basada en ATM permite que los proveedores de servicios de telecomunicación ofrezcan múltiples servicios sobre una sola red ATM y bajo un solo sistema de gestión de red. Como resultado, sobre la misma red se puede transportar voz, datos, imágenes, video y multimedia en una forma sencilla y económica.

Características

Las principales características de ATM son:

- La transmisión se efectúa mediante células de longitud fija (53 octetos) con identificación de canal en el encabezado de la célula
- Combina las ventajas de la TDM y de la Transmisión por Conmutación de Paquetes
- Mediante acuerdo entre el UIT-T y la ANSI T1S1 se utilizará la transmisión ATM para el transporte de todos los servicios de la Red ISDN de Banda Ancha
- Las formas sencillas de Multiplexamiento y Conmutación conducen a
 - Una arquitectura muy sencilla para todo tipo de tráfico
 - Integración de los servicios de Transmisión de Información

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Operaciones consistentes para servicios múltiples diferentes
- Mayor disponibilidad de la red. Los conmutadores ATM son muy veloces porque la conmutación se hace con dispositivos físicos (hardware) y no mediante programas (software). El procesamiento y retardo en cada conmutador es mínimo, lo que aumenta la velocidad de transferencia
- Ancho de Banda flexible (según demanda) y escalable, y altas velocidades de transferencia
- Mayores beneficios en costo debido a: una relación costo/prestaciones mejorada, consolidación de aplicaciones, mejor utilización de las facilidades debido a la combinación de todos los servicios en una sola red, compatibilidad con los sistemas de comunicación actuales, costo de la gestión de red más simple y económico, una tecnología sencilla y uniforme, y un ciclo de vida que se espera sea alto.

La tecnología ATM combina la simplicidad de la conmutación de circuitos con la flexibilidad de la conmutación por paquetes.

Estructura

La tecnología ATM se basa en una célula básica de solamente 53 octetos especificada por la ANSI T1S1. Estas pequeñas células tienen ventajas para la transmisión a una velocidad fija, pues se puede conseguir un retardo mínimo cuando los octetos de una llamada dada se pueden ensamblar y desensamblar en células en los puntos de origen y destino, respectivamente. Por otro lado, como cada célula debe llevar información de enrutamiento, el encabezado puede ser desproporcionadamente alto. El compromiso alcanzado fue el de seleccionar una célula de 53 octetos con 48 octetos de información útil y 5 octetos de encabezado para campos de enrutamiento y otros usos. Si la duración de cada muestra de señal es de 125 μ seg, el tiempo para paquetizarla y despaquetizarla es de 6 milisegundos, un retardo aceptable para la transmisión de voz.

La célula ATM básica especificada por la ANSI T1S1 se muestra en la Fig. 6.42. Esta célula es la correspondiente a la interfaz UNI, que veremos más adelante.

El Encabezado de la célula contiene los siguientes campos:

Control de Flujo Genérico (GFC). Encargado de ajustar las prioridades y la arbitración para el acceso entre varios terminales.

Identificador de la Trayectoria Virtual (VPI) y el Identificador de Canal Virtual (VCI). Estos campos conforman el Identificador de Conexión Virtual que es equivalente a un circuito virtual de conmutación por paquetes o a un enlace virtual en Frame Relay. La noción de trayectoria virtual permite al gestor de la red organizar y dirigir sus recursos de transmisión por medio de enlaces virtuales permanentes o semipermanentes.

Tipo de Payload (PT). Describe el tipo de carga útil: información de usuario o mensaje de servicio de la red. En el primer caso, los dos últimos dígitos indican congestión, así como el tipo de unidad de datos cuya interpretación depende de las capas superiores.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Reservado. Puede contener dígitos para protección contra la congestión y tipos de prioridad.

CRC. Código de Redundancia Cíclica para la detección de errores y la corrección de un error sencillo. Opera sobre el Encabezado.

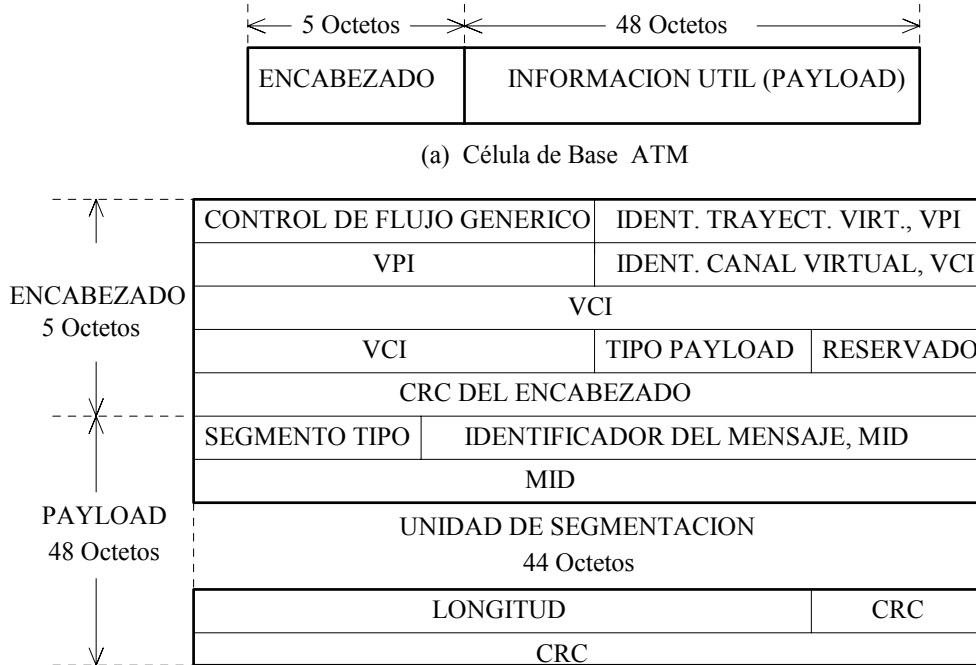


Fig. 6.42. Estructura de la Célula de Base UNI ATM.

Los 48 octetos del “payload” opcionalmente pueden contener una capa de adaptación de 4 octetos y 44 octetos de carga útil (voz, datos o video), o todos los 48 octetos pueden ser carga útil, según un dígito en el campo de control del encabezado. Esto permite la segmentación en células y la repaquetización de las células en grandes paquetes tanto en la fuente como en el destino, respectivamente. El campo de control puede contener también un dígito para indicar si la célula es una célula de control de flujo o una célula ordinaria; incluye también un dígito de aviso para indicar si la célula es descartable o no en caso de congestión en la red.

Arquitectura

En la Fig. 6.43 se muestra una arquitectura ATM: DQDB/ATM/SONET. Nótese que ATM solamente comprende funciones correspondientes a la Capa Física del Modelo ISO/OSI.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

En ATM se pueden distinguir tres capas, Fig. 6.43: la Capa de Adaptación AAL, la Capa ATM (Cédula ATM) y la Capa Física ATM, todas comprendidas dentro de la Capa Física ISO/OSI.

