

REDES DE DATOS

2018

Redes de Area Local: Plan de las clases

1. Objetivo
2. Bibliografía
3. Organismos de Normalización
4. Revisión de conceptos
5. Tecnologías LAN
6. Discusión de Casos

Redes de Area Local: Objetivo

Proporcionar los conceptos en que se apoyan las redes de área local, analizando los estándares, la interconexión, la integración de las diferentes tecnologías, su uso y su planificación.

Redes de Area Local: Bibliografía

1. Ethernet: The definitive guide, Ch.Spurgeon, O'Reilly, 2000.
2. The Switch Book, Rich Seifert, John Wiley, 2000.
3. IEEE 802.3 (ver enlaces)
4. Redes de Computadoras, Tanenbaun
5. Comunicaciones y Redes de Computadoras, Stallings, Septima Ed.
6. Ver enlaces el sitio de la asignatura

Organismos de Normalización

IEFT

ISO

IUT

ANSI

IEEE

EIA/TIA

Organismos de Normalización: IETF

La *Internet Society* (ISOC) es una sociedad de profesionales que se encarga del desarrollo y publicación de estándares como TCP-IP y otros protocolos.

Posee tres organizaciones:

IAB: Internet Architecture Board

IEFT: Internet Engineering Task Force www.ietf.org

IRTF: Internet Research Task Force

Organismos de Normalización: IETF

El proceso para elaborar un nuevo documento o norma comienza con un borrador de trabajo que se elabora dentro del IETF.

En el transcurso de seis meses el IESG (Internet Engineering Steering Group elabora un *RFC* (Request for comments), que se somete a discusión y eventualmente se aprueba.

Ver una lista de los RFC en www.ietf.org/rfc.html

Organismos de Normalización: ISO

La *International Organization for Standardization* (ISO) es un organismo internacional que se encarga de desarrollar normas de diferente tipo.

A la ISO adhieren organismos nacionales como es el caso de ANSI

En el ámbito de la telemática La ISO es responsable del modelo OSI (*Open Interconnected System*).

Organismos de Normalización: UIT

La Unión International para las Telecomunicaciones es un organismo muy antiguo que proviene de las primeras épocas de las telecomunicaciones, ya que se encargaba de coordinar tarifas postales, telegráficas, etc.

Pose un organismo para la estandarización que se denomina ITU-T fue creado el 1 de marzo de 1993 y reemplazó al CCIT.

Entre otras norma X.25 es un estándar del ITU-T, que se orienta a telefonía, redes WAN, etc.

Organismos de Normalización: ANSI

El *American National Standard Institute* (ANSI) se encarga de la normalización en Estados Unidos. La tecnología FDDI es una norma ANSI.

ANSI delega en otras instituciones u organismos el desarrollo de algunas normas.

Otros Organismos: IEEE

Entre ellas resulta de nuestro interés resulta el IEEE *Institute of Electrical and Electronical Engineers*, que ha normalizado las LAN's mediante el Standard 802 y otras relacionadas como la norma 801.

Otros Organismos: EIA/TIA

La *Electronic Industry Association* (EIA) y la *Telecommunications Industry Association* (TIA) han publicado normas de cableado estructurado que se han convertido en standards de ANSI.

La ANSI-TIA-EIA-568-A se denomina: *Commercial Building Telecommunications Cabling Standards* y se utiliza ampliamente para cableado estructurado.

REDES LAN: Introducción & características

Una de las características principales de este tipo de redes es que la administración de la misma, es conocida.

Dependiendo del dispositivo concentrador se suele hablar de *Redes de Difusión (Hub)* y *Redes Conmutadas (Switch)*, en contraste con las WAN que son *Redes Ruteadas*.

REDES LAN: Introducción & características

Son redes que se aplican en ámbitos reducidos:

Un edificio, un grupo de edificios, un campus

Ejemplos: Ethernet, Token Ring, Appletalk

Hay otros casos como FDDI que pueden considerarse LAN's o MAN's.

ETHERNET: Medios de Transmisión e Interfaces

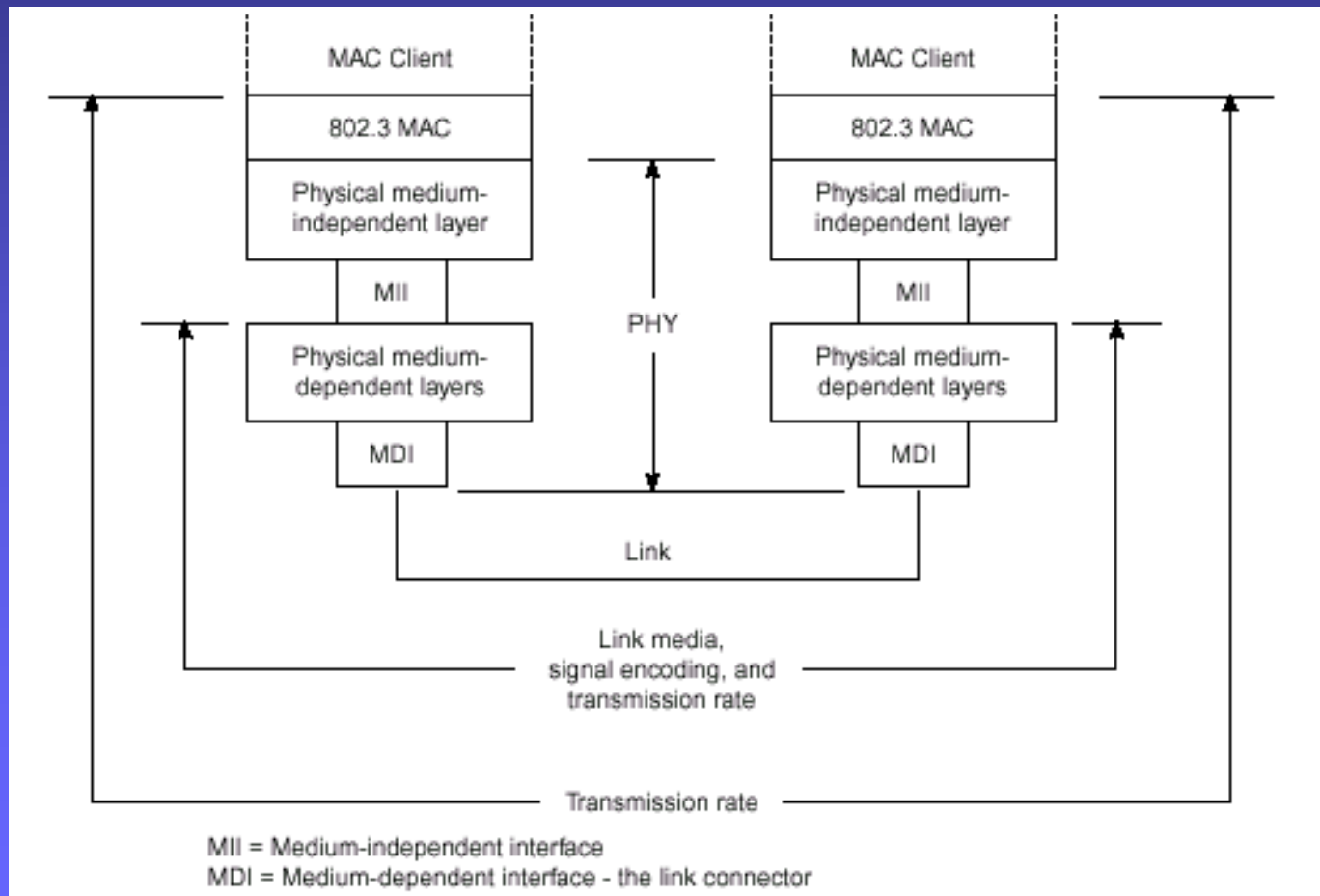
En este punto se discuten los medios de transmisión y las interfaces que se emplean habitualmente en Ethernet.

Para ello se agrupan por medios, primero se discute cobre y luego Fibra Optica y para cada medio por tecnología (Ethernet, Fast Ethernet, etc.)

En Ethernet se distinguen capas dependientes del medio y otras que son independientes del medio, como se muestra en el siguiente esquema.

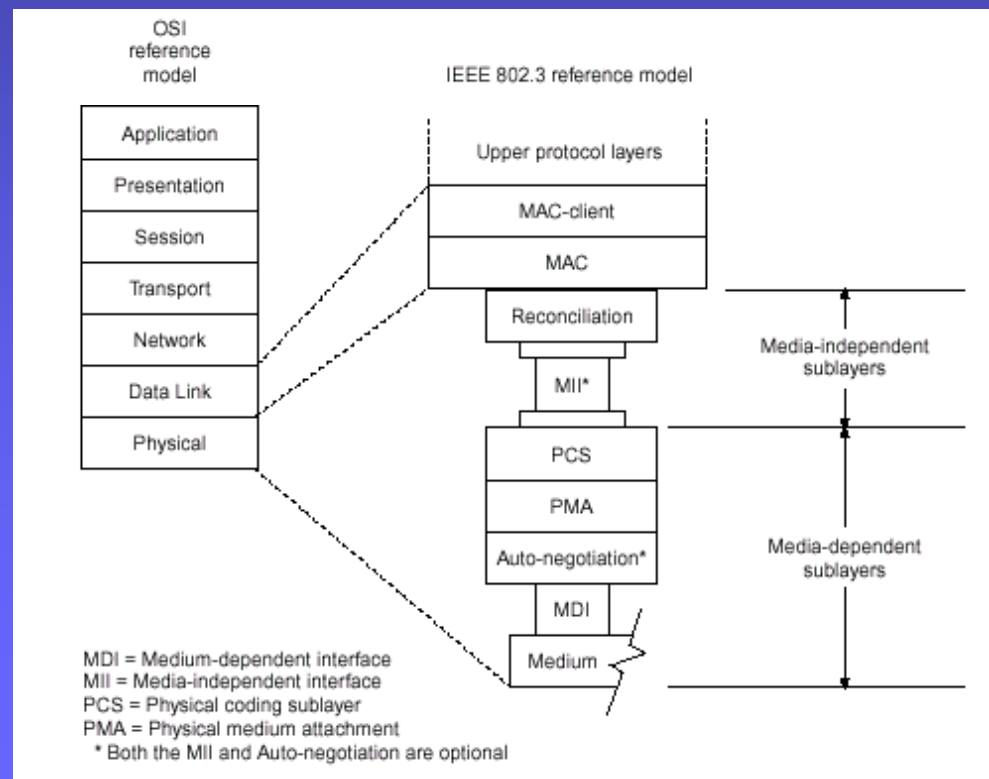
ETHERNET: Medios de Transmisión e Interfaces

Esquema de transmisión en Ethernet



ETHERNET: Medios de Transmisión e Interfaces

El esquema de transmisión de Ethernet posee capas que dependen del medio y otras independientes del mismo, como muestra la figura, que lo relaciona con las capas de OSI



ETHERNET: 10 Base 5

El primer medio físico en Ethernet fue el denominado Coaxil Grueso, también conocido como cable amarillo

La transmisión era a 10 Mbits/s, el cable se lo conoce como RG-9 y el nombre de la tecnología proviene de:

10 Mbits/s

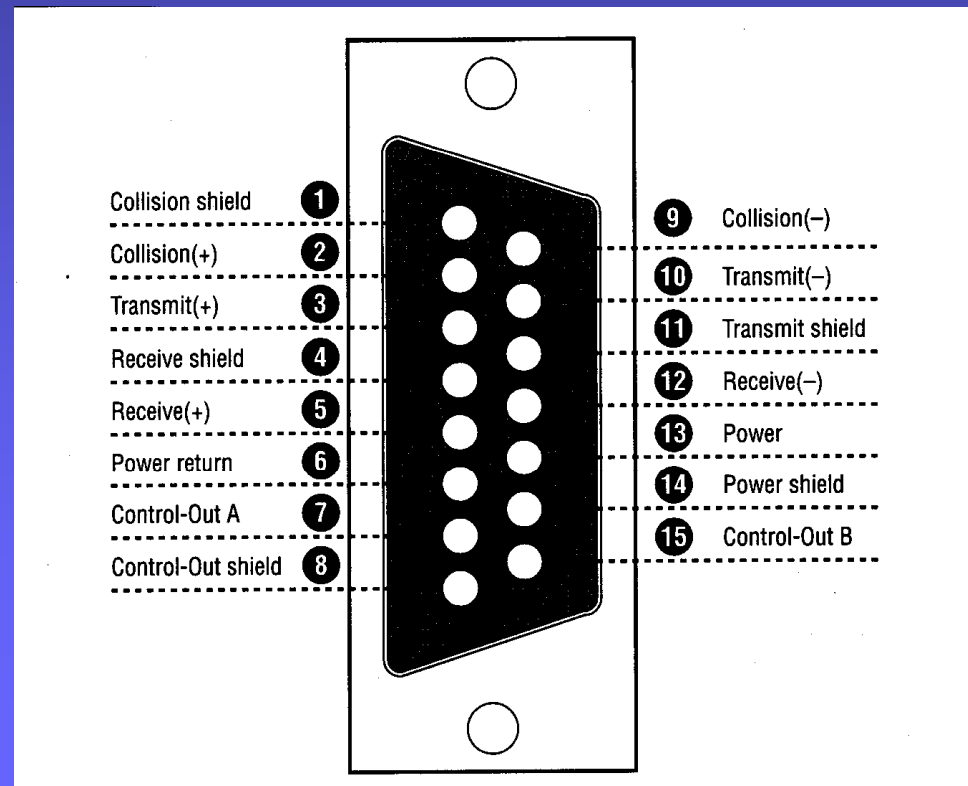
Transmisión en Banda Base

500 metros de alcance

La interfaz de red más común en este caso es una placa con conector AUI y transceiver exterior.

ETHERNET: 10 Base 5

Para conectar una estación al medio se mordía el cable coaxil grueso con un conector llamado *vampiro* que mediante un cable coaxial terminaba en un transceiver que se conecta a un puerto AUI (Attachment Unit Interface)



ETHERNET: 10 Base 2

Este cable puede operar a 10 Mbits, también transmite en Banda Base y posee un alcance máximo de 185 metros, que la norma generaliza a 200 metros.

La interface más común es una placa de red con transceiver incorporado y conector BNC. También se puede utilizar una placa con conector AUI y emplear un transceiver AUI-BNC.

