

William Stallings

Comunicaciones y Redes de Computadores

Capítulo 14

Sistemas LAN

Ethernet (CSMA/CD)

- Acceso múltiple sensible a la portadora con detección de colisiones (CSMA/CD, Carriers Sense Multiple Access with Collision Detection).
- Técnica desarrollada por Xerox para redes LAN Ethernet.
- Estándar IEEE 802.3.

Control de acceso al medio en IEEE 802.3

- Acceso aleatorio:
 - Las estaciones acceden al medio aleatoriamente.
- Acceso de contención:
 - Las estaciones compiten para conseguir el acceso al medio.

ALOHA

- Redes de paquetes de radio.
- Cuando una estación tiene que transmitir una trama, la envía.
- La estación escucha durante un tiempo igual al máximo retardo de propagación posible de ida y vuelta a través de la red más un pequeño incremento fijo de tiempo.
- Si la estación oye confirmación perfecta; si no, retransmitirá la trama.
- Si no hay confirmación después de varias retransmisiones, la estación desistirá.
- Secuencia de comprobación de la trama, al igual que en HDLC.
- Si la trama es válida y la dirección de destino coincide con la de la receptora, la estación devuelve una confirmación.
- La trama puede ser dañada por el ruido o debido a que otra estación transmitió al mismo tiempo (*colisión*).
- Cualquier solapamiento de tramas provoca colisión.
- Utilización máxima del 18%.

ALOHA ranurado

- El tiempo en ranuras uniformes es igual al tiempo de transmisión de una trama.
- Necesario el uso de un reloj central u otro mecanismo sincronizador.
- La transmisión se inicia con el comienzo de una ranura.
- Las tramas se perderán o se solaparán completamente.
- Utilización máxima del sistema hasta el 37%.

CSMA

- El tiempo de propagación es mucho menor que el tiempo de transmisión.
- Todas las estaciones están enteradas del comienzo de la transmisión de forma inmediata.
- Primero escuchará el medio para determinar si existe alguna transmisión en curso (sensible a la portadora).
- Si el medio está libre, puede transmitir.
- Si dos estaciones transmiten al mismo tiempo, se producirá colisión.
- Se espera un intervalo de tiempo de duración razonable (tiempo de ida y vuelta más contención de confirmación).
- Si no hay confirmación, entonces se retransmite.
- La utilización máxima depende del tiempo de propagación (longitud media) y de la longitud de trama:
 - Cuanto mayor sea la longitud de las tramas o cuanto menor sea el tiempo de propagación, mayor será la utilización.

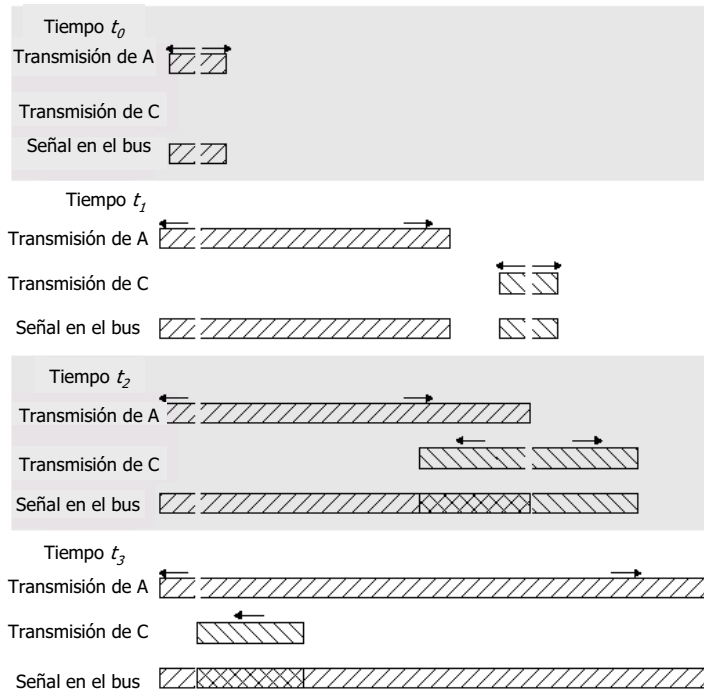
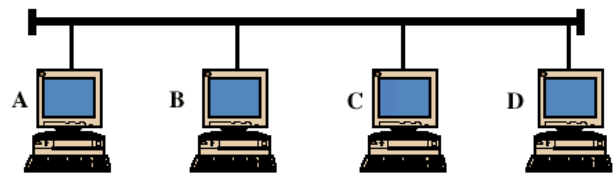
¿Qué debe hacer una estación si encuentra el medio ocupado?

- Si el medio se encuentra libre, transmite.
- Si el medio está ocupado, continúa escuchando hasta que el canal se detecte libre, entonces transmite inmediatamente.
- Si dos estaciones están en espera de transmitir, se producirá colisión.

