

Redes de Computadoras

Subcapa de Acceso al Medio

Dra. Claudia Feregrino
Dr. Saúl Pomares Hdez.

1

Contenido

1. Introducción — Subcapa de Acceso al Medio
2. El problema de asignación del canal
3. Protocolos de acceso múltiple
4. Estándar IEEE 802 para LANs y MANs
5. Puentes

2

Subcapa de Acceso al Medio

- Se enfoca a redes de difusión y sus protocolos
- Problema: Determinar quién usa el canal (ej. conferencia telefónica)
- Canales de difusión – canales multiacceso o de acceso aleatorio
- Los protocolos para resolver el problema pertenecen a una subcapa de la capa de enlace de datos: MAC – Medium Access Control.
- MAC – importante en LANs (porque casi todas usan canales multiacceso). WANs, en contraste, usan enlaces punto a punto, excepto las redes satelitales.

3

El problema de asignación de canal

- Se revisan los esquemas estáticos y dinámicos en general
- Se examinan algoritmos específicos

4

Protocolos de Acceso Múltiple : Categorías

Protocolos de partición de canal

FDM,
TDM,
CDMA

Protocolos de acceso aleatorio

ALOHA,
ethernet

Protocolos tomando turnos

token ring

5

Esquemas de partición de canal

Los esquemas de multiplexaje particionan el ancho de banda entre todos los nodos que comparten un canal asignado a los nodos diferentes. . .

Ranuras de tiempo – TDM

Frecuencias – FDM

Códigos – CDMA

6

CDMA

Code Division Multiple Access

Esquema de
partición de canal

Basado en
matemáticas
booleanas

Asigna un código diferente a cada nodo. Nodos diferentes transmiten simultáneamente, usando codificación única. Los receptores saben su esquema de codificación respectivo y reciben correctamente los bits, a pesar de transmisiones que se interfieren por las de otros nodos.

Colisiones se suman, y el esquema de decodificación del receptor recupera el original de un emisor dado.

Uso militar por un tiempo porque es de espectro amplio, muy difícil de detectar y de congestionar, ahora usado por teléfonos celulares digitales.

7

Asignación de canal estática vs dinámica

Esquemas de
partición de canal

Ni FDM ni TDM son métodos eficientes para tráfico a ráfagas asociado con estaciones que transmiten/reciben en un canal compartido. La mayoría de los canales estarán desocupados la mayor parte del tiempo.

Esquemas dinámicos son mejores:

Colisiones – las evitan, o detectan y retransmiten

Tiempo – continuo o ranurado

8

Esquemas de acceso aleatorio

Cuestión – cómo asignar un solo canal entre estaciones que compiten por él.

Detección de portadora: Estaciones pueden decir si el canal está en uso antes de tratar de usarlo.

Sin detección de portadora: Las estaciones no pueden detectar el canal antes de usarlo. Pero pueden determinar si la transmisión colisionó con otra.

9

Asignación estática de canal en LANs y MANs

- Forma tradicional – FDM, mecanismo de asignación simple y eficiente
- Cuando el número de usuarios (N) es grande y varía constantemente o el tráfico es a ráfagas, FDM presenta problemas
- Asume: N es cte, se divide el canal en subcanales estáticos – desperdicio de ancho de banda (si usuarios no transmiten)
- En la mayoría de los sistemas de computadoras el tráfico es por ráfagas (1000:1)

10

Asignación estática de canal en LANs y MANs

- La eficiencia de FDM estática se ve en teoría de colas:
 T – retardo promedio para un canal con capacidad C bps, con una velocidad de llegada de λ tramas/s, con $1/\mu$ bits por trama (función de densidad de probabilidad exponencial),
$$T = 1/(\mu C - \lambda)$$
- Si el canal se divide en N subcanales independientes, con capacidad C/N bps. La llegada promedio de tramas en cada subcanal es λ/N , entonces, recalculando T :
$$T_{\text{FDM}} = NT$$
- El retardo medio es N veces peor que si todas las tramas se arreglaran mágicamente en un canal como una sola cola
- Mismo caso para TDM.

