

# Sistemas Multiusuarios

---

Capitulo 15

LAN Generalidades

# LAN - Aplicaciones (1)

---

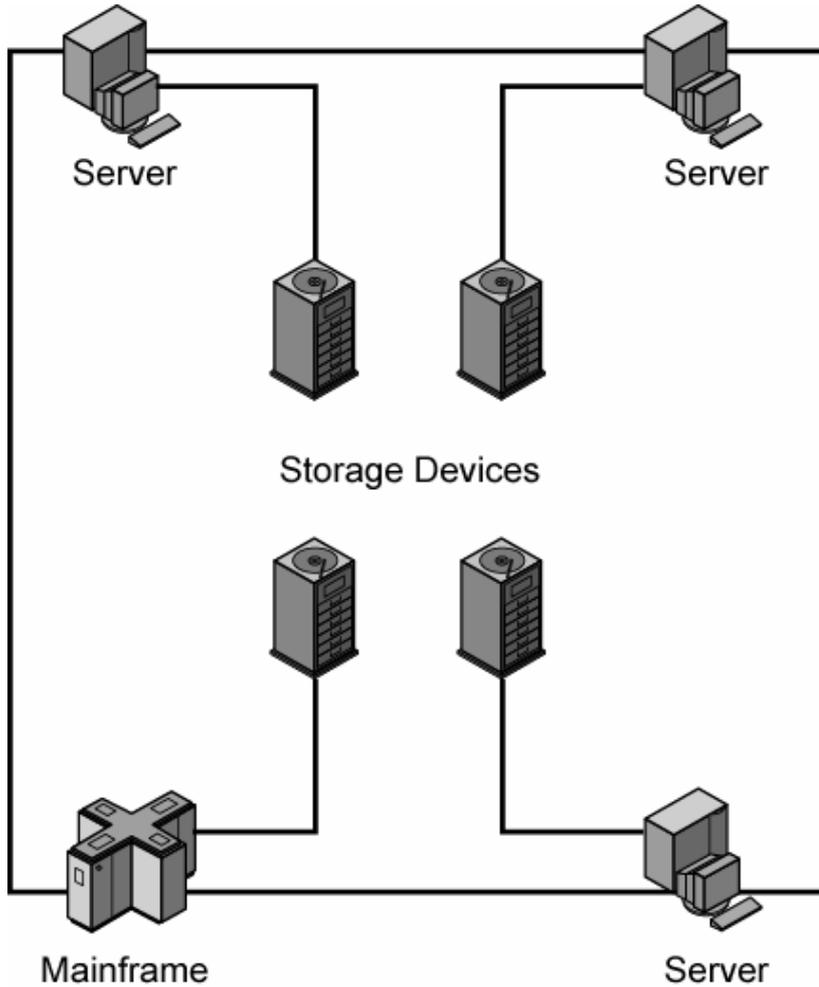
- LAN de Computadoras Personales
  - Bajo costo
  - Velocidad limitada
- Almacenamiento y respaldo
  - Interconexión de grandes sistemas (mainframes y dispositivos de almacenamiento masivo)
    - Altas velocidades
    - Interfaces rápidas
    - Acceso distribuido
    - Distancia limitada
    - Cantidad de dispositivos limitada

# LAN - Aplicaciones (2)

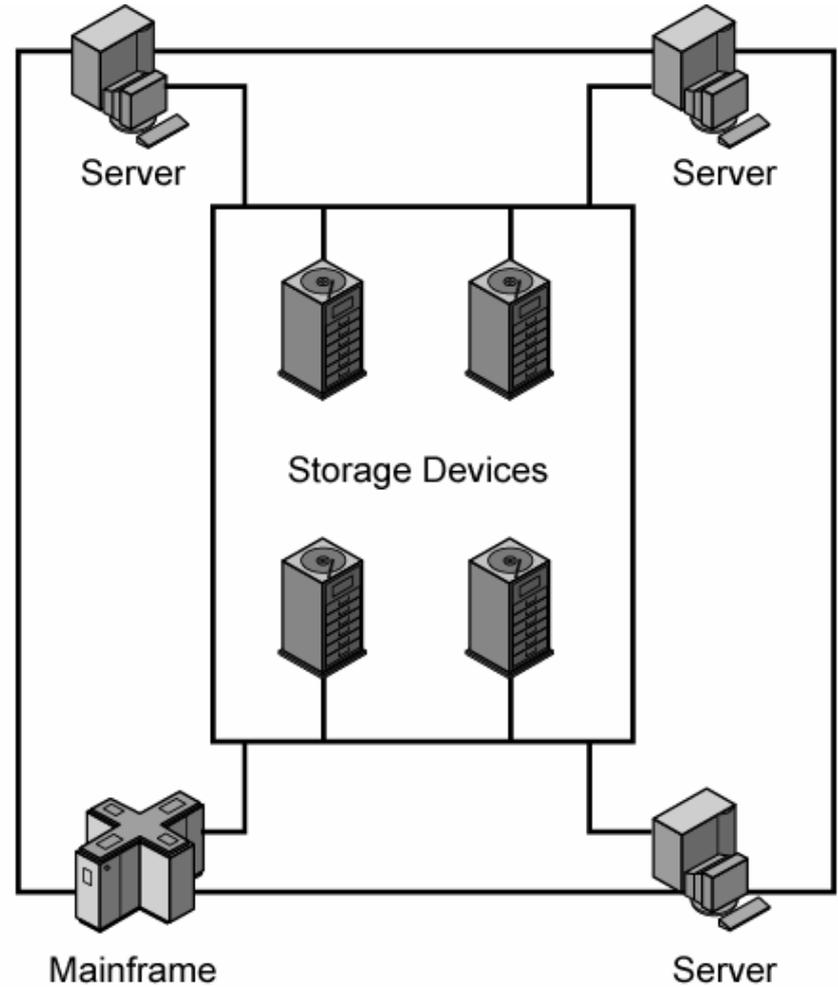
---

- Redes de almacenamiento
  - Red separada que da soporte de almacenamiento
  - Libera a servidores específicos del manejo del almacenamiento
  - Almacenamiento compartido en la red
  - Discos duros, cintas, racks de CD
  - Mejora el acceso al almacenamiento cliente/servidor
  - Comunicación directa de almacenamiento para realizar respaldo
- Redes de oficina de alta velocidad
  - Procesamiento de imagen
  - Almacenamiento local de gran capacidad
- Redes LAN troncales
  - Interconectan LAN de baja velocidad
  - Confiable
  - Capacidad
  - Costo

# Redes de almacenamiento



(a) Server-based storage



(b) Storage area network

# Arquitectura LAN

---

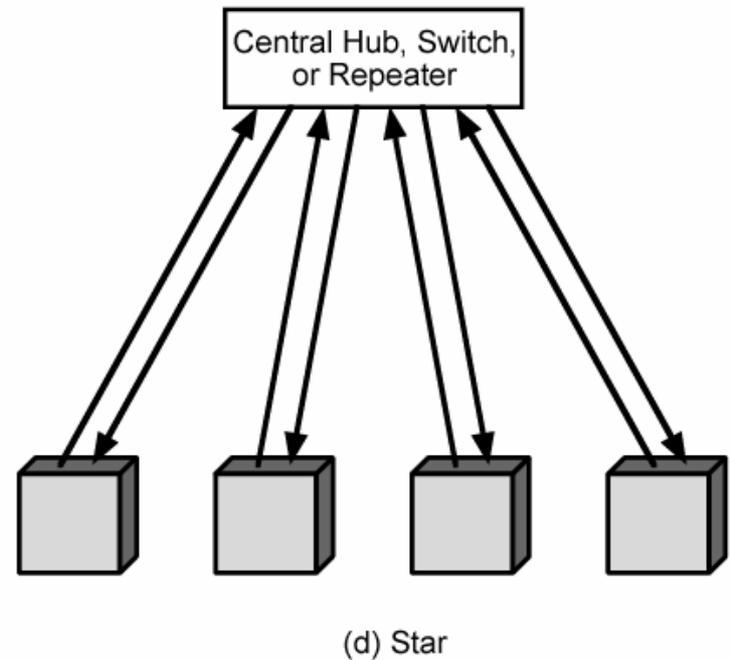
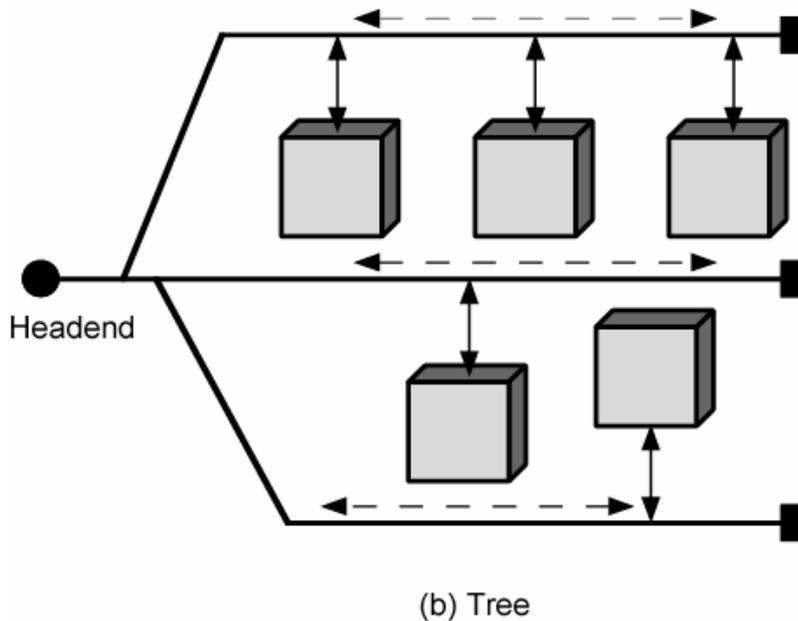
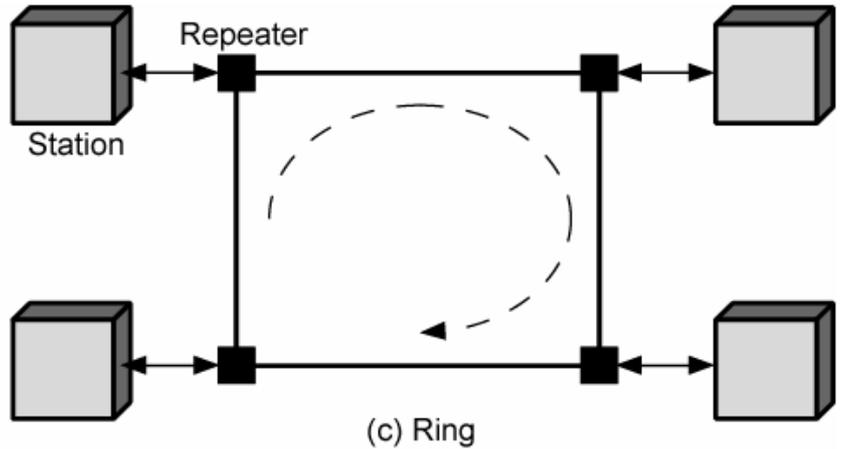
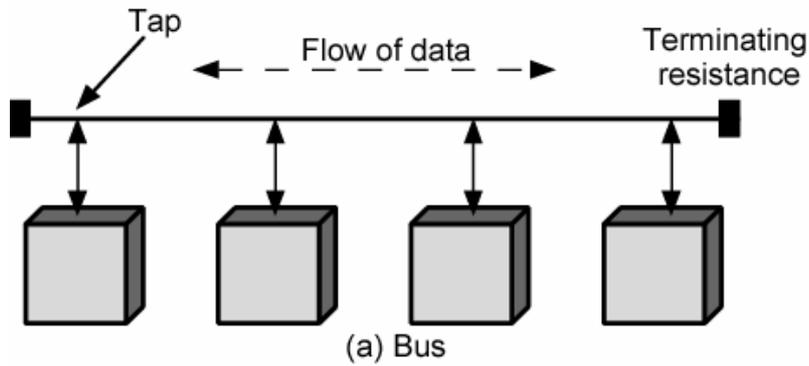
- Topología
- Medio de transmisión
- Disposición
- Técnica de control de acceso al medio