CSMA/CD

- Con la técnica CSMA, la colisión inutiliza el medio mientras dure la transmisión.
- Las estaciones escuchan el medio mientras dura la transmisión.
- Si el medio está libre, la estación transmite.
- Si está ocupado, la estación escucha hasta que se encuentre libre, en cuyo caso transmite.
- Si se detecta una colisión, las estaciones cesan la transmisión.
- Después de la colisión, se espera un tiempo aleatorio tras el cual se reinicia la transmisión:
 - El exponencial binario vuelve a realizar la misma operación a partir del paso 1.

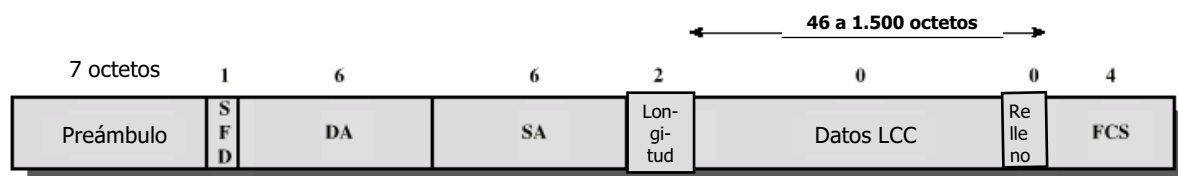
Funcionamiento de CSMA/CD



Detección de la colisión

- En un bus en banda base, una colisión implica niveles de tensión superiores a la señal.
- La colisión se detecta si la señal del cable es mayor que una única transmisión.
- La señal se atenúa con la distancia.
- Longitud máxima a 500 m en el 10BASE5, y a 200 m en el 10BASE2.
- En la topología en estrella (con pares trenzados), la actividad en más de una entrada indica que existe una colisión.
- Señal especial denominada señal presencia de colisión.

Formato de la trama IEEE 802.3



SDF = (Delimitación de comienzo de trama, 'start of frame delimiter')

DA = (Dirección destino, 'destination address')

SA = (Dirección origen, 'source address')

FCS = (Secuencia de comprobación de trama, 'frame check sequence')

Especificaciones IEEE 802.3 a 10 MBPS (Ethernet)

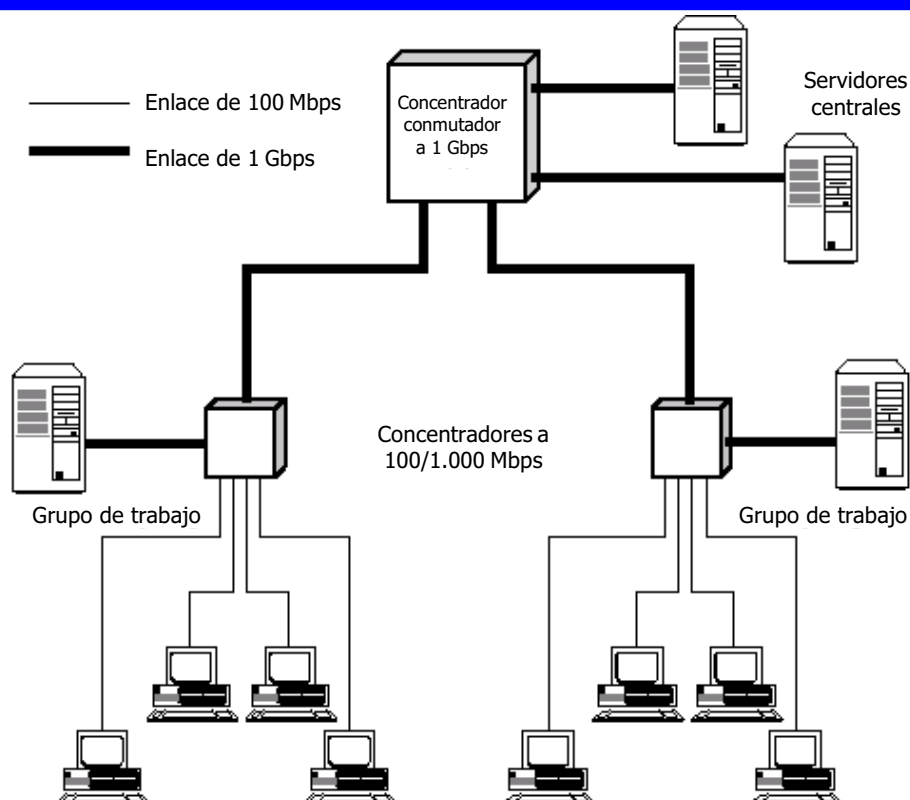
- <velocidad de transmisión en Mbps> <método de señalización> <longitud máxima del segmento>

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T	10BASE-FP
Medio	Coaxial	Coaxial	Par trenzado	Par de fibra no apantallado óptica a 850 nm
Señalización	Banda base (Manchester)	Banda base (Manchester)	Banda base (Manchester)	Manchester/on/off
Topología	Bus	Bus	Estrella	Estrella
Nodos	100	30	-	33

Especificaciones IEEE 802.3 a 100 MBPS (Fast Ethernet)

	100BASE-TX	100BASE-FX	100BASE-T4
■	2 pares STP 2 pares, UTP clase 5	2 fibras ópticas	4 pares, clase 3, 4 o 5
■	MLT-3	MLT-3	4B5B, NRZI
■			8B6T, NRZ

Configuración para Gigabit Ethernet



Diferencias Gigabit Ethernet

- Extensión de la portadora.
- Duración equivalente a 4.096 bits, mucho mayor que los 512 bits exigidos en el estándar a 10 y 100 Mbps.
- Ráfagas de tramas.

