



**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Redes de Área Local

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios  
3º Ingeniería de Telecomunicación



# Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de paquetes
6. Conmutación de circuitos
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio



# Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de paquetes
6. Conmutación de circuitos
7. Gestión de recursos en conmutadores
- 8. Protocolos de control de acceso al medio**
  - **LANs**
  - **Acceso al medio**

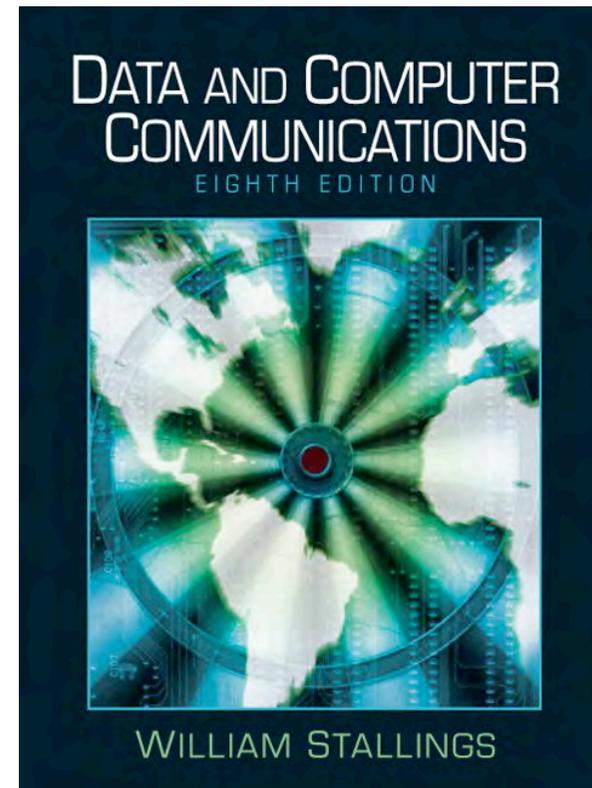


# Material

Capítulos 15 y 16 de

**W. Stallings,**

**Data and Computer Communications**





# Redes de área local

- Local Area Networks (LAN)
- Aplicaciones
  - Redes de ordenadores personales bajo coste velocidad “limitada”
  - Redes “Back end” (interconectar grandes ordenadores con almacenamiento)  
alta velocidad, distancia y numero de dispositivos limitado
  - Storage Area Networks (SAN)  
alta velocidad, distancia y numero de dispositivos limitado
  - Redes de alta velocidad en empresas  
alta velocidad
  - Redes de backbone  
alta velocidad

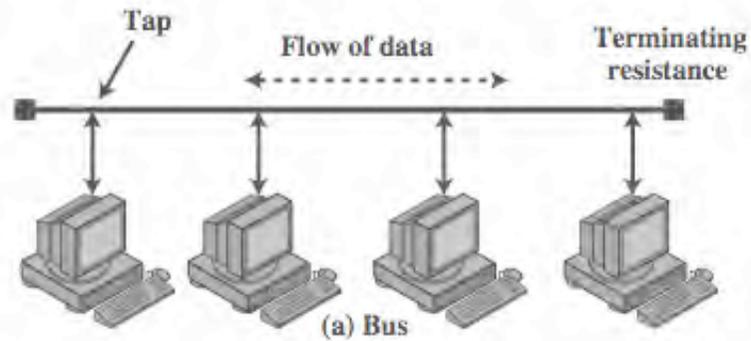


# Arquitectura de LANs

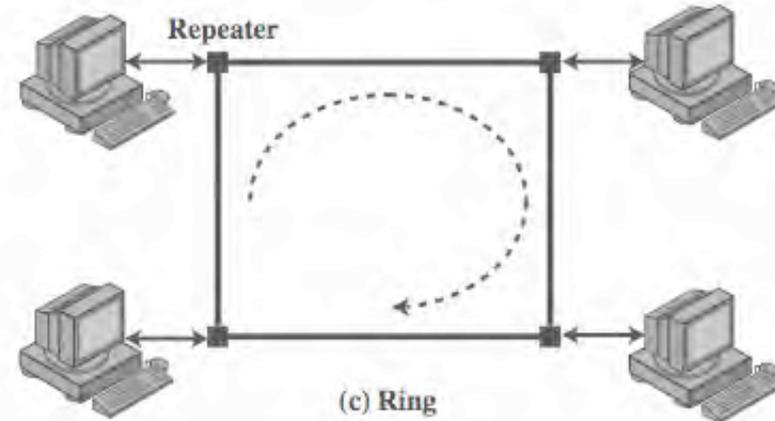
- Topología
- Medio de transmisión
- Control de acceso al medio



