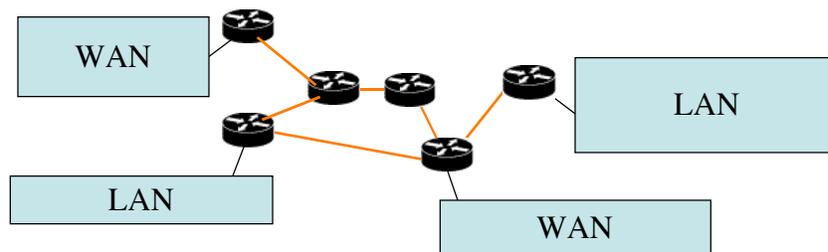


Ethernet

Daniel Morató
Area de Ingeniería Telemática
Departamento de Automática y Computación
Universidad Pública de Navarra
daniel.morato@unavarra.es
<http://www.tlm.unavarra.es/assignaturas/lpr>

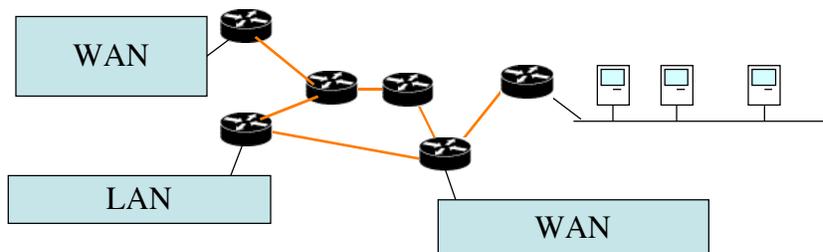
LANs Ethernet

- Nos centramos ahora en una tecnología de red de area local...



LANs Ethernet

- Nos centramos ahora en una tecnología de red de area local...



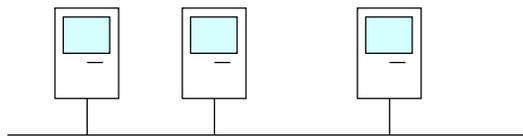
08 Oct

Ethernet

2/33

LANs Ethernet

- Nos centramos ahora en una tecnología de red de area local...



08 Oct

Ethernet

3/33

Contenido

- La Ethernet Original (10BASE5)
- Control de Acceso al Medio (CSMA/CD)
- La trama Ethernet
- Estándares de Ethernet más usuales
 - 10BASE2
 - 10BASE-T
 - 100BASE-TX
- Cableado de par trenzado
- Repetidores
- Puentes
 - Puentes transparentes
 - Spanning Tree

08 Oct

Ethernet

4/33

Ethernet “original”

- Quién? Cuándo? Dónde? Bob Metcalfe. Años 70-80. Xerox Palo Alto Research Center, California
- Elementos:
 - Computadora (DTE = Data Terminal Equipment)
 - Interfaz Ethernet con conector AUI (= Attachment Unit Interface)
 - Cable coaxial grueso
 - MAU = Medium Attachment Unit o Transceiver
 - Cable con conectores AUI
- 10Mbps
- Estándar DIX (= Digital, Intel, Xerox)
- Thick Ethernet o 10BASE5