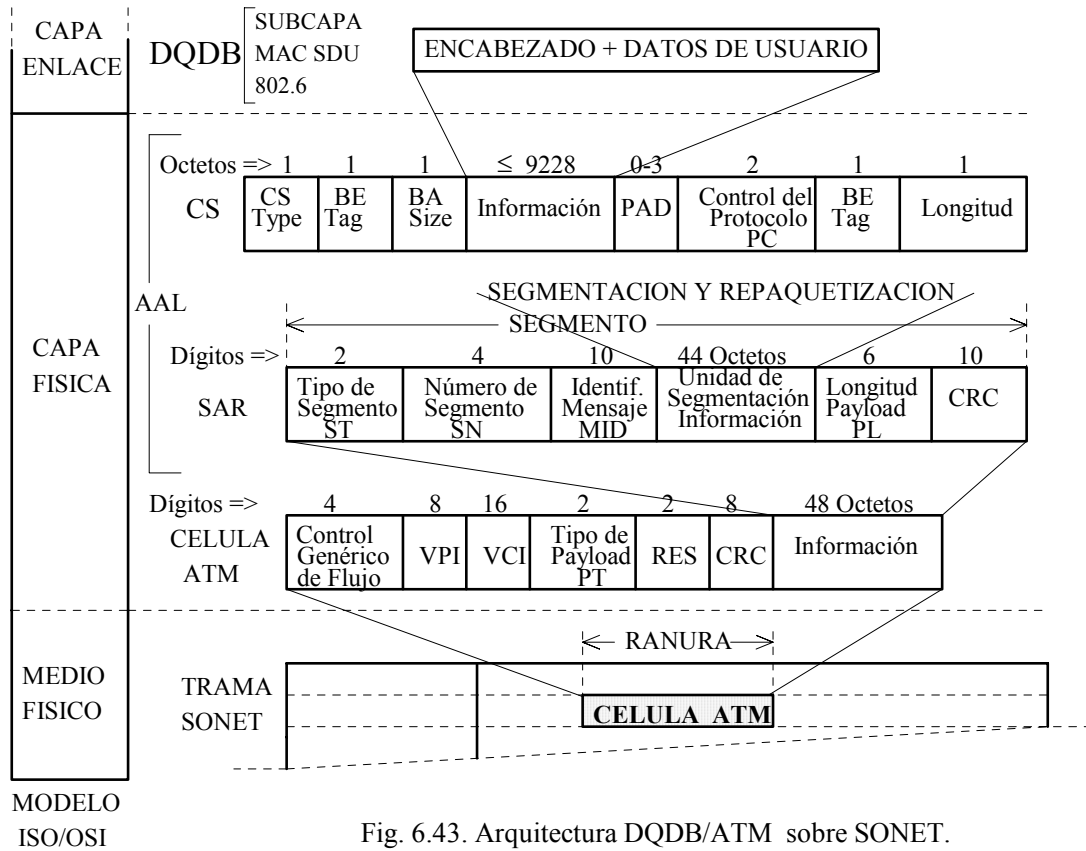


Fig. 6.43. Arquitectura DQDB/ATM sobre SONET.

La capa AAL proporciona una gama de clases y tipos de servicio para el transporte de los mensajes que vienen de las capas superiores. Los servicios se clasifican de acuerdo con tres criterios: (a) la existencia de una relación de tiempo entre los usuarios fuente y destino (por ejemplo, voz), (b) la velocidad (variable o constante) asociada con la transferencia, y (c) el modo de conexión. Esto permite definir cuatro clases de servicio: A, B, C y D; en la Tabla siguiente se muestra las relaciones entre los diferentes servicios.

SERVICIOS ATM

	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
Relación de Tiempo	Si		No	
Velocidad	Constante	Variable		
Modo	Orientado a Conexión			Sin Conexión

Como puede observarse en la Tabla, las Clases A y B están orientadas a conexión y existe una relación de tiempo entre los usuarios fuente y destino. Se diferencian en que la Clase A es a velocidad constante. Un ejemplo de transferencia en Clase A es la transmisión de voz a 64 kbps, mientras que la transmisión de video comprimido es un ejemplo de

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

transferencia en Clase B. Las Clases C y D se utilizan en aplicaciones más especializadas, por ejemplo, Ethernet, TCP/IP, IPX, transferencia de grandes archivos, etc.

Para ejecutar estas funciones, la capa AAL se subdivide en dos subcapas: la Subcapa de Convergencia (CS) y la Subcapa de Segmentación y Repaquetización (SAR). La subcapa CS efectúa la función de convergencia entre los servicios ofrecidos en la interfaz de usuario y aquellos provistos por la Capa ATM. La subcapa SAR efectúa las operaciones de ensamblado y segmentación de los datos de fuente que irán en el campo de información de la célula ATM. Como los campos contenidos en las subcapas CS y SAR son muy similares en estructura y contenido a los vistos en DQDB, no los vamos a describir aquí.

La Capa ATM efectúa todas las funciones relacionadas con el enrutamiento y multiplexamiento de las células sobre las conexiones virtuales. Toda esta información va en el Encabezado de la Célula ATM. Este encabezado caracteriza la denominada interfaz UNI utilizada por los dispositivos de usuario que generan y reciben directamente las células. La célula ATM tiene la misma estructura que las células DQDB y SONET ya vistas, lo cual está dentro de los principios y tendencias en la estandarización global en telecomunicaciones.

En cuanto a la Capa Física ATM, las normas no especifican un medio físico en particular; las alternativas pueden ser:

- SONET/SDH a 155, 52 Mbps o más sobre par trenzado UTP, categoría 5. En la Fig. 6.43 se muestra la arquitectura ATM sobre SONET.
- Líneas DS1(T1) de 1,544 Mbps para uso en interfaces en redes públicas
- Cable coaxial a 12 Mbps
- Líneas E1/E3 sobre par trenzado UTP, categoría 5
- Fibras Ópticas

En el UIT-T y la ANSI se continúa estudiando nuevas alternativas para ATM.

Migración hacia la ATM

En muchas de las redes actuales se está imponiendo el concepto ATM, pues es una tecnología capaz de satisfacer tanto las aplicaciones de datos, como las aplicaciones multimedia o las de video interactivo. Esta elección presenta la ventaja suplementaria de ser tecnológicamente compatible con las actuales redes de larga distancia.

Sea, por ejemplo, un segmento de red como el mostrado en la Fig. 6.44, en el cual se quiere introducir la tecnología ATM. La interconexión actual entre los nodos de esta red se hace con troncales T1/E1, jerarquía plesio-crónica (PHD).

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

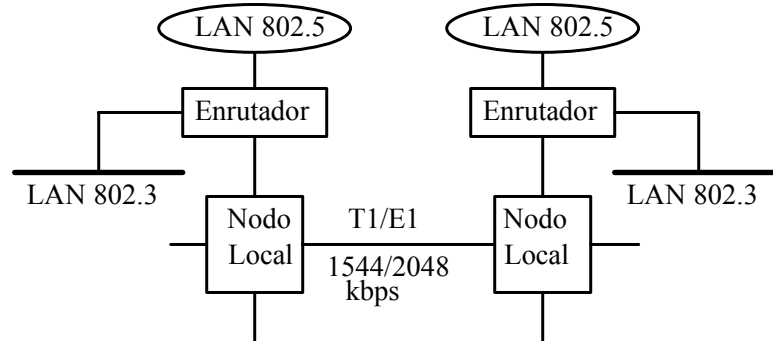


Fig. 6.44. Configuración Actual de un Sistema Local

Como se muestra en la Fig. 6.45, la primera fase consiste en interconectar un conmutador ATM con nodos locales compatibles ATM para dar una imagen de una red local continua que no ha sido fragmentada. Las redes de área local continúan trabajando, por ejemplo la IEEE 802.3, en cada segmento. Los nodos evolucionados (compatibles ATM) se conectan entre ellos mediante un conmutador ATM formando un ambiente ATM; los enlaces pueden ser SONET/SDH STM-1.

