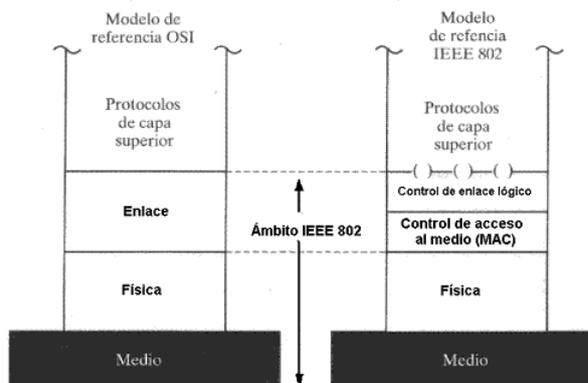
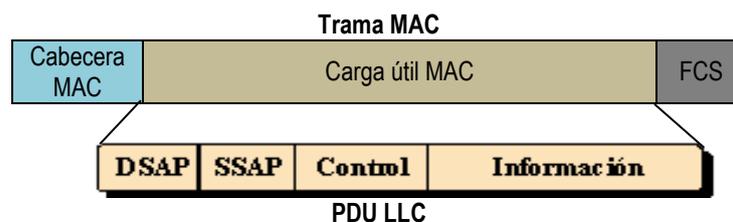


# CAPITULO 11. LAN CABLEADAS: ETHERNET

- El mercado de LAN ha visto varias tecnologías tales como Ethernet, Token Ring, Token Bus, FDDI y LAN ATM. Pero Ethernet es la tecnología dominante.
- ESTANDÁRES DEL IEEE:
  - En 1985, la Computer Society del IEEE comenzó un proyecto, denominado Proyecto 802, para crear estándares que permitieran la intercomunicación entre equipos de distintos fabricantes.
  - Este proyecto busca la manera de especificar funciones de nivel físico y de nivel de enlace de los distintos protocolos LAN.
  - El IEEE a subdividido el nivel de enlace en dos subniveles:
    - Control de enlace lógico (LLC, Logical Link Control).
    - Control de acceso al medio (MAC, Media Acces Control).

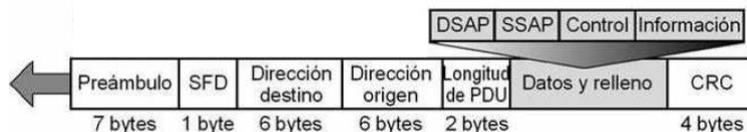


- Nivel de enlace:
  - LLC, subnivel:
    - Gestiona el control de flujo, el control de error y parte de las tareas de tramado.
    - Proporciona un único protocolo de control de enlace de datos para todas las LAN IEEE.
    - Tramado:
      -



- Se define una unidad de datos de protocolo (PDU, Protocol Data Unit).
- Campos en la cabecera de la PDU LLC:
  - DSAP (Destination Service Access Point): El Punto de acceso a servicio destino, define el protocolo de nivel superior que usará LLC en el destino.
  - SSAP (Source Service Access Point): El Punto de acceso a servicio origen, define el protocolo de nivel superior que usará LLC en el origen.
  - Control: usado para el control de flujo y error.
- Necesidad del LLC:
  - El objetivo del LLC es proporcionar control de flujo y error para los protocolos de más alto nivel que realmente demanden estos servicios.
- MAC, subnivel:
  - Define los métodos de acceso específicos para cada LAN.
    - CSM/CD para LAN Ethernet.