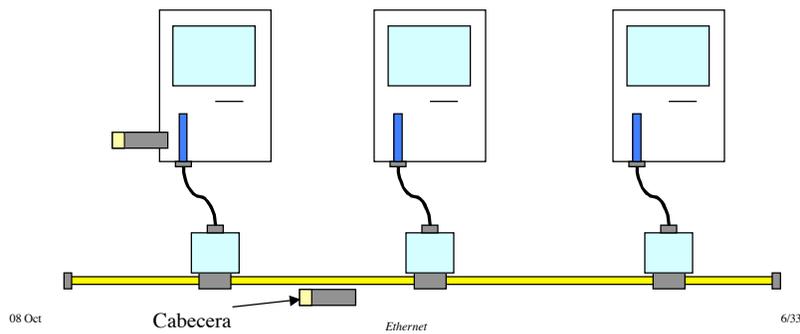
08 Oct

Ethernet

5/33

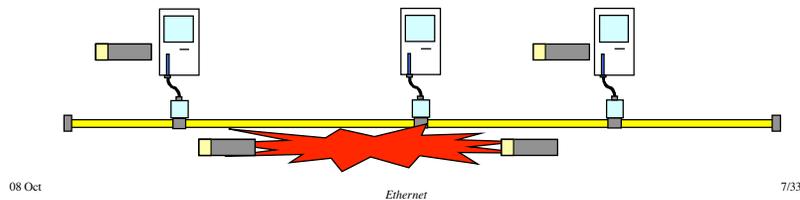
Funcionamiento de Ethernet

- Los ordenadores pueden enviarse “tramas” de bits de uno a otro a través del cable coaxial
- Un ordenador coloca una trama en el cable y ésta es “vista” por todos los interfaces
- Cómo se consigue que solo la reciba su destinatario?: La trama lleva unos bits de control (la cabecera) en la que indica la “dirección” de la máquina destino de la trama (¿dirección?...)
- Cada interfaz tiene asignada una “dirección”, ésta es un número de 48 bits, único, escrito en la propia tarjeta
- Es un problema que más de una máquina desee enviar al mismo tiempo?
Sí. Se resuelve con un método de Control de Acceso al Medio



Control de Acceso al Medio (CSMA/CD)

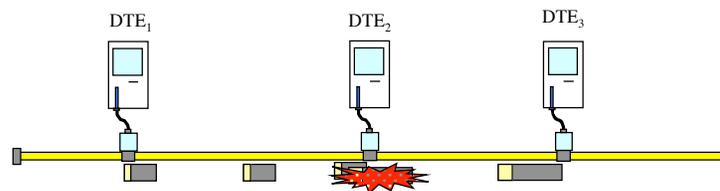
- CSMA/CD = Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
- Cómo funciona?
 - Cuando una estación desea transmitir una trama espera hasta detectar que el medio está inactivo (CS)
 - Cuando el canal (el cable) pasa a estar inactivo empieza a transmitir su trama
 - Y si dos máquinas detectan a la vez el medio inactivo y comienzan a transmitir a la vez?
 - o Las señales en el cable se interfieren. Se produce una “colisión”. Ninguna de las dos tramas es legible.
 - o Las máquinas detectan esta colisión (CD). Esperan un tiempo aleatorio (probablemente diferente) y vuelven a intentarlo
 - o Si se produjera una nueva colisión volverían a esperar, esta vez un tiempo mayor (backoff)



Control de Acceso al Medio

(Longitud mínima de las tramas)

- Las tramas Ethernet deben tener un tamaño mínimo y los cables una longitud máxima para que el control de acceso al medio funcione. ¿Por qué?
- Los interfaces, mientras envían una trama, “escuchan” la señal en el cable para comprobar si se transmite con éxito o si se produce una colisión
 - Supongamos que la máquina DTE₁ desea transmitir una trama muy corta al DTE₂
 - La trama es una señal eléctrica, se mueve rápido en el cable pero no instantáneamente así que puede que termine de transmitir la trama antes de que ésta consiga llegar al otro extremo del cable
 - Mientras la trama viaja por el cable, DTE₂ decide enviar también una trama, por ejemplo a DTE₁. Como ve el cable inactivo empieza a transmitir
 - Las dos tramas colisionan en el cable cerca de DTE₂ que no puede leer correctamente ninguna de ellas
 - DTE₁ no detecta la colisión porque hace rato que terminó de enviar su trama



08 Oct

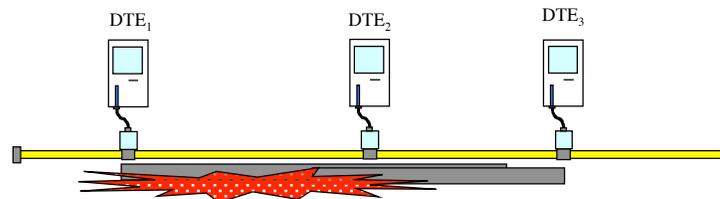
Ethernet

8/33

Control de Acceso al Medio

(Longitud mínima de las tramas)