# Topologías

---

- Árbol
- Bus
  - Caso especial del árbol
- Anillo
- Estrella

# Topologías LAN

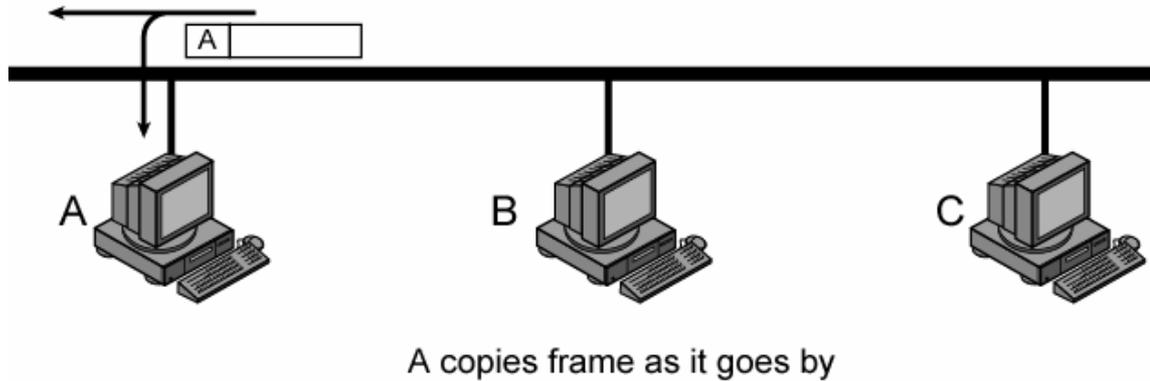
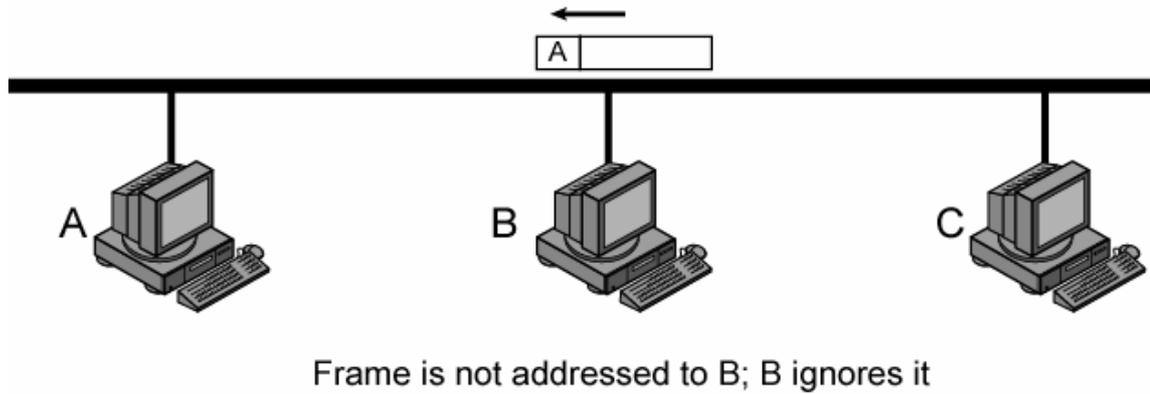
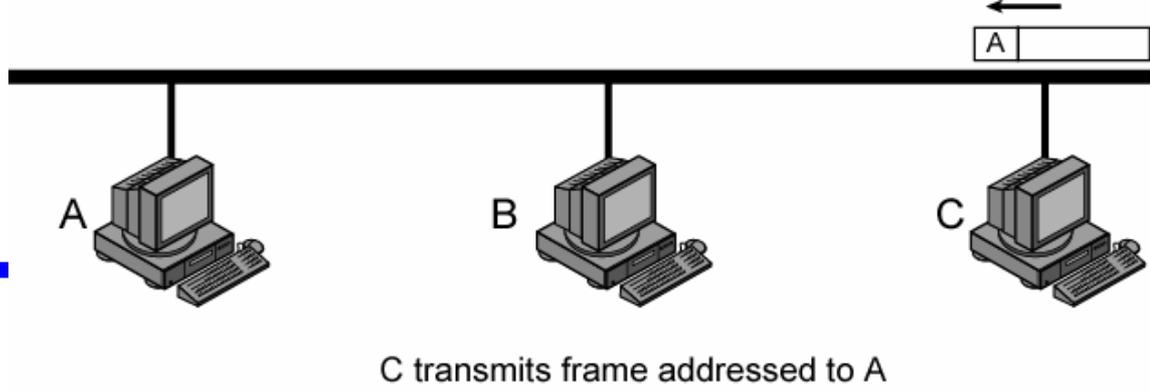


# Bus y árbol

---

- Medio multipunto
- La transmisión se propaga por todo el medio
- Se escucha en todas las estaciones
  - Es necesario identificar el destino
    - Cada estación tiene una dirección única
- Full duplex entre la estación y la toma
  - Transmisión y recepción
- Es necesario regular la transmisión para
  - Impedir colisiones
  - Impedir el monopolio del medio
    - Bloques pequeños denominados tramas
- El terminador absorbe la trama en los extremos

# Transmisión de trama en Bus LAN



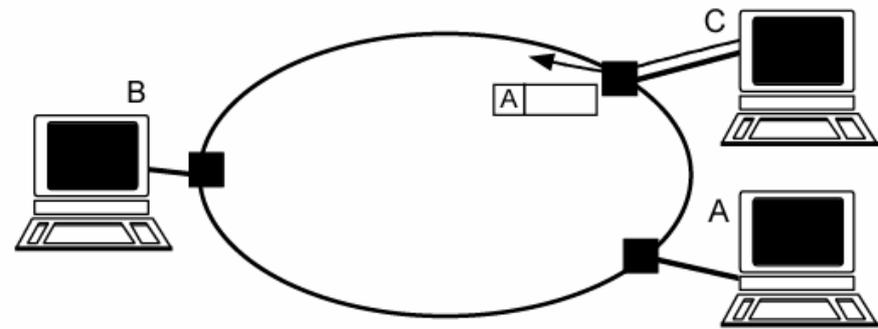
# Topología anillo

---

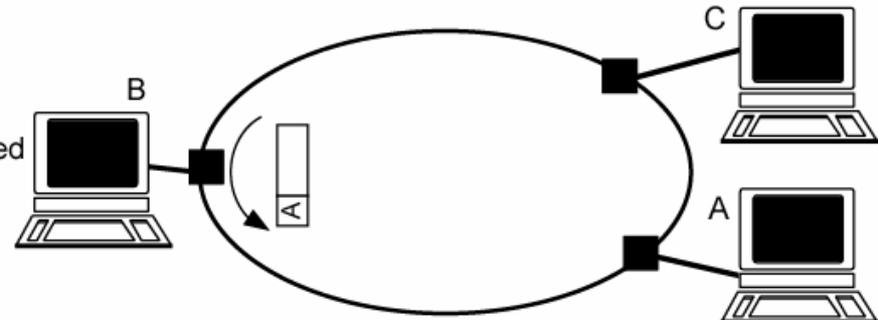
- Serie de repetidores unidos punto a punto hasta cerrar un bucle
  - El dato recibido por una conexión se transmite por la otra
  - Los enlaces son unidireccionales
  - Las estaciones están conectadas a los repetidores
- Datos transmitidos en tramas
  - Circula por todas las estaciones
  - El destino la reconoce y copia la trama
  - La trama vuelve a la estación original donde es eliminada
- El control de acceso al medio determina cuando una estación puede insertar una trama en el anillo

