

Transparencias de Redes de Ordenadores

Tema 3

Ethernet 1ª Parte

Uploaded by

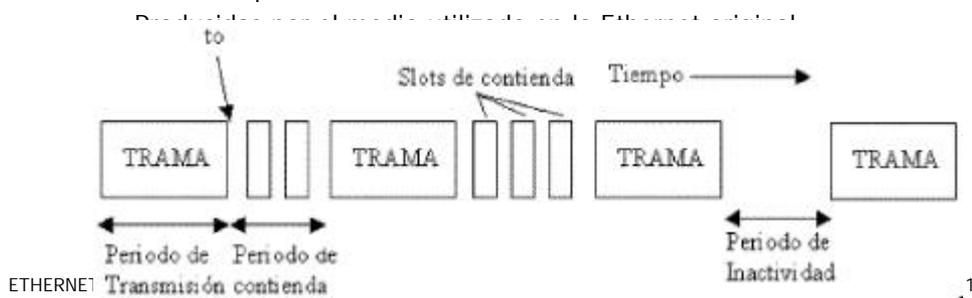
IngTeleco

<http://ingteleco.iespana.es>
ingtelecowed@hotmail.com

La dirección URL puede sufrir modificaciones en el futuro. Si
no funciona contacta por email

Historia de Ethernet

- CSMA/CD
 - Escuchar el canal antes de transmitir
 - Mientras se transmite se monitoriza el canal
 - Si se detecta una colisión se interrumpe la transmisión
 - Tres estados: contención, transmisión o desocupado
 - Colisiones
 - Dos o más transmisiones colisionan entre sí en el medio compartido
 - Se corrompe el contenido de las transmisiones

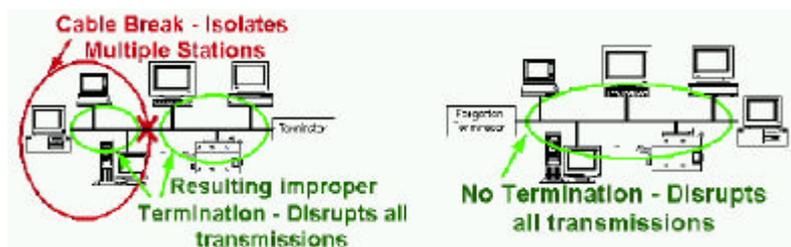


ETHERNET

1

Historia de Ethernet (ii)

- Topología de bus compartido:
 - Cable coaxial a 10 Mbps
- Problemas:
 - Una ruptura en el cable puede dejar sin servicio a varios nodos o todos los nodos
 - Añadir o eliminar nodos deja sin servicio a la red

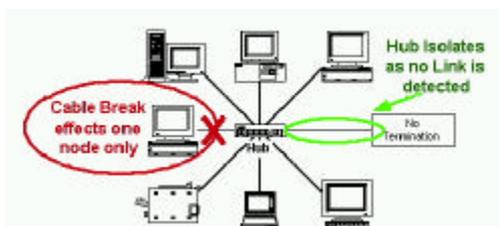


ETHERNET

2

Historia de Ethernet (iii)