- Paso de testigo para LAN Token Ring y Token Bus.
  - Gestiona parte de la función de tramado.
- Nivel físico:
  - Es dependiente de la implementación y el tipo de medio físico usado.
  - El IEEE define especificaciones para cada implementación LAN.
- ESTANDAR ETHERNET:
  - Originalmente creada en 1976 en Xerox PARC (Palo Alto Research Center).
  - Desde entonces ha pasado por cuatro generaciones:
    - Ethernet Estándar: 10 Mbps.
    - Fast Ethernet: 100 Mbps.
    - Ethernet Gigabit: 1 Gbps.
    - Ethernet 10 Gigabit: 10 Gbps.
  - Subnivel MAC:
    - En Ethernet estándar, el subnivel MAC controla la operación de los métodos de acceso,
    - Hace tramas con los datos recibidos del nivel superior y las pasa a nivel físico.
    - Formato de la trama:
      - Contiene siete campos:

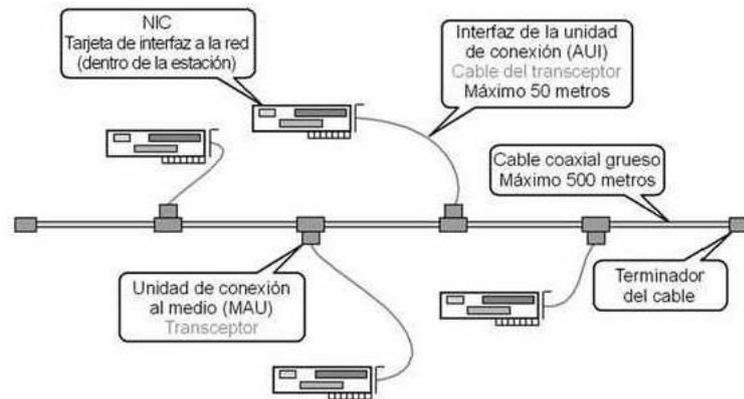


- Preámbulo:
  - Longitud de siete bytes (56 bits) de 1 y 0 alternos para la sincronización con el receptor.
  - El patrón proporciona una alerta y un pulso de sincronización.
  - El preámbulo se añade en el nivel físico y no es parte de la trama 802.3.
- Delimitador de comienzo de trama (SFD):
  - Longitud de un byte (10101011) indica el comienzo de trama, avisando al receptor de la última oportunidad de sincronización.
  - Los últimos dos bits son 11 para alertar al receptor de que el siguiente campo es la dirección destino.
- Dirección destino (DA):
  - Longitud de seis bytes que contiene la dirección física del receptor.
- Dirección origen (SA):
  - Longitud de seis bytes que contiene la dirección física del emisor.
- Longitud o tipo:
  - Como tipo define el protocolo de nivel superior usando la trama MAC.
  - En la IEEE 802.3 es el campo longitud de trama MAC sin incluir Preámbulo y SFD.
- Datos:
  - Contiene los datos encapsulados por los protocolos de nivel superior.
  - La longitud mínima es de 46 bytes y máxima de 1500 bytes.
- CRC:
  - Contiene información de detección error (CRC-32).
  - La Ethernet no proporciona ningún mecanismo de confirmación de tramas.
- Longitud de la trama:
  - Mínima:
    - 64 bytes, necesaria para la correcta operación de CSMA/CD.
    - 18 bytes de Cabecera y cola más 46 bytes de datos del nivel superior.
    - Si el tamaño de datos del nivel superior fuese menor de 46 bytes se añade relleno hasta completarlos.
  - Máxima:

- 1518 bytes sin incluir Preámbulo y SFD.
- Una de las restricciones de longitud máxima es para evitar que una estación monopolice el medio compartido.
- Direccionamiento:
  - Cada estación de una red Ethernet tiene su propia tarjeta de interfaz de red (NIC, Network Interface Card).
  - La NIC proporciona una dirección física de seis bytes, escritos en notación hexadecimal, separando cada byte por dos puntos.
  - Direcciones:
    - Unicast:
      - Define únicamente una estación.
      - Una dirección origen es siempre unicast.
      - Una dirección destino unicast define únicamente un receptor.
      - Relación emisor/receptor es uno a uno.
    - Multicast:
      - Una dirección destino multicast define un grupo de direcciones.
      - Relación emisor/receptor es uno a muchos.
    - Broadcast:
      - Una dirección destino broadcast define a todos los receptores de la LAN.
    - El bit menos significativo del primer byte define el tipo de dirección:
      - Si es 0, la dirección es unicast.
      - Si es distinto de cero la dirección es multicast.
    - Si todos los bytes de la MAC son 0xFF la dirección es broadcast.
    - El envío de las direcciones por la línea se hace byte a byte, de izquierda a derecha y para cada byte se envía primero el LSB y el MSB se envía el último.  
Ej.: AA:BB:CC:DD:EE:69 → 55:DD:33:BB:77:69
- Método de acceso: CSMA/CD:
  - La Ethernet estándar usa CSMA/CD persistente.
  - Tiempo de rodaja:
    - Tiempo de vuelta + tiempo necesario para enviar secuencia de atasco (jam).
    - Este tiempo se mide en bits y es el tiempo necesario para que una estación envíe 64 bytes (512 bits).
  - Tiempo de rodaja y colisión: (véase cap. 10).
  - Tiempo de rodaja y longitud máxima de la red (dominio de la colisión):
    - $L_{mt} = V_{pm} \cdot (T_r / 2) = 5120 \text{ m}$ .
    - Donde:
      - $L_{mt}$  = Longitud máxima teórica.
      - $V_{pm}$  = Velocidad de propagación del medio ( $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ).
      - $T_r$  = Tiempo de rodaja ( $51,2 \mu\text{s}$ )
    - Considerando los tiempos de retraso en repetidores e interfaces y el tiempo necesario para enviar la señal de atasco, la longitud máxima es de 2500 m.
- Nivel físico:
  - Codificación y decodificación:
    - Señalización digital (banda Base) a 10 Mbps.
    - Codificación y decodificación usando el esquema Manchester.

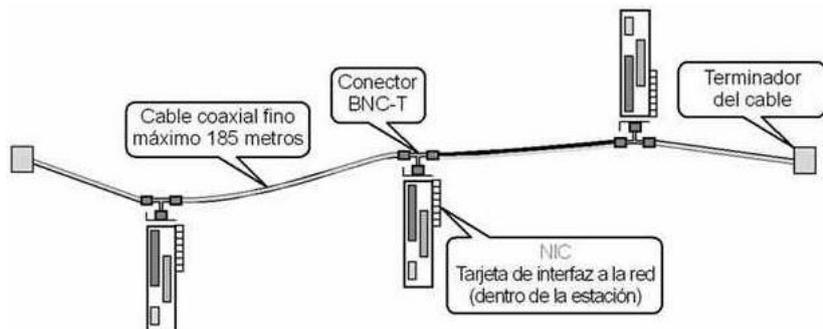
▪ 10Base5 (Ethernet gruesa o Thicknet):

- 10 por 10 Mbps, Base por banda Base digital y 5 por 500 m. de longitud máxima de cable.
- Se denomina Ethernet gruesa por el gran grosor y la alta rigidez del cable.
- Usa una topología de bus con transceiver externo (transmisor/receptor) conectado a través de una sonda a un cable coaxial grueso.
- El transceiver gestiona la transmisión, recepción y detección de colisiones.
- El transceiver se conecta a la estación por un cable que proporciona caminos separados para enviar y recibir.



▪ 10Base2 (Ethernet fina o Cheapernet):

- 10 por 10 Mbps, Base por banda Base digital y 2 por 200 m. de longitud máxima de cable.
- Usa topología de bus.
- El cable coaxial es mucho más fino, pudiendo pasar muy cerca de las estaciones.
- EL transceiver forma parte de la NIC, que se encuentra instalada dentro de la estación.
- Esta instalación es más sencilla y menos costosa que 10Base5, sin embargo el tamaño máximo del cable no debe superar los 185 m. debido al alto nivel de atenuación de la señal en el cable coaxial fino.



