

# Tema 1: Introducción a las Redes y Sistemas Distribuidos

## PROFESORES:

MERCEDES AMOR PINILLA

FRANCISCO CHICANO

LIDIA FUENTES FERNÁNDEZ

GABRIEL LUQUE POLO

FRANCISCO RUS MANSILLA

## CONTENIDO DEL TEMA

- CONCEPTOS Y TEORÍA DE COMUNICACIONES
  - DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS EN RED
  - EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN
  - TRANSMISIÓN FÍSICA DE LA INFORMACIÓN
- ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UNA RED
  - FUNCIONES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN
  - MODELOS FÍSICOS DE TRANSMISIÓN
  - TIPOLOGÍAS DE RED
  - COMPUTACIÓN DISTRIBUIDA Y COMUNICACIÓN
- MODELOS EN CAPAS Y ESTÁNDARES
  - UNA ARQUITECTURA EN CAPAS
  - ESTANDARIZACIÓN DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN
  - EL CONCEPTO DE RED COMUNITADA
  - LA TORRE DE PROTOCOLOS DE INTERNET

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

- Definición y Caracterización de los Sistemas en Red
- Evolución de las Redes de Comunicación
- Transmisión Física de la Información

# CONCEPTOS Y TEORÍA DE LAS COMUNICACIONES

# Redes de ordenadores

- Definición:
  - Una **red de ordenadores** es un conjunto de dispositivos hardware interconectados entre sí, a través de algún medio de transmisión
  - Su propósito es el de compartir información y servicios entre todos los equipos
- Concepto relacionado: Sistema Distribuido
  - Un **sistema distribuido** ofrece la visión de sistema único, donde la distribución física de los recursos es transparente
  - Su propósito es ofrecer al usuario y a las aplicaciones una visión de los recursos del sistema como gestionados por una única máquina virtual
  - Cuestión de perspectiva:
    - Red de ordenadores: punto de vista de la infraestructura de comunicaciones
    - Sistema distribuido: punto de vista de los procesos software

# Redes de ordenadores

- Aplicaciones distribuidas/servicios
  - Son aplicaciones que se ejecutan en los nodos de la red y se comunican entre ellas mediante el **intercambio de mensajes**
- Ejemplos
  - Web
  - Correo electrónico
  - Intercambio de ficheros mediante P2P
  - Voz sobre IP (VoIP)
  - Juegos en red
  - Mensajería instantánea

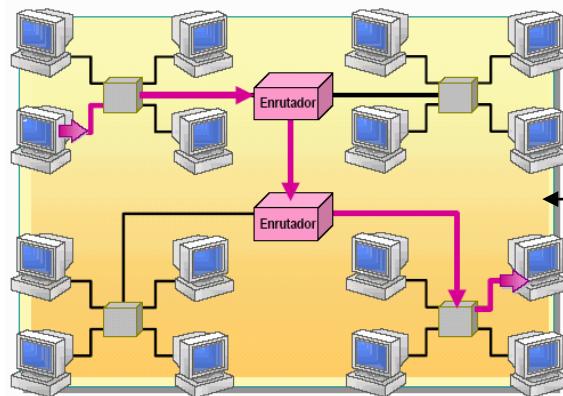
## Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

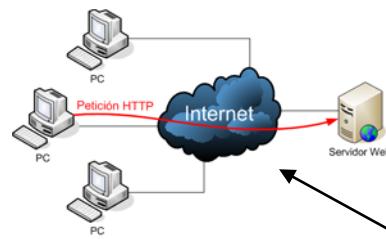
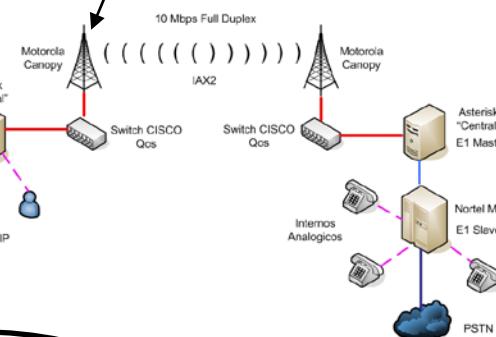
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

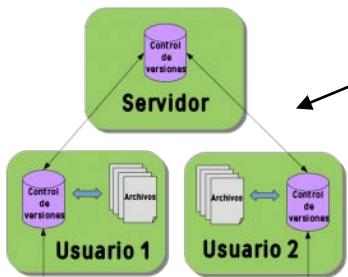
Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



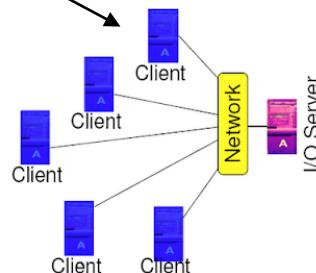
**RED  
DE  
ORDENADORES**



Modelo distribuido

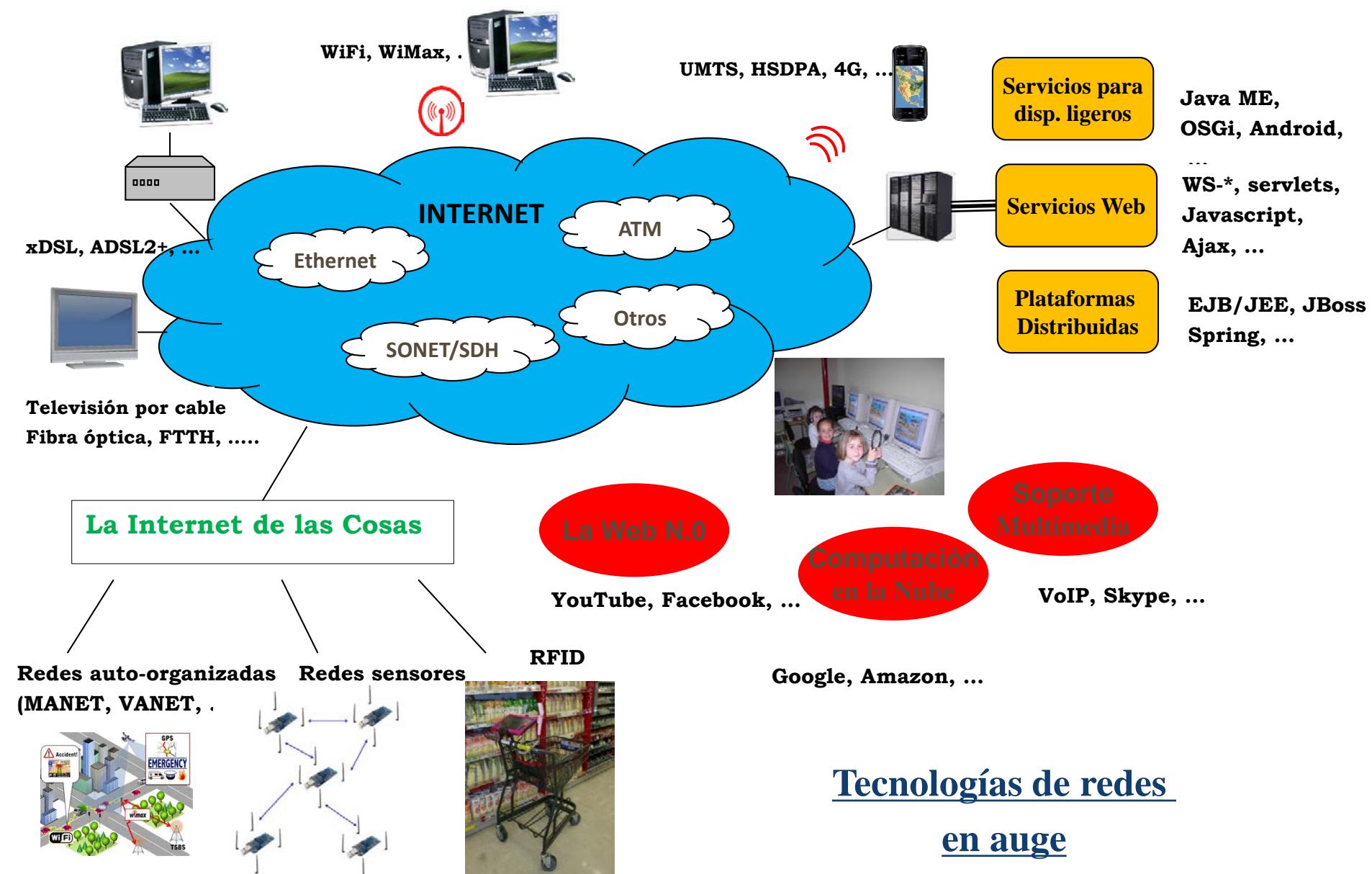


**SISTEMA  
DISTRIBUIDO**



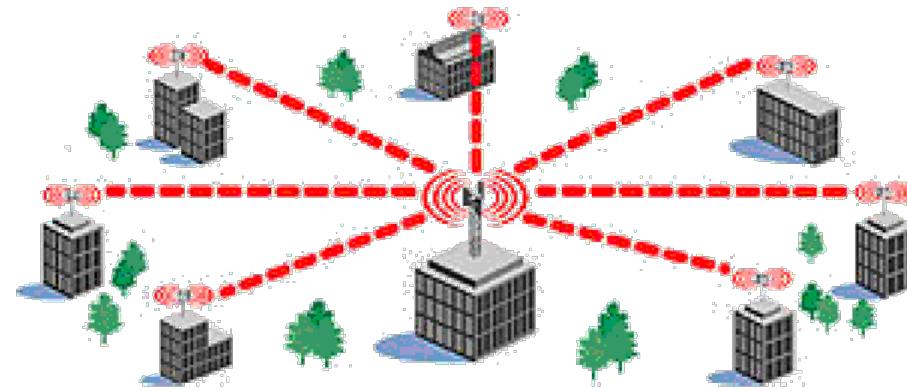
# HISTORIA DE LAS REDES DE ORDENADORES

- BREVE RESEÑA HISTÓRICA
  - APARICIÓN EN LOS AÑOS 60
  - DIFUSIÓN A PARTIR DE LOS 80
    - AVANCES EN LA INFORMÁTICA: ORDENADORES PERSONALES (PCs)
    - AVANCES EN LAS TELECOMUNICACIONES: REDES DE ÁREA LOCAL (LANs)
  - EXPANSIÓN EN LOS 90
    - INTERNET
    - LA WEB
  - EN LA ACTUALIDAD
    - REDES INALÁMBRICAS
    - INTERNET DE LAS COSAS (INTERNET OF THINGS, IoT)
      - REDES DE SENsoRES
      - REDES AUTOORGANIZADAS
      - RFID
      - ETC.



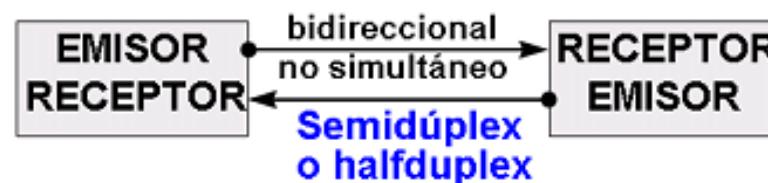
# Tipos de enlaces

- EL MEDIO DE TRANSMISIÓN PUEDE SER CABLEADO (GUIADOS) O INALÁMBRICO (NO GUIADOS)
- DOS TIPOS BÁSICOS DE ENLACES
  - PUNTO A PUNTO: COMUNICAN DOS NODOS
    - EJEMPLO: CONEXIÓN ENTRE CONMUTADORES
  - DIFUSIÓN: SON COMPARTIDOS POR VARIOS NODOS
    - EJEMPLO: ETHERNET, WIFI



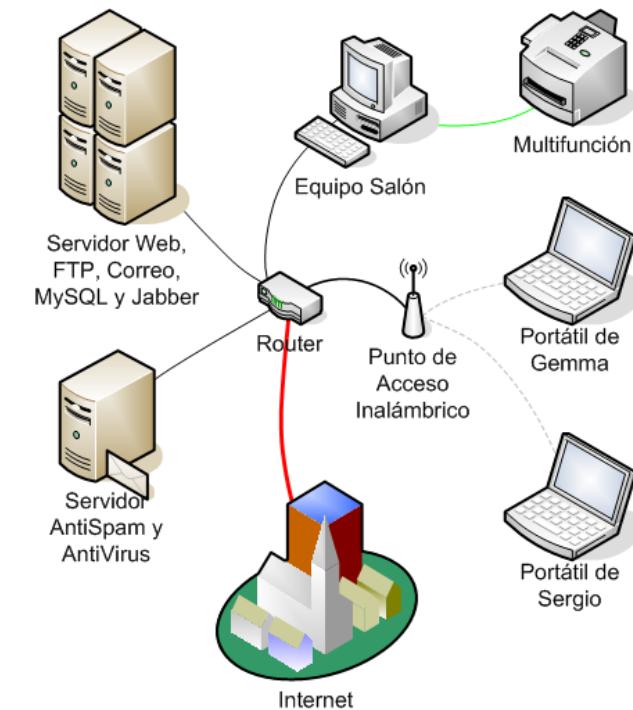
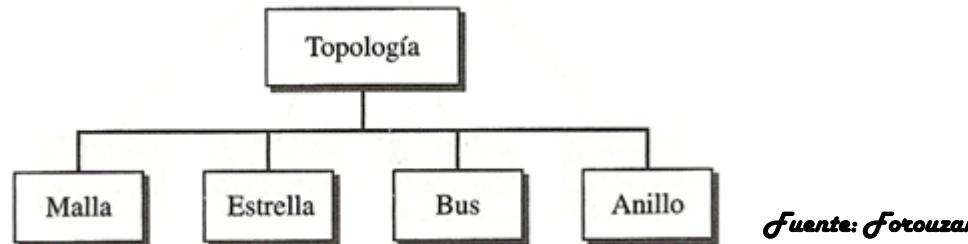
# MODOS DE COMUNICACIÓN

- TRES MODOS DE TRANSMISIÓN EN UN ENLACE
  - SÍMPLEX: LOS DATOS SE TRANSMITEN EN UNA SOLA DIRECCIÓN
  - SEMI-DÚPLEX (*HALF DUPLEX*): LOS DATOS SE TRANSMITEN EN AMBAS DIRECCIONES, PERO DE FORMA ALTERNADA
  - DÚPLEX (*FULL DUPLEX*): LOS DATOS SE TRANSMITEN EN AMBAS DIRECCIONES AL MISMO TIEMPO

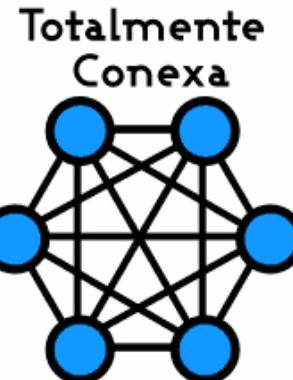
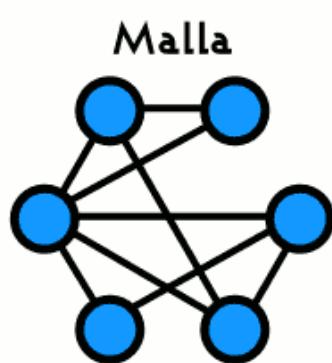
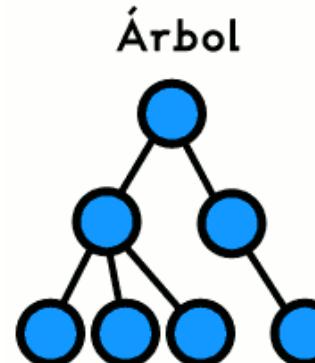
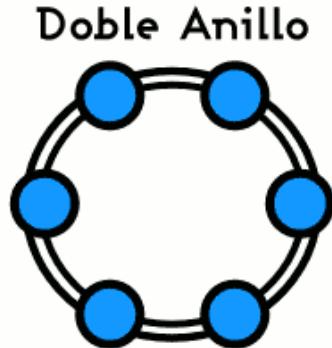
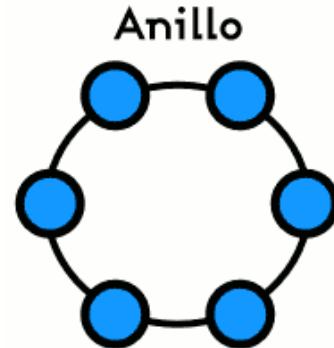
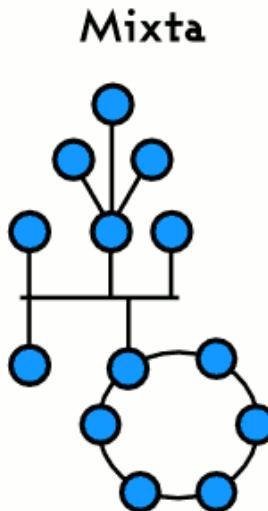
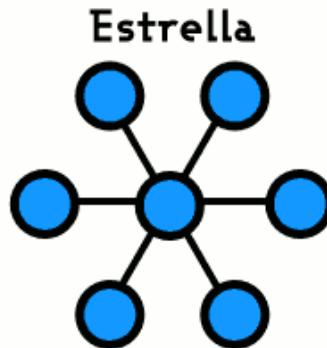
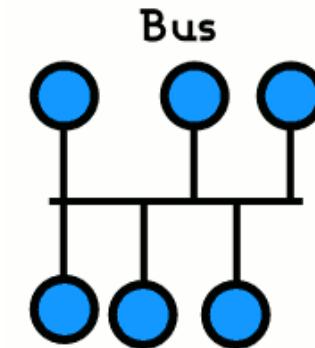


# Conceptos relacionados con Transmisión física de la información

- Topología física
  - Estructura de la red física, que se representa como un conjunto de nodos (dispositivos) conectados mediante enlaces (medios de transmisión).
  - Pueden representarse como grafos geométricos.



# Topologías de red



Una red totalmente conectada (malla) de  $N$  nodos requeriría:

$$N \times (N-1)/2 \text{ enlaces}$$



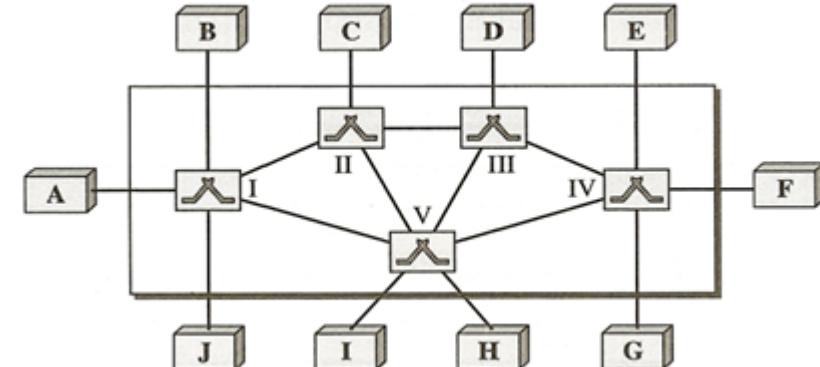
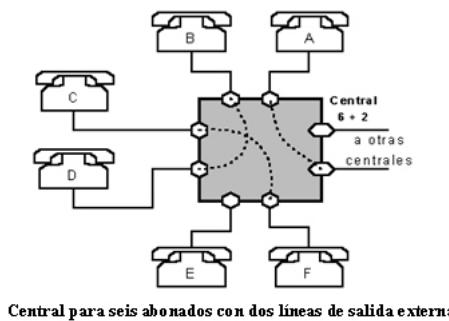
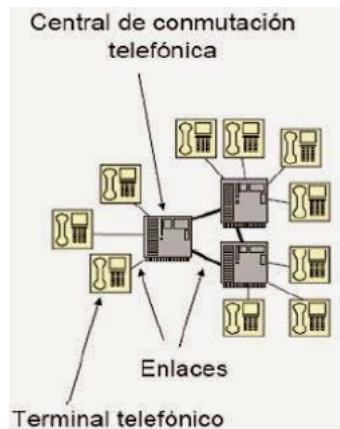
# Rendimiento de enlaces y redes

- Medidas de rendimiento
  - **Latencia**: tiempo medio que tarda un paquete en ir de origen a destino
  - **Round trip time**: tiempo que tarda un paquete en ir y volver
  - **Ancho de banda** (*bandwidth*): digital (cantidad de bits por segundo bps que admite un canal)
  - **Paquetes transmitidos por segundo**
  - **Paquetes perdidos**
  - **Tasa de errores (normalmente VER – Bit error rate)**

# Transmisión física de la información: conmutación

- Red parcialmente conectada
  - Solamente hay algunos enlaces entre cada par de nodos
  - Problema: hay que encontrar un camino para llegar desde un nodo a otro
  - Solución: conmutación
- Comutación (definición)
  - La **Conmutación** se considera como la acción de establecer un camino, de extremo a extremo entre dos puntos, a través de nodos o equipos de transmisión.
  - La conmutación permite la entrega de la señal o mensaje desde el origen hasta el destino requerido.

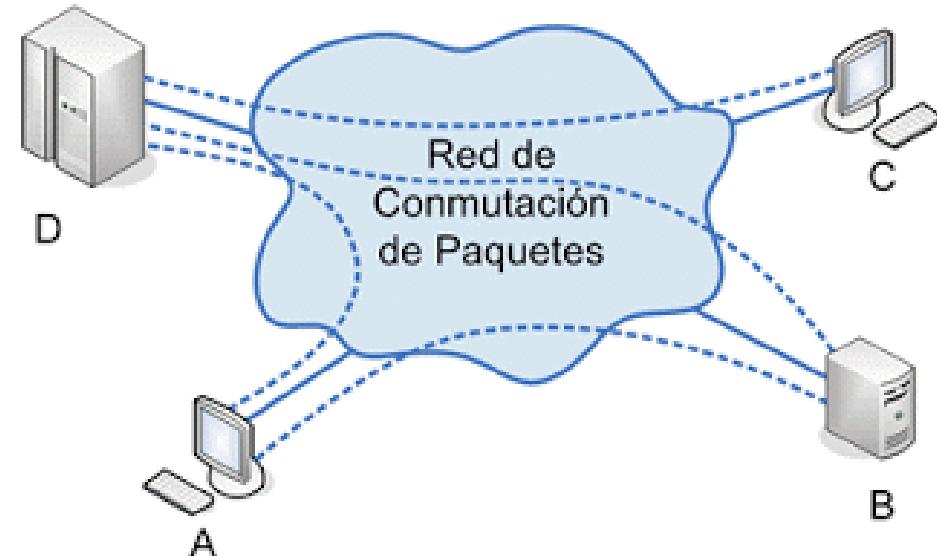
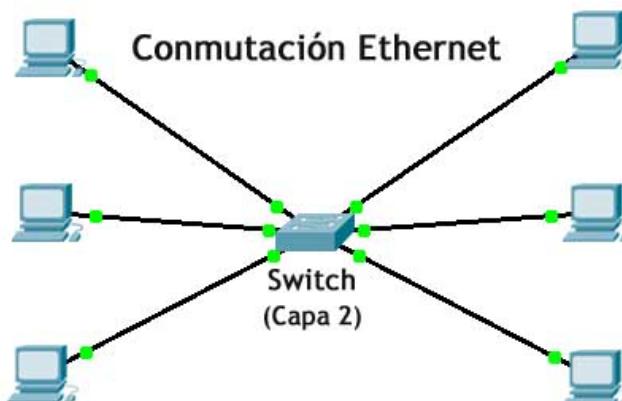
Fuente: Forouzan



# Conmutación

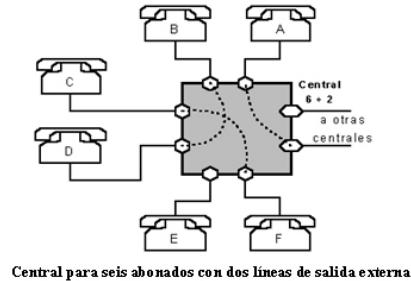
## Conmutación (definición)

- Una **red conmutada** consta de una serie de nodos finales interconectados a través de conmutadores
- Un **conmutador** es un dispositivo capaz de enlazar **temporalmente** dos o más dispositivos



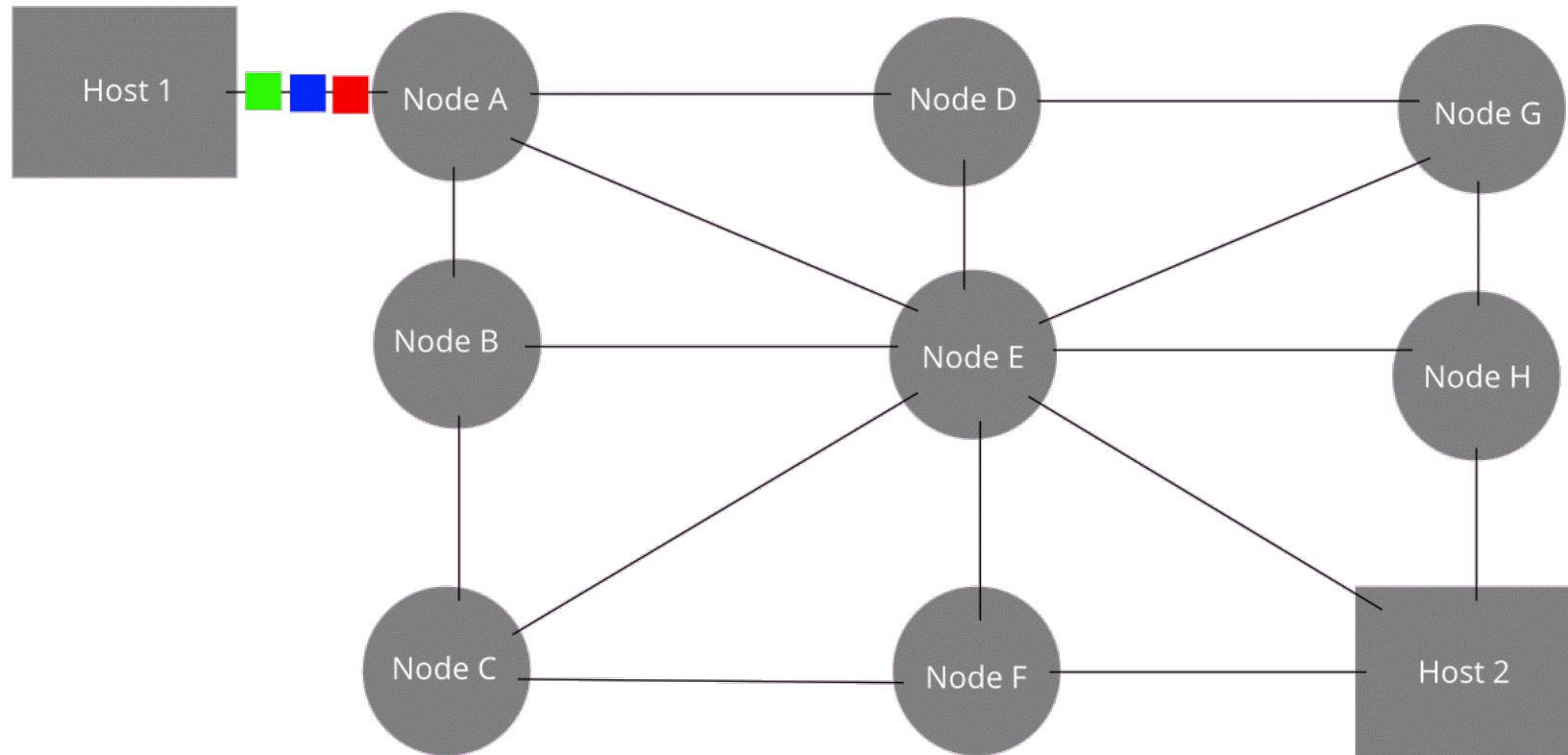
# Transmisión física de la información: conmutación

- Dos tipos de conmutación
  - Conmutación de circuitos
    - Los recursos para la transmisión se reservan mientras duran la comunicación
    - Los enlaces no se comparten con otros circuitos
    - Ej: Red de telefonía tradicional
  - Conmutación de paquetes
    - Los enlaces y los conmutadores (encaminadores o routers) se comparten
    - Ej: la red **Internet**
- Cuando se utiliza conmutación de paquetes se suelen usar técnicas de almacenamiento y envío (***store and forward***)
  - Se almacena el paquete, se decide por qué enlace debe retransmitirse y se retransmite



# Comutación de paquetes

The original message is Green, Blue, Red.



(fuente:

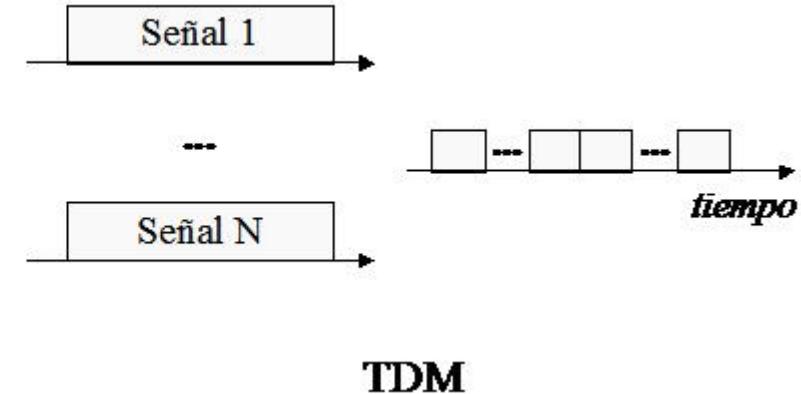
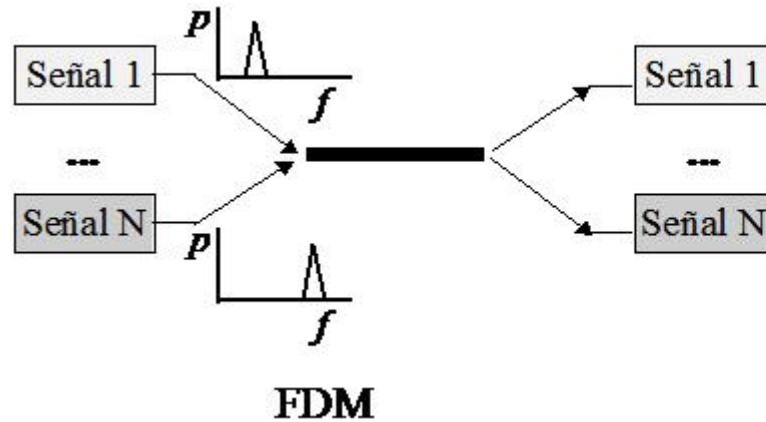
[https://es.wikipedia.org/wiki/Comutaci%C3%B3n\\_de\\_paquetes](https://es.wikipedia.org/wiki/Comutaci%C3%B3n_de_paquetes))

# Transmisión física de la información: multiplexado

- Ancho de banda
  - Se define ancho de banda de una señal analógica como la anchura del espectro de frecuencias y se mide en Hercios (Hz)
  - Mayor ancho de banda en Hz => mayor velocidad en bps
- Motivación
  - Aumentar la velocidad de transmisión mediante la compartición del ancho de banda del canal
- Multiplexado
  - Utiliza un recurso (canal) para transmitir más de un mensaje simultáneamente.
  - La entrada son datos/voz de baja velocidad y se combinan en una sola banda de alta velocidad que se transmite por un único canal.
  - Beneficios:
    - Se aumenta la eficiencia del canal.

# Transmisión física de la información: multiplexado

- Dos tipos básicos de multiplexado
  - División de frecuencias (*Frequency-Division Multiplexing o FDM*)
  - División de tiempo (*Time-Division Multiplexing o TDM*)

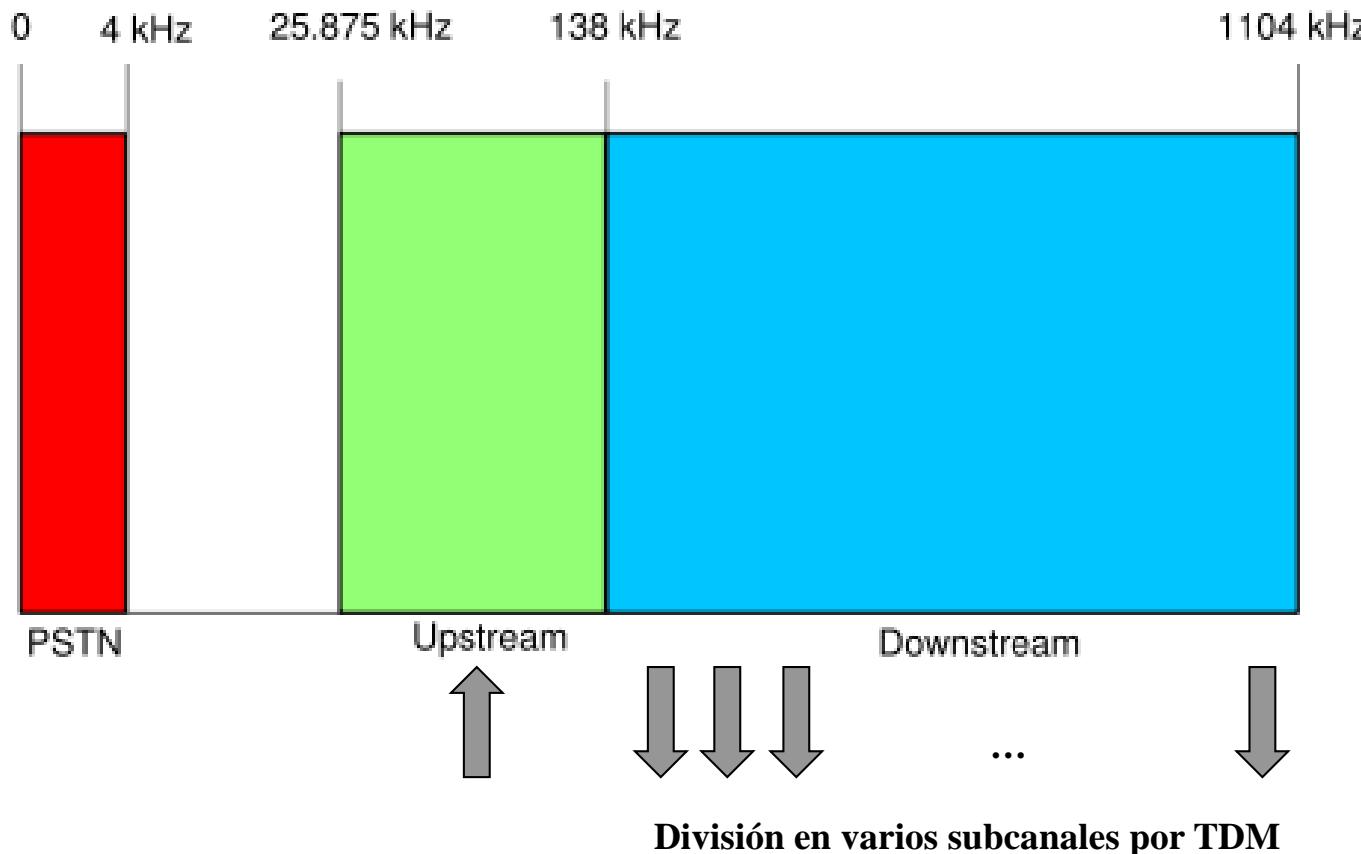


# Tecnología ADSL

- Motivación
  - Se requiere mayor ancho de banda en el enlace abonado-red de telefonía
    - Uso del enlace para voz: 0 – 4 Khz
    - Capacidad real del enlace: 1 Mhz o más
- Solución
  - ADSL (*Asymmetric digital subscriber line*)
  - Más capacidad de transmisión en el enlace descendente que en el ascendente

# Tecnología ADSL

- Mapas de frecuencia (por FDM)



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

- Funciones de un Sistema de Comunicación
- Modelos Físicos de Transmisión
- Tipologías de Red
- Computación Distribuida y Comunicación

# ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UNA RED

# Funciones/beneficios de las redes

- Las redes de ordenadores permiten:
  - Mejora el proceso de obtención y almacenamiento de la información
  - Compartir información (ej: carpeta compartida)
  - Compartir periféricos (ej: impresora compartida)
  - Comunicación entre usuarios (e.g. mensajería instantánea, blogs, redes sociales)
  - Mayor capacidad de procesamiento (ej: paralelismo, computación en la nube)
- Y también traen consigo varios problemas
  - El software distribuido es complejo
  - Problemas producidos por la red de comunicación
  - Problemas de seguridad

# Clasificación de las redes

- Criterio: medio de transmisión
  - Redes cableadas
  - Redes inalámbricas
- Criterio: cobertura geográfica
  - PAN (*Personal Area Network*)
  - LAN (*Local Area Network*)
  - MAN (*Metropolitan Area Network*)
  - WAN (*Wide Area Network*)

# Clasificación: medio de transmisión: redes cableadas

- Característica básica
  - Utilizan un cable para la transmisión de información
- Medios de transmisión
  - Cable de par trenzado de cobre: barato, flexible, distancias máximas de cientos de metros
  - Cable coaxial: mejor ancho de banda que el par trenzado, poco flexible
  - Fibra óptica: distancias de cientos de kilómetros, seguras, costosas
- Ejemplos: Ethernet, SONET

# Medidas de Rendimiento

Tiempo de transmisión:

El tiempo de transmisión se calcula dividiendo el tamaño de la trama entre el ancho de banda. Es el tiempo que tarda una interfaz en transmitir un mensaje al medio

Tiempo de propagación:

El tiempo de propagación se calcula dividiendo la longitud del enlace entre la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en dicho enlace (constante **c**). Es tiempo que tarda una señal en propagarse por un enlace

Latencia:

tiempo medio que tarda un paquete en ir de origen a destino. Tiempo de procesamiento + Tiempo de Cola + Tiempo de transmisión + Tiempo de propagación.

Round trip time (RTT):

tiempo que tarda un paquete en ir y volver. Normalmente es el doble de la latencia (asumiendo un medio simétrico)

Ancho de banda (bandwidth)

digital (cantidad de bits por segundo bps que admite un canal)

Tiempo de transmisión

tamaño de la trama entre el ancho de banda

Tiempo de propagación

tiempo que tarda un bit en recorrer el enlace.

## Clasificación: medio de transmisión: redes cableadas

# Facebook and Microsoft are building a giant cable under the sea

by Heather Kelly [@heatherkelly](#) ⓘ May 27, 2016: 11:35 AM ET

Facebook and Microsoft are working together on an unusual project. The two tech behemoths want to bury a 6,600 km cable deep under the Atlantic Ocean, stretching all the way from Virginia to Spain.

Called MAREA, Spanish for "tide," the cable will offer speeds of up to 160 terabytes per second, making it the highest capacity cable running this route, according to the companies.

Spanish telecom company Telefonica is a third partner in the cable project. The actual management of the MAREA system will fall to Telefonica's infrastructure division, Telxius. It will also sell off capacity of the cable to other companies interested in high-speed connections.

## Clasificación: medio de transmisión: redes cableadas

- ¿Qué concepto representa el “160 terabytes per second” del cuerpo de la noticia?
  - $1 \text{ TB} = 10^3 \text{ GB} = 10^6 \text{ MB} = 10^9 \text{ kB} = 10^{12} \text{ bytes}$ .
- Sabiendo que el cable usa fibra óptica y actualmente la latencia media en las comunicaciones transatlánticas es de  $74 \text{ ms}^1$  ¿queda más margen de mejorar este aspecto?
  - $\text{Latencia} = T_{\text{procesamiento}} + T_{\text{cola}} + T_{\text{transmisión}} + T_{\text{propagación}}$
  - $T_{\text{transmisión}} = \frac{\text{Tamaño (bytes)}}{\text{Ancho de Banda (bytes/s)}}$
  - $T_{\text{propagación}} = \frac{\text{distancia}}{\text{velocidad propagación}} c = 300.000.000 \text{ m/s}$
- ¿Qué utilidad puede tener esa mejora?

<sup>1</sup><http://www.verizonenterprise.com/about/network/latency/>

# Clasificación: medio de transmisión: redes inalámbricas

- Característica básica
  - El sistema de transmisión no es un medio sólido
- Medios de transmisión
  - Rayos infrarrojos: direccionales, seguros, poco ancho de banda
  - Ondas de radio terrestres: omnidireccionales, atraviesan paredes
  - Ondas de radio por satélite: alta latencia, elevado ancho de banda
- Ejemplos: **UMTS, IEEE 802.11, Bluetooth**

# Tipologías de red: redes de área personal (PAN)

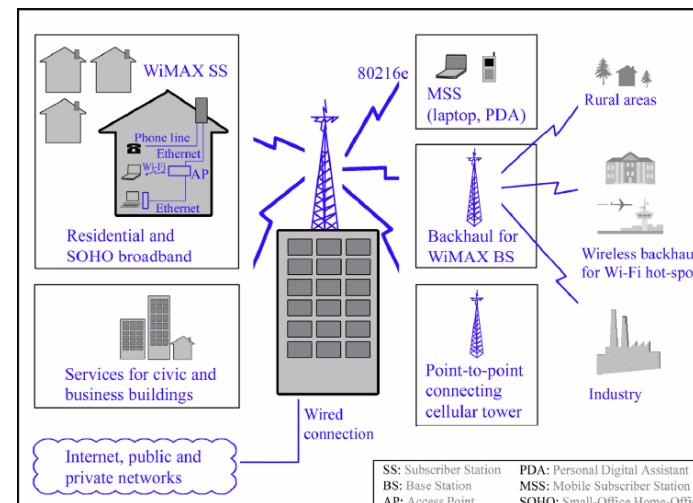
- Características principales:
  - Cobertura: pocos metros
  - Objetivo principal: interconectar dispositivos próximos a una persona
    - Teléfono móvil
    - Televisión, Cámara de vídeo
    - Teclado, ratón
    - Impresora
  - Bajo consumo
  - Alcance limitado
- Ejemplo: **Bluetooth**

# Tipologías de red: redes de área local (LAN)

- Características principales:
  - Cobertura: uno o varios edificios
  - Compuestas por varios segmentos, que se interconectan mediante concentradores (hubs) o conmutadores (switches)
  - Topologías
    - Bus: **Ethernet** (IEEE 802.3)
    - Anillo: **Token Ring** (IEEE 802.5)
    - Estrella: **Fast Ethernet** (IEEE 802.3u)
    - Todos con todos: **WiFi** (IEEE 802.11)

# Tipologías de red: redes de área metropolitana (MAN)

- Características principales:
  - Cobertura: una ciudad
  - Dos tipos de infraestructuras:
    - Redes de fibra óptica
    - Redes inalámbricas
- Ejemplos: DQDB, **WIMAX** (IEEE 802.16)





## Tipologías de red: redes de área extensa (WAN)

- Características principales:
  - Cobertura: ciudades, países, el mundo entero
  - Los equipos están interconectados mediante conmutadores
  - Necesitan infraestructuras proporcionadas por entidades de telecomunicación (públicas y/o privadas)
  - La latencia de los mensajes suele ser elevada
- Ejemplo: **Internet**

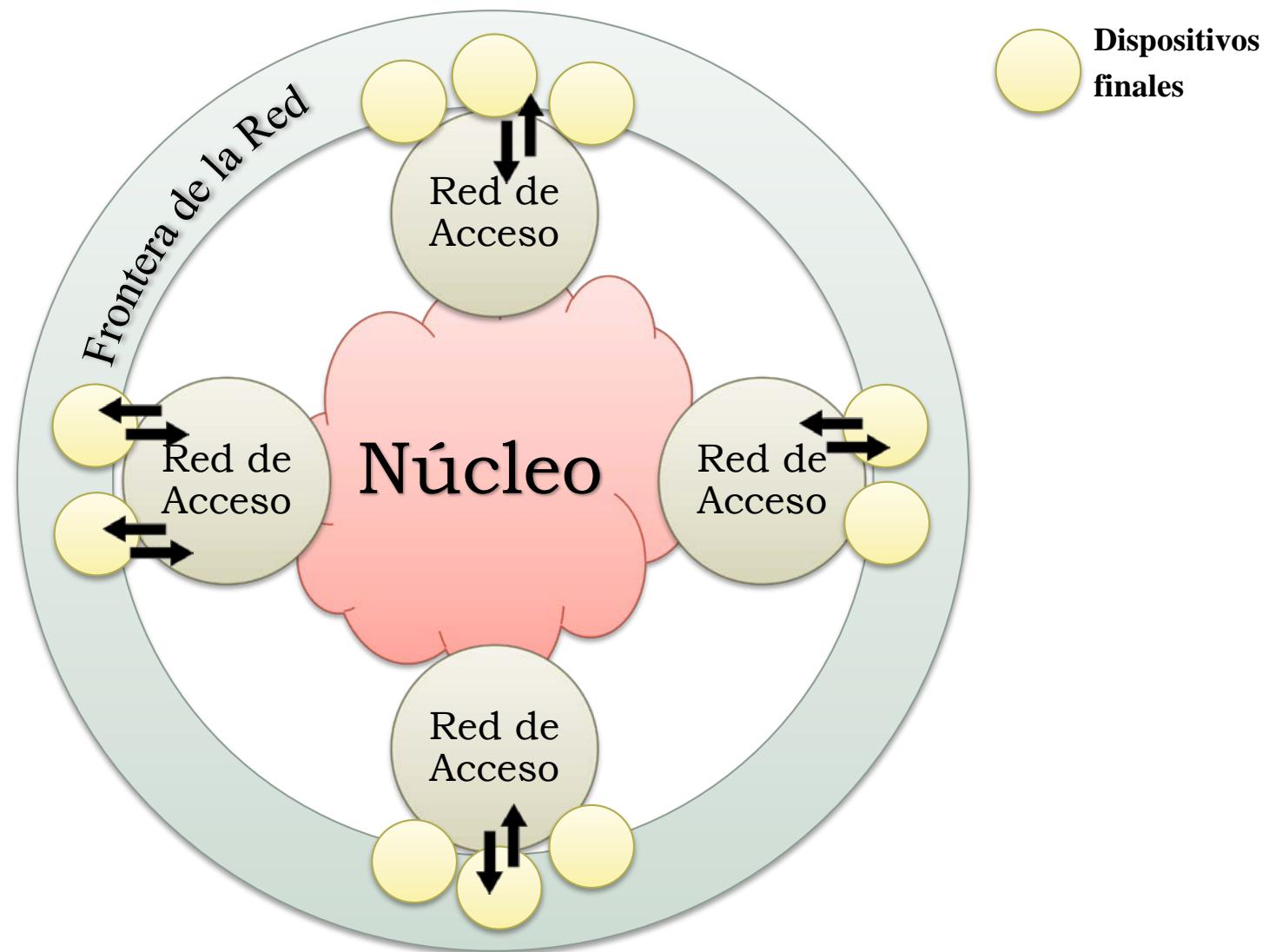


# Estructura de Internet

- ❖ **Frontera de la red**
  - ❖ Aplicaciones y los sistemas finales
- ❖ **Núcleo de la red:**
  - ❖ Routers interconectados
  - ❖ Red de Redes
- ❖ **Redes de acceso, medios físicos:**
  - ❖ Enlaces de comunicación cableados e inalámbricos



# Estructura de Internet

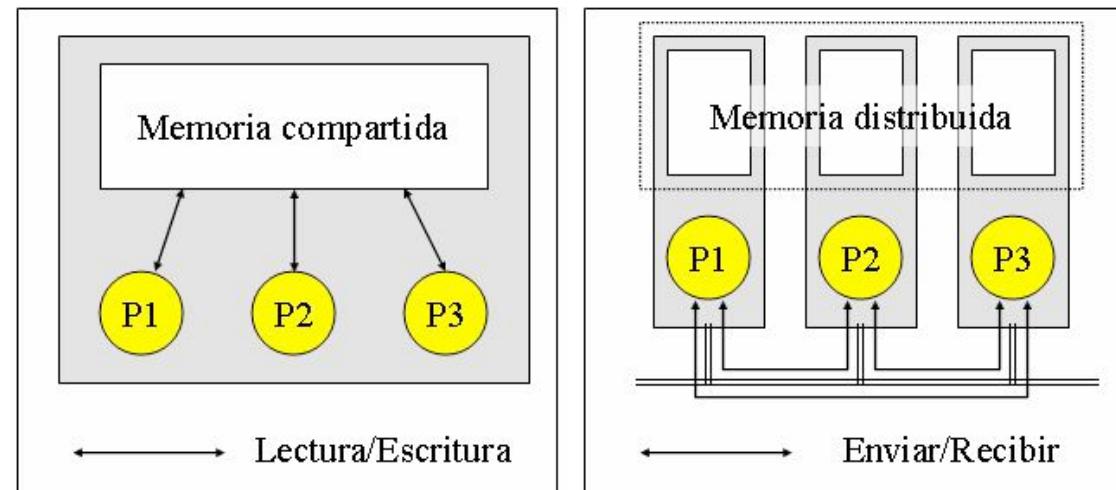


# Computación distribuida y comunicación

- Aplicaciones distribuidas
  - Las aplicaciones distribuidas consisten en **procesos** que se comunican y sincronizan entre sí mediante el **intercambio de mensajes**
- Comunicación distribuida
  - Intercambio de información entre procesos
- Sincronización
  - Puntos de ejecución en los que dos o más procesos se ponen de acuerdo

# Computación distribuida y comunicación

- Características
  - Los procesos de una aplicación distribuida no comparten memoria
  - La comunicación se lleva a cabo mediante paso de mensajes



# Computación distribuida y comunicación

- Algunas cuestiones a resolver:
  - ¿Utilizan los dos procesos la misma tabla de codificación de caracteres?
  - ¿Consideran ambas máquinas los mismos voltios para un bit 0 y un bit 1?
  - ¿Como sabe el proceso receptor cual es el último bit de un mensaje?
  - ¿Cómo se puede saber si un mensaje se ha perdido o ha sido dañado y, en caso de que así sea, cómo se arregla esa situación?
  - ¿Qué tamaño tienen los tipos de datos numéricos y cómo se representan internamente?
  - ¿quién inicia la interacción?
  - ¿cómo se sabe que mensaje tiene que recibir/enviar?