- ¿Solución?
 - Si la trama que envía DTE₁ es lo suficientemente larga, la colisión se producirá antes de que termine de enviarla
 - Una vez que se produce la colisión, ésta (es una señal), aún debe viajar hasta DTE₁ para que éste la detecte así que no solo debe seguir transmitiendo el tiempo suficiente para que se produzca la colisión sino para que ésta llegue hasta él
- Para poder detectar una colisión la trama debe ser lo suficientemente larga para que su transmisión dure el tiempo suficiente para que la señal llegue hasta el punto más alejado del cable y regrese la colisión
- Este tiempo de “ida y vuelta” se llama “Round Trip Time” o RTT
- Lo que se llama el **tiempo de slot** de Ethernet es la suma de ese tiempo más el tiempo que necesita el interfaz para detectar la colisión.
- Se estableció el tiempo de slot como el necesario para enviar **512bits=64Bytes** (a 10Mbps son 51.2µsecs)



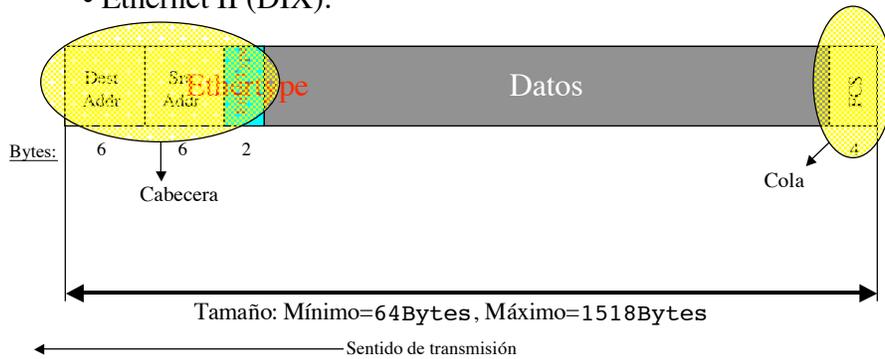
08 Oct

Ethernet

9/33

Formato de la trama

- Ethernet II (DIX):



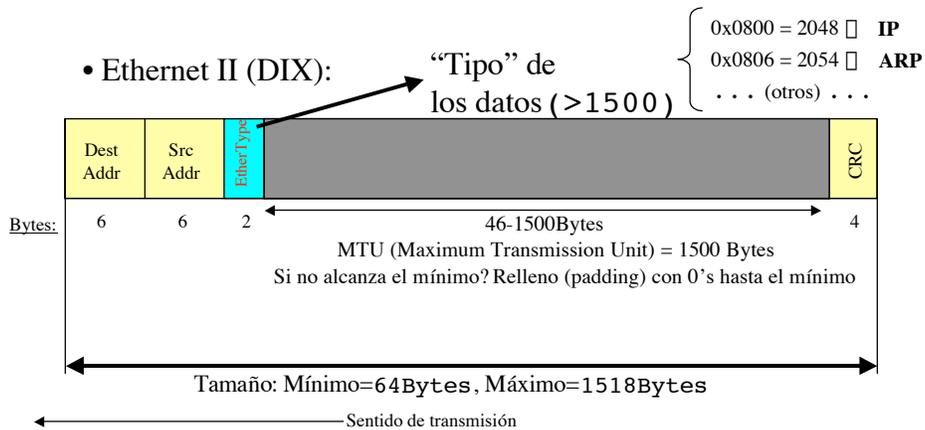
08 Oct

Ethernet

10/33

Formato de la trama

- Ethernet II (DIX):



08 Oct

Ethernet

11/33

Direcciones MAC Ethernet

- Cada interfaz Ethernet tiene una dirección asignada por el fabricante
- No puede haber dos interfaces con la misma dirección
- La dirección viene escrita “a fuego” en la tarjeta
- Las direcciones son números de 48 bits (6 bytes)