Capa física Gigabit Ethernet

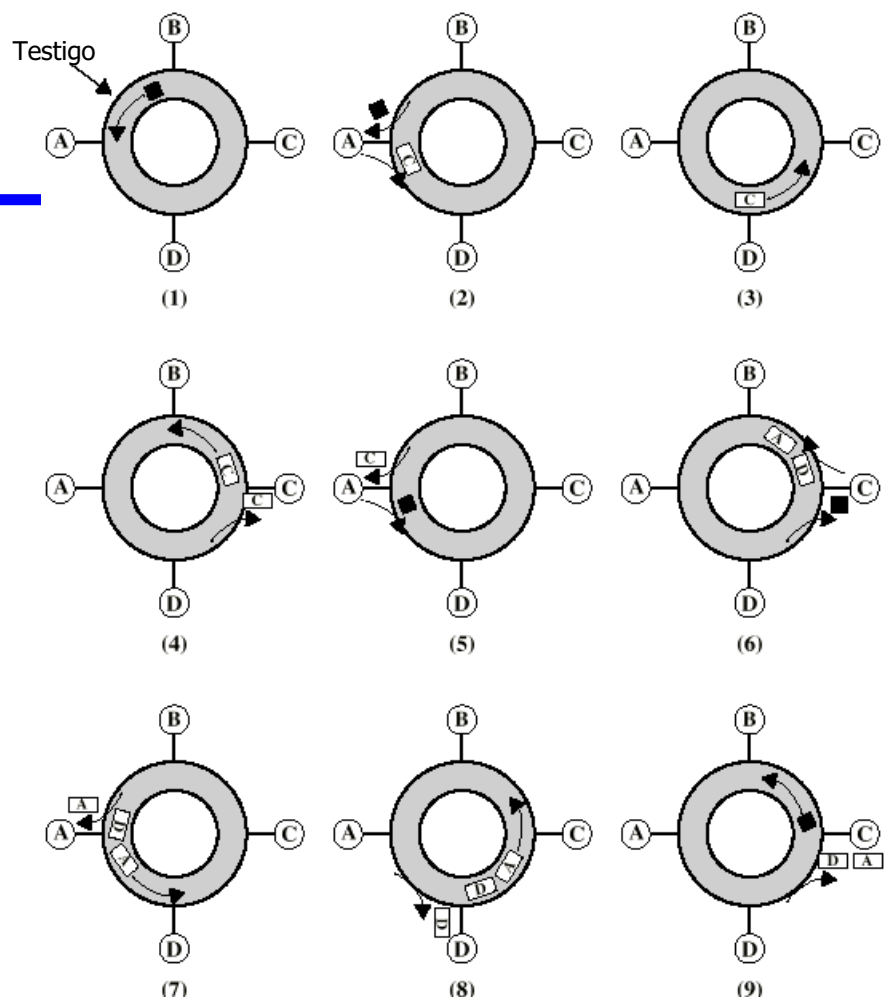
- 1000BASE-SX:
 - Longitudes de onda pequeñas, usando fibras multimodo.
- 1000BASE-LX:
 - Longitudes de onda mayores, usando fibras multimodo o monomodo.
- 1000BASE-CX:
 - Latiguillos de cobre de menos de 25 m, con dos pares trenzados apantallados.
- 1000BASE-T:
 - Cuatro pares no apantallados clase 5.
- Codificación de la señal: 8B/10B.

Anillo con paso de testigo (802.5)

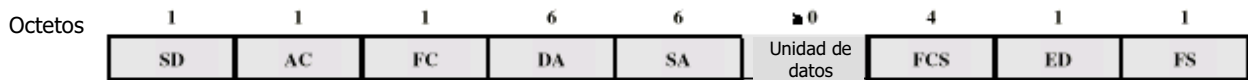
■ Protocolo MAC:

- Trama pequeña (testigo) que circula cuando las estaciones están libres.
- La estación espera a que le llegue el testigo.
- Cambia uno de los bits del testigo para convertirlo en secuencia de comienzo en las tramas de datos.
- Añade y transmite el resto de los campos requeridos en la construcción de la trama.
- La trama realiza una vuelta completa y se absorbe en la estación transmisora.
- La estación introduce un nuevo testigo cuando la transmisión haya finalizado y los bits iniciales de la trama transmitida hayan vuelto a la estación.
- En condiciones de baja carga, presenta cierta ineficacia.
- En condiciones de alta carga, funciona como un sistema de turno rotatorio.