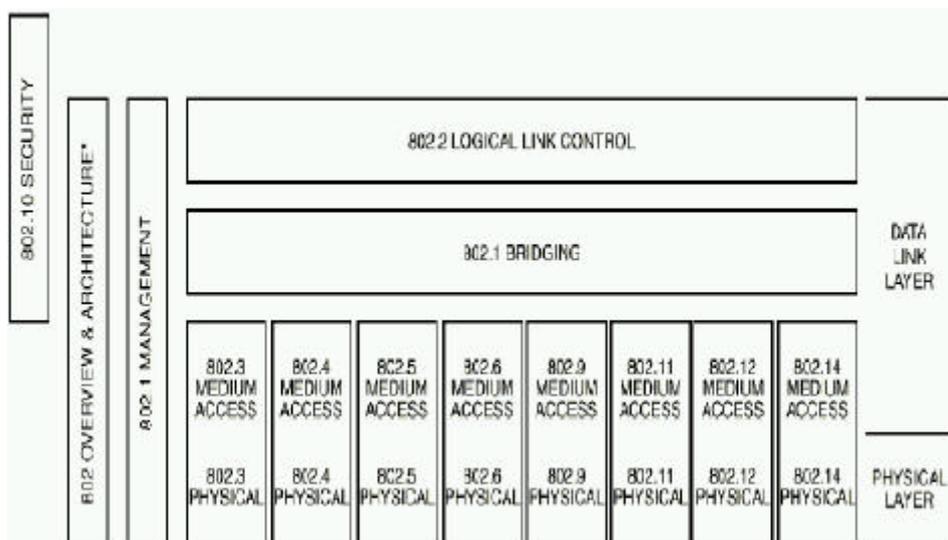
- Topología de estrella (evolución del bus):
 - Producidas por motivos de cableado
 - El fallo de un cable sólo afecta a un nodo
 - Desarrollo emergente del cable UTP (Unshielded Twisted Pair)
 - Se introduce el "Hub"
 - Puede ser un repetidor (habitualmente): topología de estrella con bus lógico
 - O un puente/conmutador: topología de estrella que permite transmisiones entre estaciones diferentes.



ETHERNET

3

Arquitectura IEEE 802



ETHERNET

4

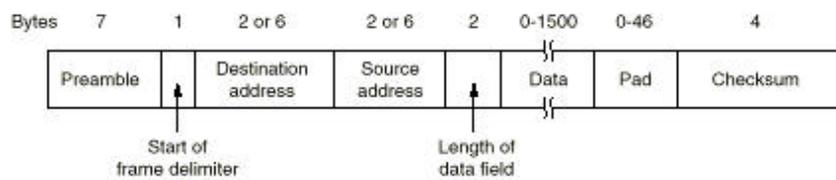
Estándares de Ethernet

- Comité 802.
 - Estándares enfocados a las capas 1 y 2.
 - 'Grupos de Trabajo' 802.x.
 - 802.1: Panorámica, Arquitectura, Puentes, VLAN.
 - 802.2: LLC, Logical Link Control (inactivo).
 - 802.3,.4,.5,.6,.9,.11,.12,.14: MAC y señalización física para LAN y MAN.
 - 802.3: CSMA/CD (Etherent)
 - 802.4: Token Bus (inactivo)
 - 802.5 Token Ring
 - 802.6: DQDB, Distributed Queue Dual Bus (in)
 - 802.9: Servicios Integrados (Iso-Ethernet)
 - 802.11: Redes inalámbricas
 - 802.12: Demand Priority (100VG-AnyLAN)
 - 802.14: Redes de televisión por Cable 802.7 y 802.8: Grupos técnicos asesores en redes de BA y FO.(inactivo)
 - 802.10: Seguridad en estándares 802

Estándares de Ethernet (ii)

- 802.3 (versión 2000) incluye:
 - 802.3 Original: 10Base-T, 10Base-5, 10Base-2, 10Broad-36
 - 802.3u: Fast Ethernet: 100Base-TX, 100Base-FX, 100Base-T4
 - 802.3x. Ethernet Full dúplex y control de flujo
 - 802.3z: Gigabit Ethernet: 1000Base-SX/ -LX / -CX
- 802.3ab: Gigabit Ethernet con cable UTP-5: 1000Base-T
- 802.3ac: Etiquetado de tramas para VLAN
- 802.3ad: Agregación de enlaces
- 802.3ae: 10 Gigabit Ethernet (marzo 2002)
- 802.3af: Alimentación del DTE mediante MDI (sept 2001)

Ethernet: Trama



- Los datos se envían embebidos en una trama.
- Históricamente existen dos formatos de tramas:
 - Formato 802.3:
 - Campo longitud del campo de datos (no hay relleno)
 - 7 bytes de preámbulo, 1 byte SFD
 - Formato Ethernet tipo II (DIX):
 - Campo tipo que indica el protocolo de red al que pertenecen los datos (incluyendo relleno)
 - 8 bytes de preámbulo