0000000000000000000000001100100101010111101011101010

00:00:0C:95:7A:EA

- Los primeros 24 bits identifican al fabricante
00:00:0C (y otros) = Cisco Systems, 00:00:63 = HP, 00:20:AF (y otros) = 3Com ...
- Si el octavo bit está a 1 es una dirección de “multicast”
- Si todos los bits están a 1 es la dirección de “broadcast”

FF:FF:FF:FF:FF:FF

08 Oct

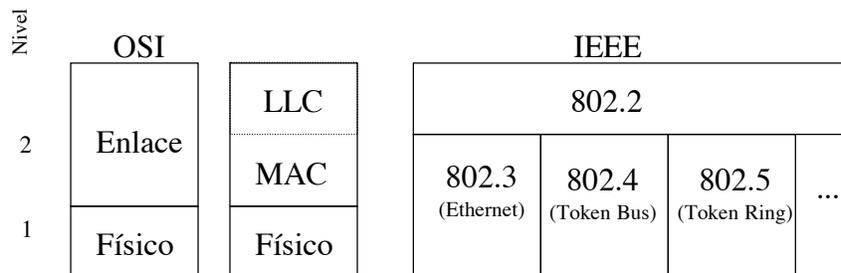
Ethernet

12/33

Ethernet y OSI

- Existen dos estándares:
 - DIX Ethernet (Digital, Intel, Xerox)
 - IEEE Ethernet (802.3 CSMA/CD)
- Misma técnica de acceso al medio:

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)



08 Oct

Ethernet

13/33

Otros tipos de Ethernet

- El IEEE estandarizó Ethernet aunque cambiando ligeramente el formato de la trama (compatible)
- El IEEE asignó identificadores a los diferentes tipos de Ethernet:

Ethernet a 10Mbps	Ethernet a 100Mbps (Fast Ethernet)	Ethernet a 1000Mbps (Gigabit Ethernet)
10BASE5 Thick Ethernet BASE=Bandabase 5 □ 500m máximo por segmento	100BASE-TX Emplea (2 pares de) cables Cat 5	1000BASE-T Emplea (4 pares de) cables Cat 5
10BASE2 Thin Ethernet 2 □ 185m máximo por segmento	100BASE-FX Fibra óptica multimodo	1000BASE-SX, 1000BASE-LX Fibra óptica
10BASE-T T = Twisted (-pair) Emplea (2 pares de) cables Cat 3 +		
10BASE-FL F = Fibra óptica		

- Existen otros pero escasamente utilizados

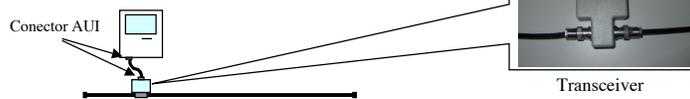
08 Oct

Ethernet

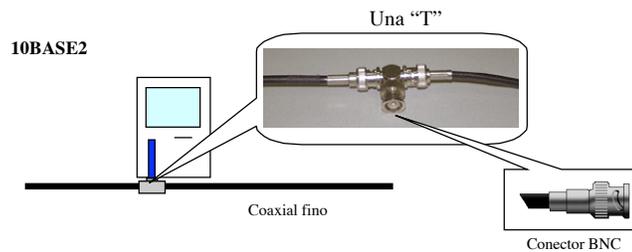
14/33

10BASE2

- También llamado Thin Ethernet, Thinnet o “Cheapernet”
- Emplea un cable coaxial más fino y flexible



- Más barato porque el transceiver pasa a ser opcional



08 Oct

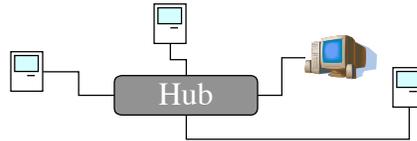
Ethernet

15/33

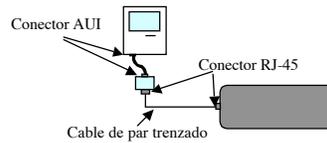
10BASE-T

- Emplea cables de par trenzado. Un par para transmisión y otro para recepción. De categoría 3 o superior

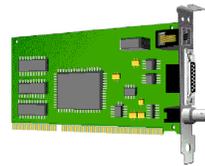
- Emplea una topología en estrella. Debe haber un elemento central (hub). Pero actúa como un bus lógico. El funcionamiento es el mismo que si estuvieran conectados en un bus.



