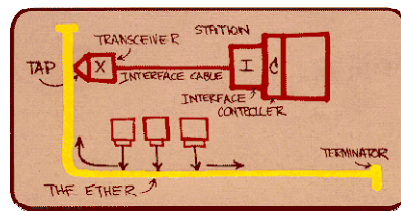


Unidad 2. Familia Ethernet



Facultad de Informática
Curso 2008/2009

Indice

- Antecedentes
- Control de acceso al medio
- Ventajas e inconvenientes
- Formato de trama MAC
- Implementación
- Normas IEEE 802.3
- Concepto de dominios de colisión
- Segmentación
 - Bridged Ethernet
 - Switched Ethernet
- Full-duplex Ethernet
- Configuración automática
- Normas IEEE 802.3u Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10-Gigabit Ethernet

Antecedentes: Aloha

ALOHA (U. Hawaii, 1970)

Diseñado para la comunicación entre estaciones de radio.

- Puro (18% utilización máxima)
 - Se envía una trama, y si en el tiempo de ida y vuelta no se recibe confirmación (2 veces el tiempo de transmisión de una trama), se reenvía.
 - ¿¿¿Colisiones???

3

Antecedentes: Aloha (II)

ALOHA

- Ranurado (1972) (37% utilización máxima)
 - Se divide el tiempo en ranuras de ancho igual al tiempo de transmisión de una trama.
 - Sólo se envían tramas en los comienzos de ranura.
 - Se necesita un reloj global.

No se está aprovechando que el tiempo de propagación es pequeño respecto al tiempo de transmisión de una trama. (10Mbps)

- El resto de estaciones podrían enterarse que se está transmitiendo casi inmediatamente después de comenzada la transmisión.
- Realimentación del estado de la red

4

Antecedentes: CSMA

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Las estaciones que desean transmitir, escuchan el medio de transmisión para detectar si hay alguna transmisión en marcha, antes de emitir.
 - En banda base, detectan los cambios de tensión en el MdT.
 - En banda ancha, detectan la señal portadora (Carrier Sense).
- Sólo habrá colisiones cuando dos estaciones intenten transmitir casi simultáneamente.

Si hay una colisión, las estaciones no se dan cuenta y siguen transmitiendo, hasta que termina el envío de las tramas.

- Se está desperdiciando ancho de banda del MdT.

5

MAC en CSMA/CD

Cuando una estación desea transmitir:

- Si el canal no está ocupado, transmitir.
- Si el canal está ocupado esperar a que quede libre y transmitir (1-persistente).
- Cuando se transmite se escucha del medio para detectar si hay alguna colisión.
- Si se produce una colisión
 - **Parar de emitir.**
 - Transmitir una pequeña señal de perturbación ("jam"), para asegurar que todas las estaciones detectan la colisión.
 - Esperar una cantidad de tiempo aleatoria (binary exponential backoff), y repetir el algoritmo desde el principio.

6

Persistencia

¿Cuándo se intenta transmitir si el canal está ocupado?

Algoritmos:

- No persistente
 - Si el canal está ocupado se espera un tiempo aleatorio, y lo vuelve a intentar.
- 1-persistente
 - Se espera a que este libre, continua escuchando e intenta transmitir inmediatamente.
- P-persistente
 - Se espera a que este libre, e intenta transmitir con probabilidad p , y sino repite el intento en la siguiente ranura.

7

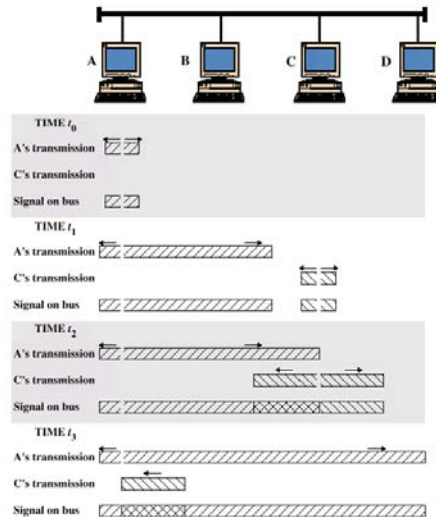
Colisiones

La longitud de la trama debe permitir detectar las colisiones antes de que termine la transmisión (tiempo de una ranura).

- Sino se comporta como CSMA.
- En el peor de los casos CSMA/CD desaprovecha el canal el tiempo que tarde en detectarse la colisión

8

Colisiones. Banda base



9

Ejercicios

Red banda base. (10 segmentos de 500 m con sus repetidores)

- Longitud 5km
- 10 Mbps
- Velocidad de propagación 200000 km/s

1) ¿cuál es el tamaño mínimo que permite detectar colisiones?

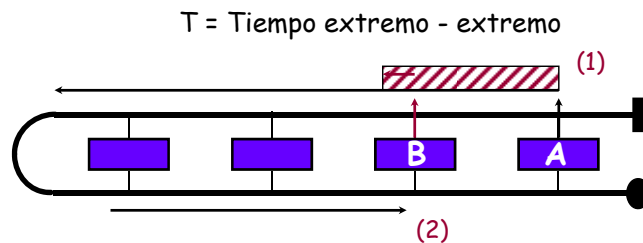
- 1.1) Tiempo de propagación IDA Y VUELTA?
- 1.2) Bits enviados en dicho tiempo?

2) Manteniendo el tamaño de trama. ¿qué sucede si aumentamos la velocidad a 100 Mbps?

- 2.1) Tiempo de propagación IDA Y VUELTA?
- 2.2) Longitud máxima de la red?