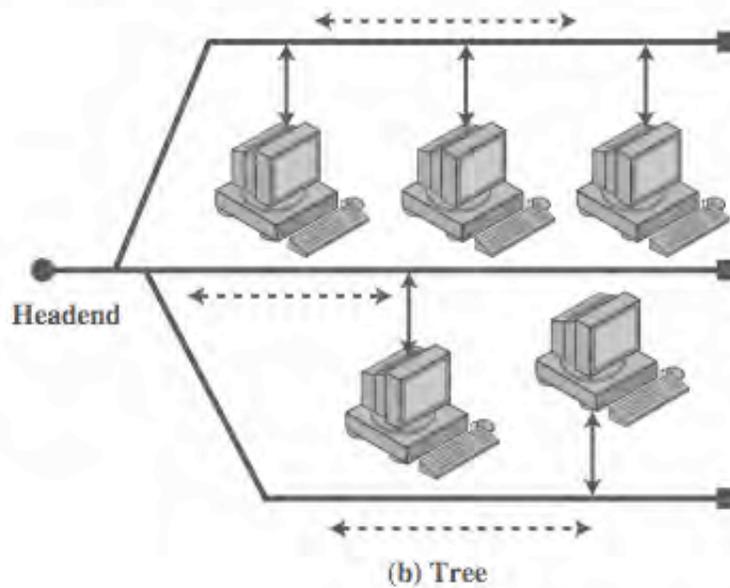
# LAN Topologías



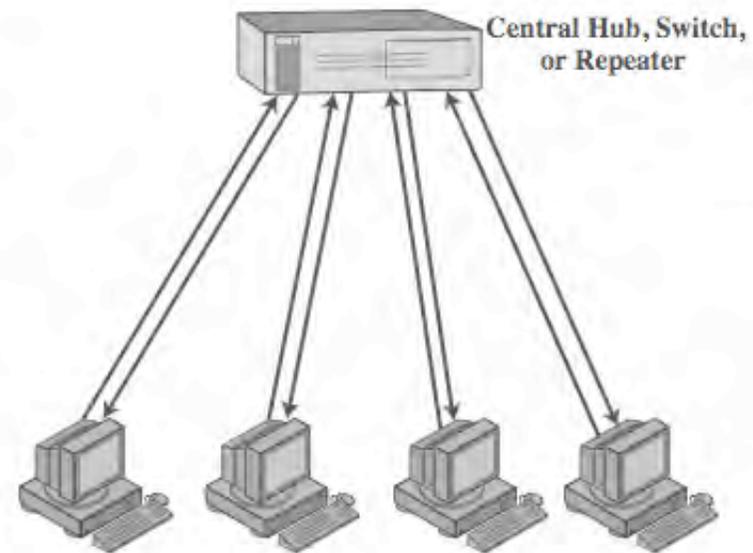
(a) Bus



(c) Ring



(b) Tree

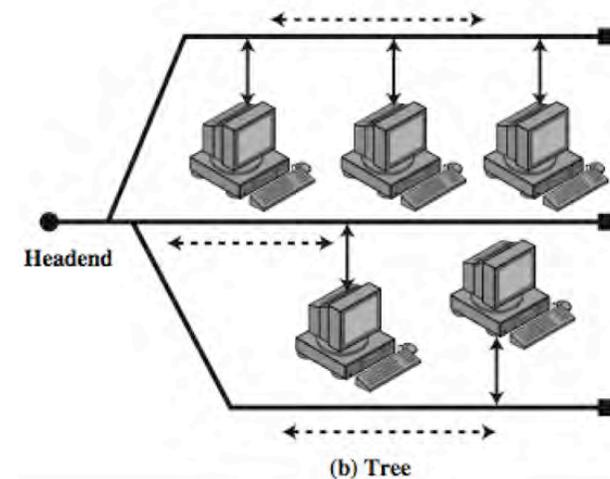
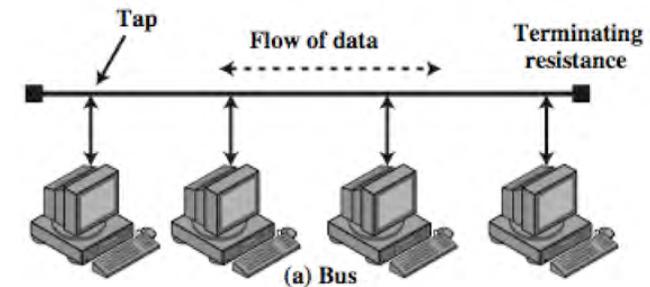


(d) Star



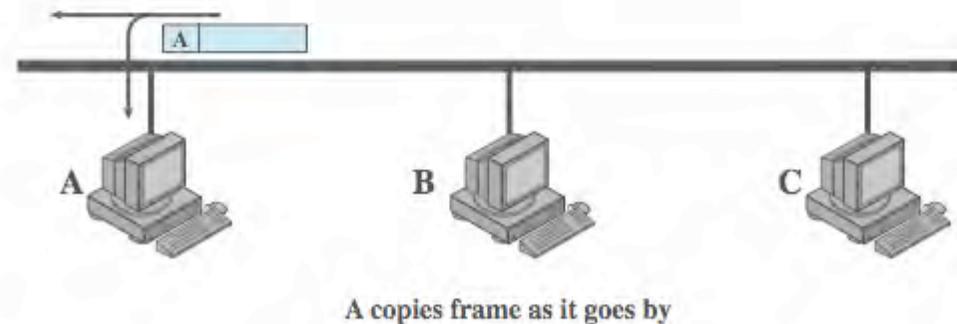
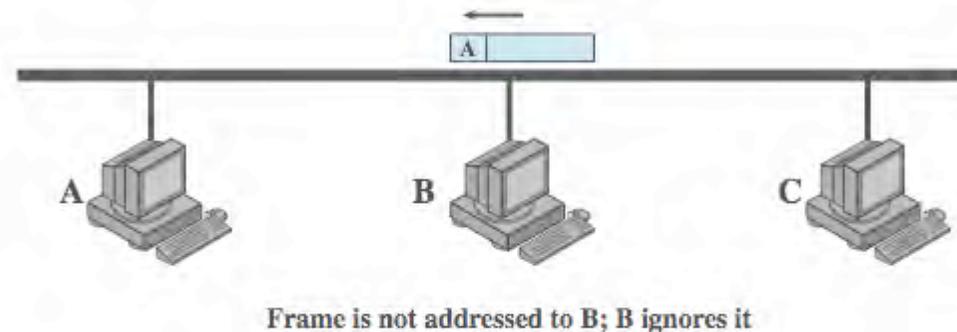
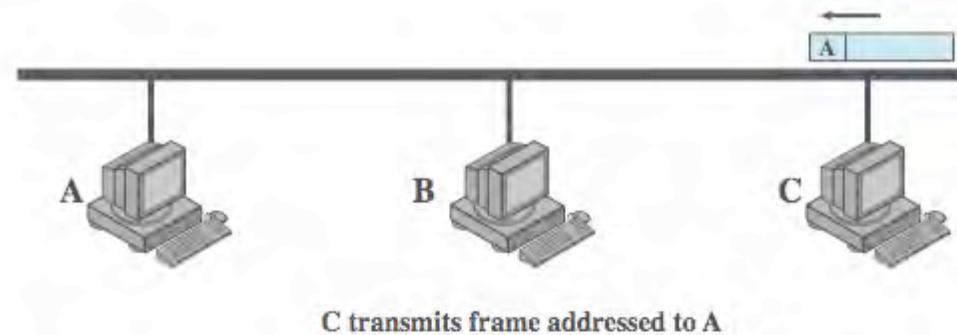
# Bus y árbol

- Medio de tipo punto-a-multipunto
- La transmisión se propaga por el medio
- Oida por todas las estaciones
- full duplex entre la estación y el adaptador
  - Permite transmisión y recepción
- Necesidad de regular la transmisión
  - Para evitar colisiones y acaparar la red
- Terminadores absorben las tramas al final del medio
- Arbol - generalización del bus
- Raíz (headend) conectado a cables que se ramifican



# Bus

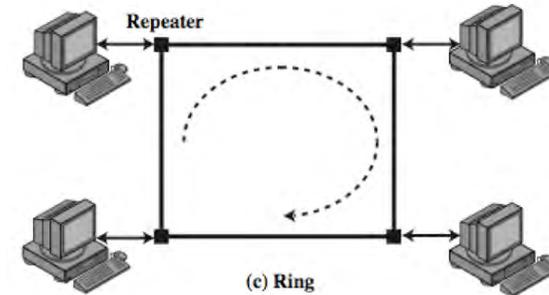
- Transmision de tramas en Bus
  - La trama se propaga por el medio
  - Todos los conectados oyen la trama
  - El destino la identifica y la procesa