ETHERNET

7

Ethernet: Trama (ii)

- Hueco
 - Detectar cuando termina una trama (el campo longitud no se utiliza en tiempo de captura), debe ser al menos de una duración equivalente a 96 bits
- Preámbulo:
 - 7 x 10101010: onda cuadrada de 10 MHz durante 5,6 μ s (sincronizar)
- SFD:
 - Delimitador del inicio para MAC
- Tipo/longitud:
 - Longitud de la trama o tipo de trama (>1536)
- Datos
 - Entre 0 y 1500 bytes.
 - Longitud mínima de 64 bytes: relleno
- Relleno:
 - Usado cuando es necesario extender la trama hasta 64 bytes

ETHERNET

8

Ethernet: Direcciones

- Direcciones globalmente únicas a cada dispositivo Ethernet
 - Seis bytes
 - Los tres primeros corresponden al fabricante por IEEE
 - Los tres últimos al dispositivo.
- IEEE extendió el esquema a todos sus estándares LAN.
- Clases:
 - locales (2 bytes)
 - universales (6 bytes)
 - Uso como sufijo en direcciones de red para construir direcciones únicas de forma automática (IPv6 y ATM).
- Dos primeros bits
 - El primero indica el ámbito del envío.
 - Unicast (0), multicast o broadcast (1)
 - El segundo indica si es global o local.

ETHERNET

9

Gigabit Ethernet: Trama

- Si el tamaño mínimo de trama fuera 64 bits el diámetro máximo habría sido de unos 45 m.
- Emplea un segundo relleno denominado '**extensión de portadora**' que se añade al final de la trama.
 - Longitud mínima de 512 bytes (4096 bits).
 - Tiempo de ida y vuelta máximo es de 4,096 μ s y el diámetro puede ser de 330 m.
 - Este segundo relleno solo existirá mientras la trama viaje por segmentos Gigabit Ethernet.
- La extensión de portadora origina pérdida de eficiencia en el caso de tramas pequeñas, y mayor riesgo de colisiones.
 - Reducir estos problemas: enviar varias tramas pequeñas seguidas como una ráfaga.

ETHERNET

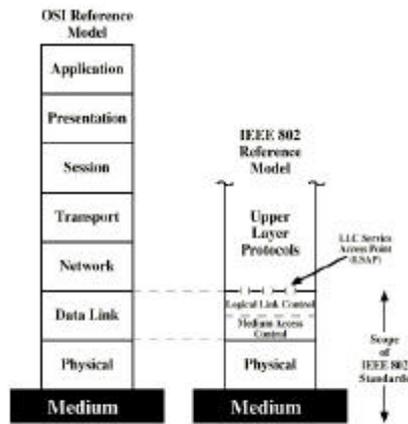
10

MAC Ethernet

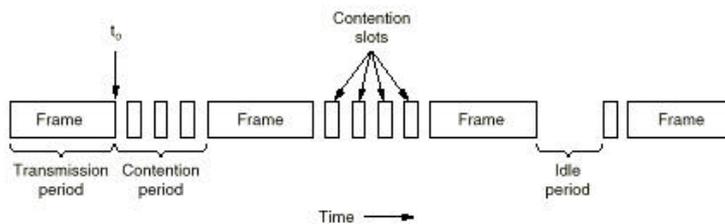
– La transmisión y recepción de tramas se controla mediante el subnivel MAC

– Ethernet MAC:

- Half o Full dúplex, dependiendo del soporte del nivel físico
 - La versión original esa Half-dúplex
- Gestiona
 - Encapsulamiento de datos de los niveles superiores
 - Transmisión de tramas
 - Recepción de tramas
 - Desencapsulamiento de datos y paso a los niveles superiores
- NO precisa conocer el tipo de nivel físico en uso (ni por tanto su velocidad)



MAC: CSMA/CD



– Half dúplex: sólo una estación transmite cada vez.