10

Colisiones. Banda Ancha



- 1) A inicia transmisión en t_0 (1)
- 2) B inicia transmisión en $t_0 + 2T - t$ (2)
- 3) ¿cuándo detectan las colisiones A y B?

11

Colisiones

Algoritmo de Backoff:

- Mientras número_intentos < Límite (16)
 - $k = \min(n^\circ \text{ intento}, 10)$
 - $r = \text{aleatorio entre } 0 \leq r \leq 2^k$
 - $\text{retardo} = r \times \text{tiempo de ranura}$
- Sino devuelve un error de transmisión.

12

Ventajas e inconvenientes

Ventajas CSMA/CD

- Simplicidad del algoritmo.
- Implementación sencilla, bajo coste y fiabilidad.
- Técnica suficientemente probada.
- Buen rendimiento hasta determinado nivel de carga.

Inconvenientes CSMA/CD

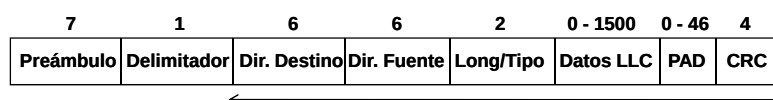
- Técnica LIFO ante colisiones.
- Longitud de los mensajes mínima.
- Dificil distinción entre ruido y colisiones.
- La atenuación complica la detección de colisión.
- No permite la gestión de prioridades.
- Rendimiento pobre conforme aumenta la carga.

13

Formato de trama MAC

Formato de trama IEEE 802.3

- Codificación manchester.
- Preámbulo: 7 octetos (10101010), sincronización.
- Delimitador: 10101011.
- Direcciones: 48 bits.
- Bytes de relleno para alcanzar la longitud mínima.
- CRC: se excluye el preámbulo y el delimitador de inicio.



Tamaño mínimo: 64 bytes
Tamaño máximo: 1518 bytes

Razones??

14

Implementación del MAC

Detalles

- Espacio entre tramas: $9,6 \mu\text{s}$.
- Jam: 16 bytes.
- Retardo de propagación entre extremos (τ): $25,6 \mu\text{s}$.
- Tiempo de ranura: 2τ .

15

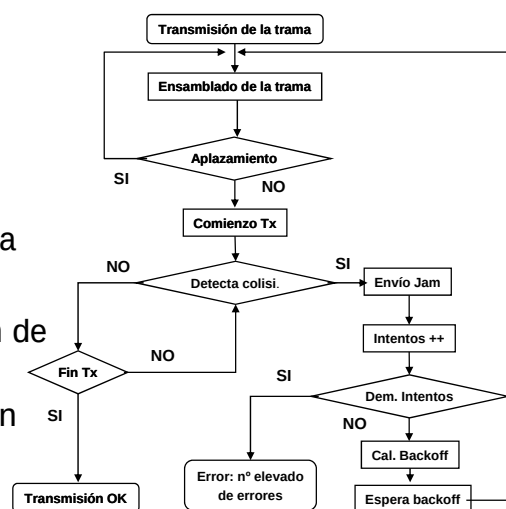
Transmisión de trama

Encapsulado

- Ensamblar trama
- Generación CRC

Gestión MAC

- Detección de portadora
- Espacio entre tramas
- Detección y resolución de colisiones
- Backoff y retransmisión