# Topología de anillo

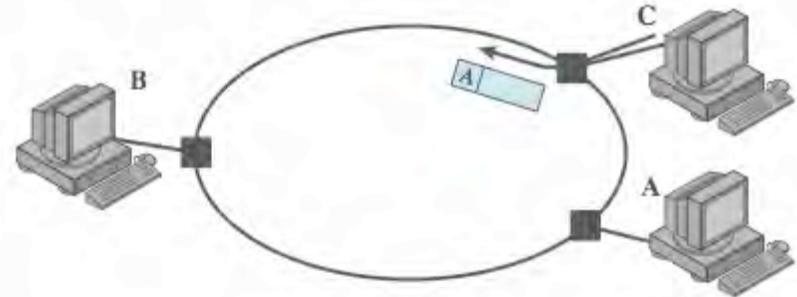
- Lazo cerrado de repetidores unidos por enlaces punto-a-punto
- Recibir datos en un enlace y retransmitirlo en el otro
  - Enlaces unidireccionales
  - Estaciones unidas a repetidores
- Las tramas
  - Circulan por todas las estaciones
  - La estación destino reconoce la dirección y copia la trama
  - La trama vuelve al origen que la reconoce y la elimina
- Necesario control de acceso al medio que determine cuando una estación puede insertar una trama



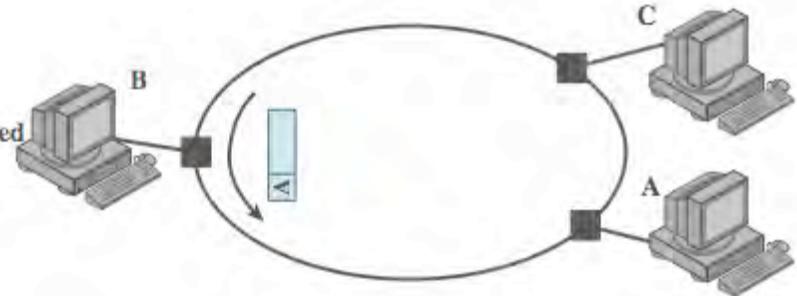
# Anillo

- Transmisión de tramas en un anillo
  - El que tiene el turno envía una trama
  - Cada nodo recibe la trama y la envía
  - El destino aparte de enviarla la recibe
  - El origen no la reenvía
- El turno de transmisión se pasa con una trama especial llamada token (Token ring)

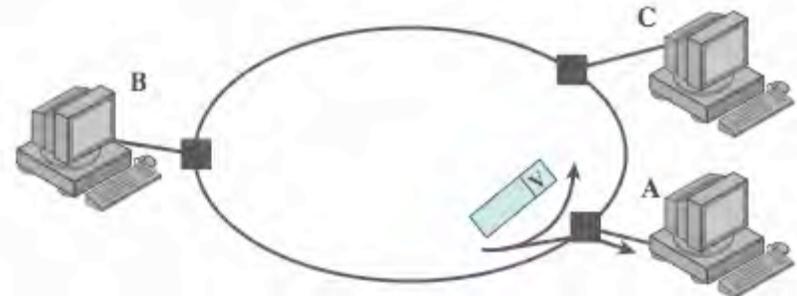
(a) C transmits frame addressed to A



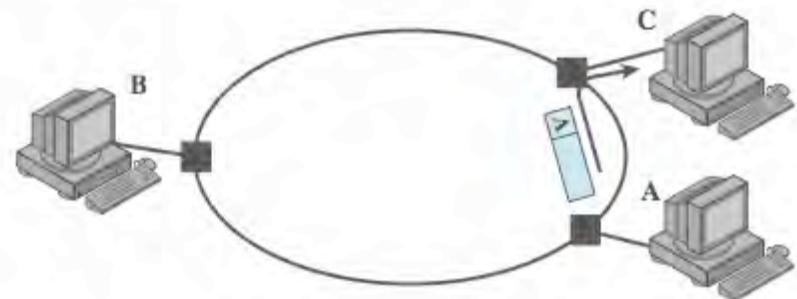
(b) Frame is not addressed to B; B ignores it



(c) A copies frame as it goes by



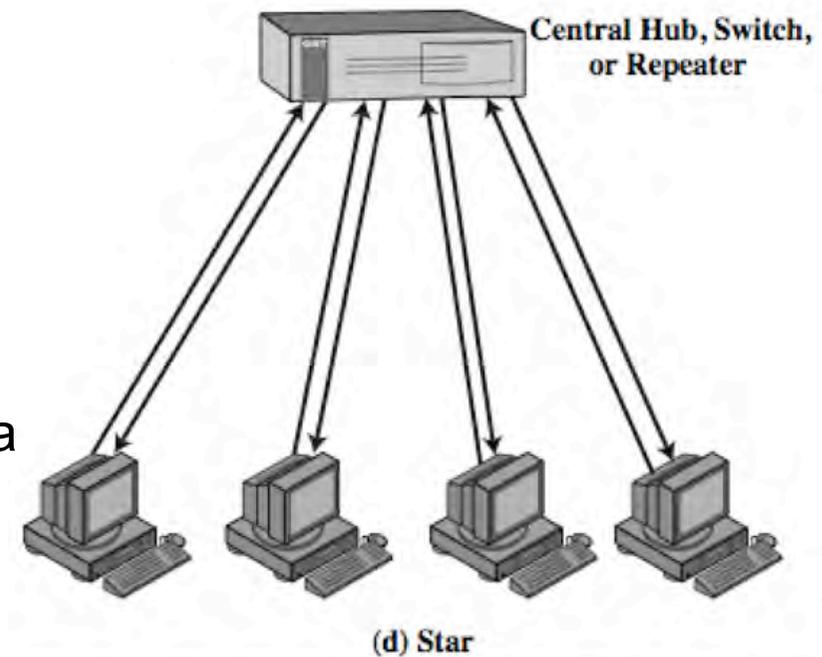
(d) C absorbs returning frame





# Topología en estrella

- Cada estación se conecta a un nodo central
  - Normalmente via dos enlaces punto-a-punto
- El nodo central hace una de dos cosas:
  - Broadcast (envía lo que le llega por todos los puertos)
    - Estralla física pero bus lógico
    - Solo una estación puede transmitir a la vez
  - Actúa como un conmutador de tramas (frame switch)