# Transmisión de Trama en LAN Anillo

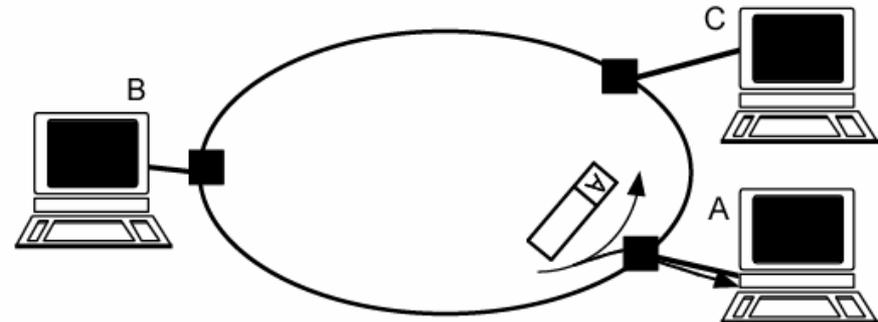
(a) C transmits frame addressed to A



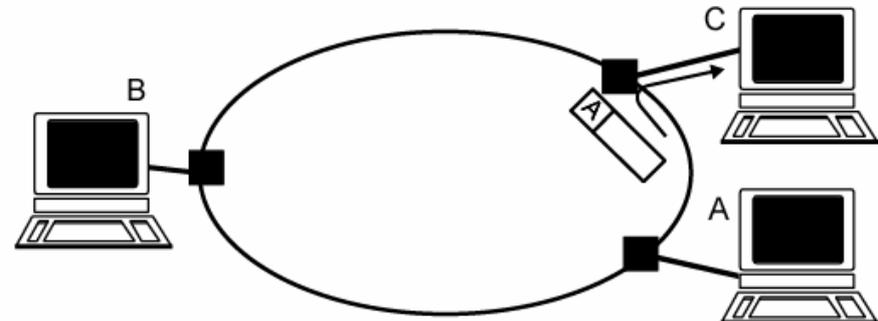
(b) Frame is not addressed to B; B ignores it



(c) A copies frame as it goes by



(d) C absorbs returning frame



# Topología estrella

---

- Cada está conectada directamente a un nodo central
  - Generalmente con 2 enlaces punto a punto
- En nodo central realiza la difusión
  - Estrella física, bus lógico
  - Solo una estación puede transmitir a la vez
- El nodo central puede conmutar

# Elección de la topología

---

- Confiabilidad
- Capacidad de expansión
- Desempeño
- En el contexto es importante:
  - El medio
  - La disposición del cableado
  - Control de acceso

# MAC de LAN Bus (1)

---

- Par trenzado
  - LAN originales en USA usaban cable de grado de voz
  - No sirven para LAN rápidas
  - En la actualidad no de usa
- Cable coaxial en banda base
  - Usa señalización digital
  - Ethernet Original

# LAN Bus

## Medio de transmisión (2)

---

- Coaxial en Banda ancha
  - Similar al de CATV
  - Señales analógicas a frecuencia de radio
  - Costoso, difícil de instalar y mantener
  - Ya no utilizado
- Fibra óptica
  - Conectores costosos
  - Una de las mejores alternativas
  - No utilizada en LAN en bus
- Mas complicada para trabajar comparada con la topología estrella usando par trenzado
- Coaxial en banda base está aún soportada en algunas instalaciones

# Usos de anillo y estrella

---

- Anillo
  - Altas velocidades en largas distancias
  - Un enlace defectuoso inhabilita la red
- Estrella
  - Utiliza el cableado natural del edificio
  - Bueno en cortas distancias
  - Alta velocidad con pocos dispositivos

# Elección del medio

---

- Limitado por la topología LAN
- Capacidad
- Confiabilidad
- Tipos de datos soportados
- Alcance del entorno

# Medios disponibles (1)

---

- UTP grado voz
  - Categoría 3
  - Económico
  - Conocido
  - Utiliza el cableado existente de telefonía (USA)
  - Baja velocidad
- STP y coaxial en banda base
  - Mas caros que UTP 3 pero mas rápidos
  - Aumenta el costo con la velocidad

# Medios disponibles (2)

---

- UTP de alto rendimiento
  - Categoría 5 para arriba
  - Alta velocidad para pocos dispositivos
  - Estrella conmutada para instalaciones grandes
- Fibra Óptica
  - Aislamiento Electromagnético
  - Alta capacidad
  - Pequeñas
  - Componentes costosos
  - Determinadas pericias se necesitan para instalar y mantener
    - Los precios están cayendo según la demanda y la posibilidad de aplicación

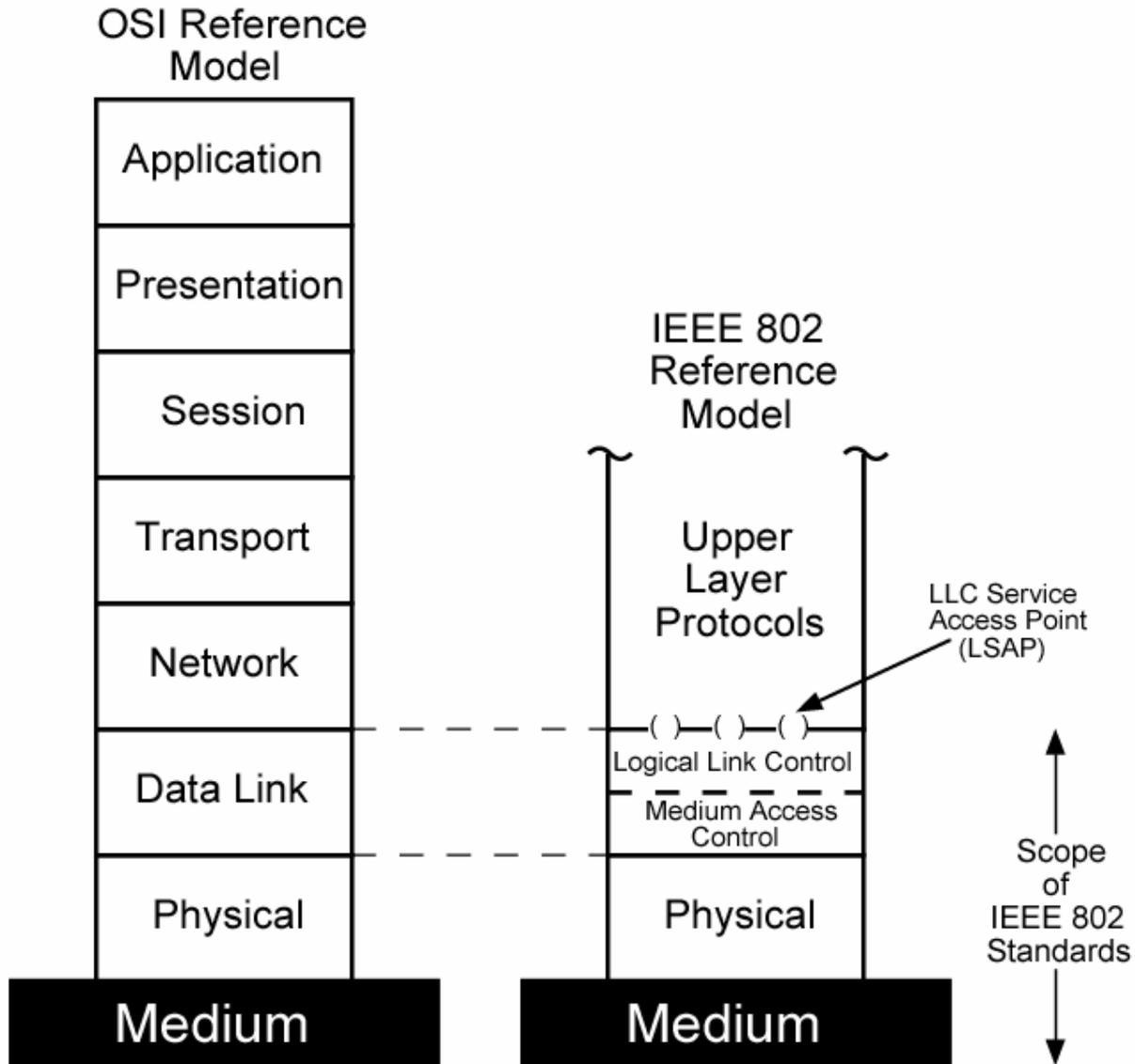
# Arquitectura de Protocolo

---

- Capas inferiores del modelo OSI
- Modelo de referencia IEEE 802
- Capa física
- Capa de control de enlace lógico (LLC)
- Capa de control de acceso al medio (MAC)

# IEEE 802 vs. OSI

---



# Capas física 802

---

- Codificación/decodificación
- Generación/remoción del preámbulo
- Transmisión/recepción de bits
- Medio de transmisión y topología

# Capa de control lógico de enlace 802

---

- Interface con las capas superiores
- Control de flujo y de errores

# Control lógico de enlace

---

- Transmisión de PDU de nivel de enlace entre 2 estaciones
- Debe soportar acceso múltiple, medio compartido
- Está relevada de ciertas tareas de acceso al medio por la capa MAC
- El direccionamiento implica usuarios LLC origen y destino
  - Puntos de acceso al servicio (SAP)
  - Típicamente protocolo de alto nivel

# Servicios LLC

---

- Basados en HDLC
- No orientado a la conexión sin confirmación
- Modo conexión
- No orientado a la conexión con confirmación