16

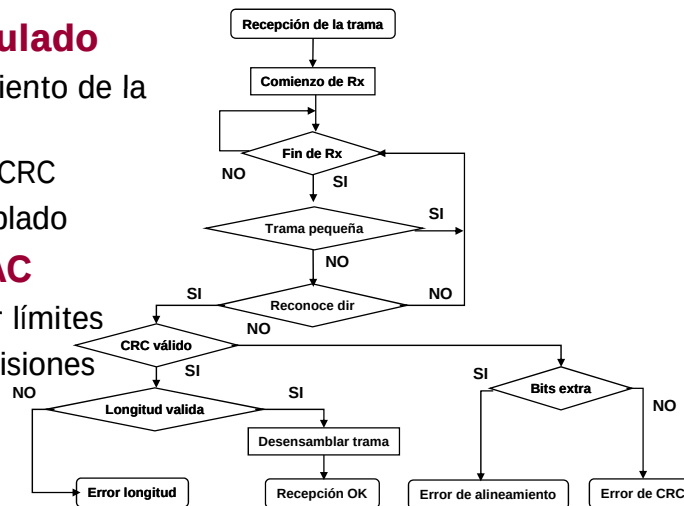
Recepción de tramas

Desencapsulado

- Reconocimiento de la dirección
- Validación CRC
- Desensamblado

Gestión MAC

- Determinar límites
- Filtrado colisiones



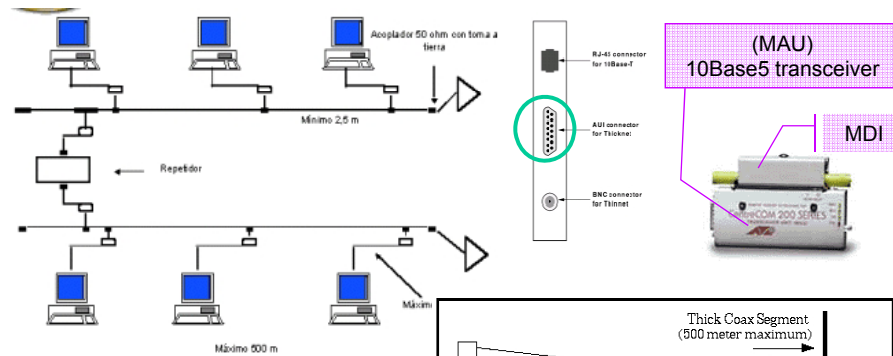
17

MdT y topologías

Parámetro	10BASE5 (Ethernet)	10BASE2 (Cheapernet)	1BASE5 (StarLAN)	10BASET	10BROAD36
Medio de Transmisión	Cable Coaxial (50 Ω)	Cable Coaxial (50 Ω)	Par trenzado sin apantallar	Par trenzado sin apantallar	Cable Coaxial (75 Ω)
Diámetro del Cable	10 mm.	5 mm.	0,4-0,6 mm.	0,4-0,6 mm.	0,4-1,0 mm.
Técnica de Señalización	Banda Base (Manchester)	Banda Base (Manchester)	Banda Base (Manchester)	Banda Base (Manchester)	Banda Ancha (DPSK)
Velocidad de Transmisión	10 Mbps.	10 Mbps.	1 Mbps.	10 Mbps.	10 Mbps.
Longitud Max. de Segmento	500 m.	185 m.	500 m.	100 m.	1800 m.
Diámetro Max.	2500 m.	925 m.	2500 m.	500 m.	3600 m.
Nodos por Segmento	100	30	-	-	-

18

Ethernet 10Base-5



MAU: Medium Attachment Unit

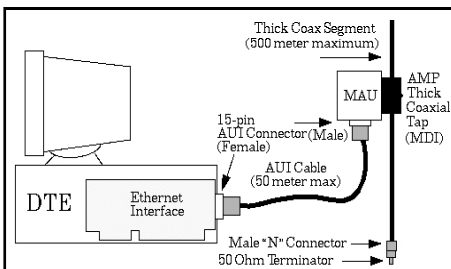
- Emite, recibe y detecta.

MDI: Medium Dependent Interface

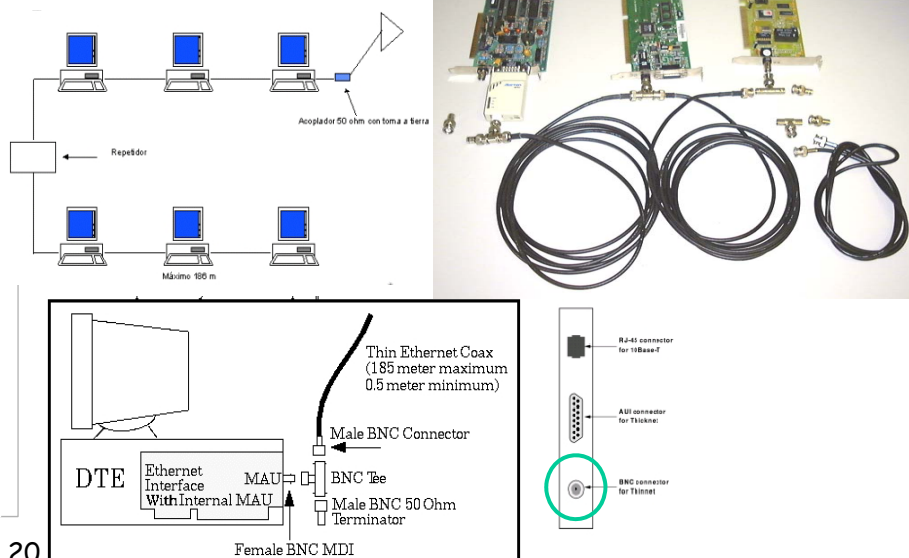
AUI: Attachment Unit Interface

- Conjunto de pares trenzados.

19

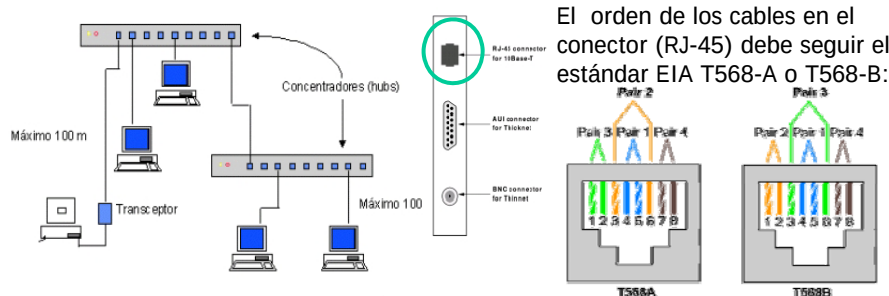


Ethernet 10Base-2



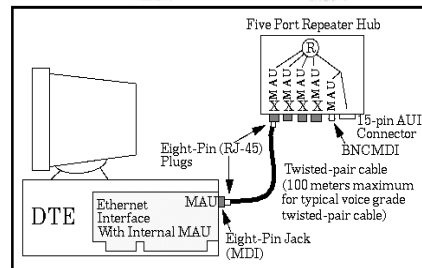
20

Ethernet 10Base-T



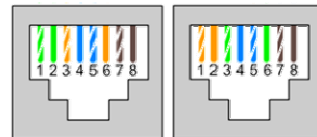
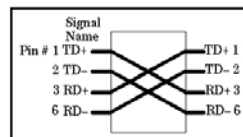
Topología en estrella,
funcionamiento bus lógico:
El repetidor detecta la colisión
mediante la presencia de señales por
más de una entrada, en cuyo caso se
realiza una difusión de la señal
presencia de colisión (CP) por todos
los puertos.

