

Capa Enlace de Datos

- ❑ 5.1 Introducción y servicios
- ❑ 5.2 Detección y corrección de errores
- ❑ 5.3 Protocolos de acceso múltiple
- ❑ 5.4 Direccionamiento de capa enlace
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Hubs y switches
- ❑ 5.7 PPP
- ❑ 5.8 Enlaces Virtuales: ATM y MPLS

Direcciones MAC y ARP

□ Direcciones IP son de 32-bit:

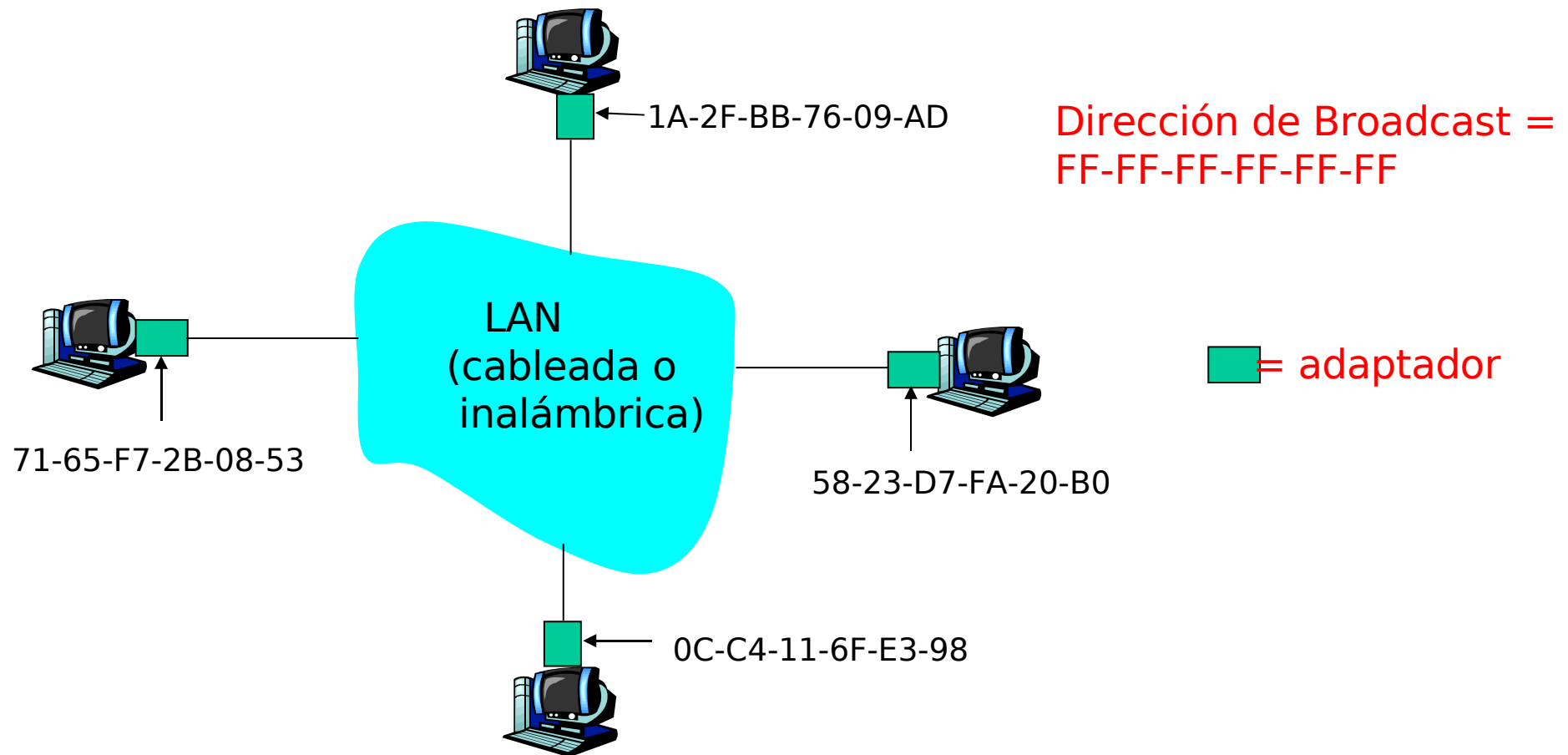
- Son direcciones de la capa de red
- Son usada para conducir un datagrama a la subred destino

□ Dirección MAC (o LAN o física o Ethernet):

- Son usadas para conducir un datagrama a otra interfaz físicamente conectada (en la misma red)
- Son de 48 bits (en mayoría de LANs) están grabadas en una ROM de la tarjeta adaptadora

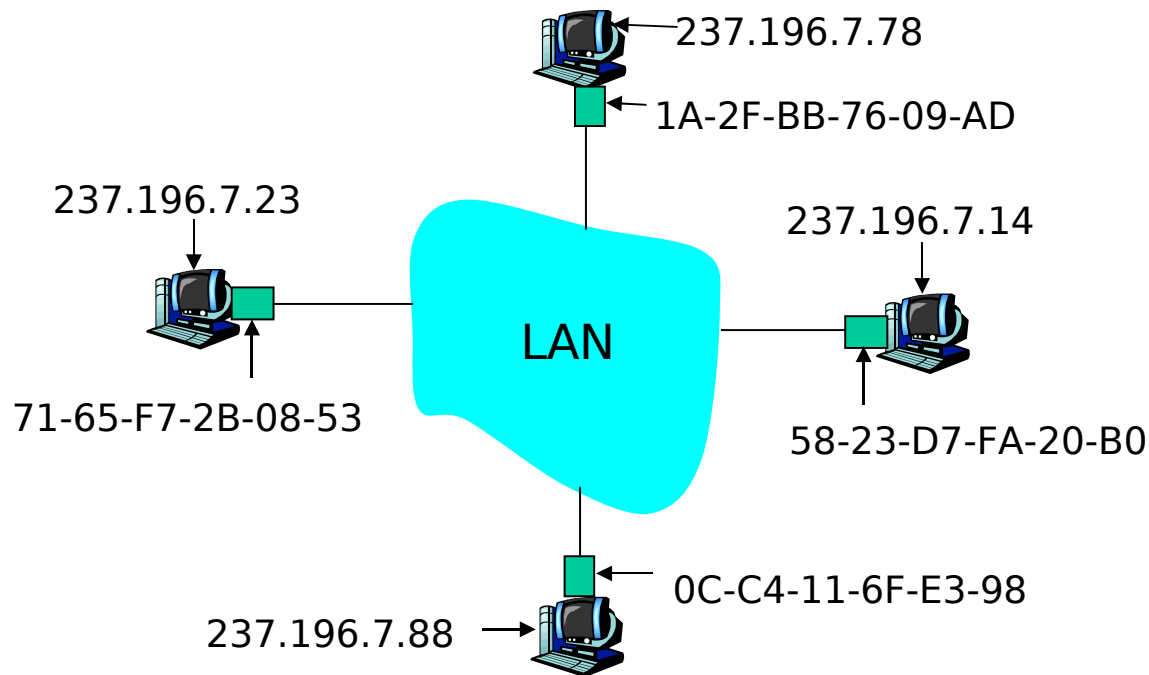
Direcciones LANs y ARP

Cada adaptador de la LAN tiene una dirección única



ARP: Address Resolution Protocol

Pregunta: cómo determinar la dirección MAC sabiendo la dirección IP?