# Protocolo LLC

---

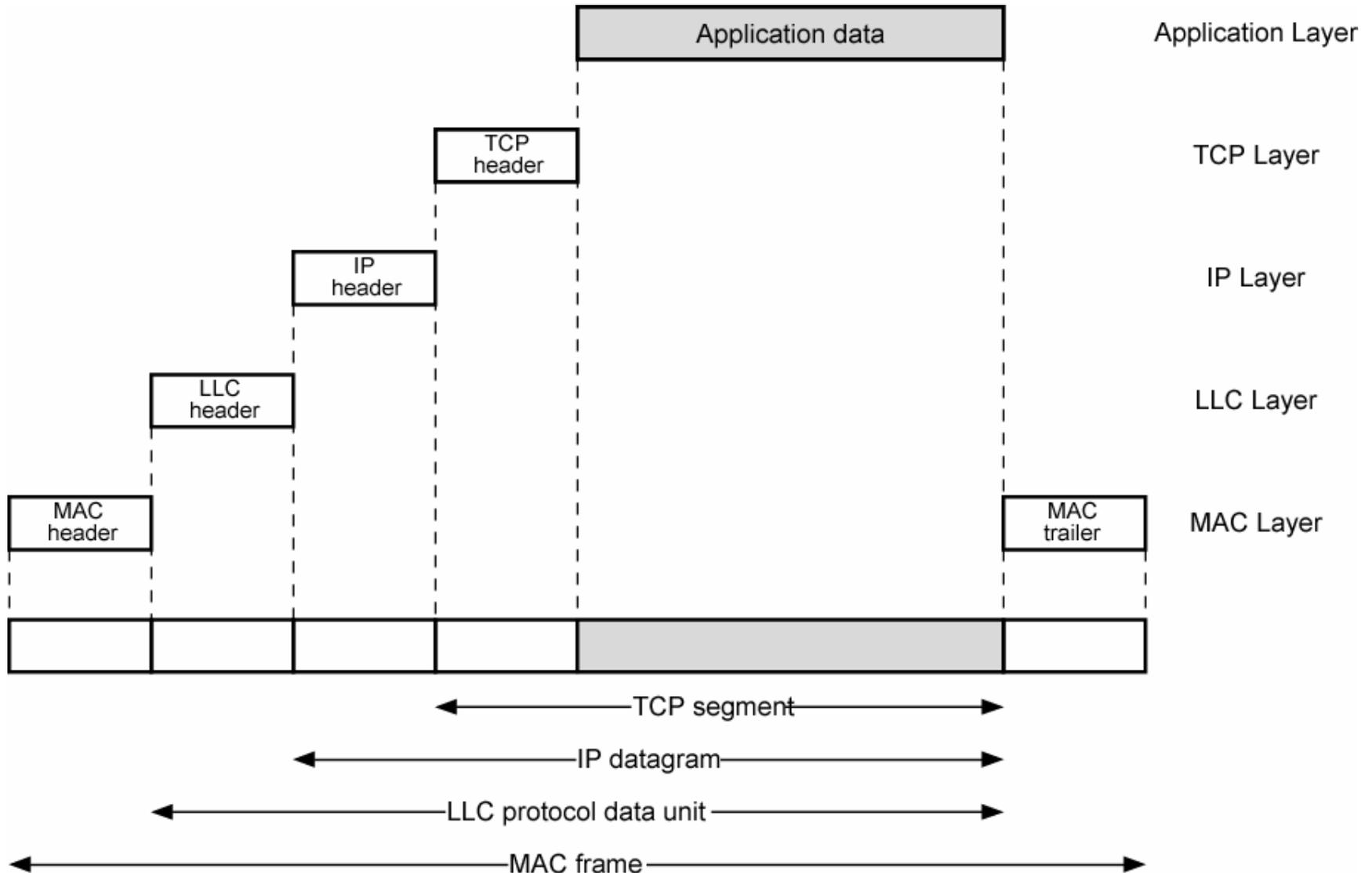
- Diseñado después de HDLC
- ABM para modo conexión (operación tipo 2)
- PDU no numeradas para el modo no orientado a la conexión sin confirmación (tipo 1)
- 2 PDU no numeradas nuevas para el modo no orientado a la conexión con confirmación (tipo 3)
- Multiplexado mediante puntos de acceso al servicio (LSAP)

# Control de Acceso al Medio

---

- Ensambla los datos en la trama con campos de direcciones y de control de errores
- Desensambla la trama
  - Reconoce las direcciones
  - Realiza la detección de errores
- Gobierna el acceso al medio de transmisión
  - Esto no se encuentra en la capa 2 tradicional
- Para un mismo LLC, pueden haber varios MAC disponibles

# Protocolos LAN en Contexto



# MAC

---

- Donde
  - Central
    - Mejor control
    - Lógica de acceso simple para cada estación
    - Impide problemas de coordinación
    - Punto de falla único
    - Potencial cuello de botella
  - Distribuido
- Como
  - Síncronas
    - Capacidad dedicada a cada conexión
  - Asíncronas
    - En demanda

# Sistemas Asíncronos

---

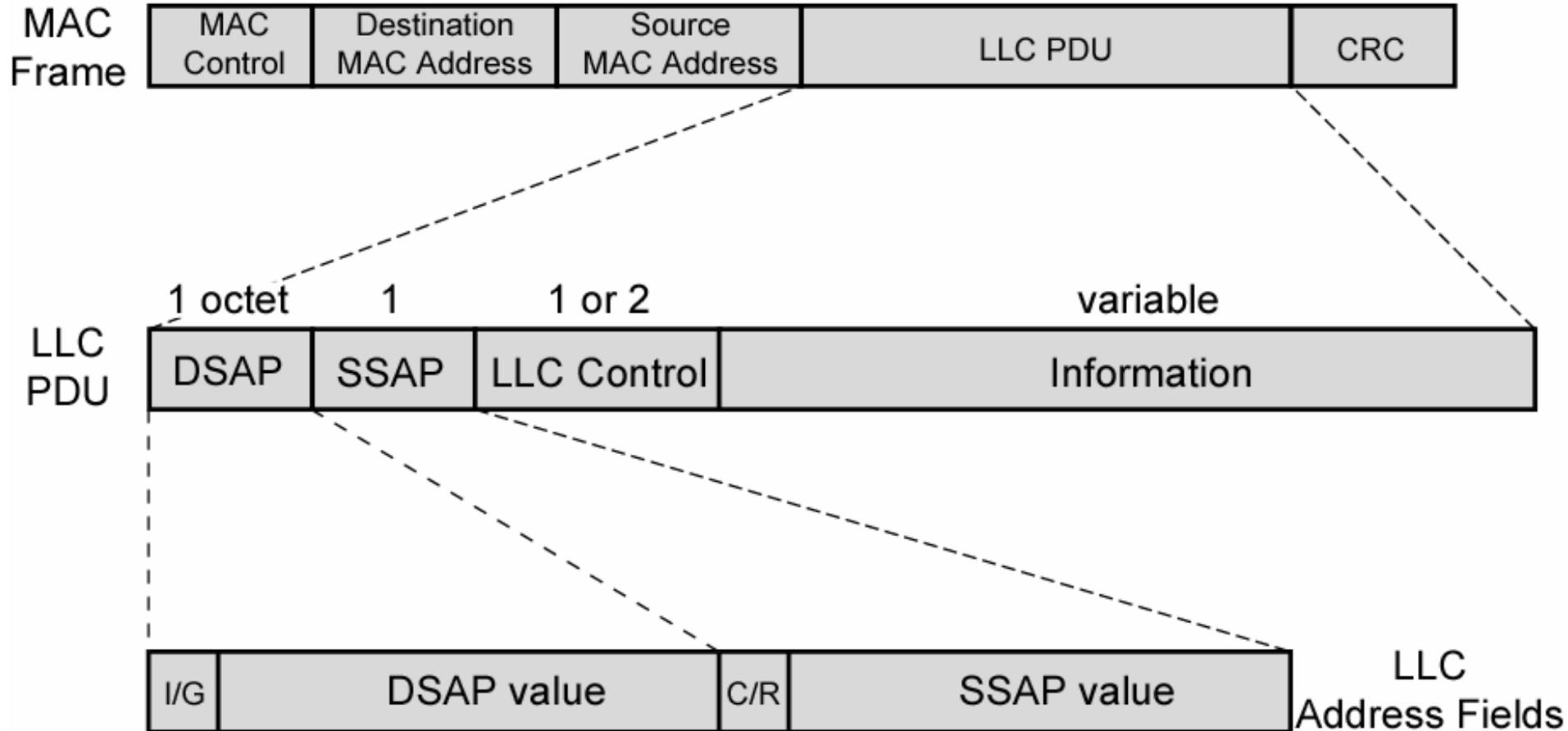
- Rotación circular
  - Buena si varias estaciones transmiten datos por largos períodos de tiempo
- Reserva
  - Indicada para tráfico continuo
- Contienda
  - Buena para tráfico aleatorio en ráfagas
  - Todas las compiten por el medio
  - Distribuida
  - Implementación sencilla
  - Eficiente en carga moderada
  - Colapsan con mucho tráfico

# Formato de trama MAC

---

- La capa MAC recibe datos de la capa LLC
- Campo de Control MAC
- Campo de Dirección MAC de destino
- Campo Dirección MAC de origen
- Datos LLC
- Campo CRC
- La capa MAC detecta errores y descarta la trama
- Opcionalmente LLC retransmite las tramas erróneas

# Formato de trama MAC genérico



I/G = Individual/Group  
C/R = Command/Response

# Puentes

---

- Permiten expandir una LAN mas allá de los límites tecnológicos
- Proveen interconexión con otras LAN/WAN
- Se puede usar un Puente o un Ruouter
- El puente es mas simple
  - Conecta LAN similares
  - Protocolos idénticos para capa 1 y 2
  - Procesamiento mínimo
- Los Router son de propósito mas general
  - Interconectan varias LAN y WAN