# Elección de topología

- Bus
  - Sencilla de construir
  - Pero necesitamos protocolos para arbitrar el acceso al medio. Quien puede poner una trama en el canal?
  - Problema: el acceso al medio es ineficiente
  - Problema: un fallo en un solo enlace deja la red dividida en dos
  - En principio se uso mucho por ser el tipo de topología más fácil y barata
  - La Ethernet original era en bus. Aun siguen utilizandose Ethernets en bus
- Anillo
  - Mas dificil de construir
  - Protocolo para decidir a quien le toca enviar de tipo “paso de turno” (token ring) Potencialmente mejor eficiencia
  - Buenas para distancias grandes y a gran velocidad (el repetidor regenera la señal)
  - Problema: un fallo en un solo enlace deja toda la red inoperativa
  - Se uso bastante en redes de empresa (Token ring)
  - Se sigue considerando en nuevas propuestas para redes ópticas



# Elección de topología

- Estrella
  - Desplegado más natural de cable en los edificios
  - Un fallo en un enlace solo deja sin red a ese dispositivo
  - Se aprovecha peor la distancia (un mensaje entre dos ordenadores en la misma mesa viaja hasta el punto central del edificio o de la planta)  
Si el elemento central es es un repetidor (bus) la extensión de la red es limitada
  - Ethernet moderna es en estrella
- En general para redes de area local de poca distancia (un edificio) y pocos dispositivos la topología en estrella es la más conveniente (Ethernet)
- La topología en anillo se usa en redes de alta velocidad y eficiencia a grandes distancias.



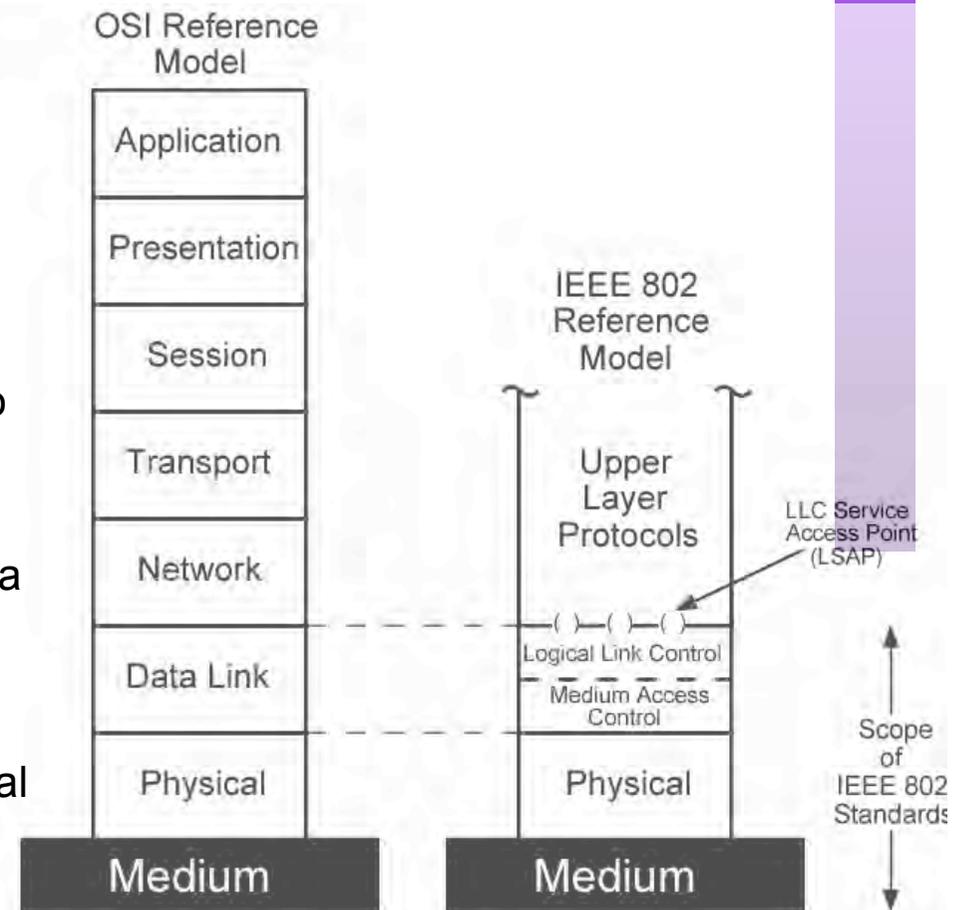
# Medios de transmisión

- Par telefonico
  - En LANs antiguas para abaratar costes usando cable telefonico con calidad de voz
  - No escala bien al subir la velocidad, no se usa ya
- Coaxial banda base
  - Ethernet original, ya no se instala
- Coaxial de banda ancha
  - Propuesto para redes de bus, con señalización analógica
  - No se usa
- Fibra óptica
  - Adaptadores (taps) muy caros: no se usa en redes de bus
  - Se usa en redes en anillo y en estrella para grandes distancias
- Cable de pares (UTP cat 3, UTP cat 5, STP)
  - Cable con varios pares trenzados entre si
  - Usado en redes de estrella