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

- Una Arquitectura en Capas
- Estandarización de Protocolos de Comunicación
- La Torre de Protocolos de Internet

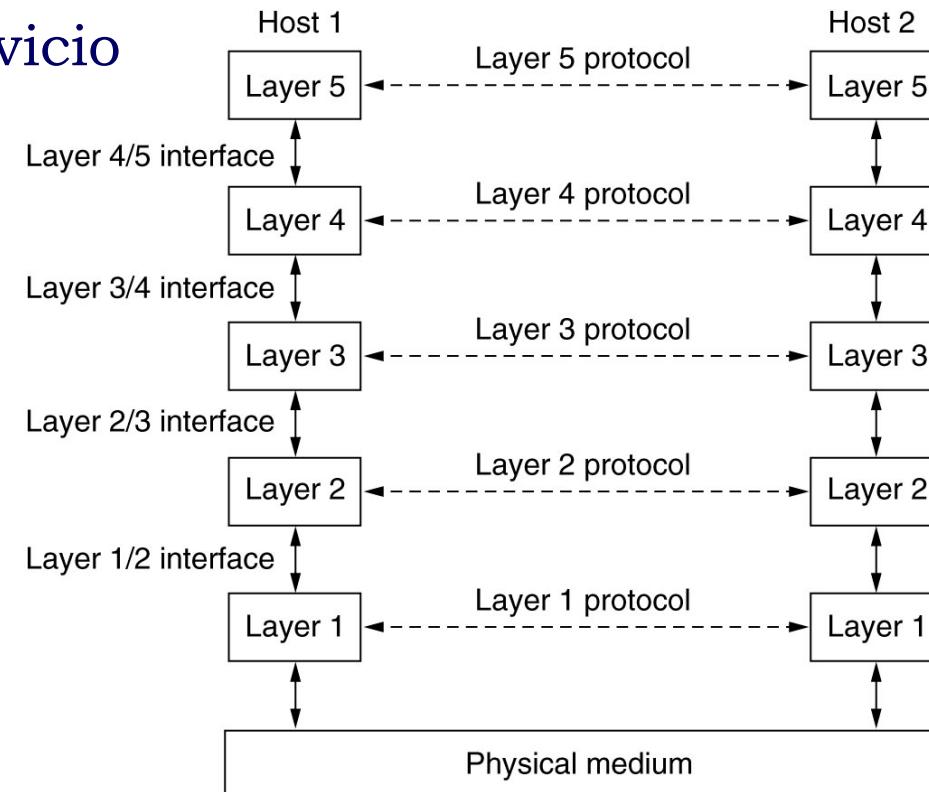
# MODELO EN CAPAS Y ESTÁNDARES

# Arquitectura en capas

- Las redes son sistemas complejos
  - Una forma de abordar la complejidad es establecer modelos de capas
    - Ejemplos: sistemas operativos, model-view-contoller
  - Una capa N proporciona un servicio a la capa N+1 y es usuaria de la capa N-1
- La funcionalidad de comunicaciones en redes de ordenadores se organizan en capas
  - El modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*)

# Arquitectura en capas

- Componentes:
  - Las capas
  - Las interfaces de servicio
  - Los protocolos



# Arquitectura en capas

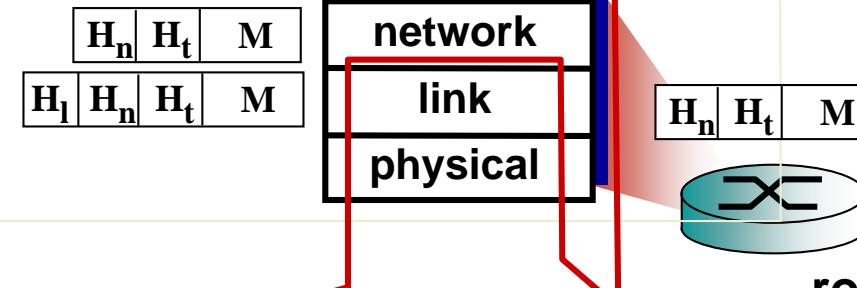
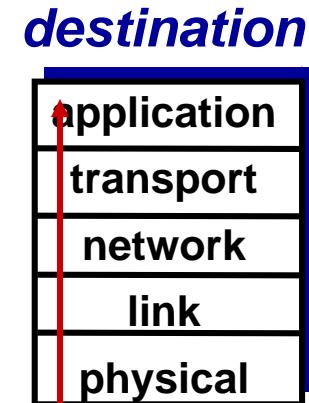
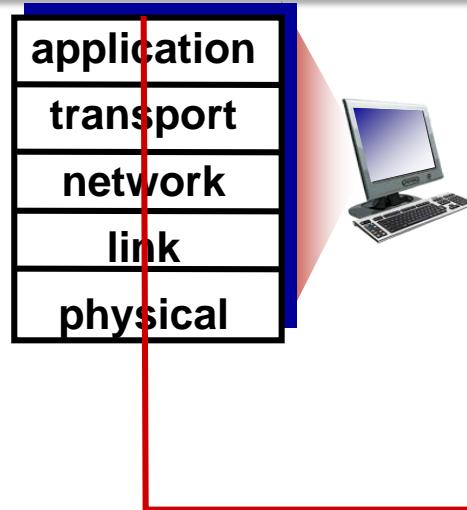
- Protocolos
  - Un **protocolo** es un conjunto de reglas **normalizadas** que establecen el formato, contenidos y significado de los mensajes que se transmiten entre equipos distintos, así como el orden en el que hay que enviarlos y las acciones a tomar al enviarlos y recibirlos
  - Para que dos equipos se comuniquen deben implementar el mismo protocolo en cada capa
- Arquitecturas de capas en redes de ordenadores
  - Se denominan “arquitecturas de redes” o “familias de protocolos” (*Network protocol families*)
  - Definición de un conjunto de protocolos organizados en capas
  - La implementación de una arquitectura de red se llama **torre de protocolos** (*protocol stack*)

# Protocolos

- Tipos de protocolos
  - Orientados a la conexión (*connection oriented*): el emisor y el receptor han de una conexión antes de intercambiar información
    - Ejemplos: el teléfono, TCP
  - Sin conexión (*connectionless*): no es necesario establecer ningún tipo de conexión previa al intercambio de información
    - Ejemplos: el sistema de correo postal, UDP

# Encapsulamiento

<b>message</b>	M
<b>segment</b>	H <sub>t</sub> M
<b>datagram</b>	H <sub>n</sub> H <sub>t</sub> M
<b>frame</b>	H <sub>l</sub> H <sub>n</sub> H <sub>t</sub> M

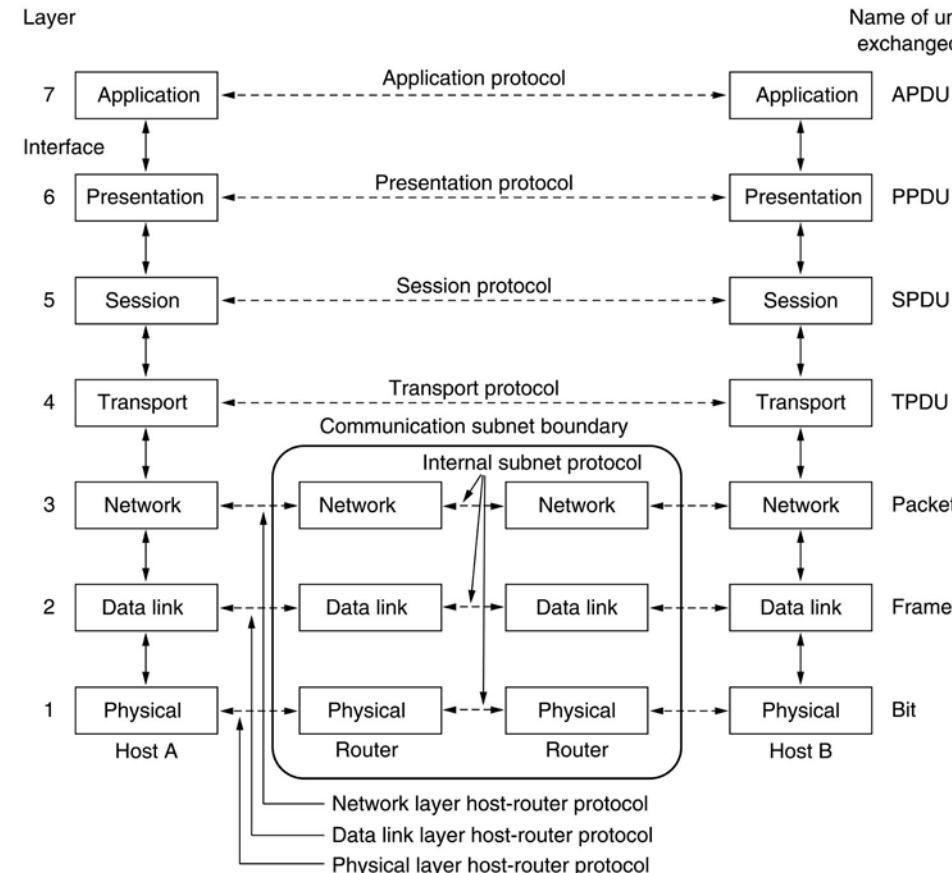


router

switch

# El modelo de referencia OSI

- Encapsulamiento de mensajes



# Estándares

- Dos tipos de normas
  - De facto (de hecho): se establecen sin ningún planteamiento formal
  - De Jure (por ley): normas formales promulgadas por organismos
- Dos tipos de entidades de normalización
  - Gubernamentales
  - Organizaciones voluntarias

# Estándares

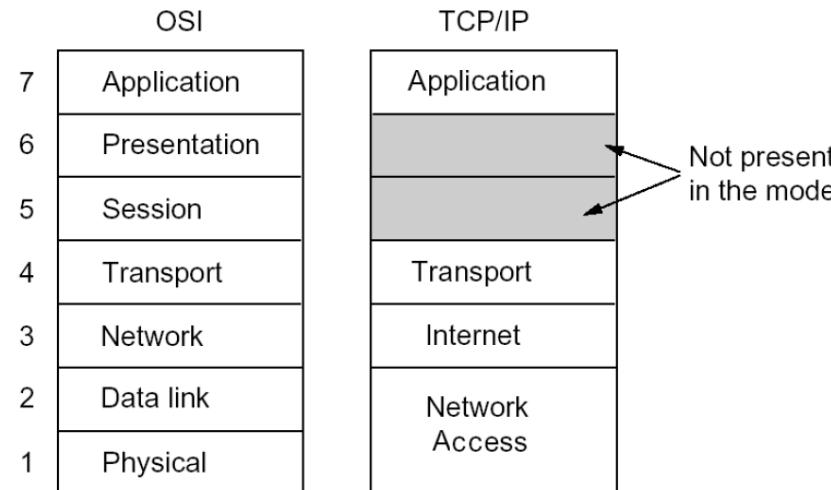
- Organismos relevantes
  - ISO (International Organization for Standardization)  
<http://www.iso.org>
  - The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)  
<http://www.ieee.org>
  - ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)  
<http://www.itu.int/ITU-T/index.phtml>
  - Internet Engineering Task Force (IETF)  
<http://www.ietf.org>
  - The World Wide Web Consortium (W3C),  
<http://www.w3.org>

# El modelo de referencia OSI

- Propósito
  - Conseguir una estandarización de las tecnologías de comunicaciones en redes de ordenadores
- Adopción del modelo
  - Mentalidad de telecomunicaciones, no de informática
  - Útil para estudiar redes de ordenadores
  - Proporciona un lenguaje común entre diseñadores, directores, vendedores y usuarios al tratar temas referentes a la lógica de sistemas de comunicación.
  - Malas implementaciones, modelo muy complejo

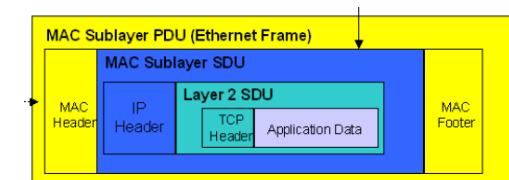
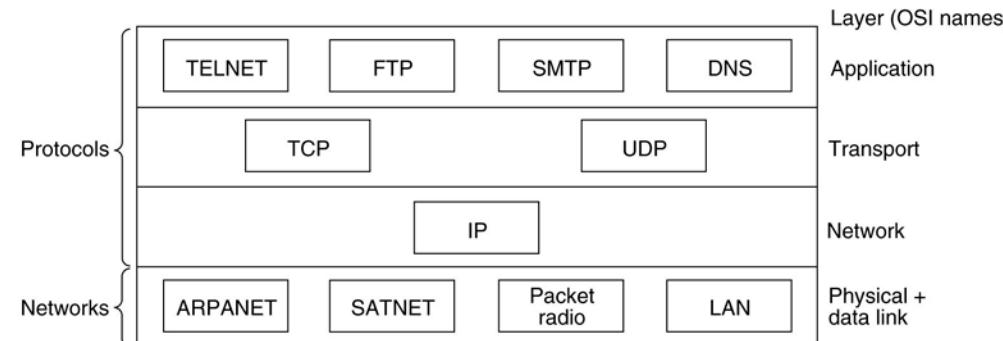
# Arquitectura de TCP/IP

- TCP/IP define tres o cuatro capas
- A nivel de enlace pueden usarse diferentes tipos de redes
  - Fácil adopción e integración con las diferentes redes existentes en su momento



# Arquitectura de TCP/IP

- IP es su protocolo más importante
- A nivel de transporte ofrece dos alternativas: con y sin conexión
- La mayoría de las aplicaciones de Internet usan TCP
  - FTP (File Transfer Protocol), HTTP (Hypertext Transport Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)



# Tema 2

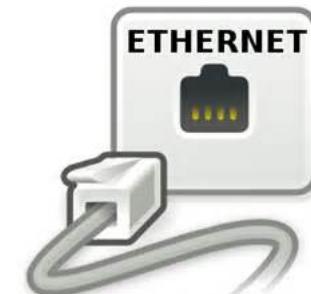
## Técnicas de acceso y control de enlace

PROFESORES:

MERCEDES AMOR PINILLA  
FRANCISCO CHICANO GARCÍA  
LIDIA FUENTES FERNÁNDEZ  
GABRIEL LUQUE POLO  
FRANCISCO RUS MANSILLA

# Contenido del tema

- Caracterización y Servicios del Nivel de Enlace
- Redes de Acceso Múltiple
  - Redes de Acceso Múltiple con Detección de Portadora
    - CSMA/CD (Ethernet)
  - Redes Inalámbricas
    - Wifi
    - Bluetooth
- Protocolo de Control de Enlace de Alto Nivel (PPP)
  - Unidades de Datos PPP
  - Funcionamiento del Protocolo PPP



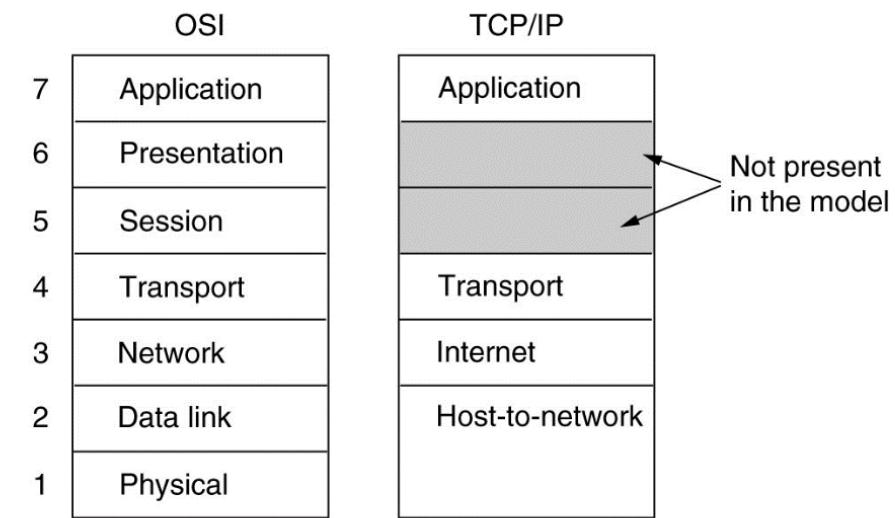
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



# CARACTERIZACIÓN Y SERVICIOS DEL NIVEL DE ENLACE

# La capa de enlace

## Objetivo básico:

Transferir los datos de la capa de red de un equipo a la capa de red de otro equipo con el que tiene **conexión directa**

## Servicios que ofrece

Control de Acceso al Medio

Control de errores

- Detección y Corrección

Control de flujo

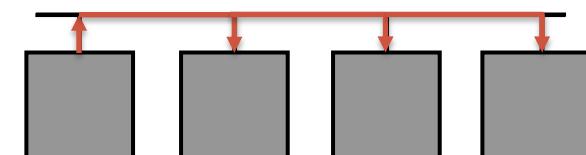
Comunicación half/full duplex

# La capa de enlace: control de acceso al medio

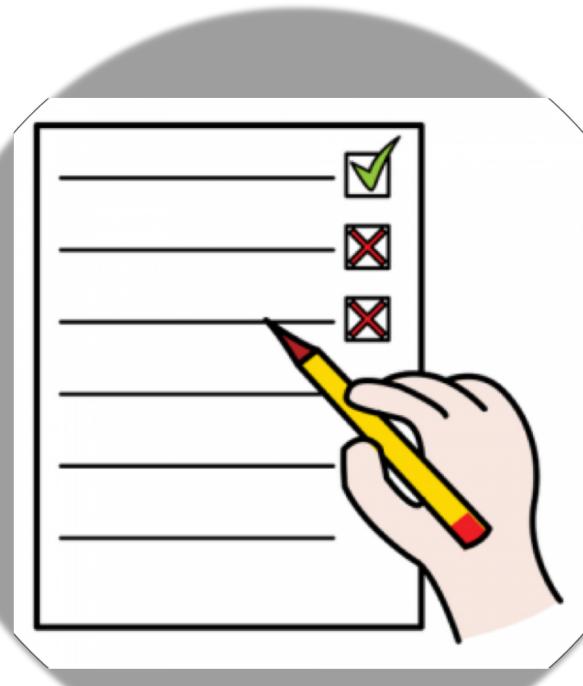
- Transferir los datos de la capa de red de un equipo a la capa de red de otro equipo con el que tiene **conexión directa**
  - **Conectados a un mismo enlace**
  - **Tipos de enlace (tema 1)**
    - **Enlaces punto a punto**
    - **Enlaces de difusión o multipunto**
- En enlaces punto a punto
  - Se debe garantizar el envío de bits de un extremo a otro



- En enlaces de difusión
  - Además, hay que controlar el acceso al medio compartido
    - Qué estación puede transmitir
  - Función de los Protocolos MAC: *Medium Access Control*



# La capa de enlace: control de errores



Debe ser capaz de detectar errores producidos en el envío, transmisión o recepción de mensajes



Debe ser capaz de corregir los errores cuando se detecten errores

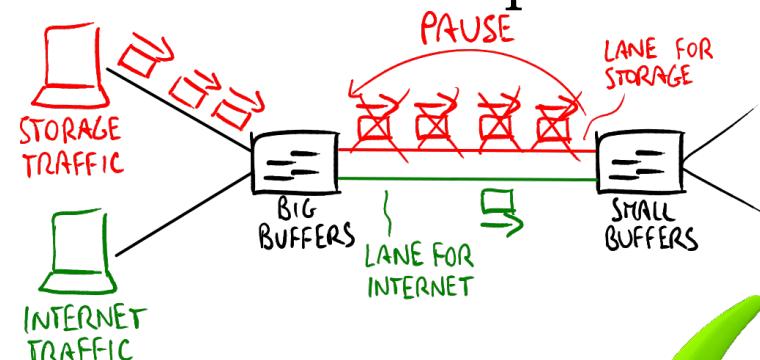
- Mensajes que se pierden, que llegan desordenados o con errores
- Técnicas detectoras de mensajes con errores:
  - Bits de paridad, CRC, checksums, ...

- Técnicas de corrección/control de errores:
  - Códigos de hamming, confirmaciones positivas/negativas, retransmisiones, temporizadores, ...

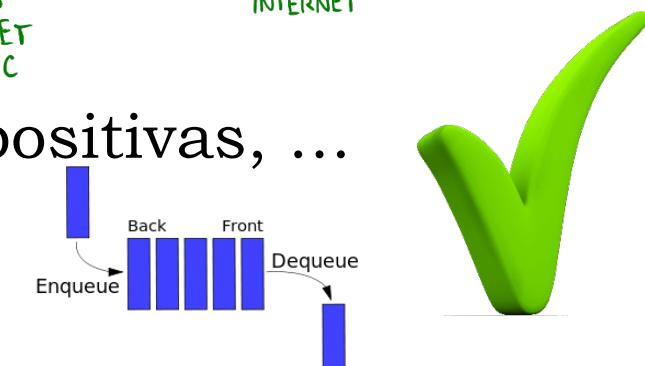


# La capa de enlace: control de flujo

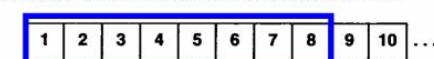
- Se usa para evitar que el emisor envíe más datos al receptor de los que éste es capaz de almacenar para su posterior tratamiento



- Técnicas: buffers, confirmaciones positivas, ...
- Protocolos
  - Parada y espera
  - Ventana Deslizante (sliding window)

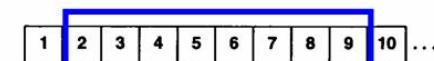


ESTADO INICIAL DE LA VENTANA DESLIZANTE



(a)

ESTADO DE LA VENTANA UNA VEZ DESLIZADA



(b)



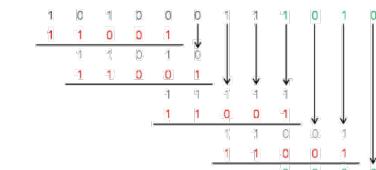
# Detección y corrección de errores

- Se usan técnicas de redundancia
  - Bits adicionales que se añaden a las tramas para detectar errores



bits de paridad,  
checksums,  
CRCs, etc.

Detectan si hay error,  
pero no dónde (que  
bit(s) son erróneos)



## Códigos detectores

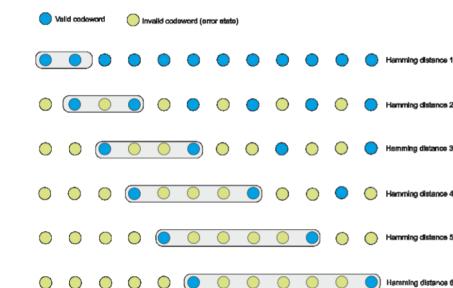
Tipos  
de  
códigos

códigos de Hamming

Añade demasiada  
información para corregir  
1 bit

A veces hace correcciones  
erróneas

## Códigos correctores



# Detección de errores

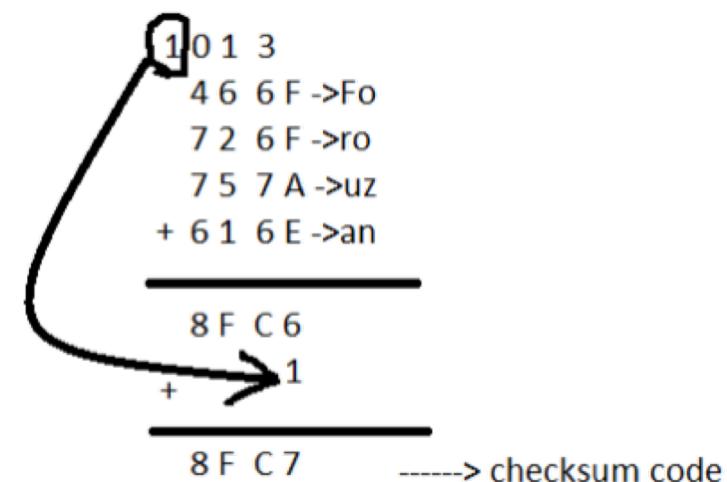
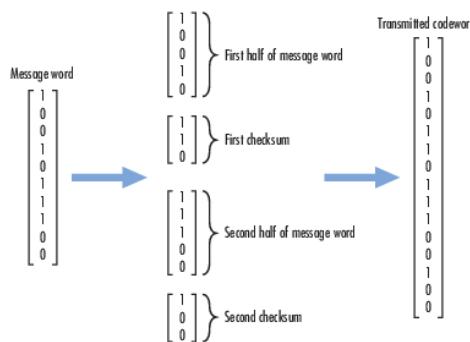
- Bits de paridad
  - Se añade un bit de paridad al final del bloque de datos
  - Dos tipos de paridad
    - Paridad par: el número total de unos ha de ser par
    - Paridad impar: el número total de unos ha de ser impar

1	0	1	0	0	1	0	1
Paridad							(par)

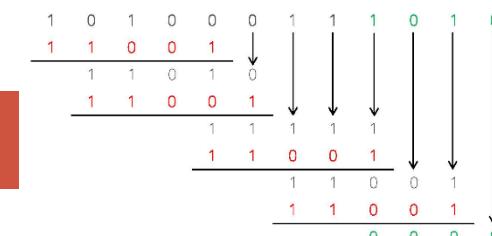
- Comprobación de paridad
  - Detecta errores de un bit (o un número impar de bits)
  - No detecta errores de pares de bits
  - Ejemplo de aplicación: código ASCII
    - 7 bits + 1 bit de paridad

# Detección de errores

- Sumas de comprobación (*checksum*)
  - Técnica general de detección de errores
  - Se suele aplicar cuando se reciben bloques de caracteres, en lugar de caracteres aislados
  - En la emisión y recepción
    - Se suma cada carácter al *checksum*
  - Al final de la emisión
    - El emisor envía el *checksum* al receptor, y éste lo comprueba con el suyo
  - Se suele usar más en la capa de transporte
    - Es un esquema simple
    - 16 bits en TCP y UDP



# Detección de errores



- Códigos redundantes cílicos
    - Se conocen como CRC (*Cyclic Redundancy Check*)
      - Se envían  $k$  bits de información +  $r$  bits redundantes
      - La trama de  $k+r$  bits ha de ser divisible por un número predeterminado
      - Si en el receptor la división tiene resto 0, se asume que no se ha producido ningún error
    - Los códigos CRC son particularmente interesantes porque su computación se puede realizar en hardware fácilmente



Cuando se Detecta un error los datos (la trama) se descarta en su totalidad y se debe de retransmitir

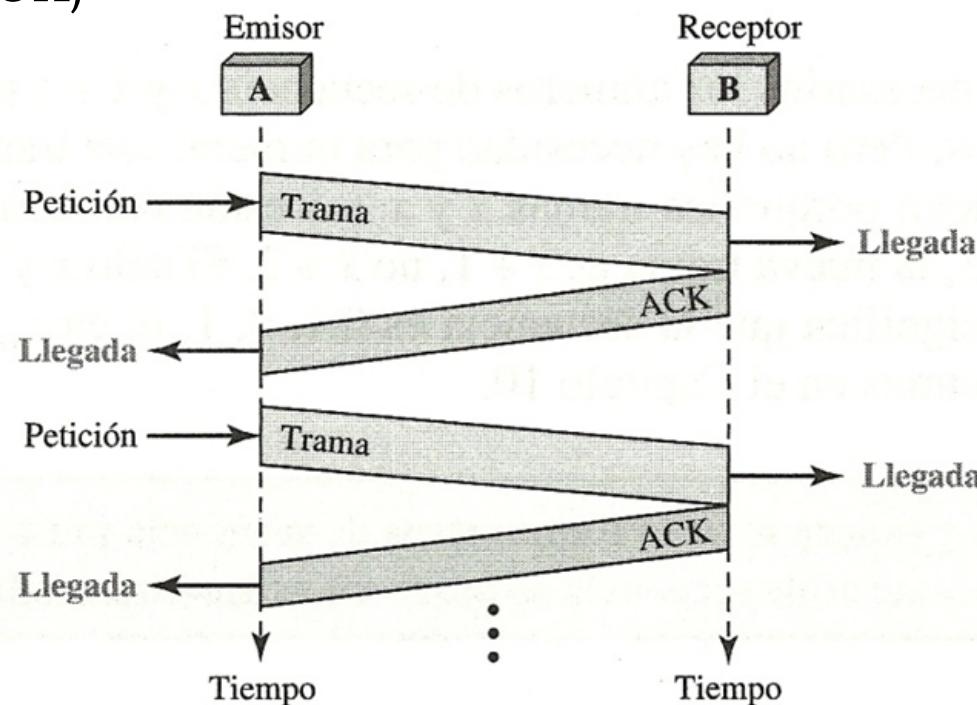
# Protocolos básicos

- Tres protocolos básicos
  - Protocolo de **parada y espera** (*stop-and-wait*)
  - Protocolo **Go-Back-N** (*Adelante- Atrás N*)
  - Protocolo de **repetición selectiva** (*selective repeat*)
- Estos protocolos se pueden usar:
  - A nivel de transporte (alto nivel)
  - A nivel de enlace (bajo nivel)
- Se diferencian en la *Eficiencia*
  - Medida que indica la proporción de tiempo necesario para enviar información útil ( $T_{envío\ útil}$ ) respecto al total requerido ( $T_{total}$ )
  - Lo ideal es una eficiencia de 1 (o del 100%)

$$\frac{T_{envío\ útil}}{T_{total}}$$

# Protocolo de parada y espera (Stop & Wait)

- Funcionamiento básico (control de flujo)
  1. Se transmite un segmento
  2. El receptor envía una confirmación
  3. El emisor no envía el siguiente segmento hasta que recibe la confirmación (ACK)



# Protocolo de parada y espera

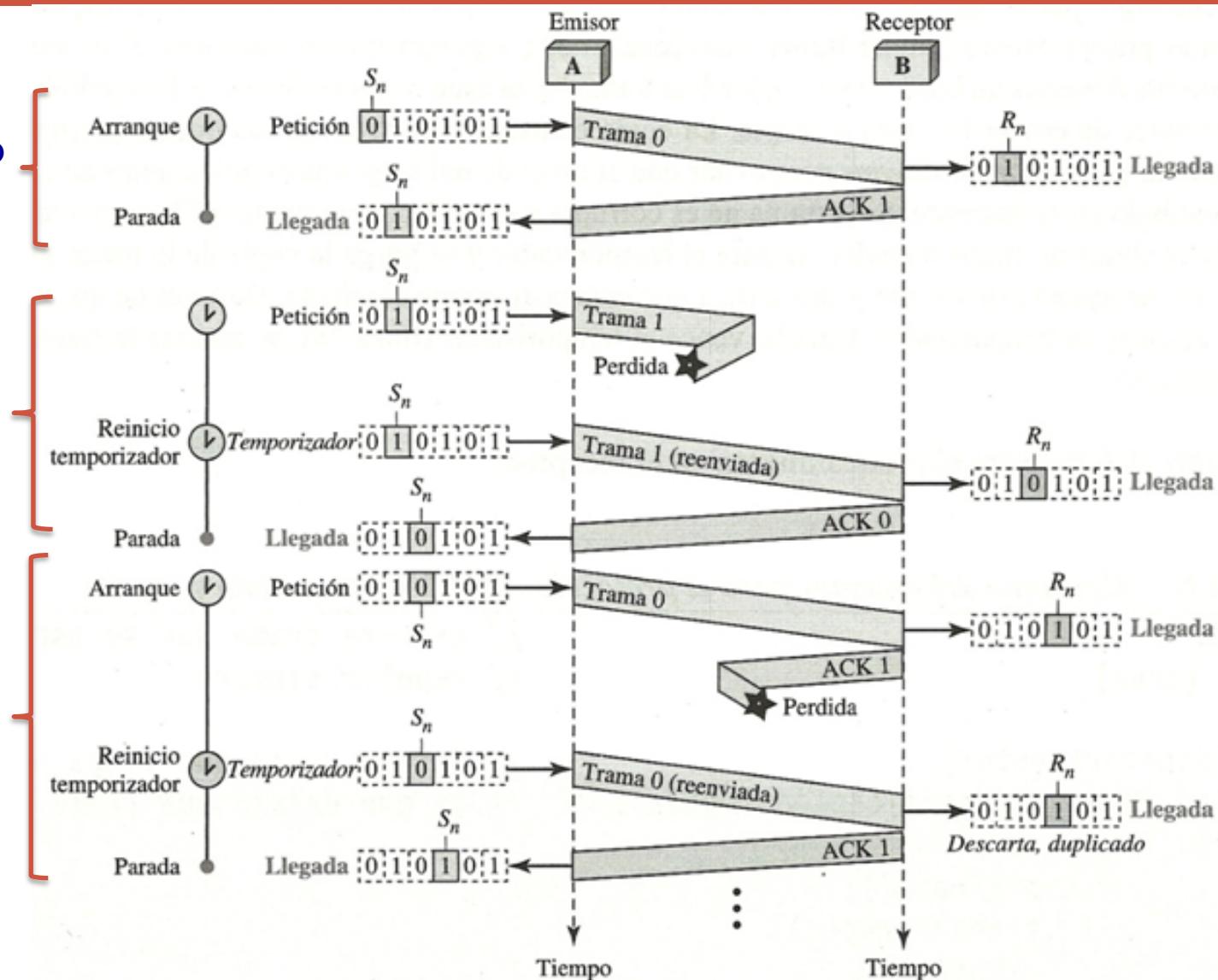
- Principales problemas en las comunicaciones:
  1. Pérdida de la trama enviada
  2. Pérdida de la confirmación (ACK)
- Detección y Soluciones
  1. **Temporizadores (timeout):**
    - Se activa cuando el emisor envía una trama.
    - Si se cumple el tiempo sin recibir confirmación -> Reenvía (**retransmisión**)
  2. **Numeración de tramas y confirmaciones positivas:**
    - Usa 1 bit (0 ó 1) para evitar la aceptación de la misma trama varias veces
    - Las tramas van numeradas (en secuencia 0 1)
    - La confirmación positiva (**ACK – acknowledge**) también se numera indicando la siguiente trama que espera recibir

# Protocolo de parada y espera

Funcionamiento normal

Pérdida de una trama

Pérdida de una confirmación



# Protocolo de parada y espera : Eficiencia

primer bit transmitido,  $t = 0$

último bit transmitido,  $t_{trans} = L / R$

**L:** tamaño del paquete  
**R:** velocidad de transmisión  
 **$t_{prop}$ :** tiempo de propagación  
 **$t_{trans}$ :** tiempo de transmisión

Ilega ACK, envía otro segmento

$$t = 2t_{prop} + t_{trans}$$

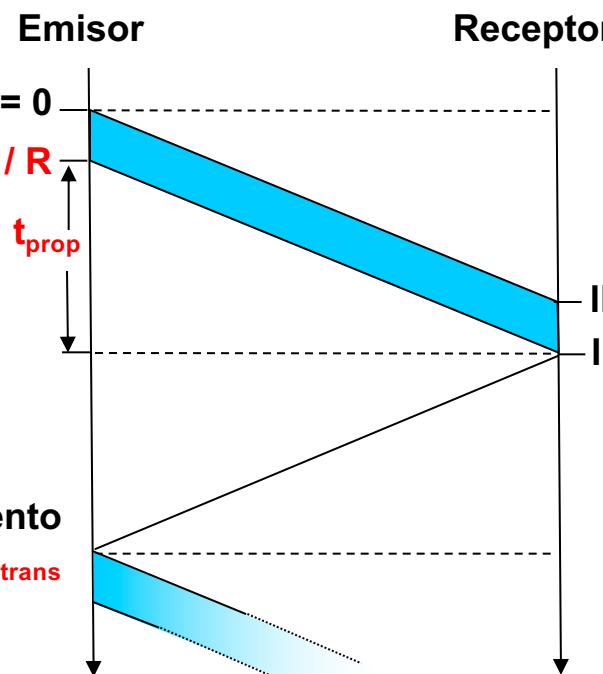
## Ejemplo:

**L:** 1000 bytes

**R:** 1 Gbps

**$t_{prop}$ :** 15 ms

Descartamos el tiempo de procesamiento y el tiempo de transmission del ack



## Eficiencia

Proporción de tiempo en el que se envía información útil

Ilega el primer bit

Ilega el último bit, envía ACK

1000 bytes = 8000 bits

1 Gbps =  $10^9$  bps

$$L/R = 8 \times 10^3 / 10^9 = 8 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$E_{\text{sender}} = \frac{t_{trans}}{2t_{prop} + t_{trans}} = \frac{.008 \text{ ms}}{30.008 \text{ ms}} = 0.00027$$

# Protocolo de parada y espera



## Ventajas

- Simple de implementar
- Eficiente si los mensajes son de gran tamaño ( $L$  grande)

## Inconvenientes

- Ineficiencia si usan mensajes pequeños
- No siempre los mensajes pueden ser de gran tamaño

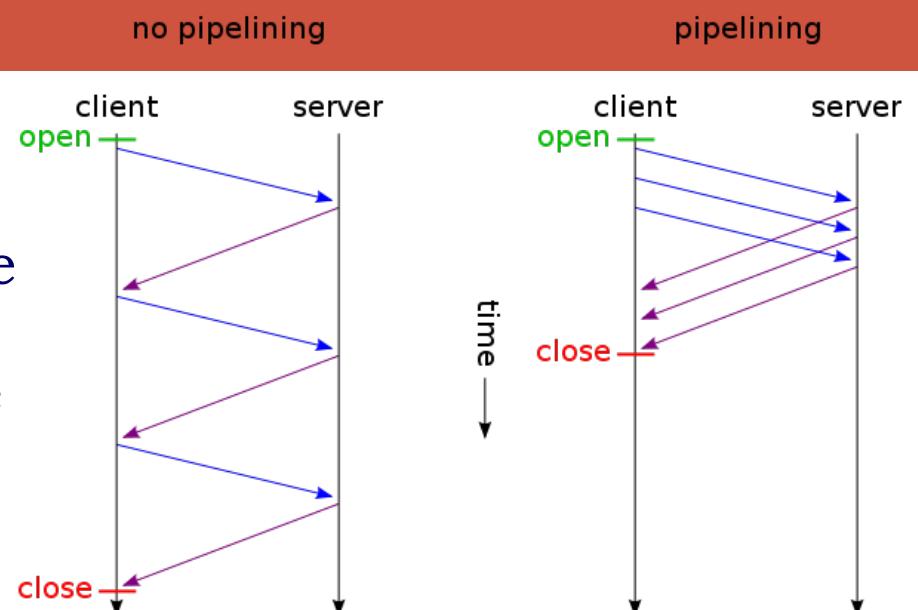


Entonces ... ¿Por qué no se envían mensajes grandes?

- Tamaño limitado de la memoria del receptor
- Si hay errores hay que retransmitir mucha información
- En medios de acceso múltiple la red no puede estar ocupada durante mucho tiempo

# Protocolo de parada y espera

- Alternativa de mejora: *pipelining*
  - Enviar más de un mensaje consecutivamente, sin esperar confirmaciones de los anteriores
- Consecuencias
  - El rango de los números de secuencia ha de ser ampliado
  - El receptor y/o el emisor han de usar buffers
- Dos técnicas básicas
  - Go-Back-N
  - SRP (*Selective Repeat Protocol*) – (variante Rechazo selectivo)
- Se basan en el concepto de **ventana deslizante**

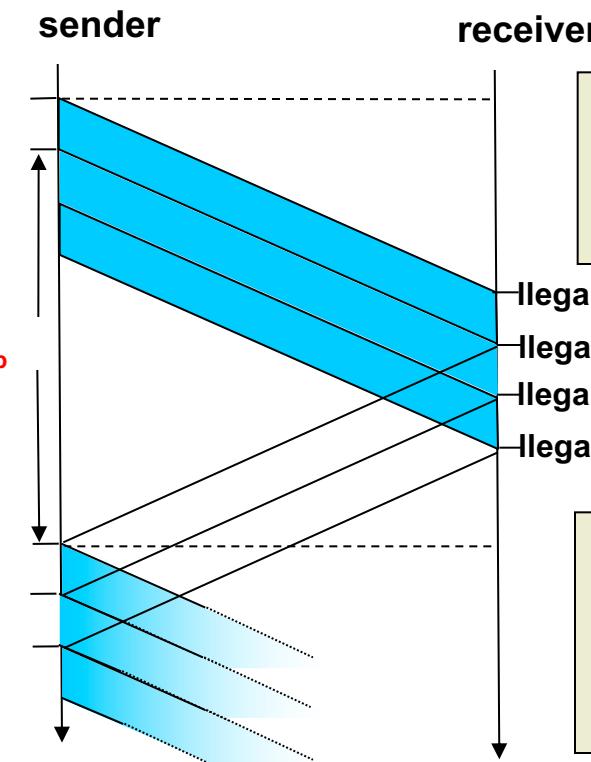


# Eficiencia del Pipelining

primer bit transmitido,  $t = 0$   
 último bit transmitido,  $t = L / R$

L: tamaño del paquete  
 R: velocidad de transmisión  
 $t_{prop}$ : tiempo de propagación  
 $t_{trans}$ : tiempo de transmisión

Ilega ACK, envía otro segmento  
 $t = 2t_{prop} + t_{trans}$



**Eficiencia**  
 Proporción de tiempo en el que se envía información útil frente al total

Ilega el primer bit  
 Ilega el último bit, envía ACK  
 Ilega el último bit del paquete 2. ACK  
 Ilega el último bit del paquete 3. ACK

**Ejemplo:**  
 L: 1000 bytes  
 R: 1 Gbps  
 $t_{prop}$ : 15 ms

**Consecuencia:**  
 Mejora en un factor de 3  
 (0,00027 en stop&wait)

$$E_{\text{sender}} = \frac{3 t_{trans}}{2 t_{prop} + t_{trans}} = \frac{.024 \text{ ms}}{30.008 \text{ ms}} = 0.0008$$

# Control de flujo por Ventana deslizante

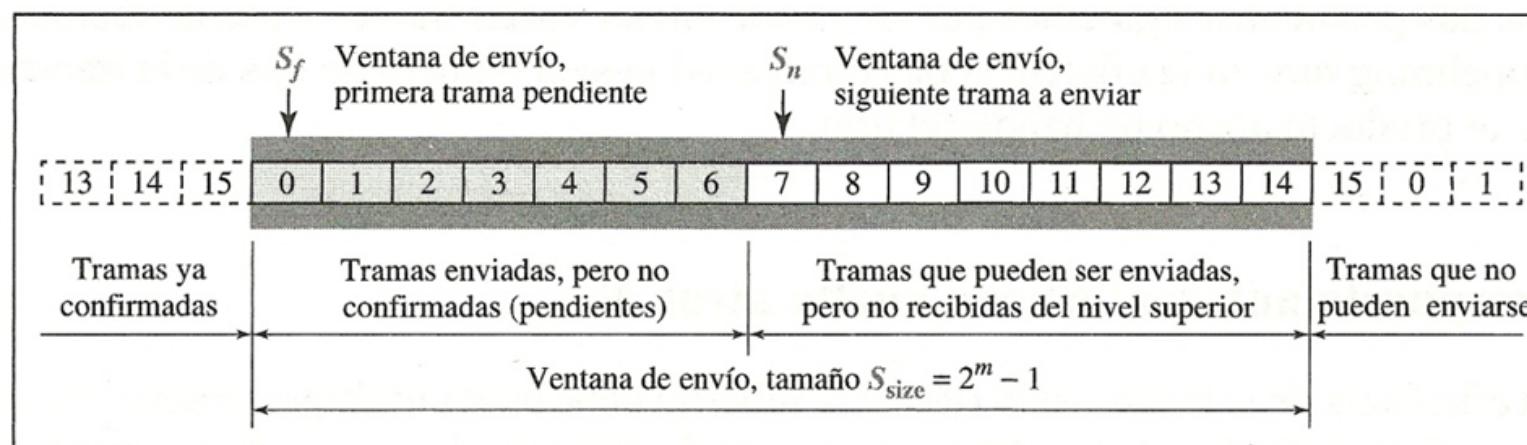
- Concepto de ventana:
  - Para el emisor
    - Una ventana (de emisión) es el conjunto de paquetes que se pueden enviar sin esperar confirmación

The diagram shows two horizontal arrays of 10 numbered slots (0-9). The top array has slots 0-6 highlighted in grey, representing the current window. An arrow points from the text 'La ventana se desplaza al recibir las confirmaciones' to slot 1, indicating the window moves right after receiving confirmation for the previous segment.
  - Para el receptor
    - Una ventana (de recepción) es el conjunto de paquetes que debe estar preparado para recibir en cualquier momento
- Los mensajes usan  $m$  bits para numerar los paquetes:
  - Mensajes numerados de  $[0, 2^m - 1]$
  - Máximo tamaño de ventana:  $2^m$

Nº de secuencia incluido  
en el mensaje

# Concepto de ventana deslizante

- Ejemplo:
  - $m = 4$  (bits) → Numeración: [0,15]
  - Tamaños de ventana posible: [1,16] → Tamaño de ventana elegido = 15

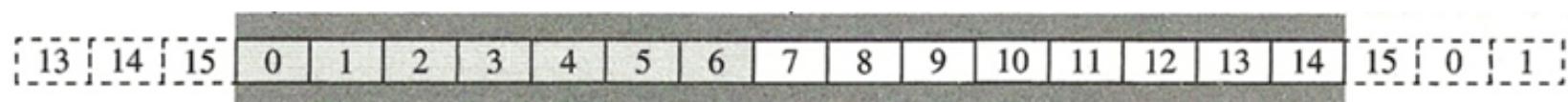


a. Ventana de envío antes de deslizar

- **Dentro** de la ventana de emisión puede haber:
  - Tramas enviadas no confirmadas
  - Tramas sin enviar
- A la izquierda de la ventana están las tramas enviadas y confirmadas
- A la derecha tramas que no se pueden enviar

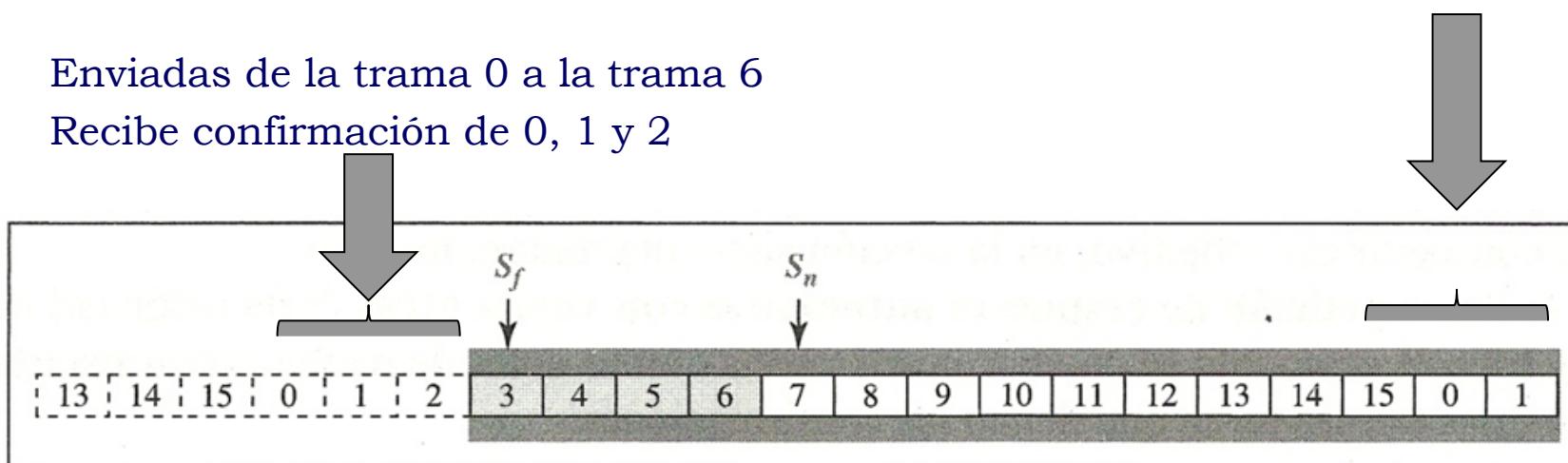
# Concepto de ventana deslizante

- Ejemplo:
  - $m = 4$  (bits)  $\rightarrow$  Numeración: [0,15]
  - Tamaños de ventana posible: [1,16]  $\rightarrow$  Tamaño de ventana elegido = 15



Enviadas de la trama 0 a la trama 6

Recibe confirmación de 0, 1 y 2



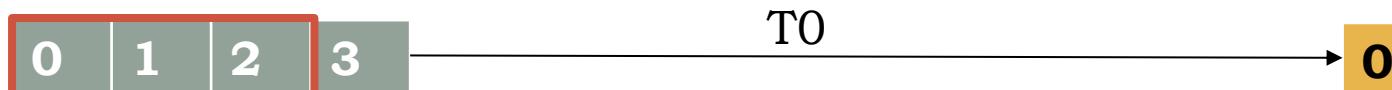
b. Ventana de envío después del deslizamiento

cuando se reciben confirmaciones la ventana se desplaza:

Las tramas 0, 1 y 2 salen de la ventana (enviadas y confirmadas), y entran las tramas 15, 0 y 1 en la ventana de emisión.