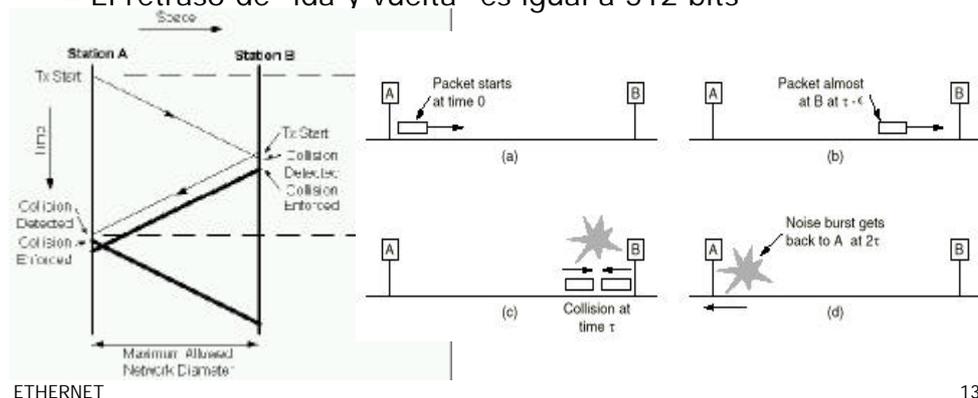
- Requisito de los medios físicos (topología de bus)

– CSMA/CD

- CS - Carrier Sense (¿Hay alguien hablando?)
 - MA - Multiple Access (Escucho lo que tú escuchas)
 - CD - Collision Detection (!Estamos hablando a la vez!)
- ⇒ Si el medio está libre: transmitir en cualquier momento
- ⇒ Si el medio está ocupado, esperar y transmitir más tarde
- ⇒ Si se produce una colisión enviar "jam" de 4 bytes, esperar un tiempo aleatorio y volver a intentarlo

MAC: Dominio de Colisión

- La detección de colisión puede tardar un máximo de dos veces el retraso de propagación entre los extremos de la red.
- Este retraso de “ida y vuelta” define el diámetro máximo de la red Ethernet o dominio de colisión.
- El retraso de “ida y vuelta” es igual a 512 bits



13

Ethernet: Colisión

- CSMA/CD: Colisión
 - Dos ordenadores empiezan a transmitir con separación menor que $51,2\mu\text{s}$ ($5,12\mu\text{s}$ o $4,096\mu\text{s}$ a 100 ó 1000 Mb/s).
 - Retraso exponencial binario truncado
 - Autoregulación de las estaciones en función del tráfico de la red.
 - Tráfico reducido \Rightarrow bajos retardos.
 - N^o máximo intervalos: n^o máximo estaciones de una red Ethernet

| Número del Intento | Rango de Intervalos | Rango de Tiempo (ms) | Retardo medio (ms) | Retardo acumulado Medio (ms) |
|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| 1 | 0 - 1 | 0 - 51,2 | 25,6 | 25,6 |
| 2 | 0 - 3 | 0 - 153,6 | 76,8 | 102,4 |
| 3 | 0 - 7 | 0 - 358,4 | 179,2 | 281,6 |
| 4 | 0 - 15 | 0 - 768,0 | 384,0 | 665,6 |
| 5 | 0 - 31 | 0 - 1.587,2 | 793,6 | 1.459,2 |
| 6 | 0 - 63 | 0 - 3.225,6 | 1.612,8 | 3.072,0 |
| 7 | 0 - 127 | 0 - 6.502,4 | 3.251,2 | 6.323,2 |
| 8 | 0 - 255 | 0 - 13.056,0 | 6.528,0 | 12.851,2 |
| 9 | 0 - 511 | 0 - 26.163,2 | 13.081,6 | 25.932,8 |
| 10 | 0 - 1023 | 0 - 52.377,6 | 26.188,8 | 52.121,6 |
| 11 | 0 - 1023 | 0 - 52.377,6 | 26.188,8 | 78.310,4 |
| 12 | 0 - 1023 | 0 - 52.377,6 | 26.188,8 | 104.499,2 |
| 13 | 0 - 1023 | 0 - 52.377,6 | 26.188,8 | 130.688,0 |
| 14 | 0 - 1023 | 0 - 52.377,6 | 26.188,8 | 156.876,8 |
| 15 | 0 - 1023 | 0 - 52.377,6 | 26.188,8 | 183.065,6 |
| 16 | Se descarta | - | - | - |