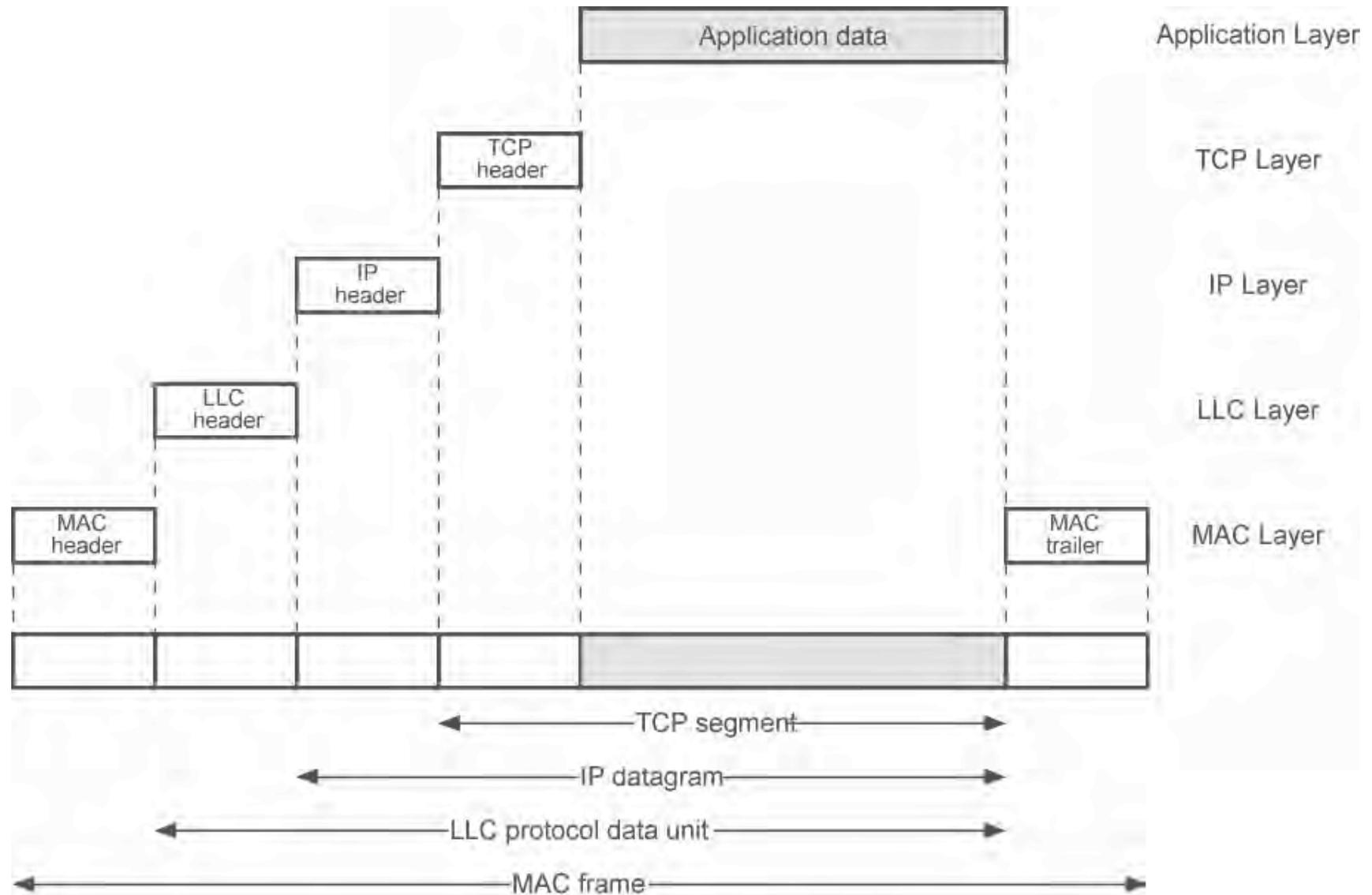


# Arquitectura de protocolos (IEEE 802)

- Físico
  - codificación/decodificación de señal
  - Generación/eliminación de preámbulo
  - Transmisión/recepción de bits
  - Medio de transmisión y topología
- Control lógico de enlace (LLC Logical Link Control)
  - Interfaz con niveles superiores
  - Control de errores y control de flujo
- Control de acceso al medio (MAC Media Access Control)
  - En transmisión: construir la trama a partir de los datos
  - En recepción: extraer datos de la trama
  - Controlar el acceso a transmisión al medio
  - Un mismo LLC puede soportar varios MAC



# Tramas





# Control lógico del enlace (LLC)

- Transmitir tramas de nivel de enlace entre estaciones
- Debe soportar acceso múltiple y medio compartido
- El nivel MAC se encarga de los detalles de acceso al medio
- Direccionamiento a los usuarios de LLC origen y destino
  - Mediante puntos de acceso al servicio (SAP)
  - Típicamente los SAP identifican a protocolos

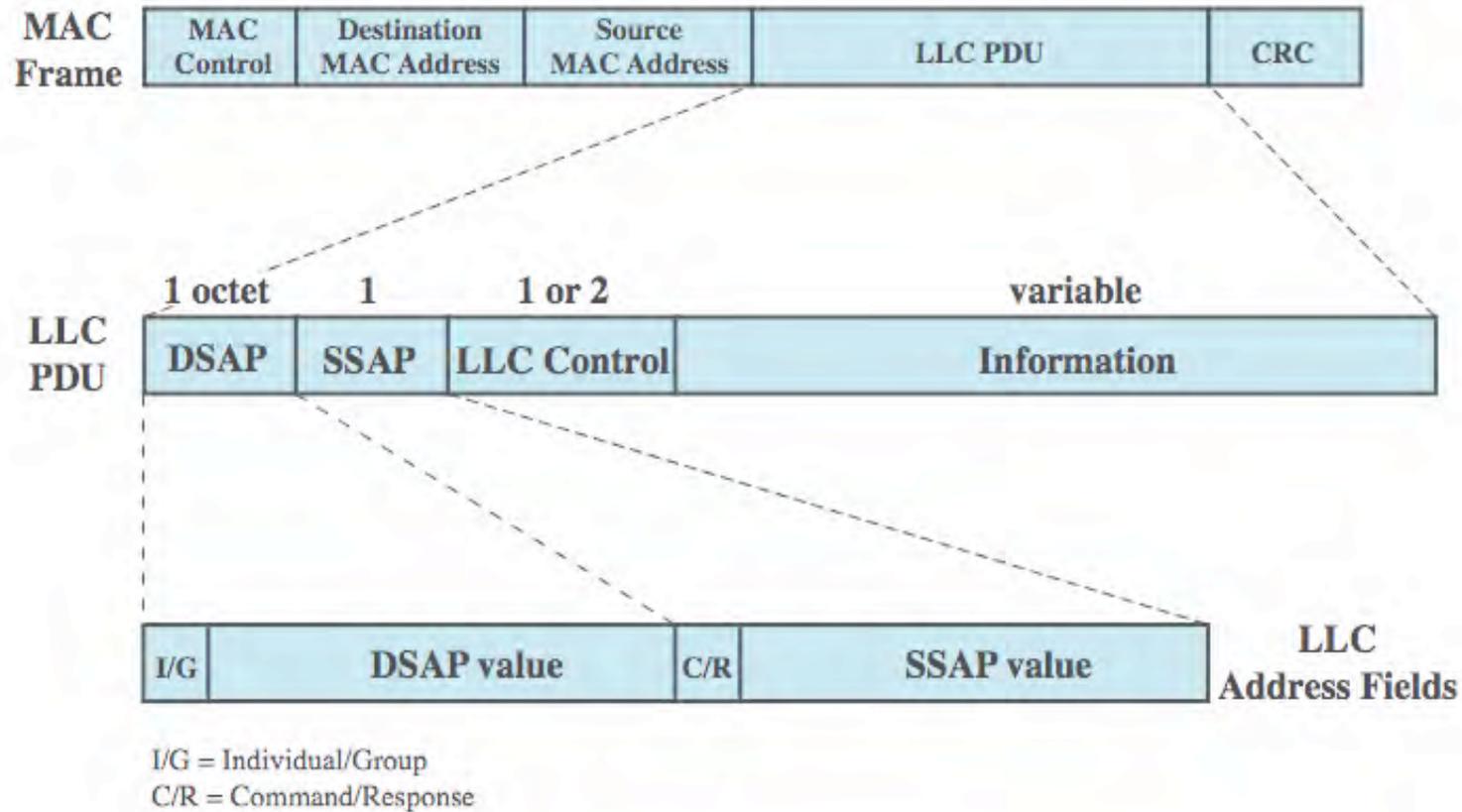


# Servicios de LLC

- Basado en HDLC
- Ofrece diferentes tipos de servicio
  - Sin confirmar y sin conexiones
  - Orientado a conexión
  - Con confirmación y no orientado a conexión
- Aunque típicamente se usa el primero que es el que utiliza IP sobre Ethernet