# Protocolo Go-Back-N

- Características
  - Permite al emisor tener múltiples paquetes sin confirmar, sin que el receptor tenga que almacenar los paquetes en un buffer (Tamaño de la ventana de envío  $< 2^m$ )
    - Si  $m=2 \rightarrow W < 4$ . Si  $m=3 \rightarrow W < 8$
  - El receptor sólo almacena el paquete que espera recibir (Tamaño de la ventana de recepción = 1)



- El receptor sólo confirma si recibe la trama indicada en su ventana. → ACK con el número de trama que espera recibir a continuación - **CONFIRMACIONES POSITIVAS**
  - En otro caso, no responde nada (no envía ningún mensaje)



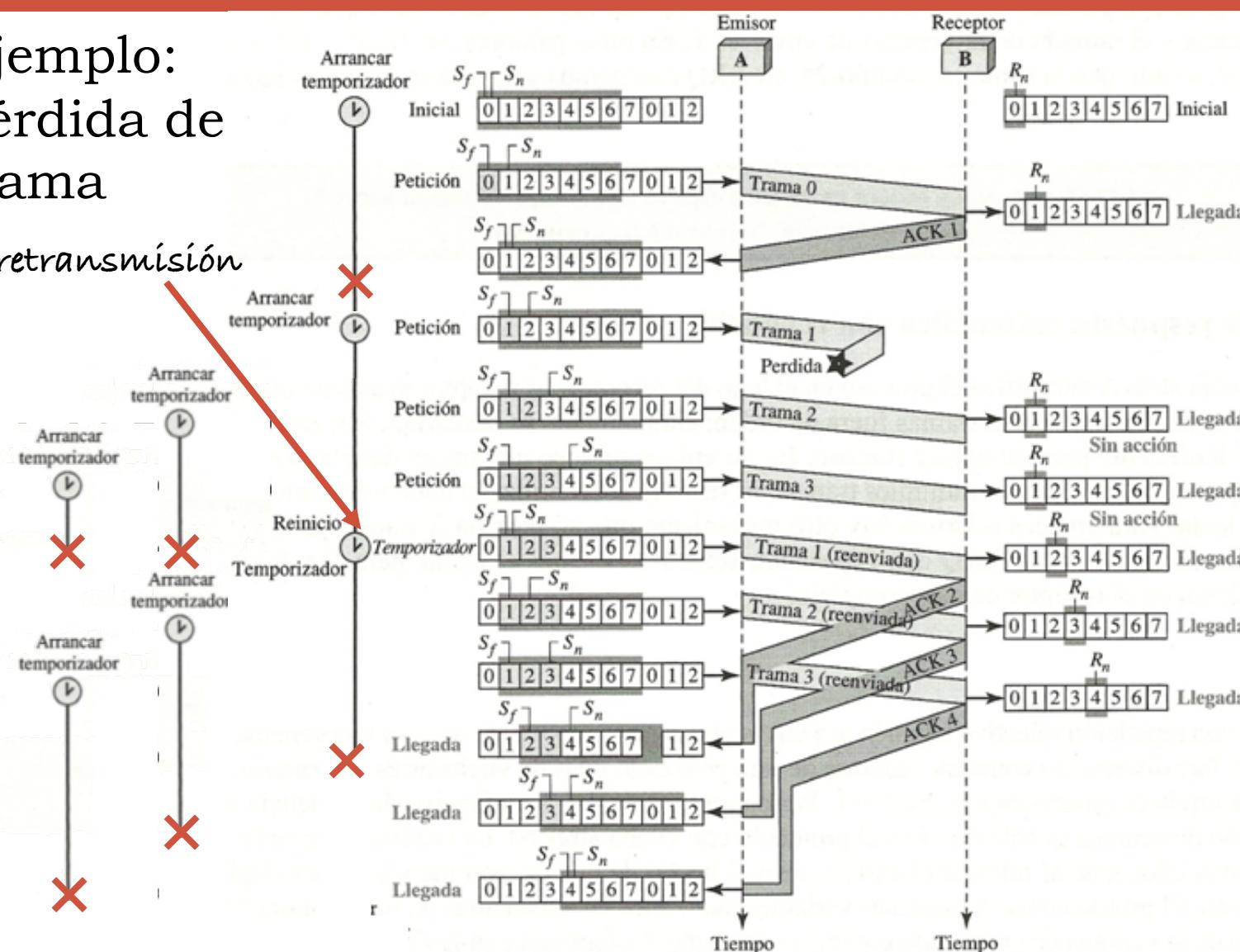
# Protocolo Go-Back-N

- Características
  - La recepción de un ACK con número de secuencia X permite al receptor confirmar todas las tramas pendientes con número de secuencia < X (**CONFIRMACIÓN ACUMULADA O ACUMULATIVA**)
  - Control de errores
    - Pérdida de tramas de datos
      - Uso de temporizadores en el emisor.
      - Cuando se cumple sin haber recibido la confirmación positiva se reenvían (RETRANSMISIÓN) TODAS las TRAMAS DE DATOS pendientes de confirmación
    - Pérdida de ACK
      - El siguiente ACK realiza la misma función (confirmar) (ACUMULATIVOS)
    - Más eficiente que parada y espera

# Protocolo Go-Back-N

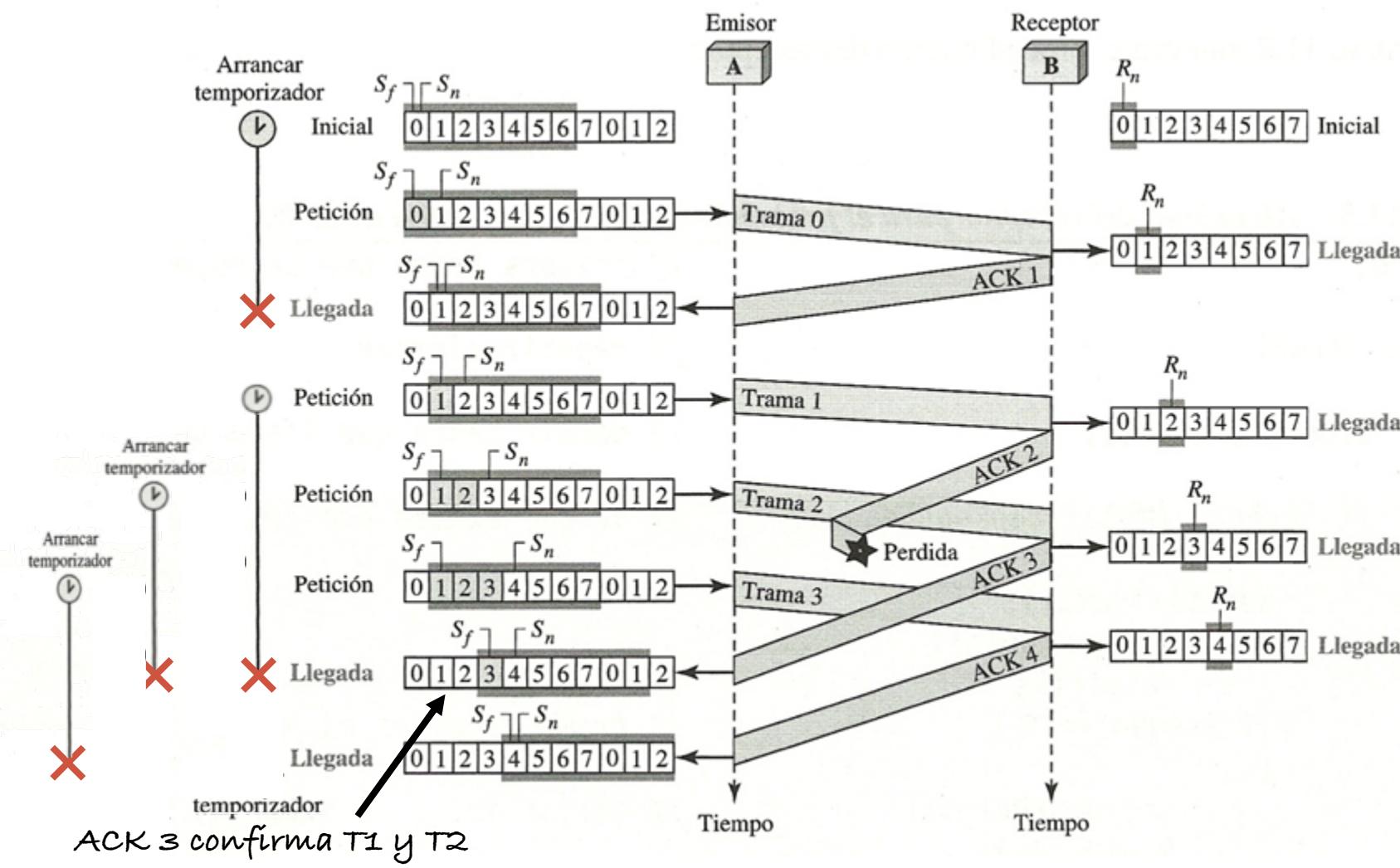
- Ejemplo:  
pérdida de trama

retransmisión



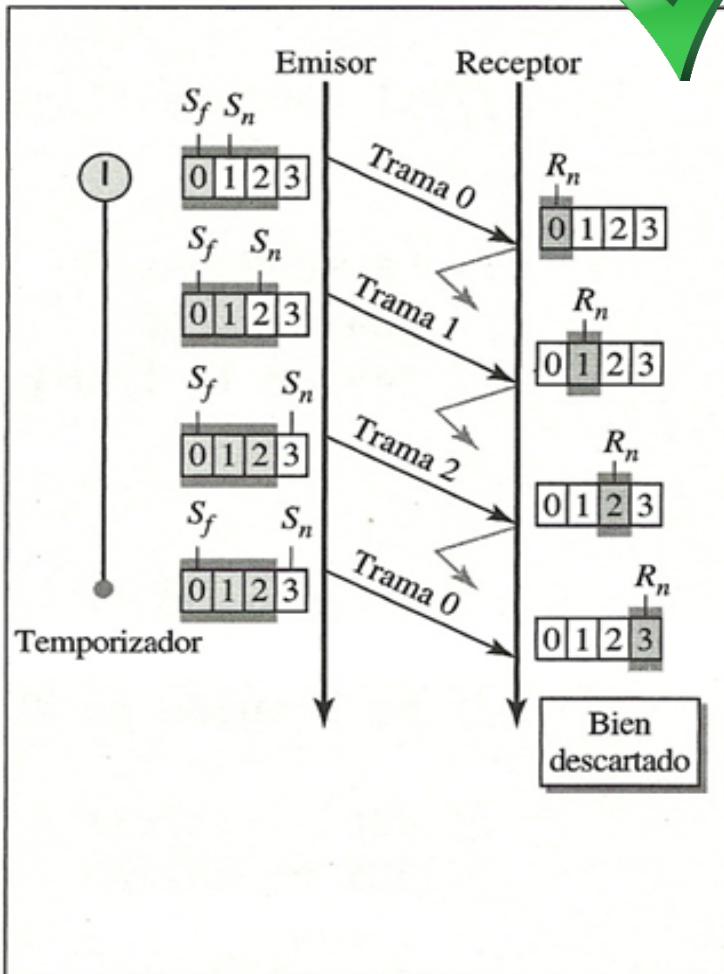
# Protocolo Go-Back-N

- Ejemplo: pérdida de confirmación



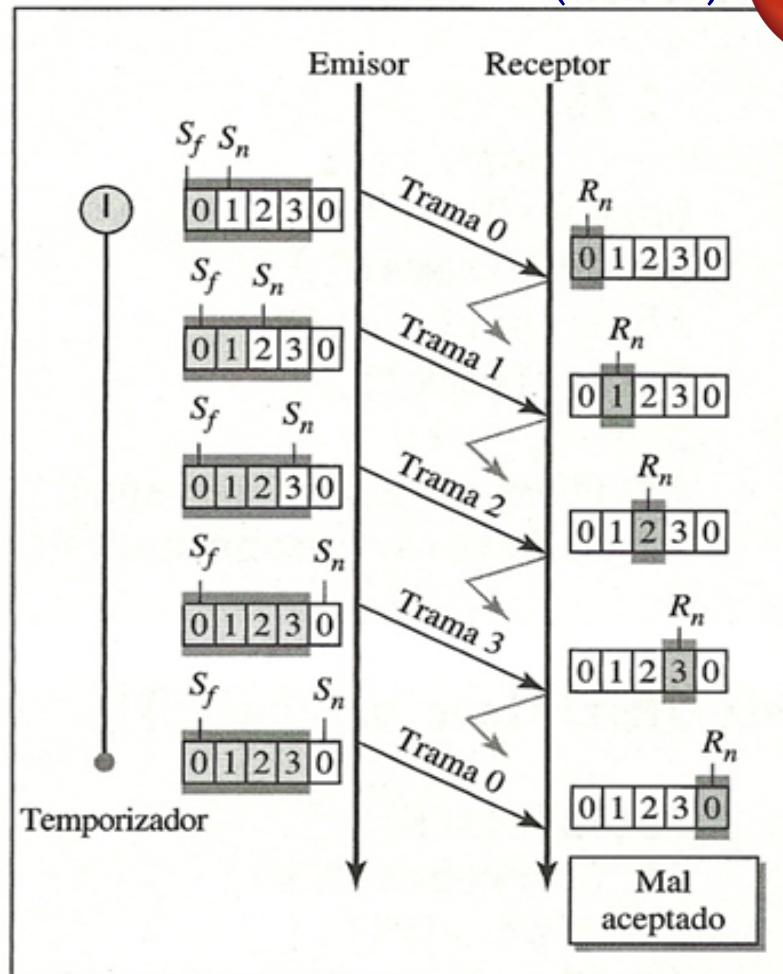
# Numeración y tamaño de las ventanas ( $m=2^m$ )

Go-Back-N ( $< 2^m$ )



a. Tamaño de ventana  $< 2^m$

Go-Back-N (=  $2^m$ )



b. Tamaño de ventana =  $2^m$



## Protocolo de repetición selectiva

- SRP (*Selective Repeat Protocol*)
  - Más eficiente que parada y espera y Go-Back-N
  - **Sólo** se retransmiten aquellas **TRAMAS NO CONFIRMADOS**
    - Pero las tramas pueden llegar fuera de orden
  - En el emisor
    - Es necesario un buffer para almacenar las tramas no confirmados (Tamaño máximo ventana de envío:  $2^{m-1}$ )
      - $m= 2 \rightarrow w$  máx.  $2^{2-1} = 2$
      - $m= 3 \rightarrow w$  máx.  $2^{3-1} = 4$
      - $m= 4 \rightarrow w$  máx.  $2^{4-1} = 8$
    - Reenvía tramas **a petición del receptor** o por temporizador (uno por trama)

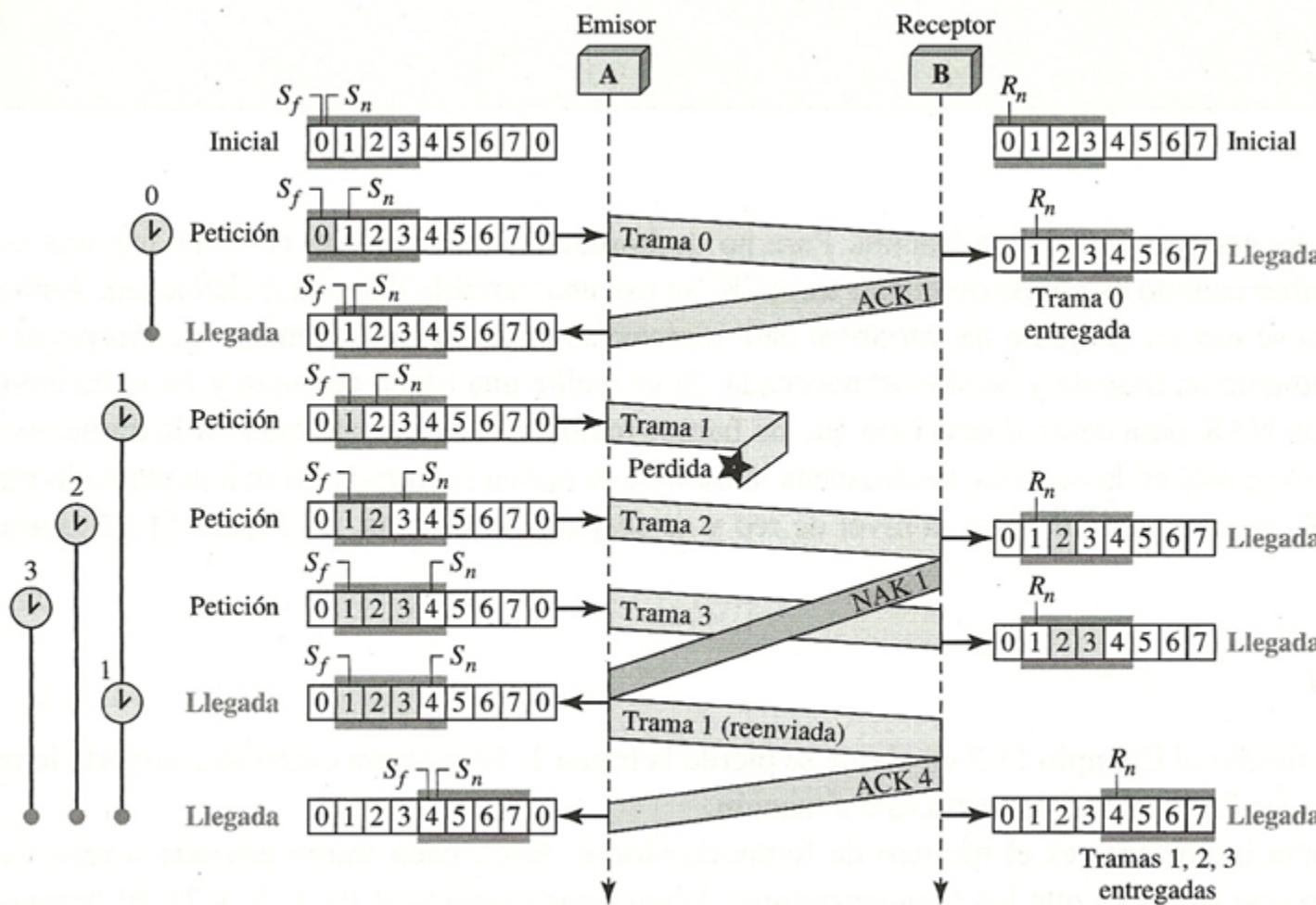
# Protocolo de repetición selectiva

- SRP (*Selective Repeat Protocol*)
  - **Sólo** se retransmiten aquellas **TRAMAS NO CONFIRMADOS**
  - En el emisor
    - Es necesario un buffer para almacenar las tramas no confirmados (Tamaño máximo ventana de envío:  $2^{m-1}$ )
    - Reenvía tramas a petición del receptor o por temporizador (uno por trama)
  - En el receptor
    - Es necesario un buffer para almacenar las tramas que llegan fuera de orden (Tamaño máximo ventana de recepción:  $2^{m-1}$ )
    - Si recibe una trama fuera de orden, envía una petición de repetición (NAK, **confirmación negativa**) con la que esperaba recibir
    - **Confirmación (POSITIVA) ACUMULATIVA**
    - Reenvía tramas a petición del receptor o por temporizador (uno por trama)



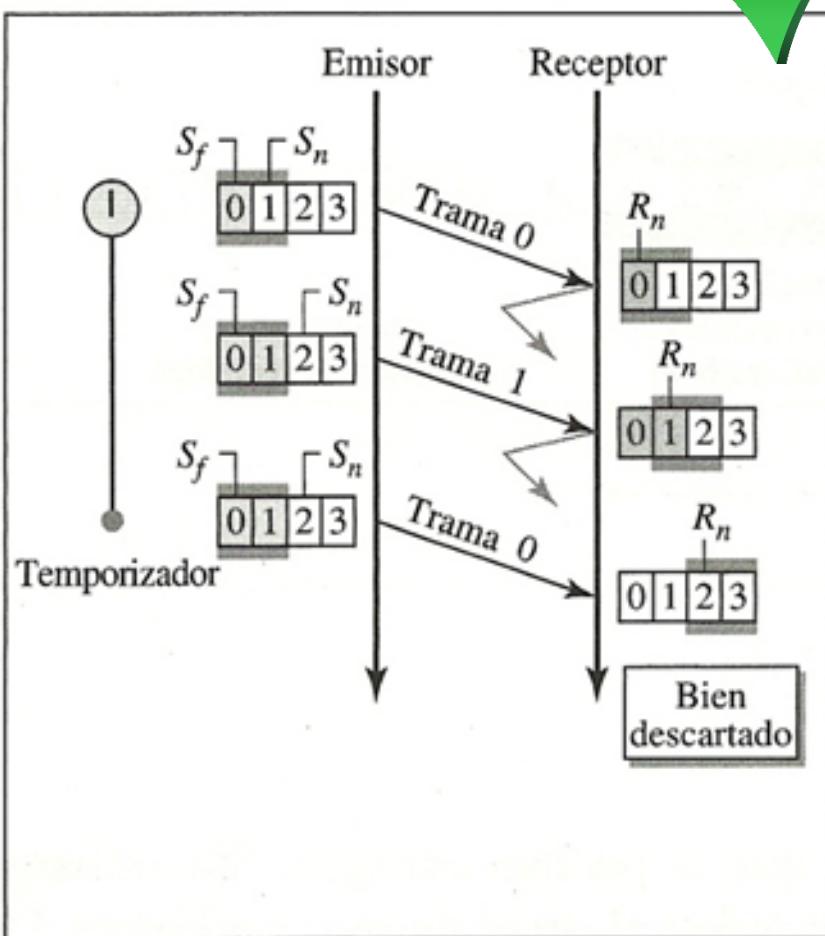
# Protocolo de repetición selectiva

- Ejemplo de uso de repetición selectiva



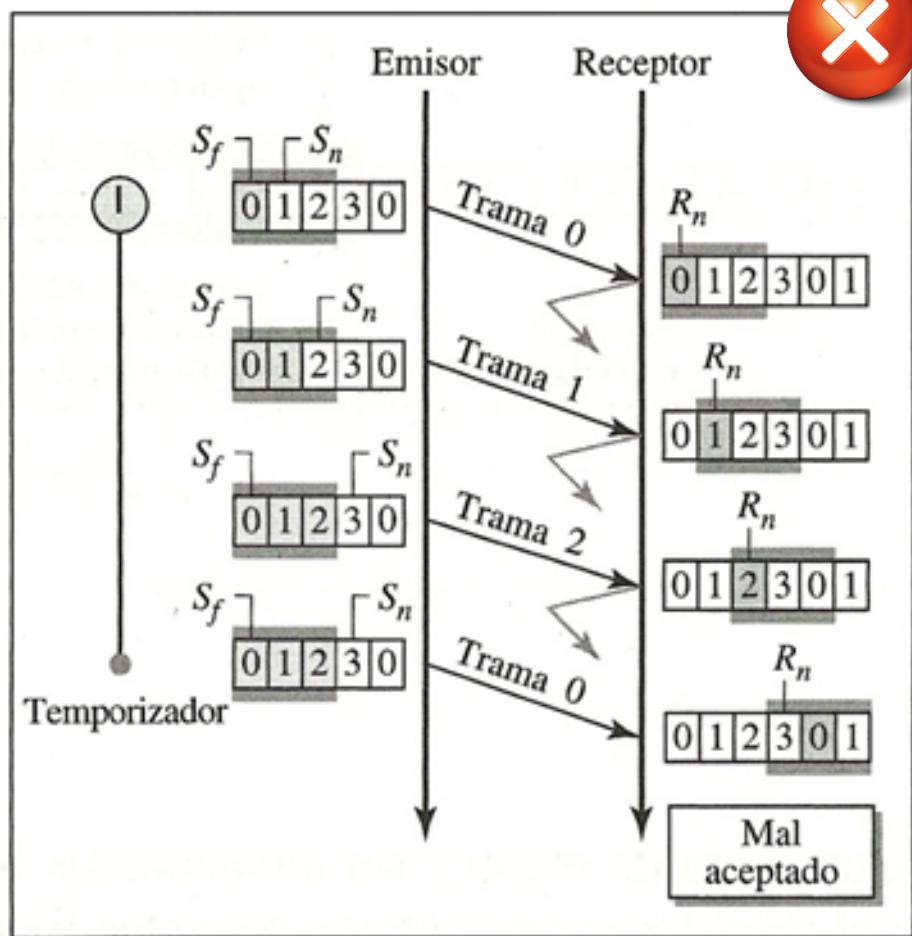
# Numeración y tamaño de las ventanas ( $m=2$ )

Repetición selectiva ( $\leq 2^{m-1}$ )



a. Tamaño de ventana =  $2^{m-1}$

Repetición selectiva ( $> 2^{m-1}$ )



b. Tamaño de ventana >  $2^{m-1}$

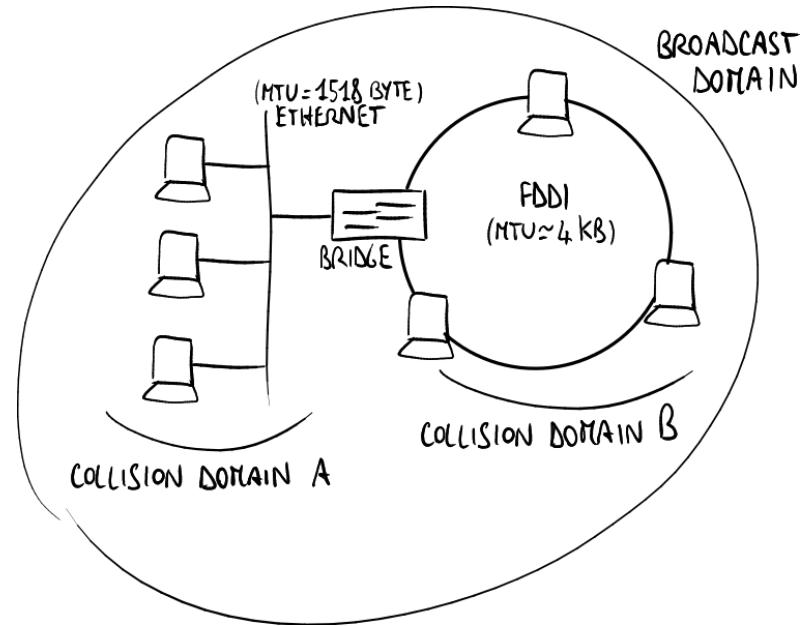
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

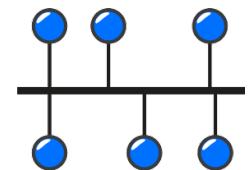
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



- Redes de Acceso Múltiple con Detección de Portadora (Ethernet)
- Redes de Paso de Testigo (FDDI)
- Redes Inalámbricas (WiFi y Bluetooth)

# REDES DE ACCESO MÚLTIPLE

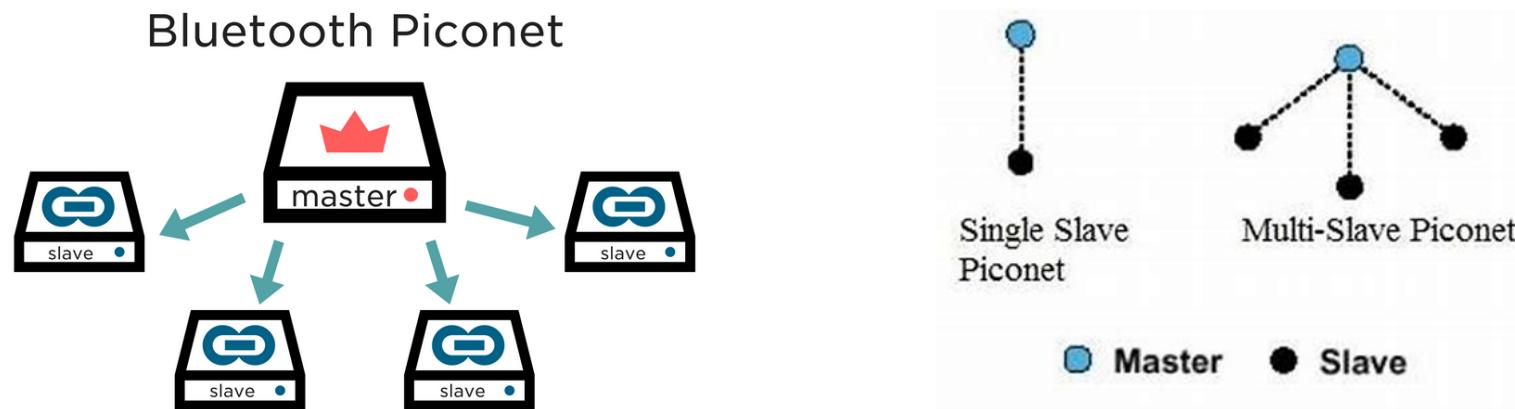


# Protocolos de acceso multiple para control de acceso al medio

- En las redes de área local
  - No se suelen usar enlaces punto a punto, sino enlaces multipunto, acceso múltiple o de difusión
  - Es necesario un protocolo que controle el acceso de las estaciones conectadas a ese enlace compartido
- El control de los accesos a un medio compartido lo lleva a cabo un protocolo MAC (Medium Access Control)
- Dos tipos de control de acceso
  - Una de las estaciones se encarga de controlar el acceso, siempre la misma
    - Centralizado
  - Todas las estaciones se encargan de controlar el acceso
    - Descentralizado/Distribuido

# Protocolos de acceso al medio centralizados

- Ventajas de un control centralizado
  - Mayor control de los accesos
  - Lógica de acceso relativamente sencilla
  - Evita problemas de coordinación distribuidos
- Inconvenientes: poca tolerancia a fallos, cuellos de botella
- Ejemplo: Acceso en Redes Bluetooth (IEEE 802.15)



## Asignación del enlace

Dos formas de asignar el enlace

### Estática

### Dinámica

Tres categorías de asignación dinámica

Se dedica una capacidad dada a cada conexión

Válido en conmutación de circuitos (TDM y FDM)

No óptimo en LANs (comunicación impredecible)

Para responder a solicitudes inmediatas

Round robin  
(rotación circular)

Reserva

Competición

## Características de los protocolos de control de acceso al medio compartido

Qué estación decide

¿Dónde se asigna el enlace?

¿Cómo se asigna el enlace?

Estrategia de asignación del enlace a estaciones

Centralizado

Distribuido/Descentralizado

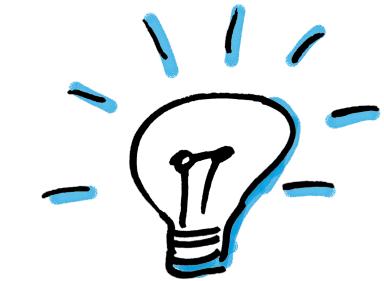
Asignación estática

Asignación dinámica

Rotación circular

Reserva

Competición



## Protocolos de control de acceso múltiple

EN LANS y PANS con enlace compartido

Acceso aleatorio  
Estrategia por competición

Aloha

CSMA/CD (IEEE 802.3)

CSMA/CA (IEEE 802.11)

Adaptativo bajo demanda  
Estrategia Round Robin

Paso de testigo

Reserva

Bus

Anillo

IEEE 802.4

IEEE 802.5

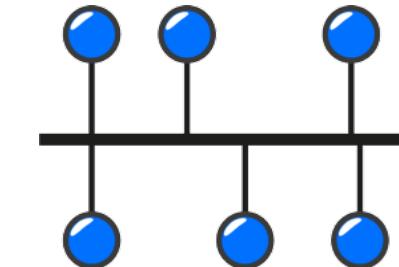
FDDI

Acceso Controlado

Estrategia Reserva estática

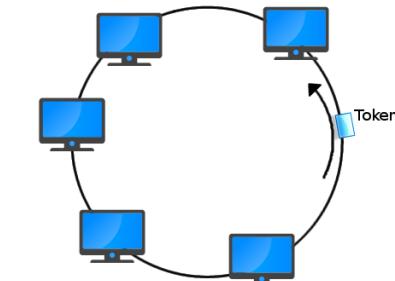
TDM (Time Division Multiplexing)

FDM (Frequency Division Multiplexing)



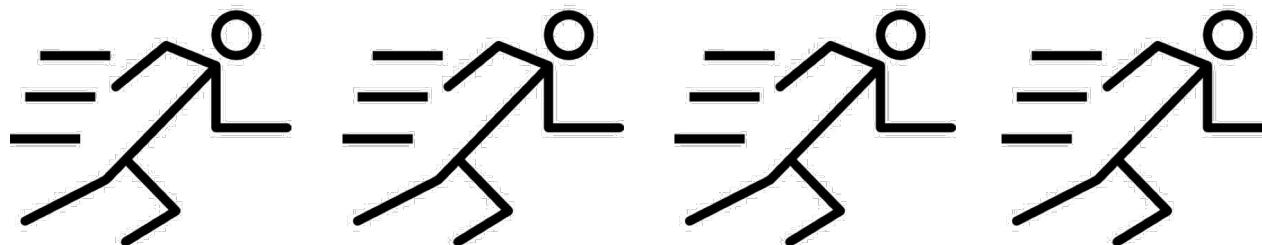
# Asignación del enlace

- Estrategia *Rotación Circular (Round robin)*
  - Cada estación tiene un turno u oportunidad para transmitir, que puede ser utilizada o no
    - En cualquier caso, el turno pasará a la siguiente estación
  - El control puede ser centralizado o distribuido
    - Un método centralizado es el sondeo (*polling*)
    - Un método distribuido es el paso de testigo (*token passing*)
  - Es un método adecuado cuando varias estaciones tienen que transmitir datos durante largos períodos de tiempo



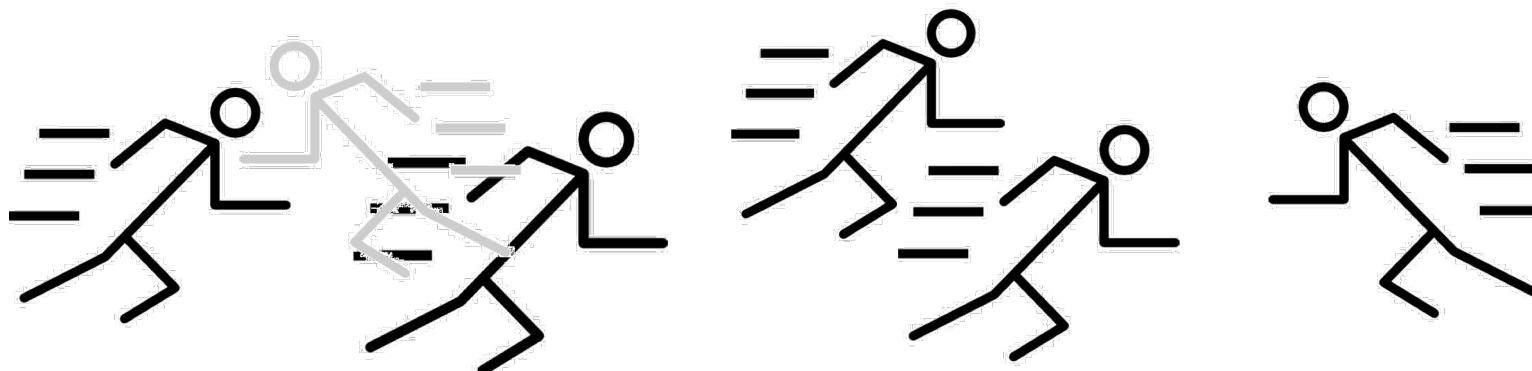
# Asignación del enlace

- Estrategia de reserva
  - El tiempo se divide en intervalos de tiempo discretos
    - Como en TDM
  - Cuando una estación quiere transmitir
    - Reserva intervalos de tiempo para un largo período
  - Técnica válida para tráfico continuo



# Asignación del enlace

- Estrategia de competición
  - Todas las estaciones compiten por acceder al medio
    - Puede haber colisiones
  - Son técnicas de naturaleza descentralizada
  - Técnica válida para tráfico a ráfagas
  - Tienden a deteriorar las prestaciones en condiciones de alta carga



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



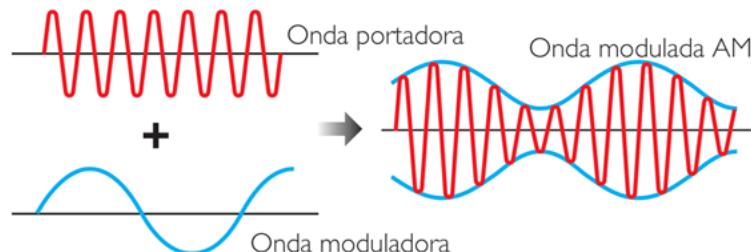
# REDES DE ACCESO MÚLTIPLE CON DETECCIÓN DE PORTADORA (ETHERNET)



# Detección de portadora

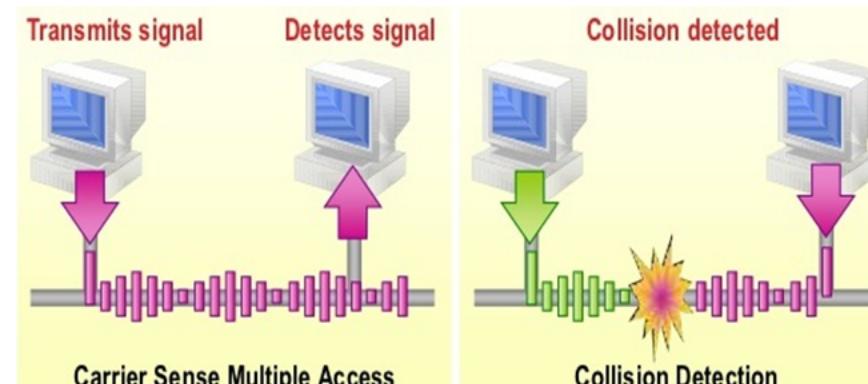
- En las redes cuya estrategia es el acceso por competición pueden existir colisiones
  - Una colisión se produce cuando dos tramas se transmiten simultáneamente por el mismo enlace (las señales se superponen)
  - Las colisiones son detectables (directa o indirectamente)
  - Una trama que colisiona debe ser retransmitida
- **Detección de portadora (carrier sense)**
  - Consiste en detectar la señal portadora, antes de transmitir para determinar si el enlace esta en uso o no antes de enviar

Sin detección de portadora las estaciones transmiten libremente y después comprueban si la transmisión tuvo éxito



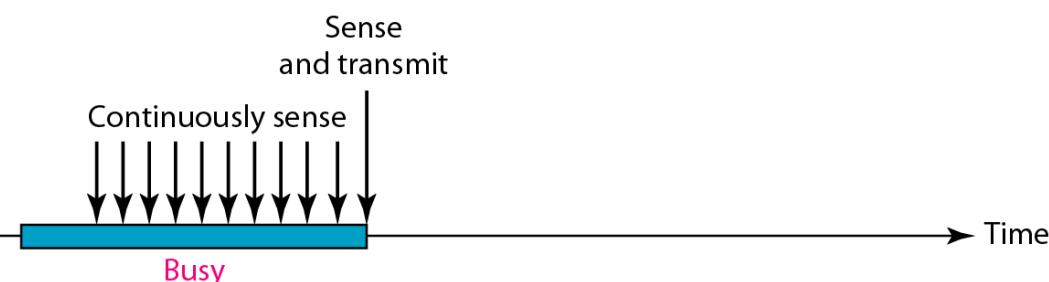
## Protocolos de Acceso Múltiple basados en Detección de Portadora

- Técnica se denomina CSMA
  - *Carrier Sense Multiple Access*
  - Se basa en que, **antes de transmitir**, las estaciones escuchan el enlace para detectar si hay alguien transmitiendo
- Existen diversas variantes
  - CSMA 1-persistente
  - CSMA no persistente
  - CSMA p-persistente
  - CSMA-CD (Collision Detection – Detección de colisión)

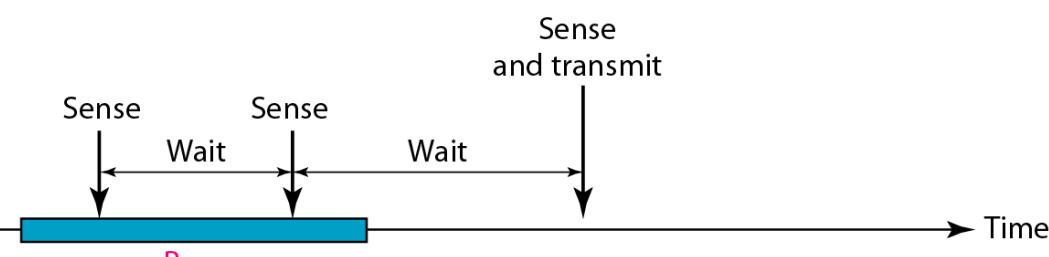


Se diferencian en el comportamiento de la estación emisora cuando detecta el enlace libre

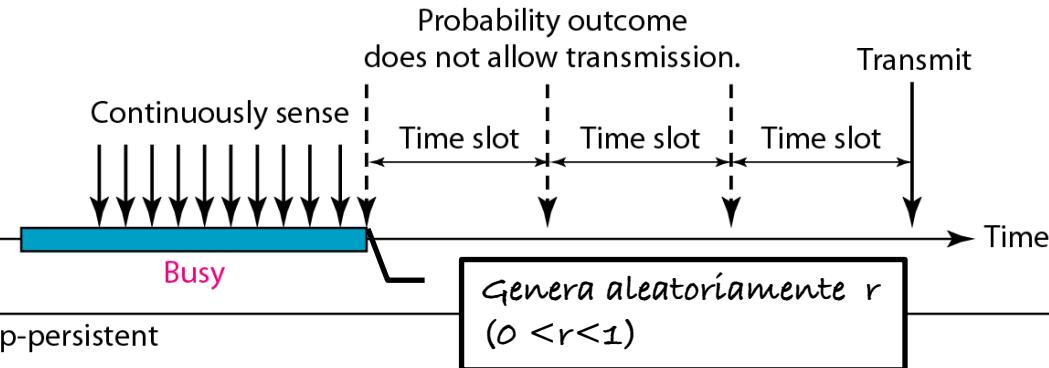


CSMA 1-persistent

a. 1-persistent

CSMA no-persistent

b. Nonpersistent

CSMA p-persistent

c. p-persistent

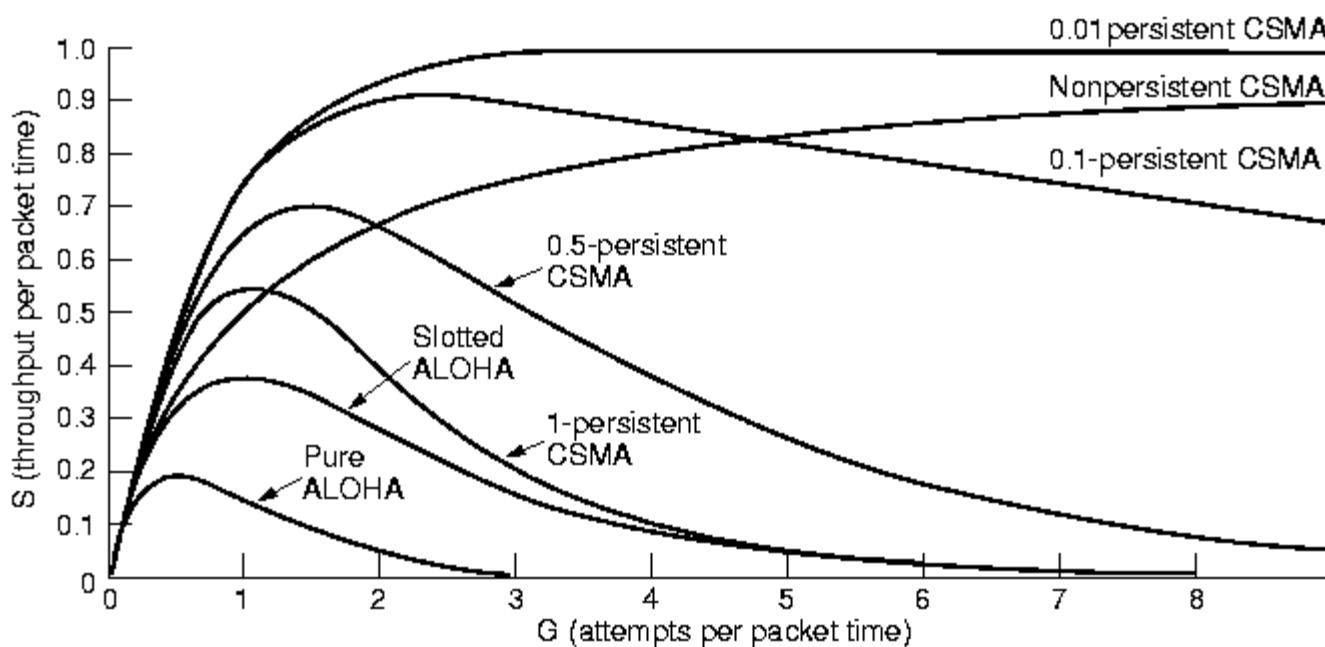
- Cuando se va a transmitir
- Si el canal está ocupado la estación espera hasta que esté libre comprobando continuamente si esta libre
- Si el canal está libre, transmite
- Si se detecta colisión → La estación espera un tiempo aleatorio y empieza de nuevo

- Cuando se va a transmitir
- Si el canal está ocupado la estación espera un tiempo aleatorio antes de volver a detectar si está libre
- Si el canal está libre, transmite
- Intenta evitar que si una estación transmite y dos o más esperan, éstas empiecen a transmitir justo a la vez

- Se usa cuando el tiempo se divide en intervalos (*slots*)
- Cuando se va a transmitir
- Si el canal está libre, se transmite con una probabilidad  $p \rightarrow$  Si  $r \leq p$  transmite
  - Se espera al siguiente intervalo con una probabilidad  $q = (1 - p)$

# Protocolos basados en CSMA

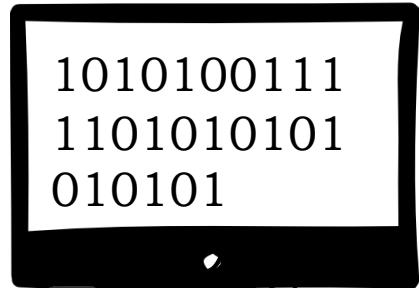
- Gráfico de eficiencia



# Protocolos basados en CSMA

- CSMA-CD
  - *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*
  - Se basa en que las estaciones abortan la transmisión tan pronto como detectan una colisión
    - En los protocolos anteriores las tramas se transmiten enteras
- Funcionamiento
  - Cuando se quiere transmitir
    - Si el canal está libre, se transmite
    - Si el canal está ocupado, se espera hasta que esté libre (1-persistencia)
  - Si se detecta colisión
    - Se transmite una señal corta de interferencia para informar al resto de estaciones (señal de **jamming**)
    - Y se espera un tiempo aleatorio antes de empezar de nuevo

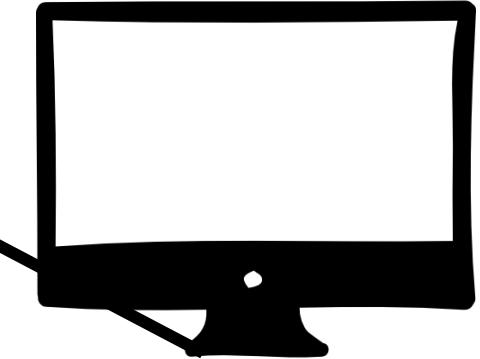
# ¿cómo se detecta una Colisión?



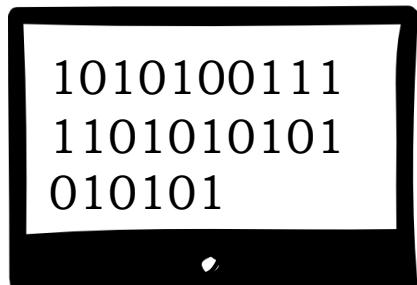
Mientras  
envía,  
compara ...

10011110101010101010101

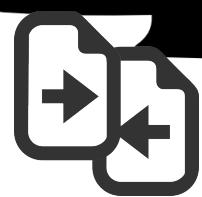
Si ambas señales  
son las mismas no  
ha habido  
colisión...



# ¿cómo se detecta una Colisión?

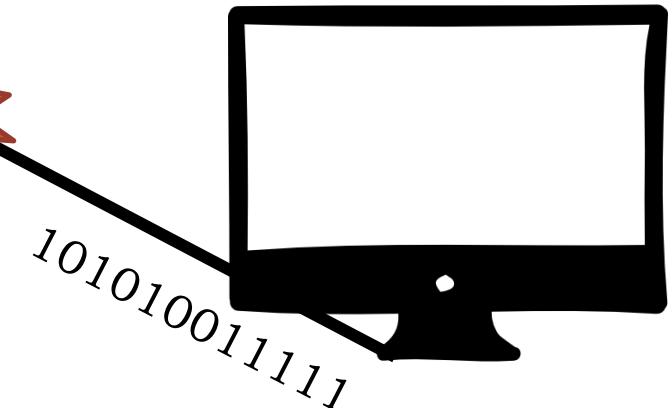
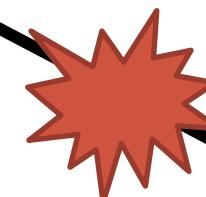


Si otra estación  
también envía



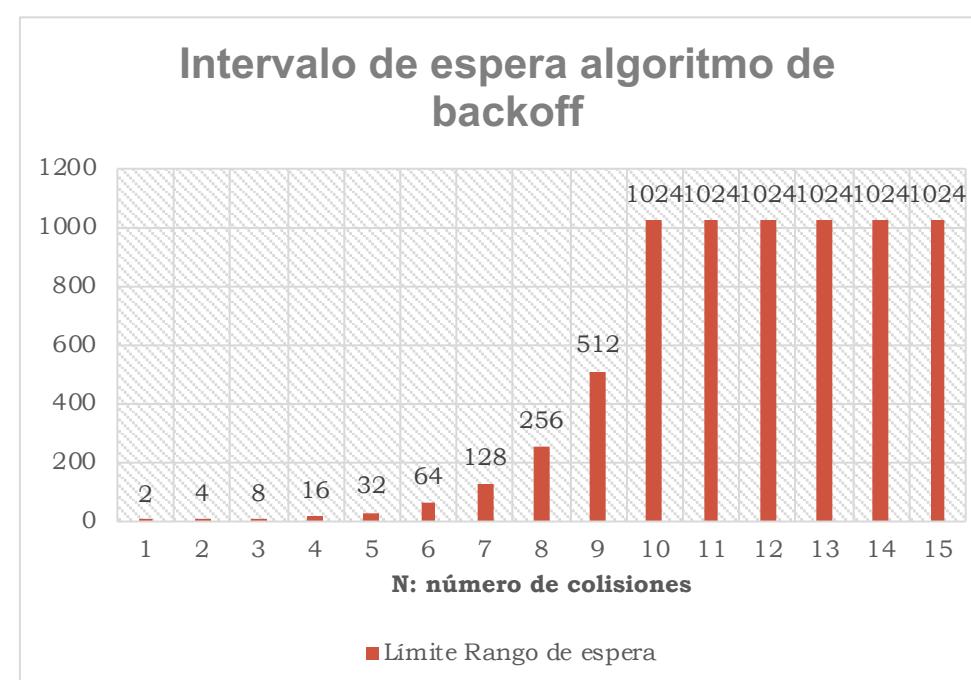
10011110101010101010101

Las señales se  
mezclarán, y  
detectará la  
colisión...