# ¿Por que usar un puente?

---

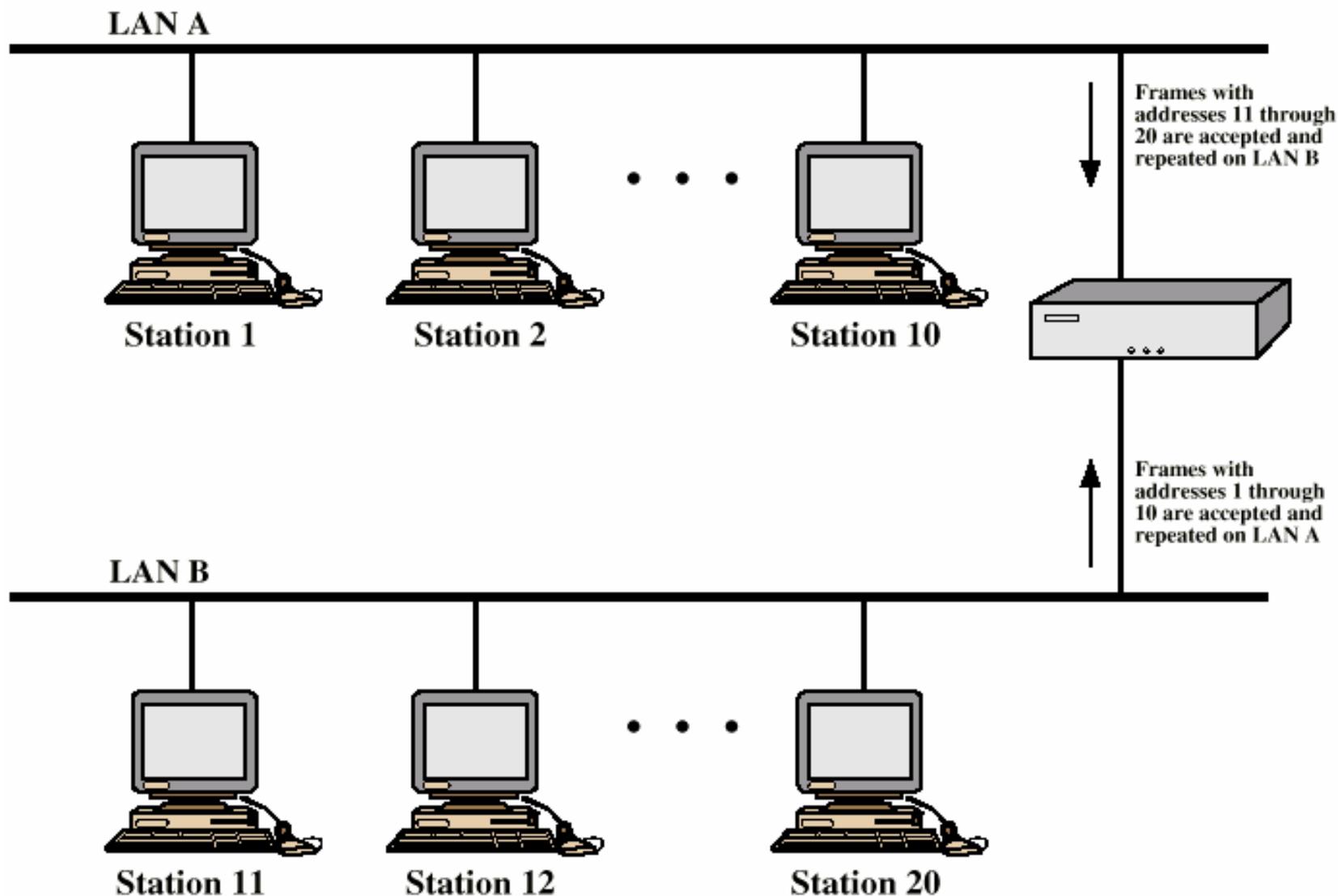
- Confiabilidad
- Desempeño
- Seguridad
- Geografía

# Funciones de los puentes

---

- Leen todas las tramas transmitidas por una LAN y acepta las que van destinadas a la otra LAN
- Usa MAC para retransmitir la trama
- Hace lo mismo desde el otro lado

# Funcionamiento de los Puentes



# Aspecto del diseño de puentes

---

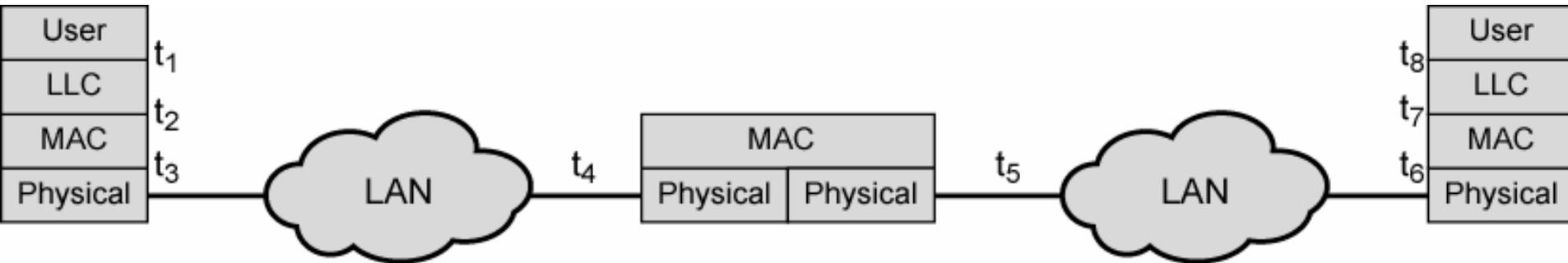
- No se modifica el contenido o formato de las tramas
- No hay encapsulado
- Copia exactamente bit a bit la trama
- Almacenamiento mínimo para soportar una gran demanda
- Contiene capacidad de encaminamiento y direccionamiento
  - Puede haber mas de un puente
  - Para saber que tramas pasarán
- Puede conectar mas de 2 LAN
- El puente es transparente a las estaciones
  - Todas las estaciones en distintas LAN creen que se encuentran e una sola

# Arquitectura de Protocolos de Puentes

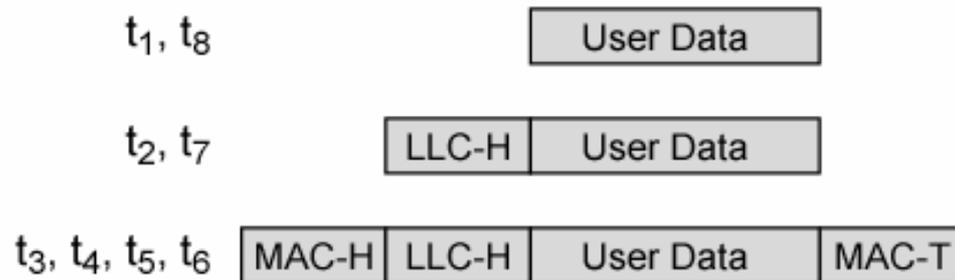
---

- IEEE 802.1D
- Nivel MAC
  - La dirección de la estación está en este nivel
- No necesita la capa LLC
  - Trata con tramas MAC
- Puede pasar la tramas usando sistemas de comunicación externos
  - Dos puentes conectados por un enlace WAN para conectar 2 LAN
  - Un puente captura la trama y la encapsula
  - La reenvía al otro puente por el enlace
  - El otro puente quita el encapsulado y reenvía la trama hacia su LAN