Funcionamiento del anillo con paso de testigo

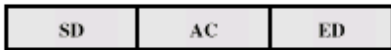


Formato de la trama IEEE 802.5



SD = Delimitador de comienzo DA = Dirección destino ED = Delimitador de final
 AC = Control de acceso SA = Dirección origen FS = Estado de trama
 FC = Control de trama FCS = Secuencia de comprobación de trama

(a) Formato general de trama

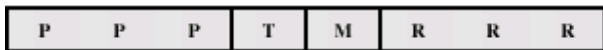


(b) Formato de trama testigo



J, K = Bits de no datos E = Bit de detección de errores
 I = Bit de trama intermedia

(e) Campo de delimitador de fin



PPP = Bits de prioridad M = Bit de monitor
 T = Bit de testigo RRR = Bit de reserva

(c) Campo de control de acceso



A = Reconocimiento de dirección rr = Reservado
 C = Bit de trama copiada

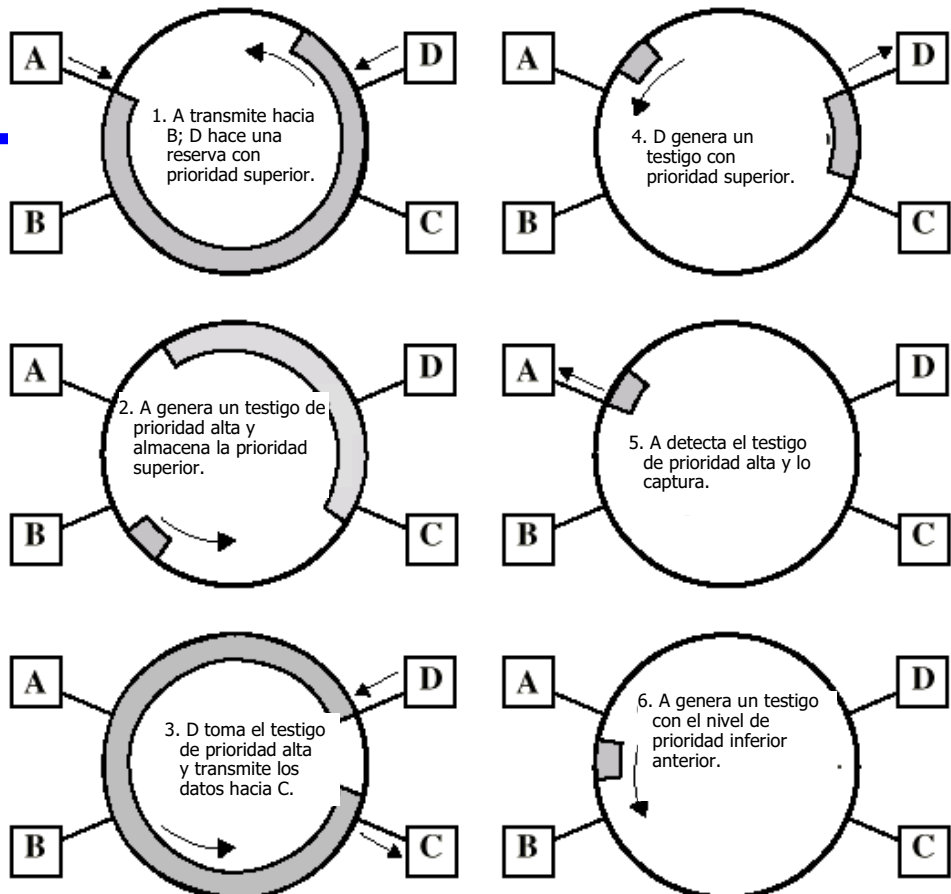
(f) Campo de estado de trama



FF = Bits tipo de trama ZZZZZZ = Bits de control

(d) Campo de control de trama

Esquema de prioridades



Anillo con paso de testigo dedicado (DTR)

- Concentrador central.
- Funciona como un conmutador.
- La conexión funciona como un enlace punto a punto en full-duplex.
- El concentrador funciona como un retransmisor de tramas.
- No se usa paso de testigo.

Capa física IEEE 802.5

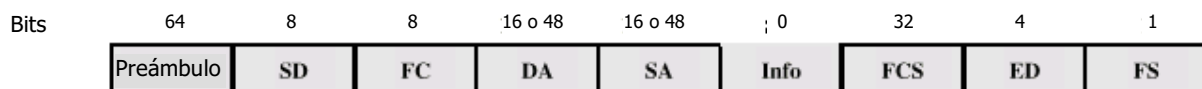
■ Velocidad de transmisión	4	16	100
■ Medio de transmisión	UTP, STP o fibra		
■ Técnica de señalización	Manchester diferencial		
■ Tamaño máximo de la trama	4.550	18.200	18.200
■ Control de acceso	TP o DTR	TP o DTR	DTR

- El comité 802.5 está trabajando actualmente en la versión a 1 Gbps.