# Protocolos basados en CSMA

- CSMA-CD: Algoritmo de retroceso exponencial binario (Backoff)
  - Se utiliza para definir las esperas en caso de colisión
  - Si el paquete ha colisionado  $n < 16$  veces seguidas
    - El nodo selecciona un número aleatorio  $k$  con igual probabilidad del conjunto  $\{0,1,2,3,\dots 2^m-1\}$ , donde  $m:=\min[10,n]$
    - El nodo espera  $512 \cdot k$  tiempos de bit (a 10 Mbps, 1 tiempo de bit es  $10^{-7}$  segundos)
    - Si  $n = 16$ , se abandona la transmisión



# Protocolos basados en CSMA

- CSMA-CD: Algoritmo de retroceso exponencial binario
- Análisis
  - Si hay pocas colisiones, la espera es pequeña
  - Si hay muchas colisiones, espera razonable que crece poco a poco
  - Si el tiempo de espera fuera fijo y muy grande
    - Pocas colisiones, pero las que hay introducen mucho retraso
  - Si el tiempo de espera fuera fijo y pequeño
    - Muchas colisiones
- Consecuencia
  - Las tramas deben ser lo suficientemente largas para que se detecte una colisión antes de que finalice la transmisión
  - En caso contrario, las prestaciones son las mismas que CSMA

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



#### IEEE 802 STANDARDS

**802.1** Covers network management, etc.

**802.2** Specifies the data link layer for the following access methods...

<b>802.3</b>	<b>802.4</b>	<b>802.5</b>	<b>802.6</b>
CSMA/CD Ethernet	token bus	token ring	DQDB MAN

<b>802.3u</b>
CSMA/CD Fast Ethernet

<b>802.3z</b>
CSMA/CD Gigabit Ethernet

<b>802.3ae</b>
10 Gigabit Ethernet

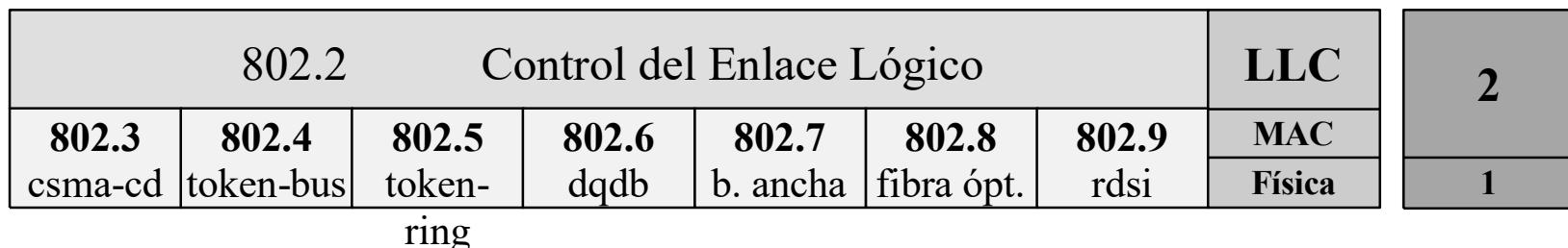
<b>802.12</b>
Demand priority 100VG - AnyLAN

# REDES DE ÁREA LOCAL IEEE 802

# Redes de área local IEEE 802

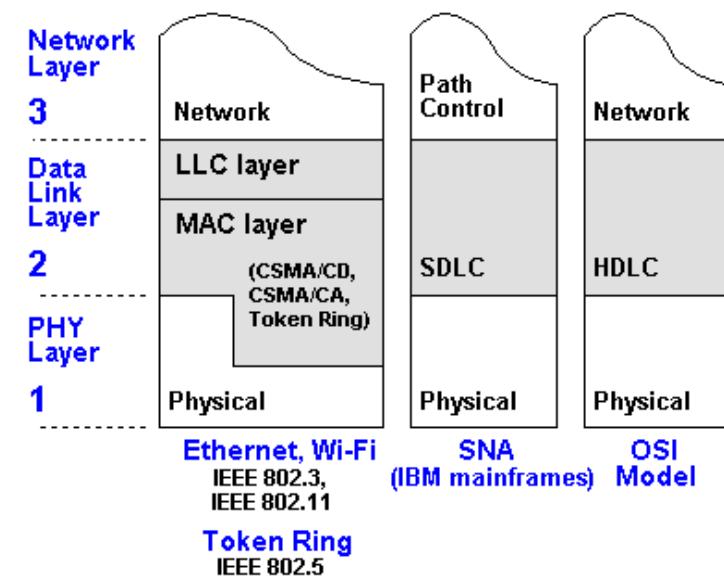
- El estándar IEEE 802

**IEEE 802.x**



## – MAC (*Medium Access Control*)

- Control de Acceso al Medio
- LLC (*Logical Link Control*)
  - Control del Enlace Lógico

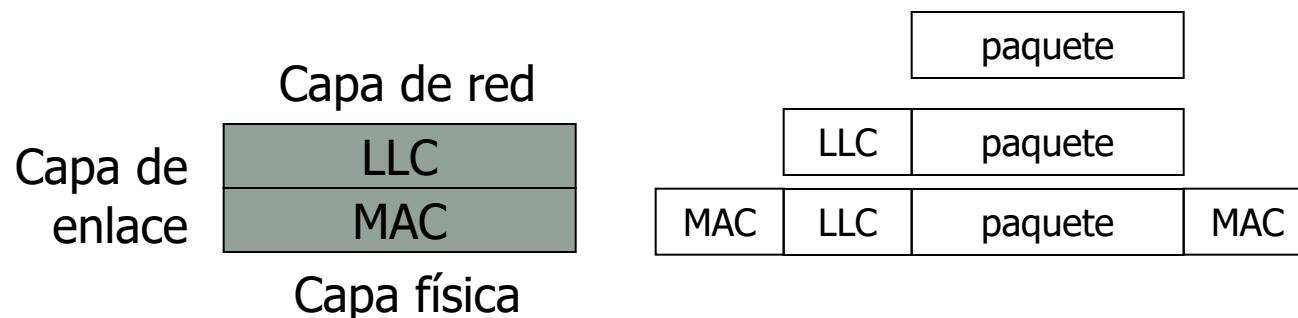


# Redes de área local IEEE 802

- En el estándar IEEE 802
  - El protocolo MAC regula el acceso al canal dando a cada nodo la posibilidad de transmitir sus paquetes
  - El protocolo LLC proporciona los servicios de transmisión de paquetes entre nodos
    - Un mismo LLC puede residir sobre distintos protocolos MAC
  - Las LANs especificadas por el estándar IEEE 802 son compatibles en los niveles superiores a LLC
  - Se diferencian en la capa física (características del equipo de transmisión) y en el protocolo MAC

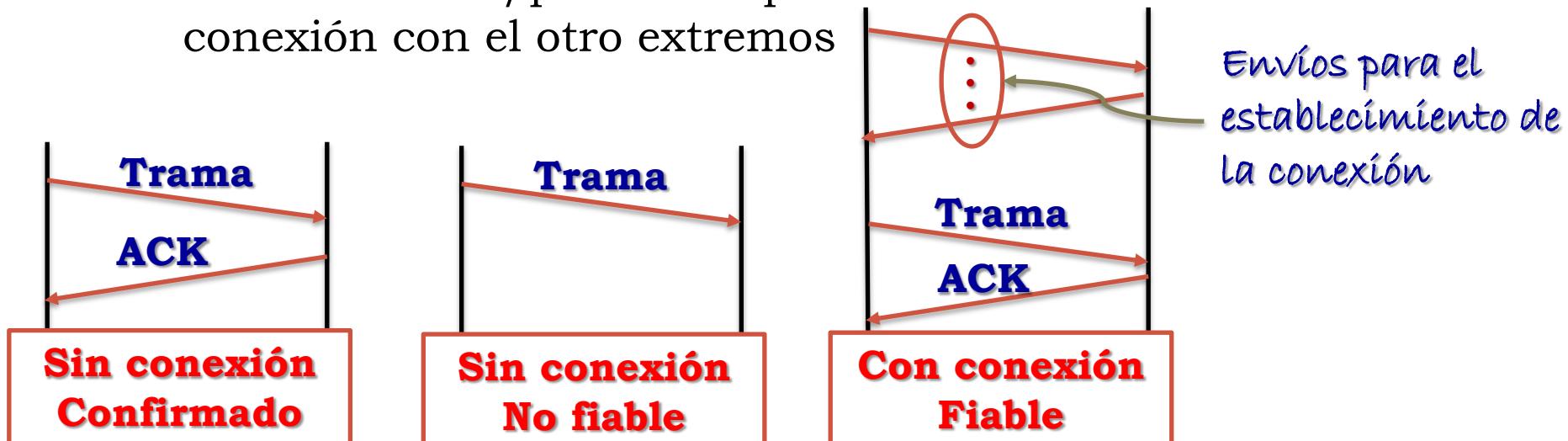
## Redes de área local IEEE 802

- En general, las redes LAN y MAN ofrecen un servicio de datagrama de tipo *best-effort en la capa de red*
  - No hay garantías de que la comunicación sea fiable
- La capa LLC (*Logical Link Control*) ofrece una interfaz entre la capa de red y la capa MAC



# Redes de área local IEEE 802

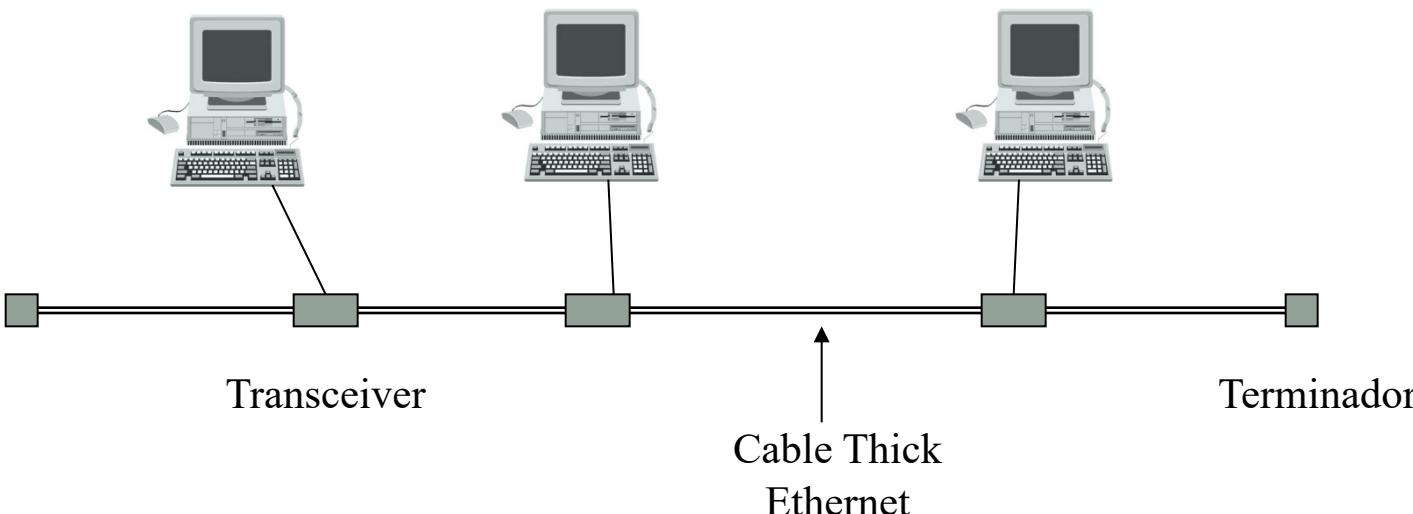
- 802.2 : Servicios que ofrece LLC (tres)
  - Servicio sin conexión confirmado
    - No se puede enviar una trama si no se ha confirmado la anterior
  - Servicio sin conexión no fiable
    - No se garantiza que el paquete llegue bien a su destino
  - Servicio orientado a la conexión fiable
    - Tiene una fase/primitivas para el establecimiento de una conexión con el otro extremo





## Red IEEE 802.3 (Ethernet)

- El estándar IEEE 802.3 define la red Ethernet
  - Es la red más usada hoy día (versión Fast o Gigabit Eth.)
  - Fue desarrollada por Xerox en los años 70
  - Tradicionalmente la red tenía topología de bus
  - Usa un protocolo MAC de tipo CSMA-CD



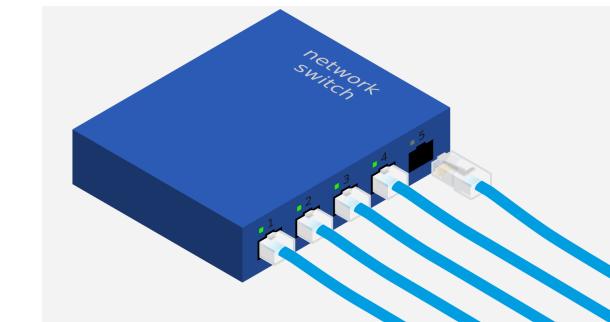
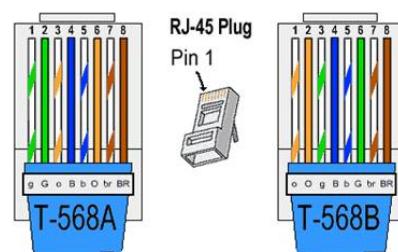
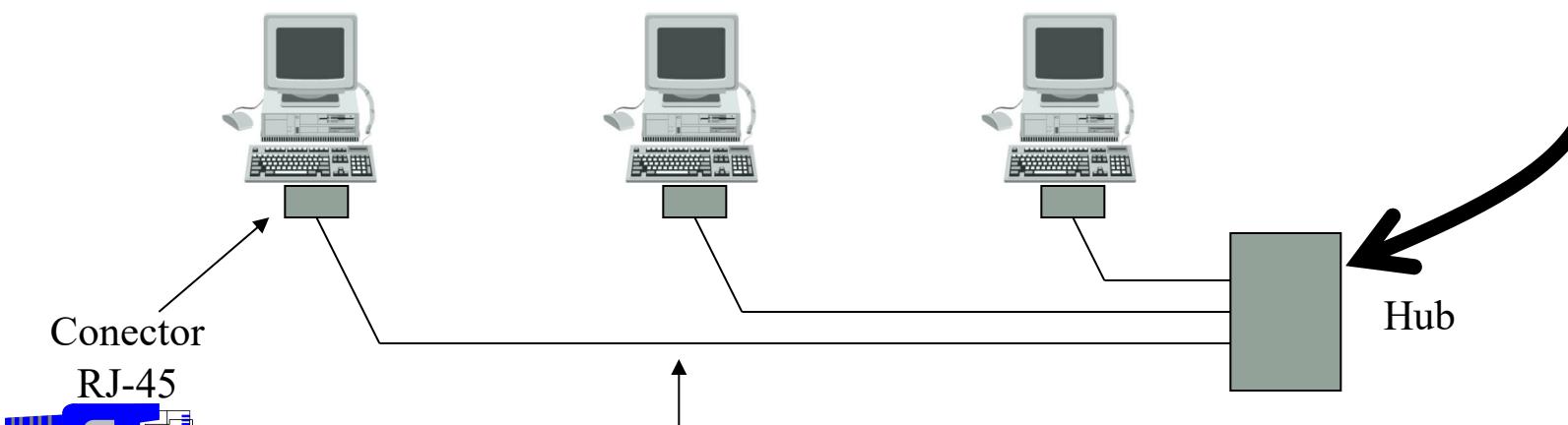
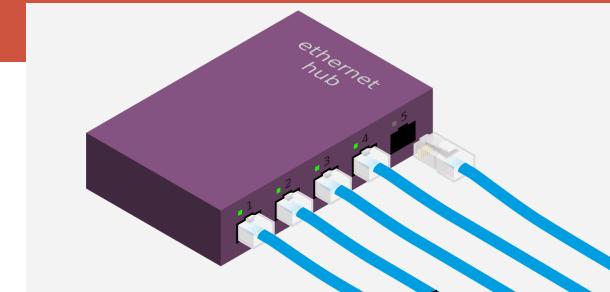


# Red IEEE 802.3 (Ethernet)

- Ethernet con par trenzado

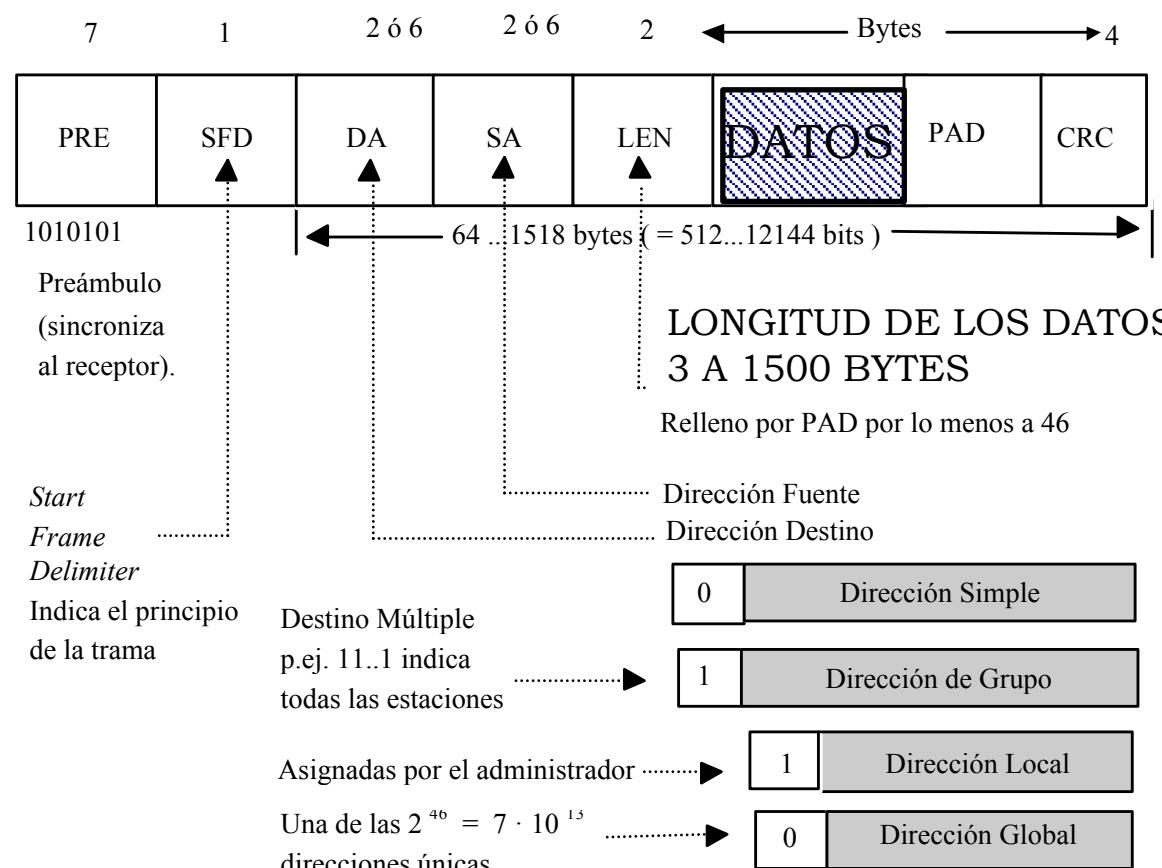
Topología lógica: bus

Topología física: estrella



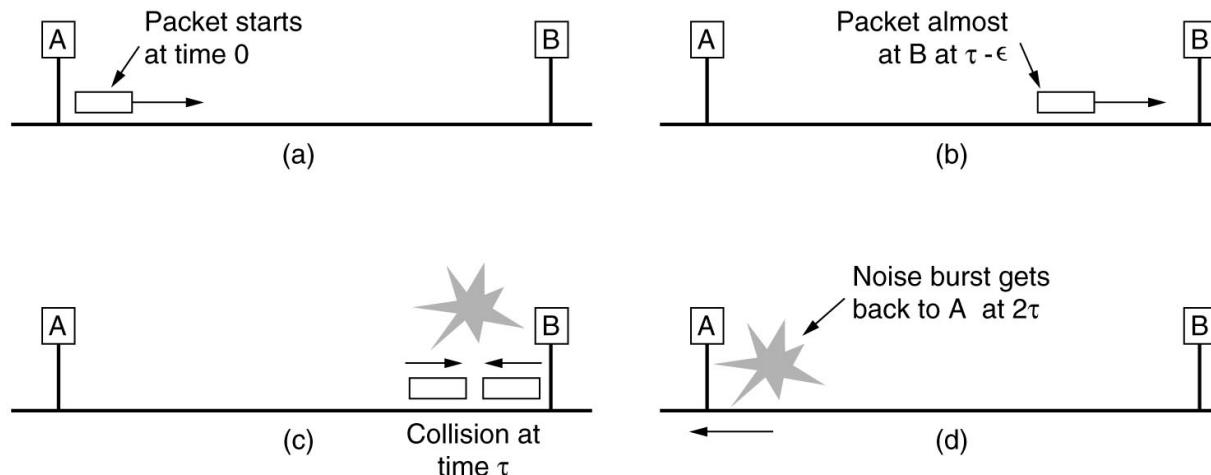
# Red IEEE 802.3 (Ethernet)

- Formato de la trama Ethernet



# Red IEEE 802.3 (Ethernet)

- ¿POR QUÉ HAY UN CAMPO DE RELLENO?
  - Para implementar CSMA/CD, hay que detectar las colisiones:
    - El emisor es el encargado de detectarlas, escuchando y comparando mientras transmite
    - las tramas tienen que ser lo suficiente largas como para detectar colisiones.



# Red IEEE 802.3 (Ethernet)

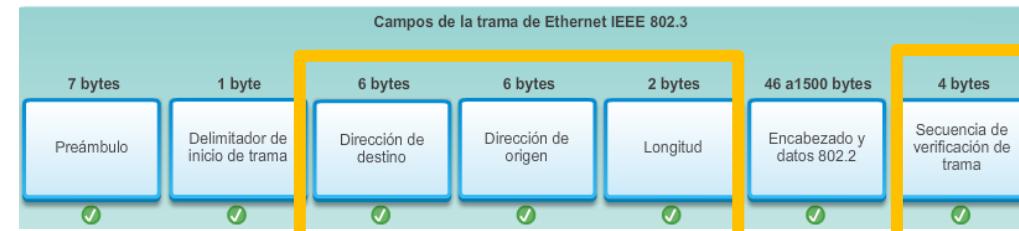
- Análisis (continuación)

- En la red Ethernet:

- Velocidad de transmisión: 10Mbps
    - Longitud máxima del cable: 2500 metros (5 secciones de 500 m con 4 repetidores)
    - Round-trip time: 50 microsegundos en el peor caso (estaciones en ambos extremos)

- La trama tiene que transmitirse al menos durante 50 microsegundos

- A 10 Mbps, un bit se trasmite en 100nseg
    - La trama tiene que al menos tener 500 bits
    - → Se redondea a 512 bits (**64 bytes**)
    - Longitud CABECERA:  $6 + 6 + 2 + 4 = 18$
    - Pad:  $64 - 18 = 46$  bytes



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# REDES INALÁMBRICAS (WIFI Y BLUETOOTH)

## Protocolos para redes inalámbricas

- Las redes locales inalámbricas son cada vez más habituales
- Todas comparten el medio: ondas de radio
- Al más alto nivel, podemos clasificar las redes inalámbricas de acuerdo a dos criterios:
  - Si un paquete cruza la red inalámbrica exactamente en un salto (inalámbrico)(single hop) o en múltiples saltos (inalámbricos)(multiple hop)
  - Si hay una infraestructura, como una estación base, en la red

	<b>Single hop</b>	<b>Multiple hops</b>
Infraestructura	WIFI, WIMAX, 3G	ZIGBEE red MESH (de malla) de sensores
Sin Infraestructura	Bluetooth WIFI ad hoc	Redes MANET y VANET

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

Wifi

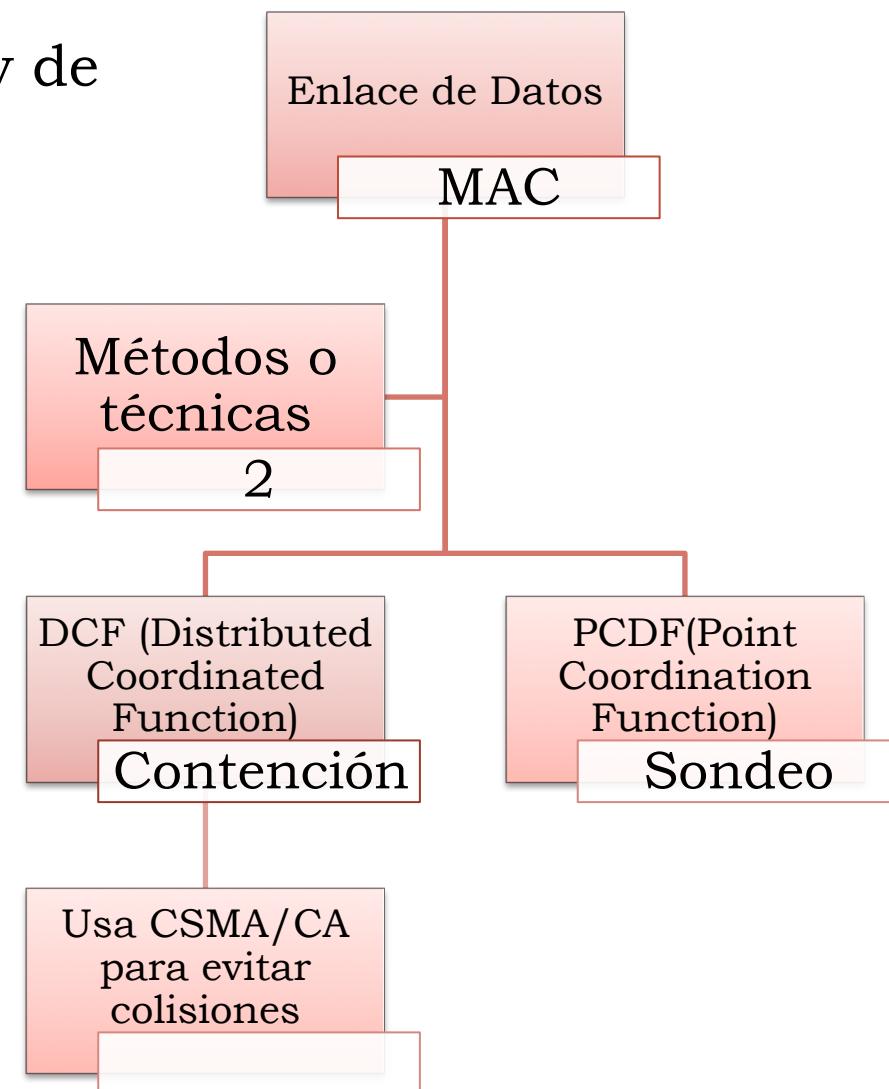
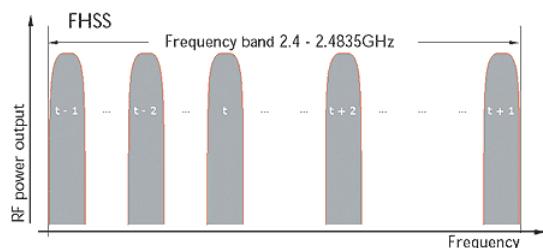
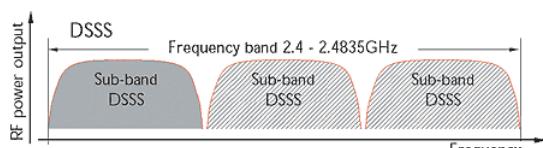
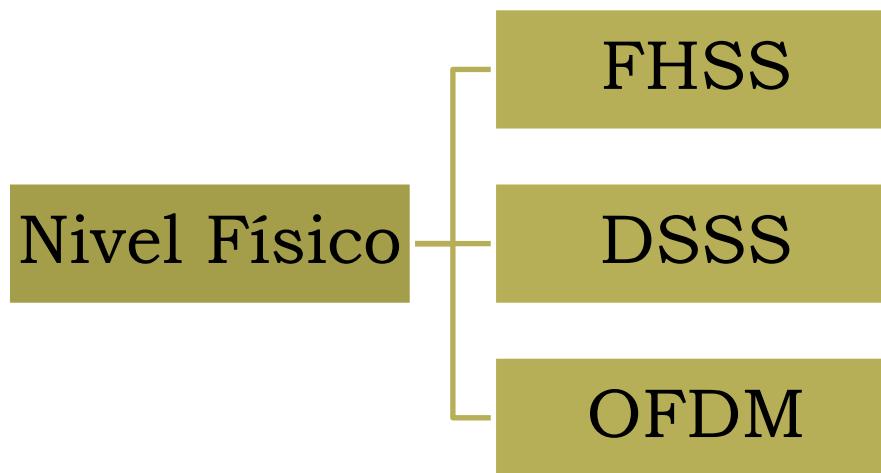


802.11



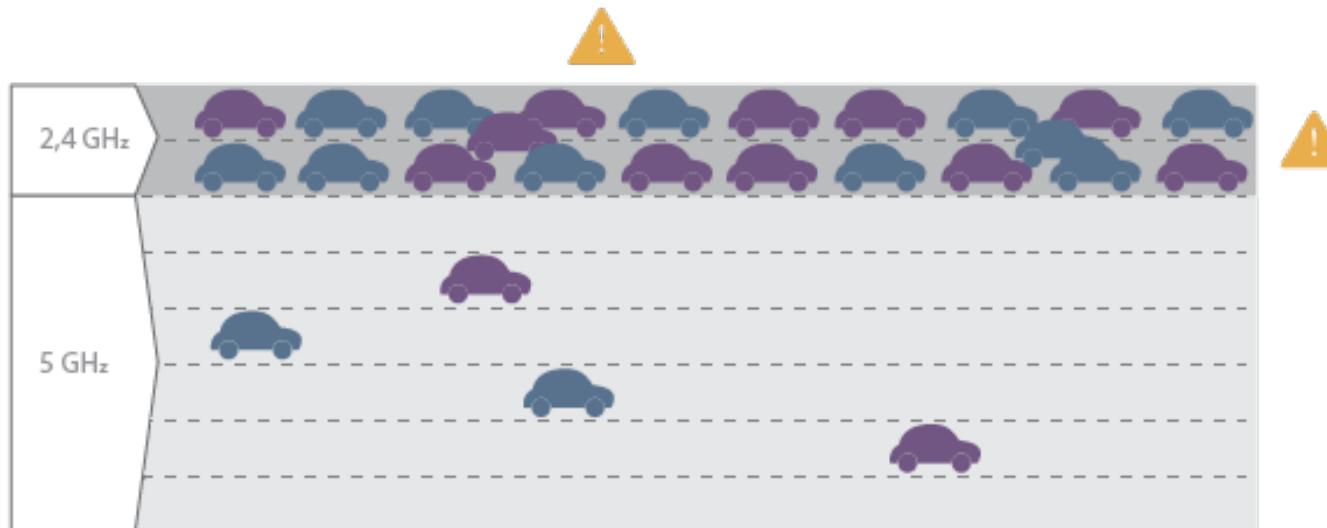
# Redes de Área Local Inalámbricas - WIFI

- IEEE 802.11 → Define las especificaciones del nivel físico y de enlace de datos para una LAN inalámbrica:



# WIFI: Frecuencias y Canales

- La tecnología WiFi utiliza dos bandas de frecuencia (2,4 GHz y 5 GHz), con 11 y 40 canales cada una respectivamente.
- Al utilizar una frecuencia de 2,4 GHz, todos los dispositivos se agolpan esperando su turno.
  - Las interferencias llegan a un punto en el que afectan la velocidad.

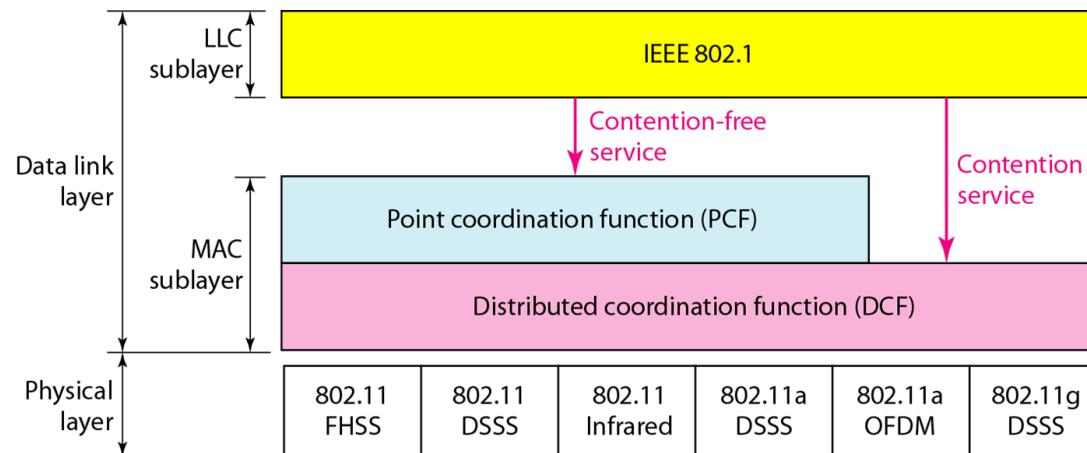


# WIFI - Canales

	Ventajas	Desventajas
2.4 GHz	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Accesible desde mayores distancias</li><li>✓ Compatible con una gran cantidad de dispositivos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Frecuencia muy usada por todos los dispositivos que admite</li></ul>
5 GHz	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Mucho más ancho de banda</li><li>✓ Generalmente menos interferencias en 5 GHz porque la frecuencia no está tan demandada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Disponible para distancias más cortas</li><li>✓ No admite tantos dispositivos</li></ul>

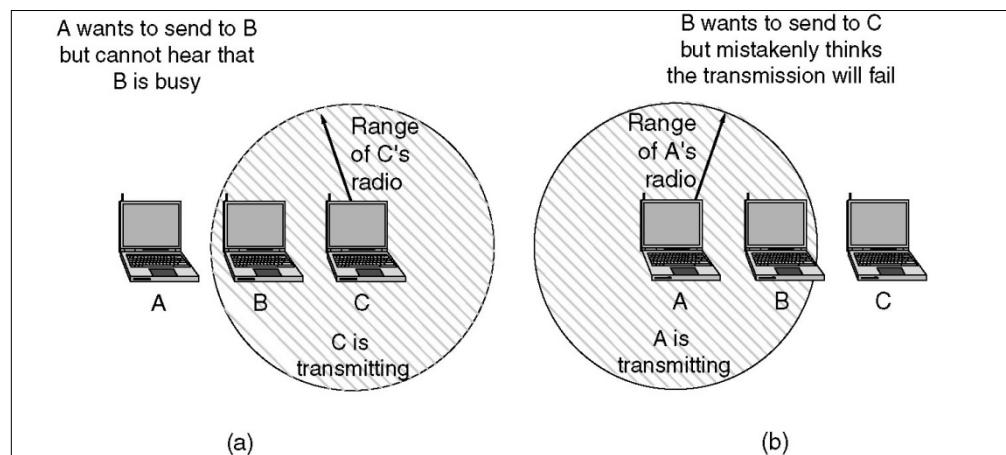
# IEEE 802.11 Subnivel MAC

- Se definen dos subniveles MAC
  - La función de coordinación distribuida (DCF)
    - Por contención con detección de portadora
    - Utiliza CSMA como método de acceso
    - Dos modos de detección de la ocupación canal : Físico (Physical Channel Sensing) o Virtual (Virtual Channel Sensing)
  - La función de coordinación puntual (PFC) (\*OPCIONAL\*)
    - Mecanismo de acceso centralizado por sondeo el punto de acceso



# Redes de Área Local Inalámbricas - WIFI

- En la función de coordinación distribuida (DCF) CSMA-CD (IEEE 802.3) no es aplicable directamente:
  - Dificultades para implementar detección de colisiones
    - Para poder detectar la colisión es necesario poder enviar y recibir a la vez → Es costoso de implementar en las tarjetas inalámbricas
      - La señal que se envía tiene mucha más energía que la que se recibe
  - Problemas por la cobertura, no existen en las redes cableadas
    - Problema de la estación oculta y de la estación expuesta

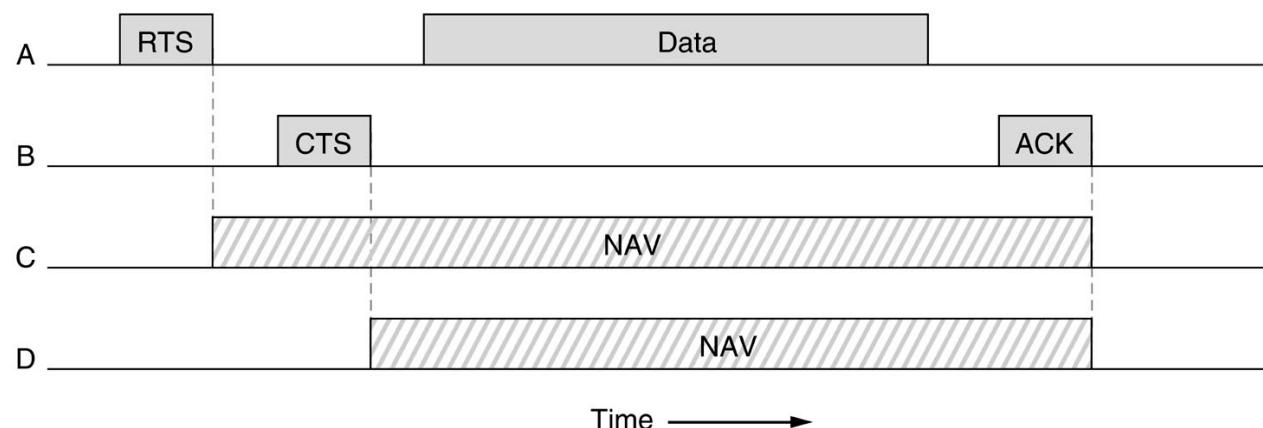


# Redes IEEE 802.11 Protocolo MAC DCF

- **Modo: *physical channel sensing***
  - Si una estación quiere transmitir escucha el medio
    - Si está libre transmite
    - Si no está libre espera a que finalice la transmisión en curso
    - Si hay colisión: tiempo de espera por algoritmo por retroceso exponencial binario antes de transmitir de nuevo
  - ¿Cómo sabe si hay colisión?
    - Introduce mensajes de confirmación (ACK) en la capa de enlace
      - De otro modo, los mensajes perdidos se detectan en la capa de transporte, lo que introduce mucho retardo (se producen más errores que en redes cableadas)

# Redes IEEE 802.11 Protocolo MAC DCF

- Modo *virtual channel sensing*
  - Protocolo tipo MACAW (MACA for Wireless)
    - *Multiple Access with Collision Avoidance*
  - Idea básica: informar previamente con un pequeño paquete (RTS) indicando que se quiere enviar un paquete de datos por parte del emisor y confirmar (paquete CTS) por parte del receptor



NAV: Network Allocation Vector

# IEEE 802.11 - CSMA/CA

Cuando una estación quiere transmitir y antes de enviar la trama ...



DIFS → tiempo de espera de espacio entre tramas distribuido  
(Distributed InterFrame Space)

RTS → trama de Petición de Envío (Request To Send)  
**(contiene la longitud de la trama de datos)** necesario para calcular el NAV

# CSMA/CA

Mientras la estación destino ...



SIFS → tiempo de espera espacio corto entre tramas (Short InterFrame Space)

CTS → trama de Permiso para Enviar(Clear To Send)  
(contiene la longitud de la trama de datos)

# CSMA/CA

De nuevo, en la estación origen ...



Y en la estación destino ...



# ¿Cómo se evita la colisión?

- ¿Cómo aplaza una estación el envío de datos si una estación adquiere el acceso?
- Mediante el VECTOR DE ASIGNACIÓN DE RED
  - NAV → Network Access Vector
- Cuando una estación envía un RTS, incluye el tiempo que necesita ocupar el canal
- Las estaciones que quieren transmitir crean un temporizador denominado NAV que determina cuando tiempo debe de pasar antes de poder comprobar si el canal está libre
- Cada vez que una estación envía un RTS, otras inician su NAV
- Por tanto, antes de comprobar si el medio está libre, comprueba su NAV para ver si ha expirado



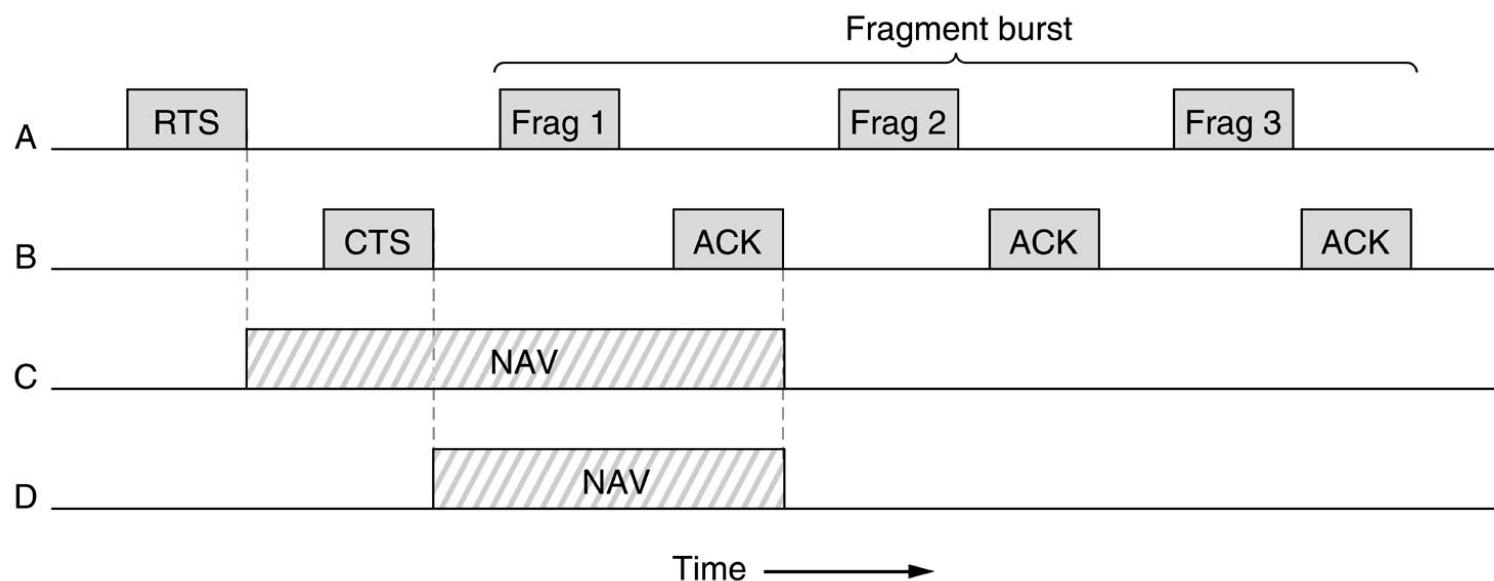
## ...¿y si hay colisión?

- ¿Qué ocurre si hay colisión mientras la tramas RTS/CTS están en transición (periodo de acuerdo)?
  - Dos o más estaciones pueden enviar tramas RTS al mismo tiempo y pueden colisionar
  - Debido a que no hay forma de evitar la colisión, el EMISOR(es) asume que se ha producido si no recibe una trama CTS del RECEPTOR
  - Se espera un tiempo según la estrategia de espera aleatoria y se comienza de nuevo



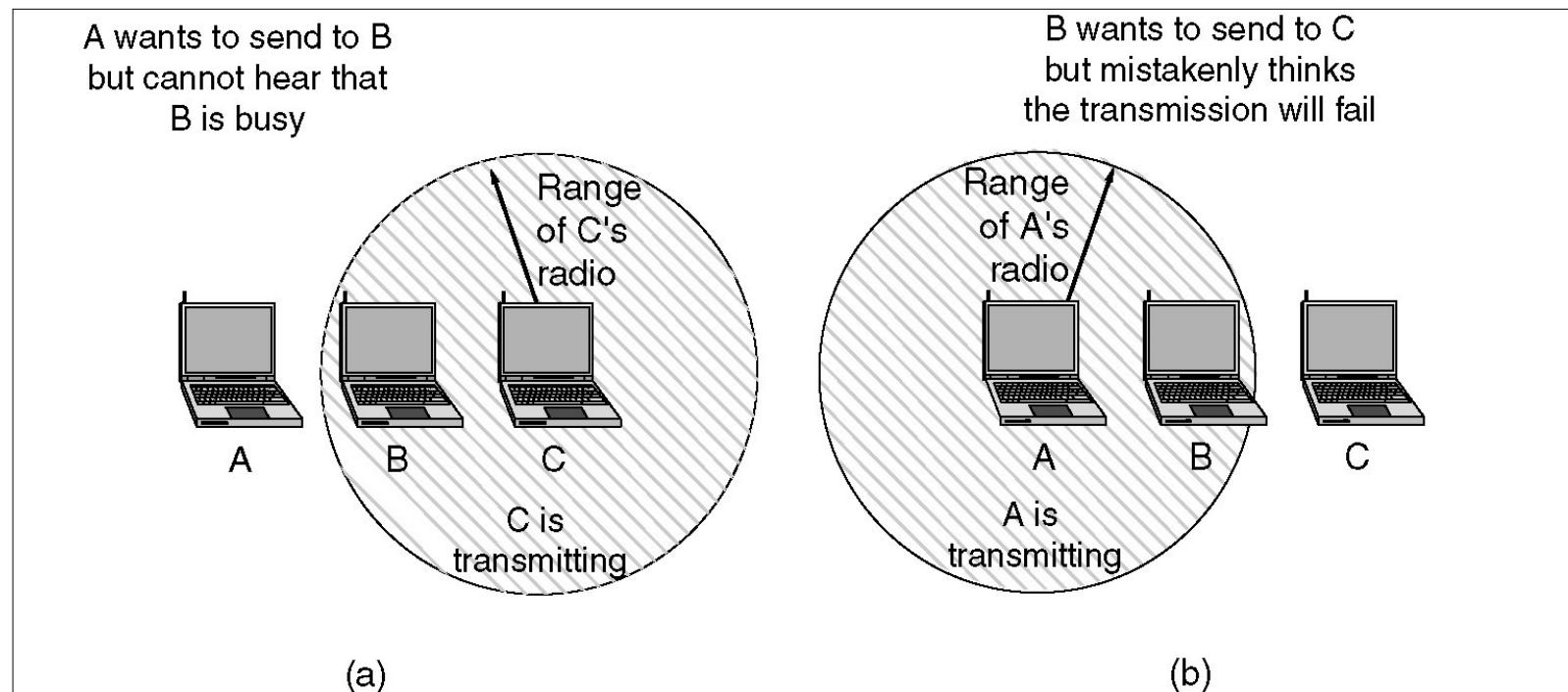
# Redes IEEE 802.11

- Además, dado que el número de colisiones puede ser alto y para minimizar el impacto de la retransmisión  
→ Los paquetes se pueden fragmentar
  - Se usa un protocolo de parada y espera

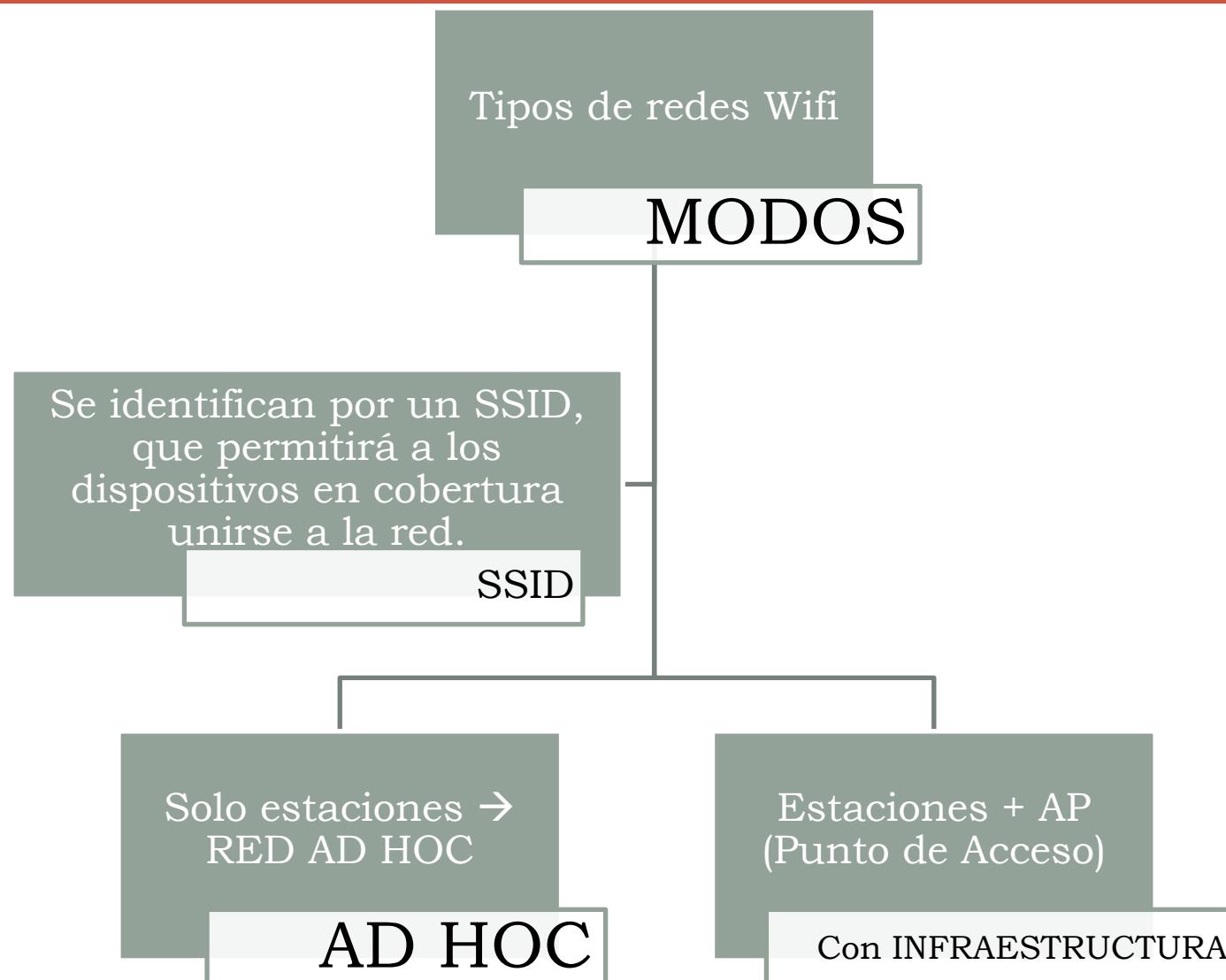


# Redes IEEE 802.11

- El problema de estación oculta (a)
  - Se soluciona con RTS y CTS
- El problema de la estación expuesta (b)
  - ¿Solución?



# Arquitectura WIFI



# Redes IEEE 802.11- Identificación de redes Wifi

**SSID** (Service Set Identifier) es el nombre que identifica una red inalámbrica WIFI

- Va incluido en las tramas de forma que pueda ser identificado como parte de ella.

Formado por un máximo de 32 caracteres ASCII

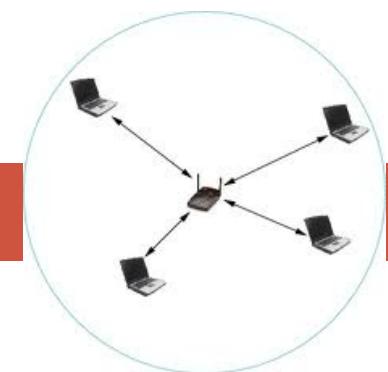
- de forma típica encontramos una combinación de letras y números.

Los dispositivos que quieren comunicarse entre sí deben tener el mismo SSID.

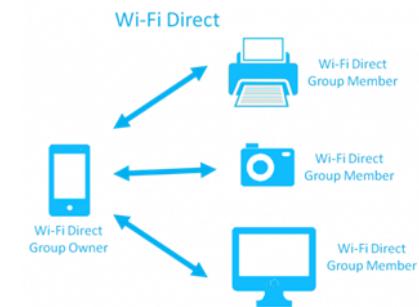
- El SSID puede ser o no visible según si está habilitada su difusión.



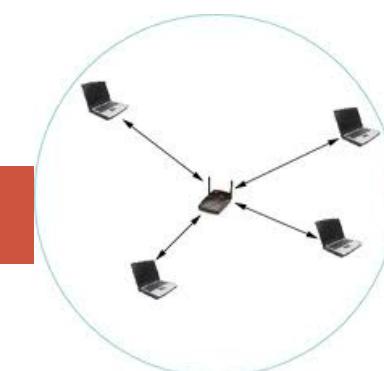
# Redes IEEE 802.11- modos de redes Wifi



- Modo ad hoc
  - Es una red aislada y no puede enviar datos a otras redes
  - Las estaciones pueden formar una red, localizarse y acordar formar una red adhoc → wifi direct
- Modos Infraestructura
  - Estaciones + AP (punto de acceso)
    - Requerido para que todos los dispositivos se conecten y comuniquen.