ETHERNET: 10 Base 2

Luego la norma tuvo en cuenta el llamado coaxil fino, o cable RG-58, que se conecta a la red mediante el conector denominado BNC (Bayonet Neil-Concelman)

La impedancia de este tipo de cable es 50Ω y no debe confundirse con el coaxil para CATV.

El conector BNC se puede unir al coaxil mediante soldadura, un tornillo o una pinza de impacto.

ETHERNET: 10 Base 2

Uno de los grandes inconvenientes del cable coaxil fino es que el mismo debe disponerse físicamente por todo el segmento.

Si existe una falla en una estación o en un conector se debe seguir toda la red para encontrar la falla, lo que puede ser tedioso e incluso difícil de solucionar si el segmento es grande.

Con el tiempo se lo ha dejado de utilizar en beneficio del par trenzado o UTP.

ETHERNET: Par Trenzado

Cuando se liberó del monopolio de las empresas telefónicas el cableado interior de los edificios comenzó la tendencia de emplear para transmisión de datos este tipo de cables.

Se basa en un cable de 8 hilos (4 pares), denominado par trenzado, y que no posee blindaje. De ahí su nombre en inglés: Unshielded Twisted Pair o UTP.

ETHERNET: Categorías de Par trenzado

Con el fin de disminuir el acoplamiento electromagnético se disponen trenzas dentro del cable, los cuales se categorizan en función del número de trenzas por metro.

Los cables categoría 1 y 2 solo se han empleado para telefonía, la categoría 3 es apta para transmisiones hasta 10 Mhz (ethernet y token ring a 4 mbits/s).

La categoría 4 prácticamente no se utilizó y en la actualidad se emplean las categorías 5 y especialmente (desde hace un tiempo) la categoría 5e.

Recientemente se ha estandarizado la categoría 6 pero prácticamente no hay material de este tipo en Argentina.

ETHERNET: 10 Base-T

La norma de Ethernet a 10 Mbits con cableado estructurado se conoce como 10 Base-T.

Trabaja a 10 Mbits, transmite en Banda Base y la T proviene de Twisted Pair.

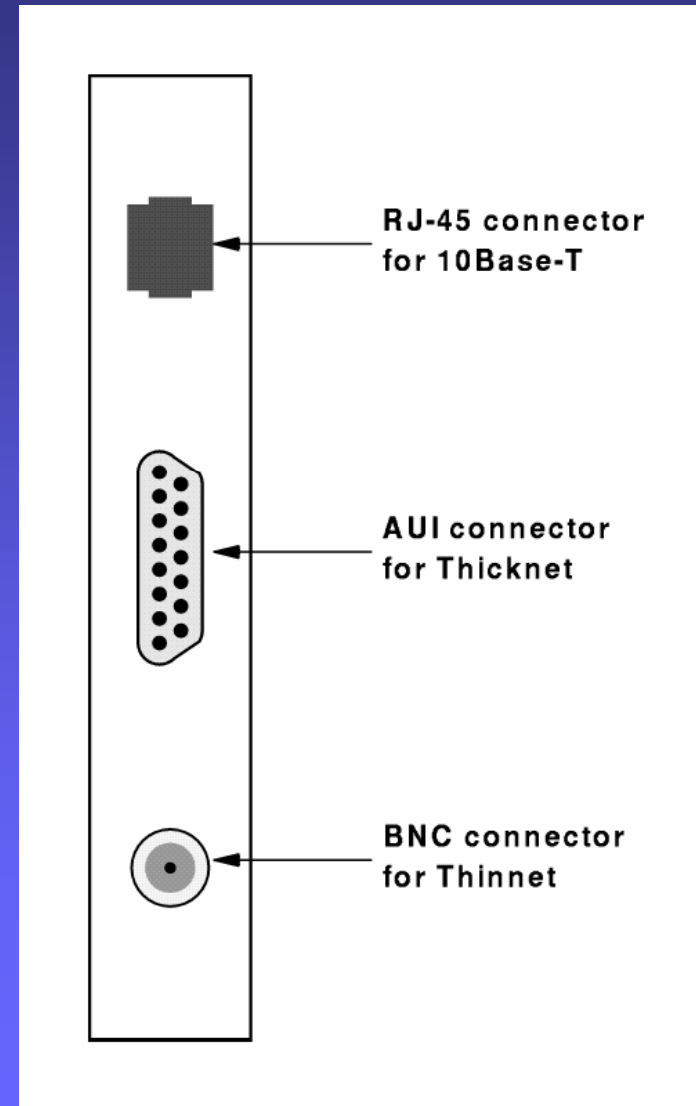
Admite cables categoría 3 o superior.

Emplea 4 hilos, un par para el Tx y otro para el Rx.

ETHERNET: Placa tipo Combo

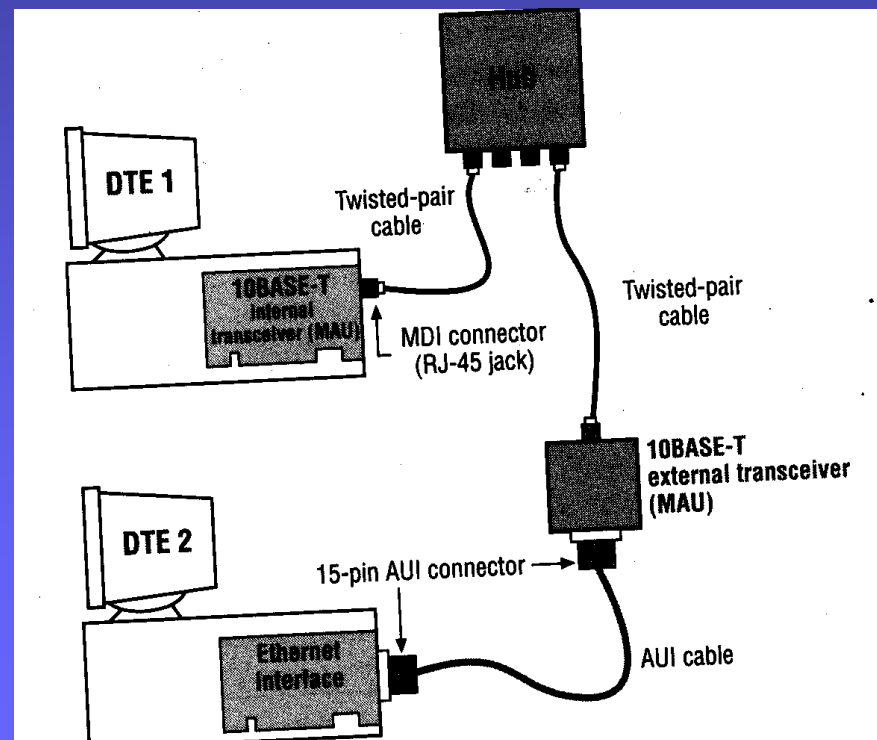
PLACA DE RED

Usualmente para Bus ISA



ETHERNET: Interfaces en 10 Base T

Se puede utilizar una placa con transceiver interno y conector RJ-45 o bien una placa con conector AUI y transceiver externo, como se ve en la figura:



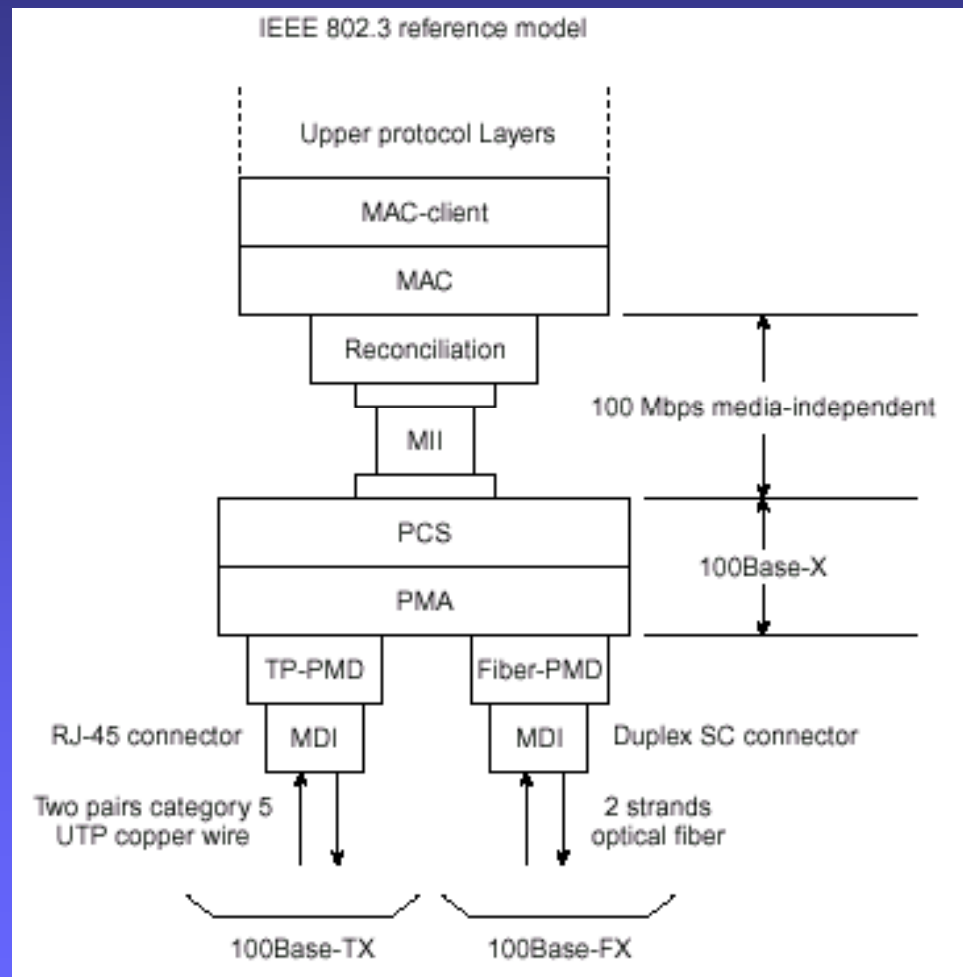
ETHERNET: 100 Base-TX

El cableado estructurado se ha extendido, mediante el empleo de categorías 5 y superiores a 100 Mbits.

La placa de red en este caso emplea un transceiver interno y un conector denominado RJ-45, o bien un adaptador especial denominado MII (Media Independent Interface)

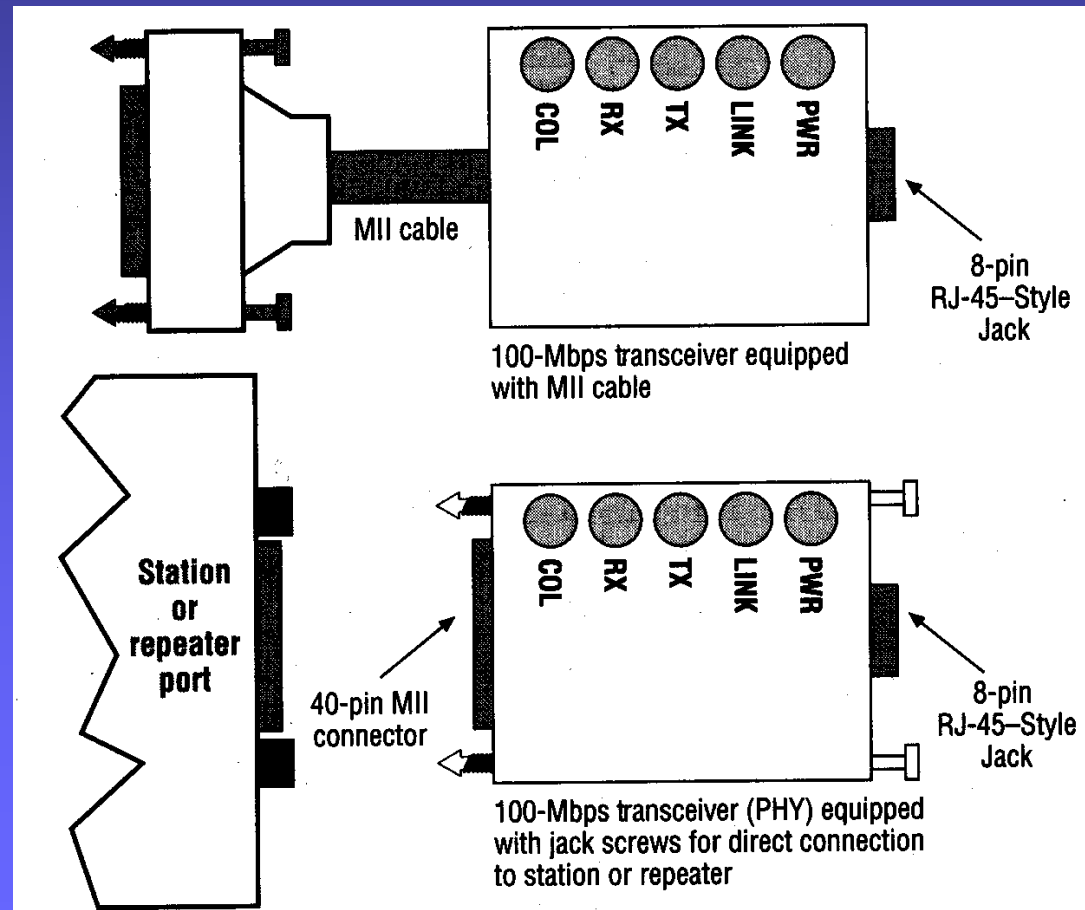
La codificación es 4B/5B y transmite a 62,5 Mhz (125 Mbaudios)