- Puede emplear un transceiver con conector AUI en un lado y RJ-45 en el otro



- O puede estar integrado en la tarjeta. Incluso integrado con otros tipos de interfaz



08 Oct

Ethernet

16/33

Cable de par trenzado

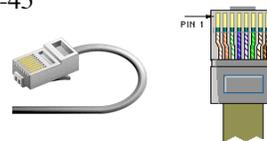
- Los cables UTP contienen pares de cables trenzados sin apantallar. Normalmente 4 pares en cada cable



- Según lo trenzados que estén los cables soportan distintas velocidades:

- Categoría 1: Solo voz
- Categoría 2: Datos a 4Mbps (LocalTalk)
- **Categoría 3:** Datos a 10Mbps (Ethernet)
- Categoría 4: Datos a 20Mbps (Token Ring de 16Mbps)
- **Categoría 5:** Datos a 100Mbps (Fast Ethernet y Gigabit Ethernet)

- El conector típico es el Registered Jack 45 ó RJ-45



08 Oct

Ethernet

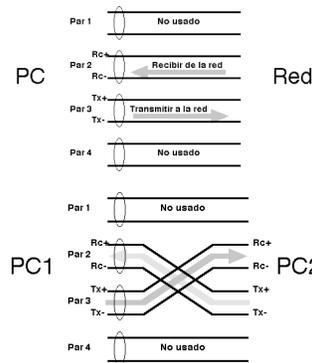
17/33

Cable de par trenzado

- Ethernet y Fast Ethernet emplea un par de cables para transmitir y otro para recibir. Gigabit Ethernet emplea los 4 pares.

- Los puertos de los hubs están “cruzados”, eso quiere decir que por los conectores por los que un DTE (PC) tendría el sentido de transmisión ellos tienen la recepción

- Si queremos conectar dos PCs directamente necesitamos un cable “cruzado”



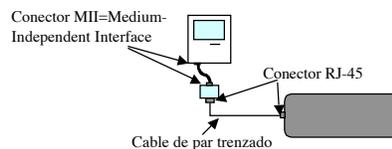
08 Oct

Ethernet

18/33

100BASE-TX

- 100Mbps sobre cables de par trenzado. Un par para transmisión y otro para recepción. De categoría 5 o superior
- Topología en estrella
- Puede emplear un transceiver con un conector MII (Medium-Independent Interface) y RJ-45 en el otro pero lo normal es que esté integrado en la tarjeta.



- Existen tarjetas que soportan modo “Full-duplex”. En este modo se puede emplear al mismo tiempo el par de transmisión y el de recepción. No hay colisiones. Se deja de emplear CSMA/CD (También hay tarjetas 10BASE-T full duplex)
- Existen tarjetas que soportan ambos estándares. Tarjetas 10/100BASE-T. En ese caso existen procedimientos automáticos de negociación para que los dos extremos del par trenzado sepan cuál es la máxima velocidad soportada (esto es opcional)