21



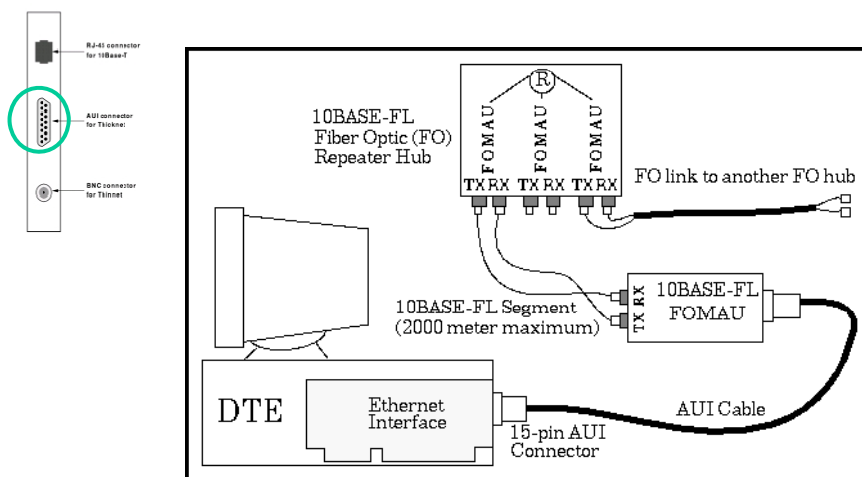
Cables de red

- Si el orden de los cables (colores) es el mismo en los dos extremos (conectores) lo usamos para conectar:
 - PC o servidor a Switch
 - PC o servidor a Hub
 - Switch a router
- Si se han cruzado las líneas de transmisión y recepción (pines 1 y 2 conectados al 3 y 6 en el otro extremo) tenemos un cable cruzado que se usa para conectar:
 - Switch a switch
 - Switch a hub
 - Hub a hub
 - Router a router
 - PC a PC
 - Router a PC



22

Ethernet 10Base-F



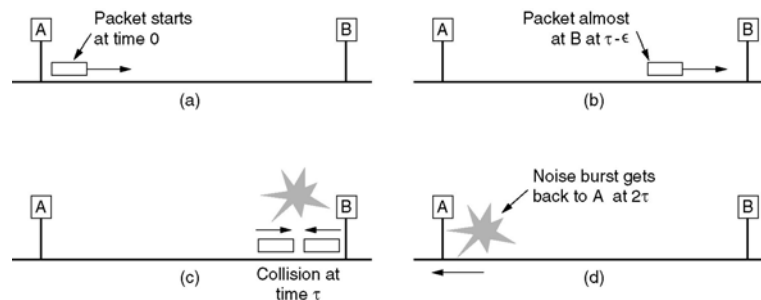
23

Indice

- Antecedentes
- Control de acceso al medio
- Ventajas e inconvenientes
- Formato de trama MAC
- Implementación
- Normas IEEE 802.3
- Concepto de dominios de colisión
- Segmentación
 - Bridged Ethernet
 - Switched Ethernet
- Full-duplex Ethernet
- Configuración automática
- Normas IEEE 802.3u Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10-Gigabit Ethernet

24

Concepto de dominio de colisión



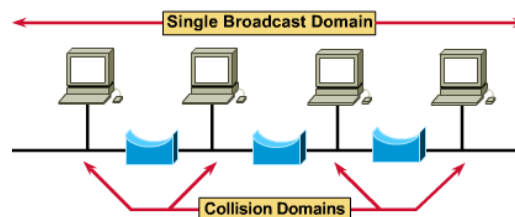
Un dominio de colisión lo forman un conjunto de dispositivos de la red que pueden potencialmente colisionar entre sí al intentar transmitir.

- En una red Ethernet “tradicional” (bus o hub) existe un único dominio de colisión compuesto por todos los dispositivos conectados a la red

25

Segmentación

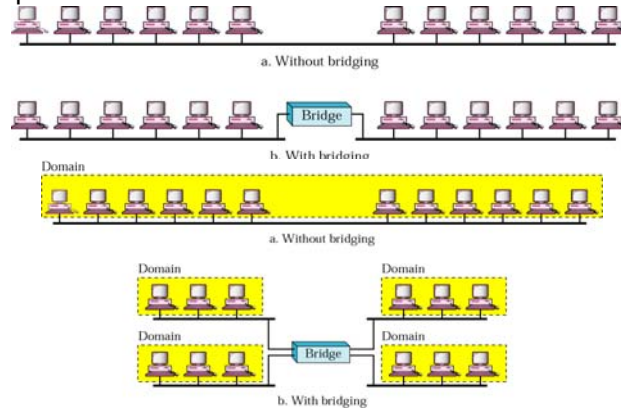
- La segmentación es el proceso de dividir o separar un dominio de colisión en dos o más dominios de colisión.
- Los puentes y conmutadores (switches) pueden utilizarse para segmentar una topología lógica en bus y crear dominios de colisión separados.
 - Sin embargo la topología global todavía representa un único ‘*broadcast domain*’ ya que tanto los puentes como los switches reenvían paquetes de broadcast.