# Formato de trama





# Control de acceso al medio

- Diferentes tipos para diferentes redes de área local
- Según dónde se controle
  - centralizado
    - Más control, un unico punto de fallo
  - distribuido
    - Más complejo pero mas robusto
- Según cómo se controle
  - Síncrono
    - capacidad dedicada (por conexión)
    - No óptimo
  - Asíncrono
    - En respuesta a la demanda



# Control de acceso al medio asíncrono

- Varias filosofías
- Round robin
  - A cada estación se le da el turno para transmitir
- Reserva
  - Divide el tiempo en slots
  - Petición y concesión de slots
  - Bueno para tráfico continuo
- Contención
  - Las estaciones compiten por el tiempo
  - Bueno para tráfico a ráfagas
  - Simple de implementar
  - Tiende a colapsarse con mucha carga



# Trama MAC

- El nivel MAC recibe los datos del nivel LLC
- Construye trama mac con información:
  - Control MAC
  - Direcciones MAC origen y destino
  - Datos del nivel LLC
  - CRC
- El nivel MAC detecta errores y descarta tramas con errores
- Opcionalmente LLC puede retransmitir tramas incorrectas



# Ethernet (CSMA/CD)

- Estandar de red de área local mas usado
- Desarrollado por
  - Xerox - Ethernet original
  - IEEE 802.3
- Usa CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
  - Acceso aleatorio / contención para acceso al medio
- Precursores:
  - ALOHA
  - Slotted ALOHA



# ALOHA

- Desarrollado para redes de paquetes por radio (En la universidad de Hawai)
- Cuando la estación tiene una trama para transmitir... la envía (medio: aire/radio)
- Después escucha durante un tiempo (un poco más que el máximo RTT)
  - Si recibe un ACK la considera transmitida
  - Si no la retransmite
  - Si no recibe ACK después de varias retransmisiones la deja por perdida
- Usa un frame check sequence
- Si la trama se corrompe por ruido o por otra mezclarse con otra estación enviando otra trama (colisión)
- Cualquier solapamiento de dos tramas causa una colisión
- Utilización máxima ~ 18%



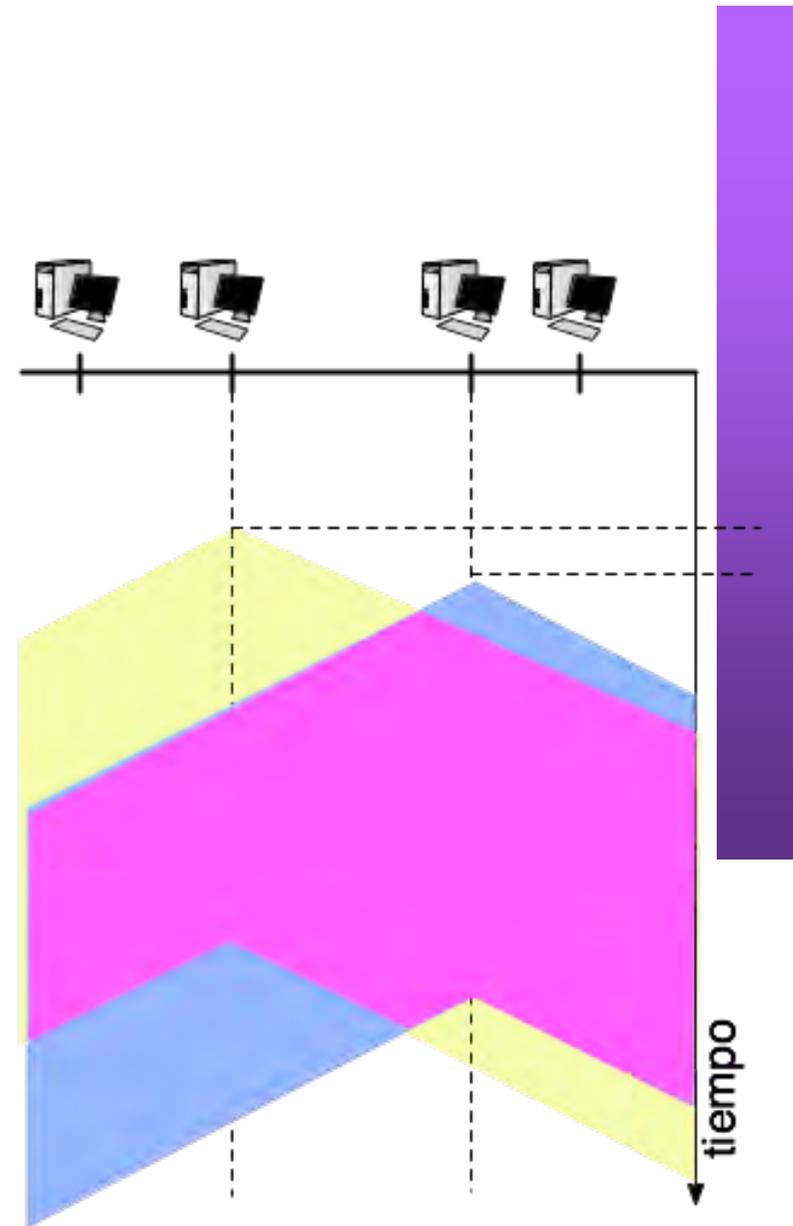
# ALOHA ranurado (Slotted ALOHA)

- Tiempo en el canal dividido en ranuras (slots) del tiempo de transmisión de una trama
  - Necesita control centralizado (o algún otro tipo de sincronización)
- La transmisión empieza al principio de cada ranura
- Las tramas o no se solapan o coinciden totalmente
- Utilización máxima 37%
- Ambos tienen poca utilización
- No tienen en cuenta que el tiempo de propagación es mucho menor que el tiempo de transmisión