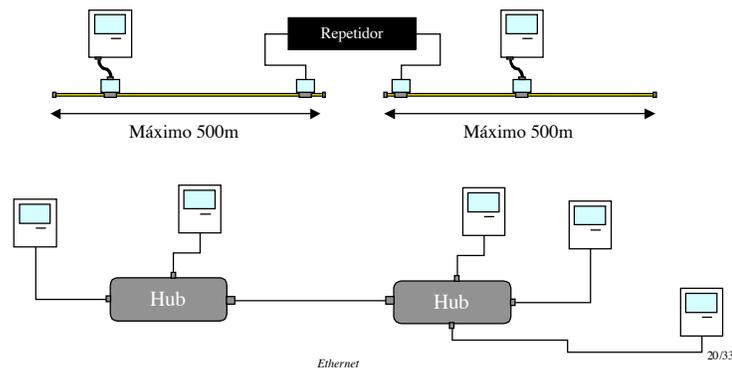
08 Oct

Ethernet

19/33

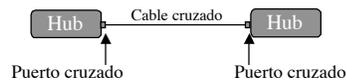
Repetidores

- “Repetidor” = “Hub” = “Hub repetidor” = “Concentrador” = “Concentrador de cableado”
- Funciona a nivel 1 OSI. Nivel Físico. Prácticamente solo hace regeneración de la señal eléctrica
- Un repetidor permite unir varios “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Un “dominio de colisión” es una red CSMA/CD en la cual habrá una colisión si dos máquinas conectadas al sistema transmiten al mismo tiempo
- Al unir segmentos Ethernet con repetidores el resultado se comporta como un solo segmento más grande

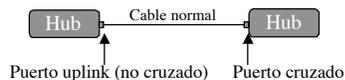


Conexión de repetidores

- Como los puertos de un Hub están “cruzados”, si queremos conectar un puerto de un hub con un puerto de otro hub debemos emplear un cable “cruzado”



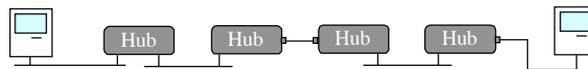
- Muchos hubs poseen un puerto “no cruzado” también llamado de “uplink”. Está pensado para conectarse a otro hub con un cable normal.



- También los hay que poseen un puerto cuyo funcionamiento (cruzado o no) se puede seleccionar con un interruptor
- Hoy en día están apareciendo interfaces Ethernet que detectan automáticamente si necesitan intercambiar el sentido de TX y el de RX

Interconexión de repetidores

- Los repetidores no son estaciones y no requieren una dirección Ethernet en cada interfaz
- Puede que tenga un interfaz Ethernet para que un administrador pueda comunicarse con el repetidor y realizar tareas de gestión del mismo
- Pueden tener interfaces de diferentes tecnologías (coaxial o par trenzado) o interfaces AUI y añadir un transceiver
- Existen tanto para redes a 10Mbps como a 100Mbps, pero no se pueden mezclar dado que el repetidor forma “un solo dominio de colisión”, así que no tiene sentido mezclar dos velocidades diferentes
- Existen repetidores “apilables”. Cuentan como uno solo
- Regla “5-4-3-2-1” (es una simplificación):
 - En un camino entre dos estaciones el máximo son 5 segmentos en serie, con hasta 4 repetidores y no más de 3 segmentos “compartidos”, entonces habrá 2 enlaces dedicados y 1 solo dominio de colisión.
 - Un segmento compartido es un bus coaxial aunque no haya más que repetidores conectados a él. Los segmentos no compartidos son aquellos que tienen separados el sentido de transmisión y el de recepción (por ejemplo el par trenzado)



08 Oct

Ethernet

22/33

Límites en Ethernet de 10Mbps

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
Máxima longitud de cable en un segmento	500m	185m	100m
Máximo número de conexiones en un segmento	100	30	1
Máxima longitud del dominio de colisión (con repetidores)	2500m	1000m	2500m <i>(con backbone coaxial)</i>
Máximo número de estaciones en el dominio de colisión	1024	1024	1024