ETHERNET

14

Ethernet: Colisión (ii)

- 10-30% colisiones puede ser normal.
- Excesivas colisiones:
 - Si una estación sufre más de 16 colisiones consecutivas abandona la retransmisión.
 - Si los niveles superiores proporcionan servicio fiable se reenvía la trama a costa de un aumento en el retardo y pérdida de rendimiento
 - Síntoma de saturación o problemas físicos.
 - Localizar la causa y remediarla:
 - Aislar el componente averiado, aumentar la capacidad o reorganizar la red
 - Monitorizar mediante un analizador.
- Colisión tardía:
 - Se supone que el riesgo de colisión se produce durante los 512 primeros bits.
 - Si se colisiona pasado el bit 512 la topología es inválida (se notifica).
 - Es posible que la colisión no se detecte y la trama se pierda. Los niveles superiores la retransmitirán.

Ethernet: Capacidad

- Estimación de rendimiento basada en datos teóricos (Metcalfe-Boggs)
- Ethernet a 10 Mb/s, n° elevado de estaciones, separadas por distancia máxima y tramas del tamaño mínimo con distribución de Poisson.
- Situación equivalente a ALOHA-R (51,4 μ s).
- **Rendimiento máximo del 36,8%.**
 - La separación casi siempre es menor
 - Muchas tramas son mayores de 64 bytes.
 - El n° de estaciones nunca es muy elevado.
 - Tráfico no con distribución de Poisson
- El rendimiento es mejor y puede llegar a niveles de ocupación muy próximos al 100%.
 - El *tamaño de trama* utilizado. "A igual nivel de ocupación el n° de colisiones se reduce si se aumenta el tamaño de trama."
 - El *retardo*. Cuanto menor distancia entre las estaciones con más tráfico menor probabilidad de colisión.
 - El *número de estaciones*. "A igual nivel de ocupación el n° de colisiones disminuye si se reduce el n° de estaciones transmisoras"
- Muchas tramas pequeñas, tasa del 30-40% de colisiones normal; tramas de 1500 bytes la proporción difícilmente superará el 4-5%.

Ethernet: Capacidad (ii)

- Para Valorar la tasa de colisiones y el rendimiento es necesario conocer el tamaño de las tramas
- Tipos de tráfico
 - **Tipo 100/0**: 100% pequeños, 0% grandes (Telnet, voz sobre IP)
 - **Tipo 50/50**: 50% pequeñas y 50% grandes (FTP o HTTP)
 - **Tipo 1/99**: 1% pequeñas, 99% de grandes. Flujos UDP (video MPEG, H.263, etc.)
- Analizador o valor típico de 534 bytes
 - Dos tramas del tamaño mínimo por cada trama del tamaño máximo.
- Tasa de colisiones y rendimiento
 - Un 10% de colisiones no significa que se pierda el 10% de la capacidad sino que el 10% de los intentos son fallidos
 - $(10\% * 512 \text{ b}) / (10\% * 512 \text{ b} + 90\% * 512 \text{ b}) = 10\%$
 - $(10\% * 512 \text{ b}) / (10\% * 512 \text{ b} + 90\% * 4272 \text{ b}) = 1,3\%$
- *La pérdida de eficiencia por colisiones es aproximadamente igual a la décima parte de la tasa de colisiones medida.*