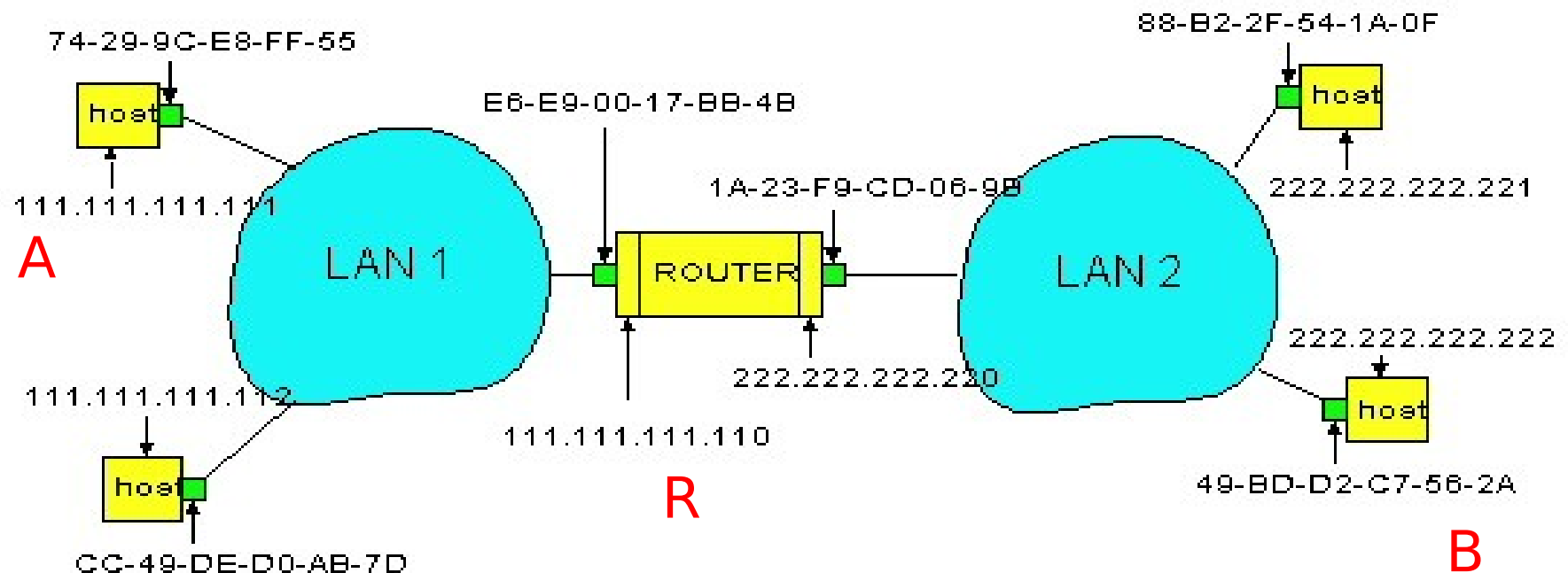
- Cada nodo IP (Host o Router) de la LAN tiene una tabla **ARP**
- Tabla ARP: mapean direcciones IP/MAC para algunos nodos de la LAN
< IP address; MAC address; TTL >
 - TTL (Time To Live): tiempo de expiración para el mapeo (típicamente 20 min)

Protocolo ARP: Dentro de la misma LAN (network)

- ❑ A quiere enviar un datagrama a B, y la dirección MAC de B no está en tabla ARP de A.
- ❑ A **difunde (broadcasts)** un paquete consulta ARP, conteniendo la IP de B
 - Dirección destino MAC = FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - Todas las máquinas de la LAN reciben la consulta ARP
- ❑ B recibe paquete ARP, y responde a A con su dirección MAC
 - La respuesta es enviada a la MAC de a (unicast)
- ❑ A caches (guarda) el par IP-a-MAC en su tabla ARP hasta que la información envejece (times out)
 - La información expira a menos que sea refrescada
- ❑ ARP es “plug-and-play”:
 - Los nodos crean sus tablas de ARP sin intervención de la administradores

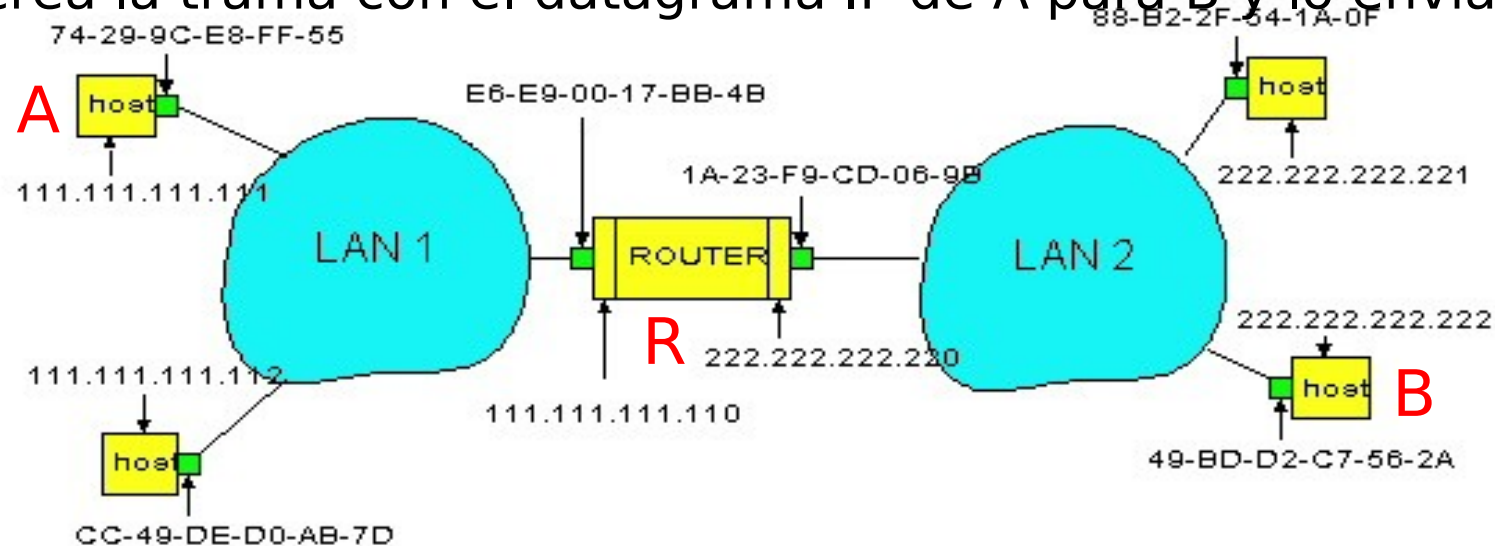
Ruteo a otra LAN

Caminata: **envío de datagrama desde A a B vía R**
asume que A conoce dirección IP de B



- ❑ En router R hay dos tablas ARP, una por cada interfaz (o por cada red LAN)