11

Asignación dinámica de canal en LANs y MANs

- Antes de ver los métodos dinámicos:
 - Estaciones N estaciones independientes (comp., telef., etc). La prob. de generar una trama en Δt es $\lambda \Delta t$, donde λ es cte.
 - Un canal Se comparte el canal de transmisión
 - Colisiones Si hay colisión de tramas, se pierden ambas. Las estaciones pueden detectar colisiones y retransmiten
 - Tiempo continuo o dividido
 - a) Se comienza con la tx de una trama en cualquier instante,
 - b) La tx comienza al inicio de un intervalo de tiempo
 - Detección de portadora o no
 - a) Las estaciones pueden detectar si el canal está en uso antes de usarlo,
 - b) No detectan el uso, solo tx

12

ALOHA

- Desarrollado en los 70's para difusión en estaciones de radio terrestres, se aplica a cualquier sistema con un canal
- 1) ALOHA puro – Tiempo continuo
 - Se transmiten tramas en cualquier instante
 - Hay colisiones, las tramas se destruyen
 - El emisor detecta colisiones y retransmite
- 2) ALOHA dividido – Tiempo dividido
 - Se divide el tiempo en intervalos discretos
 - Cada intervalo corresponde a una trama
 - Los usuarios están de acuerdo en los límites de los intervalos (reloj maestro)
 - Se transmiten las tramas solo al inicio de los intervalos

13

ALOHA Puro

- LAN - retroalimentación instantánea, Satélite tarda 270 ms
- Si hubo colisión, el emisor espera un tiempo aleatorio y retransmite.
 - Si no fuera aleatorio, las tramas chocarían repetidamente
- Sistema donde los usuarios comparten un canal y puede producir conflictos: **sistema de contención.**
-
- Colisión de primer bit con último bit de otra trama
_____ ambas tramas se descartan.
- Eficiencia del canal ALOHA _____ 18%

14

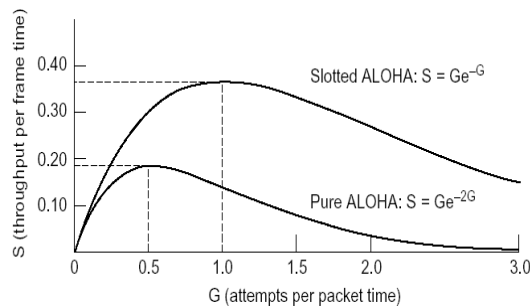
ALOHA Dividido

Lo mejor que se puede esperar:

37% de intervalos vacíos

37% de tramas transmitidas exitosamente

26% de colisiones



Rendimiento contra tráfico ofrecido para ALOHA

15

CSMA – Carrier Sense Multiple Access

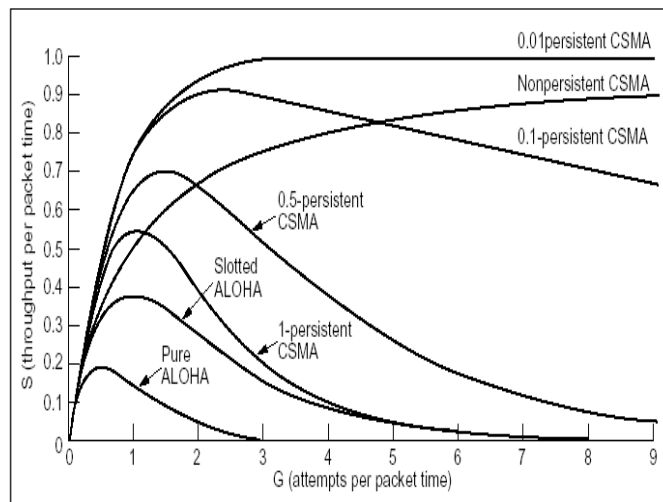
- Cualquier estación puede acceder la red en cualquier momento
- Antes de enviar sus datos, las estaciones escuchan para ver si hay tráfico en la red
- La estación espera hasta que ya no detecte tráfico en el medio para poder transmitir

16

CSMA persistente y no persistente

- Persistencia 1. Significa que la estación transmite con probabilidad de 1 cuando encuentra el canal desocupado
- *El retardo de propagación tiene un efecto importante en el protocolo.*
- Sin persistencia. Antes de mandar escucha el canal, si está desocupado transmite. Sino, espera un tiempo aleatorio y repite la operación.
- De persistencia p . Para canales con tiempo dividido. Si el canal está desocupado, con probabilidad p tx. Sino, con probabilidad $1-p$ espera hasta el próximo intervalo y repite el proceso.