ETHERNET

17

Ethernet: Efecto Captura

- Reparto no equilibrado de recursos por el modo de resolver las colisiones:
 - El ancho de banda obtenido por una estación en una red saturada depende del tamaño de las tramas que emite.
 - Si emite tramas grandes se consigue más ancho de banda.
 - El retroceso exponencial binario tiende a un reparto equitativo del nº de tramas por segundo y estación, independientemente de su longitud.
 - Si en una red saturada compiten usuarios que manejan tamaños de tramas muy diferentes puede haber diferencias en los recursos utilizados por cada uno
 - Un usuario telnet ve perjudicado su tiempo de respuesta por otros que utilicen FTP o HTTP.
 - La Voz sobre IP que compita con flujos de vídeo MPEG detectará fallos en la transmisión.

ETHERNET

18

Ethernet: Efecto Captura (ii)

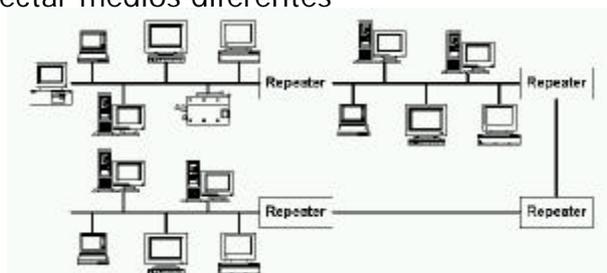
- A y B colisionan
 - La colisión se repite hasta que A elige un intervalo inferior y consigue transmitir.
 - Mientras A transmite B espera y amplía su número de intervalos.
 - A termina su trama y prepara la siguiente durante el intervalo entre tramas (9,6 μ s):
 - Más probabilidad de transmitir que B. Contador a 0: actitud mas 'agresiva'.
 - La situación cada vez más desfavorable a B: finalmente abandona y descarta la trama.
 - B pone su contador a 0 y puede competir en igualdad de condiciones con A.
 - Se produce si A pueda encadenar tramas: es capaz de saturar la red.
 - Síntomas: proporción anormal de excesivas colisiones.
 - También puede producirse por la acción combinada de dos estaciones.
- Método de Arbitración Logarítmico Binario (BLAM):
 - Asegura un reparto mas homogéneo de los recursos.
 - Grupo de trabajo 802.3w
 - El uso de redes conmutadas tiene el efecto colateral de resolver este problema, ya que la estación dispone de un enlace full dúplex.

ETHERNET

19

Repetidores Ethernet

- Operan SOLO en el nivel 1 (PHY layer)
 - No comprenden el formato de las tramas
- Repiten la señal recibida desde un puerto por todos los demás:
 - Restauración del reloj
 - Restauración de la forma de onda
 - Un retraso muy pequeño
- Operan sólo en Half dúplex:
 - Si se reciben dos o más tramas simultáneamente se transmite un jam
- Puede conectar medios diferentes



ETHERNET

20

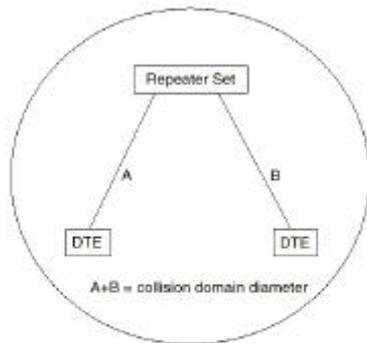
Dominio de colisión (10Mbps)

- Con un cable perfecto, podrían utilizarse 4km de cable y estar aún dentro del dominio de colisión.
- El cable no es perfecto:
 - El cobre es más lento que la fibra y los repetidores son muy lentos.
 - La regla 10base-2, 5 y T para el cálculo del dominio de colisión es 5-4-3
 - 5 segmentos en total
 - 4 repetidores
 - 3 poblados (si 10base-2 o 5)

ETHERNET

21

Dominio de colisión (100Mbps)