- ❑ A crea datagrama con fuente A y destino B
- ❑ A usa ARP para obtener la MAC de R para la interfaz 111.111.111.110
- ❑ A crea una trama enlace de datos con dirección MAC de r como destino, los datos de la trama contienen el datagrama IP de A a B
- ❑ El adaptador de A envía la trama
- ❑ El adaptador de R recibe la trama
- ❑ R saca el datagrama IP de la trama Ethernet, y ve que el destino es B
- ❑ R usa ARP para obtener la dirección MAC de B
- ❑ R crea la trama con el datagrama IP de A para B y lo envía a B



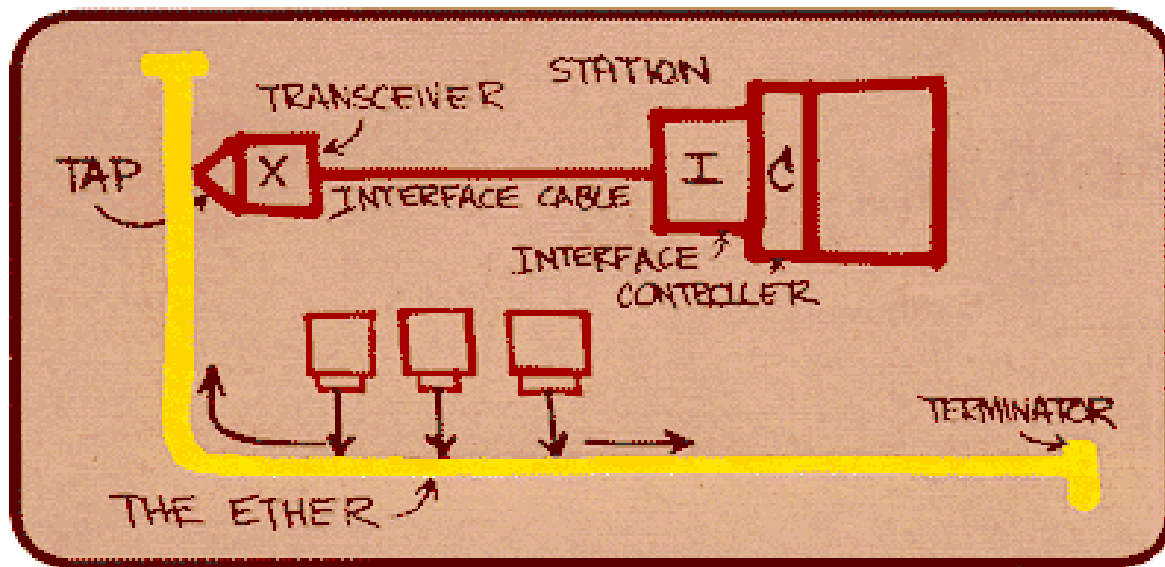
Capa Enlace de Datos

- ❑ 5.1 Introducción y servicios
- ❑ 5.2 Detección y corrección de errores
- ❑ 5.3 Protocolos de acceso múltiple
- ❑ 5.4 Direccionamiento de capa enlace
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Hubs y switches
- ❑ 5.7 PPP
- ❑ 5.8 Enlaces Virtuales: ATM y MPLS

Ethernet

Tecnología LAN cableada “dominante” :

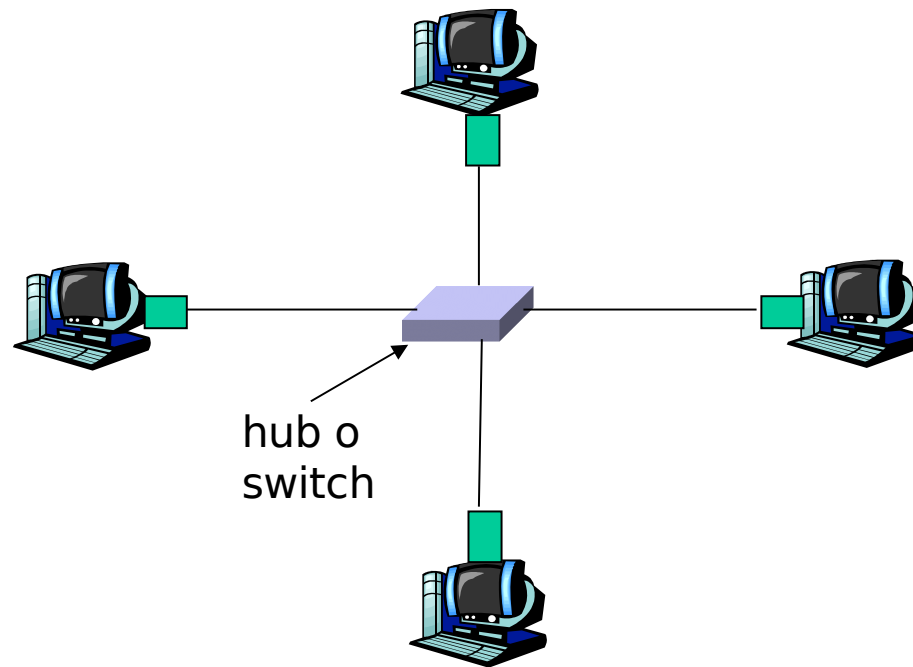
- ❑ Barata!
- ❑ Más simple que y barata que LANs con token y ATM
- ❑ Avanza en velocidad: 10 Mbps – 10 Gbps



Primer borrador de Metcalfe

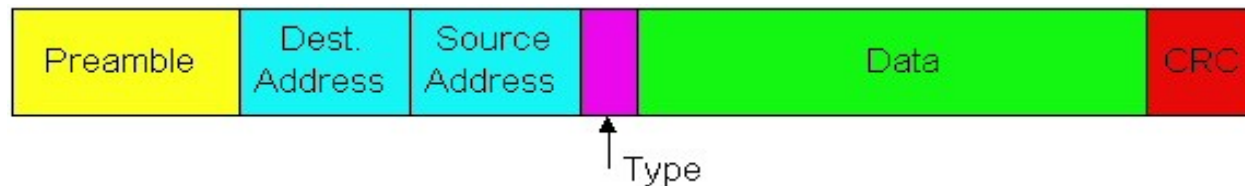
Topología Estrella

- ❑ En los 90 era común la topología Bus
- ❑ Hoy (2005) domina la topología estrella
- ❑ Elecciones de conexión: hub o switch



Estructura de trama Ethernet

El adaptador transmisor encapsula el datagrama IP (u otro protocolo de red) en la **trama Ethernet**

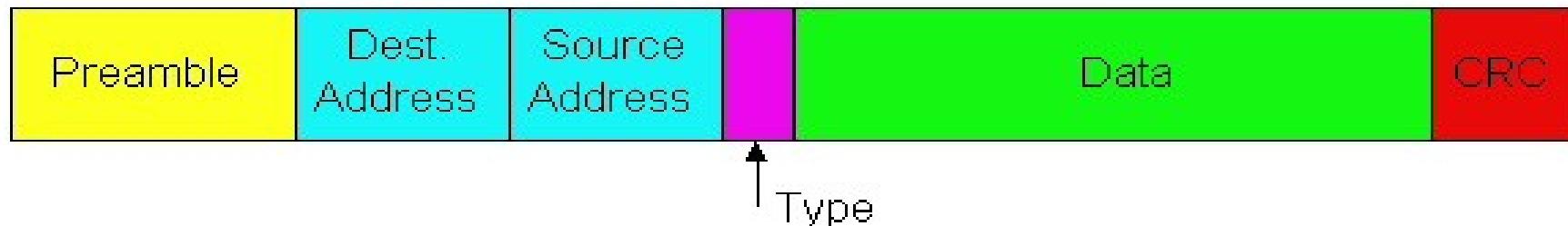


Preámbulo:

- ❑ 7 bytes con patrón 10101010 seguido por un byte con patrón 10101011
- ❑ Usado para sincronizar la frecuencia de reloj del receptor

Estructura de Trama Ethernet

- ❑ **Direcciones:** 6 bytes
 - Si el adaptador recibe trama con dirección destino propia o dirección de broadcast (eg paquete ARP), éste pasa los datos de la trama al protocolo de capa de red
 - de otro modo, el adaptador descarta la trama.
- ❑ **Tipo:** indica el protocolo de capa superior (principalmente IP pero hay otros como Novell IPX y AppleTalk)
- ❑ **CRC:** chequeado en receptor, si un error es detectado, la trama es simplemente descartada.



Servicio no confiable y sin conexión

- ❑ **Sin conexión:** No hay handshaking entre adaptadores Tx y Rx.
- ❑ **No confiable:** Receptor no envía acks o nacks al adaptador transmisor
 - Flujo de datagramas pasado a la capa de red puede tener vacíos
 - Los vacíos son llenados si la aplicación está usando TCP
 - De otra manera, si falta algún fragmento, IP no podrá re-ensamblar el datagrama y lo descarta. Si la ausencia es de un datagrama completo la aplicación notará el vacío.

Ethernet usa CSMA/CD

- ❑ No hay ranuras
- ❑ **Sensa por portadora:** adaptador no transmite si otro adaptador lo está haciendo.
- ❑ **Detecta Colisiones:** adaptador transmisor aborta cuando éste detecta que otro adaptador está transmitiendo.
- ❑ **Acceso Aleatorio:** Antes de intentar una retransmisión el adaptador espera un tiempo aleatorio

Algoritmo CSMA/CD de Ethernet

1. El adaptador recibe un datagrama de la capa de red y crea la trama
2. Si el adaptador sensa que el canal está libre, éste comienza a transmitir la trama. Si éste sensa canal ocupado, espera hasta que esté libre y transmite
3. Si el adaptador transmite la trama entera sin detectar colisión, se considera transmisión lograda !
4. Si el adaptador detecta otra transmisión mientras transmite, aborta y envía una señal de “taco”
5. Después de abortar, el adaptador entra en **backoff exponencial**: después de la m -ésima colisión, el adaptador elige un K aleatorio entre $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$. El adaptador espera $K \cdot 512$ periodos de bit y retorna la paso 2

CSMA/CD de Ethernet (más)

Señal de “taco”: asegura que todos los transmisores detecten la colisión; 48 bits

Periodo de Bit: .1 microsec en 10 Mbps Ethernet ;
para $K=1023$, se esperará alrededor de 50 msec

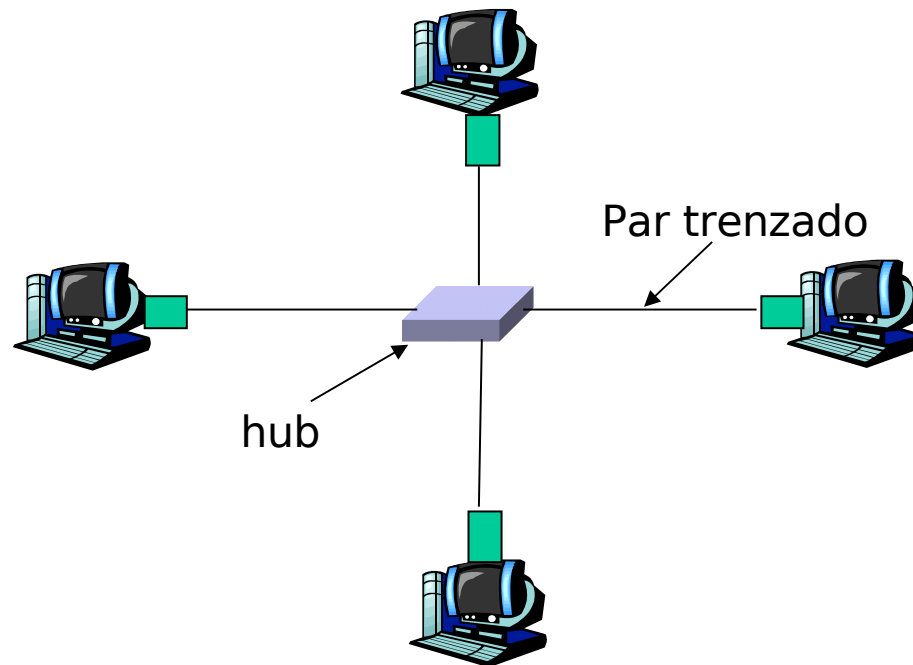
Backoff Exponencial:

- ❑ *Meta*: retransmisiones intentan estimar la carga actual
 - Alta carga: espera aleatoria será mayor
- ❑ Primera colisión: elige K entre $\{0,1\}$; retardo es $K \cdot 512$ periodos de bits
- ❑ Después de segunda colisión: elige K de $\{0,1,2,3\}$...
- ❑ Después de 10 colisiones, elige K de $\{0,1,2,3,4,...,1023\}$

La eficiencia es mucho mayor que ALOHA (ranurado o no)
Revisar applet de Java en sitio
http://wps.aw.com/aw_kurose_network_3/0,9212,1406348-,00.html!

10BaseT y 100BaseT

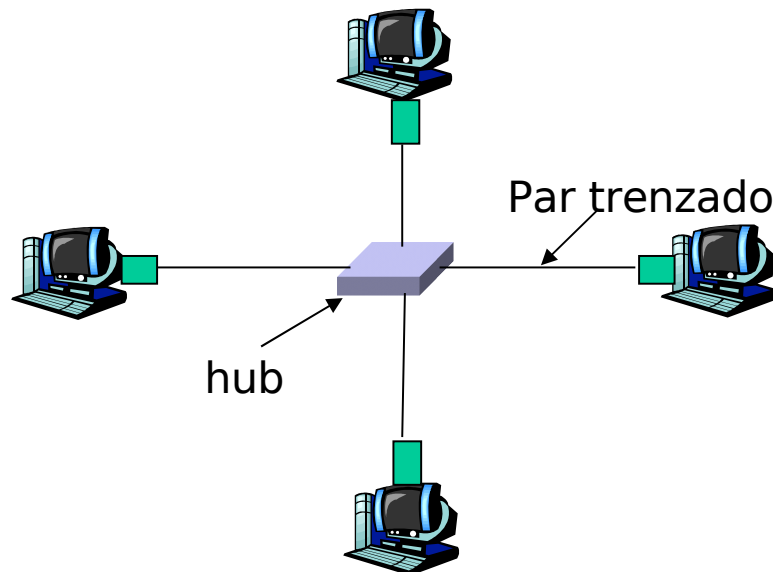
- ❑ Tasas de 10/100 Mbps; llamados “fast ethernet”
- ❑ T significa Twisted Pair (par trenzado)
- ❑ Nodos se conectan a un hub: “topología estrella”; 100 m es la distancia máxima entre nodo y hub.