26

Bridged Ethernet

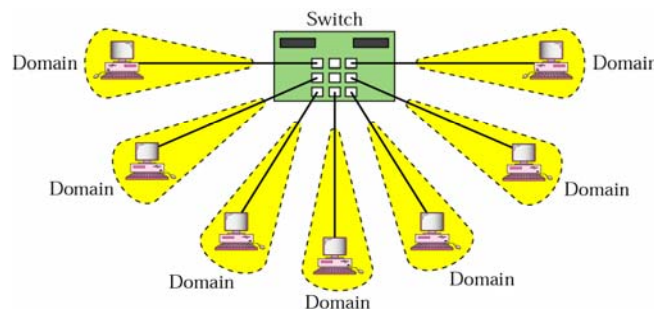
- Utilización de puentes:
 - Separan dominios de colisión
 - Mejoran las prestaciones, ya que ahora en cada segmento se reparte el ancho de banda entre menos estaciones



27

Switched Ethernet

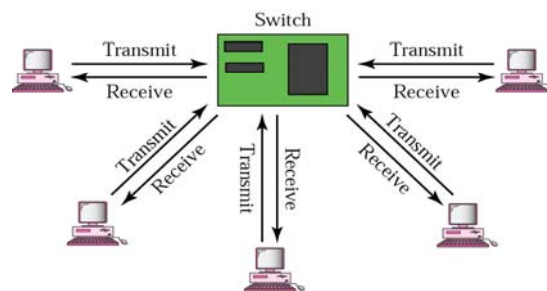
- Cada estación utiliza un enlace separado hasta el puerto correspondiente en el switch (ya no hay medio compartido)
- Añade ancho de banda sin cambiar las tarjetas de red



28

Full-duplex Ethernet

- La normativa de cableado estructurado (medios dedicados) y la 'micro-segmentación' que proporcionan los switches ha hecho posible la comunicación full-duplex en Ethernet
- Las dos interfaces del enlace deben poder operar en modo full-duplex
- Gigabit Ethernet básicamente trabaja en full-duplex



29

Control de flujo

- Full-duplex Ethernet requiere control de flujo
 - La probabilidad de perder tramas debido a congestión de los buffers aumenta con las altas velocidades de transmisión y que un switch tenga que atender enlaces full duplex dedicados con cada estación que tiene conectada
 - Implementarlo en niveles superiores sería muy perjudicial para la productividad
- Entre los dos dispositivos conectados al enlace (no es un control de flujo extremo a extremo)
- Un simple "stop-start"
 - Trama "PAUSE"

30

Configuración automática (auto-negociación)

- Permite que los dispositivos conectados por un enlace negocien la velocidad de funcionamiento (10, 100 o 1000 Mbps), así como el tipo de operación (half-duplex o full-duplex), seleccionando el mejor denominador común.
 - Posibilita la actualización a nuevas versiones de Ethernet manteniendo equipos antiguos, y sin tener que configurar nada a mano
 - Ocurre durante la inicialización del enlace
 - Cada dispositivo indica sus capacidades
- Definida en la cláusula 28 de la edición de 1998 del estándar IEEE 802.3.

31

Configuración automática

- La especificación de la *auto-negociación* incluye la recepción, arbitraje y transmisión de trenes de pulsos (normal link pulses ó NLPs) en los que va encapsulada la información para la configuración automática.
- Todas las funciones se implementan como parte del transceiver de nivel físico.

32

Indice

- Antecedentes
- Control de acceso al medio
- Ventajas e inconvenientes
- Formato de trama MAC
- Implementación
- Normas IEEE 802.3
- Concepto de dominios de colisión
- Segmentación
 - Bridged Ethernet
 - Switched Ethernet
- Full-duplex Ethernet
- Configuración automática
- Normas IEEE 802.3u Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10-Gigabit Ethernet

33

Fast Ethernet

Características técnicas

- Standard IEEE 802.3u.
- Método de acceso al medio
 - CSMA/CD
 - Formato de trama idéntico al 802.3
- Velocidad de transmisión: 100Mbps
- Topología en estrella.
 - Basada en la interconexión con hubs/switches.
- Cableado similar al 10BASE-T y 10BASE-F.
 - Codificaciones especiales para conseguir 100 Mbps.

34

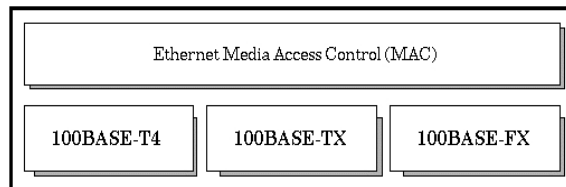
Fast Ethernet

Ventajas

- Incremento de velocidad.
- Interoperabilidad con Ethernet 10Mbps.
- Instalación rápida y económica.

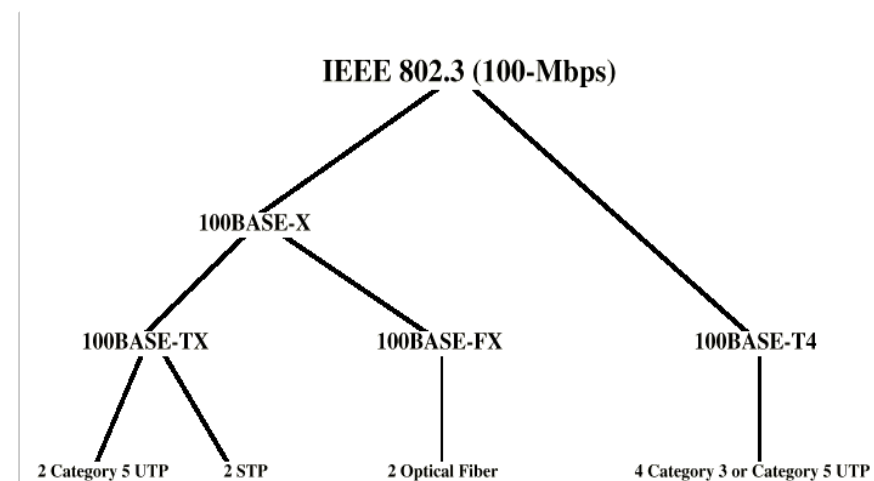
Medio Físico

- 100BaseT4, 100BaseTX, 100BaseFX



35

Medios de Transmisión



36

100Base-X

Codificación Manchester

- 100Mbps --> 200Mbaudios
→ ¿100 metros par trenzado UTP?