ETHERNET: 100 Base-X: esquema de acceso al medio



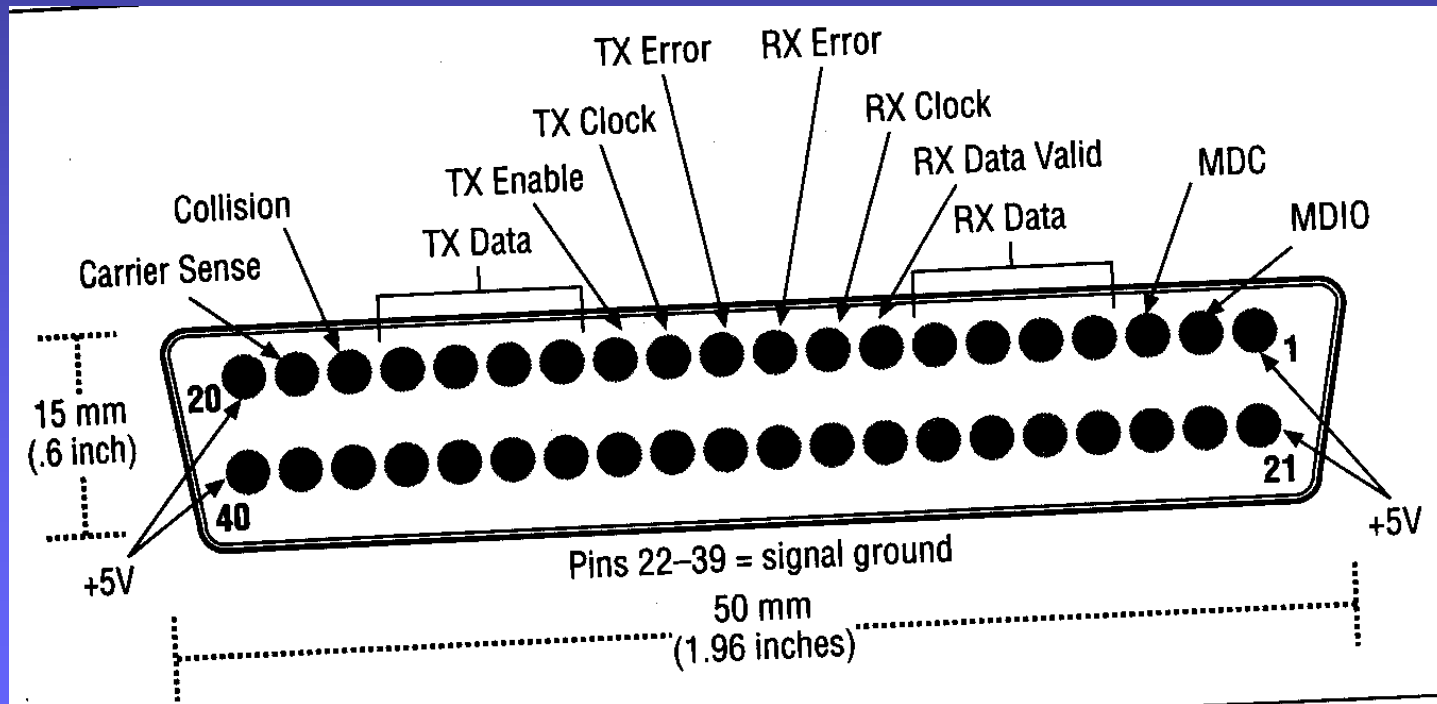
ETHERNET: Media Independent Interface (MII)

En la norma 100 Base-X se pueden utilizar los MII



ETHERNET: Media Independent Interface (MII)

Esquema de un conector MII



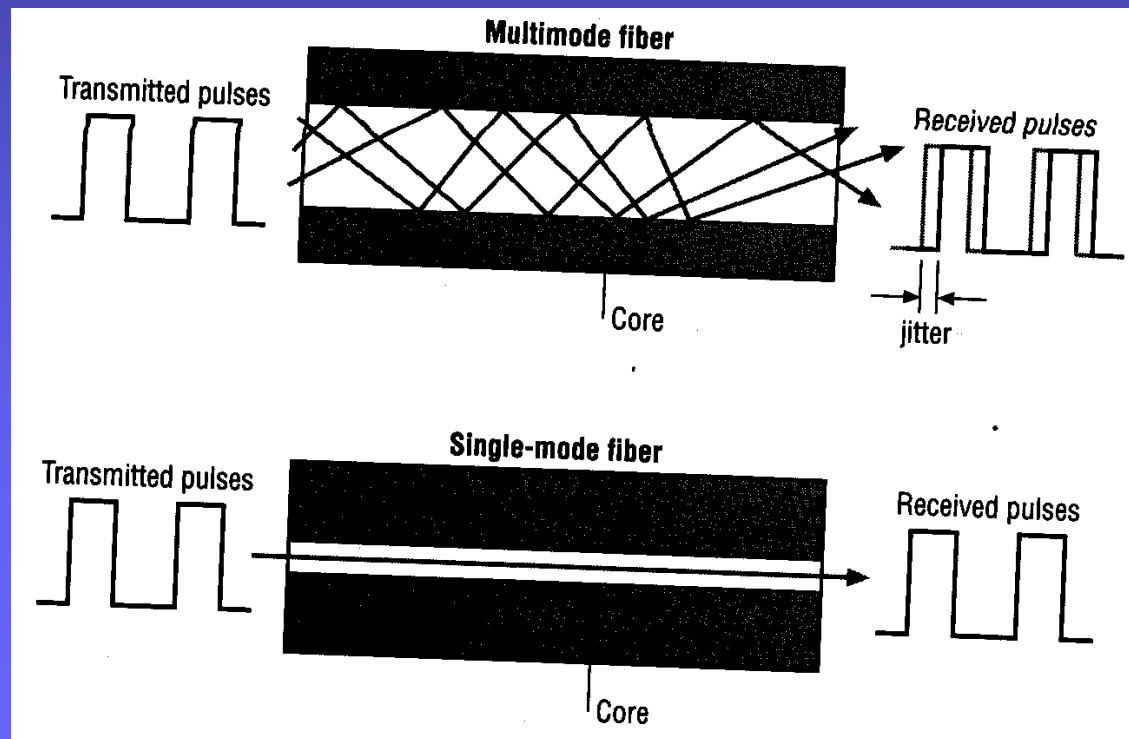
ETHERNET: Fibra Optica

Existen diversas posibilidades para emplear Fibra Optica en Ethernet.

El tipo de cable, conectores y alcances dependen de la velocidad de la red.

ETHERNET: Fibras multimodo y monomodo

En multimodo se emplean LED's para iluminar la fibra y en monomodo Laser. Transmiten en ventanas distintas.



ETHERNET: Fibra Optica

La norma contempla el uso de fibra multimodo y también fibra monomodo.

Para multimodo se emplea el tipo 62.5/125, en los casos de 10 Base FL (10 Mbits) y 100 Base FX (100 Mbits).

Para Gigabit la norma estipula 100-Base-SX, que admite fibras monomodo de 50/125 y 62,5/125, y también 100-Base-LX para fibra monomodo.

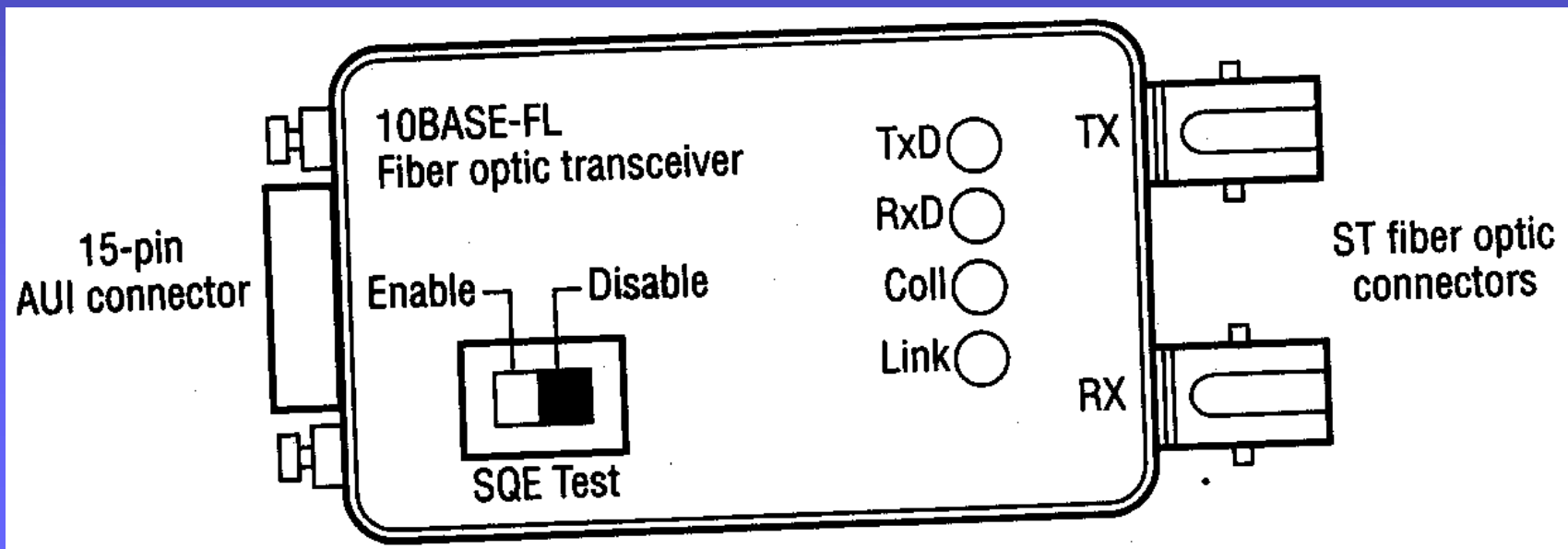
ETHERNET: Fibra Optica

10 Base FL: transmisión en banda base a 10 Mbits, alcance de 400 metros en modo HDX y 2 km en modo FDX.

Se basa en fibra multimodo del 62.5/125

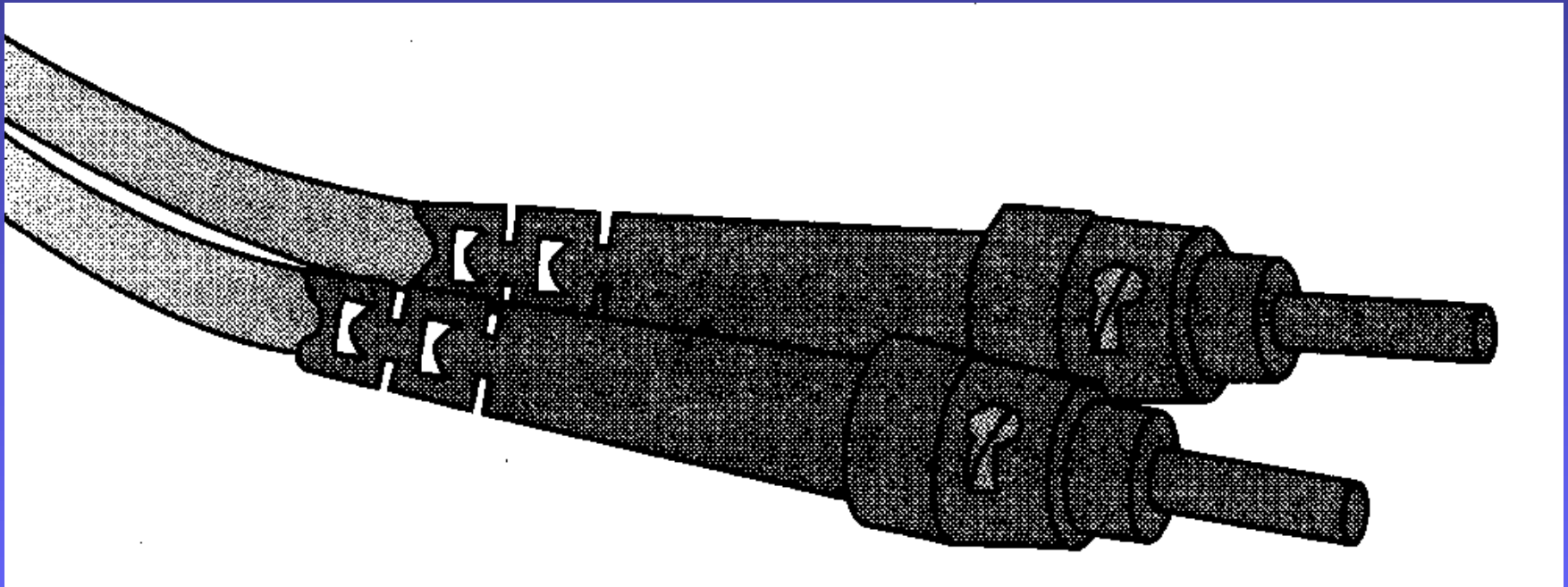
ETHERNET: Fibra Optica

No existe placa de red para 10 Base FL, se emplea una placa con AUI y transceiver AUI-FO. Se emplean conectores tipo ST.



ETHERNET: Fibra Optica

Conectores tipo ST.



ETHERNET: Fibra Optica

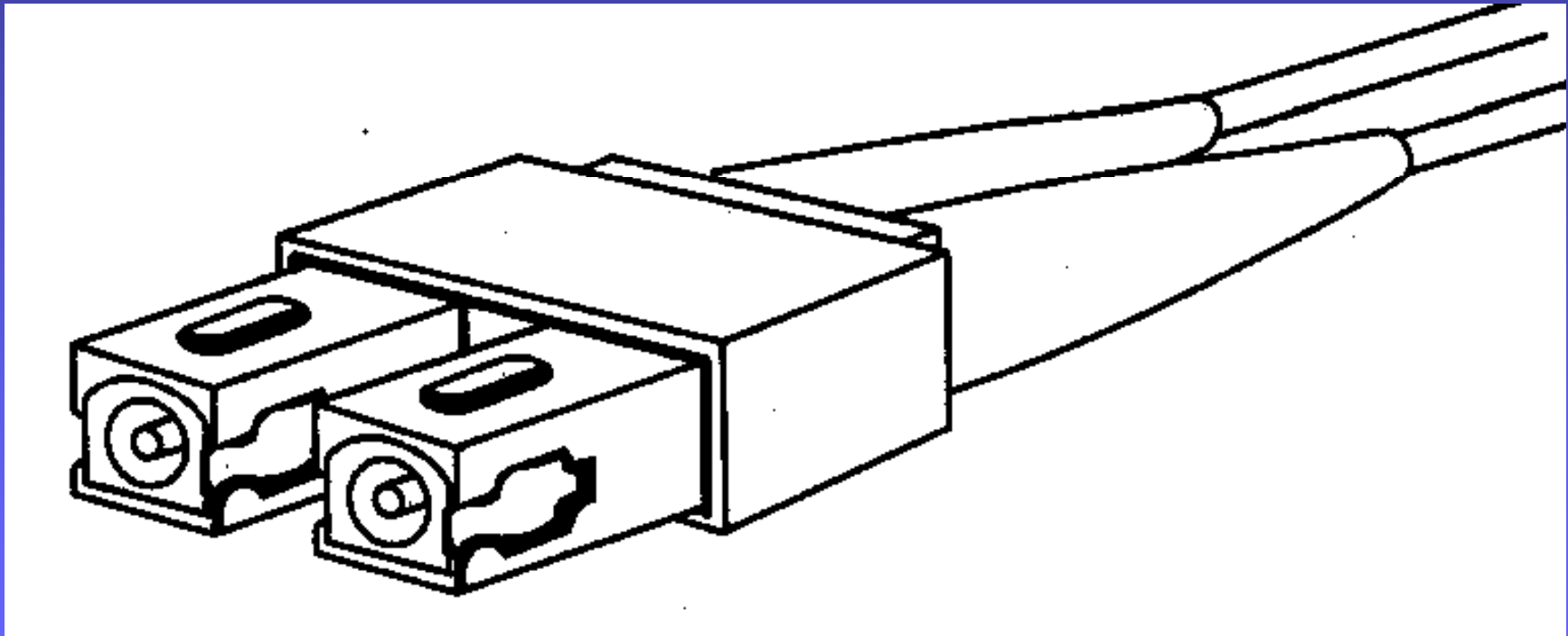
100 Base FX: transmisión en banda base a 100 Mbits, alcance de 400 metros en modo HDX y 2 km en modo FDX.