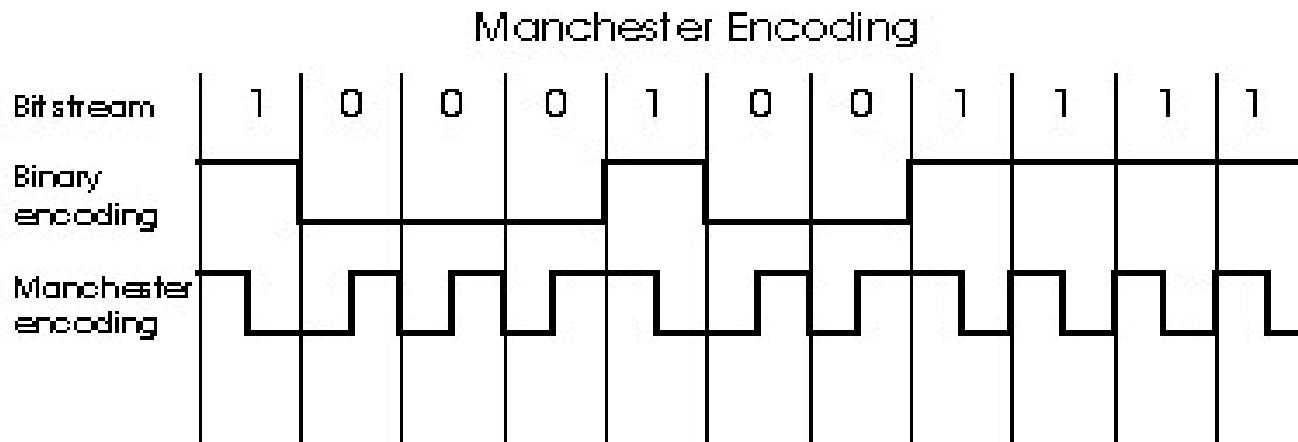
Hubs

Hubs son esencialmente repetidores de capa física:

- Los bit que ingresan por un enlace salen por TODOS los otros
- No la hay almacenamiento y reenvío
- No hay CSMA/CD en hub: el adaptador detecta la colisión



Codificación Manchester



- ❑ Usado en 10BaseT
- ❑ Cada bit tiene una transición
- ❑ Permite que los relojes se sincronicen
 - no requiere reloj centralizado o global entre nodos!
- ❑ Esta es materia de la capa física!

Gbit Ethernet

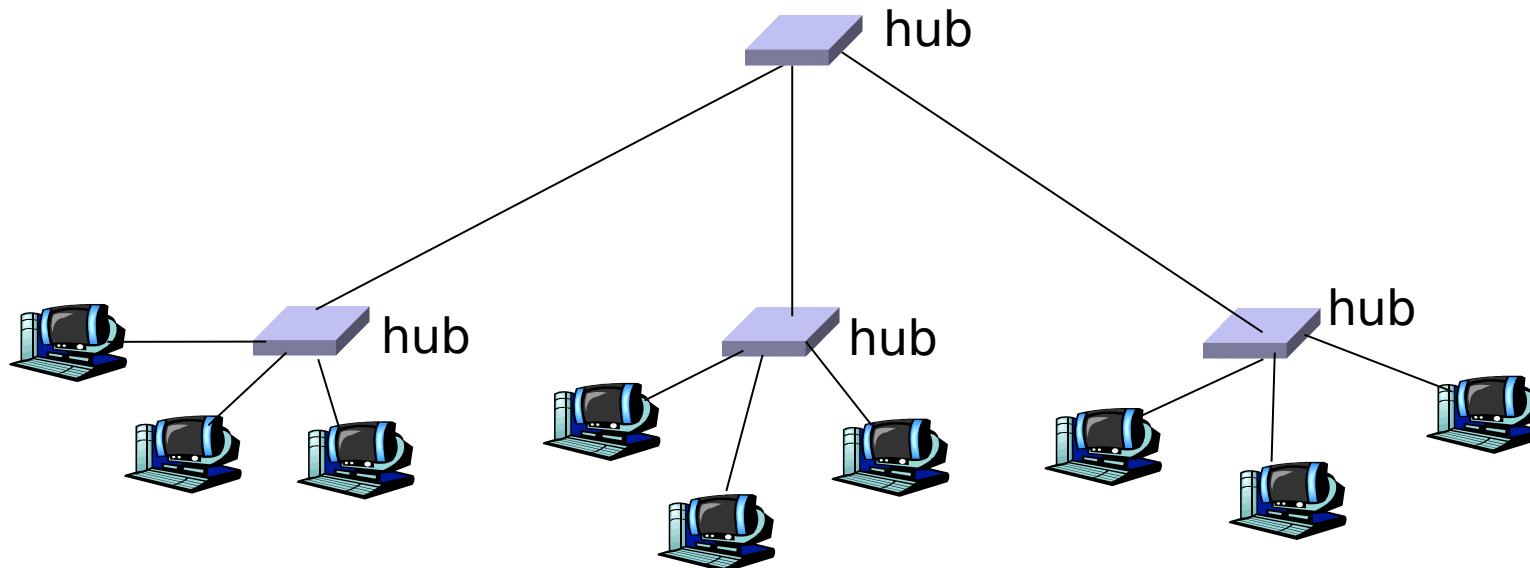
- ❑ Usa formato de trama Ethernet estándar
- ❑ Permite enlaces punto a punto y vía canales broadcast compartidos
- ❑ En modo compartido usa CSMA/CD; se requiere corta distancia entre nodos por eficiencia
- ❑ usa hubs, llamados aquí “distribuidores con buffer”
- ❑ Full-Duplex a 1 Gbps para enlaces punto a punto
- ❑ Ahora se cuenta con 10 Gbps !

Capa Enlace de Datos

- ❑ 5.1 Introducción y servicios
- ❑ 5.2 Detección y corrección de errores
- ❑ 5.3 Protocolos de acceso múltiple
- ❑ 5.4 Direccionamiento de capa enlace
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Hubs y switches
- ❑ 5.7 PPP
- ❑ 5.8 Enlaces Virtuales: ATM y MPLS