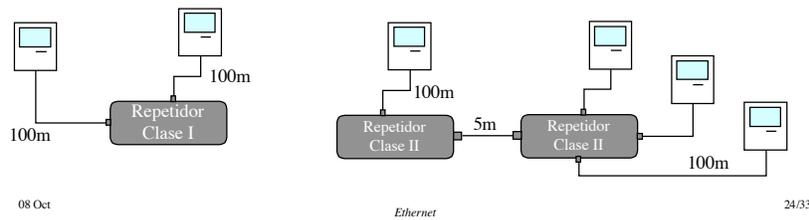
08 Oct

Ethernet

23/33

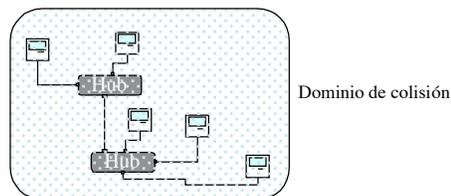
Repetidores de Fast Ethernet

- Todos los segmentos de par trenzado deben ser menores de 100m
- Existen 2 tipos de repetidores de Fast Ethernet:
 - Repetidores de Clase I : permiten realizar funciones como repetir entre puertos de diferentes tecnologías Fast Ethernet
 - Repetidores de Clase II : son más rápidos
- El máximo número de repetidores de Clase I entre dos estaciones es de 1
- El número máximo de repetidores de Clase II entre dos estaciones es de 2
- El par trenzado entre dos repetidores de Clase II puede ser como máximo de 5m

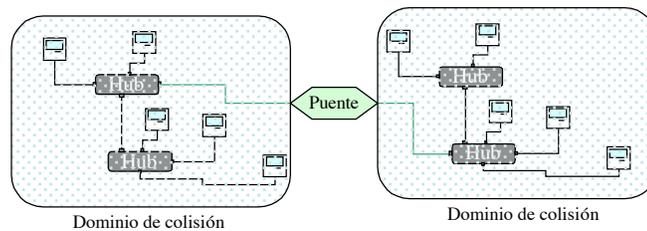


Puentes

- Los repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico creando un solo dominio de colisión



- Los puentes unen segmentos Ethernet a nivel de enlace (nivel de trama)



08 Oct

Ethernet

25/33

Puentes

- Se conectan a cada segmento como una estación normal
- Leen todas las tramas que circulan por cada uno de los segmentos y las reenvían por los demás. Es un conmutador de paquetes a nivel Ethernet
- El resultado se comporta lógicamente como un solo segmento de forma transparente pero los dominios de colisión están separados
- El número de puentes entre dos estaciones no está limitado. Permiten agrandar la red más allá de lo que permite Ethernet tanto en distancias como en número de estaciones conectadas
- Pueden unir redes de diferentes tecnologías (por ejemplo Ethernet con Token Ring)
- A medida que los puentes tuvieron más de 2 puertos y se aumentó su capacidad para reenviar tramas se les empezó a llamar “conmutadores”, “switches” o “switching hubs”

08 Oct

Ethernet

26/33

Puente transparente o puente adaptativo

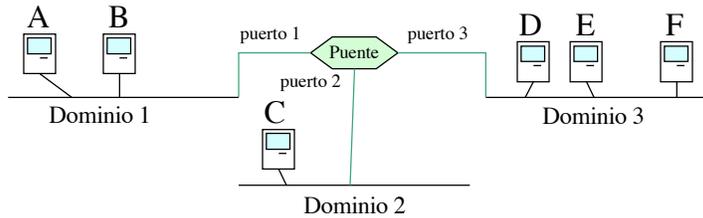
- Mantiene una lista de direcciones MAC asociada a cada uno de sus puertos
- Cuando ve una trama por un puerto:
 - Apunta la dirección MAC origen de la trama en la lista asociada al puerto si no estaba ya. Ahora sabe que esa máquina está en ese dominio. Así aprende gradualmente dónde están las máquinas
 - Si la dirección MAC destino es de Broadcast reenvía la trama por todos los puertos menos aquel por el que la recibió
 - Si no, busca la dirección MAC destino en las listas de los puertos
 - Si la encuentra en un puerto reenvía la trama solo por ese puerto
 - Si no la encuentra en ninguna lista reenvía la trama por todos los puertos menos por el que la leyó. Esto se llama inundación (flooding)

08 Oct

Ethernet

27/33

Puente transparente (Ejemplo)



Suceso	Acción	Lista del dominio 1	Lista del dominio 2	Lista del dominio 3
Arranca el puente	-	-	-	-
A envía a B	Envía por puerto 2 y 3	A	-	-
B envía a A	-	A y B	-	-
F envía un Broadcast	Envía por puerto 1 y 2	A y B	-	F
E envía a B	Envía por puerto 1	A y B	-	E y F
E envía a D	Envía por puerto 1 y 2	A y B	-	E y F
C envía a F	Envía por puerto 3	A y B	C	E y F