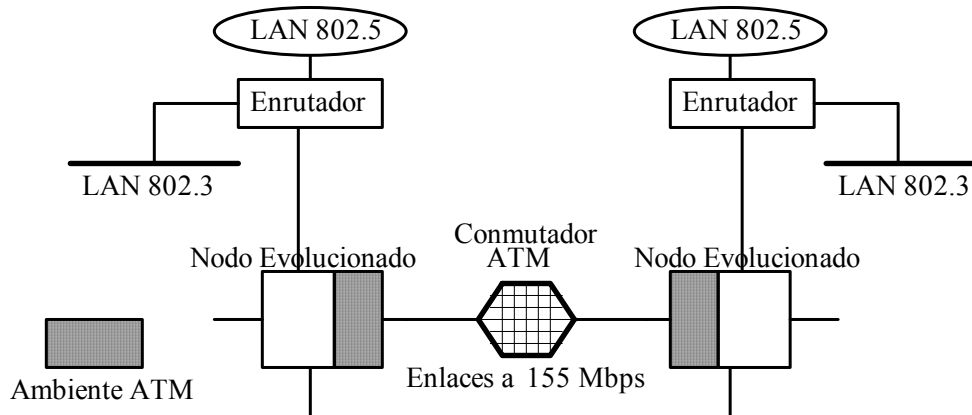


Fig. 6.45. Migración hacia ATM. Primera Fase.

En la segunda fase, Fig. 6.46, los nodos ATM suministran interfaces para las LAN y otros servicios, para quienes la red local ATM es transparente. La interconexión entre los diferentes servicios se hace ahora a la velocidad máxima de la interfaz física, en este caso 155 Mbps, jerarquía sincrónica (SDH), con posibilidad de acceso a la B-ISDN.

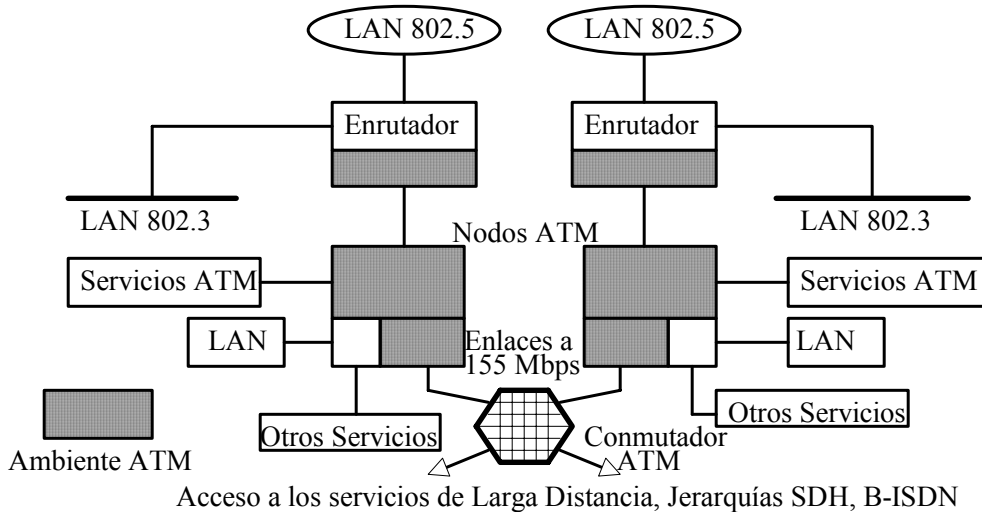


Fig. 6.46. Migración hacia ATM. Segunda Fase.

Un esquema de migración hacia ATM de este tipo se está llevando a cabo en la Universidad de Los Andes para interconectar todas las Facultades en un solo ambiente ATM de alta velocidad.

6.5.4. El Servicio de Datos Conmutados Multimegabit (SMDS)

Introducción

El Servicio de Datos Conmutados Multimegabit (Switched Multi-Megabit Data Service, SMDS), propuesto por la Bell Communications Research (Bellcore) en 1989, es un servicio de transmisión rápida de datos con las mismas características y prestaciones de una LAN. SMDS no es una tecnología, es un servicio sin conexión que se puede instrumentar con pocos cambios en los sistemas existentes.

El SMDS puede utilizar fibra óptica o par trenzado sobre redes de datos públicas. Puede soportar velocidades de 1544 kbps en troncales T1(DS1) o 44736 kbps sobre troncales T3(DS3). Las unidades de datos de SMDS pueden encapsular tramas IEEE 802.3, IEEE 802.4 y FDDI, así como tramas SONET/SDH STM-1.

El servicio SMDS está diseñado para ser integrado fácilmente en arquitecturas inter-red existentes con las mismas prestaciones de una LAN pero a nivel metropolitano. Una red SMDS puede operar como una subred transparente en una interconexión de dos usuarios a través de un conjunto de subredes, como se puede apreciar en la Fig. 6.47.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

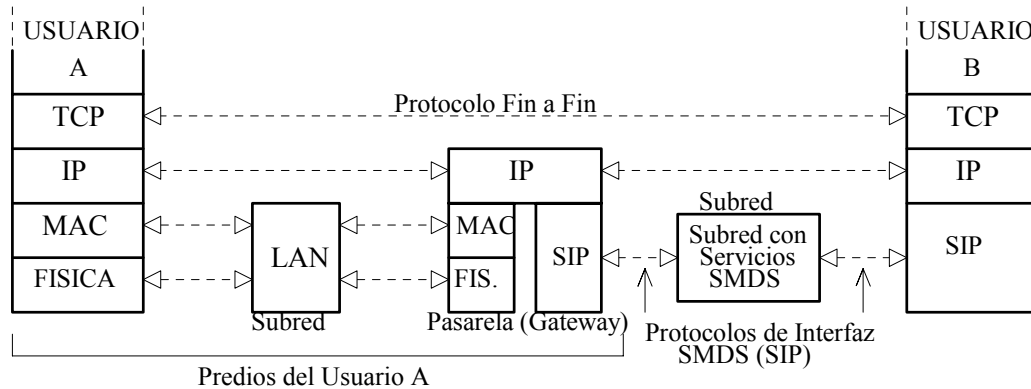


Fig. 6.47. Ejemplo de Aplicación del Servicio SMDS

Características

- Es un servicio público de conmutación de paquetes que puede operar sobre diferentes plataformas y a velocidades con soporte DS3 y SONET/SDH STM-1
- Prestaciones análogas a las de las LAN: alto ancho de banda, bajo retardo, acepta mensajes de gran volumen, direccionamiento multigrupo, procesamiento distribuido, etc.
- Por su cobertura geográfica puede considerarse como una MAN
- Puesto que es un servicio sin conexión, cada paquete es direccionado y transferido independientemente; esto implica:
 - Las fases de establecimiento o terminación de llamadas no son necesarias
 - Los reconocimientos no son necesarios
 - No hay control de flujo explícito
 - Puede manejar secuencias esporádicas (bursty) de alta velocidad
- La interfaz es estándar y el direccionamiento es el mismo E.164 de la ISDN

Arquitectura

En la Fig. 6.48 se muestra la arquitectura SMDS sobre SONET.