Interconexión con hubs

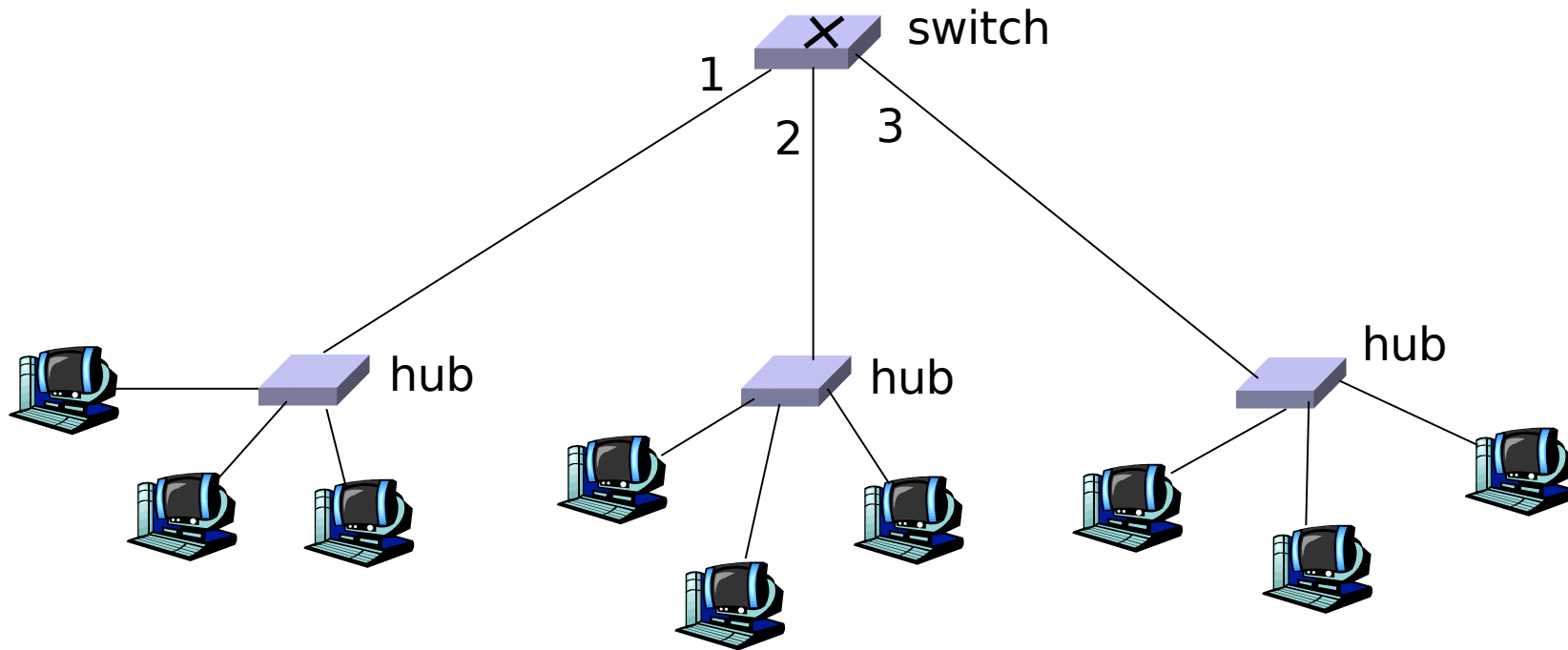
- ❑ Hub de Backbone interconecta segmentos LAN
- ❑ Extiende distancia máxima entre nodos
- ❑ Pero segmentos de colisión individuales se transforman en un gran dominio de colisión
- ❑ No se puede conectar 10BaseT y 100BaseT



Switches

- ❑ **Dispositivo de capa enlace de datos**
 - Almacena y re-envía tramas Ethernet
 - Examina encabezados de tramas y **selectivamente** re-envía tramas basado en dirección MAC destino
 - Cuando debe re-enviar una trama, usa CSMA/CD para acceder al medio
- ❑ transparente
 - hosts no notan la presencia de switches
- ❑ plug-and-play, y aprenden solos
 - switches no requieren ser configurados

Reenvío



- ¿Cómo determinar en qué segmento LAN enviar la trama?
- Similar a problema de ruteo ...

Auto aprendizaje

- ❑ Cada switch tiene una **tabla de conmutación**
- ❑ Entradas de la tabla del switch:
 - (Dirección MAC, Interfaz, Marca de tiempo)
 - Entradas antiguas son descartadas (TTL ~60 min)
- ❑ switches **aprenden** qué hosts se encuentra en qué interfaz
 - Cuando una trama es recibida, el switch “aprende” la localización del Tx viendo el segmento LAN de llegada
 - Graba el par Tx/localización en tabal del switch

Filtrado y re-envío

Cuando un switch recibe una trama:

Busca en tabla switch usando la dirección MAC destino

if encuentra entrada para el destino

then{

if destino está en segmento desde donde llegó trama

then descarte trama y refresca dirección origen

else re-envíe la trama a la interfaz indicada

}

else {

inunde

Registre dirección origen

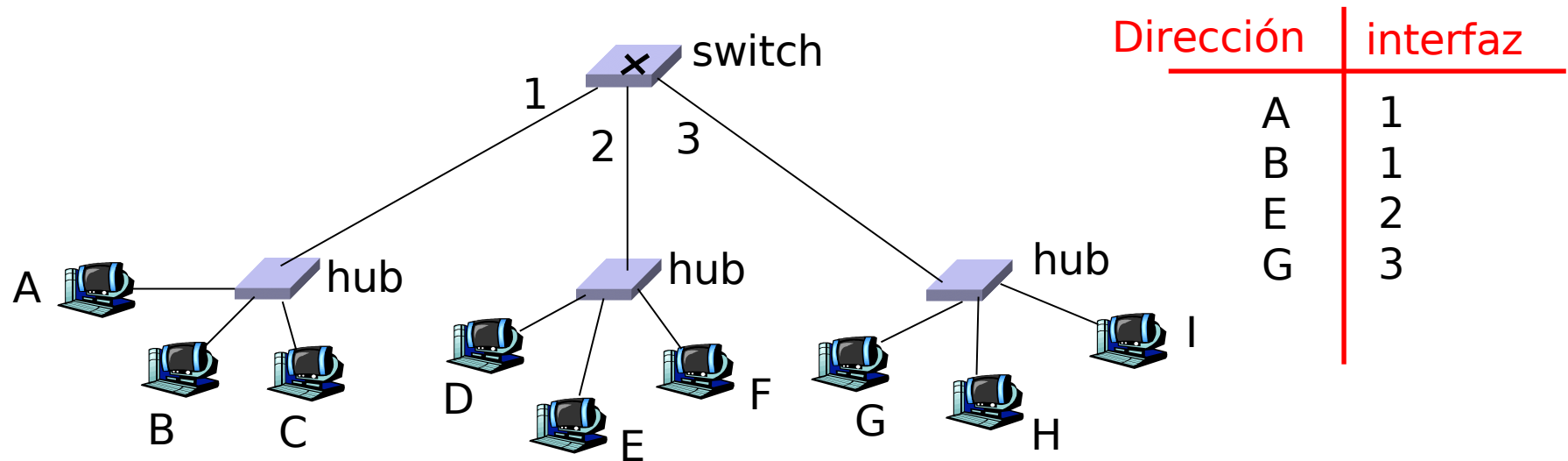
}

*Re-envíe en todas la interfaces
excepto la de llegada*



Ejemplo de Switches

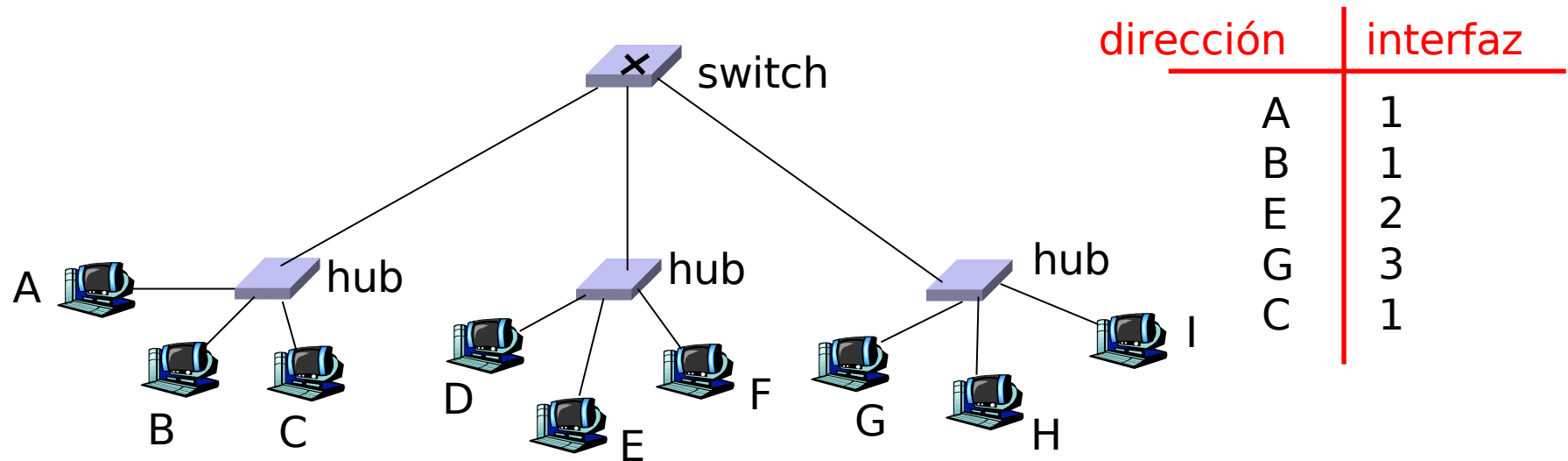
Supongamos que C envía una trama a D



- ❑ El switch recibe trama de C
 - Anota en tabla del bridge que C está en interfaz 1
 - Debido a que D no está en la tabla, el switch re-envía la trama a interfaces 2 y 3
- ❑ La trama es recibida por D

Ejemplo de Switches

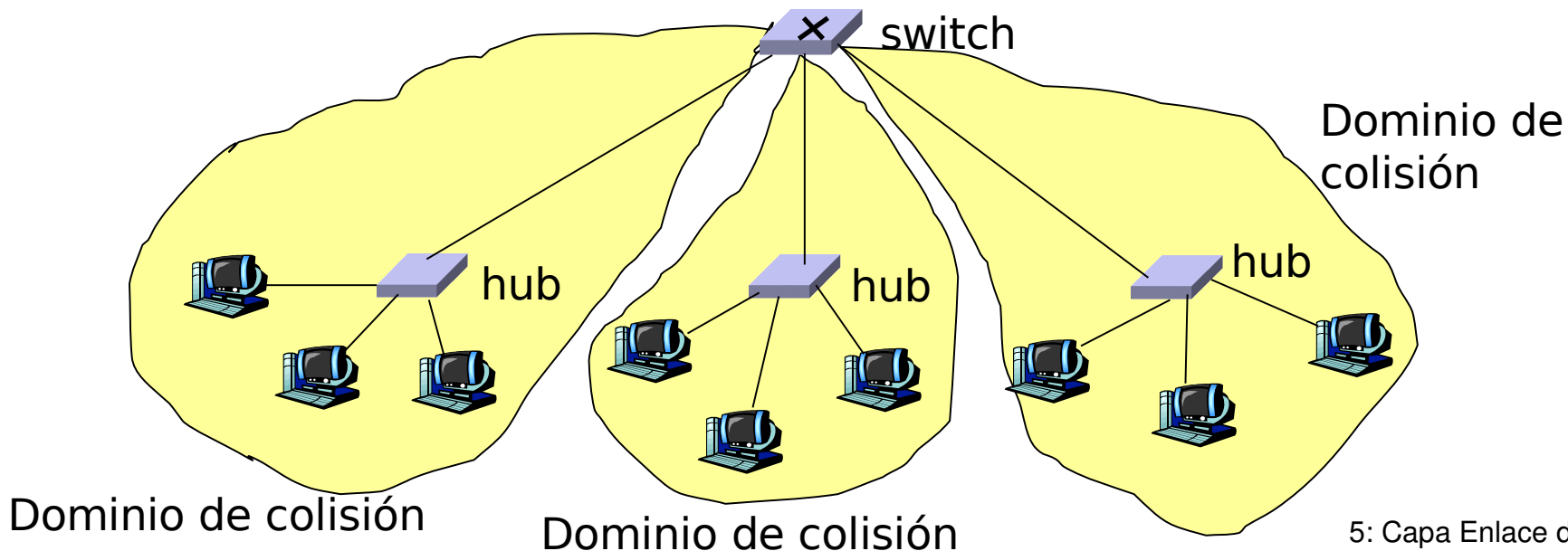
Supongamos que D responde a C con otra trama.



- El switch recibe la trama de D
 - Y anota en su tabla que D está en interfaz 2
 - Debido a que C ya está en la tabla, el switch re-envía la trama sólo por interfaz 1
- La trama es recibida por C

Switch: Aislamiento de tráfico

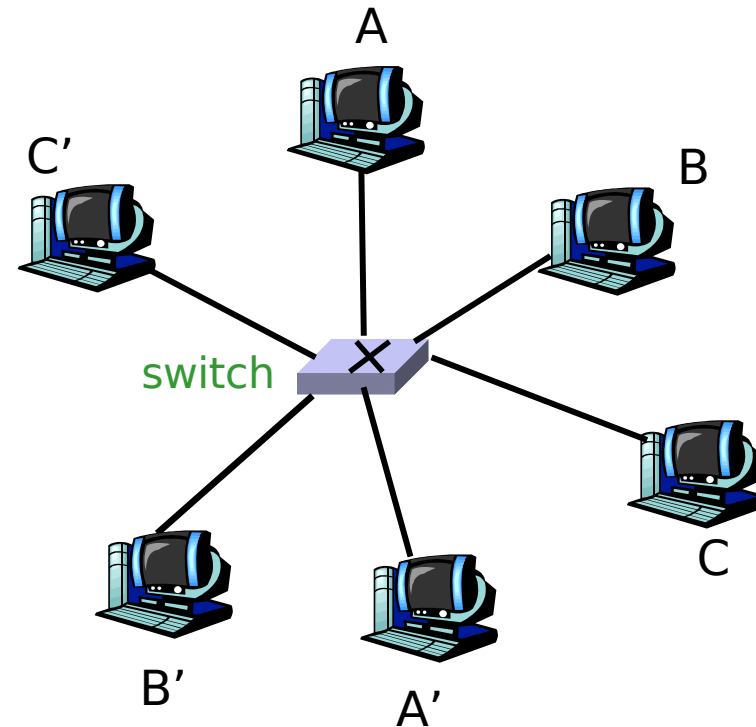
- El uso de un switch divide la subred en segmentos de LAN (para efectos de colisiones, por ejemplo)
- El switch **filtra** paquetes:
 - Las tramas de una mismo segmento de la LAN no son re-enviados normalmente a los otros segmentos
 - Los segmentos pasan a ser **dominios de colisión separados**