# Conexión de 2 LAN



(a) Architecture



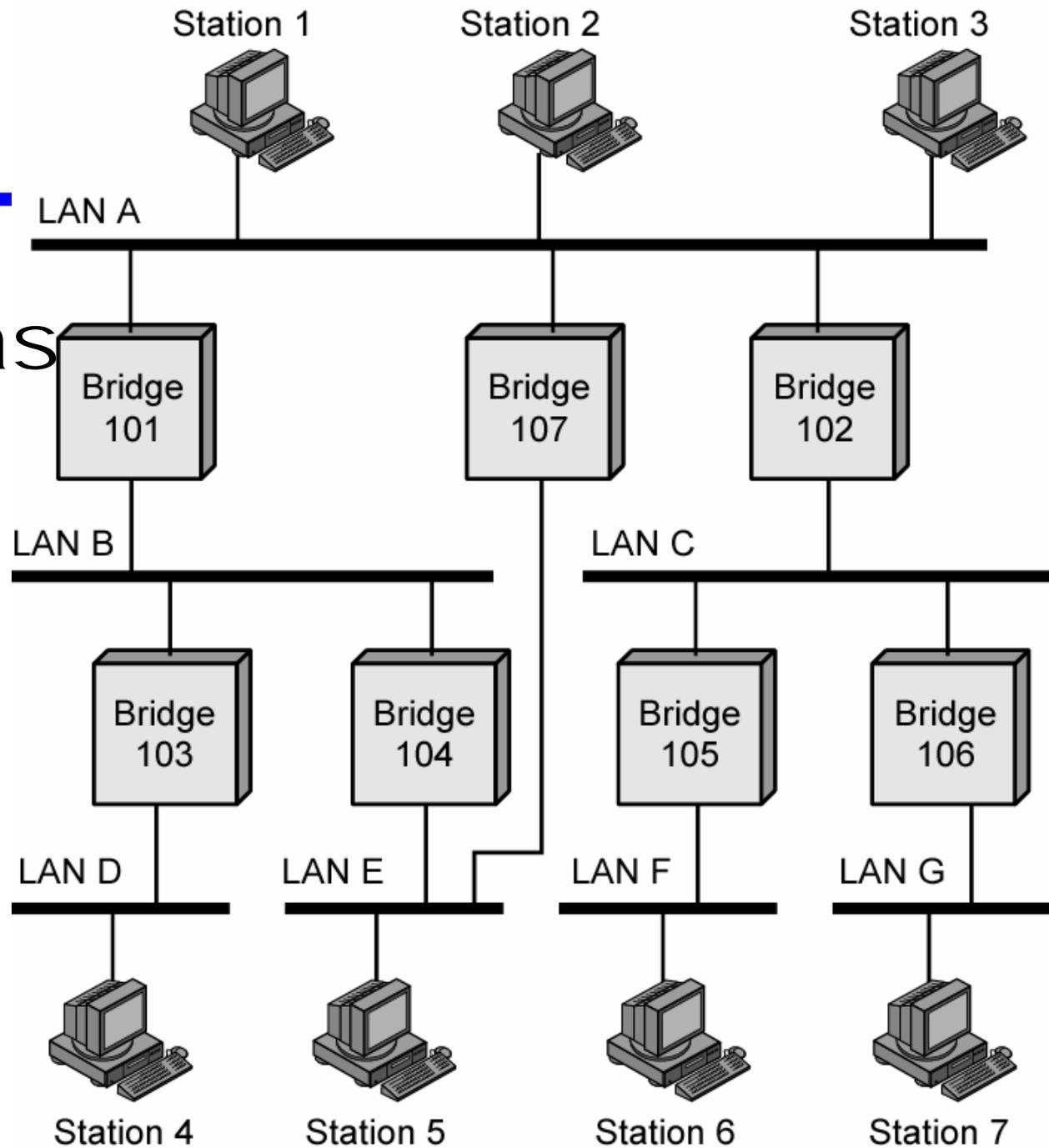
(b) Operation

# Encaminamiento estático

---

- Grandes LAN complejas necesitan rutas alternativas
  - Balancear la carga
  - Tolerancia a fallas
- El puente debe decidir si encamina una trama
- El puente debe decidir a cual LAN encaminar la trama
- El encaminamiento es seleccionado para cada par origen/destino en las LAN
  - Se hace en la configuración
  - Rutas con el menor número de saltos
  - Solo cambian cuando lo hace la topología

# Puentes y LAN con rutas alternativas



# Árbol de expansión

---

- El puente desarrolla automáticamente la tabla de ruteo
- Actualiza la tabla automáticamente en respuesta a cambios
- Reenvío de trama
- Aprendizaje de direcciones
- Resuelve bucles

# Reenvío de trama

---

- Mantiene una base de datos de transmisión para cada puesto de conexión a una LAN
  - Lista de direcciones de estaciones alcanzadas por cada puerto
- Para una trama que llega al puerto X:
  - Busca en la base para ver si la dirección MAC está listada para algún puerto menos el X
  - Si no se encuentra la dirección, se la reenvía por todos los puertos menos el X
  - Si la dirección aparece listada para el puerto Y, verifica el estado del puerto Y por si está bloqueado o en espera
    - El bloqueo previene de recibir o transmitir
  - Si no está bloqueado, se transmite la trama por el puerto Y

# Aprendizaje de direcciones

---

- Puede tener cargado previamente una base de datos de reenvío
- Puede aprender
- Cuando una trama llega al puerto X, viene de la LAN conectada a dicho puerto
- Usa la dirección de origen para actualizar su base de datos para el puerto X
- Temporizador para cada entrada en la base
- Cada vez que una trama llega, la dirección de origen es verificada con la base

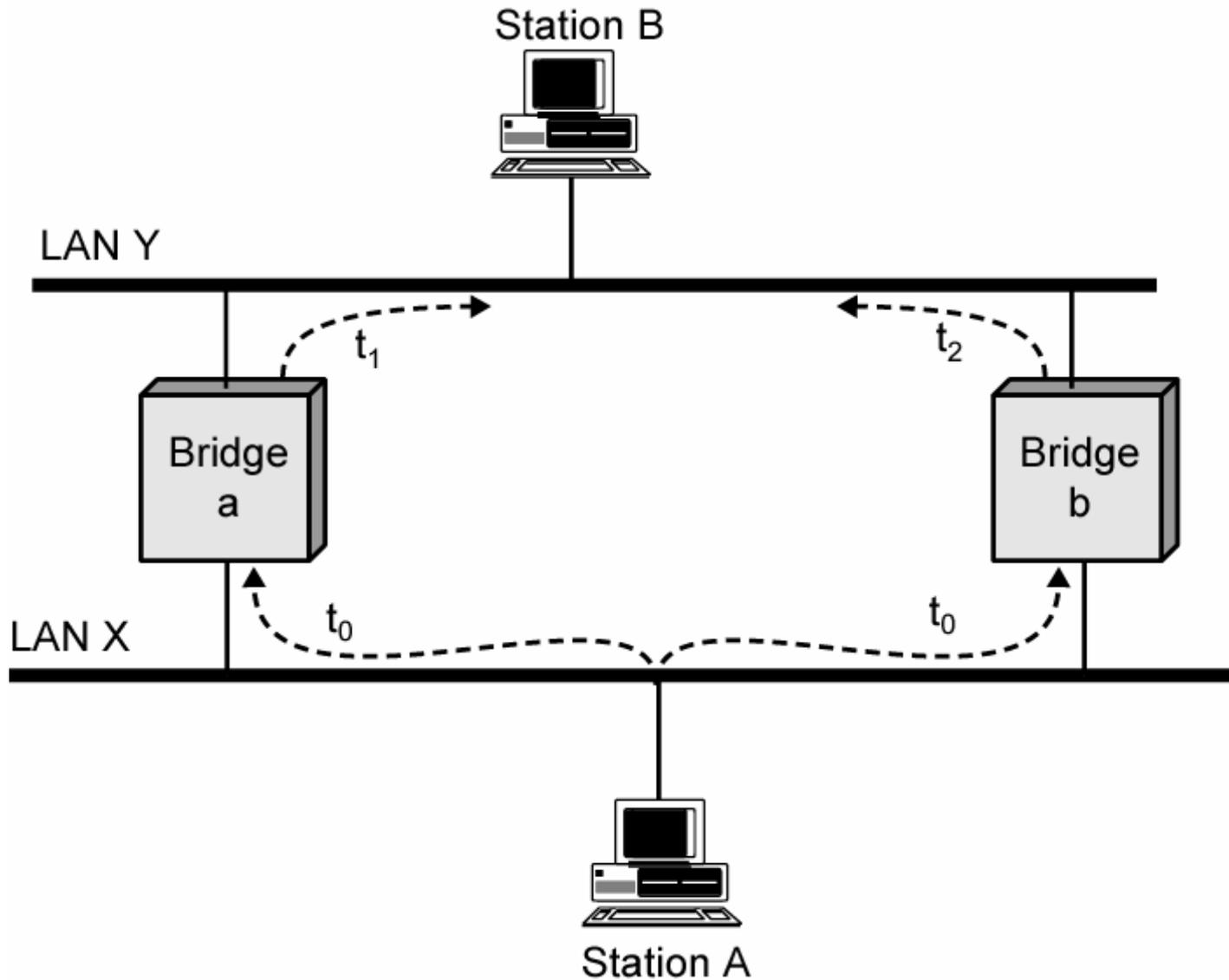
# Algoritmo del árbol de expansión

---

- Aprendizaje de direcciones funciona para topologías en árbol
  - No para bucles
- Derivado de la teoría de grafos
- Cada puente tiene asignado un identificador
- Existe intercambio entre puentes para definir el árbol

# Bucle de puentes

---



# Conmutadores de capa 2 y 3

---

- Varios tipos de dispositivos han aparecido para interconectar LAN
- Además de los puentes y los routers
- Conmutadores de capa 2
- Conmutadores de capa 3

# Concentradores (HUB)

---

- Elemento central activo para disposición estrella
- Cada estación está conectada al hub mediante 2 líneas
  - Transmisión y recepción
- Los Hub actúan como repetidores
- Cuando una estación transmite, el hub repite la señal en las salidas de todos sus puertos
- El enlace consiste de 2 pares trenzados no apantallados
- Hasta 100 m
  - El UTP tiene soporta altas velocidades y pobres cualidades de transmisión
- Se puede usar fibra óptica
  - Hasta 500 m
- Estrella física, bus lógico
- La transmisión de una estación es recibida por todas las otras
- Si dos estaciones intentan transmitir al mismo tiempo, aparece una colisión