Nótese la semejanza con las arquitecturas DQDB y ATM que hemos descrito anteriormente y la facilidad de interconexión con las LANs 802.3/4/5 y DQDB. En la Fig. 6.49, mostramos las tres células DQDB, ATM y SMDS para que el lector pueda observar que sus diferencias están en los cuatro primeros octetos del encabezado.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

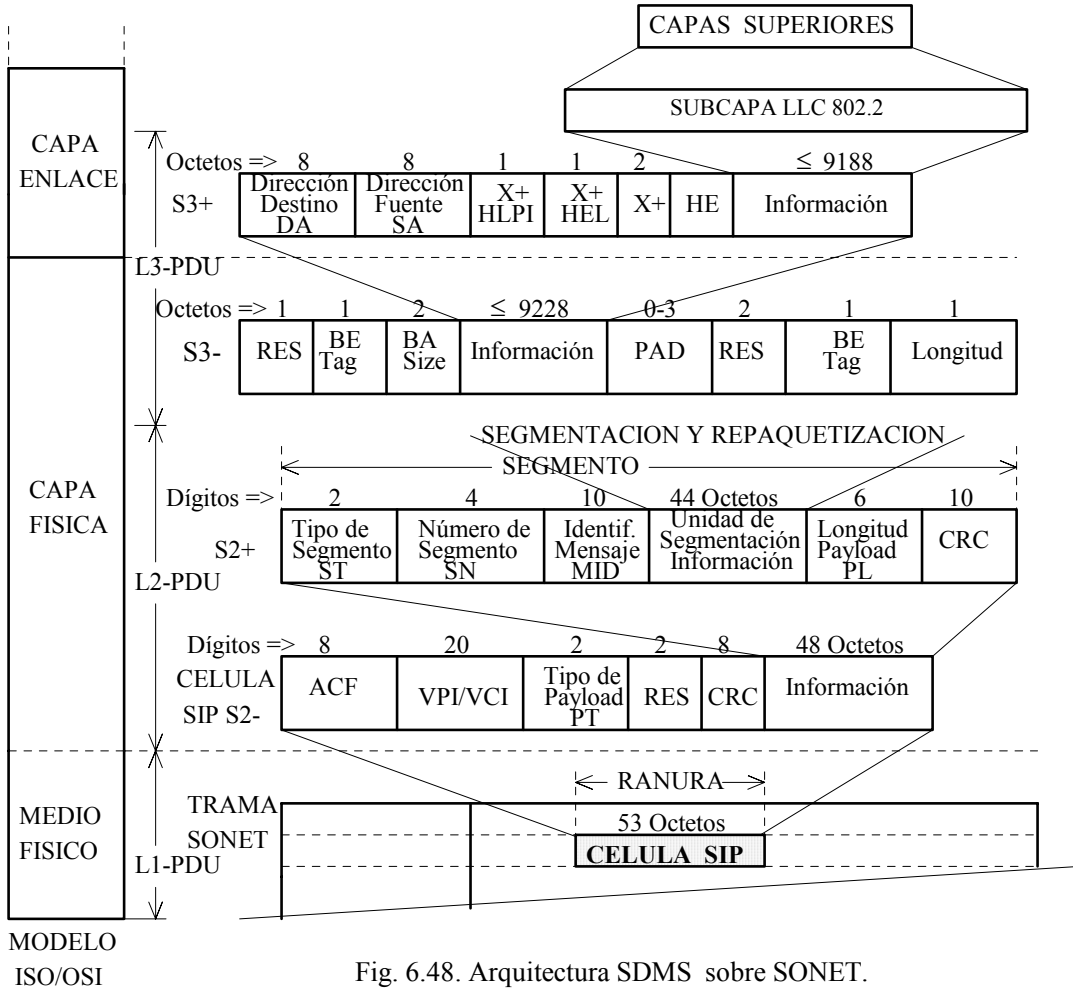


Fig. 6.48. Arquitectura SDMS sobre SONET.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

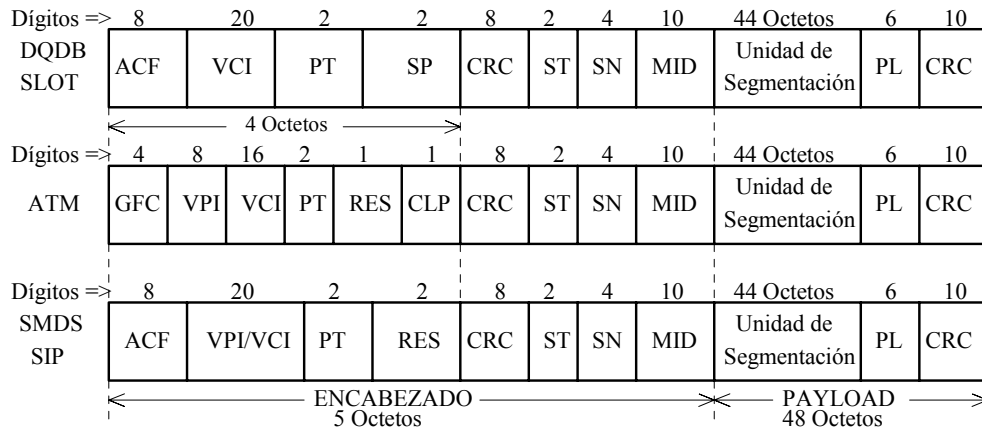


Fig. 6.49. Células DQDB, ATM y SMDS.

Aplicaciones

Las arquitecturas de red de las tecnologías de conmutación actuales son capaces de proveer los servicios SMDS, los cuales pueden ser soportados por diferentes tecnologías y diferentes fabricantes, y se pueden incorporar en las redes existentes y en la futuras sin perturbar el servicio a los usuarios. En la Fig. 6.50 se muestra un escenario de aplicaciones del servicio SMDS.

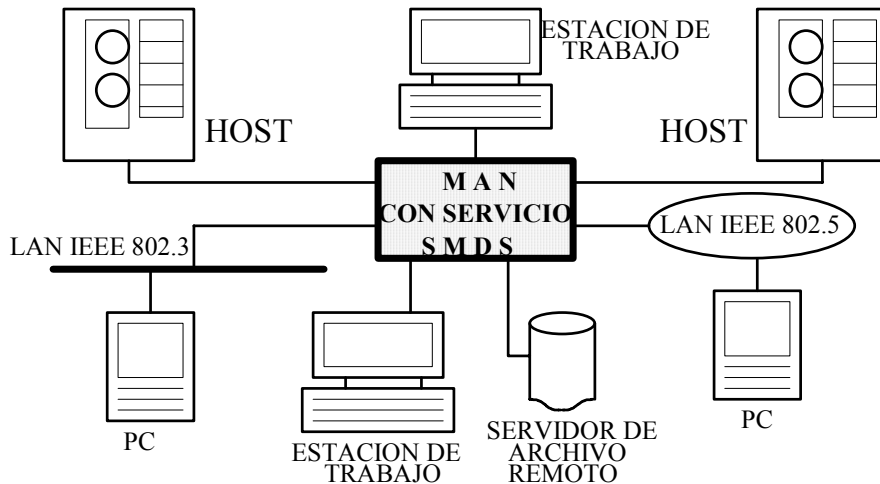


Fig. 6.50. Escenario Típico del Servicio SMDS.

La base del servicio SMDS está en la utilización de los Sistemas de Conmutación MAN (MSS) de las tecnologías de conmutación rápida de datos (Fast Packet). Un MSS es

un sistema de conmutación rápida que provee trayectorias y protocolos de acceso entre dos usuarios o entre dos nodos; en la trayectoria pueden haber varios MSS.

Actualmente hay dos tipos de conmutación rápida de paquetes que se pueden utilizar en los MSS: la tecnología METROCORE y la tecnología Batcher-Banyan. Con estas tecnologías se puede transmitir hasta 150 Mbps. Una descripción de estas tecnologías está fuera de los límites que nos hemos impuesto.

6.6. DISPOSITIVOS DE INTERCONEXION DE REDES

El aumento creciente dentro de una organización de las redes de área local durante la década de los 80 puso en evidencia la necesidad de buscar medios para interconectarlas en una gran red, pues estas redes, como ya lo hemos mencionado, tienen limitaciones en cuanto a la distancia. Por ejemplo, la longitud máxima de un segmento de red Ethernet (802.3) no puede ser mayor de 500 metros. Asimismo, algunas veces dentro de una misma organización se tenía redes locales de diferentes tipos y se necesitaba también una conexión a alguna WAN, generalmente del tipo X.25. Esto complicó mucho el problema de la interconexión de redes; sin embargo, muy pronto aparecieron soluciones que resolvieron este problema y que han sido propulsoras del inmenso progreso en la interconexión de redes, donde INTERNET es actualmente el paradigma.