Códigos más eficientes (bits transmitidos/baudios)

Código 4B/5B

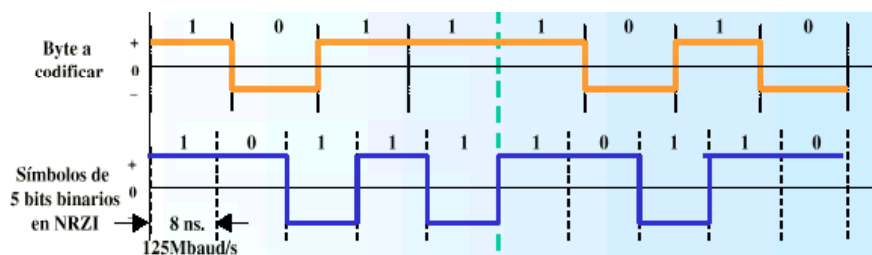
- Utiliza grupos de 5 bits para enviar 4 bits de datos.
- ¿Combinaciones posibles? --> $2^5 = 32$
- El código utiliza solamente 16 combinaciones
 - Ventajas:
 - Evita códigos con secuencias de ceros demasiado largas.
 - Tiene códigos para detección de errores.
- Señalización binaria NRZI a 125 Mbaudios/s.

37

Codificación 4B5B

Ninguna secuencia de datos tiene más de 3 ceros consecutivos, para evitar que haya secuencias demasiado largas sin transiciones

4B5B Encoding Table		
Data (Hex)	Data (Binary)	4B5B Code
0	0000	11110
1	0001	01001
2	0010	10100
...	...	...
D	1101	11011
E	1110	11100
F	1111	11101



38

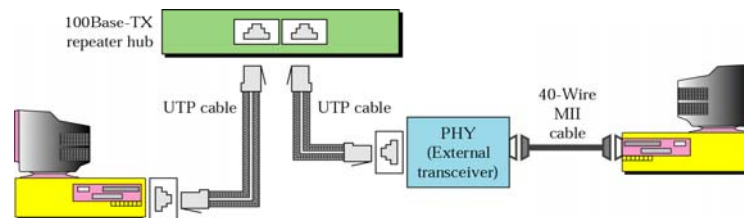
100Base-TX

Cableado

- Dos pares de par trenzado (Cat5 UTP o STP)
- Topología en estrella

Patilla	Señal
1	TD+
2	TD-
3	RD+
4	Libre
5	Libre
6	RD-
7	Libre
8	Libre

Conector RJ-45



39

100Base-TX

Codificación

- Secuencia de bits de datos a 4B/5B NRZI.
- Se vuelve a convertir de 4B/5B NRZI a NRZ.
- Barajado (*scramble*) de la secuencia NRZ para obtener una distribución más uniforme del espectro.
- Codificación con MLT-3.
 - Utiliza 3 valores de tensión (0, -, +).
 - Por cada 1 que existe en la secuencia se cambia el estado dentro de la secuencia **0 - 0 +**.
 - Los 0s no cambian el valor de salida.

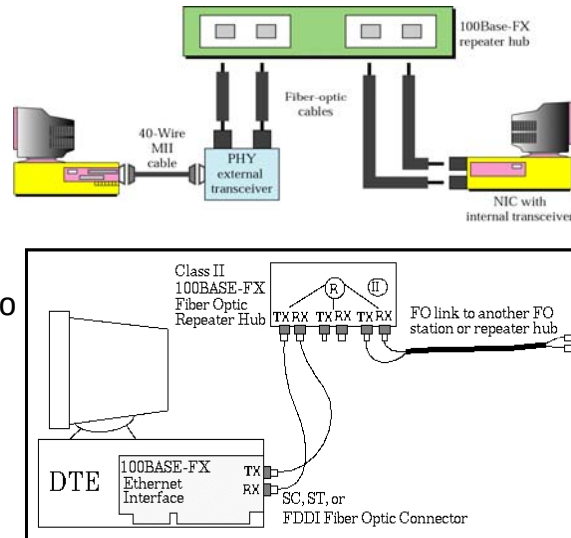
La señal final tiene la mayor parte de la energía por debajo de los 30MHz: reduce las emisiones, y por lo tanto, las interferencias.

40

100Base-FX

Cableado

- Fibra óptica
 - Una TX
 - Otra RX
- Long-wavelength láser
- Tamaño segmento (412 m)
 - Dist. hasta 2 km



41

100Base-FX

Codificación

- Secuencia de bits de datos a 4B/5B NRZI.
- Conversión de los grupos de códigos 4B/5B NRZI en señales ópticas.
 - Un 1 equivale a un pulso de luz.
 - Un 0 equivale a:
 - la ausencia de luz.
 - un pulso de luz de muy baja intensidad.