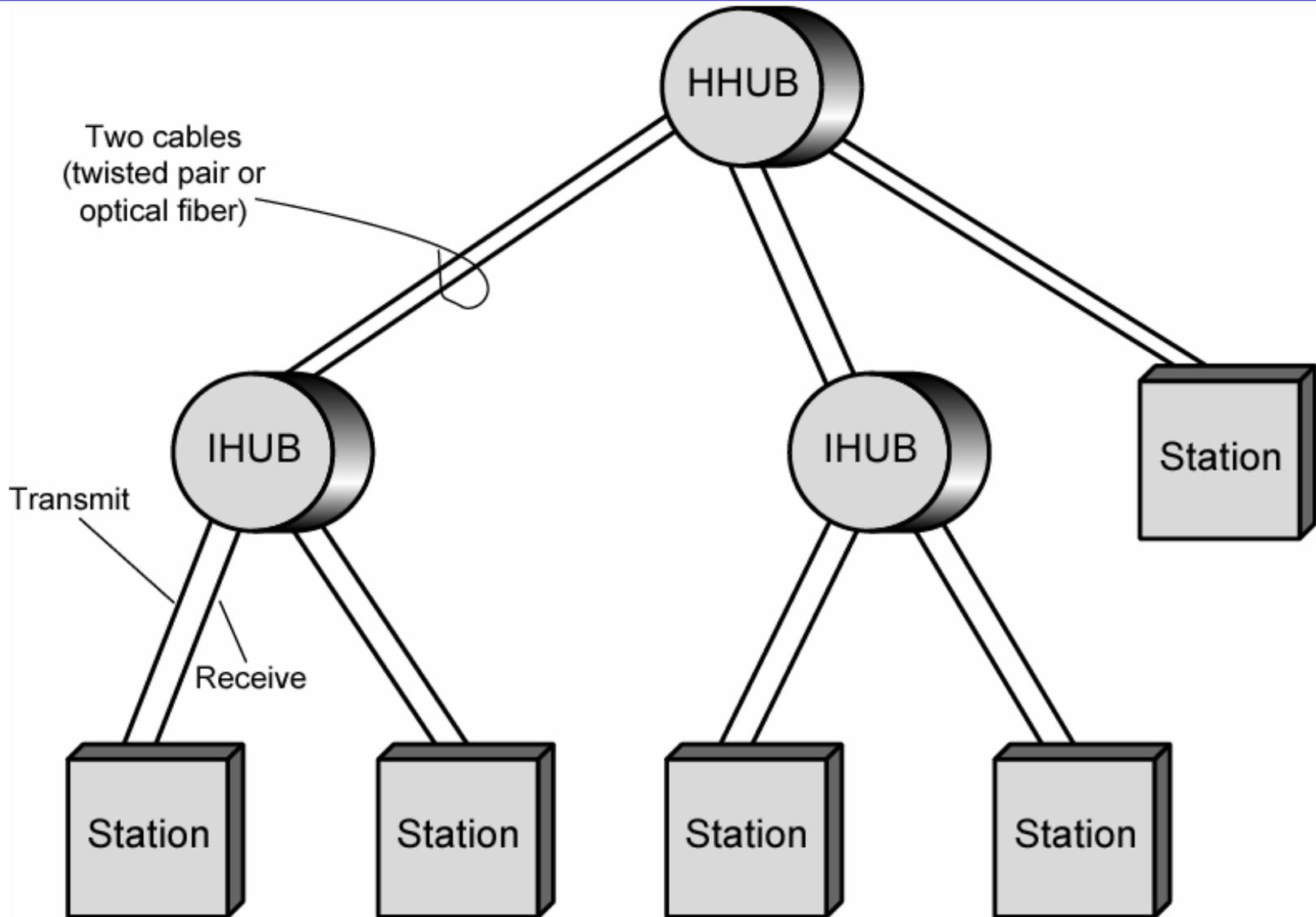
# Topologías de Hub

---

- Varios niveles de hub en cascada
- Cada hub puede tener estaciones o hub conectados
- Adecuado para edificios
  - Armario de cableado en cada piso
  - Hub en cada armario
  - Cada hub atiende las estaciones de su piso

# Topología estrella de 2 niveles

---

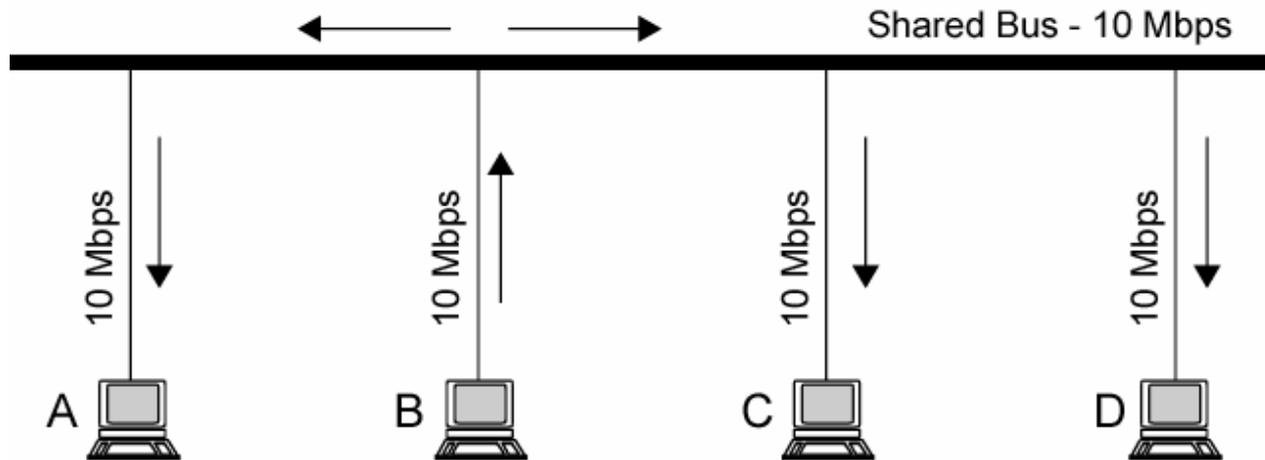


# Buses y Hub

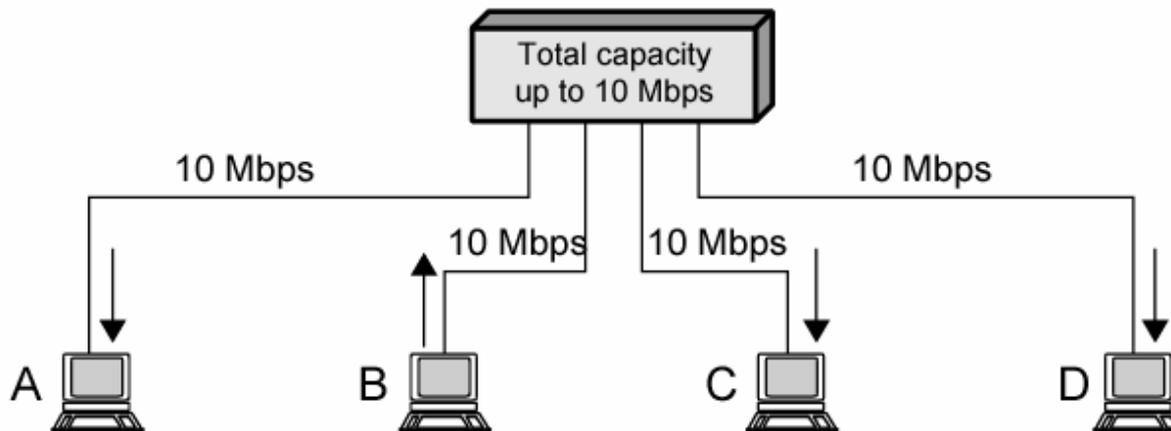
---

- Configuración en Bus
  - Todas las estaciones comparten la capacidad del bus (Ej. 10Mbps)
  - Solo una estación transmite en un instante
- El Hub usa cableado en estrella
  - La transmisión es recibida en el hub y retransmitida hacia todas las otras
  - Solo una estación puede transmitir a la vez
  - La capacidad total de la LAN es 10Mbps
- Para mejorar el desempeño se utilizan conmutadores de capa 2

# Medio compartido en Bus y en estrella

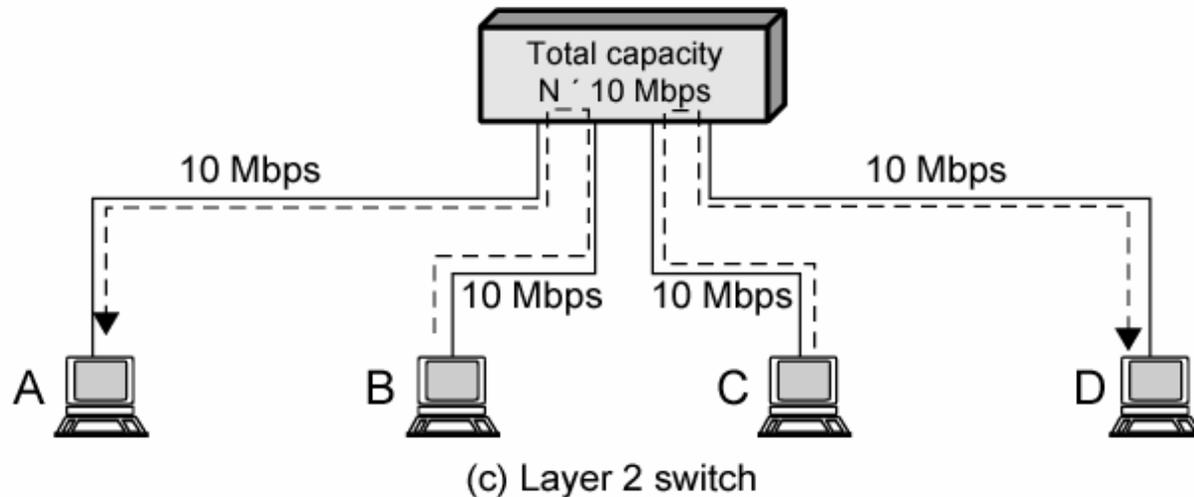
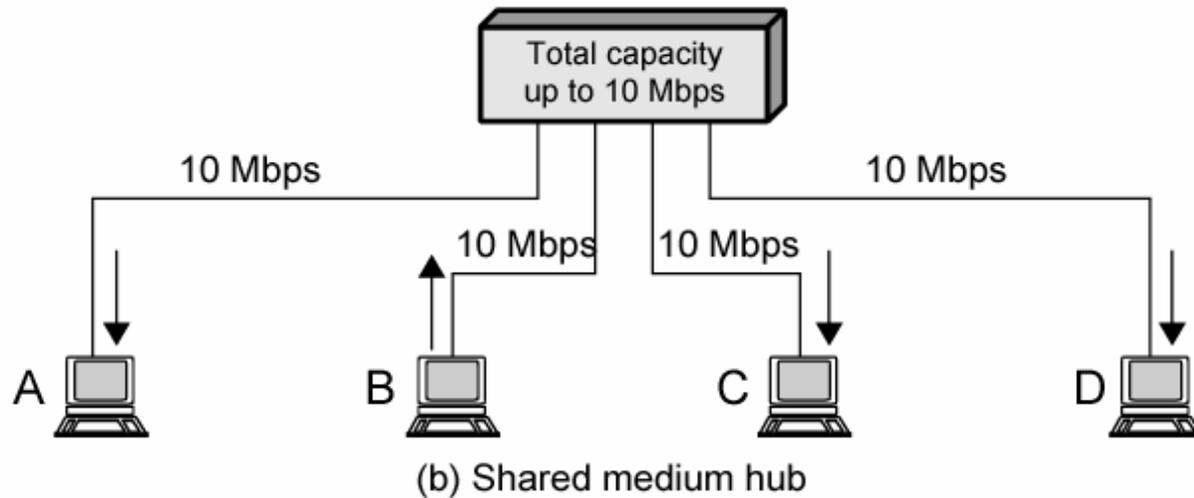