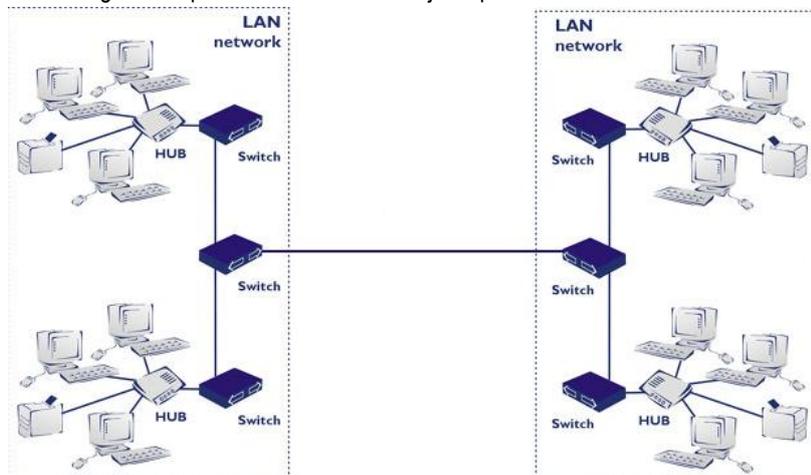
▪ 10Base-T (Ethernet de par trenzado):

- Usa una topología de estrella.
- Las estaciones se conectan a través de un concentrador vía dos pares de cable de par trenzado, creando dos caminos (uno para enviar y otro para recibir) entre la estación y el concentrador.
- Las colisiones se resuelven en el concentrador.
- Para minimizar el efecto de la atenuación en el cable de par trenzado, este no ha de superar los 100 m.



- Sin necesidad de CSMA/CD:
    - En una Ethernet conmutada full-duplex al estar los enlaces dedicados entre la estación y el conmutador no hay necesidad de detectar:
      - La portadora.
      - La colisión.
  - Nivel de control MAC:
    - Para proporcionar control de flujo y error en la Ethernet conmutada full-duplex, se añade un nuevo subnivel, denominado control MAC, entre el subnivel LLC y el subnivel MAC.
- FAST ETHERNET:
  - Se diseñó para competir con protocolos LAN como FDDI o Fiber Channel.
  - El IEEE creó la Fast Ethernet bajo denominación 802.3u.
  - Los objetivos se resumen como:
    - Aumentar la velocidad de datos a 10 Mbps.
    - Compatibilidad con la Ethernet estándar.
    - Mantener las mismas direcciones de 48 bits.
    - Mantener el mismo formato de trama.
    - Mantener las mismas longitudes mínima y máxima para la trama.
  - Subnivel MAC:
    - Se mantiene intacto el subnivel MAC.
    - Se abandona la topología de bus, manteniendo la topología de estrella.
    - En la topología de estrella semiduplex, las estaciones se conectan a través de un conmutador y el método de acceso sigue siendo CSMA/CD.
    - En la topología de estrella dúplex, las estaciones se conectan a través de un conmutador con buffers en cada puerto.
    - Autonegociación:
      - Característica nueva que permite a dos dispositivos negociar el modo de velocidad de datos de la operación.
      - Los objetivos son permitir:
        - A dispositivos incompatibles conectarse entre sí.
        - A un dispositivo tener múltiples capacidades.
        - A una estación comprobar las capacidades del concentrador.
  - Nivel físico:
    - Es más complicado que la Ethernet estándar.
    - Topología:
      - Si sólo hay dos estaciones, se pueden conectar punto a punto.
      - En caso contrario, se conectan en estrella mediante un conmutador.
    - Implementación:
      - Véase tabla resumen al final del capítulo.
    - Codificación:
      - Véase tabla resumen al final del capítulo.
- ETHERNET GIGABIT:
  - El comité IEEE lo denomina 802.3z.
  - Los objetivos se resumen como:
    - Aumentar la velocidad de datos a 1 Gbps.
    - Compatibilidad con la Ethernet estándar y Fast Ethernet.
    - Mantener las mismas direcciones de 48 bits.
    - Mantener el mismo formato de trama.
    - Mantener las mismas longitudes mínima y máxima para la trama.
    - Proporcionar autonegociación como la definida en Fast Ethernet.
  - Subnivel MAC:
    - Se modifica el subnivel MAC accediendo al medio en modo dúplex o semiduplex.