Los elementos de interconexión de redes actualmente utilizados son los repetidores, los puentes (bridges), los enrutadores (routers) y las pasarelas (gateway) cuyas características veremos a continuación.

Repetidor

El repetidor es la forma más simple de dispositivo de interconexión. El repetidor opera a nivel de Capa Física del Modelo ISO/OSI, como se puede ver en la Fig. 6.51.

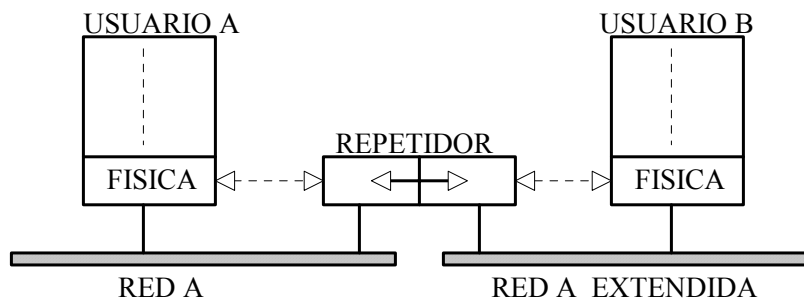


Fig. 6.51. Configuración de un Repetidor.

Al trabajar a nivel de Capa Física, el repetidor opera independientemente de los procesos y protocolos de capas superiores y la red extendida funciona a la misma velocidad que la red original. El repetidor actúa simplemente como un amplificador o convertidor: mantiene niveles de impedancia, voltajes, sincronización, etc., a ambos lados. Sin embargo, esto significa también, por un lado, que las dos redes tienen que ser iguales; pero por otro lado, y más importante aún, es que todos los problemas que se generan en un

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

lado (por ejemplo colisiones), son reflejados hacia el otro lado. A pesar de que las normas establecen el uso de repetidores, hay que ser muy cauteloso en su uso; recuérdese que la red Ethernet no permite más de dos repetidores entre dos estaciones cualquiera, aún utilizando los “repetidores remotos” que permiten extender una red hasta mil metros, como ya lo vimos en su oportunidad.

En general, los repetidores introducen factores limitativos en la funcionalidad de las redes de área local y las reglas para su aplicación son bastantes rigurosas. Esto hace que en la práctica la utilización de los repetidores sea bastante restringida, excepto en algunos casos muy sencillos como, por ejemplo, en la interconexión entre dos redes de oficinas.

Puentes (Bridges)

El repetidor establece una conexión física entre dos redes iguales; sin embargo, muy pronto surgió la necesidad de una conexión lógica entre dos redes adyacentes o geográficamente dispersas para formar una red más extensa. El primer dispositivo que se desarrolló fue el puente, el cual opera a nivel de Capa Enlace, específicamente en la Subcapa MAC, como se muestra en la Fig. 6.52. En los puentes las Capas Red y superiores deben ser idénticas en las dos redes.

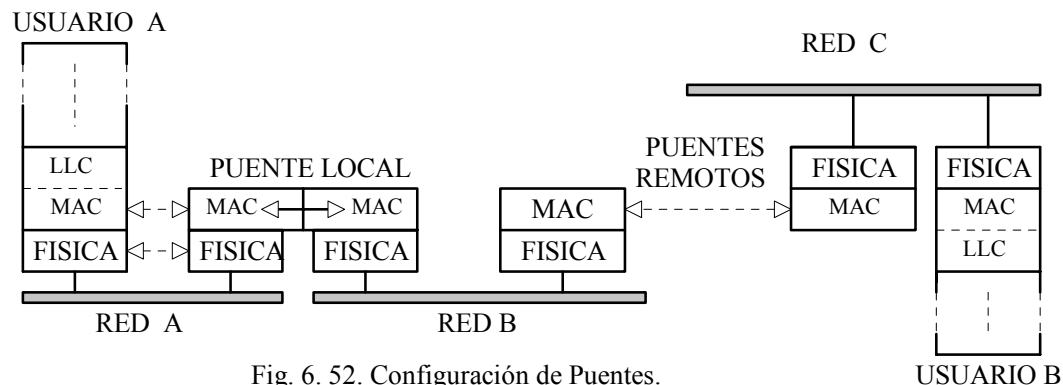


Fig. 6. 52. Configuración de Puentes.

A nivel de Subcapa MAC, los puentes examinan las direcciones de fuente y destino de todo el tráfico de la red. Si el destino está en la otra red, el puente retransmite el paquete correspondiente; el puente actúa entonces como una especie de filtro que no deja pasar sino los paquetes con destino a la red siguiente. Las dos redes mantienen cada una su propia identidad, pero están interconectadas mediante el puente. Los puentes proporcionan un buen aislamiento entre las dos redes y los problemas que se presentan en una red no afectan la otra. Los puentes se utilizan para convertir una LAN grande en múltiples LANs más pequeñas, lo cual aumenta la velocidad neta de transmisión en las estaciones involucradas.

Como el puente opera bajo el nivel de Capa Red, ellos son independientes de los protocolos de Capa Transporte y Red. Por ejemplo, un puente puede soportar protocolos tales como TCP/IP, DECnet, XNS, etc. El puente no efectúa ninguna conversión de protocolos y por ello puede soportar cualquier tipo de protocolo.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Los puentes locales fueron la solución para extender, conectar y segmentar LANs en un ambiente local. Sin embargo, muy pronto surgió la necesidad de interconectar redes distantes. Esto trajo como consecuencia el desarrollo de los “puentes remotos”, los cuales operan igual que un puente local, pero además ofrecen facilidades para interconectar redes remotas. En este caso, en cada lado habrá un puente (llamados algunas veces “semipuentes”), como los mostrados en la Fig. 6.52, que permiten interconectar las redes B y C.

En resumen, los puentes o bridges operan a nivel de Capa Enlace para interconectar redes similares. Ellos transmiten tramas de acuerdo con las direcciones indicadas en la trama que corresponden a destinatarios del otro lado. Ellos impiden también la propagación de las transmisiones locales hacia otras redes y son independientes de los protocolos utilizados.

Enrutadores (Routers)

El segundo dispositivo de interconexión lógica que se desarrolló fue el Enrutador o Router. Este dispositivo opera a nivel de la Capa Red del Modelo ISO/OSI, como se muestra en la Fig. 6.53. Las capas superiores a la Capa Red deben ser las mismas en las dos redes.

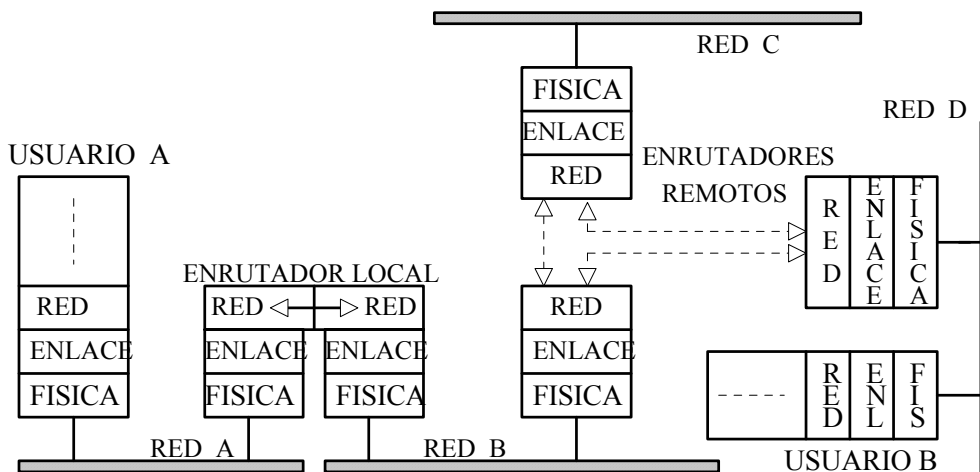


Fig. 6.53. Configuración con Enrutadores.