# Redes IEEE 802.11- Modos de redes Wifi



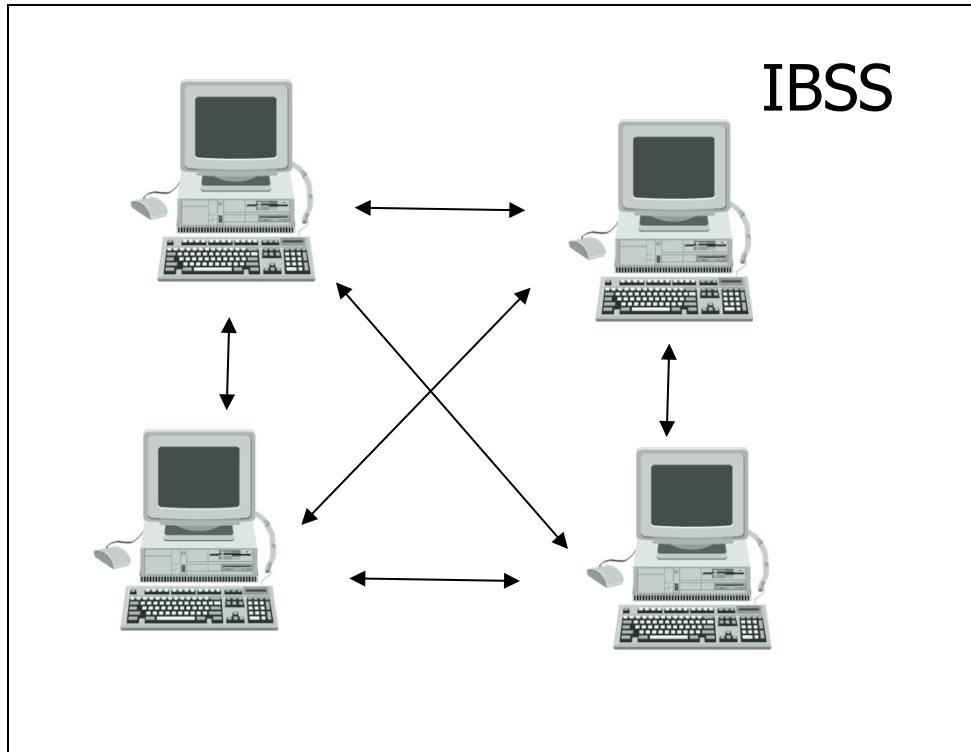
- Red con Infraestructura

- La mayoría de las conexiones Wifi funcionan en modo infraestructura.
- La red esta compuesta de dispositivos con interfaz wifi + AP (punto de acceso)
  - Requerido para que todos los dispositivos se conecten → HUB o SWITCH
- "todos" los dispositivos de una red **se "comunican" a través de un punto de acceso**, que se encuentra integrado en el router inalámbrico.
  - Usando la Función DCF



# Redes IEEE 802.11

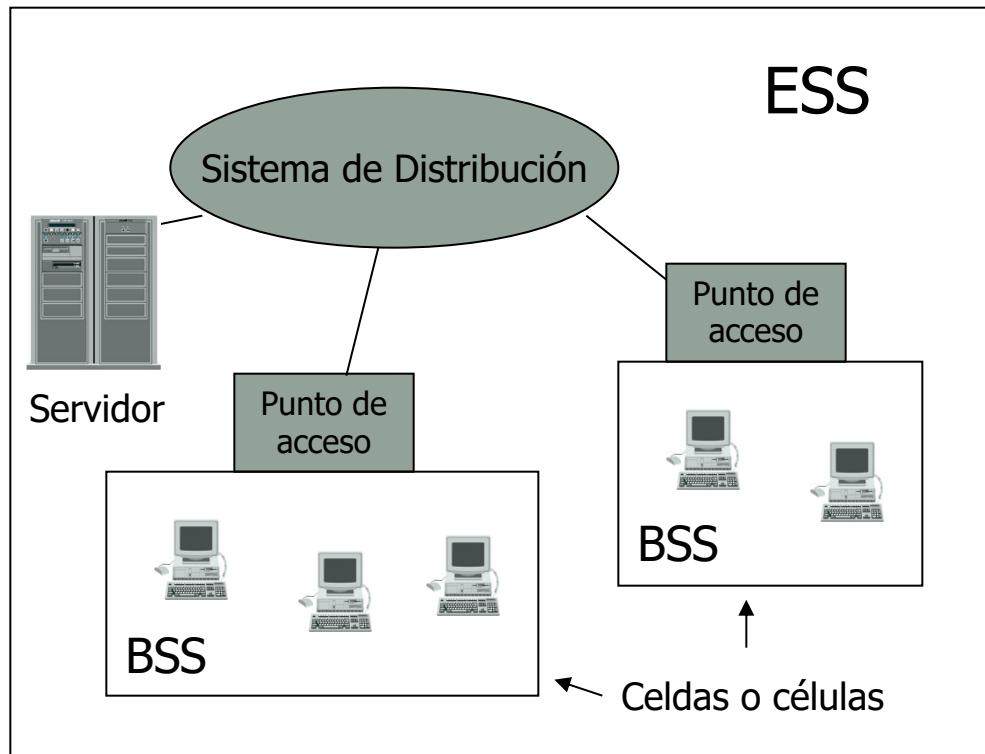
- Arquitectura: modo ad hoc



**IBSS:**  
Conjunto de Servicios  
Básico Independiente

# Redes IEEE 802.11

- Arquitectura: modo infraestructura
- Dos o más BSS pueden unirse a través de un sistema de distribución para formar un ESS



**BSS:**  
Conjunto de servicios básico

**ESS:**  
Conjunto de servicios extendido

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

Red Inalámbrica de Área Personal

# BLUETOOTH



# LANs inalámbricas de área personal (PAN): Bluetooth

- Bluetooth:
  - Tecnología de LAN inalámbrica de área personal.
  - Permite la conexión de dispositivos variados: teléfonos, portátiles, cámaras, impresoras, ...
    - Reemplazar cables en conexión de teclados, ratones o impresoras
    - Sensores conectados con dispositivo de monitorización para control de salud
  - Originalmente, proyecto de compañía Ericsson
    - Posteriormente se estandarizó como 802.15.1 (redes de área personal, PAN)
  - Red ad hoc: se forma de manera espontánea
    - Dispositivos se encuentran unos a otros.

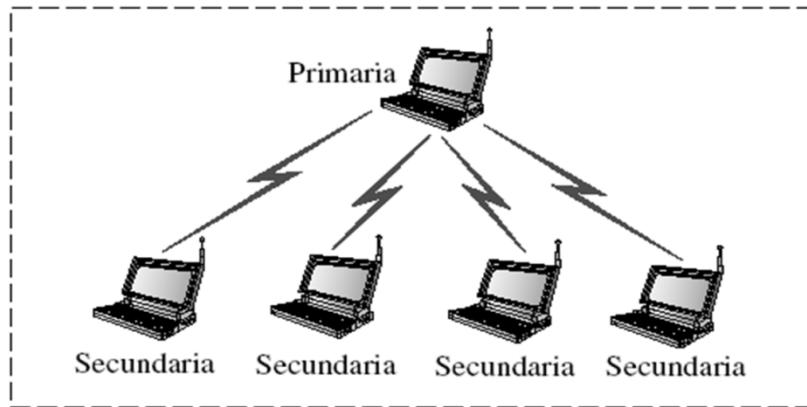
# LANs inalámbricas de área personal (PAN): Bluetooth

Piconet

## Arquitectura picorred:

- Máximo 8 estaciones
- 1 estación actúa de primaria, el resto secundarias.

Picorred

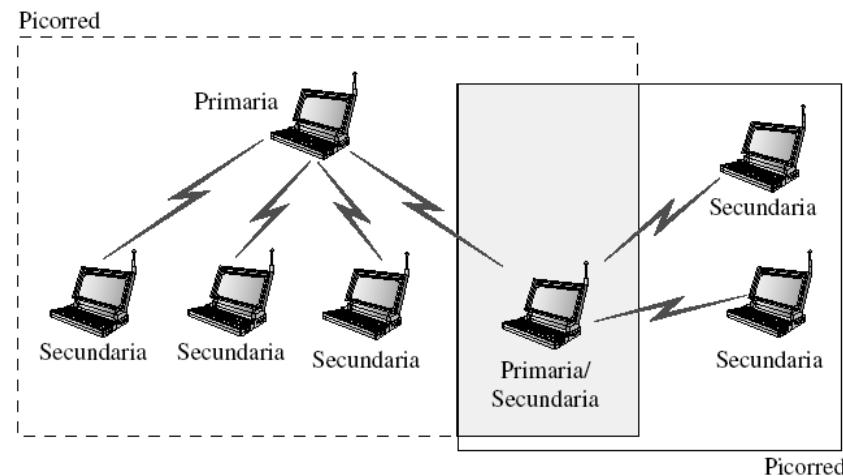


Scatternet

## Arquitectura Red Dispersa

- Combinación de picorredes
- Una estación secundaria en una picorred actúa de primaria en otra
- Una estación puede ser miembro de dos picorredes

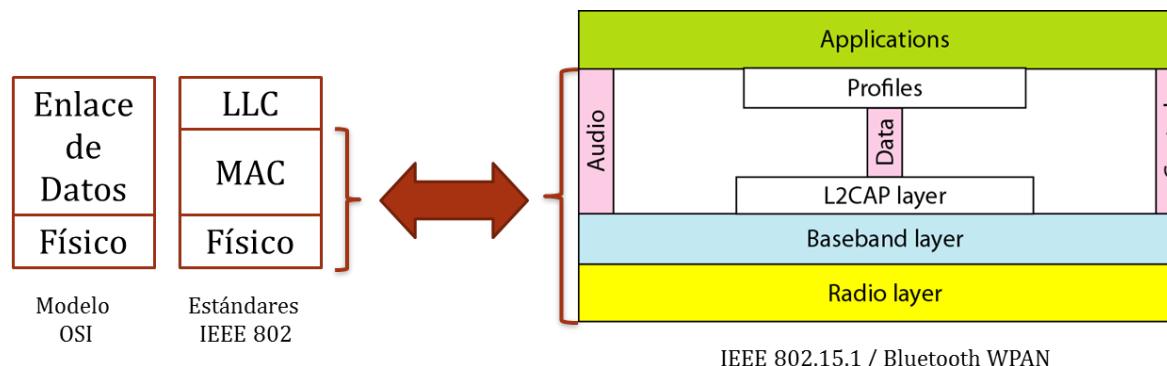
Picorred



Picorred

# LANs inalámbricas: Bluetooth

- Niveles en Bluetooth
  - No se corresponden exactamente con el modelo de Internet



- **Nivel de radio**
  - Aproximadamente equivalente a nivel físico
  - Emplea banda ISM de 2,4 GHZ, dividida en 79 canales de 1 MHz
  - Utiliza técnica de “espectro ensanchado por salto de frecuencias”
    - Los dispositivos cambian de frecuencia 1600 veces por segundo
    - Cada frecuencia es sólo utilizada durante  $1/1600$  s ( $625 \mu\text{s}$ ) antes de saltar a otra
    - Evita interferencias con otras redes
- **Requiere que todos los dispositivos de la pícorred estén sincronizados**

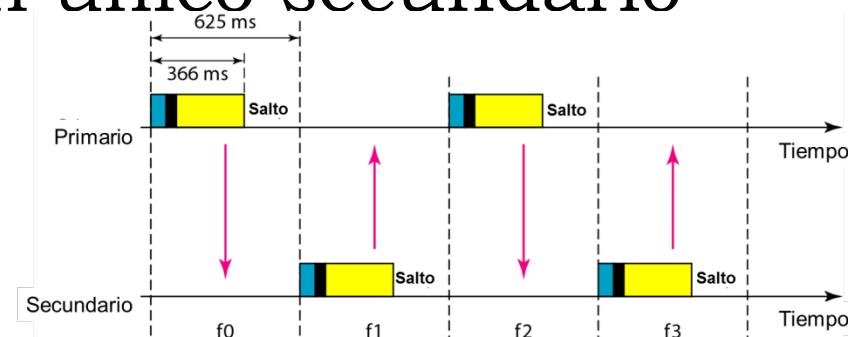
# LANs inalámbricas: Bluetooth

- Nivel de banda base
  - Equivalente al subnivel MAC
    - establece conexión, direcciona, formato paquete, temporización y control de potencia
  - Las estaciones comparten mediante **multiplexación en el tiempo** el ancho de banda del canal
    - Método de acceso Síncrono → forma de TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo)
      - 1 ranura de tiempo = permanencia en una misma frecuencia
      - En 1 ranura, la estación primaria envía una trama a una secundaria o una secundaria a la primaria
    - Cada estación tiene asignada una ranura de tiempo durante el cual puede enviar datos
    - Las estaciones tienen que estar sincronizadas (conocer el comienzo y posición de su ranura)
    - El primario y el secundario se comunican usando ranuras.
      - La comunicación ocurre SÓLO entre el primario y el secundario
      - Los secundarios no pueden comunicarse directamente entre sí.

# LANs inalámbricas: Bluetooth

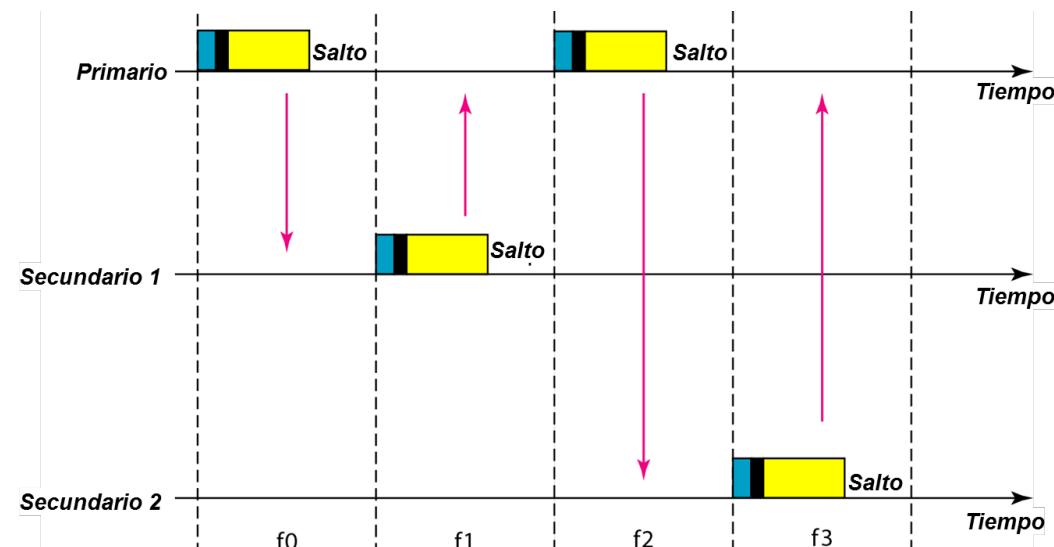
- Comunicación con un único secundario

- El primario utiliza ranuras con número par (0,2,4,...)
- y el secundario las impares (1,3,5,...)



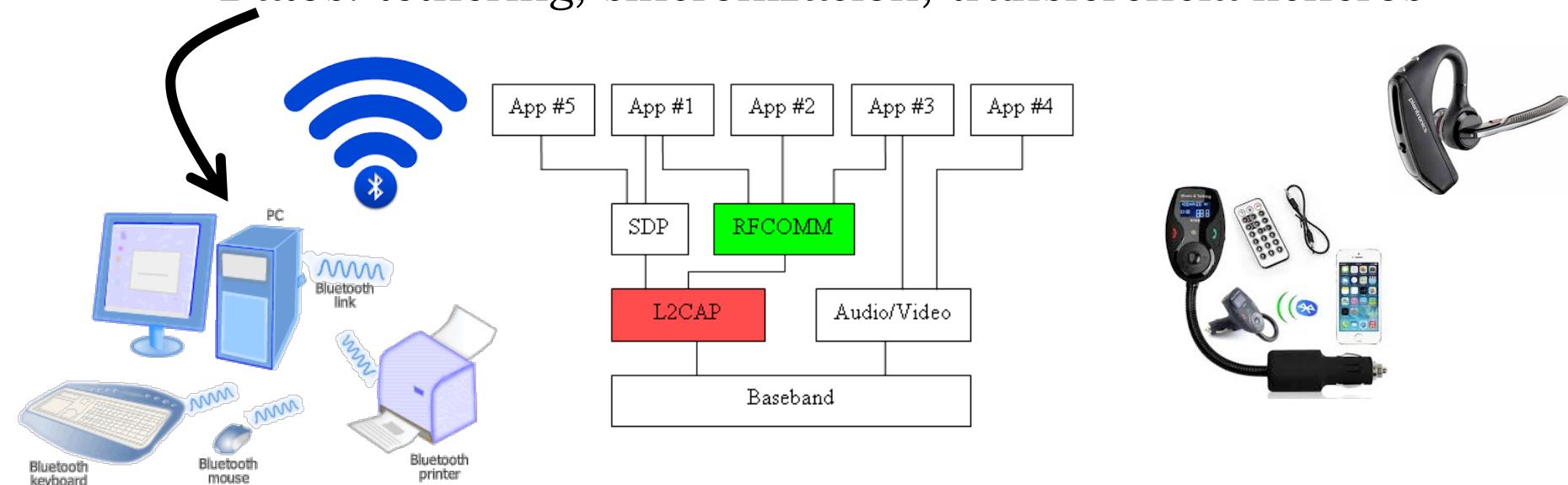
- Comunicación con múltiples secundarios:

- El primario utiliza ranuras con número par
- El secundario envía en la siguiente ranura impar... sólo si la trama anterior llevaba su dirección
  - Todas las secundarias escuchan las ranuras pares
  - Sólo una secundaria envía en la siguiente ranura impar
- Método de muestreo con reserva de tiempo



# LANs inalámbricas: Bluetooth

- En el nivel de Banda base la comunicación se controla mediante el establecimiento de dos tipos de enlaces físicos
  - Enlace orientado a conexión síncrono (SCO)
    - Audio (tiempo real): llamada voz con Teléfono
  - Enlace no orientado a conexión asíncrono (ACL)
    - Datos: tethering, sincronización, transferencia ficheros

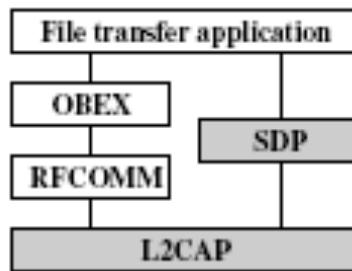


# LANs inalámbricas: Bluetooth

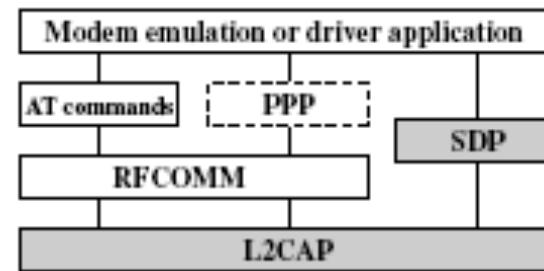
- L2CAP
  - Protocolo de control y adaptación del enlace lógico
  - Equivale a subnivel LLC en LAN
  - Responsabilidades: multiplexación de conexiones de niveles superior, segmentación y reensamblado, calidad de servicio y gestión de grupos
- Niveles superiores: Bluetooth define protocolos específicos para cada propósito
  - RFCOMM – Intercambio flujo de bytes
  - Perfiles Bluetooth
    - Describen un modelo de uso de los protocolos para un servicio determinado
      - Transferencia de ficheros entre dispositivos
      - Transferencia de audio (Auriculares)
      - Control de llamadas y transferencia de voz
      - Acceso a LAN (anclaje o tethering)
      - ...



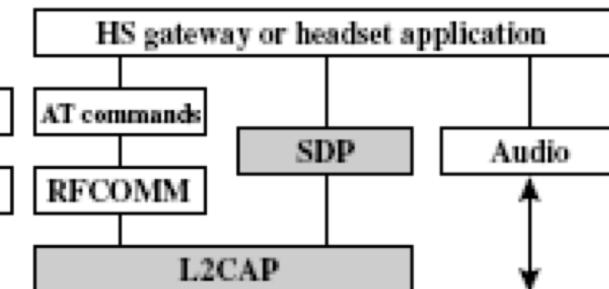
# Perfiles Bluetooth - Modelos de Uso



(a) File transfer

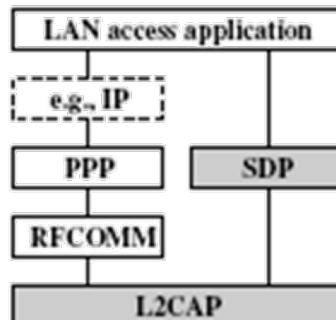


(b) Dial-up networking

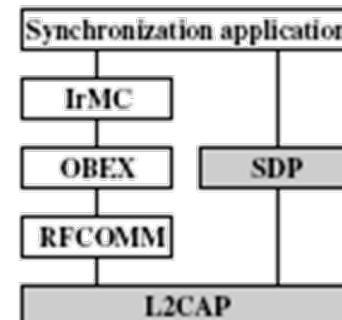


(c) HS gateway or headset application

(e) Cordless phone and intercom



(d) LAN access



(e) Synchronization

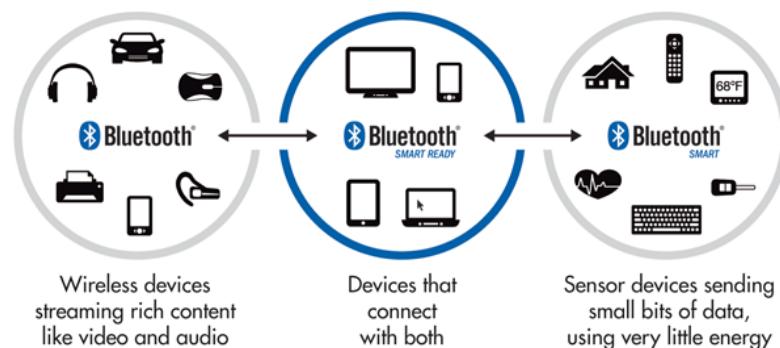
## Bluetooth Low Energy

### Bluetooth Smart

- Se introdujo como parte de la especificación de Bluetooth 4.0.
- Existe cierto solapamiento con el Bluetooth clásico.



- Tiene como objetivo reducir el consumo minimizando la potencia de transmisión de la señal y la cobertura
- Pensado para transmisión de datos entre sensores que podían enviar información, de manera inalámbrica, a nuestros dispositivos móviles o a sistemas de control instalados en los hogares.
- Define dos nuevos perfiles
  - GAP y GATT





Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

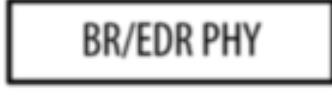
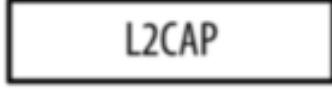
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

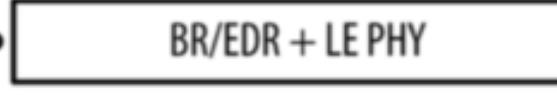
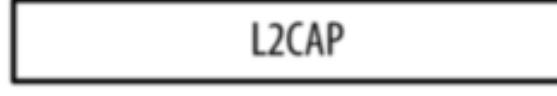
# Bluetooth vs Bluetooth Smart Ready vs Bluetooth Smart



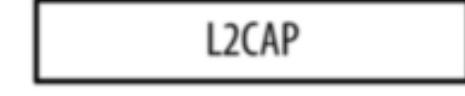
(classic or BR/EDR)



(dual mode or BR/EDR/LE)



(single mode or BLE)





# Bluetooth Low Energy

## GAP (Generic Access Profile)

Perfil que controla las conexiones y los anuncios en BLE.

GAP es lo que permite que tu dispositivo sea público hacia el exterior y determina como dos dispositivos pueden (o no) interactuar entre ellos.

Define dos roles principales: dispositivos centrales y los periféricos.

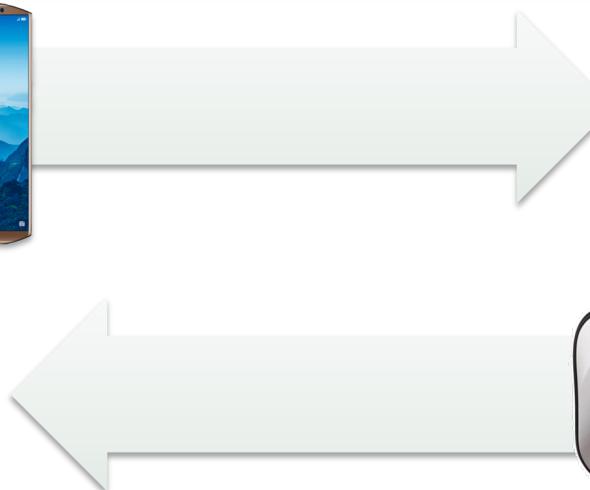
## GATT (Generic Attribute Profile,)

Define la manera en que dos dispositivos BLE pueden comunicarse usando los Servicios y Características.

Con un protocolo conocido como ATT, que se usa para almacenar los servicios, características y datos relacionados en una tabla usando identificadores de 16-bit para cada entrada en la tabla.

Un **dispositivo central** se corresponde normalmente con dispositivos con mayor capacidad de procesamiento

- un teléfono móvil o una tablet



Los **periféricos** son dispositivos pequeños, de baja potencia, de bajos recursos.

- Un glucómetro, un beacon, etc...

# Bluetooth Low Energy - Comunicación

- Comunicación con GAP

- Los periféricos emiten mensajes de advertising a intervalos regulares

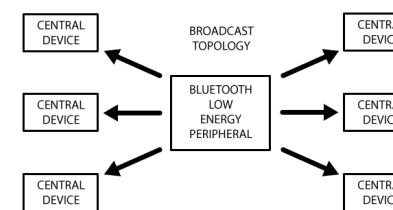
- Normalmente comunicación unidireccional (broadcast)
- Beacons



- Comunicación con GATT

- Un periférico se conecta a un dispositivo central de forma exclusiva, y deja de anunciarse.

- Comunicación bidireccional



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

<i>Application</i>	FTP	SMTP	HTTP	...	DNS	...
<i>Transport</i>		TCP		UDP		
<i>Internet</i>		IP		IPv6		
		PPP				
<i>Network access</i>		PPPoE				
		Ethernet				

- Unidades de Datos PPP
- Funcionamiento del Protocolo PPP

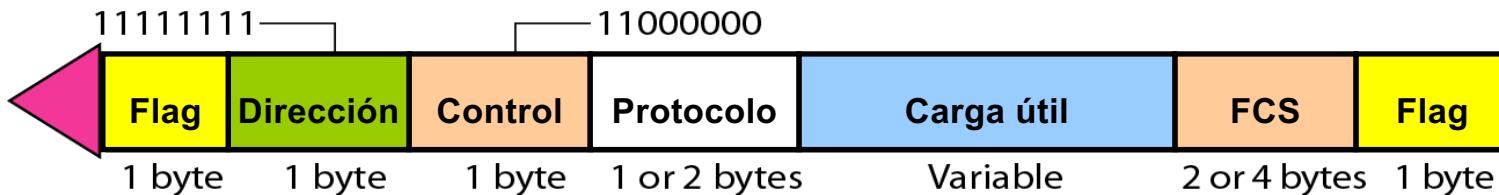
# PROTOCOLO DE CONTROL DE ENLACE DE ALTO NIVEL (PPP)

# Protocolo PPP: Introducción

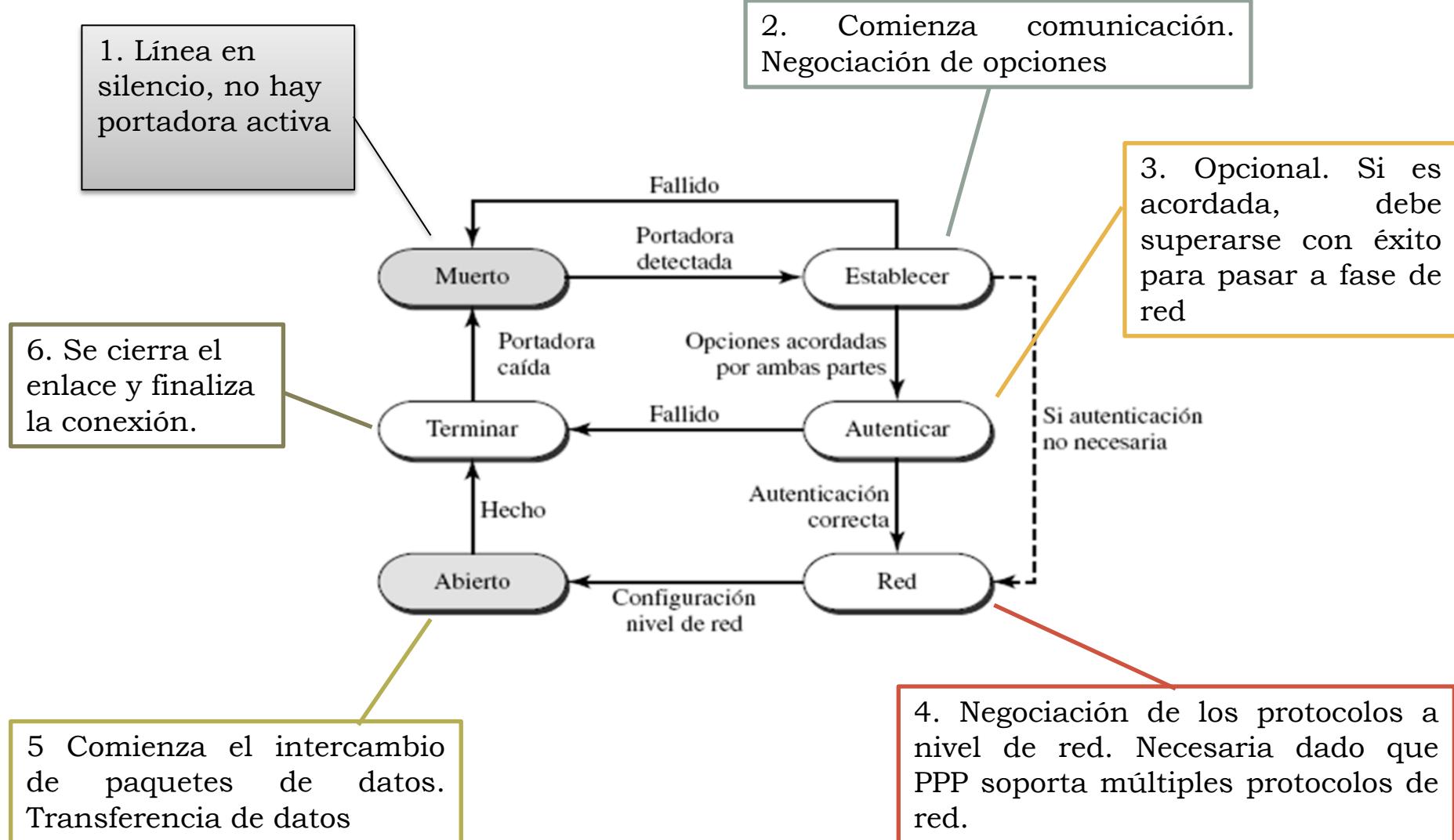
- Protocolo muy extendido para el acceso punto a punto  
PPPoE : PPP over Ethernet
- Aspectos definidos por PPP:
  - Formato de la trama a intercambiar
  - Cómo negociar establecimiento del enlace e intercambio de datos
  - Cómo encapsular datos de nivel de red
  - Autenticación entre dispositivos
  - Soporte de múltiples protocolos y servicios a nivel de red
  - Configuración de direcciones de red
- Aspectos no definidos por PPP:
  - Control de flujo
  - Control de error mínimo: CRC para detección de error (en silencio). Sin numeración de secuencia

# Protocolo PPP: Unidad de datos

- Creación de tramas
  - Protocolo orientado a byte: transparencia a nivel de byte (escape: 01111101)
  - Campos:
    - Flag: Patrón 01111110
    - Dirección: Constante 11111111 (dirección de broadcast). Se puede negociar su omisión.
    - Control: Constante 11000000. Innecesario, omitible por negociación.
    - Protocolo: Qué se transporta en campo datos (datos de usuario u otros)
    - Carga útil: datos de usuario u otra información. Máximo inicial 1500 bytes.
      - Si la cantidad de datos reales es inferior al tamaño negociado -> padding.
    - FCS: Secuencia de comprobación de trama (CRC estándar de dos o cuatro bytes)



# Protocolo PPP: Funcionamiento básico



# PPP: Principales protocolos

## LCP (Link Control Protocol): Protocolo de control de enlace

- Establecer, mantener, configurar y terminar enlace
- Negociación de opciones entre ambos extremos

## Protocolos de autenticación:

- Valida la identidad del usuario sobre el enlace de marcado
- Dos protocolos en PPP:
  - PAP (password authentication protocol)
  - CHAP (challenge handshake authentication protocol)

## NCP (Network Control Protocol): Protocolos de control de red

- Protocolo de control de red específico para cada protocolo de red
  - IPCP configura enlace para transportar paquetes de datos IP
- Los paquetes NCP no llevan datos de nivel de red
  - Sólo configura el enlace al nivel de red para los datos que llegan

# Tema 3

## Protocolos de Interconexión de Redes

Profesores:

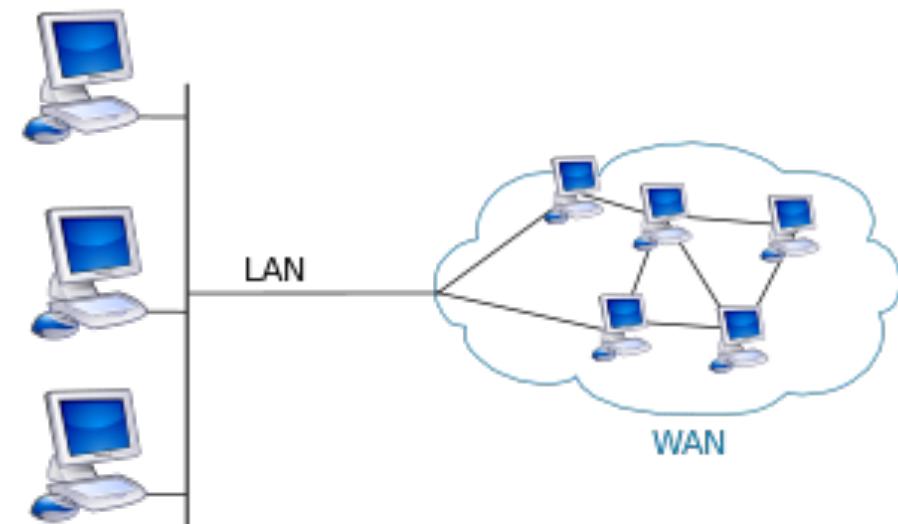
Mercedes Amor Pinilla

J. Francisco Chicano García

Lidia Fuentes Fernández

Gabriel J. Luque Polo

Francisco Rus Mansilla



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Contenido del tema

- Interconexión de redes
  - Interconexión a Nivel Físico (repetidores y concentradores)
  - Interconexión a Nivel de Enlace (puentes)
  - Interconexión a Nivel de Red (enrutadores)
  - Interconexión por Encima del Nivel de Red (pasarelas)
  - Encaminamiento
- El Protocolo de Internet (IPv4)
  - Servicios y Protocolo IPv4
    - Direccionamiento
    - Fragmentación reenvío
    - Encaminamiento
  - Protocolos de Resolución de Direcciones. Gestión de grupos multienvío
  - Protocolo de control y notificación de errores
  - Protocolos de encaminamiento dinámico en Internet
- La siguiente generación de IP
  - Problemática del crecimiento de Internet
  - El Protocolo IPv6

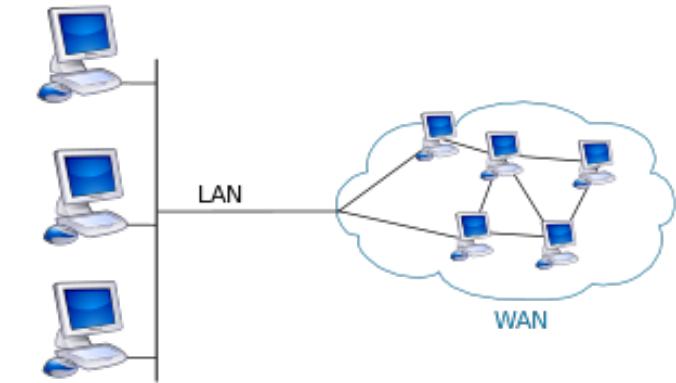
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



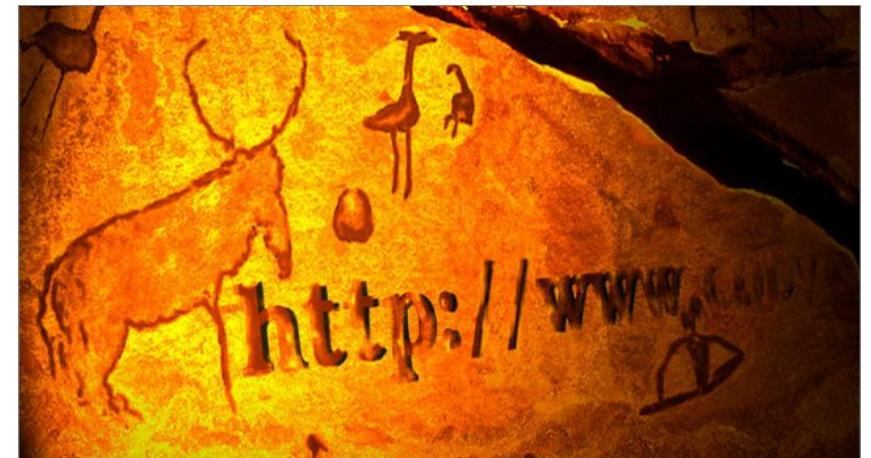
- Interconexión a Nivel Físico (repetidores y concentradores)
- Interconexión a Nivel de Enlace (puentes)
- Interconexión a Nivel de Red (enrutadores)
- Interconexión por Encima del Nivel de Red (pasarelas)
- Encaminamiento

# INTERCONEXIÓN DE REDES



# Internet

- ❖ Es una infraestructura de **comunicación** que permite la comunicación de aplicaciones distribuidas:
  - Web, VoIP, email, games, e-commerce, file sharing
- Internet es un conjunto descentralizado de diferentes redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos **TCP/IP**.



El uso de la arquitectura **TCP/IP** garantiza la interconexión de las redes físicas heterogéneas que la componen como **una red lógica única de alcance mundial**.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

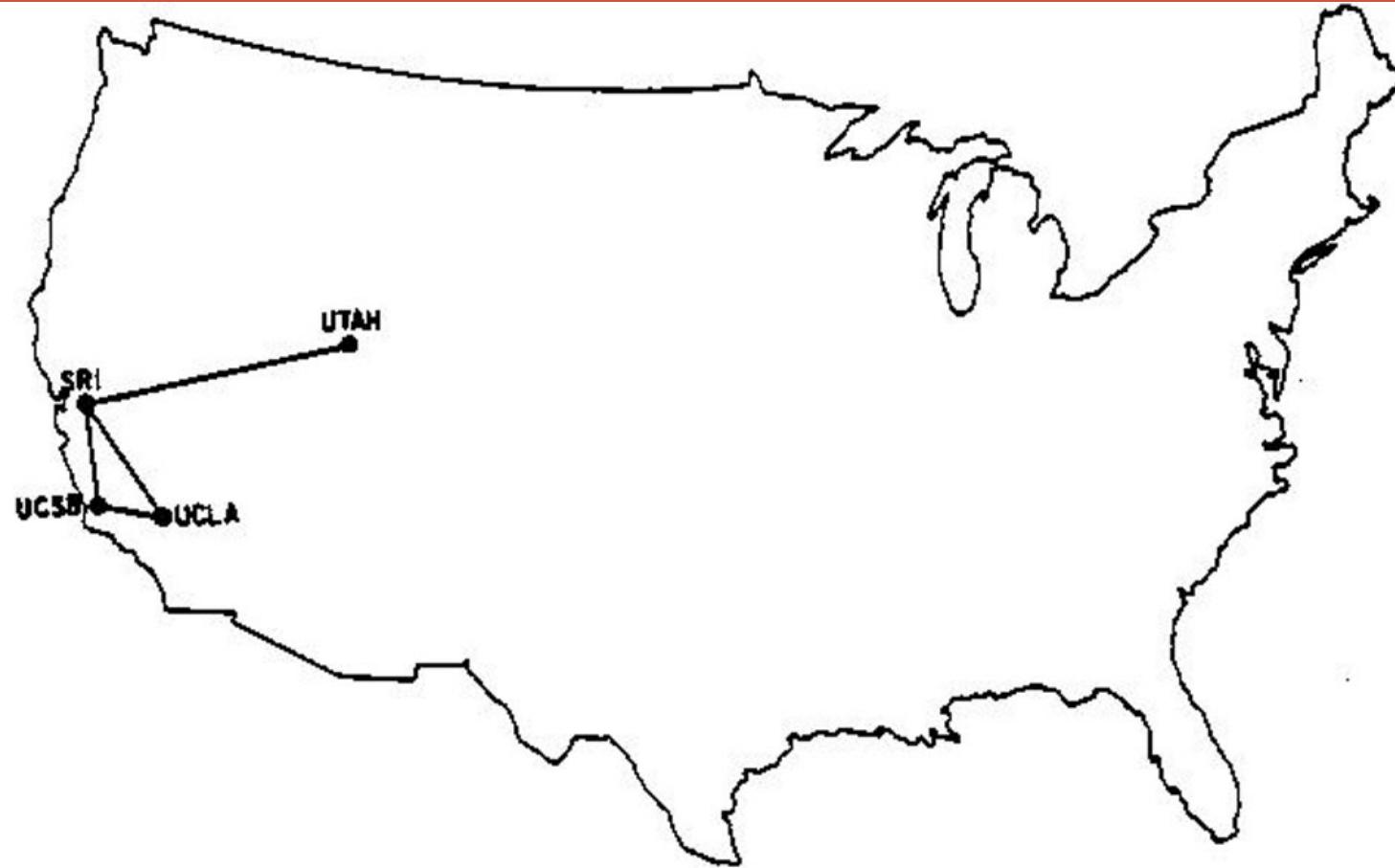
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Arpanet (Pre-Internet)



- Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadoras, conocida como Arpanet, entre cuatro universidades en California (Estados Unidos).

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

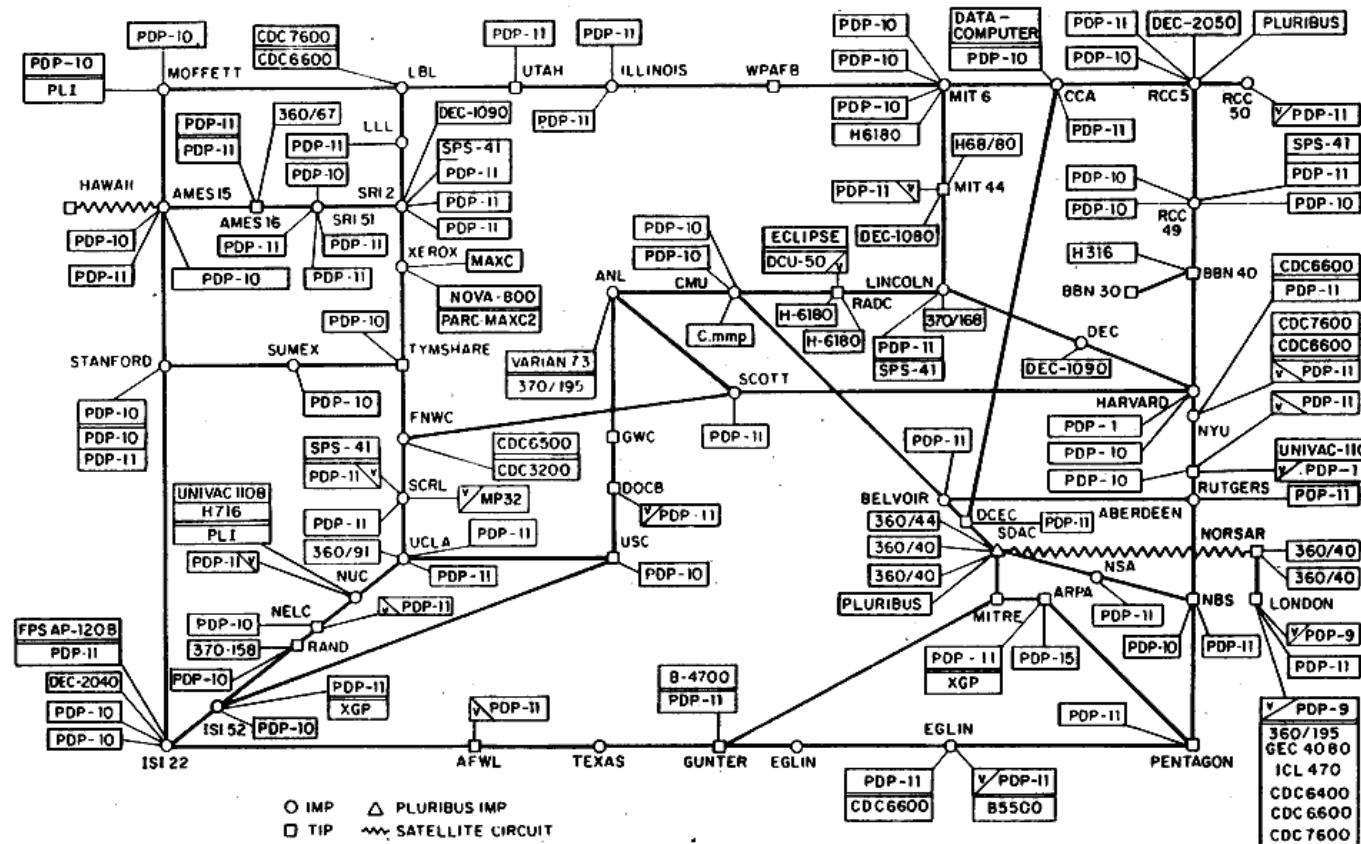
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Internet en 1977

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE HOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

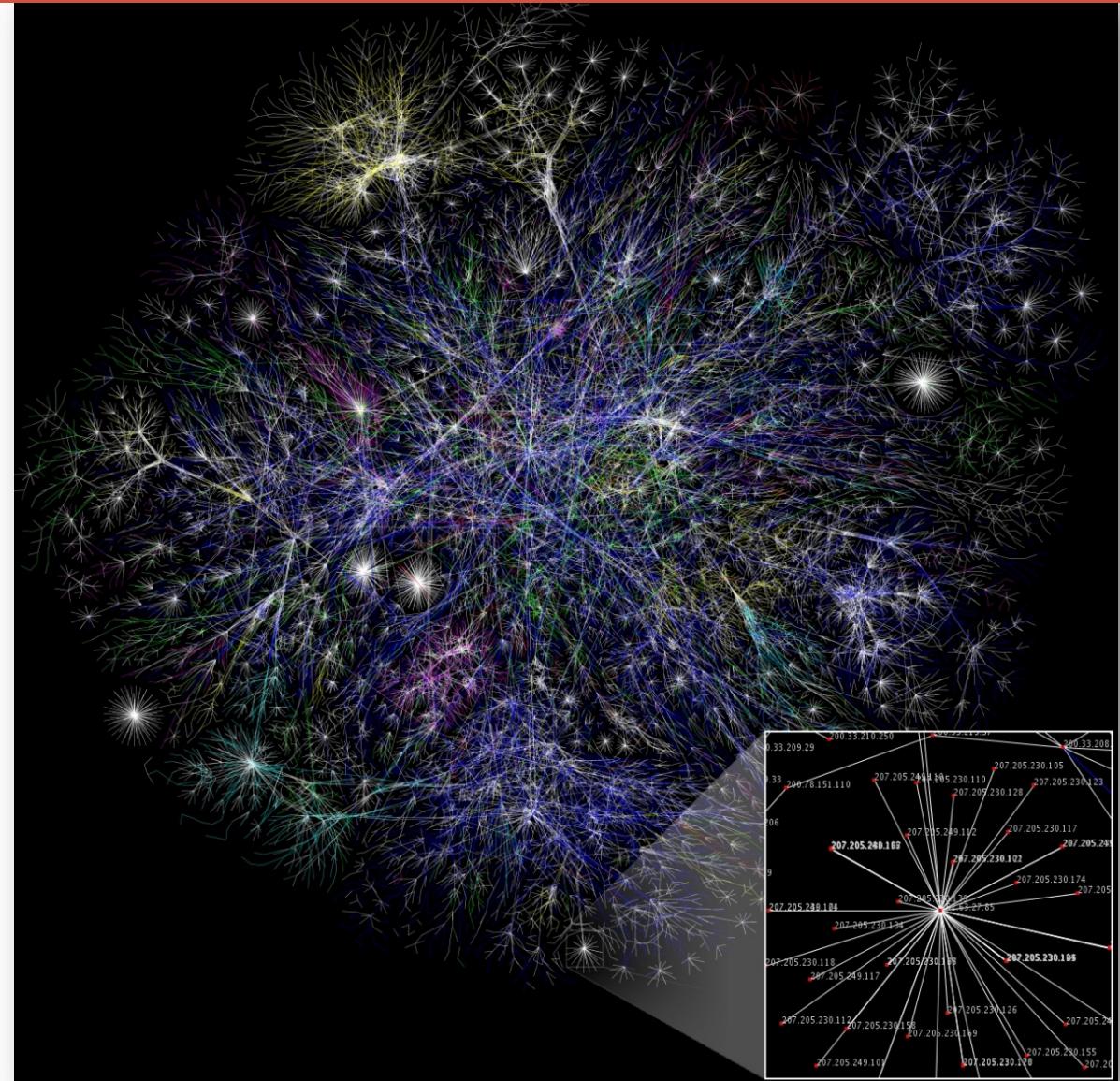
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Internet en 2005

- Mapa parcial de Internet basado en la información obtenida del sitio [opte.org](http://opte.org) el 15 de enero de 2005.
- Cada línea dibujada entre dos nodos representa el enlace entre dos [direcciones IP](#).
- La longitud de las líneas es proporcional al tiempo de espera entre los nodos.
- La imagen representa 30% de las redes [tipo C](#) accesibles a el programa de colección de datos de 2005.
- El color de las líneas <https://es.wikipedia.org/wiki/Internet> corresponde a su clasificación [RFC 1918](#) de la siguiente manera:
  - Azul oscuro: net, ca, us
  - Verde: com, org Rojo: mil, gov, edu
  - Amarillo: jp, cn, tw, au, de
  - Magenta: uk, it, pl, fr
  - Dorado: br, kr, nl
  - Blanco: desconocido