17

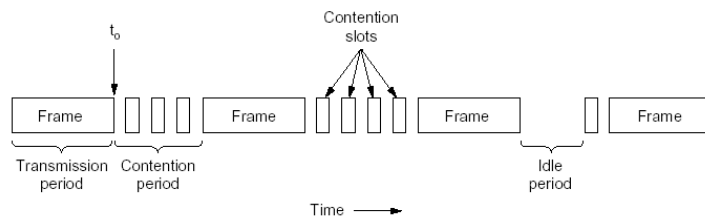


Comparación de la utilización del canal contra la carga para varios protocolos de acceso aleatorio

18

Protocolos CSMA/CD

- **CSMA con Detección de Colisiones**
- Después de detectar una colisión, una estación termina su transmisión, espera un período aleatorio, e intenta de nuevo.
- Las colisiones ocurren en el *período de contienda*. La duración de este período determina el retraso y la utilización del canal.



19

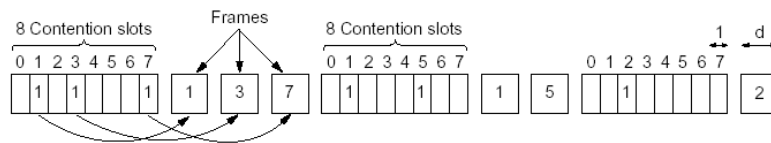
Protocolos libres de colisiones

- Los períodos de contención afectan el sistema cuando los cables son largos (retardo de propagación es mayor) y las tramas son cortas (el overhead de los períodos de contención es más importante). Es el caso en las redes de fibra óptica.
- Podemos eliminar completamente la posibilidad de colisiones en el período de contención.
- Veremos protocolos que resuelven la contención por el canal sin colisiones, ni en el periodo de contención.

20

Protocolo Bit-Map

- Protocolo libre de colisiones
- Cada período de contención consiste de N intervalos
- La estación j transmite un bit 1 en el intervalo j si tiene una trama para enviar.



21

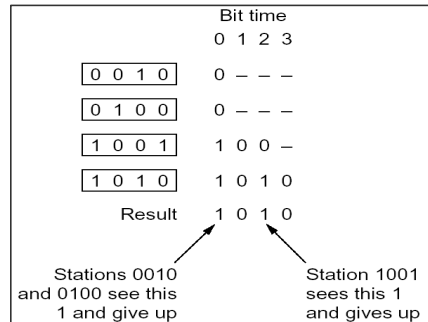
Protocolo Bit-Map

- Después de los N intervalos del período de contención, todas las estaciones saben cuáles quieren transmitir. En este punto transmiten en orden.
- Todas las estaciones están de acuerdo en el orden de transmisiones, entonces nunca habrá colisiones.
- Después de la última transmisión de una trama, un nuevo período de contención empieza.
- El overhead es solamente un bit por trama.

22

Binary Countdown

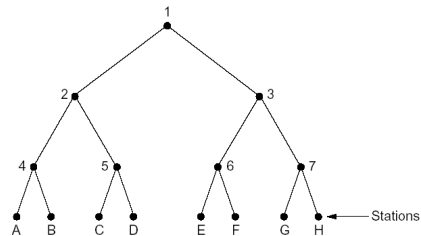
- Reduce el overhead - usa direcciones binarias
- El periodo de contención tiene ahora $\log_2 N$ intervalos
- Cada estación que quiere enviar una trama, manda el bit más significativo de su dirección en el intervalo 0, el 2º en el 1, etc.
- Se hace un OR de los bits en el canal
- Cuando la estación ve un 1 en un intervalo en el que transmitió un 0, desiste de transmitir en ese turno
- Finalmente, la estación con la dirección mayor transmite su trama después del periodo de contención



- Si en el formato de las tramas el primer campo es la dirección, el protocolo no tendrá overhead
- Para hacer justicia a todas las estaciones, cuando una estación transmitió, cambia su dirección a 0 y en las otras aumenta en uno. ²³