Switches: accesos dedicados

- ❑ Switch con muchas interfaces
- ❑ Cada host tiene conexión directa al switch
- ❑ No hay colisiones; full duplex

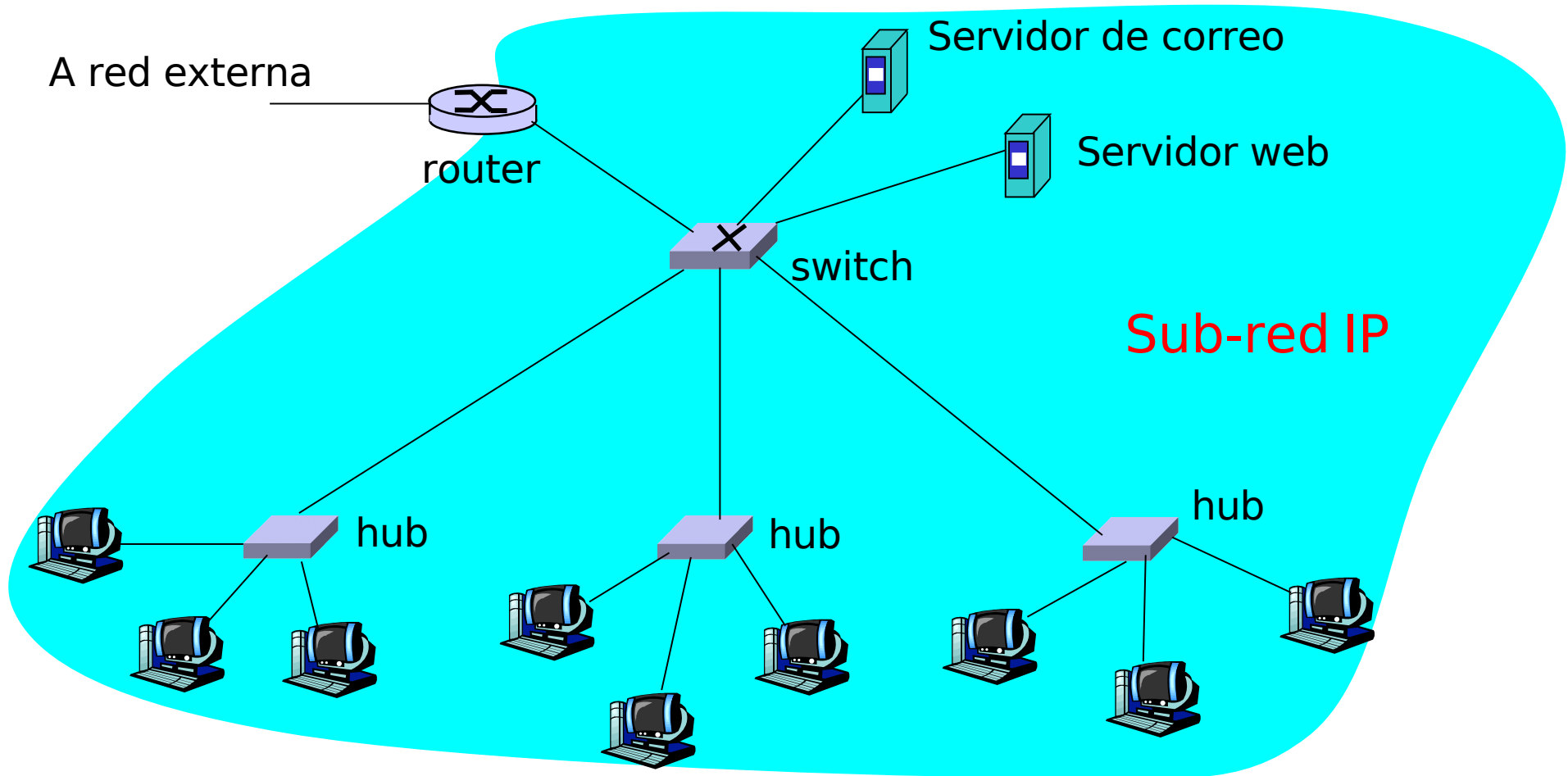
Conmutación: puede haber comunicación A-a-A' y B-a-B' simultáneamente, no hay colisiones



Más sobre Switches

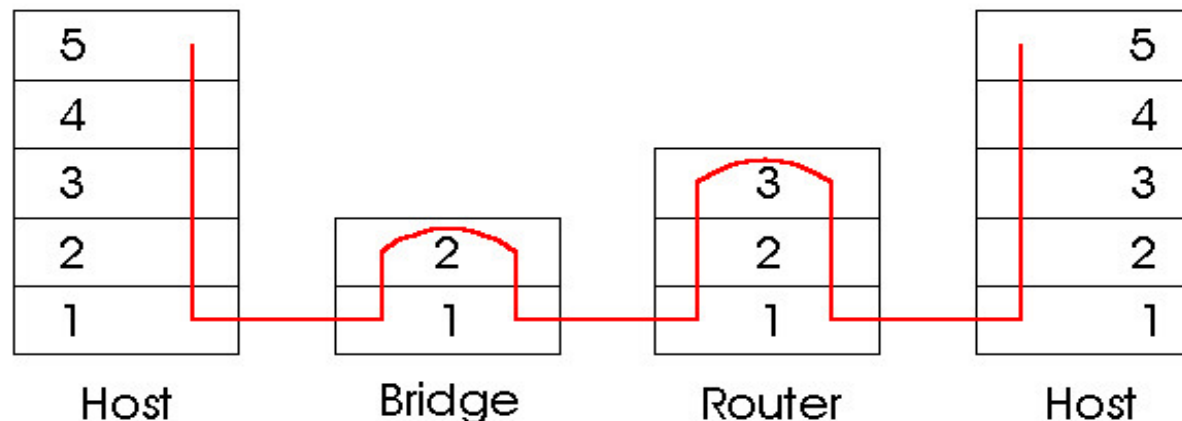
- ❑ **Conmutación cut-through (corte camino):**
en estos switches las tramas son re-enviadas de la entrada a la salida sin almacenar el paquete completamente
 - Se logra una reducción de latencia (retardo)
- ❑ Hay switches con interfaces compartidas o dedicadas de 10/100/1000 Mbps.

Redes Institucionales



Switches vs. Routers

- ❑ Ambos son dispositivos de almacenamiento y re-envío
 - Routers son dispositivos de capa de red (examinan encabezados de capa de red)
 - switches son dispositivos de capa enlace de datos.
- ❑ routers mantienen tablas de ruteo, implementas los algoritmos de ruteo
- ❑ switches mantienen las tablas de switches, implementan filtrado y algoritmos de aprendizaje



Resumen comparativo

	<u>hubs</u>	<u>routers</u>	<u>switches</u>
Aisla tráfico	no	Si	Si
plug & play	Si	no	Si
Ruteo óptimo	no	Si	no
cut through	Si	no	Si