# CSMA

- Tiempo de propagación corto:
- Las estaciones saben rápido si otra estación está transmitiendo
- Primero escucha y espera a que el medio esté libre (Carrier Sense)
- Si el medio está libre -> transmite
- Si dos estaciones empiezan a transmitir al mismo tiempo (aproximadamente por el tiempo de propagación)
- = COLISION
  - Espera un tiempo razonable
  - Si no hay ACK retransmite
  - Las colisiones ocurren al principio de la trama
- La utilización máxima depende del tiempo de propagación (longitud del medio) y de la longitud de la trama





# CSMA No persistente

- Reglas:
  1. Si el medio esta libre, transmitir
  2. Si el medio esta ocupado, espera un tiempo generado con una distribucion de probabilidad (retardo de retransmisión) y intentalo de nuevo
- El retardo aleatorio reduce la probabilidad de colision
- Se desperdicia capacidad porque el medio se queda libre despues de una transmision
- Las estaciones no persistentes son respetuosas



# CSMA 1-persistente

- Evita que el canal quede libre
- Reglas
  - Si el medio esta libre transmitir
  - Si el medio esta ocupado espera hasta que es te libre; entonces transmite inmediatamente
- Las estaciones 1-persistentes son egoistas
- Si hay 2 o mas estaciones esperando la colision esta garantizada



# CSMA p-persistente

- Compromiso para intentar reducir las colisiones y que el canal no quede vacío
- Reglas:
  1. Si el medio está libre transmite con probabilidad  $p$  y espera una unidad de tiempo con probabilidad  $(1-p)$
  2. Si el medio está ocupado espera hasta que esté libre y repite el paso 1
  3. Si la transmisión se retrasa una unidad de tiempo repite el paso 1
- Pendiente: elegir el valor efectivo de  $p$  para evitar inestabilidad en alta carga



# Valor de $p$ ?

- $n$  estaciones esperando transmitir
- Al final de la transmisión el número esperado de estaciones será  $np$ 
  - Si  $np > 1$  en media habrá una colisión
- Si hay una colisión esas  $n$  estaciones se sumarán a las que lleguen nuevas y aumenta la probabilidad de colisión
- Eventualmente todas las estaciones intentan retransmitir y el throughput tiende a cero
- Así que debe cumplirse que  $np < 1$  para los picos esperados de  $n$ 
  - Si esperamos mucha carga,  $p$  debe ser pequeño
  - Pero  $p$  pequeño quiere decir que las estaciones esperan mucho para transmitir

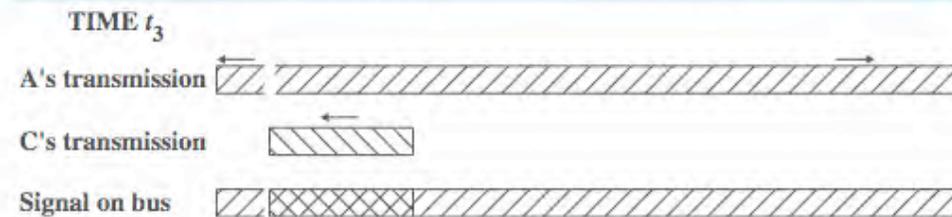
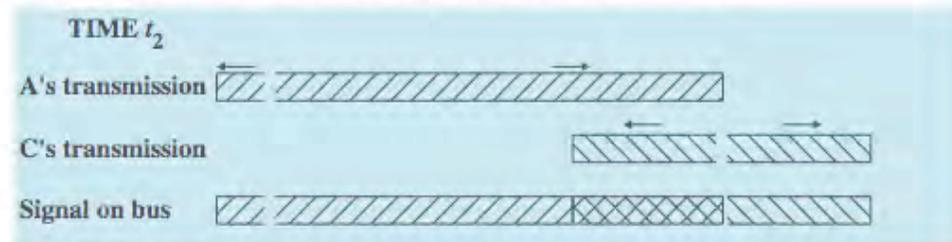
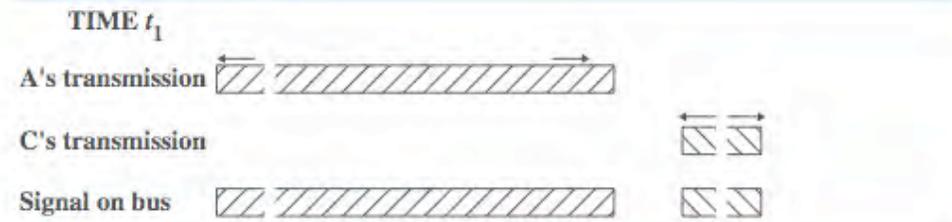
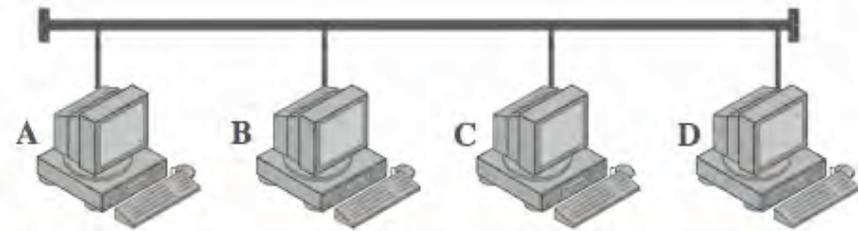


# CSMA/CD

- Con CSMA, la colisión ocupa el medio durante el tiempo de transmisión
- Se puede mejorar si las estaciones son capaces de recibir a la vez que transmiten
- CSMA/CD reglas:
  - Si el medio está libre transmitir
  - Si está ocupado esperar a que esté libre y transmitir
  - Si veo una colisión dejar de transmitir
  - Después esperar un tiempo aleatorio y retransmitir