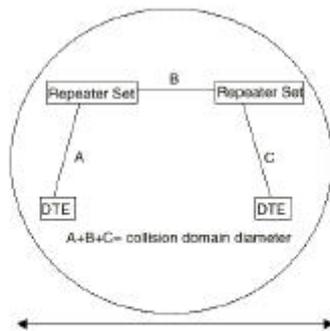
- 512 bits no es mucho para Fast Ethernet, porque un bit dura 1/10 de lo que dura a 10 Mbps
 - Incluso con fibra, el diámetro máximo es de 412 metros.

| Model | Balanced cable (copper) | Fiber | Balanced cable & fiber (T4 and FX) | Balanced cable & fiber (TX and FX) |
|--|-------------------------|-------|------------------------------------|------------------------------------|
| DTE-DTE (see figure 29-3) | 100 | 412 | na | na |
| One Class I repeater (see figure 29-4) | 200 | 272 | 231 ^b | 260.8 ^b |
| One Class II repeater (see figure 29-4) | 200 | 320 | 304 ^{b,c} | 308.8 ^b |
| Two Class II repeaters (see figure 29-5) | 205 | 228 | 236.3 ^{d,c} | 216.2 ^d |

ETHERNET

22

Dominio de colisión (100Mbps)

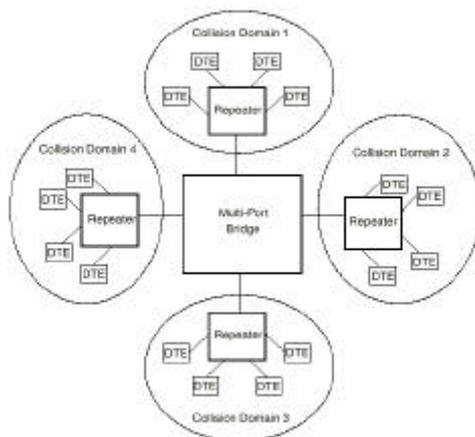


See table 29-2 for maximum collision domain diameter.

Figure 29-5—System Model 1: Two Class II repeaters

- El retraso de un repetidor es MUY significativo
- Se han definido dos tipos de velocidades de repetidor
 - Tipo I: los más lentos
 - Tipo II: los más rápidos
 - Incluso con repetidores de tipo II sólo puede haber 2 en la red.

División del Dominio de colisión



- ¿Qué hacer para “agrandar” una red Ethernet half dúplex?
 - Utilizar un puente
- Los repetidores están dentro del dominio de colisión, porque propagan las colisiones.
- Los puentes dividen los dominios porque operan en el nivel 2 y almacenan las tramas antes de enviarlas.

Evolución

- 10Base-T: tecnología dominante en los 90
 - Half dúplex y CSMA/CD es simple
 - Los repetidores son baratos
 - Crecimiento de la topología en estrella en la infraestructura de los edificios
 - El UTP es más barato que el coax.
- El uso de UTP permite crear redes full duplex
 - El medio ya no será compartido
 - Los dispositivos 10Base-T transmiten por un par y reciben por otro separado.
 - La transmisión y recepción simultánea no corrompe los datos transmitidos..

ETHERNET

25

MAC: Full dúplex

- ¿Recordamos CSMA/CD? ¡Oídadlo!
- Dado que no se comparte la red (como en coax o en repetidores) ¿por qué preocuparse de las colisiones?
- Nuevo MAC: Es correcto transmitir mientras se recibe.
- Se mantienen los tamaños de trama y el nivel físico.
- Pros:
 - Rendimiento agregado= 200Mbps
 - Las colisiones no penalizan la eficiencia
 - No es preciso diferir la transmisión.
 - Desaparece el dominio de colisión: distancia dependiente del medio, y no afectada por el protocolo
- Contras:
 - Deben ser enlaces punto a punto (sin repetidores)
 - Equipamiento más caro
 - No existe un mecanismo para detener el envío (control de flujo)

ETHERNET

26

MAC: Full duplex (ii)