- Duplex:
  - Hay un conmutador central conectado a todas las computadoras u otros conmutadores.
  - No existe colisión, por lo tanto la longitud del cable queda determinada por la atenuación de la señal en cable.
- Semiduplex:
  - Usado por compatibilidad con las generaciones anteriores.
  - Usa un concentrador, que actúa como el cable común en el que podría ocurrir una colisión.
  - Se definen tres métodos:
    - Tradicional:
      - Mantiene la longitud mínima de trama a 512 bits.
      - Debido a que la longitud de un bit es ahora 1/100 veces más corta, el tiempo de rodaja es  $512 \cdot 1/100 \mu s$ .
      - Este tiempo de rodaja significa que la colisión se detecta 100 veces antes.
      - La longitud máxima de la red es de 25 metros.
    - Extensión de portadora:
      - Para permitir una red mayor, se incrementa la longitud mínima de trama a 512 bytes (4096 bits).
      - Este método fuerza a cada estación a rellenar cualquier trama menor de 512 bytes.
      - De esta forma la longitud máxima de la red es de 200 metros, permitiendo una longitud de 100 metros desde el concentrador a la estación.
    - Ráfagas de tramas:
      - Mejora la eficiencia del método anterior si hay series de tramas cortas a enviar.
      - En este caso se la estación envía múltiples tramas, añadiendo relleno entre ellas hasta conseguir los 512 bytes.
      - De esta manera se engaña al resto de estaciones para que piensen que se ha transmitido una trama muy larga.
- Nivel físico:
  - Topología:
    - Si sólo hay dos estaciones, se pueden conectar punto a punto.
    - En caso contrario, se conectan en estrella mediante un conmutador o un concentrador en el centro.
    - Otra configuración posible es conectar una jerarquía de estrellas.



- Implementación:
    - Véase tabla resumen al final del capítulo.
  - Codificación:
    - Véase tabla resumen al final del capítulo.
- ETHERNET 10 GIGABITS:
  - El comité IEEE lo denomina 802.3ae.
  - Los objetivos se resumen como:
    - Aumentar la velocidad de datos a 10 Gbps.
    - Compatibilidad con la Ethernet estándar, Fast Ethernet y Ethernet Gigabit.
    - Mantener las mismas direcciones de 48 bits.
    - Mantener el mismo formato de trama.
    - Mantener las mismas longitudes mínima y máxima para la trama.
    - Permitir la interconexión de la LAN con redes MAN o WAN.
    - Hacerla compatible con tecnologías como Frame Relay y ATM.
  - Subnivel MAC:
    - Opera solo en modo dúplex.
  - Nivel físico:
    - Diseñada para usar cable de fibra óptica de largas distancias.
    - Existen tres implementaciones más comunes:
      - 10GBase-S.
      - 10GBase-L.
      - 10GBase-E.
- Tabla resumen de codificación/implementación de Ethernets vistas en el capítulo:

		Características				
		Medio	Nº de cables	Longitud máxima	Codificación bloque	Codificación en línea
Ethernet Estándar	10Base5	Cable grueso coaxial		500 m		Manchester
	10Base2	Cable coaxial fino		185 m		Manchester
	10Base-T	2 UTP		100 m		Manchester
	10Base-F	2 fibras		2000 m		Manchester
Fast Ethernet	100Base-TX	5 UTP o STP	2	100 m	4B/5B	MLT-3
	100Base-FX	Fibra	2	100 m	4B/5B	NRZ-I
	100Base-T4	4 UTP	4	100 m		8B/6T
Ethernet Gigabit	1000Base-SX	Fibra onda corta	2	550 m	8B/10B	NRZ
	1000Base-LX	Fibra onda larga	2	5000 m	8B/10B	NRZ
	1000Base-CX	STP	2	25 m	8B/10B	NRZ
	1000Base-T	5 UTP	4	100 m		4D-PAM5
Ethernet de 10 Gigabit	10GBase-S	Onda corta 850-nm multimodo		300 m		
	10GBase-L	Onda larga 1310-nm unimodo		10 km		
	10GBase-E	Extendida 1550-nm unimodo		40 km		