Protocolos de contención limitada

- Toman lo mejor de dos métodos.
- Considera las estaciones como las hojas del árbol
- En el intervalo 0 todas pueden tratar de tener el canal
 - Si lo toma, bien.
 - Si hay colisión, las estaciones bajo el nodo dos intentan nuevamente
- Se repite la operación



Estándar IEEE 802 para LANs y MANs

<http://standards.ieee.org/getieee802/>

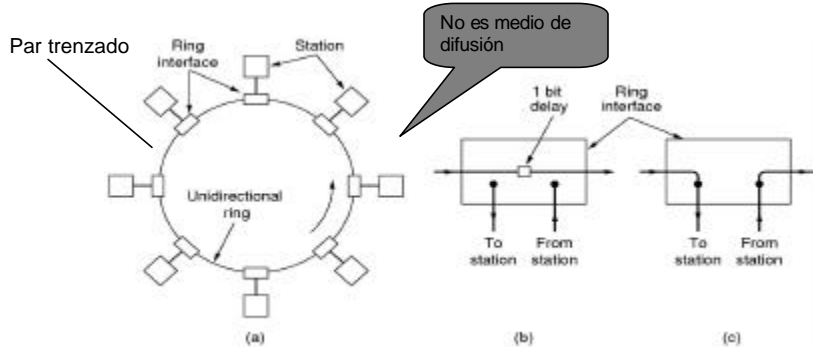
25

Estándar IEEE 802 para LANs y MANs

- IEEE ha producido varios estandares para LANs, colectivamente llamados IEEE 802.
- Estos incluyen CSMA/CD, Token Bus y Token Ring (802.3, 802.4 y 802.5), primitivas (algoritmo spanning tree) (802.1), parte superior de la capa de enlace, LLC, (802.2).
- Difieren en la capa física y en la subcapa MAC pero son compatibles en la capa de enlace de datos.
- Fueron adoptados por la ANSI, NIST e ISO.

26

Token Ring



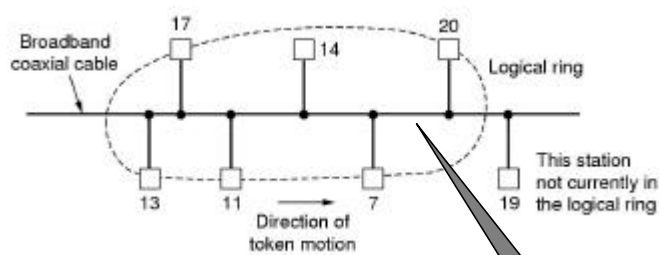
Una colección de líneas punto a punto entre estaciones arregladas en un anillo. Un token circula.

Cuando una estación quiere transmitir, debe esperar el token.

Antes de transmitir, la estación quita el token y lo pone después de tx.

27

Token Bus



Anillo lógico para circular el token

Las estaciones no transmiten a menos que posean el token

Medio de difusión

Anillo lógico en un bus físico

28

Comparación de LAN's

Las redes Ethernet y Token obtienen rendimiento similares.

IEEE 802.3

Ethernet – más popular, simple

Componente analógico sustancial para detectar colisiones, no prioridades, longitud de cable limitado, bajo retardo con poca carga.

A medida que la velocidad de transmisión aumenta, la eficiencia decrece porque el tiempo de transmisión disminuye pero no el tiempo de contención.

Eficiencia disminuye con carga grande.

IEEE 802.4

Token Bus –

Posible poner prioridades, buen rendimiento y eficiencia con cargas grandes (efectivamente TDM), usa cable de banda ancha, complejo, retardo sustancial con poca carga.

IEEE 802.5

Token Ring –

Conexiones punto a punto usando rangos de medios (par trenzado – fibra óptica) gran eficiencia para grandes cargas. Retardos grandes para poca carga.