Se basa en fibra multimodo del 62.5/125. El conector es del tipo ST, aunque también se admite el tipo SC.

Pueden emplearse placas de red para Fibra con conectores tipo ST, o bien un transceiver externo conectado a una interfaz MII.

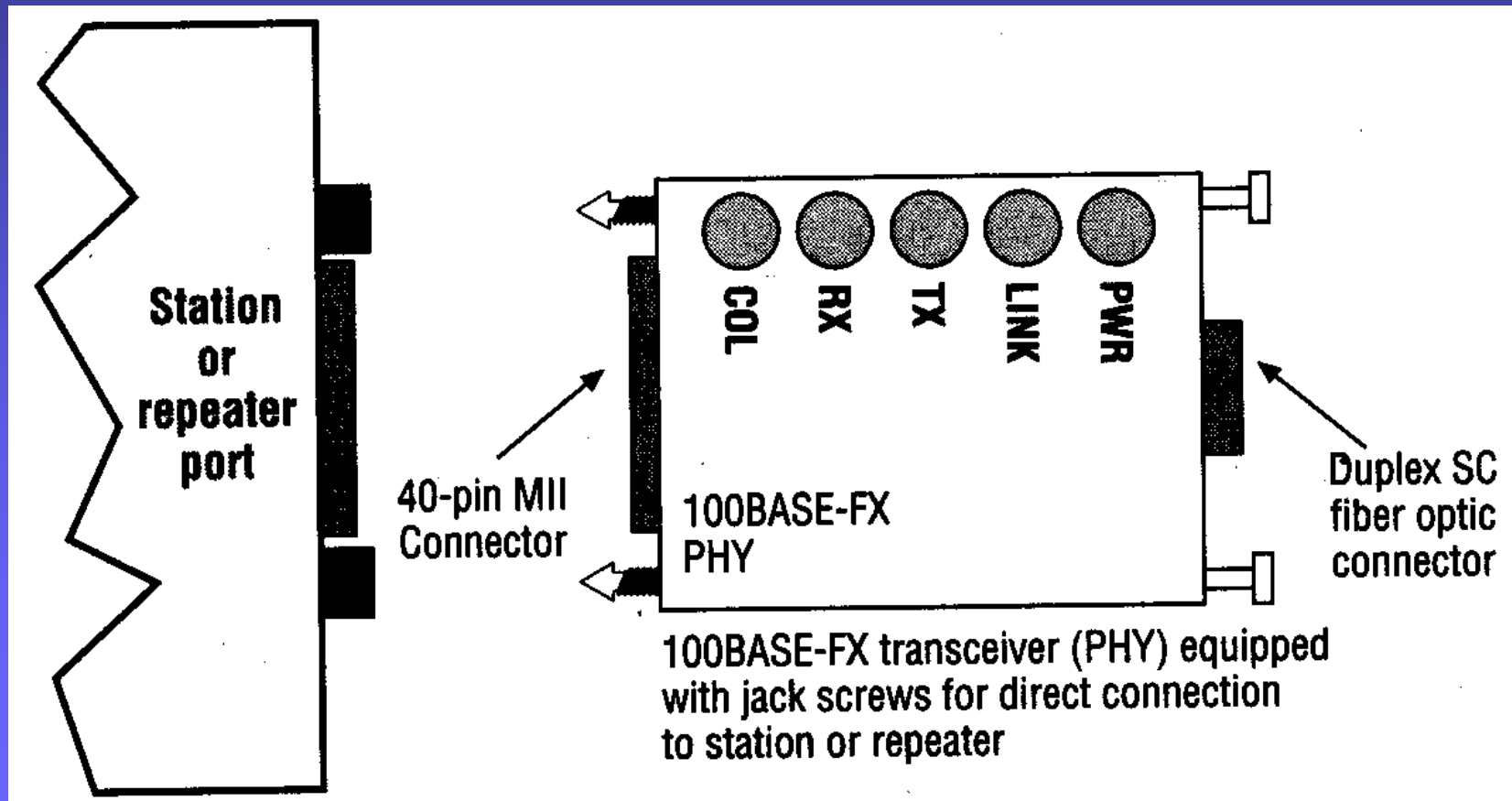
ETHERNET: Fibra Optica

Conector tipo ST



ETHERNET: Fibra Optica

Ejemplo de un transceiver externo conectado a una interfaz MII.



ETHERNET: Fibra Optica a 1000 Mbits/s

Se distinguen los casos de multimodo y monomodo

1000 Base SX: transmisión en banda base a 1000 Mbits, alcance de 275 metros en modo HDX y 500 m en modo FDX. Depende de la fibra empleada (62,5/125 o bien 50/125).

1000-Base-LX: emplea fibra monomodo. Alcance de hasta 5 km.

Pueden emplearse conectores GBIC o puertos y/o placas para F.O.

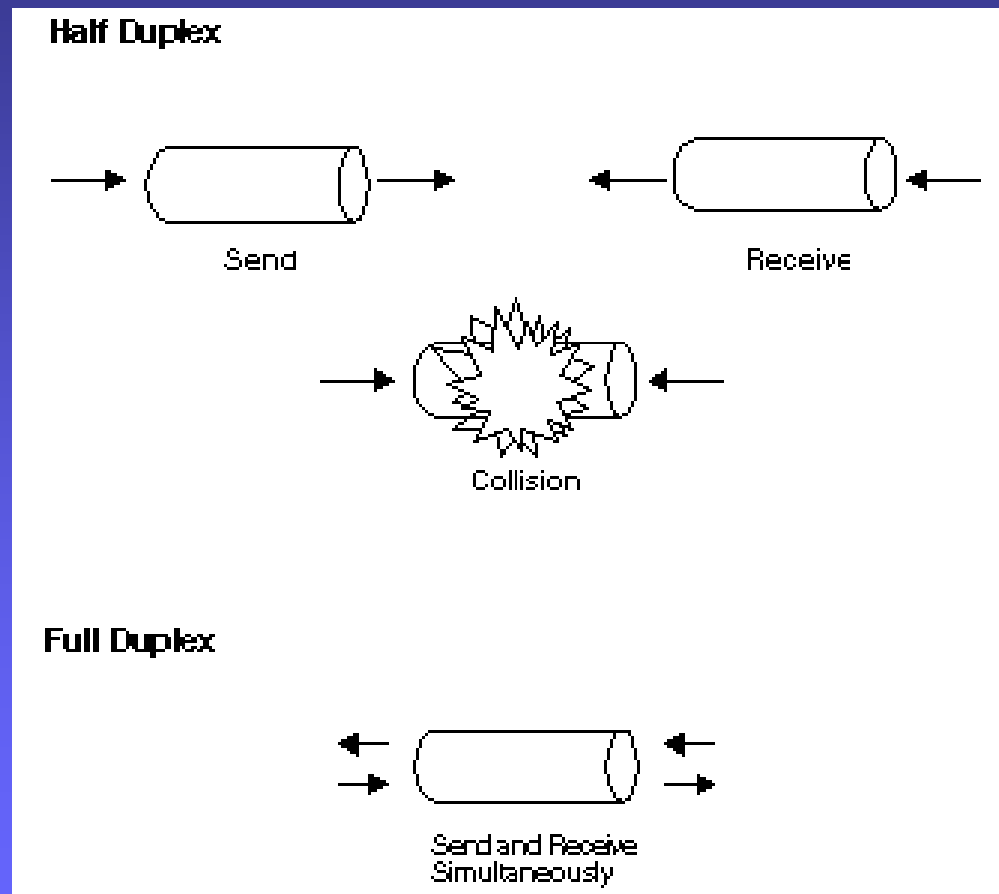
ETHERNET: Fibra Optica a 1000 Mbits/s

Conector GBIC



ETHERNET: Full duplex

FULL DUPLEX vs. HALF DUPLEX



ETHERNET: Full duplex

Conexión Directa entre dos estaciones (Se utiliza la idea de punto a punto, típica de wan's)

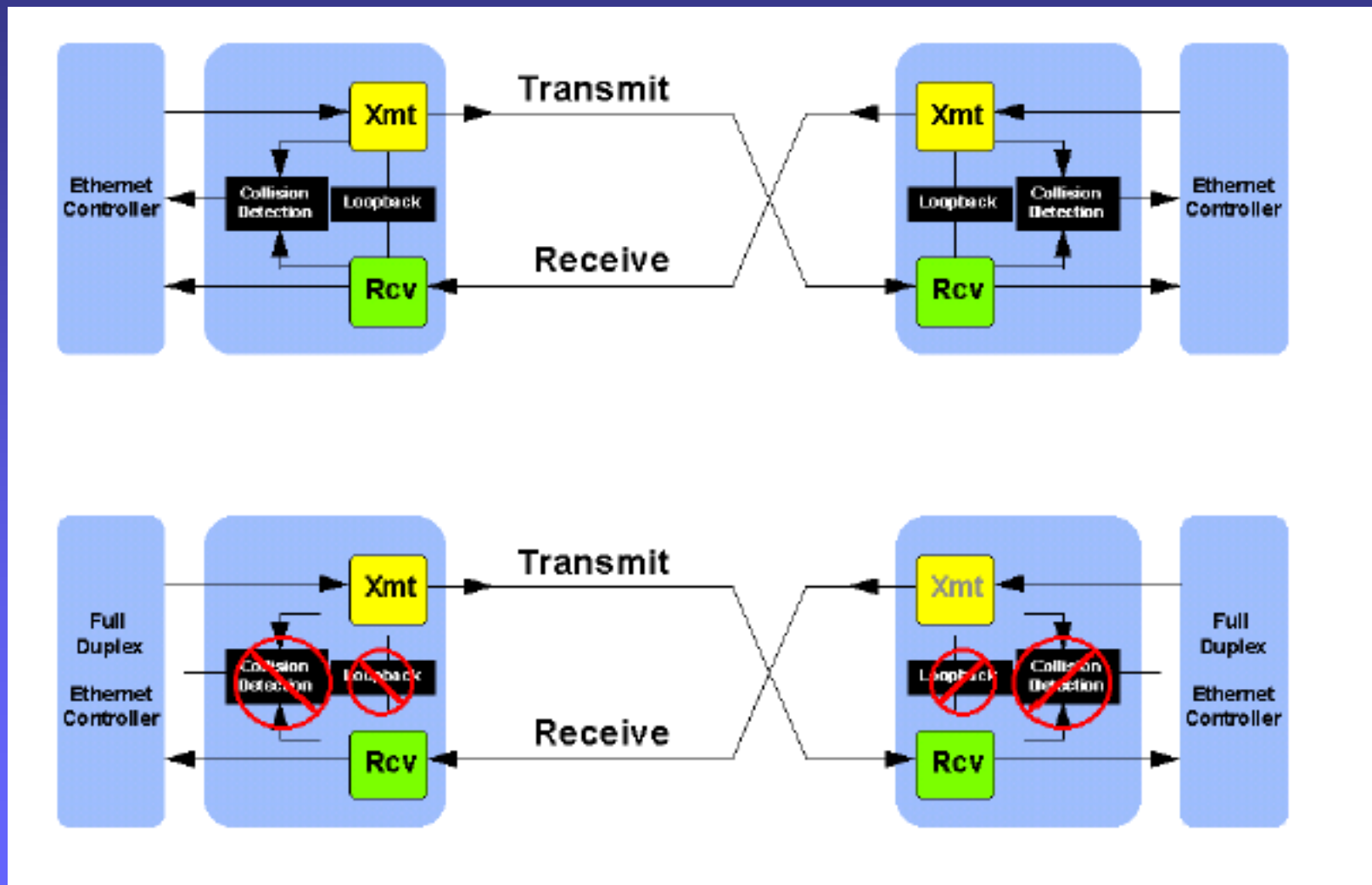
Ejemplos:

- Conexión entre dos estaciones (cable cruzado)
- Conexión entre una estación y un conmutador (caso llamado microsegmentación)
- Conexión entre dos conmutadores (backbone)

ETHERNET: Full duplex

- No hay competencia por el medio porque solo hay dos equipos o estaciones en el segmento (Uno en cada punto !!!)
- No es necesario entonces utilizar CSMA/CD
- Como no se deben detectar colisiones, se aumentan las distancias máximas.
- Se puede transmitir y recibir a la vez !!!

ETHERNET: Placa en modo FDX



ETHERNET: Full duplex

- Normalmente full duplex se ajusta automáticamente mediante autonegociación.
- Cuando no es posible emplear autonegociación se deben configurar equipos manualmente (Tarea compleja)
- Mucho cuidado con los transceivers

ETHERNET: Autonegociación

- Se basa en especificaciones publicadas en 1995 en el contexto de la norma IEEE 802.3u que especifica Fast Ethernet.
- También se lo conoce como *NWAY*, nombre comercial del procedimiento original debido a la empresa National Semiconductor.
- Solamente se admite autonegociación en par trenzado, no es válido para Fibra Optica.