FDDI

- Admite 100 Mbps.
- Diseñada para aplicaciones LAN y MAN.
- Anillo con paso de testigo.

Formatos de la trama FDDI



(a) Formato genérico de la trama



(b) Formato de la trama testigo

SD = Delimitador de comienzo

FC = Control de trama

DA = Dirección destino

SA = Dirección origen

FCS = Secuencia de comprobación de trama

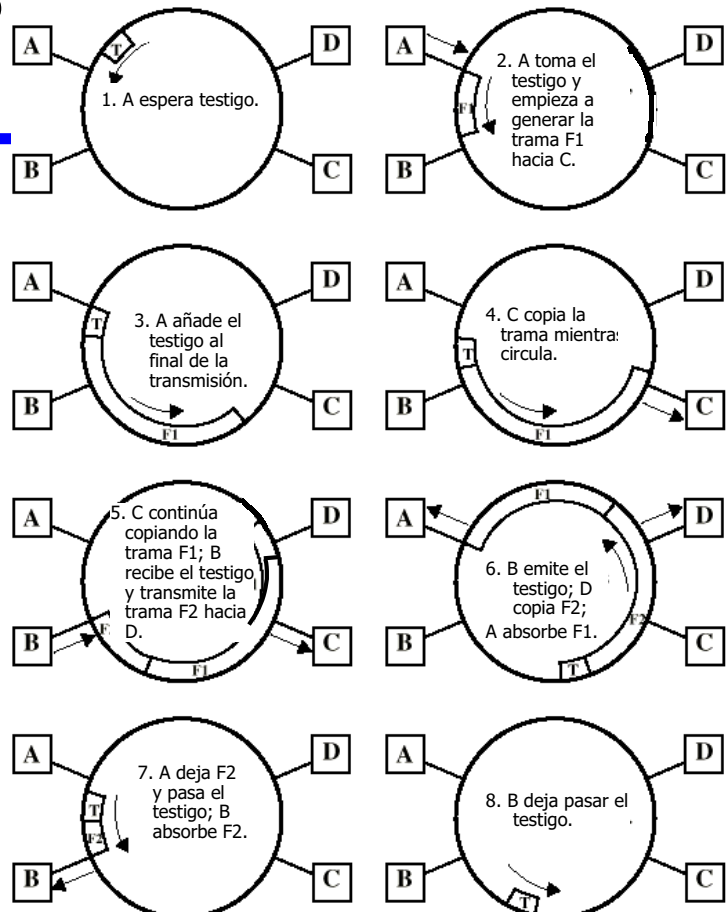
ED = Delimitador de final

FS = Estado de trama

Protocolo MAC FDDI

- Es el mismo que IEEE 802.5, aunque presenta algunas diferencias principales:
- La estación que espera el testigo lo toma cancelado (no repitiendo) la transmisión del mismo al reconocer que se trata de una trama de testigo.
- Tras la recepción del testigo capturado, la estación transmite una o más tramas.
- se libera un nuevo testigo en cuanto termina la transmisión. Esta técnica es la misma que la de la opción de liberación de testigo de 802.5 comentada anteriormente.

Funcionamiento FDDI



Capa física en FDDI

■ Medio de transmisión	Fibra óptica	Par trenzado
■ Velocidad de transmisión	100	100
■ Codificación	4B/5B/NRZI	MLT-3
■ Número máximo de repetidores	100	100
■ Longitud máxima entre repetidores	2 km	100 m

Generaciones LAN

- Primera generación:
 - Redes LAN CSMA/CD y en anillo con paso de testigo.
 - Terminal-estación y cliente/servidor.
 - Velocidades de transmisión de datos moderadas.
- Segunda generación:
 - FDDI
 - Redes troncales.
 - Estaciones de trabajo de altas prestaciones.
- Tercera generación:
 - LAN ATM
 - Proporciona rendimientos conjuntos y garantiza el transporte de datos en tiempo real, necesarios en aplicaciones multimedia.