29

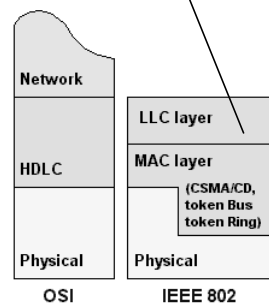
LLC - Logical Link Control

Subcapa MAC

(Subcapa -Media Access Control-) El protocolo que controla el acceso al medio de transmisión físico en una LAN. La funcionalidad de la subcapa MAC se construye en el adaptador de red. Estándares comunes de la subcapa MAC son la arquitectura CSMA/CD usada en y los métodos de pase del token usadas en Token Ring, FDDI y MAP. La subcapa MAC layer es sinónimo de la capa de enlace de datos en el modelo OSI.

3 opciones de servicio para red: datagramas no confiables (sin ack), datagramas con ack, y orientado a conexión

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.



30

Ethernet

Englobado en el estándar IEEE 802.3

Define desde el tipo de cableado, los niveles de voltaje hasta la manera en que se hace la comunicación.

Cada host escucha el medio para ver si está desocupado, cuando detecta que está libre empieza a transmitir, si ocurre una colisión, se detiene y espera un tiempo aleatorio, para después empezar el proceso nuevamente.

31

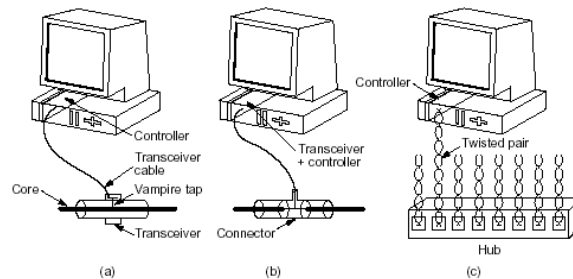
Cableado

- **10Base5** (Ethernet gruesa). Cable coaxial grueso, velocidad - 10 Mbps. Segmentos - 500 m, 100 nodos. Conexiones - *derivaciones de vampiro*. Entre el transceiver y la computadora un cable de hasta 50 m. En la computadora hay un controlador que crea tramas, hace checksums, etc.
- **10Base2** (Ethernet delgada). Cable coaxial delgado, se dobla más fácilmente. Conexiones - conectores de T. Barata y fácil instalar, segmento - 200 m con 30 nodos.
- La detección de derivaciones malas, rupturas, y conectores flojos es un gran problema con ambas. Método - medición de la propagación y la reflexión de un pulso en el cable.

32

Cableado

- **10Base-T.** Simplifica ubicación de rupturas. Cada estación tiene conexión con un *hub*. Los cables normalmente son los pares trenzados.
 - Desventaja - los cables tienen un límite de 100 m, y el costo del hub puede ser alto.



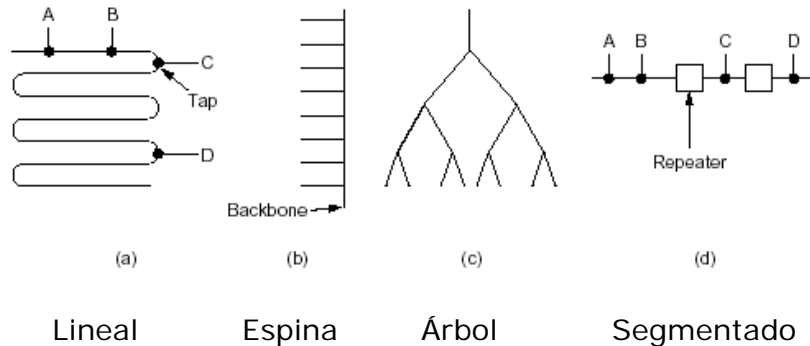
33

Cableado

- **10Base-F.** Usa la fibra óptica. Es cara por el costo de conectores. Por su excelente inmunidad al ruido se usa en conexiones entre edificios (los segmentos longitud - 2000 m).
- Para eliminar el problema con las longitudes máximas de los segmentos, se pueden instalar *repetidores* que reciben, amplifican, y retransmiten las señales en ambas direcciones. La única restricción es que la distancia entre cualquier par de transceivers no puede ser más de 2.5 km y no puede haber más de cuatro repetidores entre transceivers.