ETHERNET: Autonegociación

- Como mínimo se emplea para ajustar velocidades de transmisión entre dispositivos que admiten más de una posibilidad.
- Ideas básicas:
 - Opera solamente sobre segmentos de enlace punto a punto, (ver full duplex)
 - El procedimiento de autonegociación tiene lugar durante la inicialización del enlace, cuando se enciende el equipo o se conecta el cable.

ETHERNET: Autonegociación

- Posee un sistema de señalización propio.
- Se basa en una modificación del método utilizado para controlar la integridad de los enlaces basados en 10 BASE T, que emplean señales llamadas NLP (Normal Link Pulse)
- NWAY emplea una modificación conocida como FLP (Fast Link Pulse), que trabaja sobre la mayoría de cableados disponibles

ETHERNET: Autonegociación

- Envía ráfagas de pulsos indicando tecnología de red a utilizar y capacidades soportadas.
- Siempre se acuerda utilizar la más alta que sea común a ambos equipos

ETHERNET: Autonegociación



Nway se basa en NLP que es una tecnología antigua. Funciona sobre categoría 3.

No chequea el medio físico, simplemente acuerda el máximo modo de transmisión de ambas placas.

Si el cable no soporta dicho modo se perderán paquetes !!!

Moraleja: antes de usar FDX hay que certificar la red

ETHERNET: Autonegociación

- Prioridades:

- 1000 Base T Full Duplex
- 1000 Base T
- 100 Base T2 Full Duplex
- 100 Base TX Full Duplex
- 100 Base T2
- 100 Base T4
- 100 Base TX
- 10 Base T Full Duplex
- 10 Base T

REDES LAN: Introducción & características

En las redes LAN se acostumbra a distinguir

- Topologías físicas (infraestructura)
- Topologías lógicas (funcionamiento)

Como el medio es compartido, se debe utilizar algún criterio para acceder al mismo. Los más comunes son:

- Arbitraje (Ej. Token Ring)
- Contienda (Ej. Ethernet)

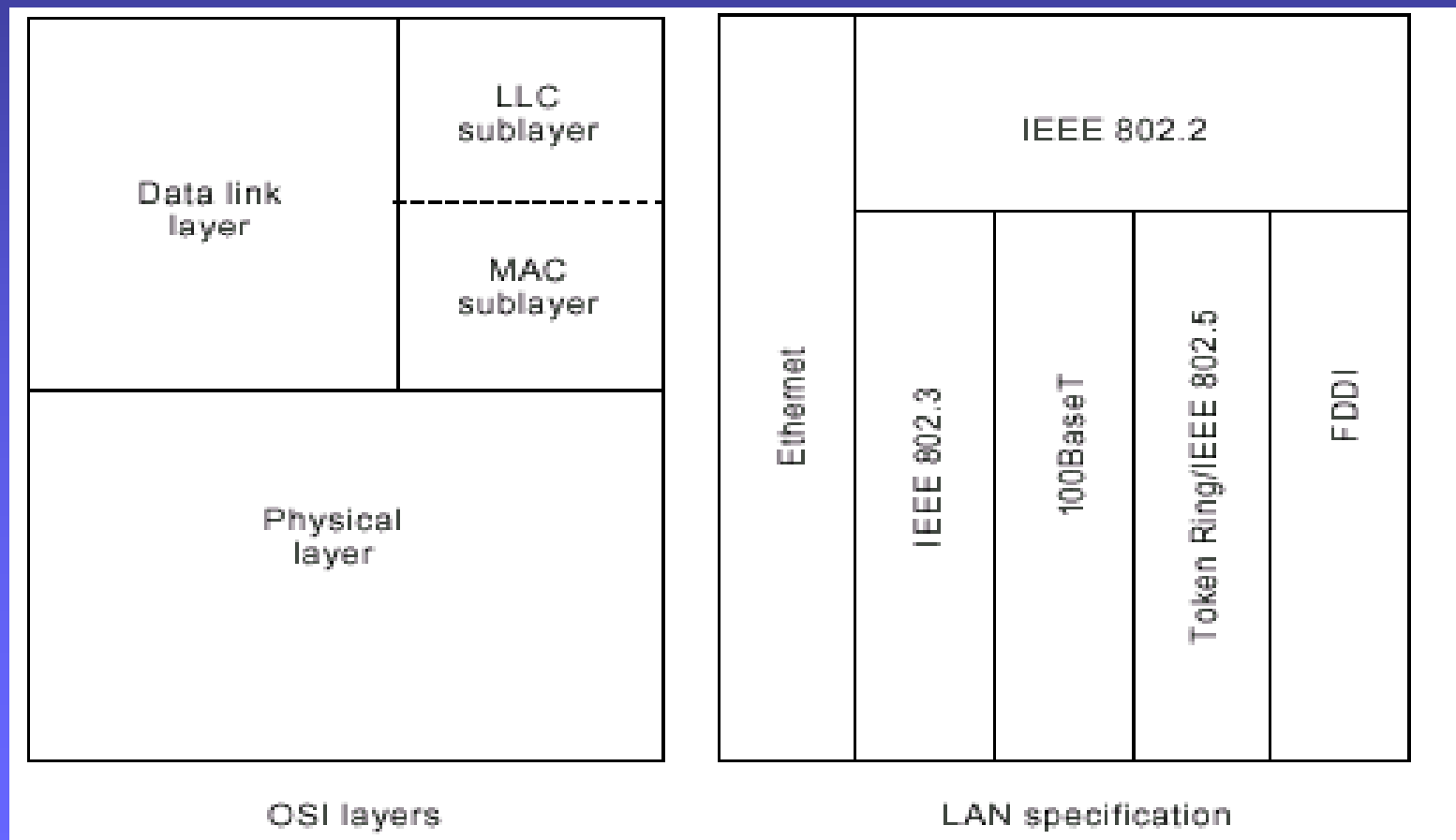
Tecnologías LAN

1. Ethernet
2. Token Ring
3. FDDI
4. Ethernet Conmutada
5. VLAN's

Tecnologías LAN: Marco conceptual Modelo OSI y la IEEE 802

IEEE 802,2

Protocolo de LAN de IEEE que especifica la implementación de la subcapa LLC de la capa de enlace de datos. IEEE 802.2 maneja errores, entramado, control del flujo y la interfaz de servicio de la capa de red (Capa 3). Se utiliza en las LAN IEEE 802.3 e IEEE 802.5.



ETHERNET

1. Introducción: evolución, normas y conceptos básicos.
2. Elementos de la Tecnología Ethernet.
3. Acceso al Medio: CSMA/CD.
4. Full Duplex.
5. Autonegociación.
6. Interfaces y Medios de Transmisión.
7. Configuración de redes multisegmento.

ETHERNET: Evolución

1990: IEEE 802.3i 10Base-T (par trenzado)

1993: IEEE 802.3j 10Base-F (Fibra Optica)

1995: IEEE 802.3u 100 Base-T (Fast Ethernet,
Autonegociación)

1997: IEEE 802.3x Norma Full Duplex

ETHERNET: Evolución

1973: Invención

1980: El consorcio DIX publica el estándar Ethernet

1985: IEEE 802.3 10Base5

1985: IEEE 802.3a 10 Base2 (thin ethernet)

1985: IEEE 802.3c Repetidores 10 Mbps

1987: IEEE 802.3d FOIRL (Fibra Optica)

ETHERNET: Evolución

1998: IEEE 802.3z 1000 Base-X (Gigabit Ethernet)

1999: IEEE 802.3ab 1000 Base-T (Gigabit Ethernet sobre par trenzado)

1998: IEEE 802.3ac Extensión del marco máximo a 1522 bytes + preámbulo+ DI, para el etiquetado de VLAN's.

2000: IEEE 802.3ad agrupación de enlaces (link aggregation)

ETHERNET: Avances destacados

1980 Tecnología dominio público

1990: Par trenzado

1995: Fast Ethernet

1998: Gigabit Ethernet

2000: Otros avances: Switched LAN's, FDX, VLAN's, aggregation link, etc.

2006: 10Giga Ethernet

ETHERNET: Características distintivas

Vamos a revisar las características más importantes de una red LAN para el caso de Ethernet. Necesitamos revisar:

Topología física

Topología Lógica

Acceso al Medio

Medios de Transmisión

Interfaces

Etc., etc.

ETHERNET: Topologías Físicas

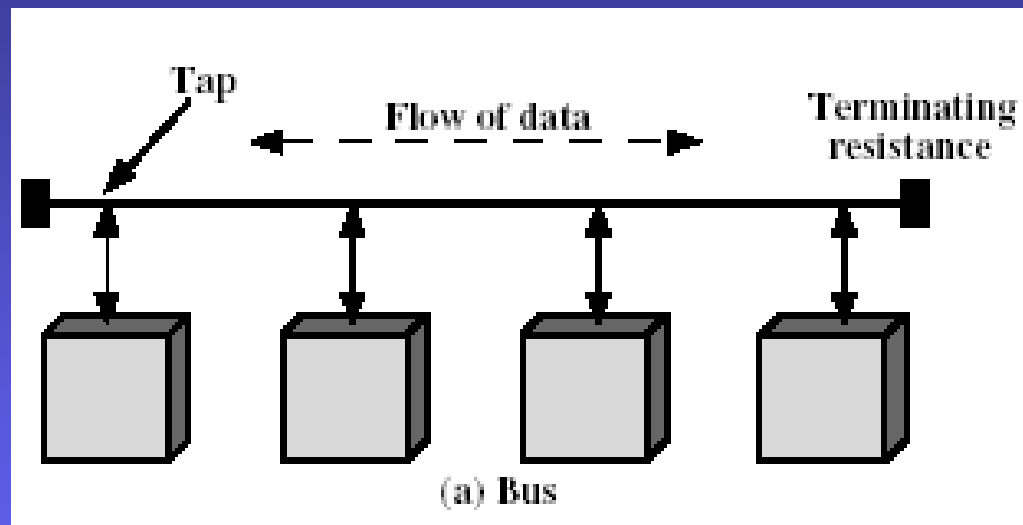
En Ethernet encontramos dos tipos de topologías físicas:

Bus o canal (cables coaxiales)

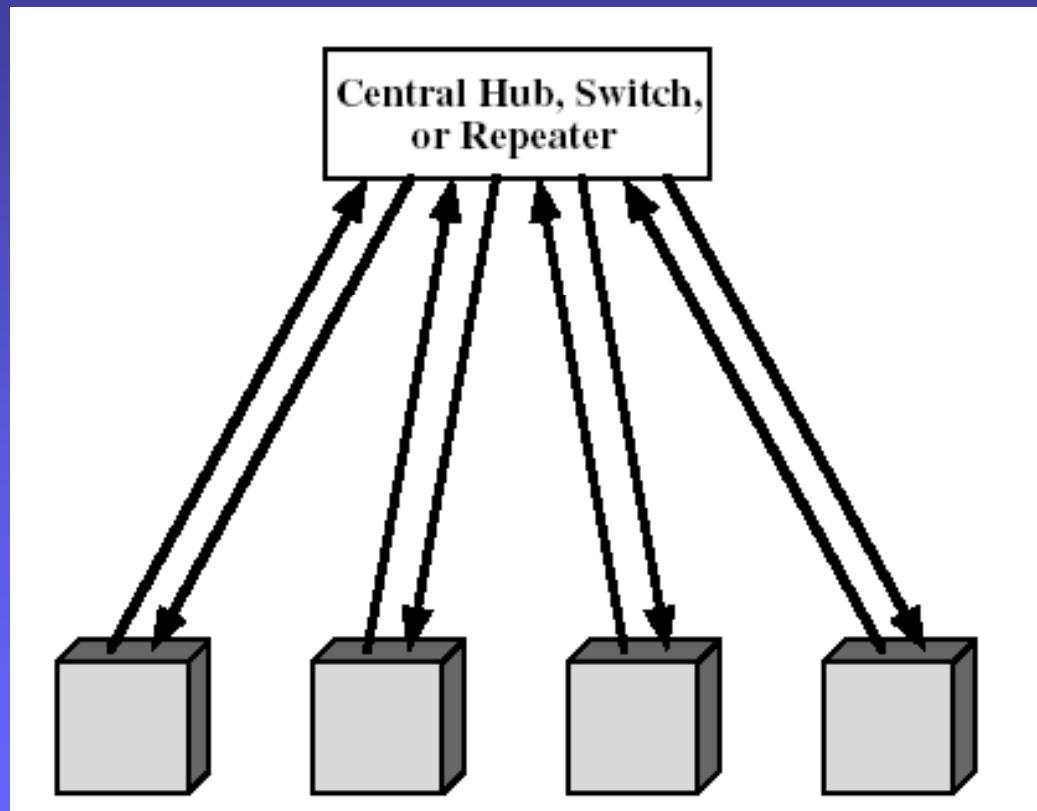
Estrella (cables tipo par trenzado)

Se puede hablar de árbol como una generalización de la estrella.