Los enrutadores transmiten paquetes de datos por diferentes trayectorias sobre redes similares de acuerdo con las prioridades de la red; incluye también tablas de enrutamiento para la selección de la trayectoria menos costosa o la más rápida o la más directa de un conjunto de múltiples trayectorias.

El procesamiento extra requerido por los enrutadores introduce retardos que pueden o no ser críticos según el tipo de información transmitido. Sin embargo, el enrutador puede identificar y sintonizar ciertos parámetros que hacen más eficiente el proceso de interconexión. En cambio, los puentes, por el hecho de que ellos ignoran el contenido de los paquetes, están forzados a soportar toda clase de tráfico.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

El enrutador es entonces un dispositivo de Capa Red que enruta paquetes entre redes de acuerdo con las direcciones indicadas en el Encabezado del paquete. Los enrutadores dependen del protocolo utilizado; sin embargo, con el agregado de mucha inteligencia computacional los enrutadores actuales de segunda generación pueden manejar diferentes protocolos y tecnologías, y pueden reconfigurarse automáticamente.

Pasarela (Gateway)

La pasarela o “gateway” es el tercer tipo de dispositivo de interconexión que fue desarrollado al mismo tiempo que los primeros tipos de puente. La pasarela puede operar hasta la misma Capa de Aplicación, como se muestra en la Fig. 6.54 en la interconexión entre una red X.25 y una red Ethernet (802.3). La pasarela se utiliza cuando dos aplicaciones desean comunicarse pero ellas contienen diferentes protocolos en sus diferentes capas.

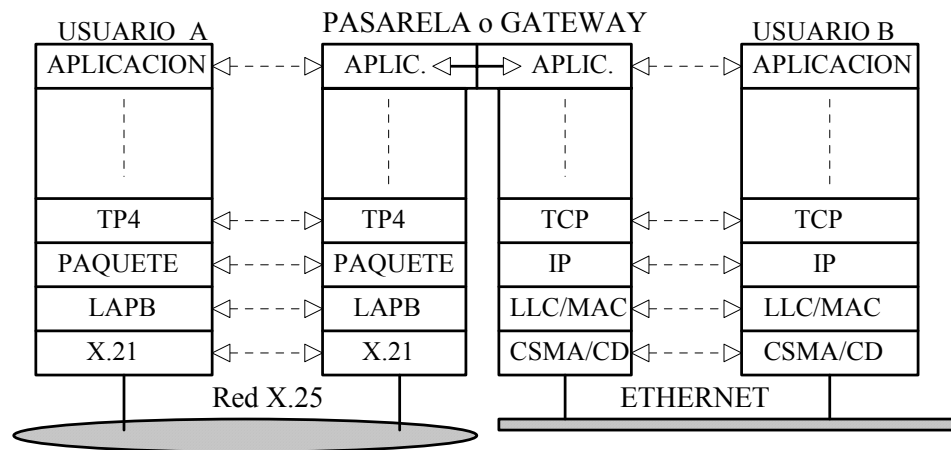


Fig. 6.54. Pasarela entre una Red X.25 y una Red ETHERNET.

Las pasarelas llevan a cabo funciones de conversión de protocolos permitiendo que redes diferentes se puedan interconectar; por ejemplo, redes NetBios y SNA, o entre terminales IBM con computadoras IBM mediante emulación de protocolos. En estos casos la conversión de protocolo se hace a un nivel más bajo que la Capa de Aplicación. Cuando trabaja a nivel de Capa de Aplicación, la pasarela permite el intercambio de protocolos con diferentes arquitecturas, por ejemplo, puede intercambiar paquetes desde SNA o DECnet a través de una red X.25. En la Fig. 6.54 se muestra un ejemplo de este tipo de intercambio. Otro ejemplo a nivel de Capa de Aplicación es el intercambio de correo electrónico.

Las pasarelas fueron diseñadas originalmente para servicios de gran área a velocidades bajas y no para la interconexión de redes de área local. Por eso es que las pasarelas son más lentas, menos transparentes, menos flexibles y la más dependiente de los protocolos utilizados. Las pasarelas son típicamente dispositivos más especializados y están diseñadas para efectuar tareas muy específicas. La aplicación de pasarelas en la interconexión de redes de área local eventualmente desaparecerá con la introducción de dispositivos más evolucionados que trabajarán directamente con protocolos estandarizados.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

Los grandes sistemas de red presentes actualmente en la práctica se han logrado gracias a los dispositivos de interconexión y el ejemplo más patente es la INTERNET, que es una interconexión de redes informáticas que permite a las computadoras conectadas comunicarse directamente. El término INTERNET suele referirse a una interconexión en particular, de carácter planetario y abierto al público, que conecta redes informáticas de organismos oficiales, educativos, empresariales y domésticos. También existen sistemas de redes más pequeños llamados INTRANET, generalmente para el uso de una única organización.

La tecnología de INTERNET es la precursora de la llamada “superautopista de la información”, un objetivo de las comunicaciones informáticas que permitirá proporcionar a universidades, colegios, bibliotecas, empresas y hogares acceso universal a una información de calidad que eduque, informe y entretenga.

En la Fig. 6.55 se muestra un ejemplo de aplicación de los repetidores, puentes, enrutadores y pasarelas en la conformación de una internet. Los dos usuarios A y B se están comunicando a través del complejo de redes.

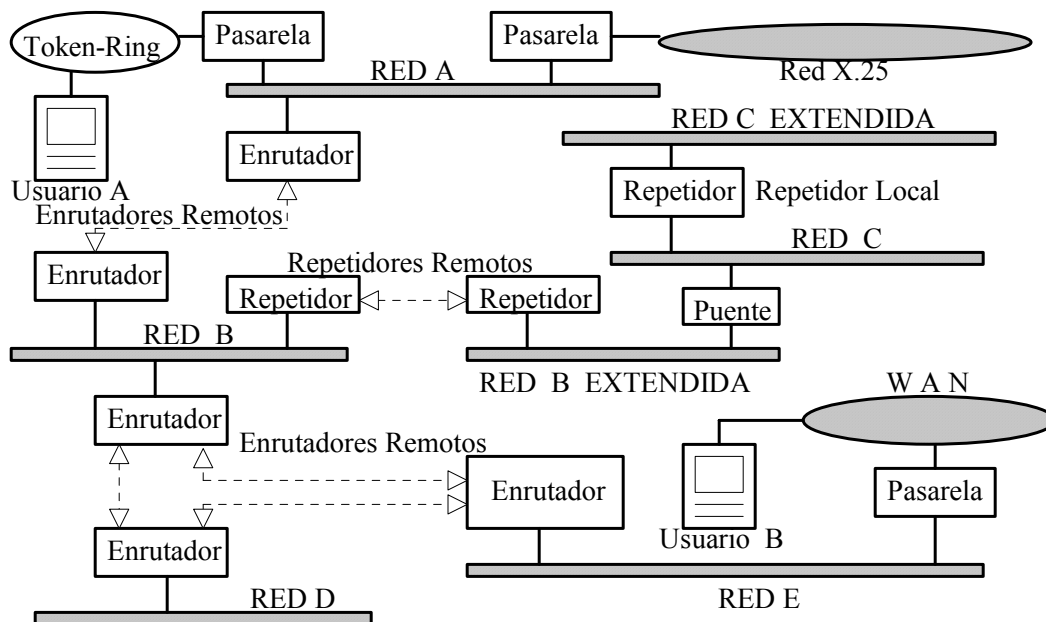


Fig. 6.55. Ejemplo de Interconexión de Redes.