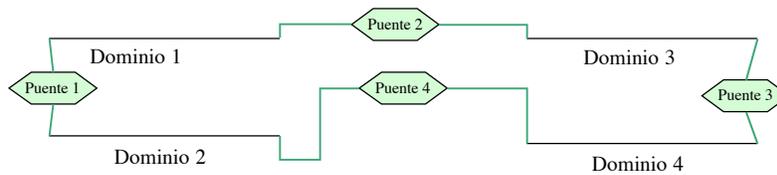
08 Oct

Ethernet

28/33

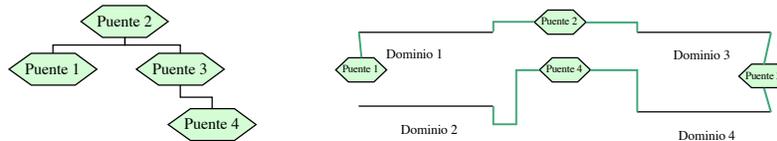
Spanning Tree

- Si se colocan los puentes formando un bucle cerrado pueden darse problemas:



- Si una máquina del dominio 1 envía una trama a una máquina desconocida por los puentes: se copia al dominio 3, se copia al 4, se copia al 2, se copia al 1, etc. (también en el otro sentido)

- Para evitar esto los puentes ejecutan un protocolo (spanning tree) que calcula un árbol con ellos y solo se transmiten tramas siguiendo el árbol



08 Oct

Ethernet

29/33

Ventajas e Inconvenientes

- **Ventajas:**

- Los puentes/conmutadores aíslan el tráfico de cada dominio de colisión aumentando el ancho de banda total
- Permiten aumentar las distancias más allá de los límites de la tecnología de LAN
- Pueden interconectar tecnologías muy diferentes (10BASE-T, 100BASE-TX, Token Ring, FDDI...)
- Un conmutador pueden mantener tráfico simultáneo entre pares de puertos independientes
- Permiten tener caminos alternativos por si un puente falla (el camino alternativo está desactivado empleando spanning tree hasta que hace falta)

- **Inconvenientes:**

- Todo se comporta como una sola LAN luego los Broadcast deben llegar a todas las máquinas
- En redes grandes el tráfico de Broadcast puede ser elevado

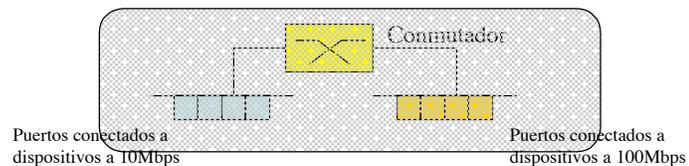
08 Oct

Ethernet

30/33

Híbrido Repetidor/Puente

- Se venden en el mercado concentradores 10/100
- Estos dispositivos soportan que se les conecte tanto a redes/interfaces a 10Mbps como a 100Mbps
- Además cada puerto se puede conectar independientemente a 10Mbps o a 100Mbps
- Como hemos visto, no tiene sentido que actúen como repetidores dado que no se puede crear un dominio de colisión para dos velocidades distintas
- Lo que hacen es crear dos dominios de colisión diferentes, uno con los puertos a 10Mbps y otro con los puertos a 100Mbps e interconectar ambos con un pequeño conmutador



08 Oct

Ethernet

31/33

Resumen

- Diferentes tecnologías de medio: coaxial (10BASE5, 10BASE2), par trenzado (10BASE-T, 100BASE-TX), fibra óptica (10BASE-FL)
- Diferentes velocidades: 10/100/1000Mbps
- Topología física en bus o en estrella, lógica en bus
- Control de acceso al medio: CSMA/CD
- Las tramas tienen de 64 a 1518 Bytes
- Con repetidores/hubs podemos extender el tamaño del dominio de colisión (nivel 1 OSI)
- Con puentes/conmutadores separamos dominios de colisión (nivel 2 OSI)

Próximo día

Introducción a IP

ARP

Proxy ARP