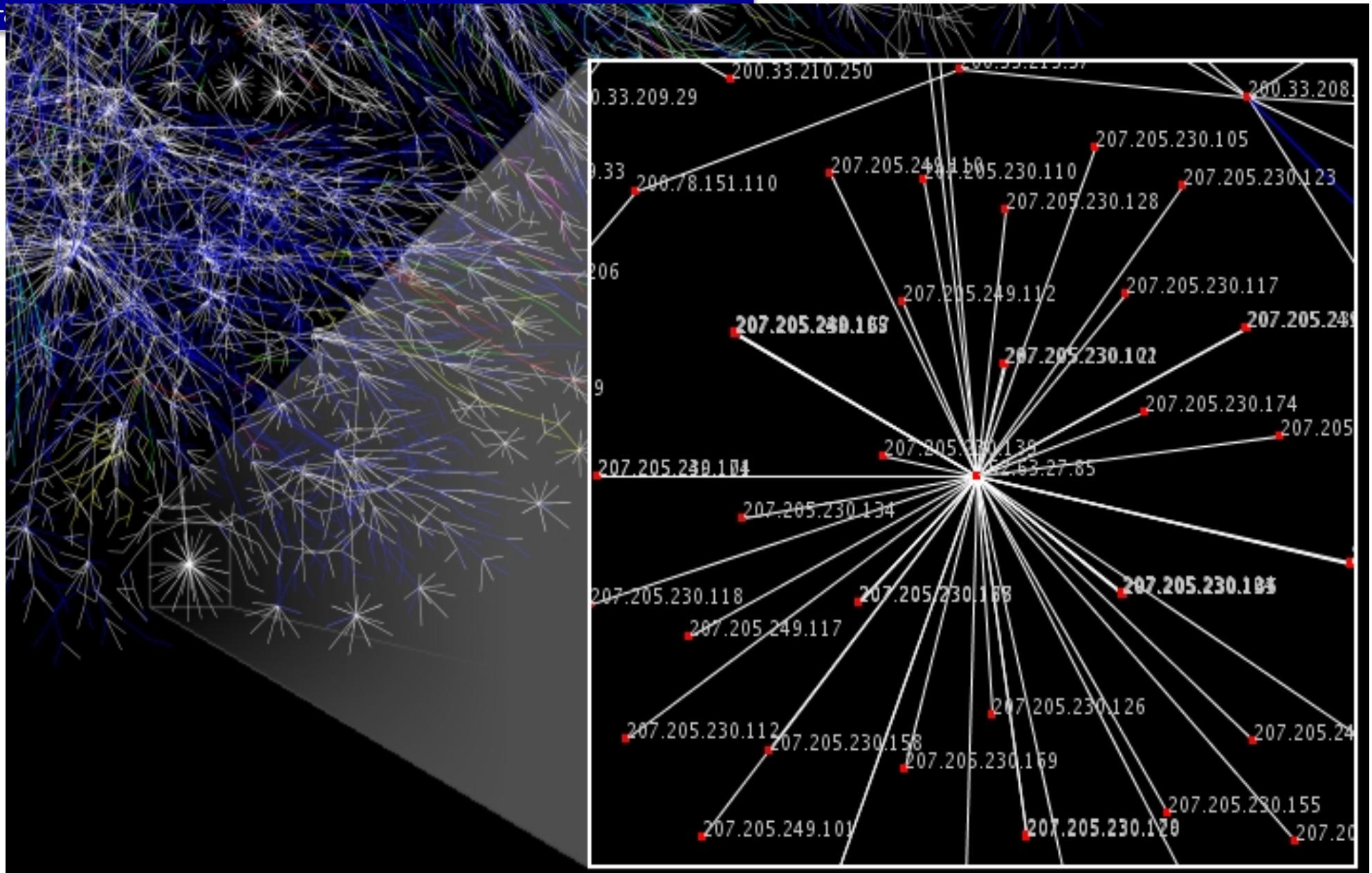
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

T



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

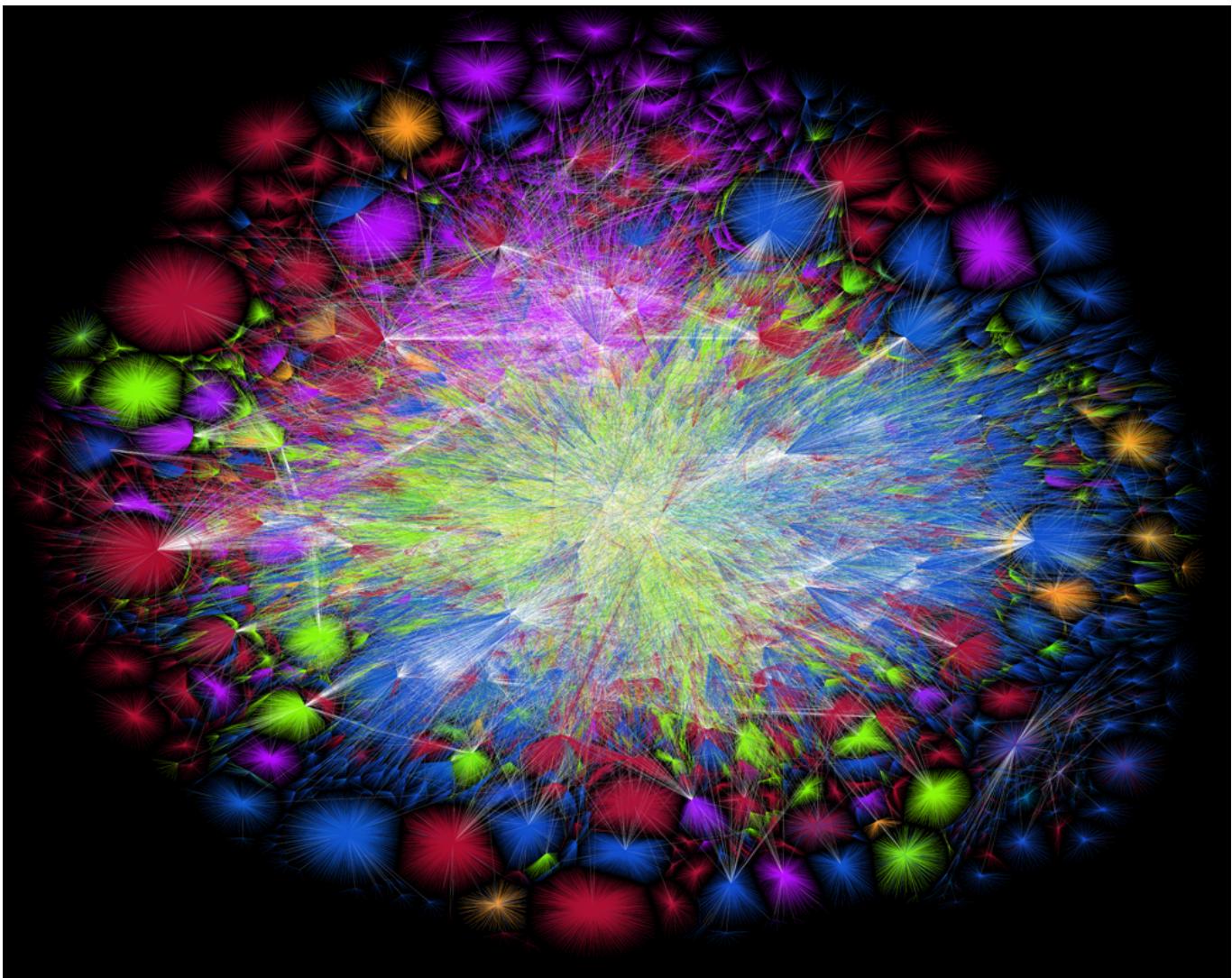
Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# THE INTERNET 2015

[www.opt.org](http://www.opt.org)

Julio 2015

- Cada línea dibujada entre dos nodos representa el enlace entre dos direcciones IP.
- La longitud de las líneas es proporcional al tiempo de espera entre los nodos.
- El color de las líneas corresponde a su clasificación RFC 1918 de la siguiente manera:



North America (ARIN)

Europe (RIPE)

Latin America (LACNIC)

Asia Pacific (APNIC)

Africa (AFRINIC)

"Backbone" (highly connected networks)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Vinton Cerf

Vinton 'Vinton' Gray Cerf (New Haven, Connecticut, Estados Unidos, 23 de junio de 1943) es un científico de la computación estadounidense, considerado uno de los 'padres' de Internet. Se graduó en matemáticas y ciencias de la computación en la Universidad de Stanford (1965). Durante su estancia posterior en la Universidad de California (UCLA) obtuvo la maestría en ciencias y el doctorado.

índice [ocultar]

- 1 Biografía
- 2 Premios y honores
- 3 Referencias
- 4 Enlaces externos

### Biografía [editar]

Cuando solo tenía 25 años trabajó en el motor de cohete F-1 que sirvió para propulsar el cohete *Saturno V* que viajó a la luna, y a principios de los años 70 comenzó a desarrollar con Robert Kahn un conjunto de protocolos de comunicaciones para la red militar, financiado por la agencia gubernamental DARPA. El objetivo era crear una "red de redes" que permitiera interconectar las distintas redes del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, todas ellas de diferentes tipos y que funcionaban con diversos sistemas operativos, con independencia del tipo de conexión: radioenlaces, satélites y líneas telefónicas.

Las investigaciones, lideradas por Vinton Cerf, primero desde la Universidad de California (1967-1972) y posteriormente desde la Universidad de Stanford (1972-1976), llevaron al diseño del conjunto de protocolos que hoy son conocidos como TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), que fue presentado por Vinton Cerf y Robert Kahn en 1972.

Entre 1976 y 1982, trabajando en DARPA, fue pionero en el desarrollo de la transmisión por radio y satélite de paquetes, responsable del proyecto Internet y del programa de investigación de seguridad en la red. Siempre preocupado por los problemas de conexión de redes, Cerf estableció en 1979 la Internet Configuration Control Board (que posteriormente se denominó Internet Activities Board), y fue su primer presidente.

Entre 1982 y 1986, Cerf diseñó el MCI MAIL, primer servicio comercial de correo electrónico que se conectaría a Internet.

En 1992 fue uno de los fundadores de la Internet Society y su primer presidente.

Actualmente Vinton Cerf es el vicepresidente mundial y Chief Internet Evangelist de Google. Es miembro del Consejo Asesor Internacional del Centro Cultural Internacional Oscar Niemeyer de Avilés, Asturias.

### Premios y honores [editar]

- 2004, Premio Turing (compartido con Robert Kahn)
- 2002, Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica (compartido con Lawrence Roberts, Robert Kahn y Tim Berners-Lee)
- 2008, Premio Japan Prize
- Doctor Honoris Causa por la Universidad Politécnica de Cartagena (España)
- Doctor Honoris Causa por la Universidad de Zaragoza (España)<sup>1</sup>
- Doctor Honoris Causa por la Universidad de las Islas Baleares (España)<sup>2</sup>
- Doctor Honoris Causa por la Universidad Rovira i Virgili (España)<sup>3</sup>
- Doctor Honoris Causa por la Universidad Politécnica de Madrid (España)<sup>4</sup>

Vinton Cerf



Vinton Cerf en 2016

#### Información personal

Apodo	Vint Cerf
Nacimiento	23 de junio de 1943 (75 años) New Haven, Estados Unidos
Residencia	Connecticut
Nacionalidad	Estadounidense

#### Educación

Educado en	Van Nuys High School Presentación (hasta 1961) Universidad Stanford (B.S. en Matemáticas; hasta 1965) Universidad de California en Los Ángeles (M.S. en Ciencias de la Computación; hasta 1970) Universidad de California en Los Ángeles (Ph.D. en Ciencias de la Computación; hasta 1972)
------------	--

Supervisor doctoral	Leonard Kleinrock y Gerald Estrin
---------------------	-----------------------------------

Alumno de	Leonard Kleinrock
-----------	-------------------

#### Información profesional

Ocupación	Informático teórico, ingeniero, profesor universitario,...
-----------	--

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

TRABAJÓ CON VINTON CERF EN LA CREACIÓN DE LA RED

# Judy Estrin, la ingeniera olvidada que ayudó a crear internet de la nada

Cuando Vint Cerf creó los protocolos TCP/IP, Judy Estrin los puso a prueba. Tras cofundar varias 'startups' para impulsar la red, esta emprendedora sigue promoviendo la innovación



Judy Estrin

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

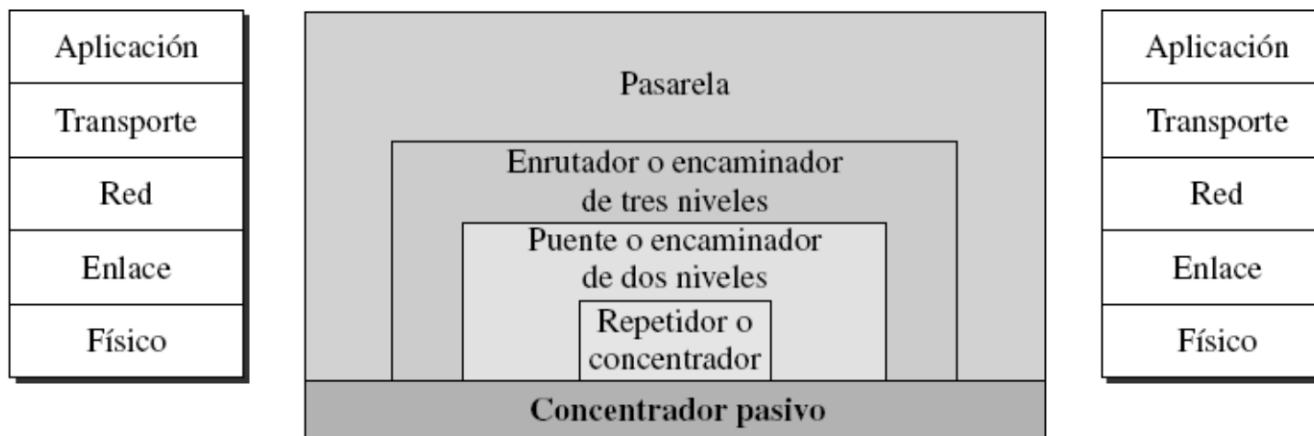
**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Interconexión de Redes

- Las redes de área local no se encuentran normalmente aisladas
  - Conexiones entre segmentos de una misma LAN, a otras LAN o a Internet
- Los dispositivos de interconexión operan a distintos niveles
- Dispositivos de Conexión
  - Cinco categorías dependiendo del nivel al que operen en la red



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

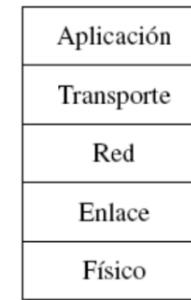
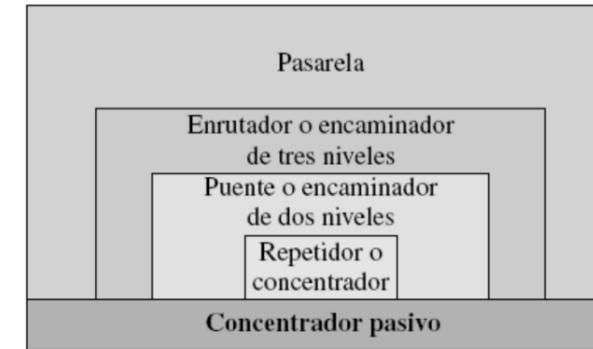
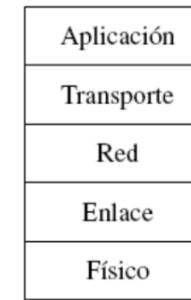
**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Interconexión de Redes

- Nivel Físico
  - Repetidor
  - Concentrador (Hub)
- Nivel de Enlace
  - Puente (Bridge)
    - Transparente
      - De aprendizaje
      - De traducción
    - Conmutador (Switch) N2
  - Nivel de Red
    - Router IP, pasarela (Gateway)
  - Nivel superior
    - Pasarela (Gateway)



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

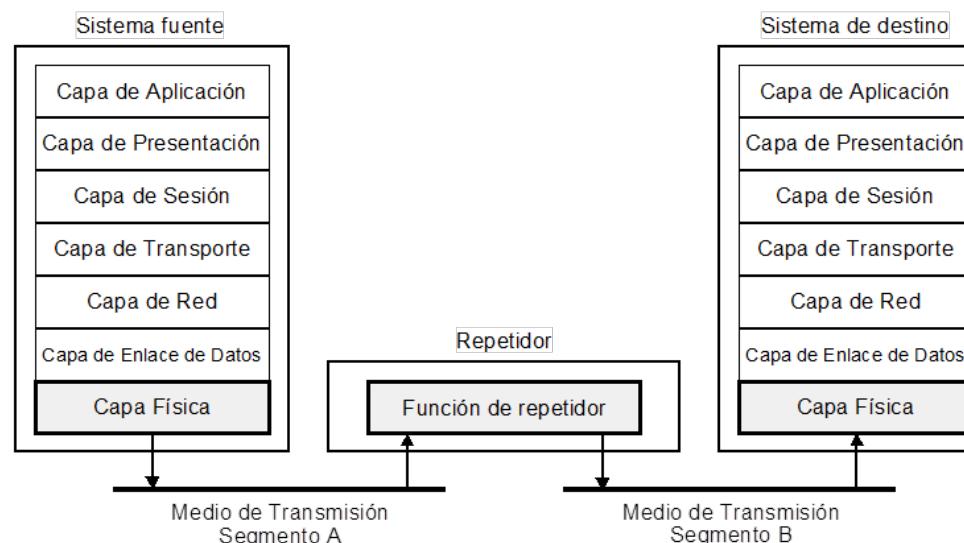
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Interconexión a Nivel Físico

## • REPETIDORES - HUBS

- Amplifican señales eléctricas cuando se usan cables largos (no sólo cables, sino también otros medios de transmisión física).
- Sólo copian los bits que reciben por su entrada en su(s) salida(s).
- Limitaciones
  - Tienen límites de distancia
  - No interconectan redes de diferentes tipos (ej: cable coaxial, fibra óptica)
  - No realizan gestión de red
    - No es posible hacer una distribución del tráfico
    - No es posible introducir seguridad



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

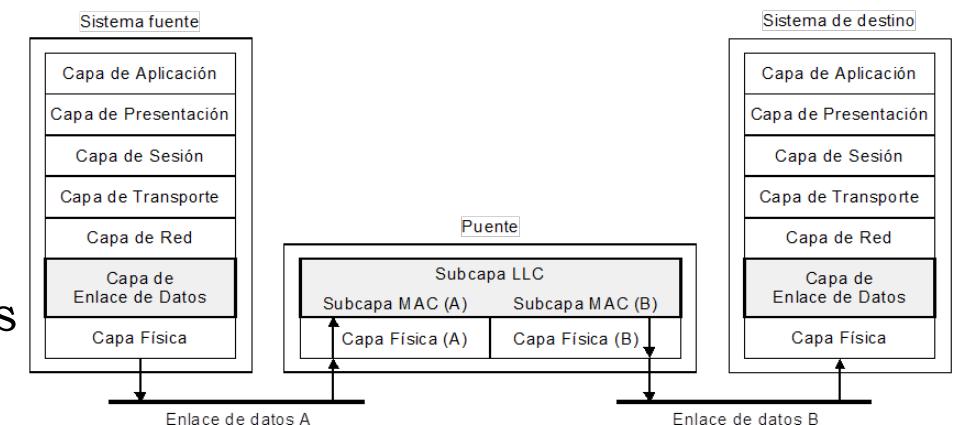
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Interconexión a nivel de enlace

## • PUENTES (*BRIDGES*)

- Tienen implementado hasta el nivel de Enlace de Datos.
- Son dispositivos de Almacén y Envío.
  - Aceptan una trama, verifican checksums, la analizan y se devuelve a la capa física para envío a la otra subred.
- Las redes interconectadas se consideran una sola subred.
- Ventajas
  - Segmentación red
  - Fiabilidad
  - Seguridad
- Tipo de puentes:
  - Transparentes
    - Interconectan redes iguales
    - Dos tipos
      - » Básicos
      - » De aprendizaje (Aísla tráfico)
  - De Traducción
    - Conecta redes con protocolos diferentes a nivel de enlace (o MAC en el caso de las LAN).
    - Antes de reenviar las tramas realiza la conversión de protocolos que sea necesaria.



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

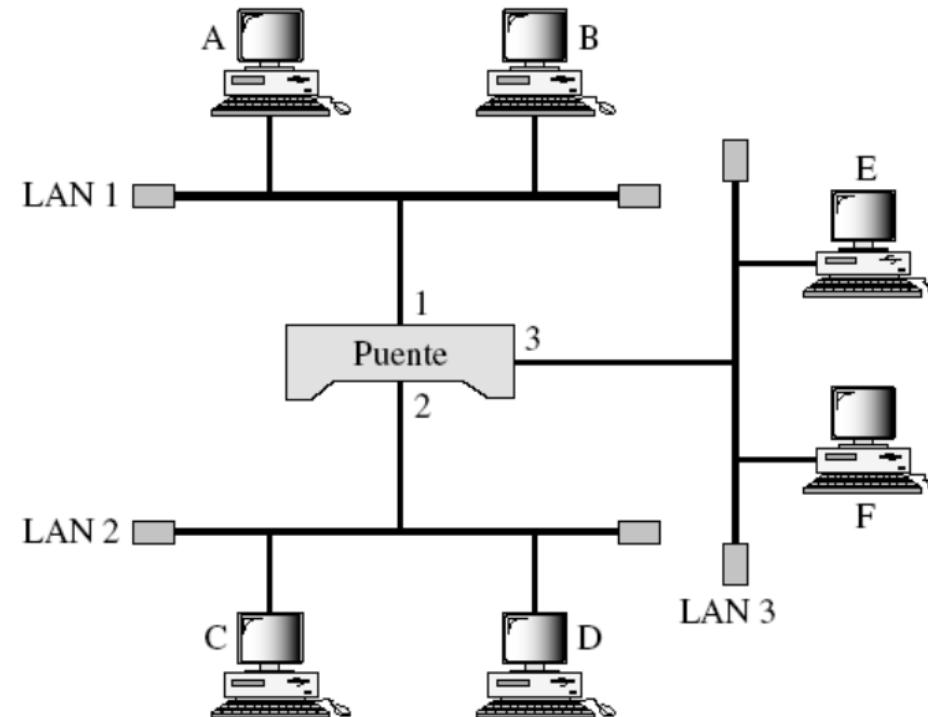
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Interconexión a nivel de enlace

## Puentes transparentes de aprendizaje:

- Tiene capacidad de **filtrado** (decide enviar o eliminar la trama)
- Decide por qué puerto realizar el envío
  - Mantiene tabla interna que relaciona direcciones y puertos



Dirección	Puerto

a. Original

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

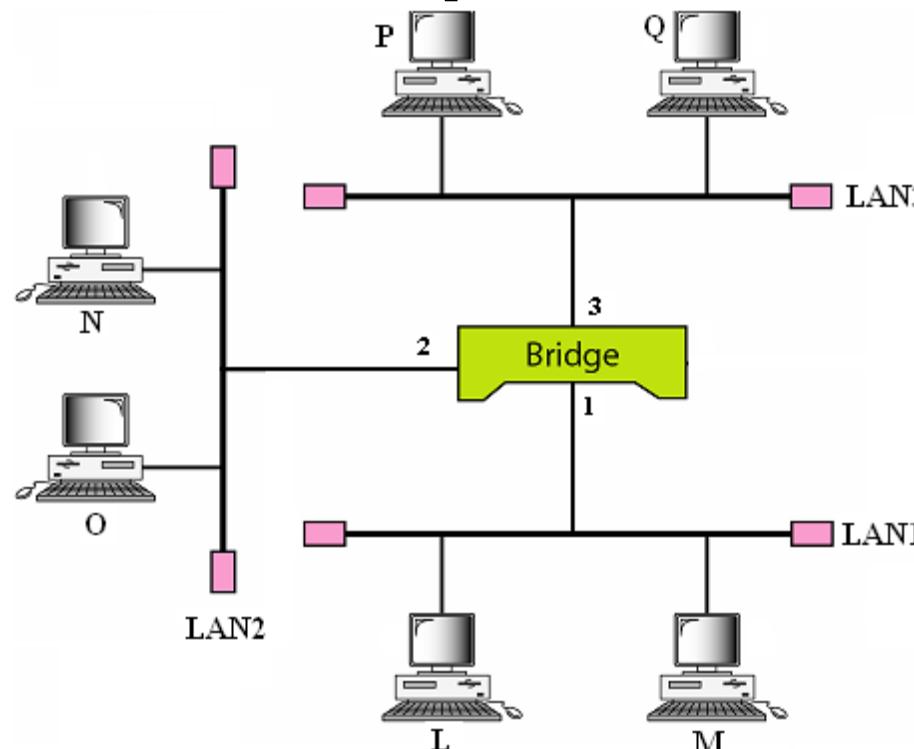
## Ejercicio de puentes transparentes de aprendizaje

2. Dada las siguientes redes conectadas con un puente transparente

a) Indique acciones se producen ante las siguientes transmisiones (no hay respuestas):

1. P envía a M
2. N envía a L
3. Q envía a O
4. M envía a N

b) ¿Qué pasa si P envía a Q suponiendo que la tabla del puente está tiene una entrada para cada uno de los hosts?



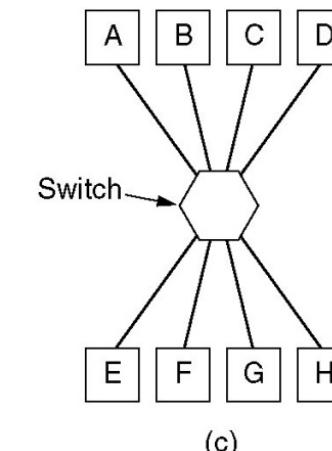
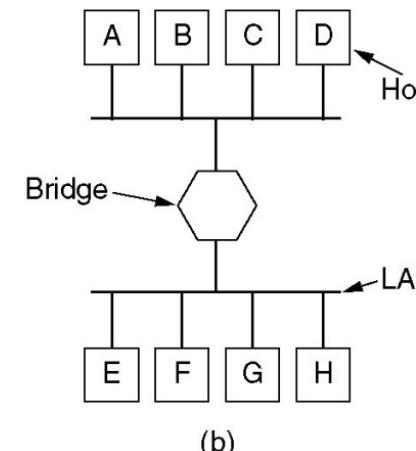
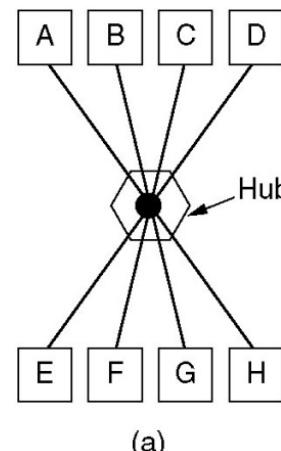
# Interconexión a nivel de enlace

- CONMUTADORES (SWITCHES) N2

- Como el puente: nivel de enlace
- Pero habitualmente

- Un conmutador interconecta ordenadores
- Un puente interconecta redes locales
- Sólo se procesa la trama de nivel de enlace para distribuir el tráfico, pero no se controla errores

- Hub vs Bridge vs Switch



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Interconexión a nivel de enlace

- Teóricamente un puente de traducción debe ser capaz de conectar LANs usando distintos protocolos a nivel de enlace, sin embargo hay que considerar los siguientes aspectos:
  - Dificultades para conectar LANs 802.X de distinto tipo
  - Reformatear trama y calcular nuevo CRC.
  - Invertir el orden de los bits.
  - Inventarse o desechar bits en algunos campos.
    - Generar una prioridad ficticia.
    - Desechar la prioridad.
  - Problema con la congestión, de una red rápida a una lenta.
  - El intercambio de ACK retrasado o imposible.
  - Problema muy grave, trama demasiado larga para el destino
    - La fragmentación y el ensamblado no está implementada a nivel de enlace

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

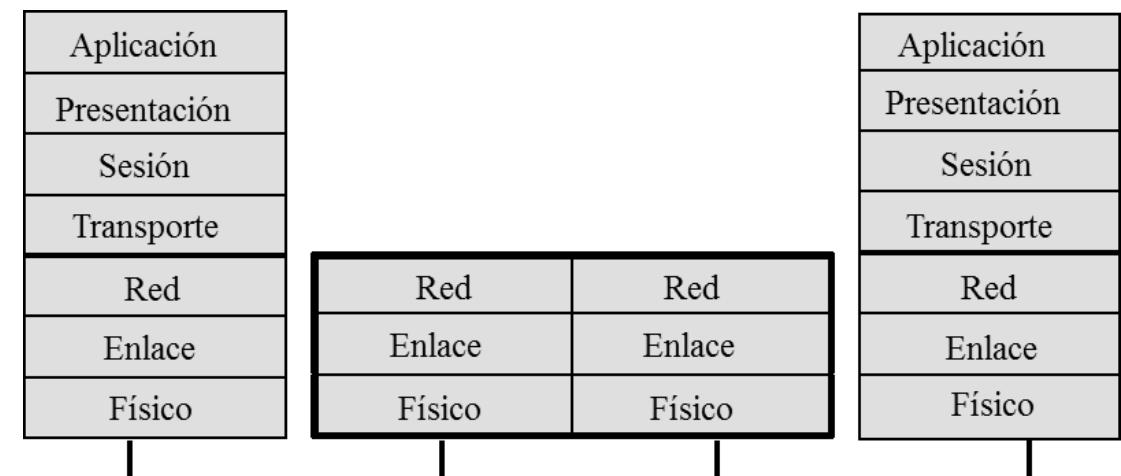
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Interconexión a nivel de Red: Encaminador (*router*)

- Es un dispositivo que opera en el nivel de red
  - Puede determinar el mejor camino a través de una serie de enlaces de datos para ir desde una red fuente a una red destino
- Es un dispositivo de propósito específico
  - Se dedica a interconectar redes
  - Para la red, un router es un nodo más
- Un router puede conectar
  - Una LAN con una WAN
  - Dos LANs
  - Dos WANs



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Interconexión por encima del nivel de Red

- Pasarelas (gateways)
  - Se usa para hacer referencia a un sistema que opera por encima del nivel de Red (pero a veces es usado como sinónimo de router).
  - Una ventaja decisiva es que puede conectar redes con formatos de direccionamiento distintos.
  - Realizan funciones de conversión entre protocolos desde el nivel de Red
  - Pasarelas que operan a nivel de transporte:
    - Suelen ser multiprotocolo
    - Ejemplo: conexión de una red TCP/IP con una red ATM
    - Se pueden usar para conexiones a redes WAN
  - Pasarelas que operan a nivel de aplicación:
    - Ejemplo: envío de correo electrónico entre máquinas que usan sistemas de correo diferente
      - Envío de un mensaje de correo electrónico a un teléfono móvil vía SMS

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

- Servicios y Protocolo IPv4
- Protocolos de Resolución de Direcciones
- Protocolo de control y notificación de errores
- Protocolos de encaminamiento dinámico

# **EL PROTOCOLO DE INTERNET (IPV4)**

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

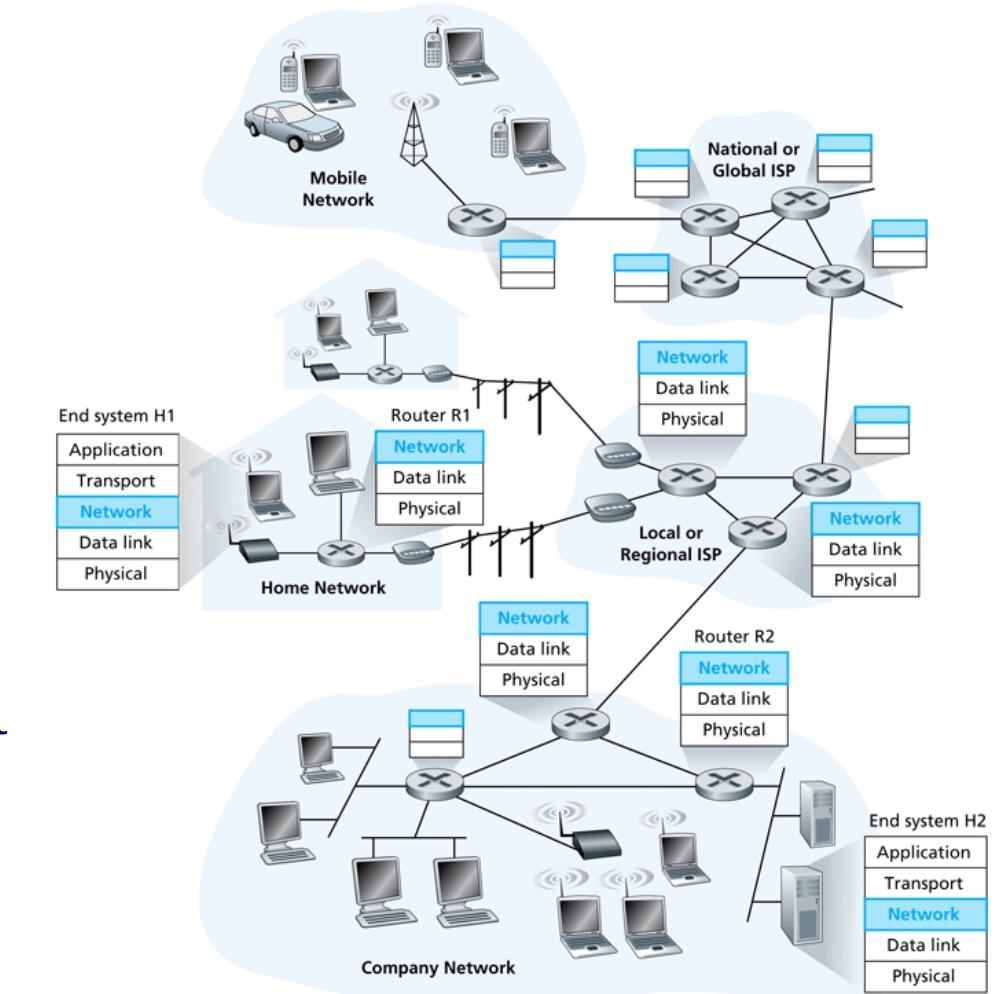
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Internet Protocol (IP) version 4

- Objetivo básico:
  - **Enviar** los paquetes del nodo emisor al nodo receptor a través de una red de conmutación de paquetes
  - Dado que puede haber varias rutas posibles, la capa de red es la encargada del **encaminamiento**



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

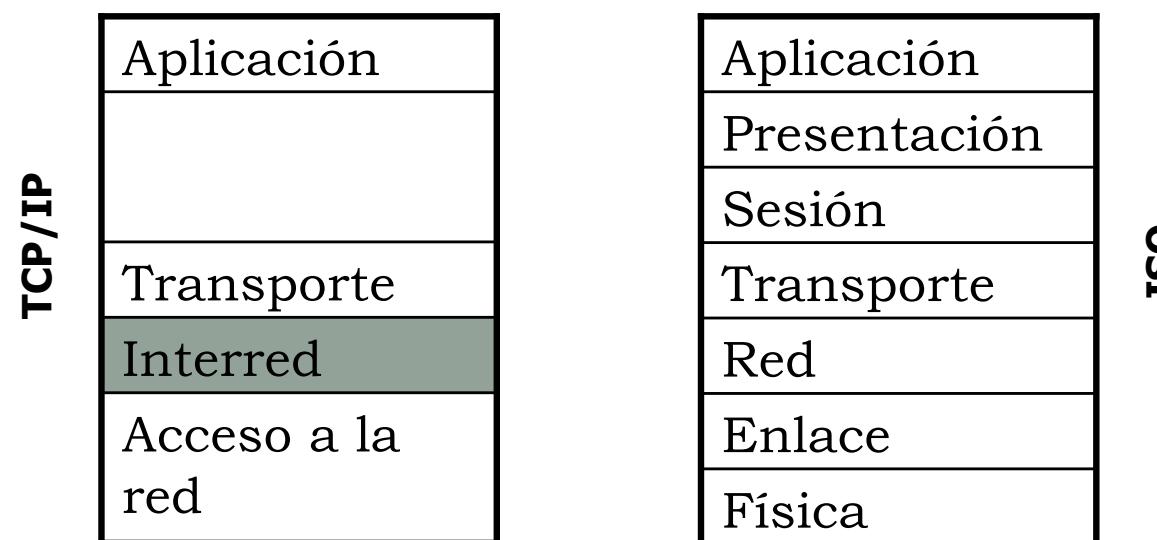
**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## El protocolo IP

- El protocolo interred (*Internet Protocol o IP*), RFC 791
  - Es el corazón de TCP/IP y es el protocolo más importante de la capa de red
  - IP facilita el servicio de reparto básico de paquetes de las redes TCP/IP



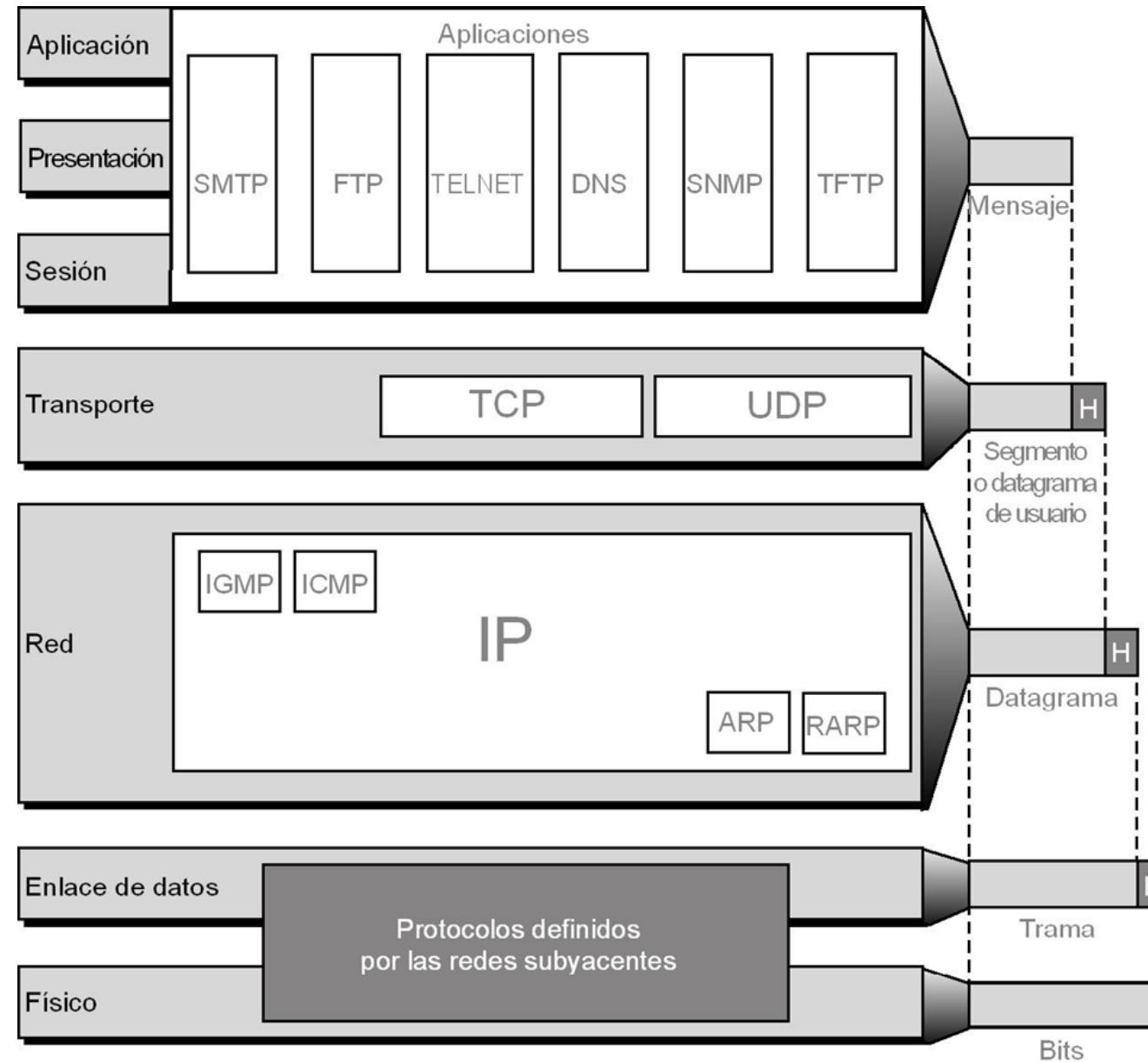
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## El protocolo IP

- Es un protocolo sin conexión
  - Deja en manos de las capas superiores el establecimiento de la conexión si se requiere un servicio orientado a la conexión
- IP también deja en manos de otras capas la verificación de datos y la recuperación de errores
  - Detecta errores pero no hace nada por recuperarse de ellos. Los routers descartan los paquetes
  - Los protocolos de otras capas han de proporcionar control de errores si éste es requerido
- (Primitivas) Servicio IP

Send

- R\_DATOS.**petición**(Origen, Destino, Datos, Calidad de servicio)

Recv

- R\_DATOS.**indicación**(Origen, Destino, Datos, Calidad de servicio)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

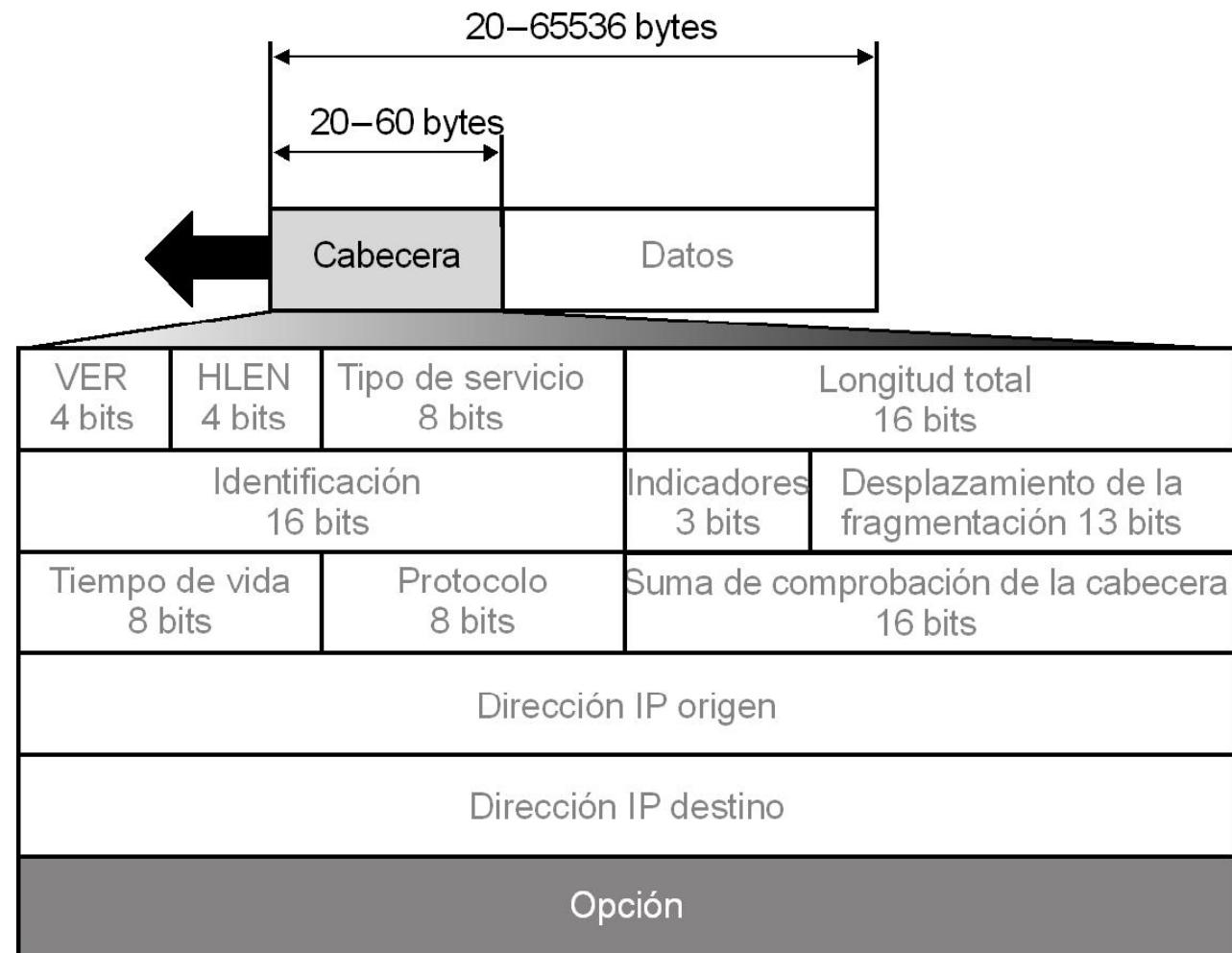
Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Funciones del protocolo IP

- Las funciones básicas son:
  - Definir el datagrama, que es la unidad básica de transmisión
  - Definir el esquema de direccionamiento
  - Trasladar los datos entre las capas de acceso a la red y las capas de transporte
  - Encaminar datagramas a ordenadores remotos
  - Fragmentación y reensamblado de datagramas
  - Control de congestión
    - Descarte de paquetes

# Datagramas IP

- Los paquetes se denominan datagramas
- Estructura
  - Contiene una cabecera y los datos
  - La cabecera tiene una parte fija de 20 bytes y una parte variable



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## El datagrama IP

- Campos (longitudes expresadas en bits)
  - Versión (4): versión del protocolo
  - Longitud de la cabecera (4): HLEN:
    - Longitud total de la cabecera del datagrama en palabras de 4 bytes
    - Es necesario porque la longitud de la cabecera es variable (20-60 bytes) → (HLEN 5-15)
  - Tipo de servicio (8): parámetros de velocidad, prioridad, retardo, rendimiento
  - Longitud total (16): longitud del datagrama. El máximo valor es 65535 bytes

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## El datagrama IP

- Campos fragmentación/reensamblado
  - Identificación (16): identifica de forma única al datagrama
  - Flags (3)
    - DF (1): *don't fragment*
    - MF (1): *more fragments*. Todos los fragmentos menos último lo tienen activado
    - Un bit no usado
  - *Offset* del fragmento (13): indica a qué parte del datagrama pertenece el fragmento (el desplazamiento real se obtiene multiplicando por 8).
- Tiempo de vida (8): contador para limitar la vida de los paquetes
  - Almacena una marca de tiempo que se va decrementando en cada salto
  - El datagrama se descarta cuando llega a 0
  - Controla el número máximo de saltos

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

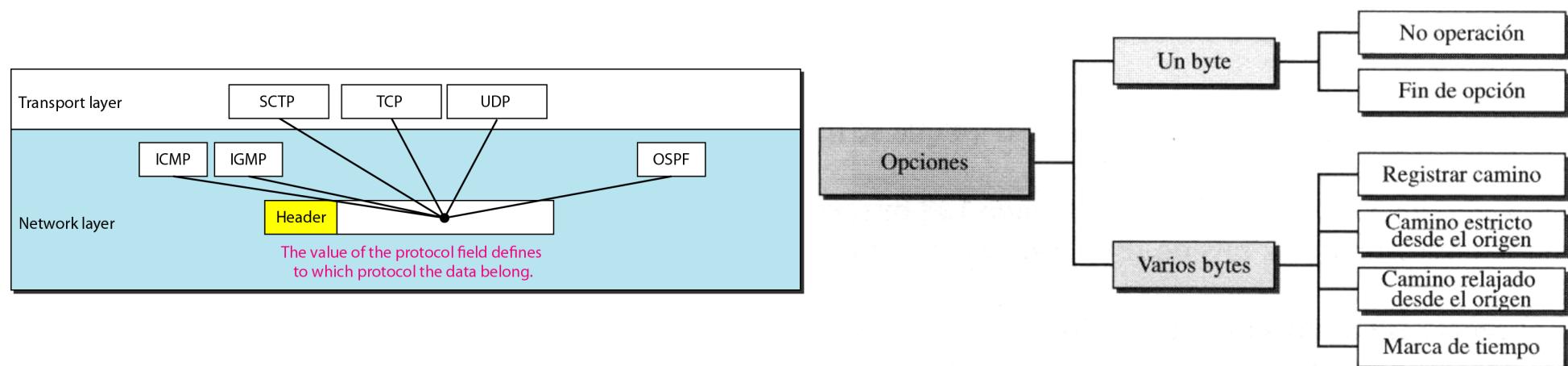
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# El datagrama IP

- Campos
  - Protocolo
    - Del nivel superior. Indica a qué elemento de la capa de transporte hay que entregar el datagrama (TCP ó UDP)
  - *Checksum* de la cabecera: se recalcula en cada salto (*hop*)
  - Opciones
    - Tamaño variable (máx. 40 bytes)
    - Útiles para probar y depurar la red



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

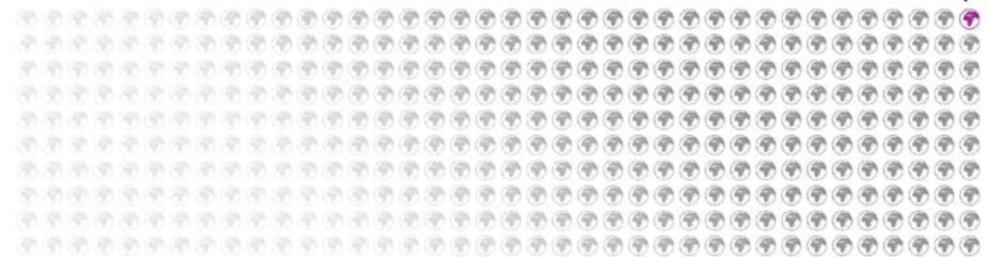
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

- Las direcciones IPv4 son únicas e universales
- Una dirección IPv4 tiene una longitud de 32 bits
- El espacio de direcciones es  $2^{32}$  (4.294.967.296)

IPv4



Jan Schaumann

@jschauma



IPv6

Don't believe there's nothing as permanent as a temporary solution? Vint Cerf chose 32 bits for IPv4 in 1976: "enough to do an experiment"

3:16 AM - 31 Mar 2014

◀ 194 ❤ 95

¿No creen que no hay nada tan permanente como una solución temporal? Vint Cerf eligió 32 bits para IPv4 en 1976 : " lo suficiente como para hacer un experimento"

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Direcciones IP

- Tres tipos de direcciones:
  - Unicast (individual – uno)
  - Multicast (grupo – muchos)
  - Broadcast (difusión – todos)
- Notaciones:
  - Binaria
  - Decimal-punto (punto decimal)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Direccionamiento IP

- El encaminamiento en IP es un **encaminamiento jerárquico**
  - Encaminamiento basado en el direccionamiento jerarquizado.
  - En IP se realiza una jerarquía de encaminamientos de dos niveles, según la cual una dirección IP se divide en una parte para la red y otra para el host (dispositivo).
    - <id. Red><id.host>
  - Los routers usan únicamente la parte de la red hasta que un datagrama IP llega a un router que puede entregar el paquete directamente.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