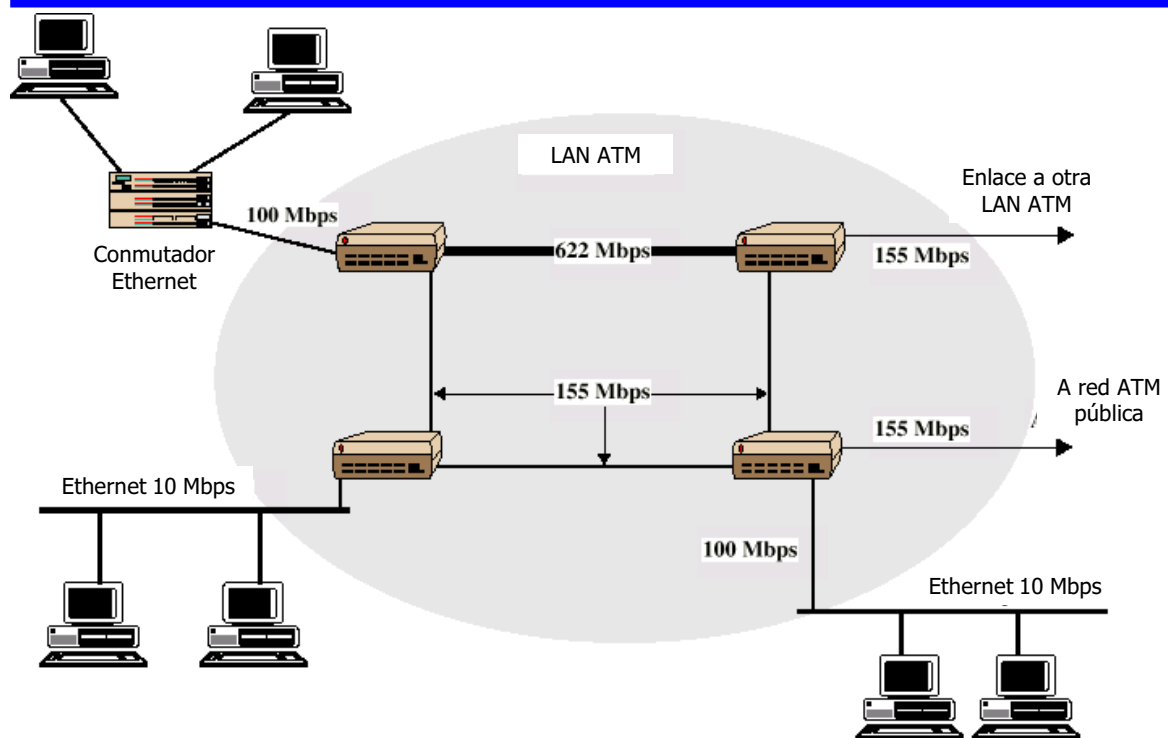
Tercera generación de redes LAN

- Admisión de clase de servicio múltiples y garantizadas:
 - Una aplicación de vídeo en directo requiere 2 Mbps.
 - Un programa de transferencia de ficheros puede utilizar una clase de servicio menos exigente.
- Procedimiento escalable:
 - Capacidad de crecimiento tanto en la capacidad por estación como en la capacidad conjunta.
- Facilitar la interconexión de redes de tecnología LAN y WAN.

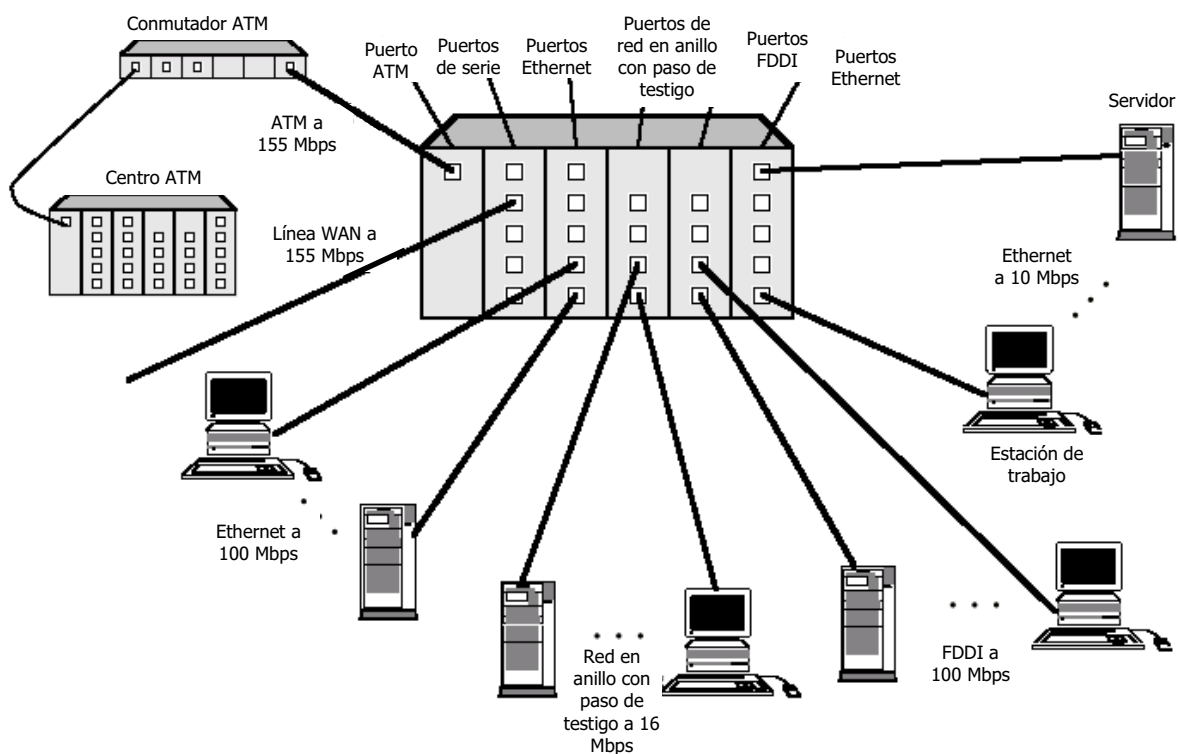
Redes LAN ATM

- Modo de transferencia asíncrono.
- Caminos y canales virtuales.
- Preconfigurado o conmutado.
- Pasarela a ATM WAN.
- Conmutador ATM troncal:
 - Un único conmutador ATM o red local de conmutadores ATM.
- ATM de grupo de trabajo:
 - Los sistemas finales se conectan directamente con un conmutador ATM.
- Configuraciones mezcladas.