42

100Base-T4

100BaseT4 permite utilizar par trenzado UTP categoría 3

Necesidad de reducir la frecuencia máxima manteniendo la distancia (100 metros)

- Utilizar un código más eficiente 8B/6T
- Repartir la señal en tres pares
- Comunicación Half-Duplex

43

100Base-T4

Pares del conector RJ-45

- Reparte la señal en tres pares a 25 Mbaudios.
- Pares 1,3,4 en un sentido
- Pares 2,3,4 en el otro

Patilla	Señal	Par
1	TD+	1
2	TD-	
3	RD+	2
4	Bi1+	3
5	Bi1-	
6	RD-	2
7	Bi2+	4
8	Bi2-	

44

100Base-T4

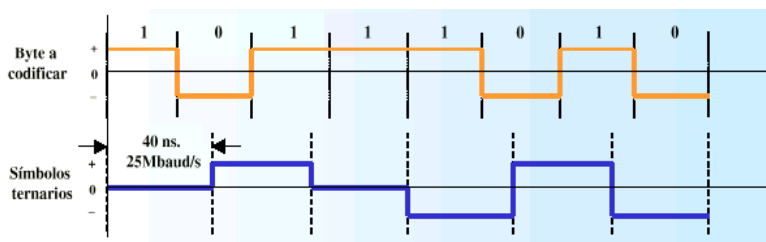
Código 8B/6T

- Utiliza símbolos tri-estado (0, + y -)
- Utiliza grupos de 6 símbolos tri-estado para enviar 8 bits de información
- ¿Combinaciones posibles? --> $3^6 = 729$
- El código utiliza solamente 256 (2^8) combinaciones
- Las combinaciones se eligen de forma que:
 - Se elimine el componente de continua.
 - Sea un código que pueda utilizarse para sincronización.
- No requiere codificación adicional.

45

Codificación 8B/6T

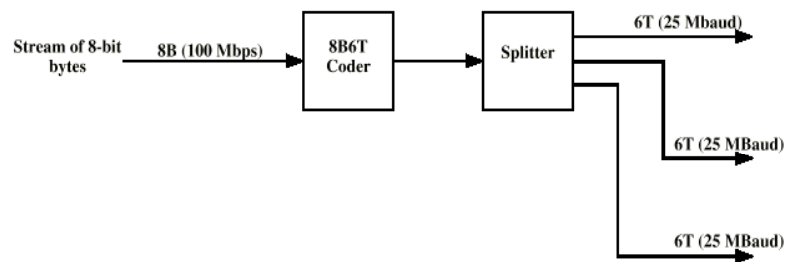
8B6T Encoding Table		
Data (Hex)	Data (Binary)	8B6T Code
00	0000 0000	+00+0-
01	0000 0001	0++0-
...	...	...
0E	0000 1110	-+0-0+
...	...	...
FE	1111 1110	-+0+00
FF	1111 1111	+0+00



46

Codificación 8B/6T

Esquema de transmisión



47

Indice

- Antecedentes
- Control de acceso al medio
- Ventajas e inconvenientes
- Formato de trama MAC
- Implementación
- Normas IEEE 802.3
- Concepto de dominios de colisión
- Segmentación
 - Bridged Ethernet
 - Switched Ethernet
- Full-duplex Ethernet
- Configuración automática
- Normas IEEE 802.3u Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10-Gigabit Ethernet

48

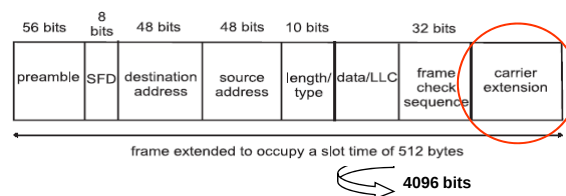
Gigabit Ethernet - 802.3z

Objetivos

- Multiplicar la velocidad por 10
- Compatibilidad hacia atrás
- Mismo esquema de direcciones de 48 bits

Mantiene tamaño mínimo en 512 bits

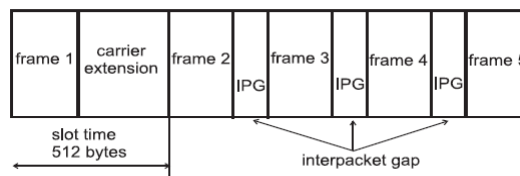
- Problema: ¡Distancia máxima serían 20 m a 1000 Mbps!
- Solución → Extensión de portadora



49

Gigabit Ethernet

- La técnica de extensión de portadora es muy ineficiente para paquetes pequeños
- Solución: **Ráfagas de tramas**



- El tamaño máximo de ráfaga es de 65536 bits (8192 bytes)

50

Gigabit Ethernet

Codificación

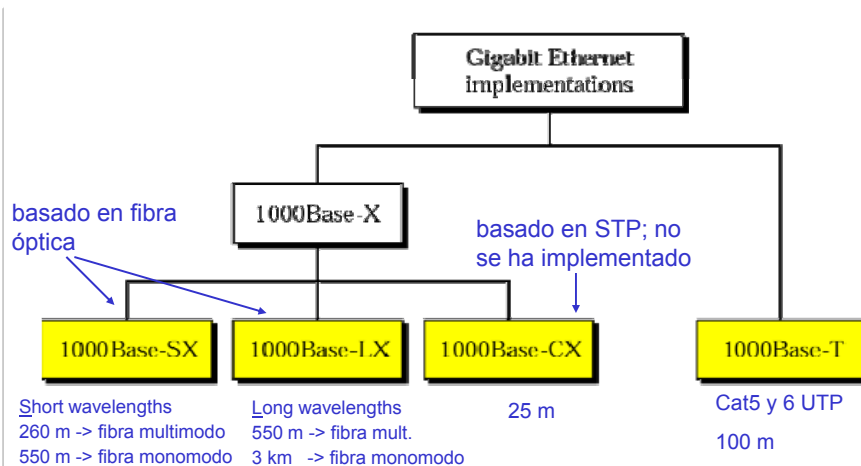
- 8B/10B → en Fibra óptica
- PAM5 (Pulse Amplitude Modulation 5) → en UTP