34

Topologías de cables



35

Codificación Manchester

- En 802.3 - problema para detectar bits distintos (p.e. ¿cómo se detectan dos bits de 0 en vez de tres?).
- *Manchester* - dos señales por bit. Se transmite un bit 1 estableciendo un voltaje alto en el primer intervalo y un voltaje bajo en el segundo (un bit 0 es el inverso).
- Cada bit contiene una transición de voltajes, la sincronización es sencilla.

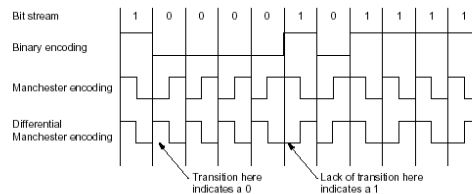
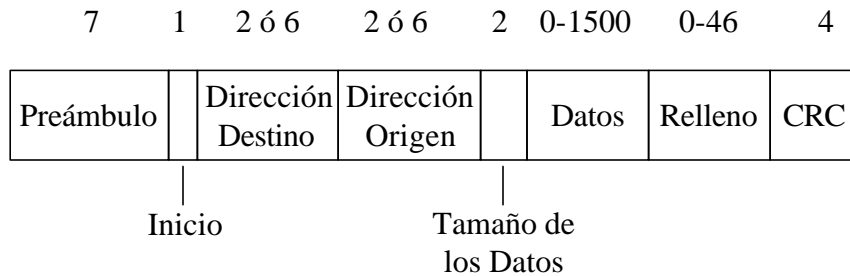


Fig. 4-20. (a) Binary encoding. (b) Manchester encoding. (c) Differential Manchester encoding.

36

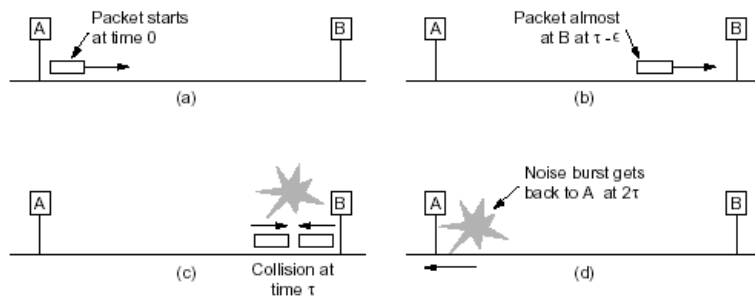
Ethernet

El formato de las tramas Ethernet es el siguiente:



37

Detección de colisión



Puede tomar hasta 2τ

38

Ethernet (3)

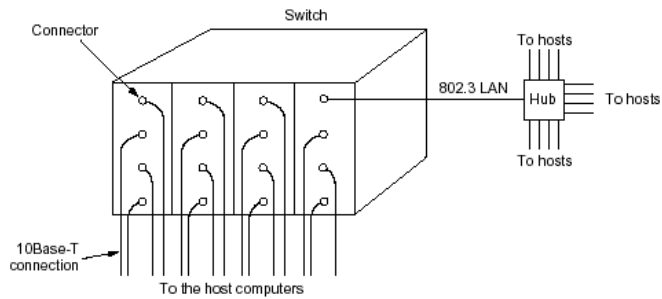
- Ethernet está especificado para velocidades de *1 a 10 Mbps*
- Se tienen aproximadamente 7×10^{13} direcciones diferentes
- La longitud mínima de una trama es de *64 bytes*
 - Para diferenciar fácilmente tramas incompletas de tramas correctas.
 - Para que se puedan detectar colisiones antes de terminar de transmitir la trama mínima, de modo que las tramas incompletas sean siempre menores de 64 bytes.

39

Switched LANs

- A medida que se incrementa el número de estaciones en una LAN, el tráfico aumenta y satura la LAN.
- Para aumentar el rendimiento del sistema sin usar una velocidad más alta - LAN 802.3 conmutada.
- El conmutador consiste en un backplane, se insertan de 4 a 32 tarjetas que tienen uno a ocho conectores (10BaseT).
- Cuando una estación quiere transmitir, pone la trama en el switch. La tarjeta checa si es para una estación de la misma tarjeta. Si es así se copia la trama, sino, la trama se envía al backplane para la tarjeta de la estación destino.
- El backplane corre a 1 Gbps usando un protocolo propietario.