ETHERNET: Topologías Física Bus

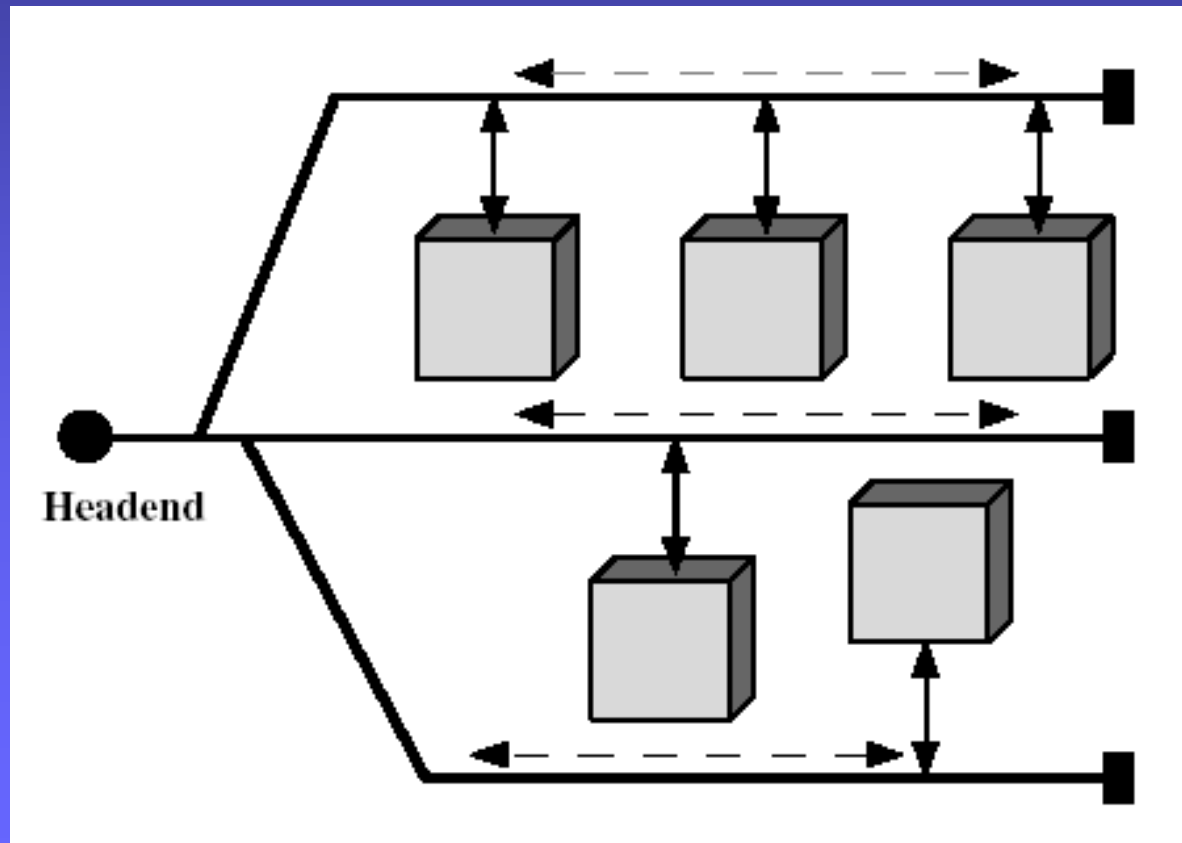


ETHERNET: Topología Física Estrella



ETHERNET: Topología Física Arbol

No es estrictamente una topología ethernet !!!



ETHERNET: Topología Lógica

En Ethernet se emplea una topología lógica del tipo Bus o Canal.

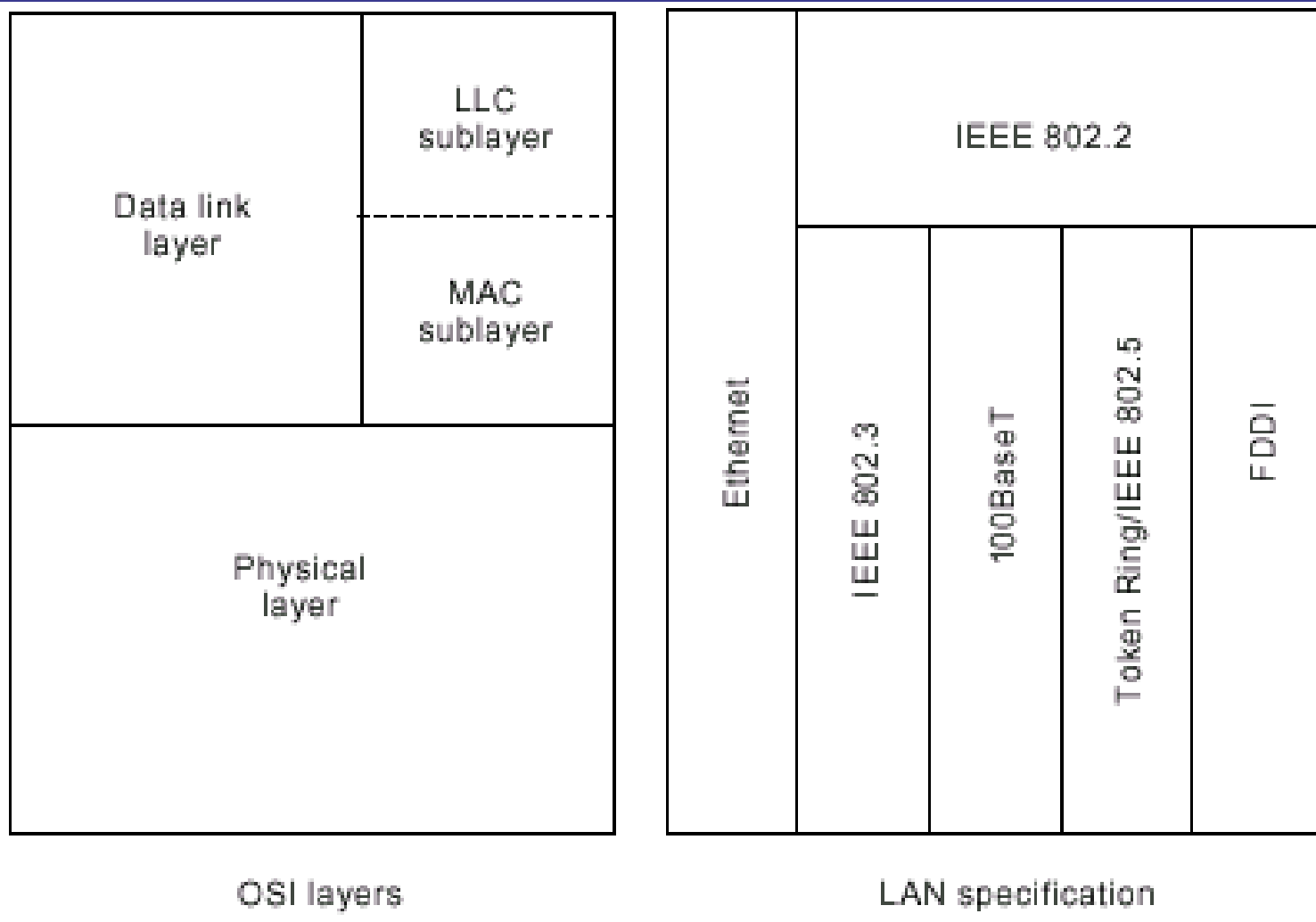
En este caso cualquier señal que se envíe al medio pueden leerla todos los equipos (uno escribe y todos leen)

En este caso el medio es compartido (entre todos los equipos) y se plantea el problema del acceso al medio: quién lo usa? Cómo se usa?

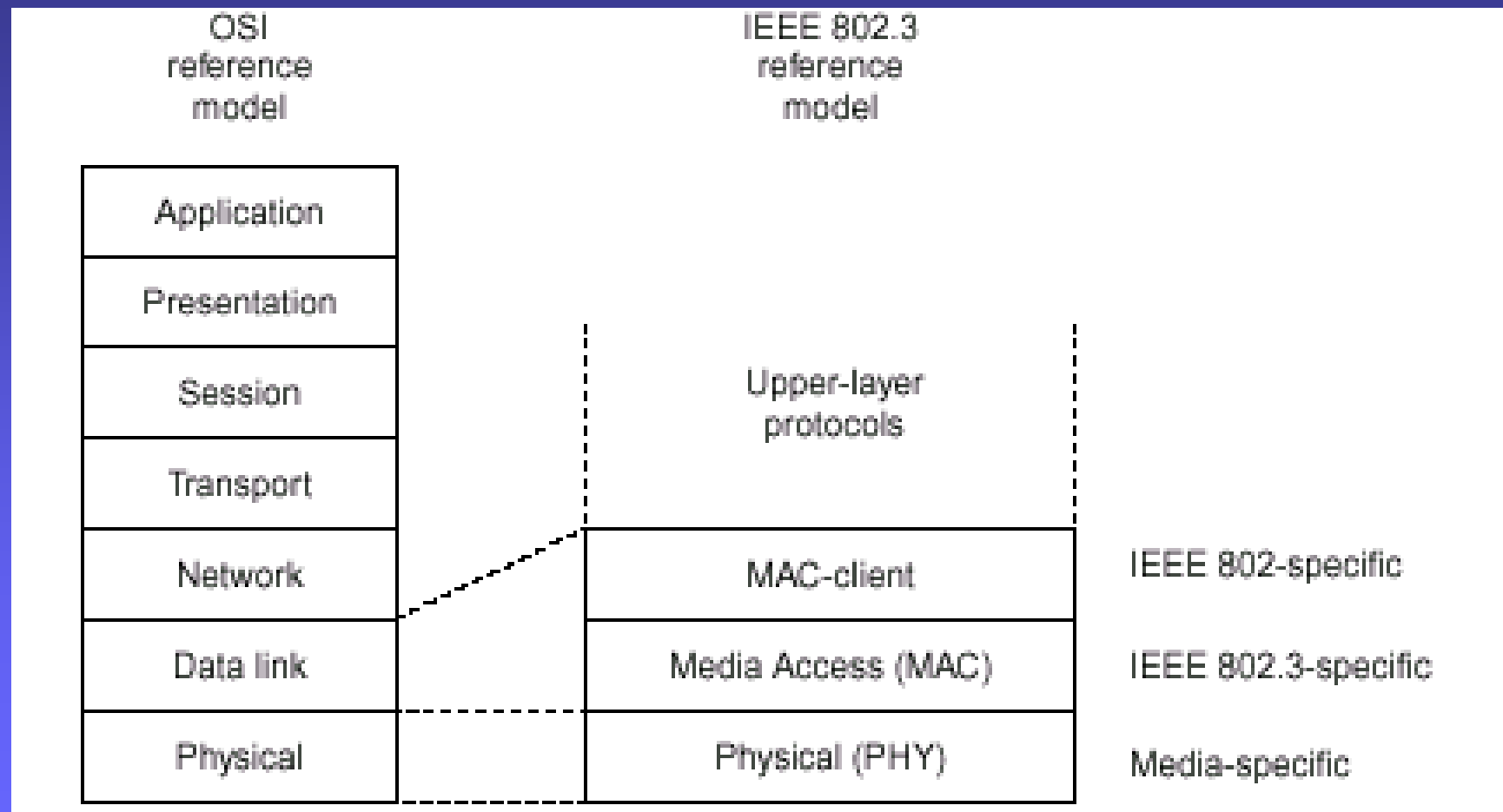
Protocolo CSMA/CD

Ethernet: Marco conceptual I

Modelo OSI y la IEEE 802



ETHERNET: Marco Conceptual II



ETHERNET: DIX y 802.3

La tecnología Ethernet, desarrollada por el consorcio DIX fue previa a la norma IEEE 802.3.

Hubo algunos problemas políticos y durante algunos años las dos tecnologías mantenían algunas diferencias. Hacia finales de los 80 se reconciliaron.

ETHERNET: DIX y 802.3

Entre otras podemos citar las siguientes diferencias:

Ethernet carece de la capa LLC (IEEE 802.2)

El marco de hardware de ambas tecnologías es distinto (lo comparamos más adelante)

ETHERNET: Elementos Básicos

Marco o trama Ethernet

Protocolo de Acceso al Medio

Interfaces y Medios de Transmisión

ETHERNET: Marco Ethernet

El marco Ethernet es el corazón de esta tecnología.

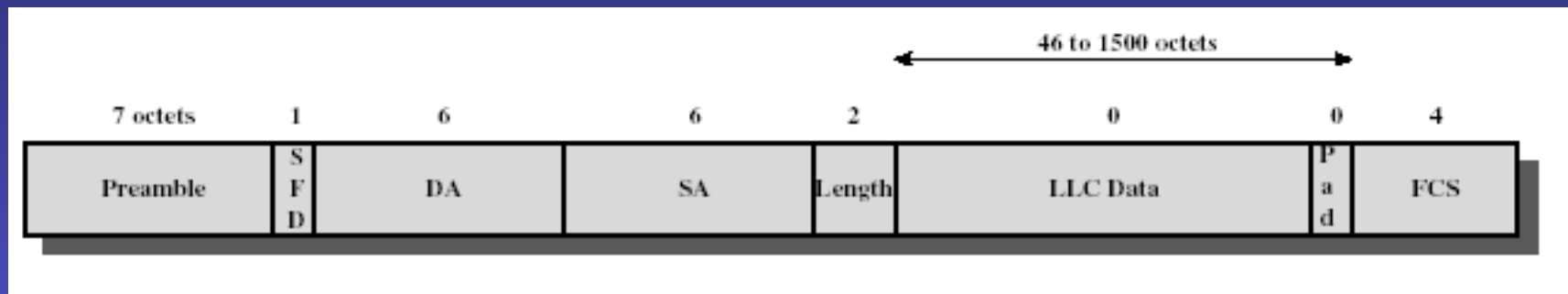
Consiste en un conjunto ordenado de bits (bytes) con una longitud mínima de 64 bytes y máxima de 1518, que permiten transmitir datos entre las estaciones (en general equipos, p.ej, impresora).

ETHERNET: Direcciones

Existen dos campos: las direcciones de destino y de origen que indican la estación de destino y la estación de origen, respectivamente, de la trama Ethernet.

Estas direcciones pueden ser direcciones físicas o direcciones especiales.

ETHERNET: Marco Ethernet



Preámbulo (Preamble): 7 bytes

Delimitación comienzo de trama(SFD): 1 byte

Dirección Destino (DA): 6 bytes

Dirección Origen (SA): 6 bytes

Longitud/Tipo (length/type): 2bytes

Carga útil (LLC Data): 46 a 1500 bytes

Relleno (Pad): longitud variable para garantiza min 64 bytes

Control de integridadd (FCS): 4bytes

ETHERNET: Preambulo y Delimitador de Inicio

El preámbulo está formado por la secuencia 10101010 repetida siete veces, y el delimitador de inicio por la secuencia 10101011. Al ser transmitidos con codificación Manchester a 10Mb/s estos ocho bytes generan una onda cuadrada de 5 MHz durante 6,4 m s, lo cual permite a los demás ordenadores sincronizar sus relojes con el emisor. El último bit del delimitador de inicio de trama marca el final del preámbulo y el comienzo de ésta.

ETHERNET: Direcciones Físicas

Existen dos campos: las direcciones de destino y de origen que se definen mediante las llamadas *direcciones físicas* (MAC Address).

Las direcciones físicas consisten en 12 números hexadecimales (48 bits / 6 bytes):

F0-2E-15-6C-77-9B

Los primeros tres pertenecen al fabricante y los últimos tres se asignan libremente.