Medios Físicos

- 1000Base-SX, 1000Base-LX
- 1000Base-CX, 1000Base-T

51

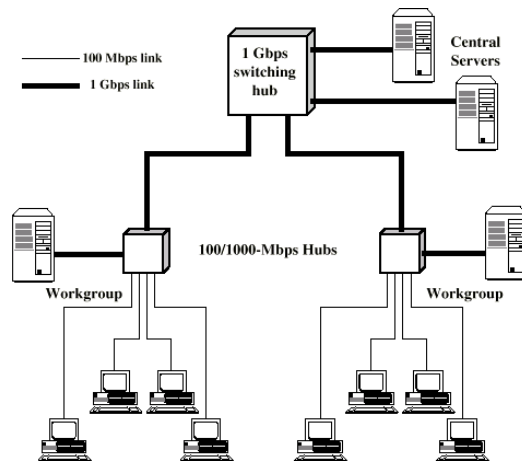
Gigabit Ethernet



52

Gigabit Ethernet

Configuración típica Gigabit Ethernet



53

1000Base-T

¿Cómo conseguir 1000 Mbps sobre par trenzado UTP Cat5e?

- Con par trenzado UTP Cat5e (o mejor) se puede conseguir con fiabilidad hasta 250 Mbps (por par) mediante compleja circuitería
- Utilización de los cuatros pares del cable para conseguir 1000 Mbps
- Codificación 4D-PAM5

54

1000BaseSX & LX

- Los pulsos binarios se transmiten mediante emisores de luz *short-wavelength* (850nm) o *long-wavelength* (1310nm) sobre la fibra óptica
 - Un cero lógico se representa por baja intensidad de luz y un uno lógico por alta intensidad.
- Short-wavelength usa láser de 850nm ó LEDs en fibra óptica multimodo (1000BASE-SX). Es la opción más económica pero también de menor alcance (distancia).
- Long-wavelength usa láser de 1310nm sobre fibras multimodo o monomodo (1000BASE-LX)
 - Distancias de hasta 5000 m con monomodo

55

Gigabit Ethernet

El estándar IEEE 802.3 recomienda utilizar Gigabit Ethernet sobre fibra para su uso como '*backbone*'

- Ventajas de Gigabit Ethernet sobre fibra:
 - Inmunidad al ruido
 - No hay problemas de masas (interconexión de edificios)
 - Distancias
 - Varias opciones 1000BASE-X
 - Se puede utilizar para conectar segmentos de Ethernet ó Fast Ethernet (aunque estén bastante alejados)

56

Indice

- Antecedentes
- Control de acceso al medio
- Ventajas e inconvenientes
- Formato de trama MAC
- Implementación
- Normas IEEE 802.3
- Concepto de dominios de colisión
- Segmentación
 - Bridged Ethernet
 - Switched Ethernet
- Full-duplex Ethernet
- Configuración automática
- Normas IEEE 802.3u Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10-Gigabit Ethernet

57

10 Gigabit Ethernet

- IEEE 802.3ae permite comunicación full-duplex a 10 Gbps sobre fibra óptica.
- 10-Gigabit Ethernet (10GbE) no solo se está aplicando en RALs, sino también en MANs y WANs.
 - El nivel físico de 10GbE permite alcanzar 40 km sobre fibra monomodo siendo compatible con SONET (synchronous optical network) y SDH (synchronous digital hierarchy).
- Compatible con el formato de trama y otras especificaciones Ethernet de nivel 2 de los anteriores estándares Ethernet
 - 10GbE proporciona por tanto un incremento de ancho de banda pudiendo coexistir con la infraestructura de red existente.

58

10 Gigabit Ethernet

Opciones:

- 10GBASE-SR
 - Pensado para distancias cortas sobre fibra multimodo ya instalada.
- 10GBASE-LX4
 - Usa wavelength division multiplexing (WDM). Hasta 300 m sobre fibra multimodo ya instalada y 10 km sobre fibra monomodo.
- 10GBASE-LR - 10GBASE-ER
 - Soporta 10 km - 40 km sobre fibra monomodo.
- 10GBASE-SW, 10GBASE-LW, y 10GBASE-EW
 - Se conocen como 10GBASE-W y están diseñadas para trabajar con redes WAN OC-192 synchronous transport module (STM) SONET/SDH.

59

Futuro de Ethernet

- Evolución de Ethernet: Legacy → Fast → Gigabit → MultiGigabit
 - Mientras otras tecnologías de RAL permanecen tal y como aparecieron al mercado
 - Ethernet domina las nuevas instalaciones de RALs
- Ethernet es hoy en día el estándar para la conexión horizontal, vertical e inter-edificio.
- Mientras los dispositivos 10-Gigabit Ethernet empiezan a estar disponibles, IEEE y la *Gigabit Ethernet Alliance* ya están trabajando en estándares para alcanzar 40, 100, e incluso 160 Gbps.
- El problema de las colisiones con las topologías en bus 10BASE5 y 10BASE2 y también en los hubs 10BASE-T y 100BASE-TX desaparece al utilizar UTP y fibra óptica con caminos separados para Tx. y Rx. en switches (que cada vez son más económicos)
 - por tanto el futuro es que ninguna instalación utilice configuraciones con medio compartido ni conexiones half-duplex.

60