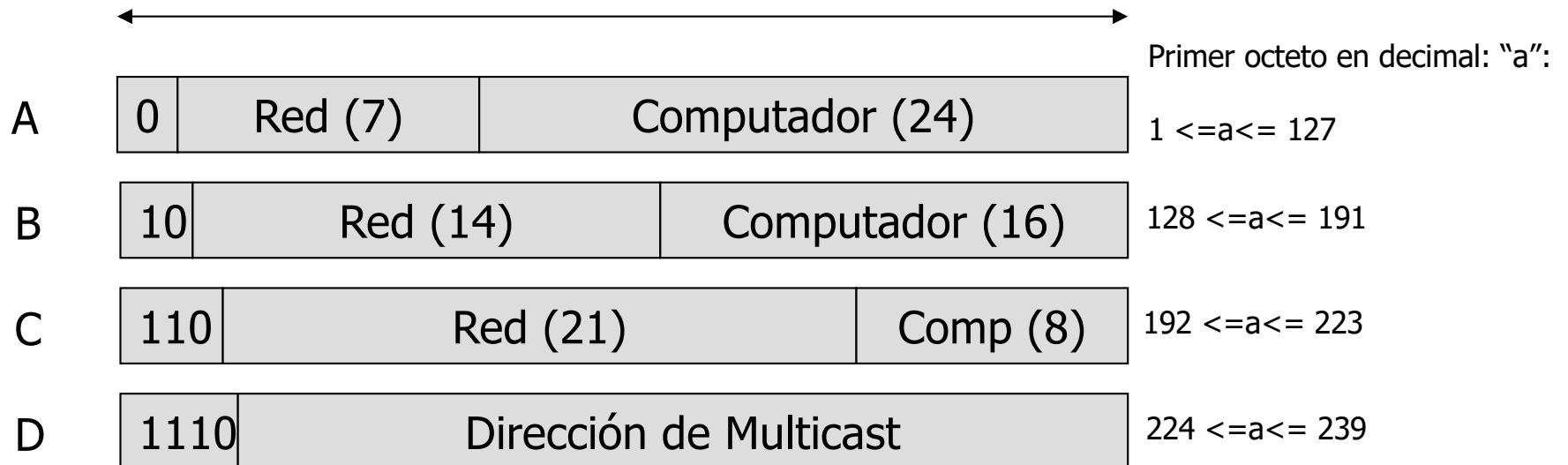
## Direccionamiento

- Formatos de direcciones IP

- Clases:

- El espacio de direcciones se divide en 5 clases A, B, C, D y E (no se usa)

32 bits



- Las direcciones de red son asignadas por el ICANN

- *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*

- Delega partes del espacio de direcciones a entidades regionales

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Notaciones IP - Representación

- Binaria
  - La dirección IP se muestra como 32 bits
- Notación Decimal-punto
  - Se separan por puntos en 4 grupos de 8 bits. Cada grupo se representa en decimal (0-255)
    - #C0290614 -> 192.41.6.20

10000000	00001011	00000011	00011111
----------	----------	----------	----------

128.11.3.31

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Direccionamiento

- Direcciones IP especiales

00000000000000000000000000000000

La máquina local : 0.0.0.0

Red

0000 . . . 0000

Identificador de Red Ej: clase B a.b.0.0

0000 . . . 00000

Host

Una máquina en la red local Ej: clase B 0.0.c.d

11111111111111111111111111111111

Broadcast en la red local: 255.255.255.255

Red

1111 . . . 1111

Broadcast en una red remota  
Ej: clase B a.b.255.255

127

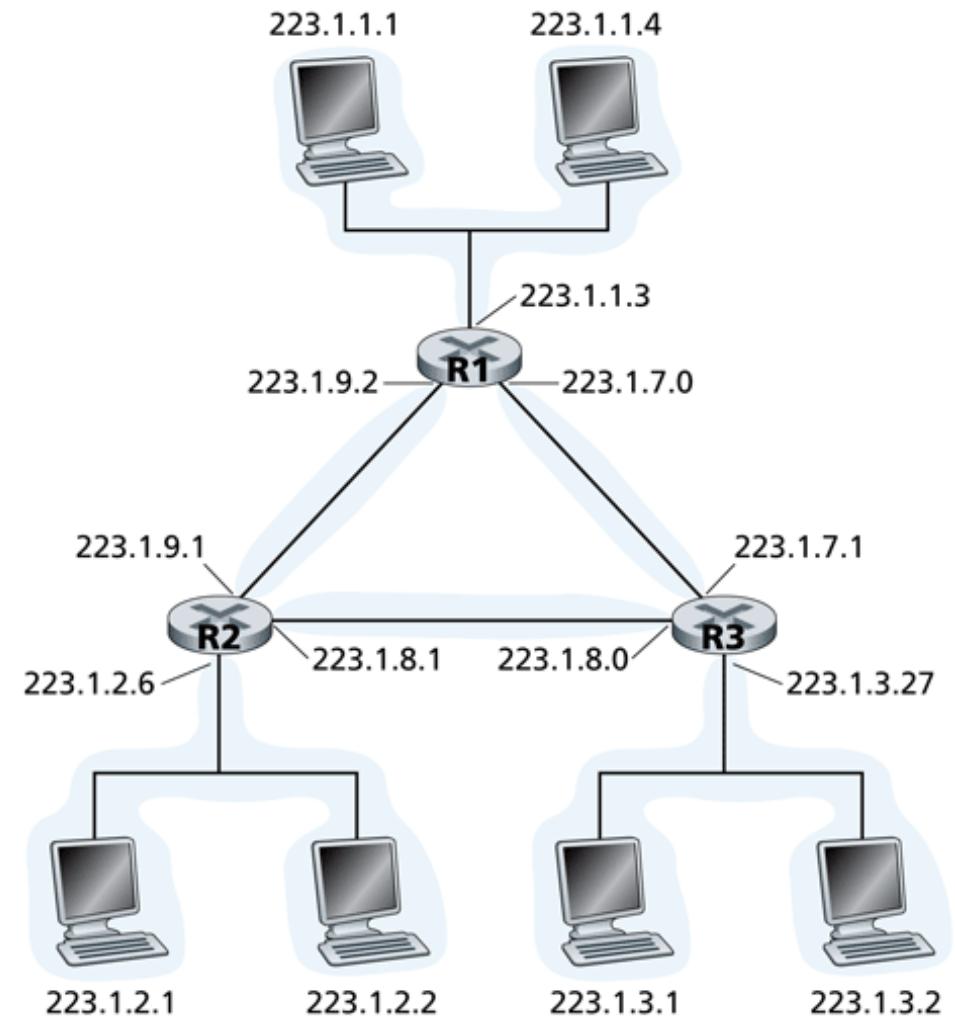
(irrelevante)

Test loopback Ej: 127.0.0.1

# Subredes

- Motivación

- Cuando una red se compone de varias subredes, usar directamente direcciones tipo A, B o incluso C puede ser ineficiente



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Subredes

- Idea básica:
  - Se puede dividir un bloque de direcciones (de clase A, B o C) en varios grupos de direcciones más pequeños
  - Se usan varios bits del identificador de host para constituir un identificador de subred
  - Si tomo ‘n’ bits, entonces puedo definir  $2^n$  subredes
  - Asignar cada grupo a redes más pequeñas → subredes
  - El tamaño de cada subred disminuye según el número de bits asignados para identificador de subred
  - Máscara de subred
    - Patrón de 0s y 1s para calcular el identificador de subred a la que pertenece un equipo
- Ventaja:
  - No hace falta pedir nuevas direcciones al ICANN
  - Aprovechamiento de direcciones IP

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

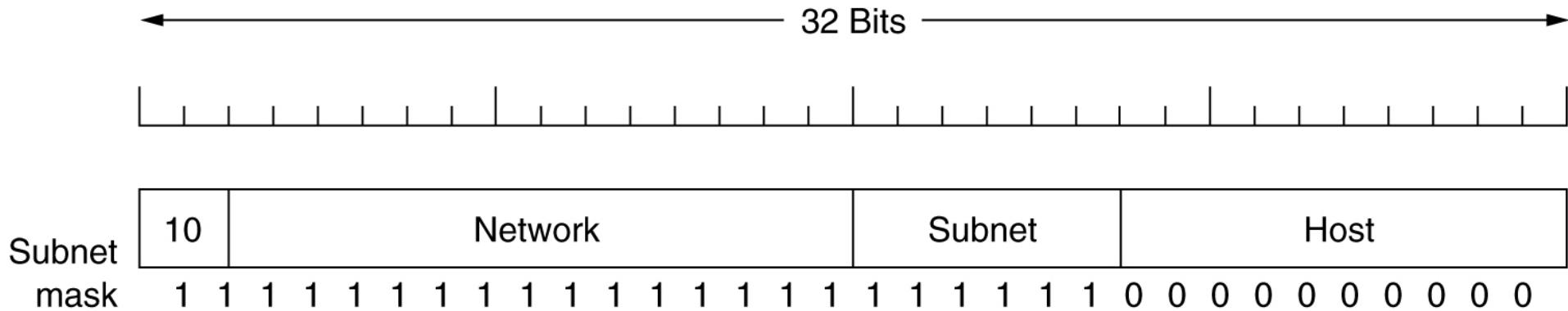
**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Subredes: máscara de subred

- Ejemplo:
  - dirección de clase B dividida en 64 subredes



- Notación prefijo (CIDR)
  - Máscaras de bits contiguos
  - Notación identificador de subred: a.b.c.d/prefijo
    - Ej: 159.110.128.0/18

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Subredes

- Ejemplo

IPdestino: 192.228.17.57

	Representación Binaria	Representación Decimal
Dirección IP	11000000.11100100.00010001.00111001	192.228.17.57
Máscara de subred	11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224 (equivale a prefijo /27)
Operación AND de dirección y máscara	11000000.11100100.00010001.00100000	192.228.17.32
Número/Identificador de subred	11000000.11100100.00010001.00100000	1/192.228.17.0 (hay 8 posibles)
Número/identificador de máquina	00000000.00000000.00000000.00011001	25

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Direccionamiento IP

- La longitud de los identificadores de red/subred dependen de la clase a la que pertenecen (en las clases A, B y C)
- Máscaras por defecto según la clase de dirección

Clase	Binario	Punto-Decimal	Prefijo
A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0	/8
B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0	/16
C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0	/24

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Subredes

- La primera dirección de un bloque NO se asigna normalmente a un dispositivo → se usa como la **dirección de red** que representa la organización ante el resto del mundo
  - Es necesaria para la función de **encaminamiento**
- Número de IPs por subred
  - IH: bits del identificador de host
  - N: bits de extensión (bits de subred)
  - Número IPs/subred:  $IPs = 2^{(IH-N)} - 2$ 
    - No es una IP assignable a un host la dirección de subred (id. de host todo a 0s)
    - No es una IP assignable a un host la dirección de broadcast (id. de host todo a 1s)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

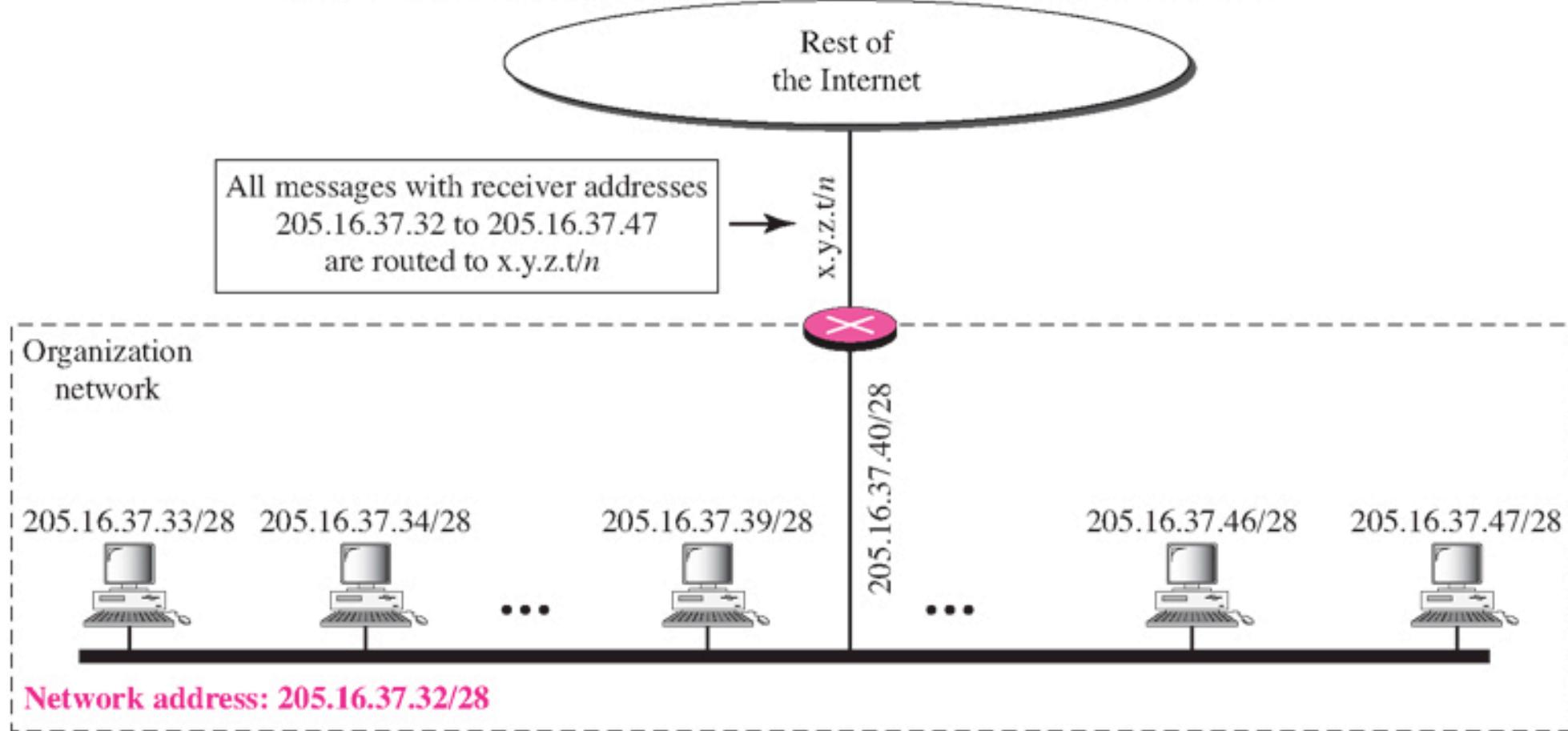
**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Redes

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Ejercicios

1. Encuentra el error (si existe) en las siguientes direcciones IPv4

- a) 111.56.045.78
- b) 221.34.7.8.20
- c) 10.230.3.45
- d) 75.45.301.14
- e) 221.34.7.82
- f) 11100010.23.14.67

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Funciones del Protocolo IP: Encaminamiento con datagramas

- La función más importante de la capa IP es el encaminamiento de datagramas extremo a extremo a través de Internet.
- Características
  - El envío de mensajes mediante datagramas tiene la ventaja de adaptarse fácilmente ante fallos en los nodos
  - Los paquetes serán (relativamente) largos
    - Hay que incluir la dirección de destino en cada datagrama
  - Cada paquete de un mismo flujo de datos se encamina de forma independiente
- Estrategia
  - Cada host o router tiene una tabla de encaminamiento

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Funciones del Protocolo IP: Encaminamiento con datagramas

- El método utilizado por un *router* o un *host* para averiguar la IP a la que debe enviar un determinado datagrama se denomina genéricamente como el “**algoritmo de encaminamiento**”.
- En las tablas de encaminamiento se almacena información sobre los posibles destinos y sobre cómo alcanzarlos.
- Como el esquema de direccionamiento en IP es jerárquico, en las tablas de encaminamiento IP los posibles destinos se identifican por el identificador de red
  - De esta forma se ocultan los detalles de qué *hosts* y cómo están conectados a las diferentes redes y se minimiza el tamaño de las tablas de encaminamiento.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Tabla de Encaminamiento

- El contenido de las tablas de encaminamiento suelen ser pares del tipo  $\langle N, R \rangle$ .
  - Donde  $N$  es un identificador de red y  $R$  es la dirección IP del *router* en el *siguiente salto* para alcanzar dicha red
    - por tanto el *router* debe estar conectado a la misma red física.
- Cuando hay subredes
  - Se incluye como información una columna con la máscara que hay que aplicar para comparar correctamente la dirección destino del datagrama con la dirección destino de la entrada
- Si un router está conectado a varias redes
  - Se necesita el identificador de interfaz de salida, ej: hme0, le1, etc.

Identificador de red/subred	Máscara	Siguiente salto	Identificador de interfaz
-----------------------------	---------	-----------------	---------------------------

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Tabla de encaminamiento: entrada **envío directo**

### 1. La IP destino pertenece a la misma red/subred

- El **envío directo (entrega directa)** es la transmisión de un datagrama desde el host origen hasta el host destino a través de una sola red física (un único enlace – punto a punto o multipunto)
- 2 hosts sólo pueden comunicarse mediante entrega directa si ambos están conectados directamente a la misma red física (por ejemplo, una sola red Ethernet).
- Básicamente en la entrega directa el emisor encapsula el datagrama dentro de una trama de nivel de enlace, transforma la dirección IP destino en una dirección física y envía la trama resultante al destino a través de la interfaz física correspondiente.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Tabla de encaminamiento: entrada **envío indirecto**

- El **envío indirecto (entrega indirecta)** es necesario cuando el *host* destino no está conectado directamente a la red del origen, lo que implica que el datagrama deberá atravesar varias redes físicas, y para ello es necesario atravesar *routers*.
- La entrega indirecta es más compleja ya que hay que determinar:
  - el *host* origen ha de identificar al primer *router* al que debe entregar el datagrama
  - el primer *router* debe identificar cuál será el siguiente *router* al que debe enviar el datagrama, esto también se denomina identificar el “siguiente salto”.
  - La comunicación entre dos *routers* consecutivos de la ruta se realiza siempre mediante entrega directa,
    - Dos *routers* deben estar conectados a la misma red física.
    - A su vez, el último *router* de la ruta que sigue el datagrama debe estar conectado a la misma red física que el *host* destino.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Tabla de encaminamiento: entrada por defecto

- Para simplificar más las tablas de encaminamiento aparece el concepto de “**ruta por defecto**” - *default*.
  - La ruta por defecto contiene la dirección del *router* del siguiente salto al que se deben enviar los datagramas (también denominado *router* por defecto) si tras recorrer la tabla de encaminamiento no se encontró ninguna ruta específica para el identificador de red al que va dirigido el datagrama.
  - La tabla de encaminamiento permite especificar una ruta especial para una *dirección IP (individual o multicast)* en particular.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Ejemplo

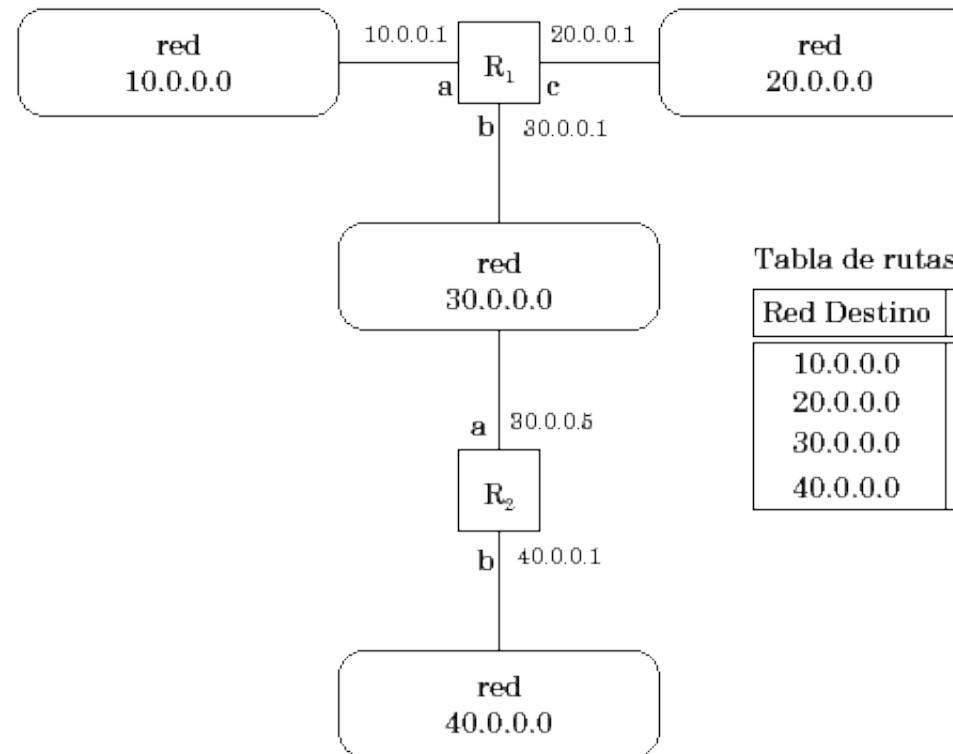


Tabla de rutas de  $R_1$

Red Destino	Enrutar a:	iF
10.0.0.0	Entrega directa	a
20.0.0.0	Entrega directa	c
30.0.0.0	Entrega directa	b
40.0.0.0	30.0.0.5	b

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Algoritmo de Encaminamiento IP

- 1 IF hay ruta específica en el campo de **Opciones** THEN
- 2   Enviar según ruta específica
- 3   RETURN
- 4 ELSE
- 5   Extraer IP destino (IPd) del datagrama
- 6 FOREACH entrada en la Tabla de encaminamiento (hasta entrada por defecto)
- 7   Calcular el Identificador de red (Id\_red) o subred (Id\_subred): IPd AND Mascara
- 8   IF Id\_red o Id\_subred coincide con entrada en la tabla THEN
- 9     IF envío **Directo** THEN
- 10       Enviar a IPd directamente (Usar ARP con IPd para obtener dir. enlace)
- 11       RETURN
- 12     Enviar al **Siguiente Router** con IPr (Usar ARP con IPr para obtener dir. enlace)
- 13     RETURN
- 14 END
- 15 IF entrada por **Defecto** THEN
- 16   Enviar al Router por defecto con IPr (Usar ARP con IPr para obtener dir. enlace)
- 17 ELSE
- 18   Error de encaminamiento (Notificación por parte de ICMP)

IPd AND Mask

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Algoritmo de Encaminamiento IP

- En la mayor parte de implementaciones, el tráfico dirigido a una determinada red desde un *host* origen va a seguir el mismo camino aunque existan diversas posibilidades.
- Los datagramas que viajen de A a B pueden seguir rutas diferentes a los datagramas que viajen de B a A.
- A excepción de la disminución del campo TTL (y el recálculo del checksum de forma oportuna), el encaminamiento no modifica la cabecera del datagrama original.
  - En particular, las direcciones IP origen y destino permanecen fijas durante toda la ruta.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Funciones del protocolo IP: Fragmentación y reensamblado

- Fragmentación de datagramas

- Motivación

- La longitud del datagrama es mayor que la *unidad máxima de transmisión* (MTU) del nivel del enlace de la interfaz de salida

- Solución

- Fragmentar el datagrama en fragmentos de longitud (total de datagrama)  $\leq$  MTU
    - La capa IP ha de ser capaz de fragmentar los datagramas
    - Cada fragmento es un datagrama completo
    - Se deben reensamblar o recomponer el datagrama original antes de entregarlo a la capa de transporte del host destino

- Inconveniente

- Costoso de implementar computacionalmente
    - Coste que incide en el tiempo de entrega del datagrama original

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

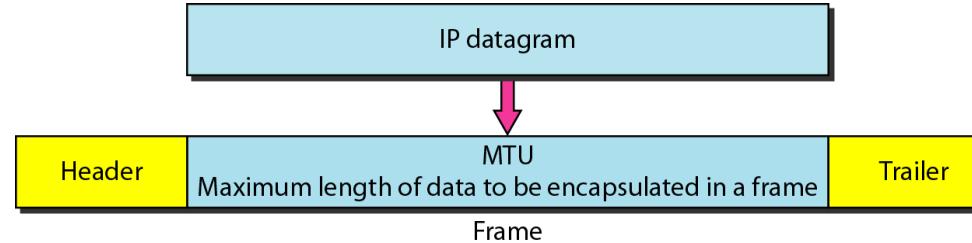
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Fragmentación y reensamblado



- Campos de la cabecera relacionados con la fragmentación
  - Identificador
    - El mismo para todos los fragmentos
  - Indicadores
    - Desplazamiento

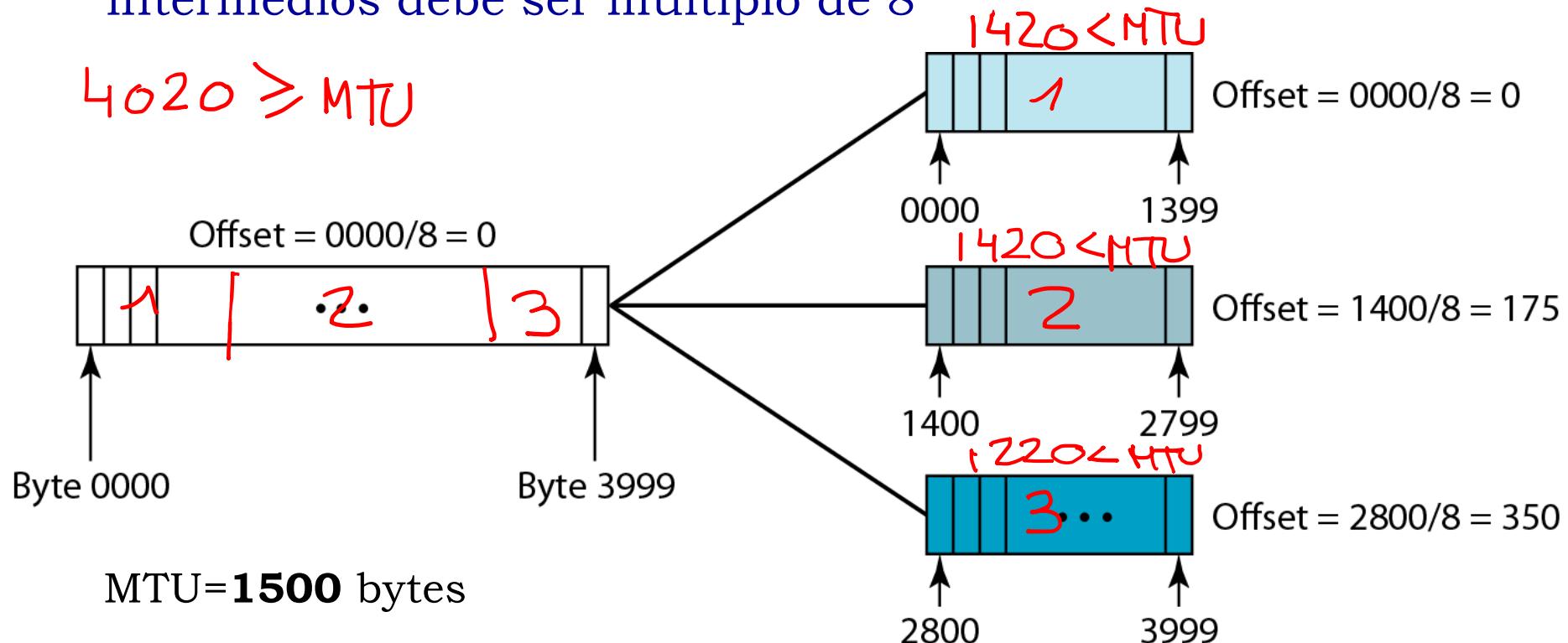


# Fragmentación y reensamblado

- Desplazamiento:

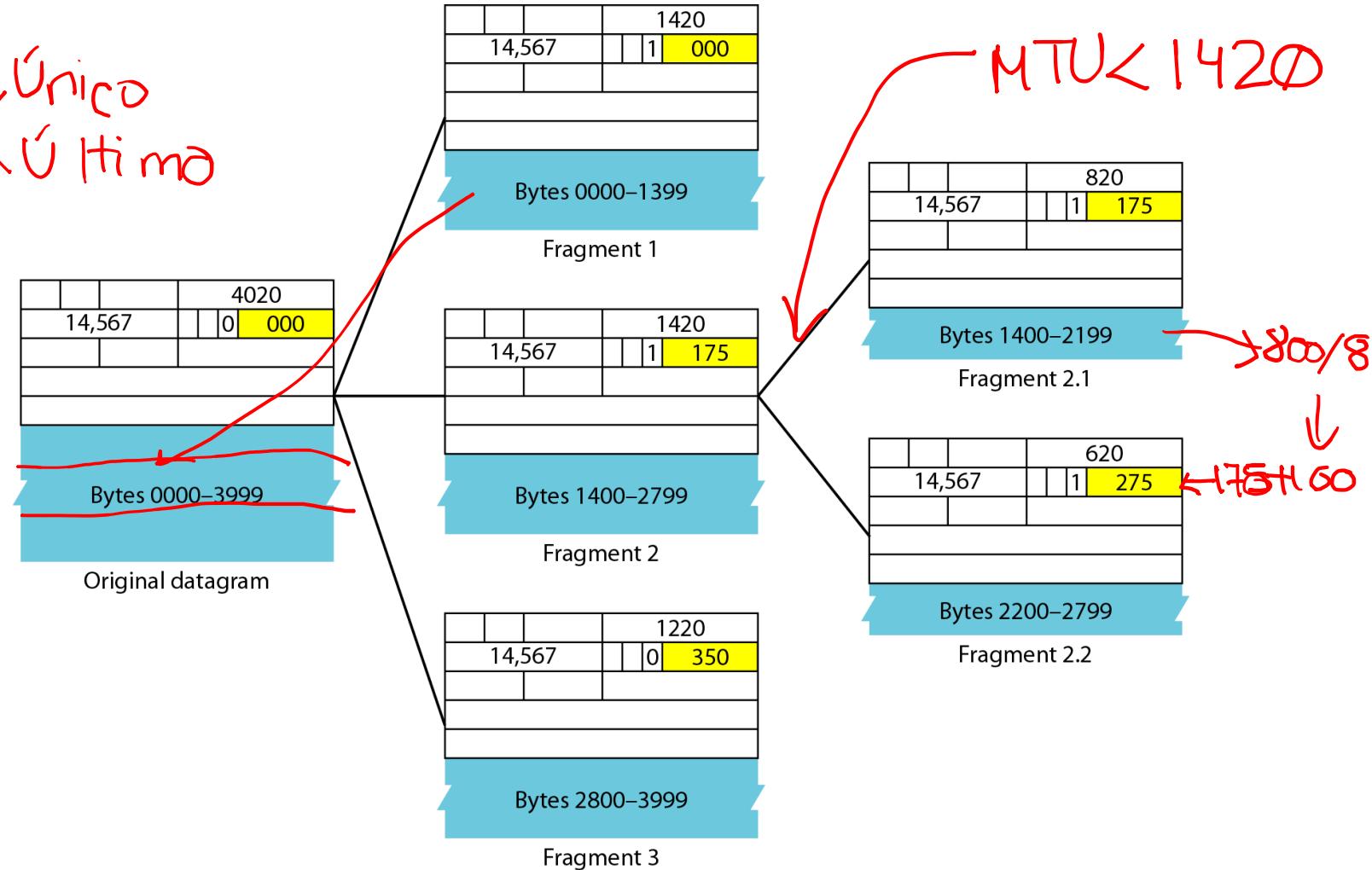
- Mide el desplazamiento de los datos con respecto al datagrama original (unidades de 8 bytes)
- El desplazamiento (tamaño de datos) de los fragmentos intermedios debe ser múltiplo de 8

$4020 \geq MTU$



# Ejemplo de fragmentación

$MF = \emptyset$  Único  
Último



- Sólo se reensambla en destino
  - ¿Por qué?

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos asociados a IP

- IP es de tipo *best-effort* y necesita de otros protocolos
- Clasificación de los protocolos asociados a IP
  - Protocolos de resolución de direcciones → ARP, DHCP, etc
  - Gestión de grupos (envíos multicast) → IGMP
  - Alertar de errores y monitorización de red → ICMP
  - Actualización de tablas de encaminamiento → RIP, OSPF

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

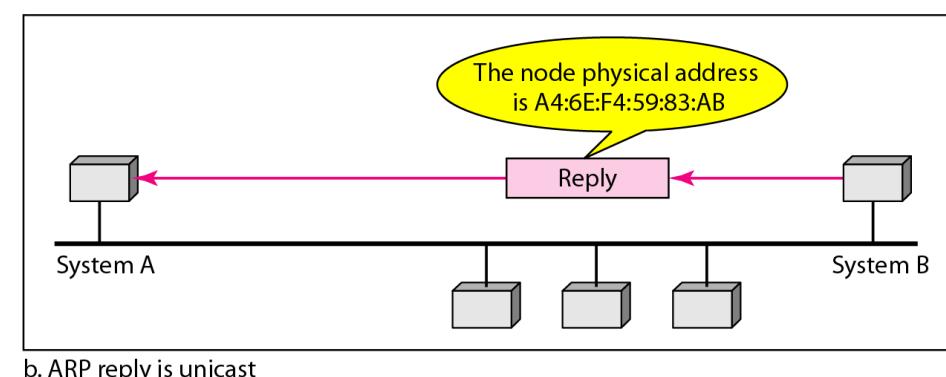
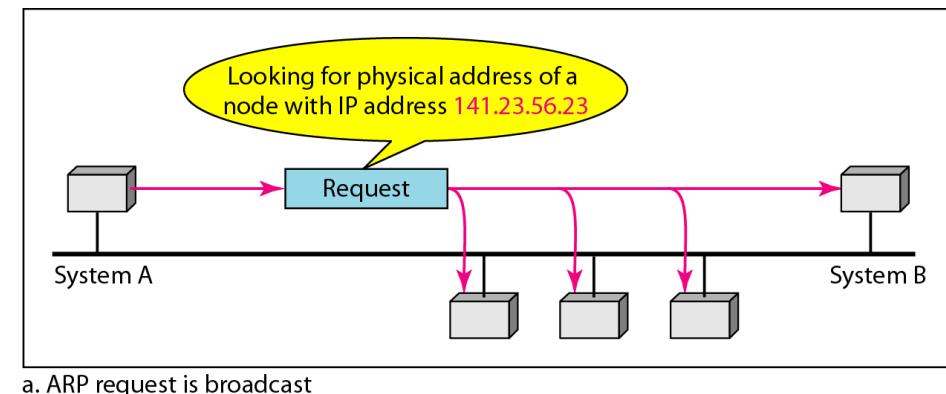
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos de resolución de direcciones - ARP

- La entrega de un paquete requiere el uso de una dirección lógica y de una dirección física
- Por tanto, debemos ser capaces de traducir una dirección lógica a su correspondiente dirección física y viceversa.
- **Address Resolution Protocol**
  - Asocia direcciones lógicas (IP) a direcciones físicas

- La consulta es enviada a toda la red (broadcast)
- La respuesta es enviada sólo a la máquina que realizó la consulta (unicast)
- Se almacenan los pares (IP,DF) más recientemente y frecuentemente utilizados



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

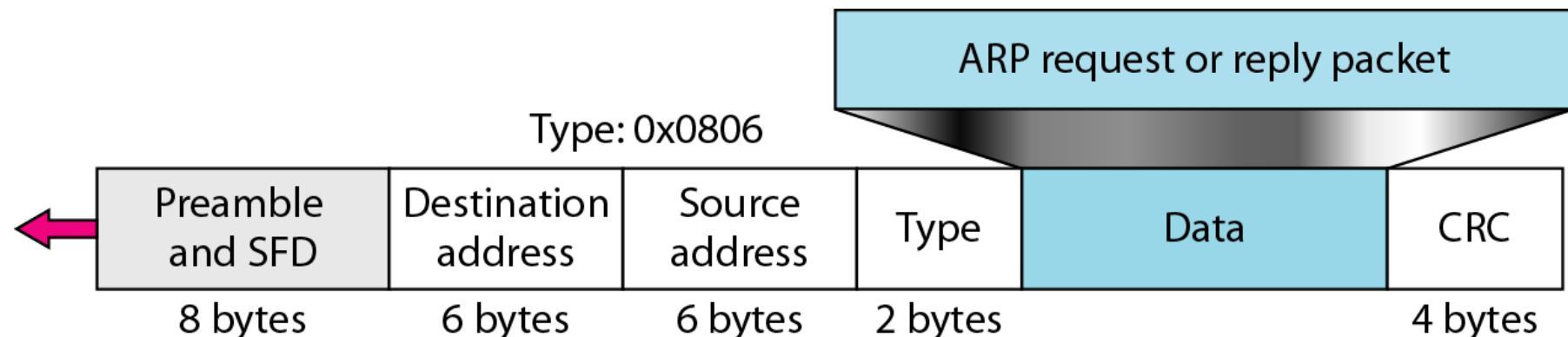
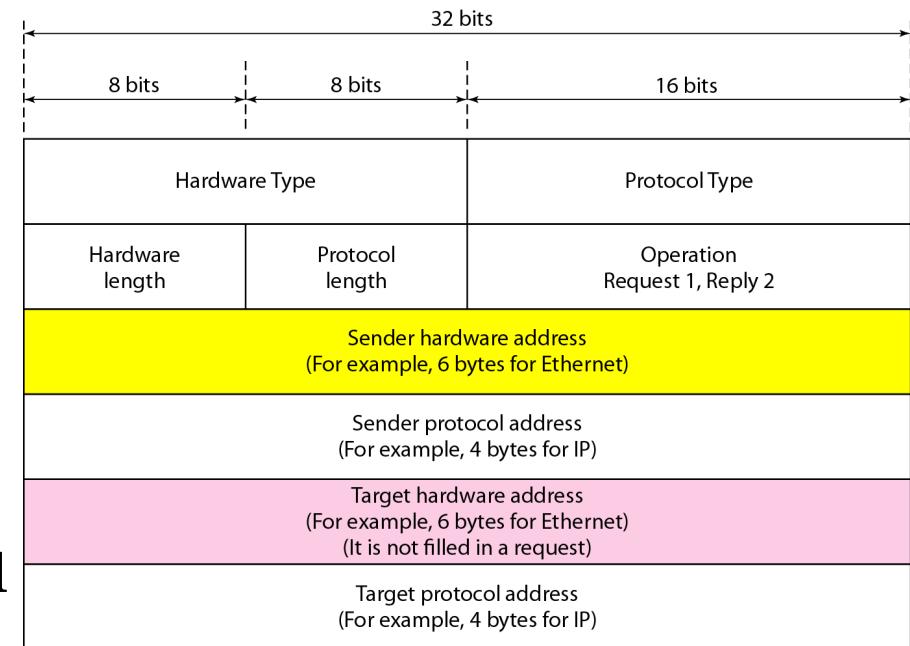
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

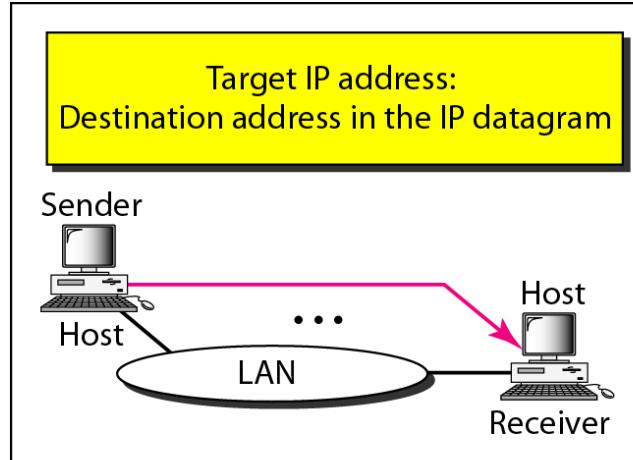
# Protocolos de resolución de direcciones - ARP

- Las últimas asociaciones son almacenadas temporalmente en una memoria caché interna
  - Antes de enviar una petición se consulta la caché
  - Se almacena tanto en la caché origen como en la destino
- Un paquete ARP se encapsula directamente en una trama del nivel de enlace

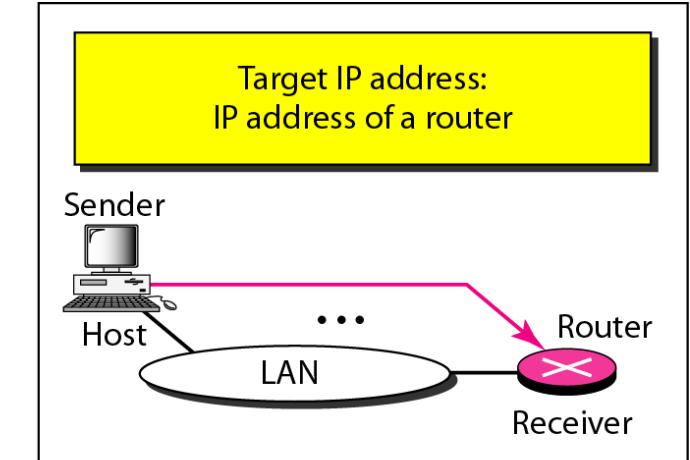


# Protocolos de resolución de direcciones - ARP

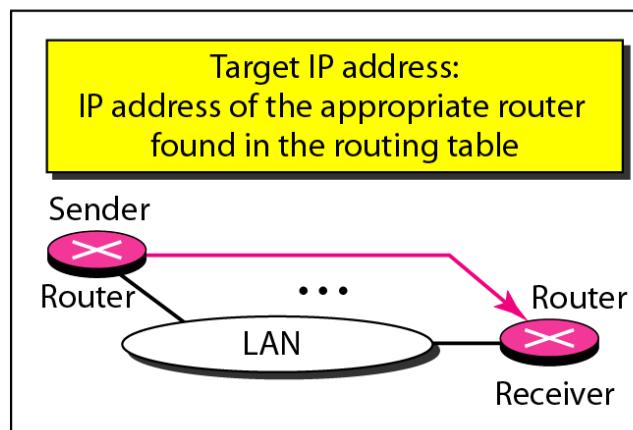
- 4 casos de uso de ARP



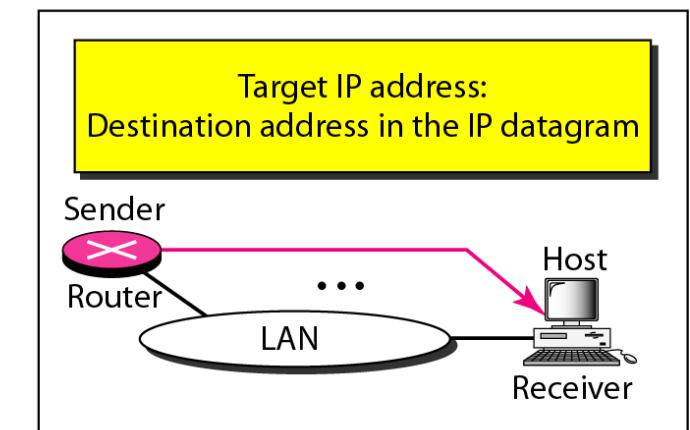
Case 1. A host has a packet to send to another host on the same network.



Case 2. A host wants to send a packet to another host on another network.  
It must first be delivered to a router.



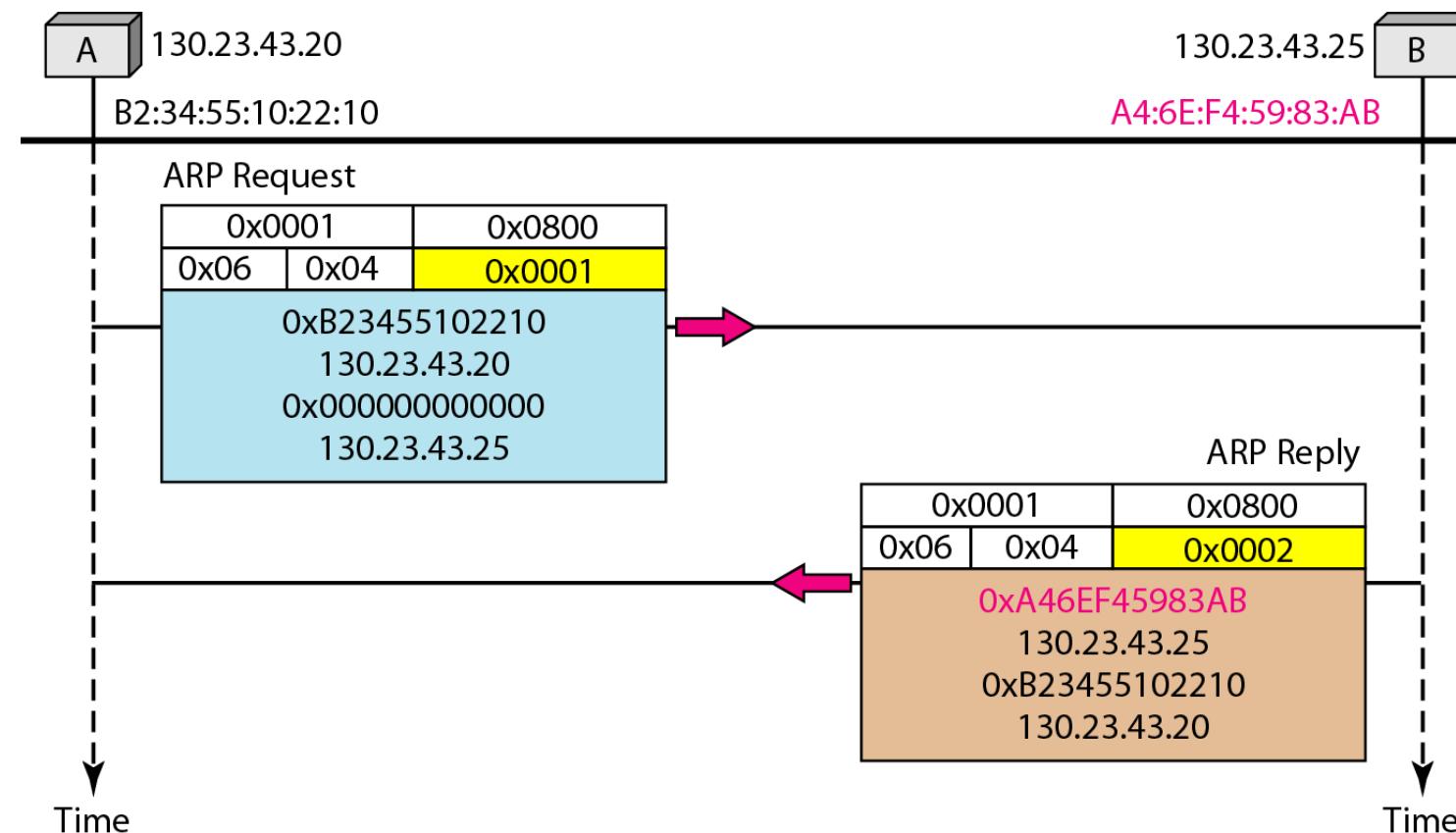
Case 3. A router receives a packet to be sent to a host on another network. It must first be delivered to the appropriate router.



Case 4. A router receives a packet to be sent to a host on the same network.

## Ejemplo de resolución ARP

- Un host con dirección IP address 130.23.43.20 y dirección física B2:34:55:10:22:10 tiene que enviar un paquete a otro host con dirección IP 130.23.43.25 y dirección física A4:6E:F4:59:83:AB. Los dos hosts están en la misma red Ethernet. Muestra los paquetes ARP request y reply encapsulados en las tramas Ethernet.



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

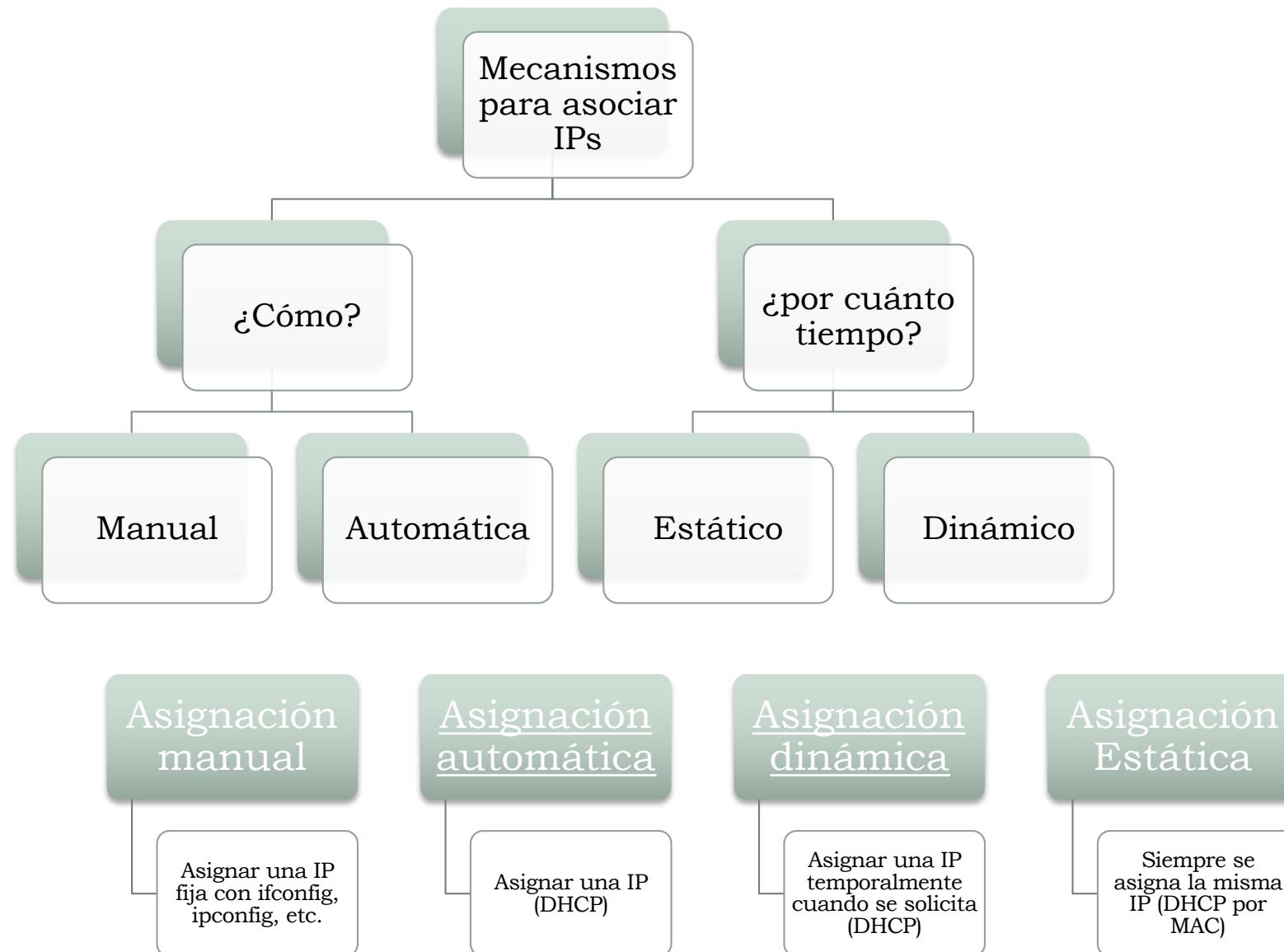
# Comunicación en Internet

- Para que un sistema final pueda comunicarse en Internet requiere, como mínimo, configurar:
  1. dirección IP,
  2. máscara
  3. router por defecto (router frontera - gateway)
  - 4. servidor DNS \***
- Existen dos formas de hacerlo:
  - Manualmente (mediante comandos) usando la interfaz del S.O.
  - Automáticamente usando algún protocolo, p.e. DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).
- La asignación puede ser
  - Estática
    - Se asigna siempre la misma dirección.
  - Dinámica



\* En los sistemas finales es conveniente además configurar la dirección de uno o varios servidores de nombre (DNS) para poder traducir nombres a direcciones IP.