El lector interesado en el tema de la interconexión de redes puede consultar [Stallings, 1993] quien ofrece un tratamiento mucho más completo y en una forma muy sencilla.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

6.7. GESTION DE REDES

6.7.1. Introducción

El desarrollo y crecimiento experimentado por las redes de área local ha sido extremadamente acelerado. Cuando aumenta la cantidad de nodos y usuarios en una red, en la misma medida aumentan la complejidad y la aparición de problemas de todo género, y sin un sistema que maneje todas estas situaciones, el resultado final sería el desplome completo de la red. Para que una red se mantenga operativa y con altos niveles de productividad y eficiencia, es necesario disponer de un conjunto de herramientas y procedimientos para el monitoreo y control de la red. Este conjunto de herramientas y procedimientos es lo que comúnmente se denomina “Sistema de Gestión de Red (Network Management System)”.

Un sistema de gestión de red está diseñado para observar toda la red como una arquitectura unificada, con direcciones y etiquetas asignadas a cada punto y con el conocimiento completo de todos los atributos específicos de cada elemento o enlace. La gestión está centralizada en un punto de la red y todos los elementos activos de la misma se mantienen en estrecho contacto con ese centro de control.

El sistema de gestión de una red consiste entonces en un conjunto de elementos de equipo y programas (hardware y software) que están integrados y distribuidos en la red misma y en el cual uno de los nodos existentes puede actuar como centro de control. Los programas utilizados en las tareas de gestión residen en computadoras o en procesadores específicos (servidores de comunicación, controladores de grupo, puentes, enrutadores, etc.) que interactúan con el centro de control.

Algunas de las tareas de gestión pueden ser:

- Coleccionar y almacenar localmente estadísticas sobre todas las actividades de la red
- Responder a comandos emitidos desde el centro de control incluyendo comandos para (a) transmitir las estadísticas locales hacia el centro de control, (b) cambiar parámetros, por ejemplo, un tiempo de retardo en un protocolo dado, y (c) proveer información sobre el estatus local, por ejemplo, valores de parámetros, enlaces activos, porcentaje de errores, etc.

6.7.2. Gestión de Red OSI

La ISO ha emitido un conjunto de normas para la gestión de red, cuyo primer estándar (ISO 7498-4) especifica una estructura de gestión para el Modelo de Referencia ISO/OSI. Este documento establece el soporte para aquellas actividades de usuario que permitan a los administradores de redes

- (a) Planificar, organizar, supervisar, controlar, cobrar por el uso de los dispositivos de interconexión y responder a requerimientos de cambio
- (b) Disponer de facilidades para asegurar un comportamiento predecible del sistema

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- (c) Disponer de facilidades para proveer protección para la información y para la autenticación de las fuentes y destinos de los datos transmitidos

En la Fig. 6.56 se muestra la arquitectura del Sistema de Gestión OSI.

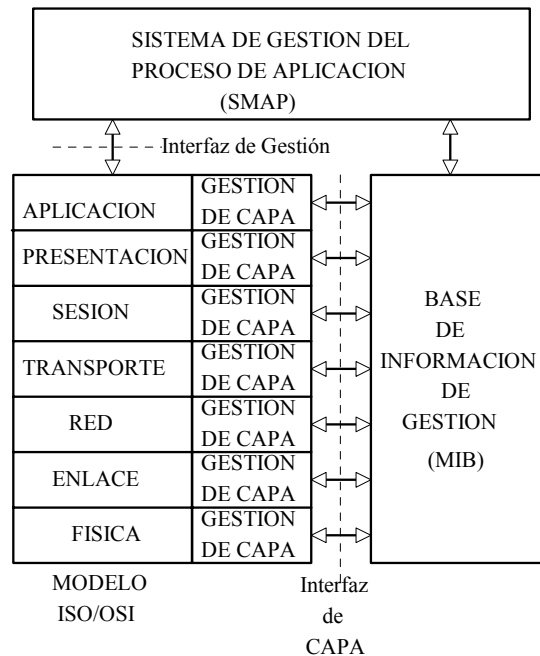


Fig. 6.56. Arquitectura del Modelo de Gestión OSI.

Los elementos clave de esta arquitectura son:

El Sistema de Gestión del Proceso de Aplicación (System Management Application Process, SMAP). Este es el software local que es responsable de la ejecución de las funciones de gestión en un simple sistema (computador, procesadores, servidores, enrutadores, etc.). Tiene acceso a todos los parámetros y capacidades del sistema, y puede operar en coordinación con los SMAP de otros sistemas

La Gestión de Capa (Layer Management Entity, LME). Es la lógica dentro de cada capa que provee las funciones de gestión propias de la capa.

La Base de Información de Gestión (Management Information Base, MID). Es la colección de información de cada nodo que tiene que ver con los procedimientos de gestión de la red.

El Modelo OSI se divide básicamente en cinco áreas funcionales:

- (a) Gestión de Configuración. Responsable de la instalación y modificaciones realizadas sobre la red, así como el manejo de configuraciones tanto lógicas como físicas. El sistema permite:
- Crear mapas de red donde se muestran todos los elementos integrantes de la red

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Activación y desactivación de puertos para conexión de usuarios remotos
 - Incorporación al mapa de red de cualquier equipo compatible
- (b) Gestión de Fallas. Se refiere a la detección, aislación y control de comportamientos anormales de la red, tales como niveles excesivos de error o altos o bajos niveles de tráfico. Por ejemplo, puede detectar problemas por incrementos no esperados en errores de CRC, paquetes desalineados, paquetes demasiado largos o cortos, paquetes fragmentados, etc.
- (c) Gestión de Seguridad. Se refiere a los procesos para control de acceso, registro y modificación de los privilegios y prioridades de los usuarios, y monitoreo de la red para evitar violaciones específicas de seguridad. El sistema mantiene un control absoluto sobre todas las conexiones a la red y tiene capacidad para desconexión automática en aquellos casos de violación de la seguridad a nivel de conexión física.
- (d) Gestión de Prestaciones. Se refiere al monitoreo de la capacidad y carga de los componentes de la red, tales como enlaces de comunicación, segmentos de una red de área local, puentes, enrutadores, pasarelas, etc. Involucra también la recolección y análisis de datos relacionados con las prestaciones de los equipos con el fin de estar en capacidad de predecir o planificar futuros requerimientos, y/o cambios o actualizaciones cuando así se requiera.
- (e) Gestión de Cuentas. Responsable de la recolección y procesamiento de la información relacionada con el costo del uso de los recursos disponibles en la red. El administrador de una red necesita conocer las diferentes clases de información contable que hay que almacenar en cada nodo, así como los intervalos para la entrega de esa información a los niveles superiores de gestión. El sistema debe poseer entonces procedimientos para el cálculo de los cargos y para la emisión de los informes contables correspondientes.

Nótese que un Sistema de Gestión de Red normalmente proveerá solamente algunas facilidades para cada una de estas áreas. Igualmente se puede disponer de herramientas específicas de gestión de red dirigidas a uno o dos de los servicios mencionados.

En resumen, un sistema de gestión de red permite

- Identificar problemas tales como conexiones erróneas entre máquinas, que generan grandes cantidades de errores
- Identificar problemas potenciales o en etapa de formación
- Mejorar los tiempos de respuesta de conexión a los usuarios y una mejora en la distribución de los servidores para estaciones de trabajo
- Identificar lazos cerrados entre máquinas y los problemas de carga de algunos servidores

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

- Garantizar la integridad y la seguridad de la información transmitida, recibida o almacenada
- Controlar la capacidad de crecimiento de cada una de las subredes que conforman la red total
- Mejorar la administración de los recursos de la red y la optimización del recurso Hora/Hombre.