40



Una LAN 802.3 conmutada

41

Token Ring

Es para topologías de difusión tipo anillo.

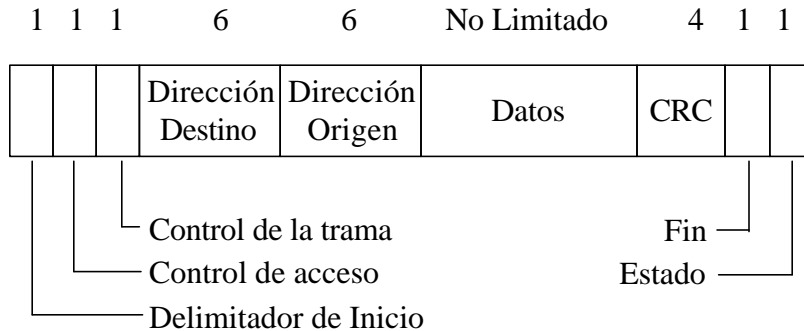
Hay un token circulando en el anillo, el cual indica que el medio está desocupado.

Cuando alguien quiere transmitir checa si en el medio está el token, si es así, lo elimina e inicia la transmisión de la trama que quiere enviar. Cuando esta trama regresa, vuelve a insertar el token.

42

Token Ring (2)

El formato de las tramas Token Ring es el siguiente:



43

Token Bus

Tiene la idea del Token Ring pero sobre una topología de difusión tipo bus.

Se mantiene un anillo lógico entre las estaciones.

El token pasa de una estación a otra.

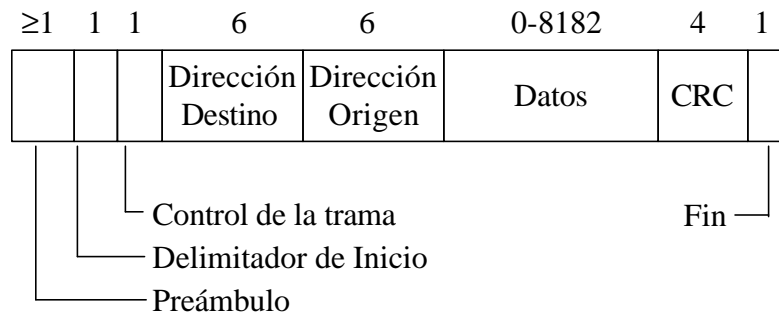
Cuando alguien quiere transmitir espera a que le envíen el token, transmite y envía el token a su vecino en el anillo.

La disposición física, no tiene nada que ver con el orden en el anillo lógico.

44

Token Bus (2)

El formato de las tramas token bus es el siguiente:



45

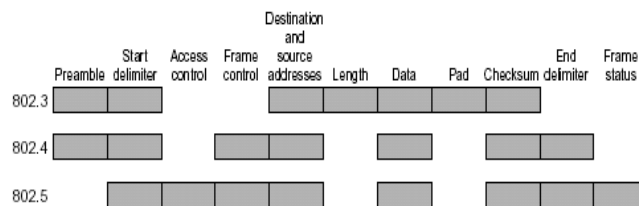
Puentes (Bridges)

- Los puentes son dispositivos que conectan las LANs.
- Razones para tener varias LAN:
 - Dueños autónomos (por ejemplos, departamentos distintos en una empresa)
 - Distancia entre grupos
 - Carga
 - Distancia entre computadoras que debieran estar en la misma LAN
 - Confiabilidad: por contraste con un repetidor, un bridge puede rechazar basura de un nodo
 - Seguridad (restringir la propagación de tramas confidenciales)
- • Se necesitan puentes distintos para conectar cada combinación de 802.x y 802.y. Los protocolos tienen formatos de trama distintos, velocidades distintas, y longitudes máximas de trama distintas.