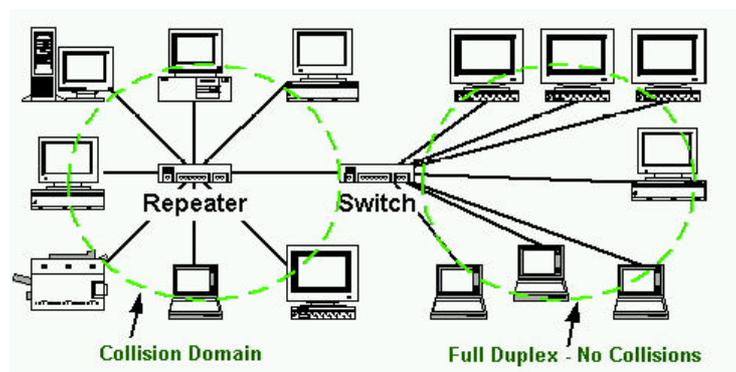
- Condiciones:
 - Que el medio físico permita full-dúplex.
 - Sólo dos equipos conectados entre sí
 - Controlador y transceiver permiten full-dúplex.
- Inhibe el protocolo CSMA/CD.
 - Se maneja el medio físico como un enlace punto a punto full-dúplex.
 - No hay colisiones \Rightarrow no deben detectarse
 - No rige la limitación de distancia por tiempo de ida y vuelta, sólo por la atenuación de la señal.
 - 100BASE-FX 412m half-duplex / 2 Km full-duplex

ETHERNET

27

El switch Ethernet

- Cada puerto del switch tiene su propio MAC
- Generalmente soportan Half o Full dúplex
- Pueden conmutar entre redes de distintas velocidades (10 - 100 - 1000 Mbps)



ETHERNET

28

Ethernet: Control de Flujo

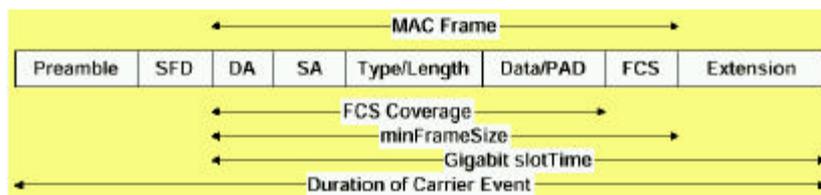
- Desarrollado por el Subcomité 802.3x
 - Soportado sólo en enlaces full dúplex
- Comando PAUSE.
 - El receptor puede enviar un comando PAUSE en cualquier momento.
 - Indica el tiempo durante el que el nivel MAC debe dejar de enviarle tramas.
 - Durante la pausa el receptor puede enviar nuevos comandos PAUSE.
 - Evita el desbordamiento de buffers del receptor y el descarte de tramas.
 - La dirección de destino es una dirección especial multicast:
 - No encaminada por switches limitando el Control de Flujo al nivel de enlace
- Indicado en el caso de conmutadores de un backbone.
 - Full dúplex : Restricción de distancia suprimida
 - Monomodo, láser 3ª vent.: más de 100 Km (800 Km con regeneradores de señal)
 - Dos factores afectados por la longitud:
 - El retardo en la propagación.
 - El espacio necesario para los buffers.
 - Suficiente para aceptar el tráfico del otro extremo antes de un PAUSE.
 - 1000BASE-LX full dúplex de 5 Km, 50 Kbits (6,25 KBytes) para buffers.

ETHERNET

29

MAC: Half dúplex a 1 Gbps

- Sin ninguna modificación, el diámetro a 1 Gbps sería de 20 metros.
- Debe aumentarse el tamaño mínimo de transmisión para alcanzar una distancia aceptable.
- Solución:
 - MAC añade unos bits de extensión después del final de la trama para que ésta alcance al menos 4096 bits.
- Beneficios:
 - Extiende el dominio de colisión
 - Mantiene la compatibilidad



ETHERNET

30