El lector puede encontrar en [Stallings, 1993] mucha más información sobre este tema.

6.8. RESUMEN

En este capítulo se describen las características y principios de operación de las principales redes de transmisión de datos. Esta descripción se hará desde el punto de vista del Modelo de Referencia ISO/OSI.

Siguiendo la costumbre actual, las redes se clasifican de acuerdo con su extensión geográfica en (a) Redes de Gran Area (WAN), (b) Redes de Area Local (LAN) y (c) Redes de Area Metropolitana (MAN).

Antes de comenzar la descripción de las redes propiamente, primero se tratan algunos tópicos relacionados con las redes. En primer lugar, se recuerdan las dos formas de multiplexamiento TDM y FDM, el proceso de asignación de canales en los sistemas telefónicos y las jerarquías plesiocrónicas normalizadas por el UIT-T y otros entes internacionales. Asimismo, se describen los sistemas troncales T1 y E1 y las leyes de compansión utilizadas en los sistemas de transmisión internacionales.

Se define lo que es una Red de Gran Area o WAN, sus características, facilidades, medios y velocidades de transmisión. Se describe también la aplicación de las líneas DDS, los multiplexores corrientes y los multiplexores estadísticos, así como los DSU y CSU, de gran aplicación en los enlaces troncales de la WAN.

Como primer ejemplo de una WAN se describe con un poco de detalle la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN), una red global de comunicaciones que permitirá la integración de servicios de comunicación diferentes (voz, texto, video y datos) en una sola red, sobre una sola línea, bajo el mismo número y a nivel mundial. El acceso a esta red será una simple “acometida de comunicaciones” a nivel de cada usuario.

La Red ISDN ha sido ya normalizada por el UIT-T en las Recomendaciones I Series I.100 a I.600, cuyas características principales se describen. En particular, se hace énfasis en la Serie I. 400, Interfaces Usuario-Red, en la cual se presentan los grupos funcionales, la Interfaz Básica y las Interfaces Primarias, y los correspondientes formatos y recomendaciones relativas a la Capa Física, Capa Enlace y Capa Red. Se describen también los diferentes Canales ISDN, sus estructuras y velocidades, y se hace una breve mención del Sistema de Señalización No. 7 del UIT-T y del Sistema Frame Relay.

En cuanto a las Redes de Area Local (LAN), se describe sus características principales, topologías, métodos de acceso al medio y los medios de transmisión. Se estudia con más atención las redes locales estandarizadas: el Estándar LAN IEEE 802.3

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

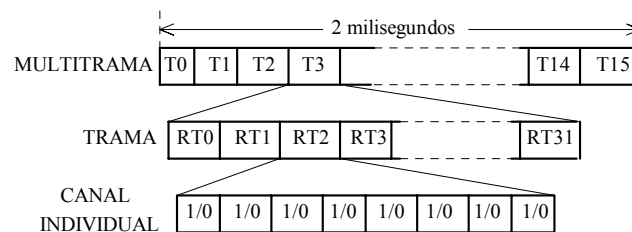
(ETHERNET), el Estándar LAN IEEE 802.4 (Token Bus) y el Estándar LAN IEEE 802.5 (Token Ring). Se describe sus arquitecturas, configuraciones físicas y algunas de sus aplicaciones principales.

Se define el concepto de Red de Area Metropolitana (MAN) y se dan sus características principales. Como ejemplo de MAN se describen las características y arquitecturas de las redes FDDI, FDDI-II y DQDB.

El capítulo finaliza con una breve descripción de los dispositivos de interconexión de redes (repetidores, puentes, enrutadores y pasarelas), así como las nuevas tendencias de alta velocidad (SONET/SDH, ATM y SMDS) y el concepto de gestión de red.

6.9. CUESTIONARIO

1. Estudie el mecanismo de formación de los grupos, subgrupos, grupos master y supergrupos master; en particular, determine el ancho de banda de un supergrupo master e investigue el número de subportadoras de modulación que se necesitan.
2. ¿Cómo se comparte el ancho de banda y el tiempo en los sistemas TDM y FDM?
3. Explique los mecanismos de formación de la Jerarquía Europea. Dibuje los formatos correspondientes.
4. Explique los mecanismos de formación de las Trocales T1 y E1. Dibuje los formatos correspondientes.
5. En la figura se muestra la multitrama para el formato de transmisión CEPT-1, de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.732.



Demuestre que la velocidad de transmisión del sistema es de 2048 kbps.

6. Defina lo que es una WAN y diga sus características, facilidades, medios y velocidades de transmisión.
7. Explique lo que es una Red de Valor Agregado.
8. Describa las funciones de los multiplexores estadísticos (STMUX), las DSU y CSU.
9. Defina lo que es una ISDN y describa las diferentes fases para su implantación.
10. Dibuje las configuraciones de referencia de la Recomendación I.411 y describa las funciones de cada elemento: puntos de acceso, grupos funcionales y puntos de referencia.

VI. REDES DE TRANSMISION DE DATOS

11. Defina lo que son la Interfaz Básica y las Interfaces Primarias. Diga también las capacidades de transmisión correspondientes.
12. Defina lo que son los Canales ISDN B, D y H, y sus diferentes combinaciones y velocidades de transmisión correspondientes.
13. Investigue las características del Sistema de Señalización N° 7 (SS7) del UIT-T.
14. Explique los principios de operación del Sistema Frame Relay.
15. Explique las diferencias en la Capa Enlace entre Frame Relay y X.25.
16. ¿Cómo se efectúa el control de flujo y congestión en Frame Relay?
17. En Frame Relay explique la diferencia entre las Velocidades de Acceso y las Velocidades CIR.
18. En Frame Relay explique por qué el retardo nodal es mucho más pequeño que en X.25.
19. En relación con el Sistema Frame Relay, investigue el contenido de las Recomendaciones UIT-T I.122, Q.922 y Q.933.
20. Describa las topologías y medios de transmisión de las redes de área local.
21. Explique los métodos de acceso al medio tanto aleatorios como por pase de contraseña utilizados en las redes de área local.
22. Para las LAN estandarizadas IEEE 802.3/4/5, describa sus características, configuraciones físicas, arquitecturas, métodos de acceso al medio y aplicaciones.
23. En el lenguaje de las LAN se emplean los términos BaseBand, BroadBand, 10Base5, 10Base2, 10Broad36, 10BaseT, 20BaseF, 100BASETX, 100BASET4, 100BASEFX, 1000BASESX, 1000BASELX y 1000BASECX. ¿Cuál es el significado de estos términos y dónde se aplican?
24. Defina lo que es una Red de Area Metropolitana (MAN) y describa sus características y arquitecturas en relación con el Modelo ISO/OSI.
25. Describa las Redes FDDI, FDDI-II y DQDB: características, configuraciones físicas, formatos, arquitecturas y aplicaciones.
26. Describa las características y aplicaciones de los repetidores, puentes, enrutadores y pasarelas.
27. Describa los Estándares, Tecnologías y Servicios de Alta Velocidad: SONET/SDH, ATM y SMDS.
28. Vamos a utilizar la trama SONET STS-1 para transmitir únicamente canales de voz digitalizados de 64 kbps. Se utilizan células ATM en la cual la información útil va en la Unidad de Segmentación de 44 octetos. El número de células en la trama STS-1 es un número entero.
Demuestre que en la trama STS-1 se puede transmitir hasta 572 canales de voz.
29. Describa los objetivos, características y funciones de un sistema de gestión de red.