Ejemplo de configuración de red LAN ATM



Configuración de centro LAN ATM



Compatibilidad

- Interacción entre un sistema final en una red ATM y un sistema final en una LAN tradicional.
- Interacción entre un sistema final en una LAN tradicional y un sistema final en otra LAN tradicional del mismo tipo.
- Interacción entre un sistema final en una LAN tradicional y un sistema final en otra LAN tradicional de distinto tipo.

Canal de fibra óptica

- Canal de entrada/salida:
 - Enlace de comunicaciones punto a punto directo o uno multipunto.
 - Generalmente hardware.
 - Consigue alta velocidad de transmisión.
 - Distancias muy cortas.
 - Los datos se transfieren entre una memoria temporal origen y una memoria temporal destino.
- Comunicaciones de red:
 - Puntos de acceso interconectados.
 - Estructura software de protocolo.
 - Control de flujo, detección y recuperación de errores.
 - Transferencias entre sistemas finales.

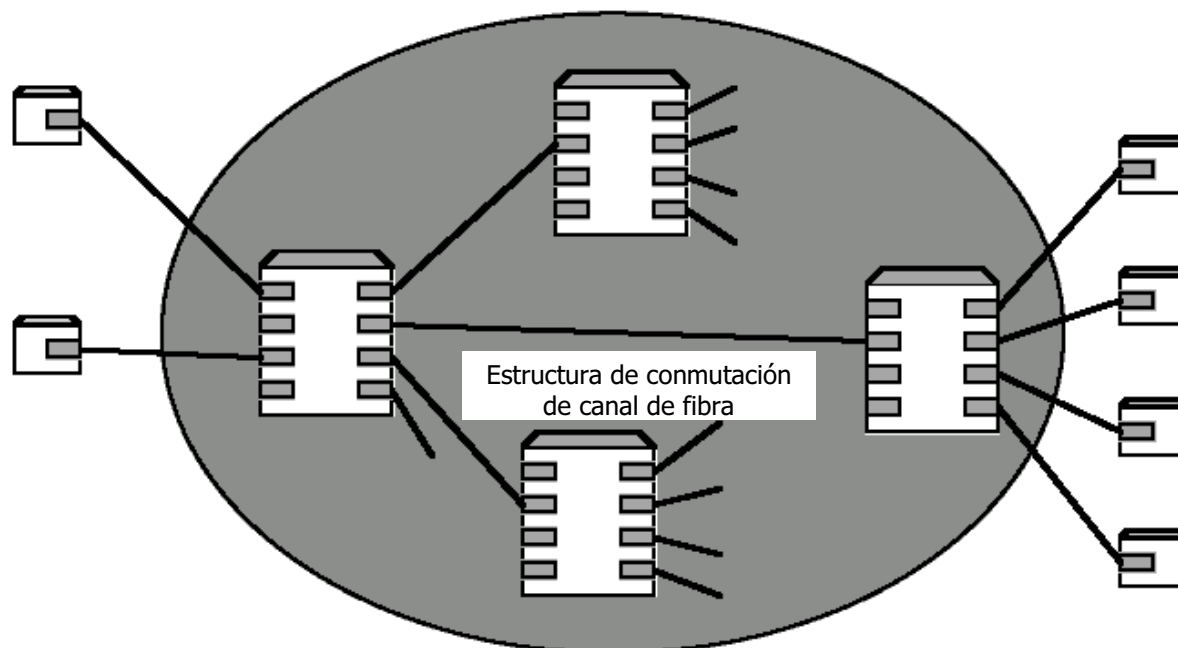
Canal de fibra

- Combina lo mejor de ambas tecnologías.
- Recursos orientados a canal:
 - Modificadores de tipos de datos para encaminar la carga útil contenida en tramas sobre memorias temporales de interfaz específicas.
 - Elementos del nivel de enlace asociados con operaciones de entrada/salida.
 - Especificaciones de interfaz de protocolo para dar soporte a arquitecturas de entrada/salida existentes:
 - Ejemplo: la interfaz SCSI ("small computer system interface).
- Recursos orientados a red:
 - Multiplexación completa de tráfico entre múltiples destinos.
 - Conectividad igual a igual.
 - Interconexión con otras tecnologías.

Elementos del canal de fibra

- Sistemas finales, denominados *nodos*.
- El conjunto de elementos de conmutación se denomina *estructura*.
- Interconexión mediante enlaces punto a punto.