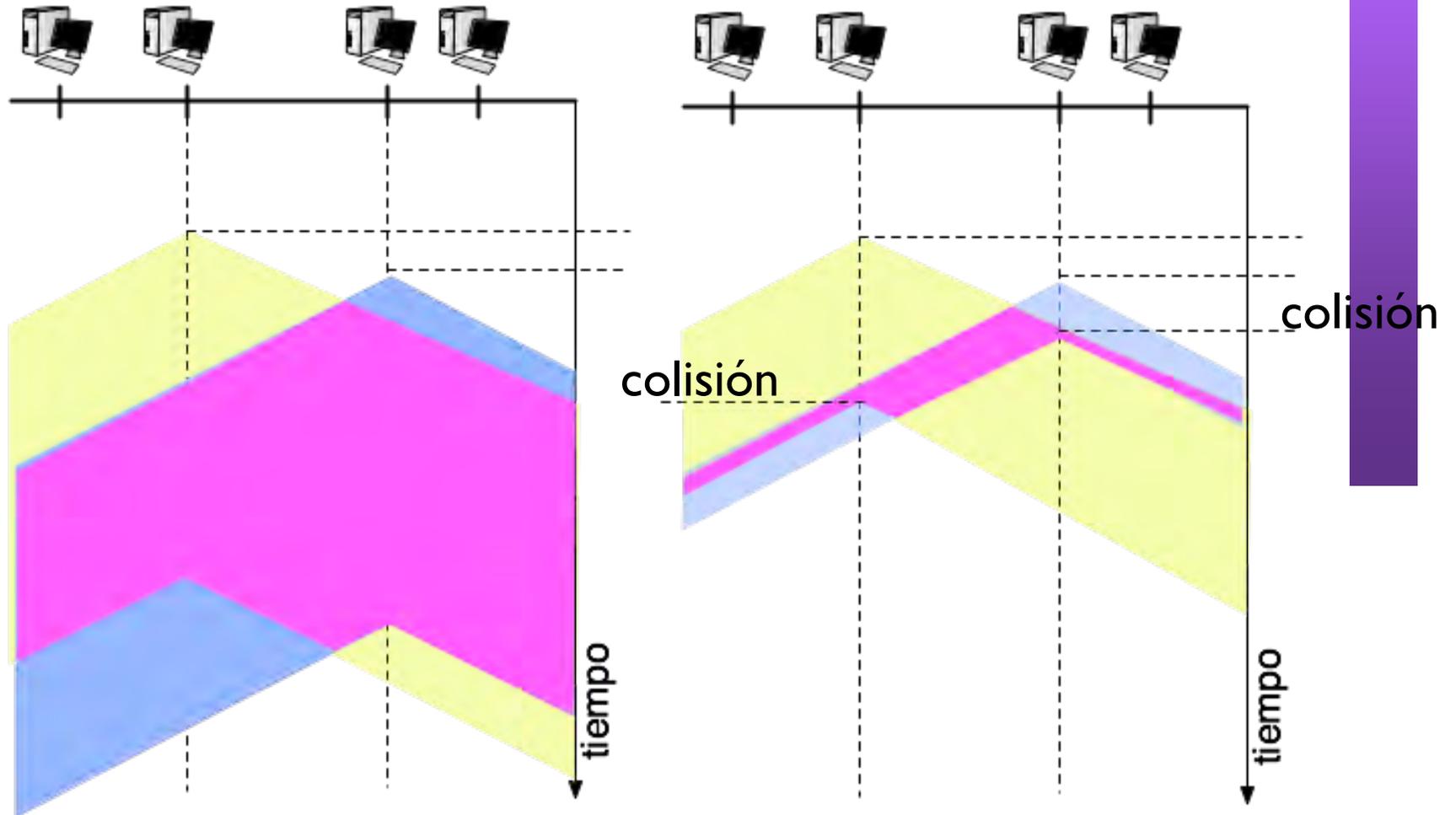
# CSMA/CD





# CSMA/CD

Cada dispositivo para al detectar la colisión





# Qué algoritmo de persistencia?

- IEEE 802.3 usa 1-persistente
- No persistente y p-persistente tienen problemas de eficiencia
- 1-persistent parece más inestable que p-persistente
  - Porque las estaciones son egoístas
  - Pero el tiempo desperdiciado en las colisiones es pequeño
  - Con un tiempo de backoff aleatorio es poco probable que vuelvan a colisionar de nuevo en el siguiente intento



# Binary Exponential Backoff

IEEE 802.3 and Ethernet usan binary exponential backoff

Las estaciones reintentan el envío de las tramas que colisionan

- En los 10 primeros intentos el tiempo medio de espera se dobla
- En los 6 siguientes el tiempo medio se mantiene constante
- Después de 16 colisiones la estación desiste y da error para esa trama

- El algoritmo 1-persistente con binary exponential es eficiente para un amplio rango de cargas

- Poca carga, ocupa el canal inmediatamente
- Mucha carga, espera más tiempo y hay menos colisiones

- Problema: el backoff tiene un efecto last-in, first-out

- Las estaciones con tramas nuevas tienen preferencia sobre las que ya llevan tiempo reintentando un envío
- Captura del canal

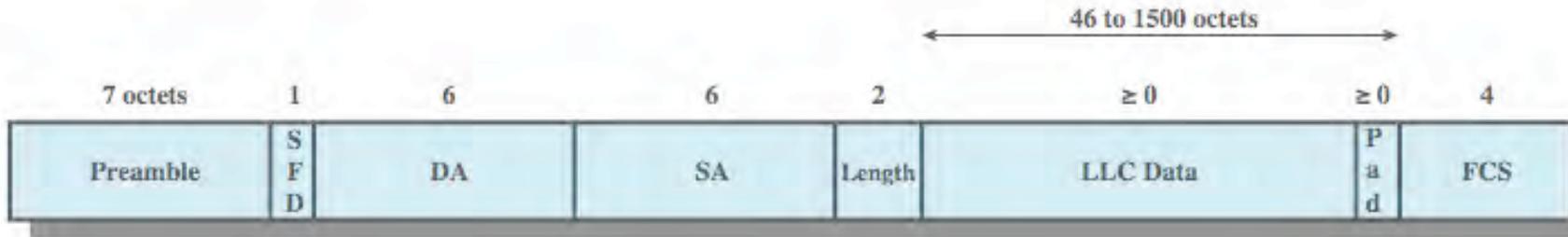


# Detección de colisión

- Bus en banda base
  - La colisión produce mayor voltaje
  - Si la señal del cable es mayor que la que esta generando la estación detecto colisión
  - La señal se atenúa con la distancia
  - Limite de 500m (10Base5) o 200m (10Base2)
- En par trenzado (topología en estrella)
  - Actividad en más de un puerto es una colisión
  - Se usa una señal especial para indicar colisión



# IEEE 802.3 formato de trama



SFD = Start of frame delimiter  
DA = Destination address  
SA = Source address  
FCS = Frame check sequence



# Conclusiones

- Las redes de area local (LAN) permiten a varios dispositivos comunicarse entre si
- Arquitectura de LANs
  - Topologías: Bus, Anillo y Estrella
    - Anillos potencialmente muy eficientes pero con problemas de fiabilidad ante fallos
    - Estrella es lo más usado en redes de edificios (Ethernet)
  - Control de acceso al medio en redes de bus: ALOHA, ALOHA ranurado, CSMA, CSMA/CD...
- **Próxima clase:**
  - Problemas