(a) Shared medium bus



(b) Shared medium hub

# Medio compartido con hub y Switch de capa 2



# Conmutadores de capa 2

---

- El concentrador actúa como conmutador (hub/switch)
- Una trama entrante de una estación es redirigida hacia la salida adecuada
- Las líneas no usadas pueden conmutar otro tráfico
- Mas de una estación puede transmitir a la vez
- Multiplica la capacidad de la LAN

# Beneficios de los conmutadores de capa 2

---

- No son necesarios grandes cambios para convertir una LAN en bus o con hub en una conmutada
- Para Ethernet, cada dispositivo usa el protocolo MAC Ethernet
- Los dispositivos tienen una capacidad dedicada igual a la LAN original
- Se pueden escalar fácilmente
  - Se pueden agregar conmutadores o otros

# Tipos de conmutadores de capa 2

---

- Almacenamiento y reenvío (Store-and-forward switch)
  - Acepta la trama por una línea de entrada
  - La almacena brevemente
  - Entonces la conmuta hacia la salida apropiada
  - Retraso entre el emisor y el receptor
  - Mejora la integridad de la red
- Rápido (Cut-through switch)
  - Toma ventaja de que la dirección de destino aparece al principio de la trama
  - La conmuta apenas reconoce la dirección copiándola hacia la salida adecuada
  - Alta velocidad
  - Riesgo de propagación de tramas erróneas
    - No puede realizad CRC antes de retransmitir

# Conmutadores de capa 2 vs. Puentes

---

- Los switch de capa 2 pueden ser vistos como la versión full-duplex de un hub
- Pueden incorporar lógica adicional para funcionar como puente multipunto
- Manejo de la trama en el puente es hecho por software
- Un switch realiza reconocimiento de dirección y reenvío de trama por hardware
- Un puente solo analiza y envía una trama a la vez
- Un switch tiene múltiples caminos paralelos
  - Pueden manejar múltiples tramas a la vez
- Los puentes usan almacenamiento y reenvío
- Los switch también pueden ser rápidos
- Los puentes han quedado relegados comercialmente

# Problemas de los conmutadores de capa 2 (1)

---

- Cuando el número de dispositivos crece, los switches de capa 2 muestran deficiencias
- Sobrecarga por difusión
- Falta de enlaces múltiples
- Un conjunto de dispositivos y LAN conectados por los switches de capa dos tienen un espacio de direcciones plano
  - Todos los usuarios comparten la dirección de difusión común
  - Si cualquier dispositivo usa la trama de difusión, ésta es entregada a todos los dispositivos conectados
  - En redes grandes, estas tramas pueden generar sobrecarga
  - Un dispositivo defectuoso puede generar tramas de difusión
    - Congestiona completamente la red

# Problemas de los conmutadores de capa 2(2)

---

- Los estándares prohíben el uso de bucles cerrados
  - Solo hay un camino entre dos dispositivos
  - Limita el desempeño y la confiabilidad
- Solución: dividir la red en subredes conectadas por routers
- La difusión de tramas estará limitada a una subred
- Los routers basados en IP emplean algoritmos de ruteo sofisticados
  - Permiten la utilización de múltiples caminos entre subredes pasando a través de distintos routers

# Problemas con Routers

---

- Los Router hacen todo el procesamiento de nivel IP por software
  - LAN de altas velocidades con switches de capa dos de alto desempeño envían millones de paquetes por segundo
  - Router basado en software solo puede manejar por debajo del millón de paquetes por segundo
- Solución: Conmutadores de capa 3
  - Lógica de reenvío de paquetes en hardware
- Dos categorías
  - Paquete a paquete
  - Basados en flujo

# Paquete a paquete o basado en flujo

---

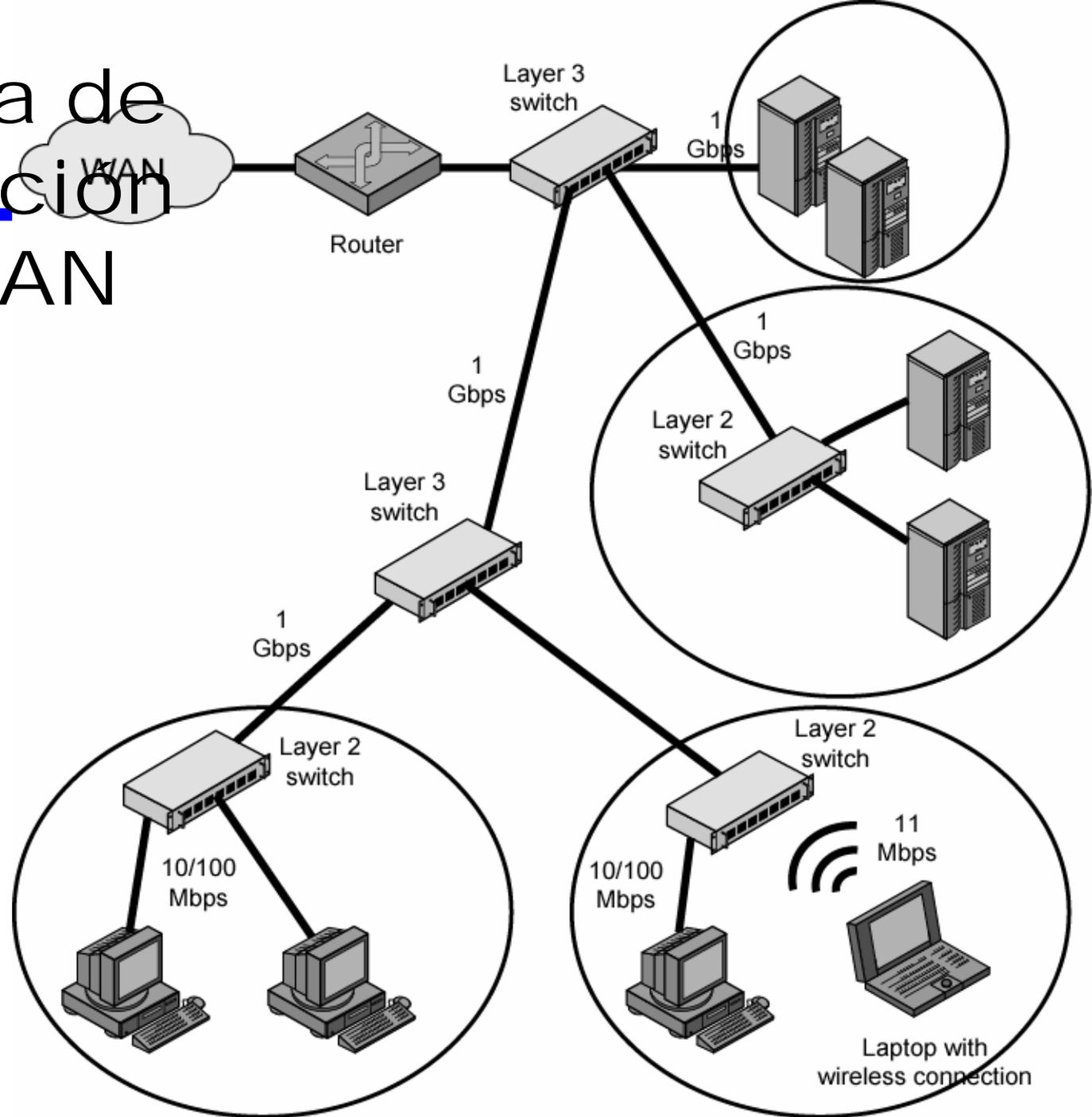
- Opera de la misma forma que un router tradicional
- Aumenta en uno el orden de magnitud de la capacidad ya que se realiza por hardware
- Los basados en flujo intentan mejorar el desempeño identificando flujos de paquetes IP
  - Mismo origen y destino
  - Realizado mediante la observación del tráfico de salida o utilizando una etiqueta especial de flujo en el paquete (IPv6)
  - Una vez que el flujo es identificado, se le otorga una ruta preestablecida

# Organización típica de una gran LAN

---

- Miles o decena de miles de dispositivos
- Sistemas de escritorio tienen enlaces de 10 Mbps a 100 Mbps
  - Conmutadores de capa 2
- Conectividad LAN inalámbrica para usuarios móviles
- Núcleo de la red local con switches de capa 3
  - Forma una red troncal
  - Interconectada a 1 Gbps
  - Conectado a los switches de capa 2 de 100 Mbps a 1 Gbps
- Servidores conectados directamente a los switch de capa 2 o capa 3 a 1 Gbps
- Routers de software de bajo costo para conexión WAN
- Circulos identifican subredes separadas
- Difusión de tramas MAC limitada a su propia subred

# Diagrama de organizacion de una LAN grande



# Lecturas recomendadas

---

- Stallings capítulo 15
- Internet