Red de canal de fibra



Arquitectura de protocolos del canal de fibra

- Medio físico FC-0:
 - Fibra óptica para larga distancia.
 - Cable coaxial para altas velocidades a cortas distancias.
 - Par trenzado apantallado para bajas velocidades sobre cortas distancias.
- Protocolo de transmisión FC-1:
 - Codificación de señal 8B/10B.
- Protocolo de fragmentación FC-2:
 - Topologías.
 - Formatos de trama.
 - Control de flujo y de errores.
 - Agrupación de tramas en entidades lógicas llamadas secuencias y permutas.

Arquitectura de protocolos del canal de fibra

- Servicios comunes FC-3:
 - Incluye multidestino.
- Transformación FC-4:
 - Conversión de distintos protocolos de canal y de red a canal de fibra.
 - Ejemplo: IEEE 802, ATM, IP, y la interfaz SCSI.

LAN inalámbricas

- Comité IEEE 802.11.
- Conjunto de servicios básicos (BSS):
 - Varias estaciones que ejecutan el mismo protocolo MAC.
 - Compiten para acceder al mismo medio compartido.
 - Pueden ser aislados.
 - Pueden conectarse con un sistema troncal de distribución a través de un punto de acceso, que funciona como un puente.
- Conjunto de servicios de ampliación (ESS):
 - Dos o más servicios básicos interconectados por un sistema de distribución.
 - Aparece en el nivel de control de enlace lógico (LLC) como una única LAN lógica.

Tipos de estaciones

- Sin transición:
 - Estacionaria o se mueve sólo en el rango de comunicaciones directas de las estaciones de comunicaciones de un único BSS.
- Transición BSS:
 - Se desplazan de un BSS a otro BSS en el mismo ESS.
- Transición ESS:
 - Desplazamiento de una estación desde un BSS en un ESS a un BSS en otro ESS.
 - Es probable que se produzca una interrupción del servicio.

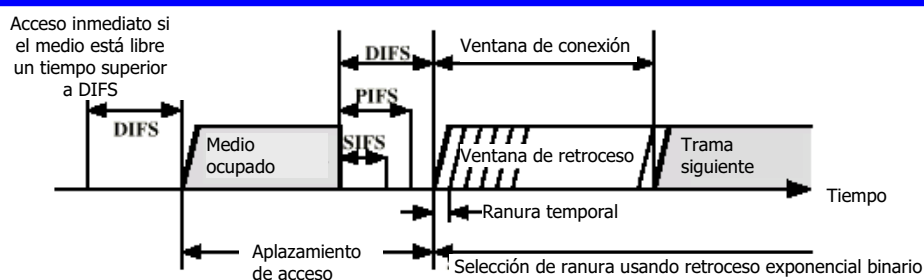
Especificación del medio físico en las LAN inalámbricas

- Infrarrojos:
 - A 1 y 2 Mbps.
 - Longitud de onda comprendida entre 850 y 950 nm.
- Espectro expandido de secuencia directa:
 - Opera en la banda ISM de 2,4 GHz.
 - Hasta 7 canales como máximo.
 - Cada uno de ellos con una velocidad de transmisión de 1 ó 2 Mbps.
- Espectro expandido de salto de frecuencia:
 - Funciona en la banda ISM de 2,4 GHz.
 - Velocidad de transmisión de 1 o 2 Mbps.
- Existen otros proyectos en marcha.

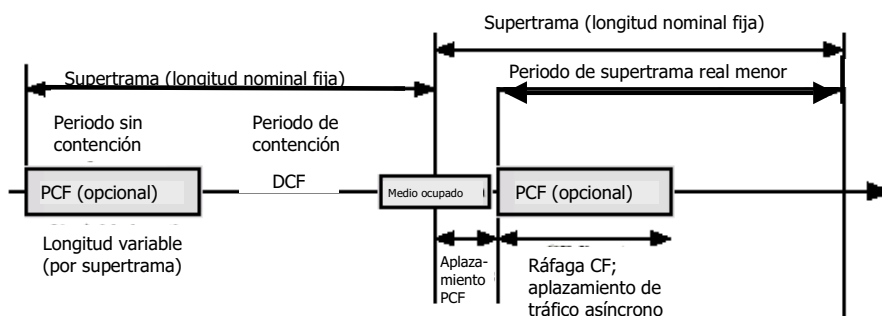
Control de acceso al medio

- MAC inalámbrico de principio distribuido (DFWMAC).
- Función de coordinación distribuida (DCF):
 - CSMA
 - No incluye una función de detección de una colisión.
- Función de coordinación puntual (PCF):
 - Proporciona un servicio sin competición.

Temporización MAC IEEE 802.11



(a) Método de acceso básico



(b) Construcción de supertrama PCF

Lecturas recomendadas

- Stallings, W. *Comunicaciones y Redes de Computadores*, sexta edición. Madrid: Prentice Hall, 2000: Capítulo 14.
- Sitios web recomendados sobre Ethernet, anillo con paso de testigo, FDDI, ATM.