ETHERNET: Direcciones Especiales

Existen algunas direcciones especiales, como resultan la dirección de grupo o, por ejemplo la dirección de difusión:

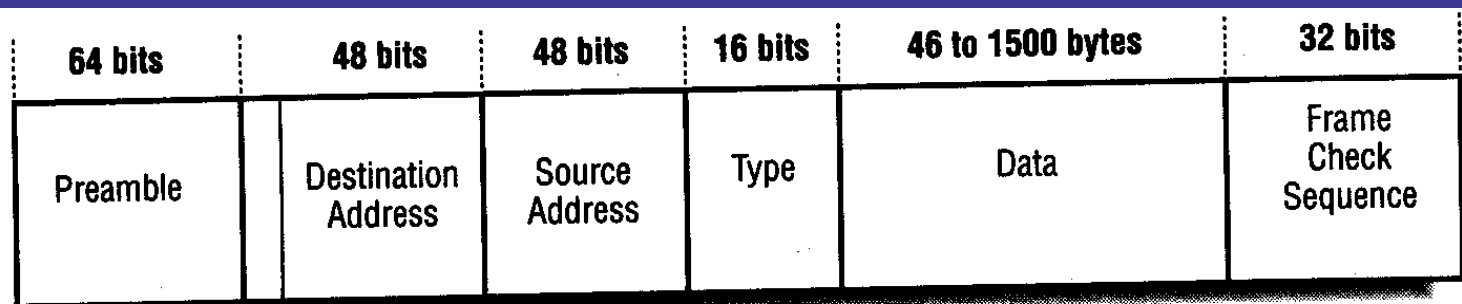
FF-FF-FF-FF-FF-FF

ETHERNET: Campo Longitud/Tipo

En este campo se indica el motivo del marco de hardware. En la tabla siguiente se listan algunos valores:

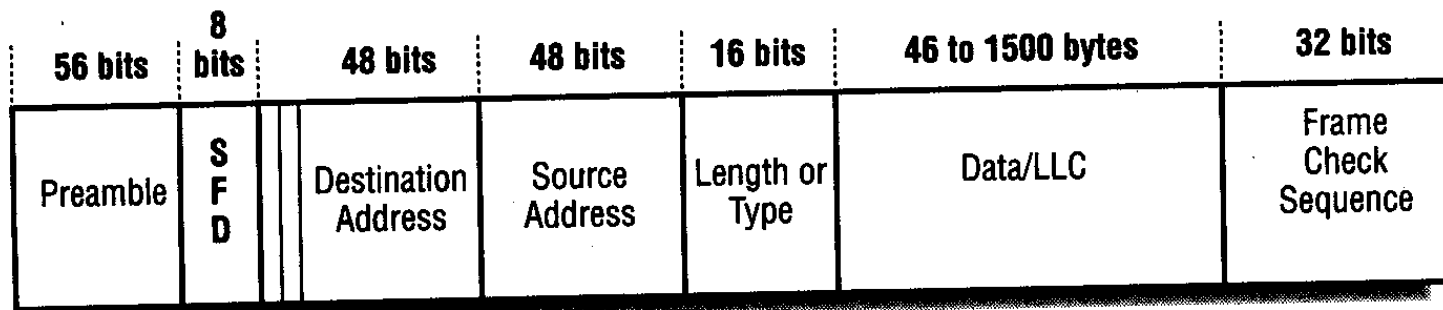
Value	Meaning
0000-05DC	Reserved for use with IEEE 802.3
0800	Internet IP Version 4
0805	CCITT X.25
0900	Ungermann-Bass Corporation network debugger
0BAD	Banyan Systems Corporation VINES
1000-100F	Berkeley UNIX Trailer encapsulation
6004	Digital Equipment Corporation LAT
6559	Frame Relay
8005	Hewlett Packard Corporation network probe
8008	AT&T Corporation
8014	Silicon Graphics Corporation network games
8035	Internet Reverse ARP
8038	Digital Equipment Corporation LANBridge
805C	Stanford University V Kernel
809B	Apple Computer Corporation AppleTalk
80C4-80C5	Banyan Systems Corporation
80D5	IBM Corporation SNA
80FF-8103	Wellfleet Communications
8137-8138	Novell Corporation IPX
818D	Motorola Corporation
FFFF	Reserved

ETHERNET: Marcos Ethernet y 802.3



Individual/group address bit

DIX frame



Globally/locally administered bit
Individual/group address bit

IEEE 802.3 frame

ETHERNET: Marcos Ethernet y IEEE 802.3

En la DIX Ethernet existe un campo llamado type, de 16 bits de longitud, en el cual se hace referencia al protocolo de capa superior que se transporta. (ej. IP 0x800). Ver tabla anterior.

Cuando se publicó la IEEE 802.3 en 1985 en vez del campo tipo se especifico longitud (length)

En 1997 se reconoció la existencia de los dos campos en la IEEE.

ETHERNET: Marcos Ethernet y IEEE 802.3

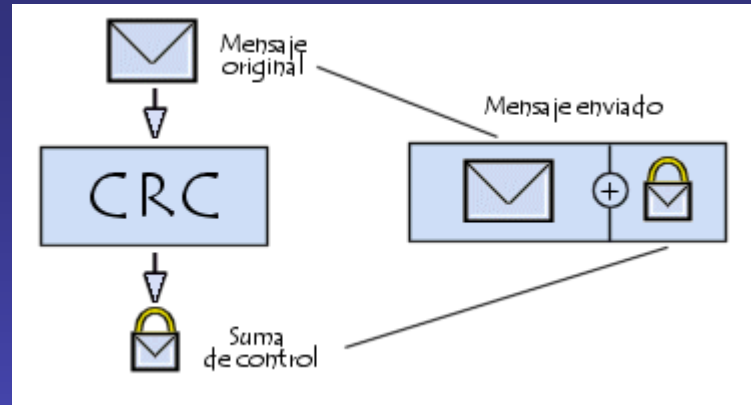
Si el valor del campo length/type es menor o igual que el tamaño máximo del marco no etiquetado (1518 bytes), entonces el campo se emplea como longitud, e indica el número de bytes de la subcapa LLC. Si dicho número es menor que el mínimo se agrega el relleno o PAD.

ETHERNET: Marcos Ethernet y IEEE 802.3

Si el valor del campo length/type es mayor o igual que 1536 decimal (0x600 hex), entonces el campo se emplea como tipo, siguiendo las especificaciones originales de la DIX.

En la DIX el software de red de la estación debe incluir el relleno para garantizar el mínimo de 46 bytes en el campo de datos.

ETHERNET: Marcos Ethernet y IEEE 802.3



La **verificación de redundancia cíclica** consiste en la protección de los datos en bloques, denominados *tramas*. A cada trama se le asigna un segmento de datos denominado *código de control* (al que se denomina a veces *FCS*, *secuencia de verificación de trama*, en el caso de una secuencia de 32 bits, y que en ocasiones se identifica erróneamente como *CRC*). El *código CRC* contiene datos redundantes con la trama, de manera que los errores no sólo se pueden detectar sino que además se pueden solucionar.

El concepto de CRC consiste en tratar a las secuencias binarias como polinomios binarios, denotando polinomios cuyos coeficientes se correspondan con la secuencia binaria. Por ejemplo, la secuencia binaria *0110101001* se puede representar como un polinomio, como se muestra a continuación:

$0 \cdot X^9 + 1 \cdot X^8 + 1 \cdot X^7 + 0 \cdot X^6 + 1 \cdot X^5 + 0 \cdot X^4 + 1 \cdot X^3 + 0 \cdot X^2 + 0 \cdot X^1 + 1 \cdot X^0$ siendo $X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + X^0$ o $X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + 1$

De esta manera, la secuencia de bits con menos peso (aquella que se encuentra más a la derecha) representa el grado 0 del polinomio ($X^0 = 1$), el 4º bit de la derecha representa el grado 3 del polinomio (X^3), y así sucesivamente. Luego, una secuencia de n - bits forma un polinomio de grado máximo $n-1$. Todas las expresiones de polinomios se manipulan posteriormente utilizando un módulo 2.

En este proceso de detección de errores, un polinomio predeterminado (denominado *polinomio generador* y abreviado $G(X)$) es conocido tanto por el remitente como por el destinatario. El remitente, para comenzar el mecanismo de detección de errores, ejecuta un algoritmo en los bits de la trama, de forma que se genere un CRC, y luego transmite estos dos elementos al destinatario. El destinatario realiza el mismo cálculo a fin de verificar la validez del CRC.

ETHERNET: CSMA/CD

El protocolo CSMA/CD regula el acceso al medio en Ethernet:

CS: *Carrier Sense* (Detección de portadora),

MA: *Multiple Access* (Acceso múltiple al Medio)

CD: *Collision Detection* (Detección de Colisiones)

La idea la tomó Metcalfe de la red Aloha (Abramsom), y le agregó el concepto de la detección de colisiones.

Primero veremos una descripción conceptual y luego discutiremos el protocolo de forma más técnica.

ETHERNET: CSMA/CD II

Cómo funciona el protocolo CSMA/CD?

Se basa en escuchar (sensar) el medio (la portadora) con el fin de detectar si esta ocupado o libre (mediante el nivel de voltaje en el cable.)

Si el medio esta libre dos o más estaciones tienen derecho a transmitir. Si dos de ellas transmiten a la vez se producen *colisiones*.

ETHERNET: CSMA/CD III

Si el medio esta libre dos o más estaciones tienen derecho a transmitir. Si dos de ellas transmiten a la vez, o con muy pequeña diferencia de tiempo, se producen *colisiones*.

La colisión no provoca ningún daño, es una condición de funcionamiento normal de Ethernet.

En presencia de una colisión el marco se descarta y se debe transmitir nuevamente.

ETHERNET: CSMA/CD IV

Cuando se produce una colisión se envía un aviso de alarma y todas las estaciones dejan de transmitir. Luego de un intervalo de tiempo se reinicia la transmisión.

Si nuevamente hay colisiones se generan retardos (Algoritmo de Backoff) hasta que se transmite nuevamente.

ETHERNET: Detección de colisiones

Para detectar las colisiones se debe medir continuamente el nivel de señal del medio.

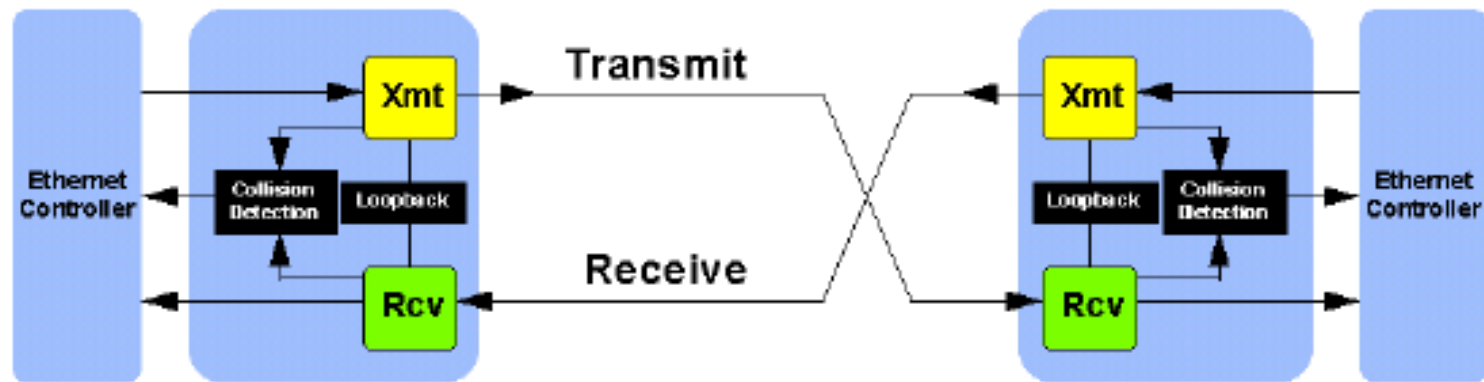
Si se advierte un aumento de nivel en la señal eléctrica en el medio, la estación que lo detecta envía la alarma.

Un Hub puede detectar una colisión si recibe dos señales simultáneamente.

No se puede transmitir y recibir a la vez, ya que se debe sensor el medio, por ello Ethernet funciona en modo Half Duplex.

ETHERNET: Detección de colisiones

No se puede transmitir y recibir a la vez, ya que se debe sensor el medio, por ello Ethernet funciona en modo Half Duplex, ya que posee un circuito dedicado a detectar las colisiones



ETHERNET: Resumen conceptual

Topología lógica BUS



Medio de Tx compartido



Se plantea el problema del Acceso al medio



Protocolo CSMA/CD



Modo de Tx HDX

ETHERNET: Reglas de Acceso al Medio

El Protocolo de Acceso al medio se basa en una serie de condiciones:

Cuando se transmite una señal en el medio o canal, se dice que hay *portadora* (Carrier)

Cuando una estación conectada a Ethernet quiere transmitir un marco, espera que el canal este desocupado (ausencia de portadora)

Cuando el canal esta desocupado la estación espera un tiempo breve llamado *Interframe gap* (IFG) y luego transmite.

Si dos estaciones transmiten simultaneamente detectan la colisión y reprograman la transmisión

ETHERNET: Reglas de Acceso al Medio II

Hay dos operaciones básicas que una estación conectada a un canal HDX debe realizar cuando desea transmitir un marco:

Debe averiguar cuando puede transmitir

Debe ser capaz de detectar y responder frente a las colisiones

Para cumplir estos pasos debe seguir una serie de reglas estrictas.

ETHERNET: Reglas de Acceso al Medio III

- a) Si no hay portadora, y se ha cumplido el período del IFG, entonces transmite el marco inmediatamente.
- b) Si el canal está ocupado espera hasta que se desocupe.
- c) Si se detecta una colisión durante la transmisión, transmite la señal de alarma (*collision enforcement jam signal*), hasta que se envíen 32 bits.
- d) Si se ha producido una colisión la estación retransmite de acuerdo con el algoritmo de retardo (*backoff*)
- e) Cuando se han enviado 512 bits al medio (10 o 100 Mbps) se dice que la estación ha ganado el medio.

ETHERNET: Definiciones importantes

Se define como *ranura de tiempo* (*slot time*) al valor de 512 bits para un canal Ethernet.

El tiempo que demora una señal en atravesar toda la red y volver, conocido como *round trip*.

El slot time se basa en el round trip máximo, que depende del tipo y longitud de los cables, el numero de dispositivos en la red (ej. Hubs), etc.