46

Puentes

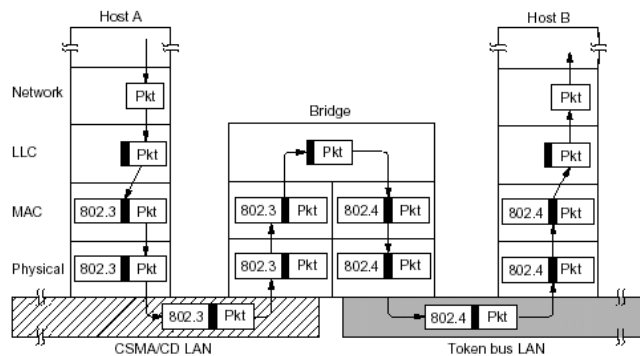
- Cada combinación 802.x y 802.y tiene sus problemas
 - 1. Cada una de las LANs tiene un formato diferente de trama (cambiar formato, recalcular checksums, toma tiempo de CPU).
 - 2. No todas corren a la misma velocidad
 - 3. Todas tienen diferente longitud de trama



Los formatos de las tramas IEEE 802

47

Puentes

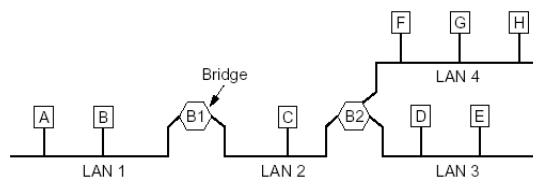


Operación de un puente, de 802.3 a 802.4

48

Puente transparente

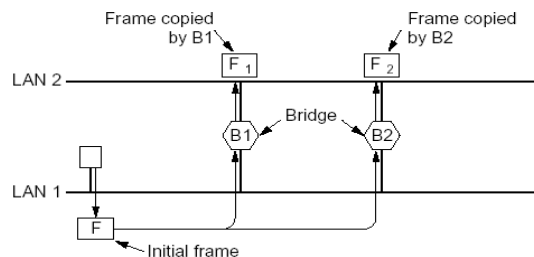
- No requiere cambio de hardware o software. Solo hay que conectarlo
- Opera en un modo donde acepta todos los paquetes de la LAN
- Al principio las tablas de todos los bridges son vacías. Reenvían tramas a todas las LANs.
- Para llenar las tablas se usan un algoritmo de *backward learning*. Puede determinar a través de qué LAN se puede alcanzar una estación.



49

Puente transparente

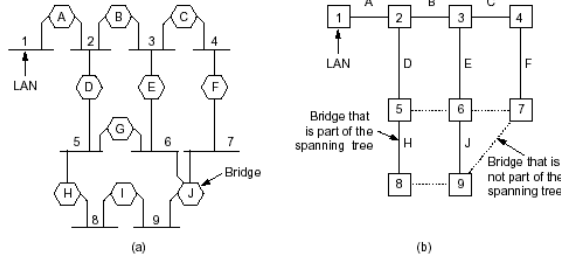
- Para aumentar la confiabilidad del sistema a veces se usa más de un puente para conectar dos LANs.



- Este arreglo, produce ciclos en la topología.
- La solución de este problema es que los bridges se comuniquen para construir un árbol.

50

Puentes Spanning Tree



- Se hace un grafo con LAN-nodo, puente-arco
- Luego, *spanning tree*, borrando las líneas punteadas, así solo hay una ruta para cada LAN y no se hacen ciclos.

51

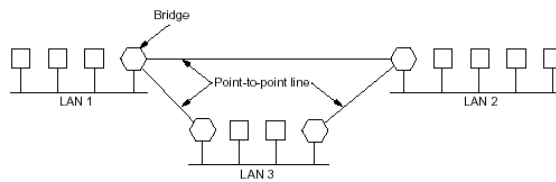
Puente de enrutado de la fuente

- La desventaja con los puentes transparentes es que malgastan ancho de banda (usan solamente un subconjunto de la topología, el árbol). Con el ruteo de fuente, cada fuente sabe el camino óptimo a cada destino posible.
- Para encontrar las rutas, las estaciones mandan una *trama descubridora* que es enviada a cada puente. Las respuestas incluyen el camino tomado por la trama.
- Un problema es que este método puede producir una explosión en el número de tramas descubridoras.

52

Puentes remotos

- Un uso común de los puentes es conectar dos (o más) LANs distantes.
- Se puede lograr poniendo un puente en cada LAN y conectarlos en pares con líneas punto a punto.



Se pueden usar varios protocolos en las líneas punto a punto.

53

Resumen

54