La norma fija estas condiciones para garantizar el round trip máximo.

ETHERNET: Definiciones importantes

El slot time se basa en la suma del retraso físico de la señal, tiempo de propagación de uno a otro extremo y regreso, por un lado y el tiempo máximo requerido para detectar una colisión y enviar la señal de alarma.

Para Ethernet este valor es 512 bits para redes a 10 y 100 Mbits/s.

Notemos que el slot time es una escala que no depende de la velocidad de la red.

ETHERNET: Definiciones importantes

Para Ethernet (10 Mbits/s) el slot time demora 100 nanosegundos

Para FastEthernet (100 Mbits/s) el slot time demora 10 nanosegundos

Por ello se prefiere emplear el bit time como medida de tiempo en una red.

ETHERNET: Diámetro de la red

Se conoce como diámetro de la red a la distancia entre las estaciones más alejadas.

Este valor esta relacionado con la ranura de tiempo s (slot time) mediante la velocidad de propagación electromagnética del cable y la velocidad de la red:

$$d = 0.5 s \cdot v / b$$

Donde v es la velocidad de propagación en el cable en m/s, b la velocidad de la red en Mbits/s y $s = 512$ bits.

ETHERNET: Diámetro de la red para 10 Mbits

La velocidad de propagación v resulta:

$$v = \alpha c$$

donde α es una constante y c la velocidad de la luz.

Adoptando $\alpha = 0,4$ resulta $v = 1,2 \cdot 10^8$ m/s

Luego el diámetro resulta:

$$d = 0.5 \cdot 512 \cdot 1,2 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 10 \cdot 10^6 \text{ bits/s} = 3070 \text{ m}$$

El límite de 100 m para 10 Base T viene impuesto por limitaciones en la calidad de la señal

ETHERNET: Diámetro de la red para 100 Mbits

Para 100 Mbits resulta:

$$d = 0.5 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 100 \cdot 10^6 \text{ bits/s} = 307 \text{ m}$$

Valor mucho más cercano a los 100 m de distancia máxima para cada tramo.

ETHERNET: Diámetro de la red para 1000 Mbits

En este caso se obtendrían distancias muy cortas, del orden de 20 metros. Por ello se aumenta artificialmente la longitud del marco mínimo a 512 bytes, 4096 bits. De esa forma se mantienen los 100 metros.

ETHERNET: Usos de la ranura de tiempo (Slot Time)

El concepto de slot time puede emplearse de varias formas:

- Establece el límite superior para que una estación adquiera el canal.
- Se la emplea como unidad de tiempo básica para el algoritmo de retardo o backoff.
- Una colisión válida solo puede ocurrir dentro de los primeros 512 bits.

ETHERNET: Longitud mínima del marco ethernet

Cuando discutimos el concepto de marco ethernet vimos que posee una longitud mínima de 46 bytes en los datos y si no alcanza dicho valor se debe agregar un relleno.

La longitud mínima del marco se impone para que el tiempo de transmisión dure, como mínimo, la ranura de tiempo. En caso contrario una estación podría enviar el marco al medio antes de recibir el aviso de colisión.

Los 512 bits equivalen a 64 bytes, y si sumamos 12 bytes de las direcciones, 2 del campo tipo y 4 del FCS, necesitamos mínimo 46 bytes en los datos.

ETHERNET: Algoritmo de Retardo

Este algoritmo es esencial en el funcionamiento de Ethernet ya que permite reprogramar las transmisiones en caso de colisiones.

También permite adecuar el funcionamiento de la red al número de estaciones conectadas, ya que a mayor número de estaciones, mayor probabilidad de colisiones.

ETHERNET: Algoritmo de Retardo

Cuando una estación detecta una colisión espera un tiempo definido por este algoritmo antes de reintentar la transmisión.

Para ello lleva en cuenta el número de intentos de transmisión n , que lo almacena en un contador.

El algoritmo genera un tiempo de espera definido por:

$$0 < r < 2^k$$

Con $k = \min(n, 10)$ y r se selecciona aleatoriamente en el rango de números enteros seleccionado, como se ve en la tabla siguiente.

ETHERNET: Algoritmo de retardo

Collision on attempt #	Estimate of # of other stations offering load ($2^{\text{attempt}-1}$)	Random # range ($0 \dots 2^n - 1$)	Range of backoff times (Rand # * 51.2 μ s)
1	1	0...1	0...51.2 μ s
2	3	0...3	0...153.6 μ s
3	7	0...7	0...358.4 μ s
4	15	0...15	0...768 μ s
5	31	0...31	0...1.59 ms
6	63	0...63	0...3.23 ms
7	127	0...127	0...6.50 ms
8	255	0...255	0...13.1 ms
9	511	0...511	0...26.2 ms
10	1023	0...1023	0...52.4 ms
11	1023	0...1023	0...52.4 ms
12	1023	0...1023	0...52.4 ms
13	1023	0...1023	0...52.4 ms
14	1023	0...1023	0...52.4 ms
15	1023	0...1023	0...52.4 ms
16	too high	n/a	discard frame

ETHERNET: Colisiones tardías

Las colisiones ocurren normalmente dentro de los 512 bits de la transmisión de cada marco. Si la colisión sucede después de ese tiempo se produce un error grave ya que el marco descartado no se reporta a las capas superiores.

Las colisiones tardías implican un mal funcionamiento de la red o un problema de diseño de la misma, ya que por uno u otro motivo no se respeta el round-trip.

ETHERNET: Efecto de captura del canal

Supongamos que dos estaciones A y B deben transmitir al medio una cola infinita de marcos.

En el primer intento ambas transmiten a la vez y se produce la colisión. En ese caso escogen aleatoriamente un número entre 0 y 1 y la estación A transmite ya que escogió el 0 y la B espera.

Cuando termina la primera transmisión quieren transmitir nuevamente (cola infinita). Se produce otra vez la colisión, que resulta la primera para A (rango entre 0 y 1) y la segunda para B (rango entre 0 y 3). En este caso solo hay un 25% posibilidades de que B transmita (A escoge 0 y B 1).

ETHERNET: Efecto de captura del canal

Si nuevamente transmite A entonces B acumula una nueva colisión y cada vez son menos las posibilidades de transmisión de B.

Cuando n alcance 16 se descarta el marco y se pone en cero el contador.

Consecuencia: A transmitió 16 marcos y B ninguno!!!

ETHERNET: Efecto de captura del canal



Esto sucede particularmente en caso de transmisiones de tramas grandes: mpeg, mp3, descargas de ftp o http, etc.

Mucho cuidado con la descarga de música en redes compartidas !!!

ETHERNET: Dominio de Colisión

Se denomina *Segmento* al conjunto de estaciones conectadas a la vez al bus o canal. En el caso de utilizar par trenzado, a todas las conectadas a un Hub.

Todas las estaciones conectadas a un mismo segmento pueden provocar colisiones. Luego se llama *Dominio de Colisión* al conjunto de estaciones conectadas a un segmento.

Ambos términos pueden considerarse sinónimos.

ETHERNET: Dominio de difusión

El conjunto de estaciones que es capaz de intercambiar mensajes de difusión constituye un *Dominio de Difusión*.

Los mensajes de difusión generan mucho tráfico que contribuye a aumentar la probabilidad de colisiones.

Existen protocolos como Netbios que causan mucho tráfico de difusión.

ETHERNET: Dominios de colisión y difusión

Los dominios de colisión y de difusión son elementos importantes para diseñar una red LAN Ethernet.

Volveremos sobre los mismos hacia el final del tema cuando discutamos algunas ideas relacionadas con el rendimiento de este tipo de red.

Cuando se quieren subdividir dichos dominios se habla de *segmentar* una red.

ETHERNET: Equipos de interconexión

En Redes utilizamos diferentes equipos de interconexión. Algunos son dependientes de la tecnología, otros son generales.

Para el caso de Ethernet tenemos:

Capa 1: Hub o concentrador

Capa 2: Switch o conmutador

Capa 3: Router o encaminador

Las redes pueden segmentarse con Switches o Routers, o directamente de manera física, aislando segmentos. No está claro cuál es la forma óptima de segmentar una red.

TOKEN RING IEEE 802.5

PASO DE TESTIGO

ACCESO AL MEDIO: Arbitrado

NO HAY COLISIONES !!!

VELOCIDAD 4/16 Mbits

COSTOSA

CABLEADO ESTRUCTURADO - MAU

Norma IEEE 802.5 (token ring)

- No hay colisiones.
- Hay un token (trama) que recorre un anillo físico con un estado desocupado o no.
- Va recorriendo los host, y si éste quiere transmitir indica en el token que está ocupado y agrega la información.
- El token continúa su viaje, y al llegar a una nueva estación (host), ésta se fija el estado del mismo y en caso de estar ocupado verifica si la información es para ella y así sucesivamente.

Norma IEEE 802.5 (token ring)

- El token o testigo sólo se libera cuando llega nuevamente a su origen (el que lo ocupó).
- La IEEE 802.5 la normalizó haciendo que la longitud del anillo sea mayor o igual a la longitud del token en bits. Si una terminal se desconecta la interfaz se cierra y queda el camino continuo. Existe un nodo que actúa como administrador. En el caso de que el token pase dos veces como ocupado, éste lo libera. Cuando una estación transmite, luego ella es la encargada de regenerar el token.

Norma IEEE 802.5 (token ring)

- Estructura del token



- Tiene una estructura de tres campos de un byte cada uno. El primer byte se lo conoce como delimitador de comienzo SD, el segundo se lo identifica como control de acceso AC, y el tercero delimitador de fin ED.

Norma IEEE 802.5 (token ring)

- Estructura de la trama

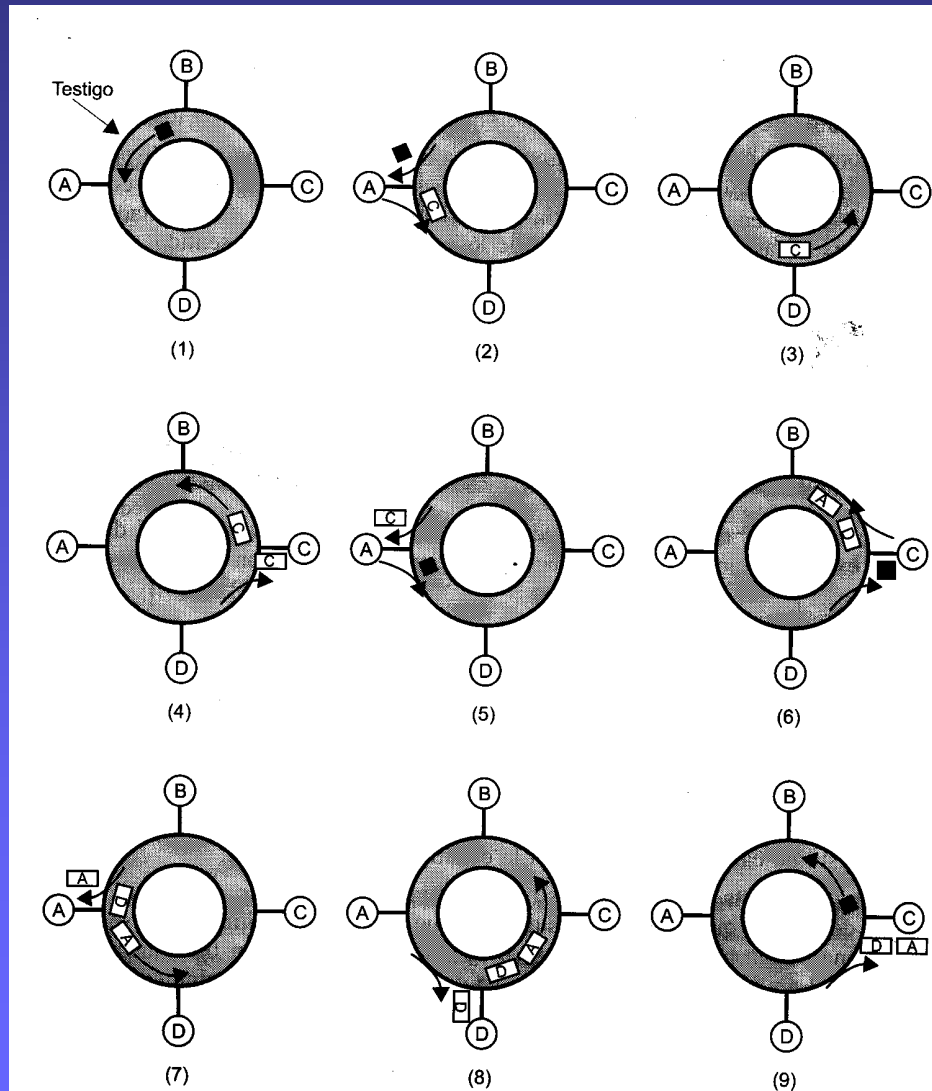
SD	AC	FC	DA	SA	DATA	CRC	ED	FS
1B	1B	1B	6B	6B	0 a 8192	4B	1B	1B

- **AC:** Access control.
- PPPTMRRR
- El emisor emite la trama, la señal llega bien o mal y vuelve al emisor. El receptor modifica un campo de estado (FS) indicando que hizo o que ocurrió con la recepción. Se usan dos bits:
 - . A=0, C=0 → destino desconectado
 - . A=1, C=0 → destino no tomó la información
 - . A=1, C=1 → destino aceptó la trama
- La trama es codificada en Manchester diferencial, el SD y ED son codificados de manera diferente, es decir, en un bit no hay transmisiones, esto lo hace para indicar el comienzo y fin correspondiente.

Norma IEEE 802.5 (token ring)

- **Mantenimiento del anillo:**
- Cada anillo físico tiene una estación supervisora que se encarga de su mantenimiento.
- Responsabilidades del supervisor
 - ✓ Vigilar que el testigo no se haya perdido.
 - ✓ Tomar decisiones cuando se rompe el anillo.
 - ✓ Limpiar el anillo cuando aparezcan tramas mutiladas.
 - ✓ Observar la presencia de tramas huérfanas.

Token Ring: Acceso al Medio



FDDI

Se la emplea como tecnología MAN o bien como troncal de alta velocidad para interconectar LAN's.

Esta poco difundida en Argentina, Ethernet la ha superado.

La señalización es 4B/5B, NRZI

FDDI: Accesso al Medio