# Configuración de la dirección IP



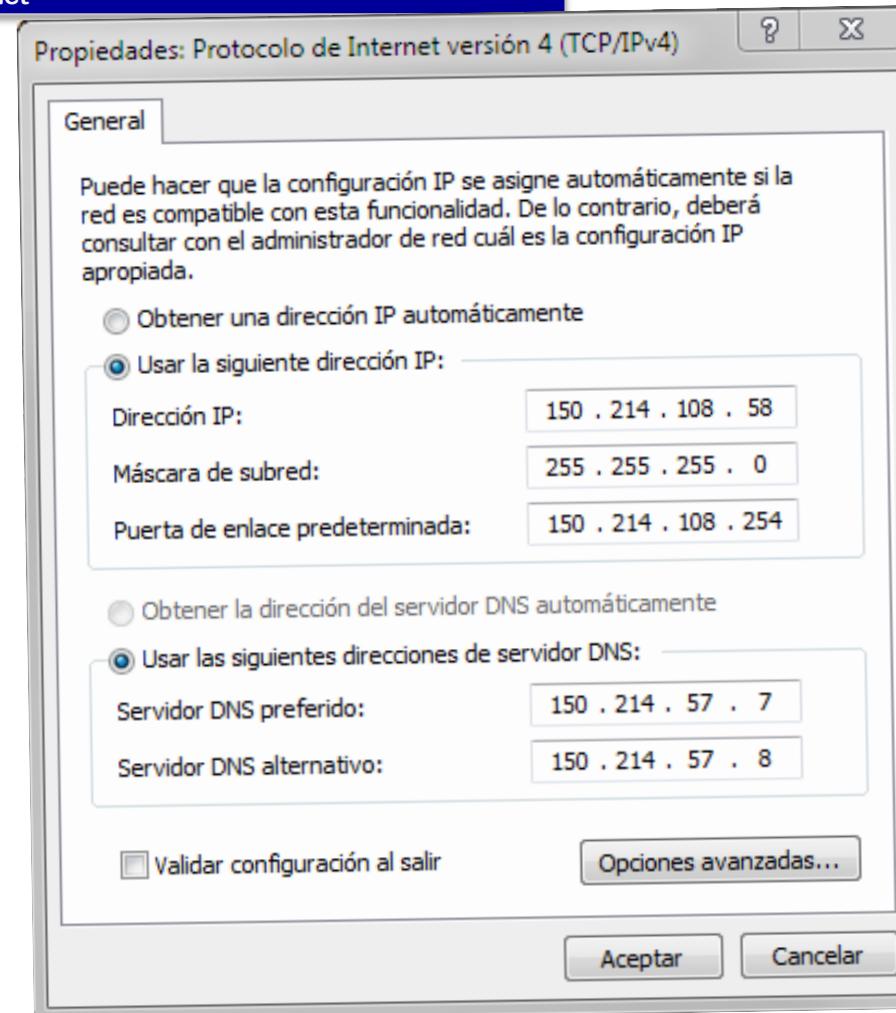
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



- Configuración Interfaz de Red en un Sistema Final

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos de resolución de direcciones - DHCP

- Mecanismos para asociar IPs
  - Asignación manual
    - Asignar una IP fija con ifconfig, ipconfig, etc.
  - Asignación automática
    - Asignar una IP permanentemente cuando se solicita (ej: RARP, BOOTP y DHCP)
  - Asignación dinámica
    - Asignar una IP temporalmente cuando se solicita (DHCP)
- Utilidad asignación IPs automática y dinámica
  - Estaciones móviles (ej: portátiles, teléfonos móviles, etc.)
  - Arranque de estaciones sin disco
- Protocolo DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)
  - Permite, dada una dirección física, obtener la dirección IP
- Funcionamiento básico
  - Se difunde la dirección Ethernet
  - El servidor DHCP responde con la IP

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

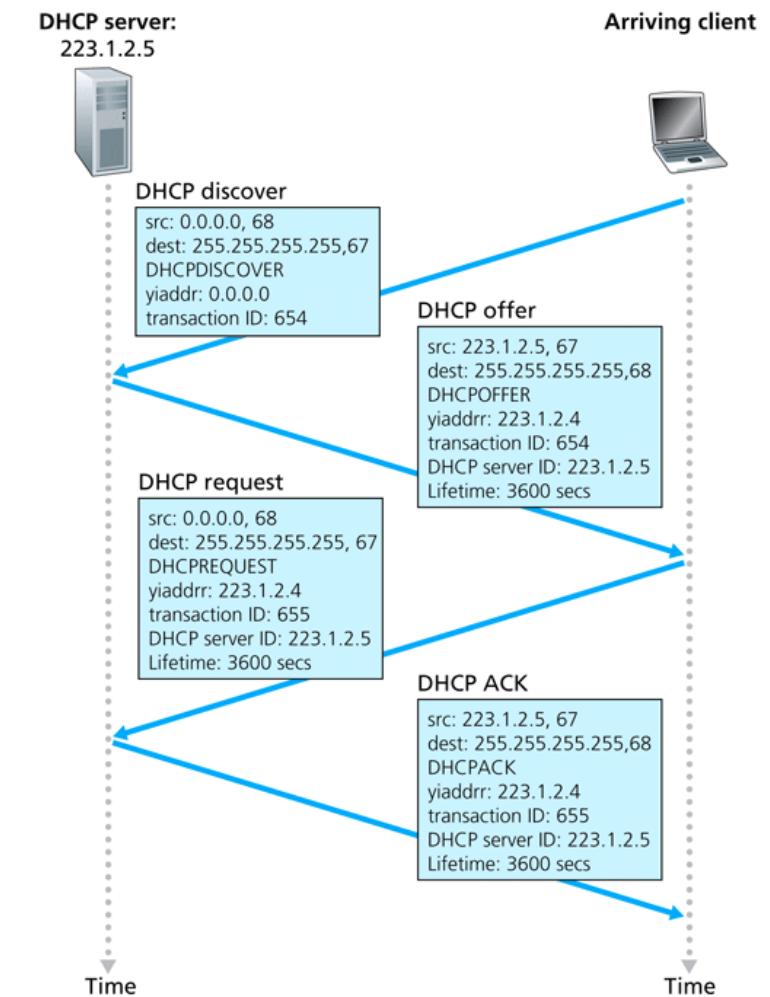
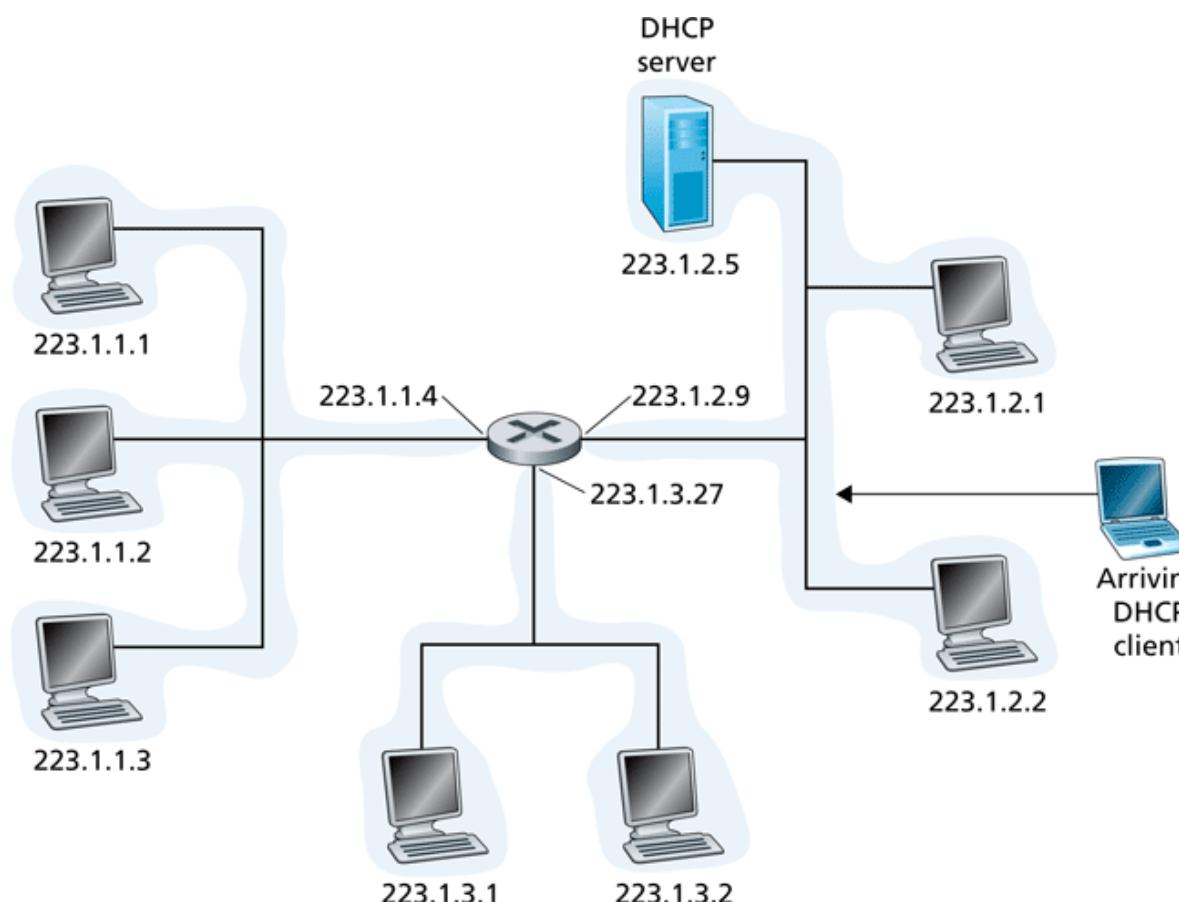
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolos de resolución de direcciones - DHCP

- Protocolo DHCP



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

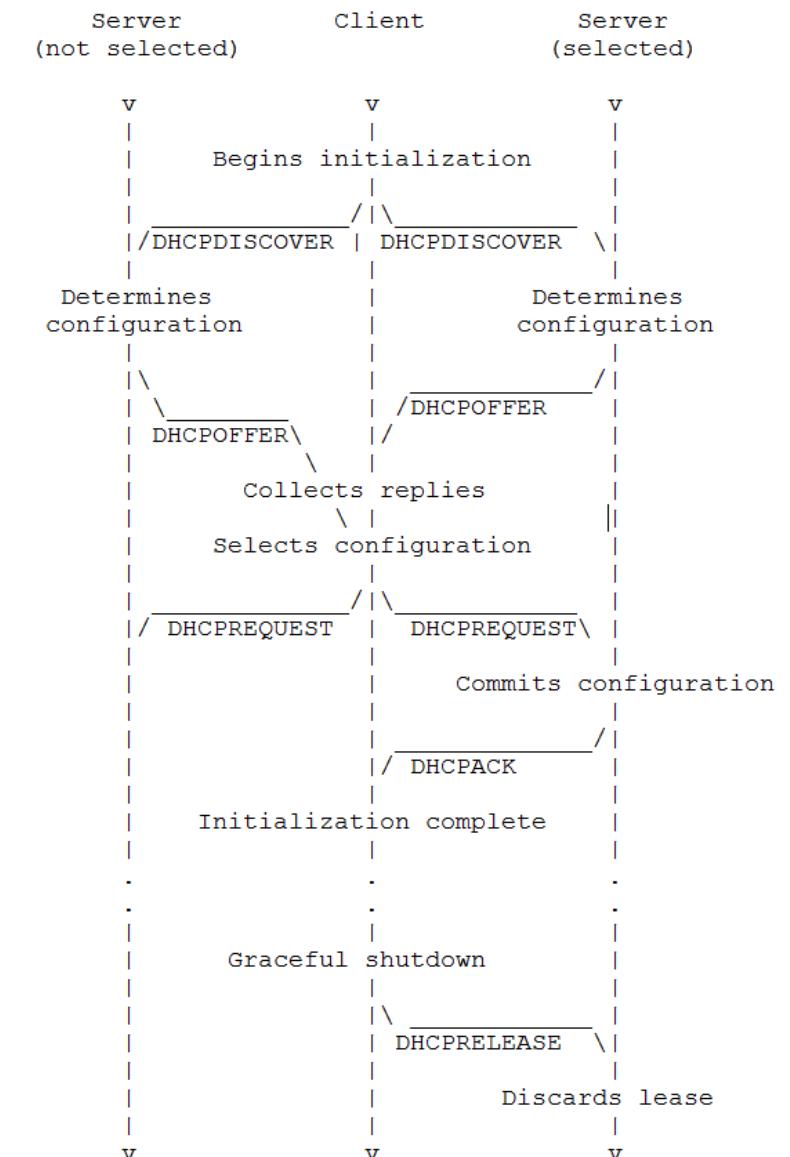
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos de resolución de direcciones - DHCP

- Protocolo DHCP
  - Asignación dinámica

- Lease time (LT) :
  - Tiempo completo durante el cual se “arrienda” una configuración dada
- T1
  - Temporizador para iniciar el renovado de una configuración ( $T1 < LT$ )
- T2
  - Temporizador para iniciar la segunda solicitud de una nueva configuración, antes de perder la conexión ( $T1 < T2 < LT$ )



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos de gestión grupos multienvío

- Debido al tipo de direccionamiento, IP está involucrado en tres tipos de comunicación → UNICAST (dirección individual), BROADCAST (dirección difusión) y MULTICAST (dirección de grupo – clase D)
- El protocolo de red **IGMP** (Internet Group Management Protocol) o Protocolo de gestión de grupos en Internet se utiliza para intercambiar información acerca del estado de pertenencia y encaminamiento a un grupo multicast
- La última versión disponible de este protocolo es la IGMPv3 descrita en el [RFC 3376]
- Todos los mensajes IGMP se transmiten en datagramas IP.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

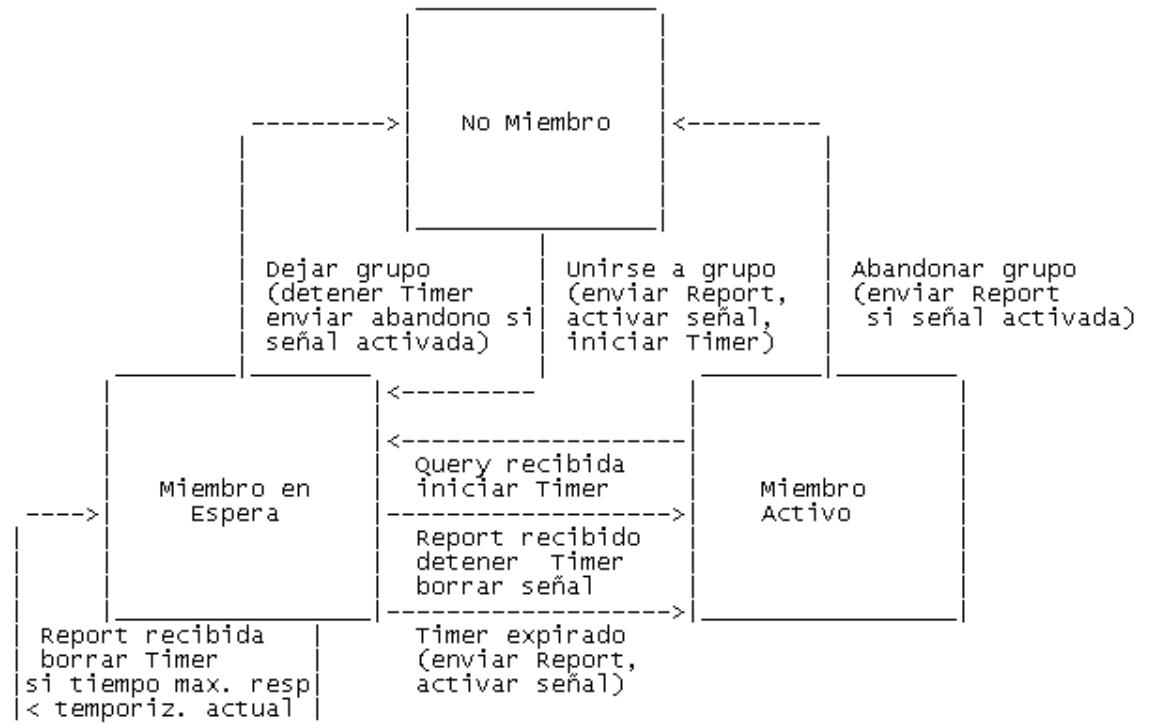
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolos de Resolución de direcciones - IGMP

- Los mensajes IGMP se intercambian entre routers IP que admiten multicast y miembros de grupos multicast.
  - Los routers deben ser capaces de procesar paquetes multicast
- Los hosts miembros individuales informan acerca de la pertenencia al grupo multicast y los routers multicast sondean periódicamente el estado de la pertenencia.
- Gestiona la pertenencia a grupos, y ayuda al router a crear y mantener la lista de grupos y miembros
  - Unión a un grupo (Membership Report)
  - Abandonar un grupo (Membership Leave Group)
  - Monitorización de pertenencia (envía Membership Query y contesta Membership Report)



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

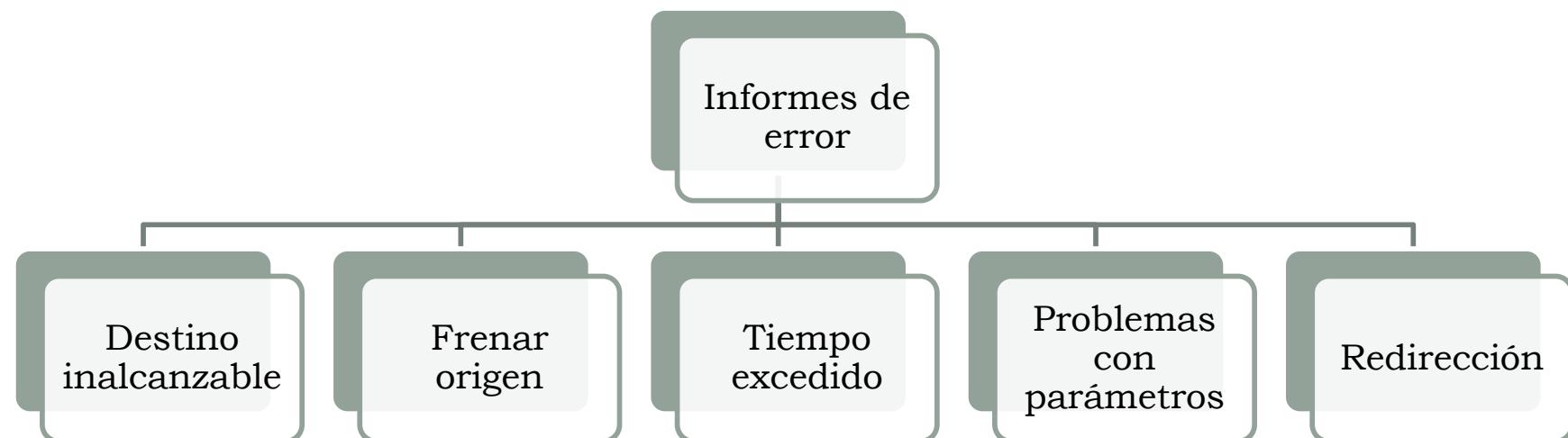
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolo de control y notificación de errores - ICMP

- Protocolo de Control de Mensajes de Internet
  - Mensajes de monitorización y de informes de error
- Mensajes de informe de error
  - Informan (**NO CORRIGEN**) errores que un dispositivo de encaminamiento o la máquina destino han encontrado en un datagrama
  - Se envían al origen de la transmisión



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos asociados a IP: ICMP

- Sin embargo no se generará un mensaje de error ICMP...
  - En respuesta a un datagrama que lleve un mensaje de error ICMP
  - Para un datagrama fragmentado que no sea el primer fragmento  $M \neq 1$  *desplazamiento = Ø*
  - Para un datagrama que tenga una dirección multicast
  - Para un datagrama que tenga una dirección especial (127.0.0.1)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

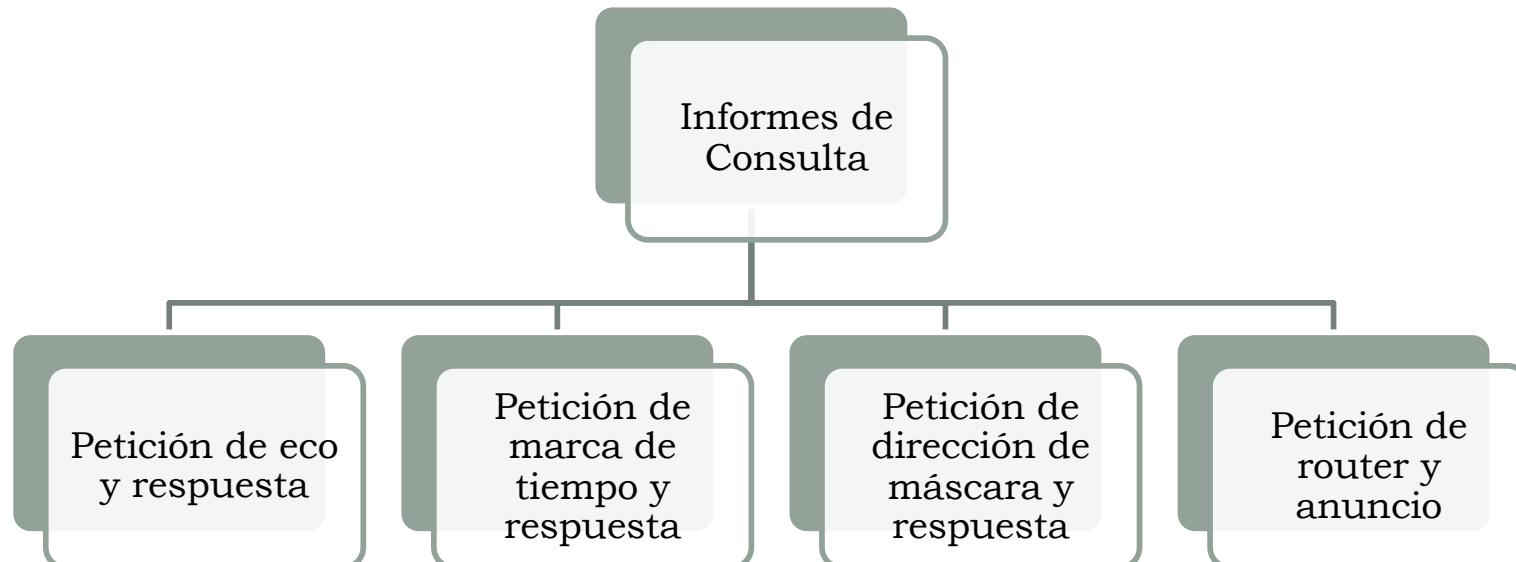
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolos asociados a IP: ICMP

- Mensajes de monitorización y consulta
  - Para diagnosticar problemas en la red
  - Se envían por pares
    - Un nodo envía un mensaje que es respondido por otro nodo destino
  - Ayudan a obtener información específica acerca de un router u otra máquina



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# LA SIGUIENTE GENERACIÓN DE IP

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

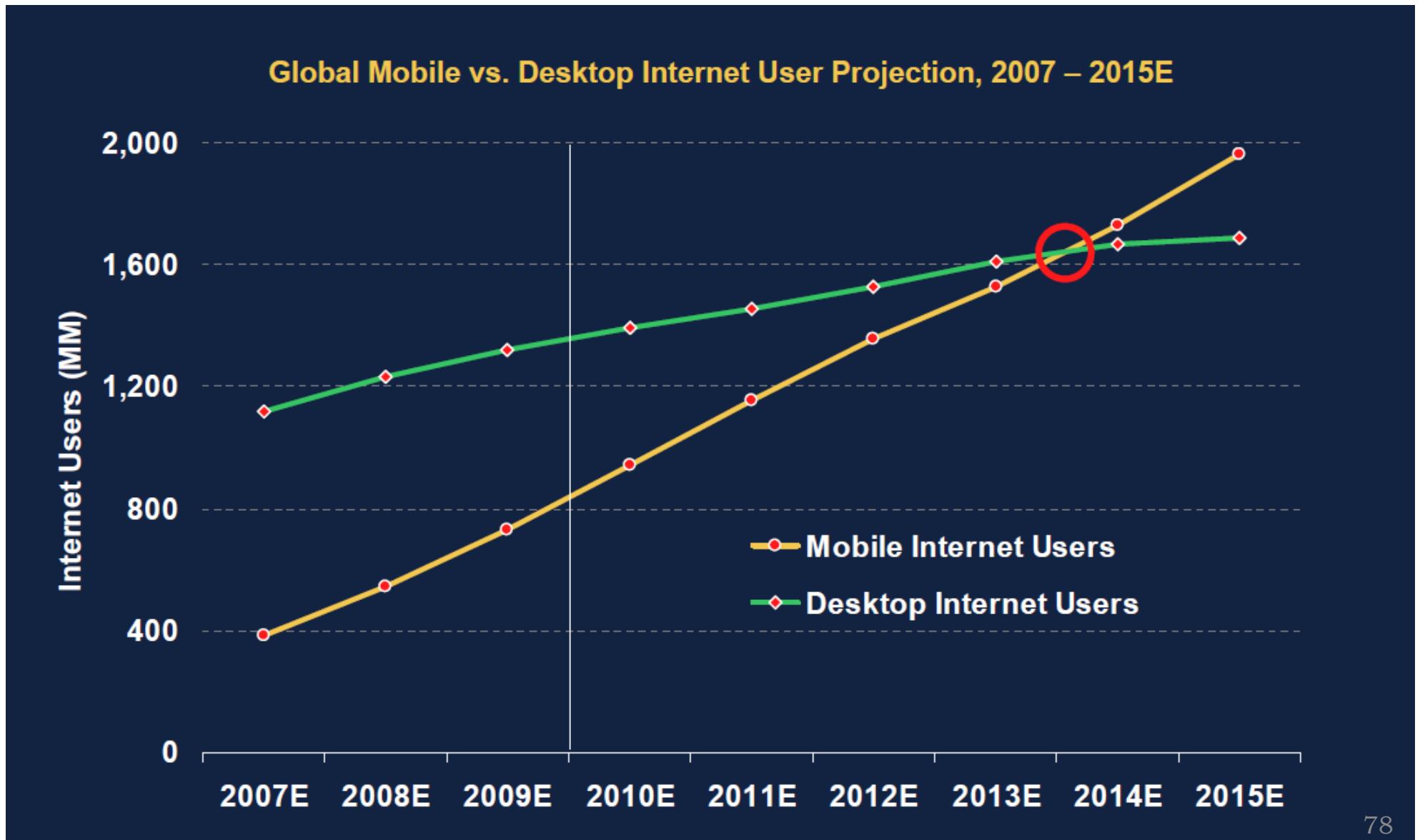
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Estado Actual de Internet

- Internet a día de hoy y cómo puede evolucionar en un futuro próximo (Informe de Morgan Stanley, mayo 2010)
  - Cinco Países tienen el 48% de los usuarios de internet (China e India motores del crecimiento futuro)
    - EEUU: 238 M usuarios, crecimiento anual del 4%.
    - Brasil: 67M usuarios, crecimiento anual del +14%
    - Rusia: 39M usuarios, crecimiento anual del +13%
    - China: 384M usuarios, crecimiento anual del +29%
    - India: 130M usuarios, crecimiento anual del +23%.
  - Internet Móvil
    - Todo apunta a que la principal herramienta de conexión a Internet serán dispositivos móviles
    - El crecimiento del acceso a internet desde dispositivos móviles está siendo vertiginoso
      - Se esperaba que a finales del año 2013, el número de usuarios que acceden a internet desde un dispositivo de telefonía móvil haya superado a los que acceden a internet desde un PC.

# Estado Actual de Internet



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Problemática del crecimiento del Internet

- A principios de 2010, quedaban menos del 10% de IPs sin asignar. En la semana del 3 de febrero del 2011, la IANA (Agencia Internacional de Asignación de Números de Internet, por sus siglas en inglés) entregó el último bloque de direcciones disponibles (33 millones) a la organización encargada de asignar IPs en Asia, un mercado que está en auge y no tardará en consumirlas todas.
- IPv4 posibilita  $4.294.967.296$  ( $2^{32}$ ) direcciones de red diferentes, un número inadecuado para dar una dirección a cada persona del planeta, y mucho menos a cada vehículo, teléfono, PDA, etcétera.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

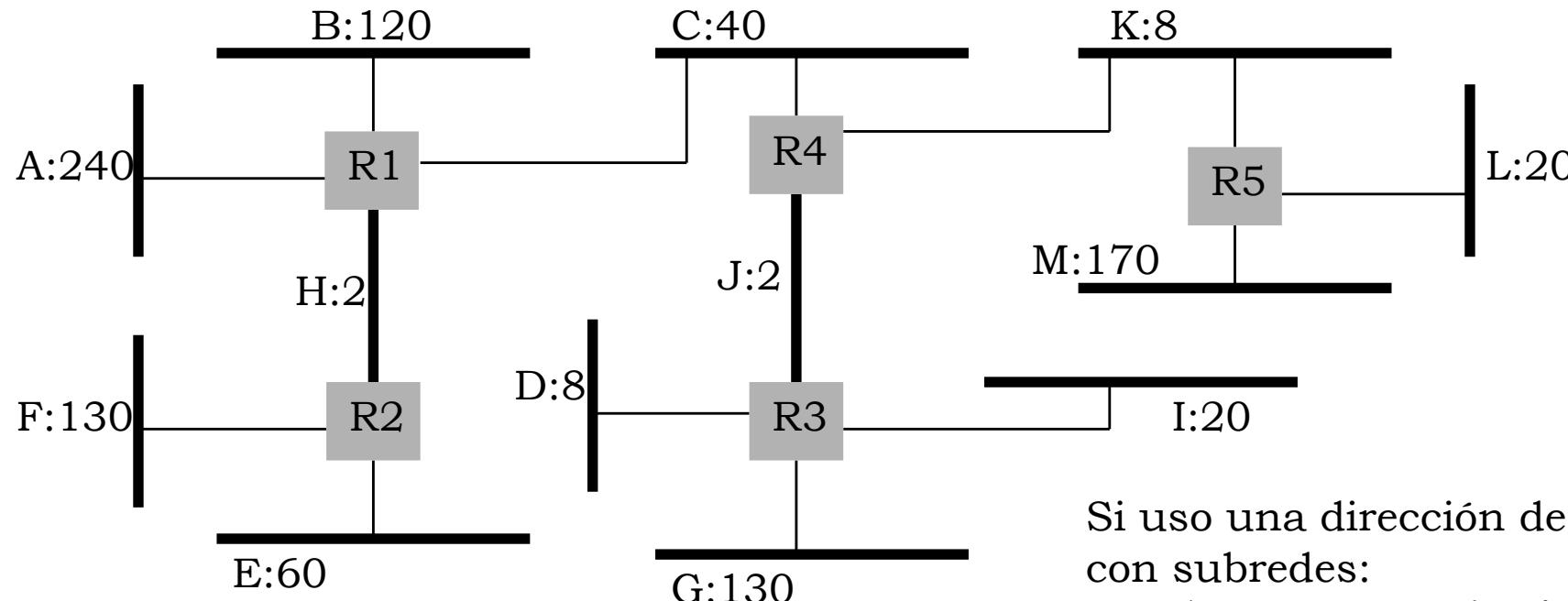
Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Problemática del crecimiento de Internet

- Agotamiento total de direcciones IP
- Agotamiento de direcciones IP de clase B (medianas)
- Explosión en las tablas de encaminamiento en los routers frontera
- Soluciones
  - A corto plazo
    - Fomento del uso de subredes
    - Encaminamiento sin clases
      - VLSM (Máscaras de subred de tamaño variable)
      - CIDR
    - NAT (+direcciones IP privadas)
  - A largo plazo (grupo de trabajo IPng)
    - IPv6

# VLSM (Variable Length Subnet Mask)

- Motivación:
  - Definir subredes de tamaño variable para no desaprovechar subredes
- Funcionamiento
  - División recursiva de un prefijo de red



Si uso una dirección de clase B con subredes:

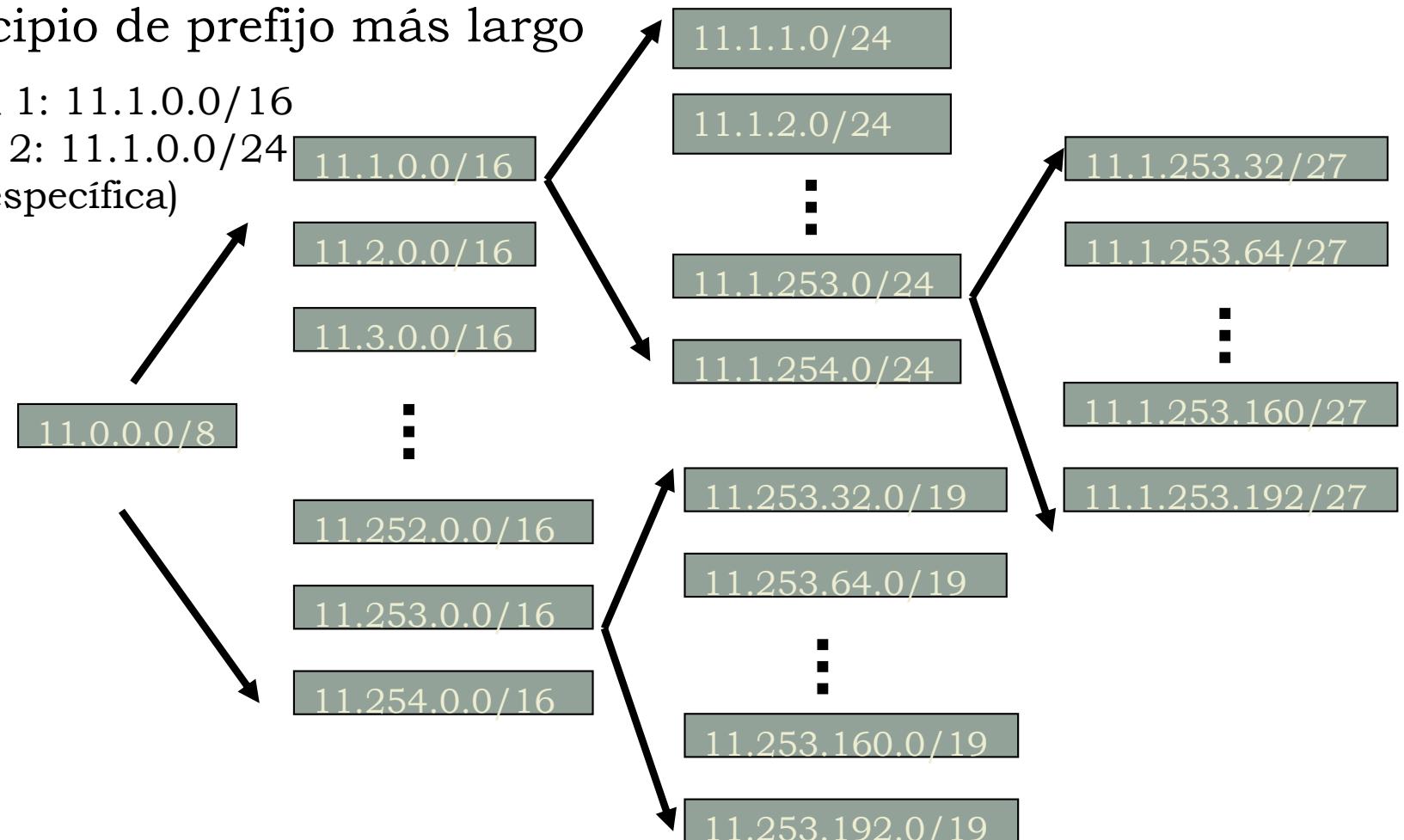
- 950 IPs necesarias / 4096 IPs
- 23 % de uso IPs

# VLSM (Variable Length Subnet Mask)

- Soporta subredes no contiguas (subredes separadas por parte de otra subred)
- Permite agrupar varias subredes en una única entrada
- Usa el principio de prefijo más largo

➤ Entrada 1: 11.1.0.0/16

Entrada 2: 11.1.0.0/24  
(más específica)



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Encaminamiento CIDR

- CIDR (enrutamiento entre dominios sin clase – Classless Interdomain Routing)
  - Agrupar varias direcciones de clase C en una suprarred
  - En este esquema no hay clases, pero las direcciones se asignan en bloques (rango) de direcciones
  - El tamaño del bloque (nº de direcciones) varía
  - Restricciones en la definición de bloques
    - Las direcciones del bloque deben de ser contiguas
    - El nº de direcciones en un bloque debe ser potencia de 2 (1,2,4,8,16,32, ...)
  - Definición de bloques

dirección

x.y.z.t/n

Máscara  
(nº de bits compartidos por las direcciones que pertenecen al bloque)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

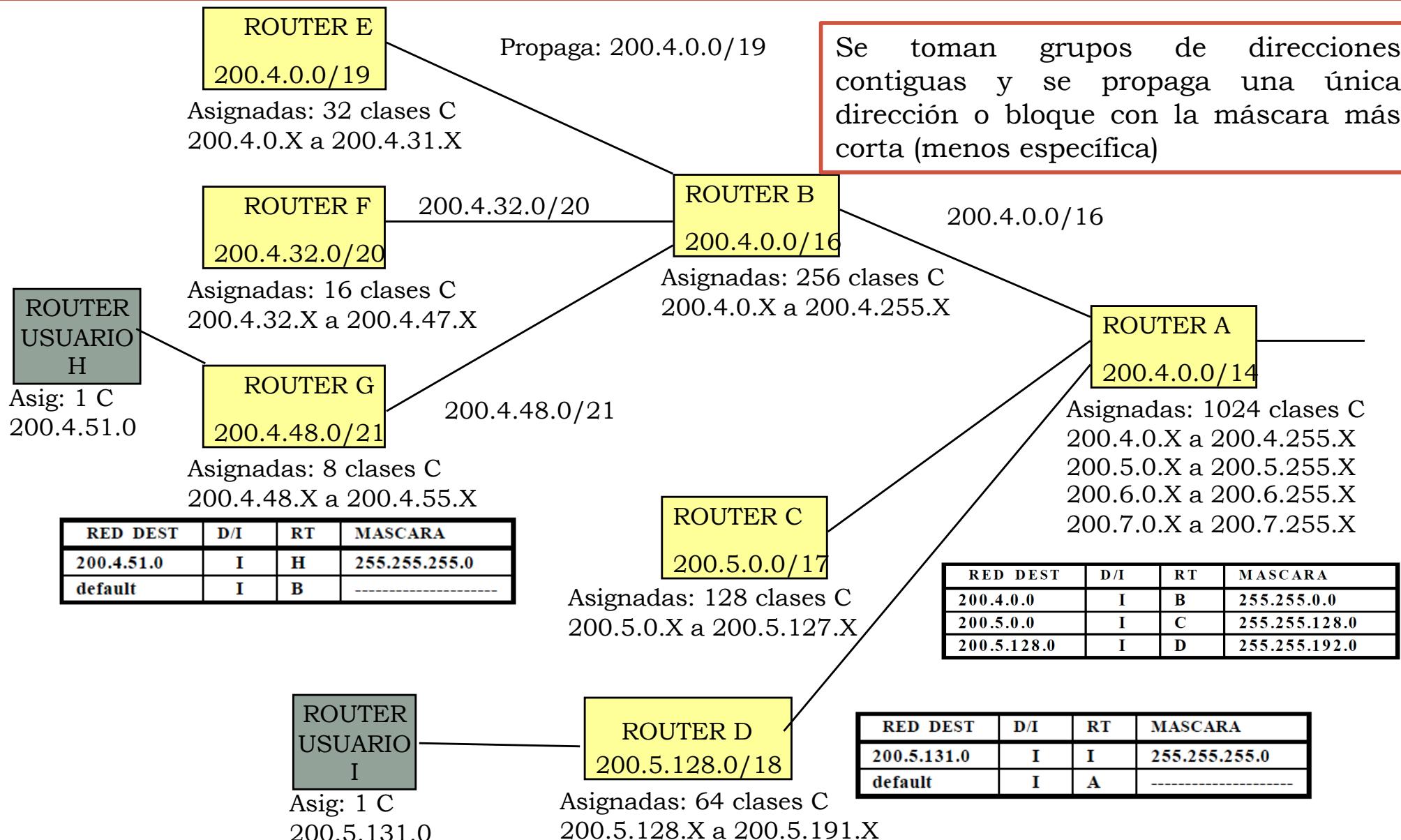
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Ejemplo encaminamiento CIDR



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

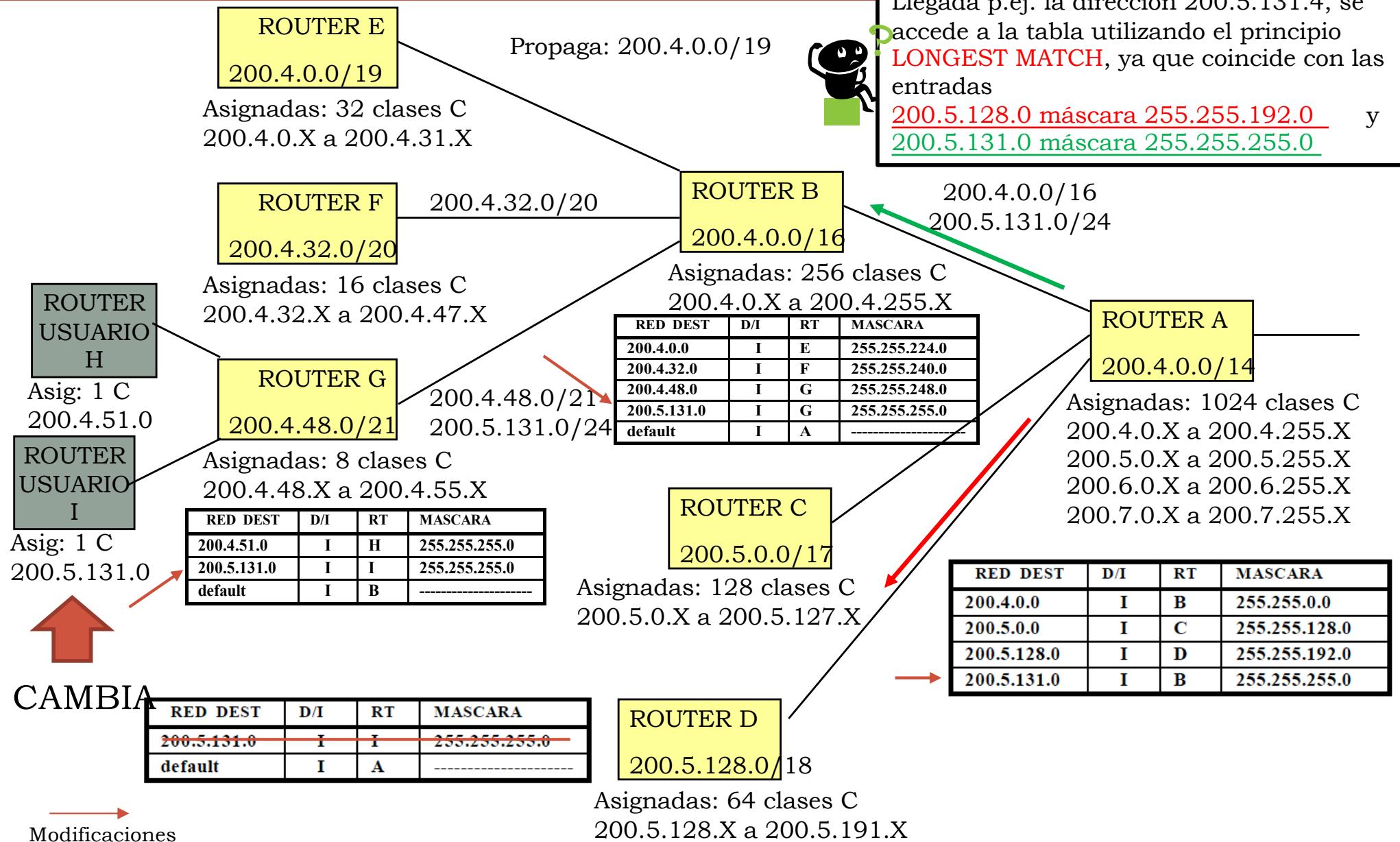
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Ejemplo encaminamiento CIDR



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

¿CÓMO SE TOMA ESTA DECISIÓN EN ROUTER A?



```
Boolean Pertenece (ip, ipRed, mask)
{
    ip_aux = ip and mask;
    if ip_aux==ipRed
        return true;
    else
        return false
}
```

Tabla Router A

RED DEST	D/I	RT	MASCARA
200.4.0.0	I	B	255.255.0.0
200.5.0.0	I	C	255.255.128.0
200.5.128.0	I	D	255.255.192.0
200.5.131.0	I	B	255.255.255.0

```
For each fila f en tablaEncaminamiento{
    if pertenece(200.5.131.4, f[ipRed], f[mask] then enviar a f[RT]
}
```

NOTA: EN EL ENCAMINAMIENTO CIDR SE RECORREN TODAS LAS FILAS DE LA TABLA

DIRECCIÓN DESTINO 200.5.131.4 APLICADO A LA TABLA DE ROUTER A

1. PERTENECE(200.5.131.4, 200.4.0.0, 255.255.0.0) → FALSE
2. PERTENECE(200.5.131.4, 200.5.0.0, 255.255.128.0) → FALSE
3. PERTENECE(200.5.131.4, 200.5.128.0, 255.255.192.0) → TRUE → ENVIAR A D
4. PERTENECE(200.5.131.4, 200.5.131.0, 255.255.255.0) → TRUE → ENVIAR A B

HAY 2 "MATCH" ¿CUÁL SE ELIGE?

APLICANDO LONGEST MATCH (/24 > /18) → ELIJE ENVIAR A B

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolos de resolución de direcciones - NAT

- Problema a resolver:
  - las direcciones IPv4 son insuficientes hoy día
- Ejemplos:
  - Una empresa tiene asignada un conjunto de IPs < IPs que necesita
  - Un ISP – *Internet Service Provider* – puede tener asignada una dirección de tipo B, pero podría tener más de 65535 clientes
  - En las casas es habitual tener varios ordenadores y tener contratada una sola línea ADSL
- NAT (RFC 3022) Network Address Translation - es una solución para resolver estas cuestiones

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## NAT: *Network Address Translation*

- Idea básica:
  - Dentro de la entidad (ej: empresa), cada ordenador tiene una IP única privada
  - Cuando un paquete sale de la entidad hacia Internet, se lleva a cabo un proceso de traducción a una IP global (pública)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

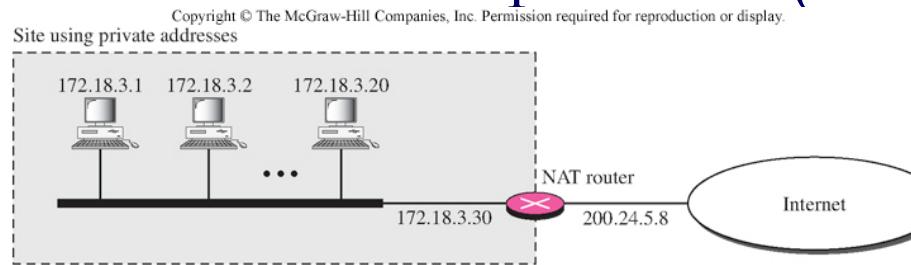
**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# NAT: Network Address Translation

- Hace uso de direcciones privadas (o locales)



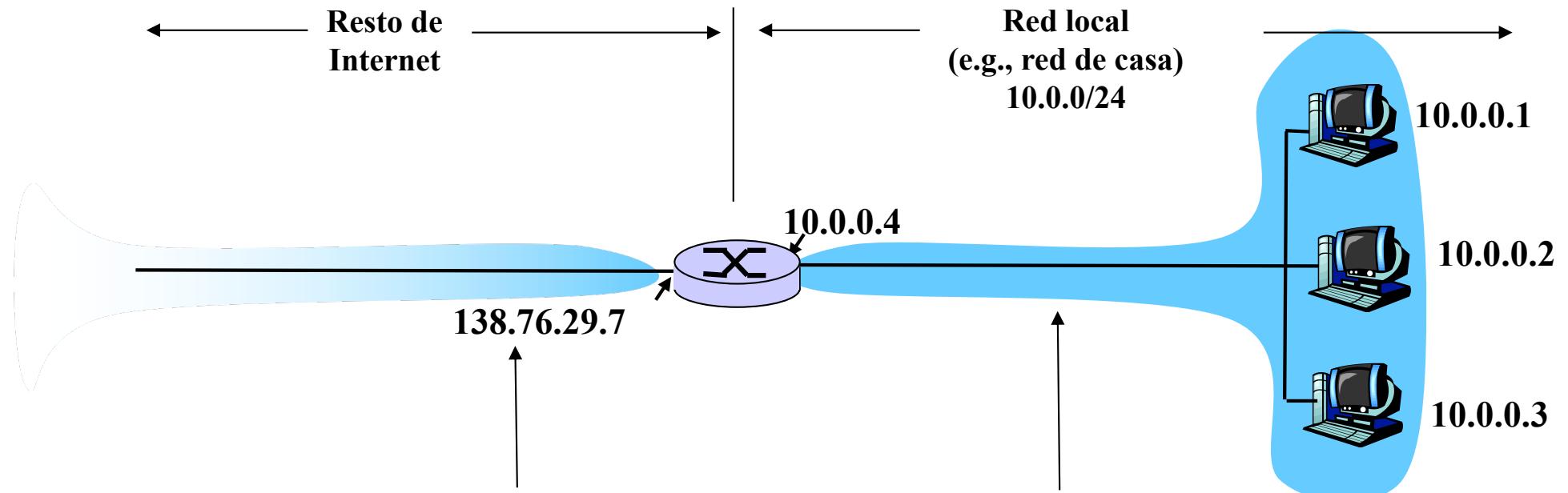
- Se denominan redes privadas:

Rango	Total
10.0.0.0 a 10.255.255.255	$2^{24}$
172.16.0.0 a 172.31.255.255	$2^{20}$
192.168.0.0 a 192.168.255.255	$2^{16}$

- Son únicas dentro de una organización
- Ningún router reenvía al exterior un paquete con direcciones origen privadas

## NAT: Network Address Translation

- Esquema de funcionamiento



**Todos** los paquetes que **salen** de la red local tienen la **misma** dirección IP de origen: 138.76.29.7, pero diferentes puertos de origen

Los paquetes con origen o destino en esta red tienen direcciones de la forma 10.0.0/24 para las direcciones de origen y destino

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## NAT: *Network Address Translation*

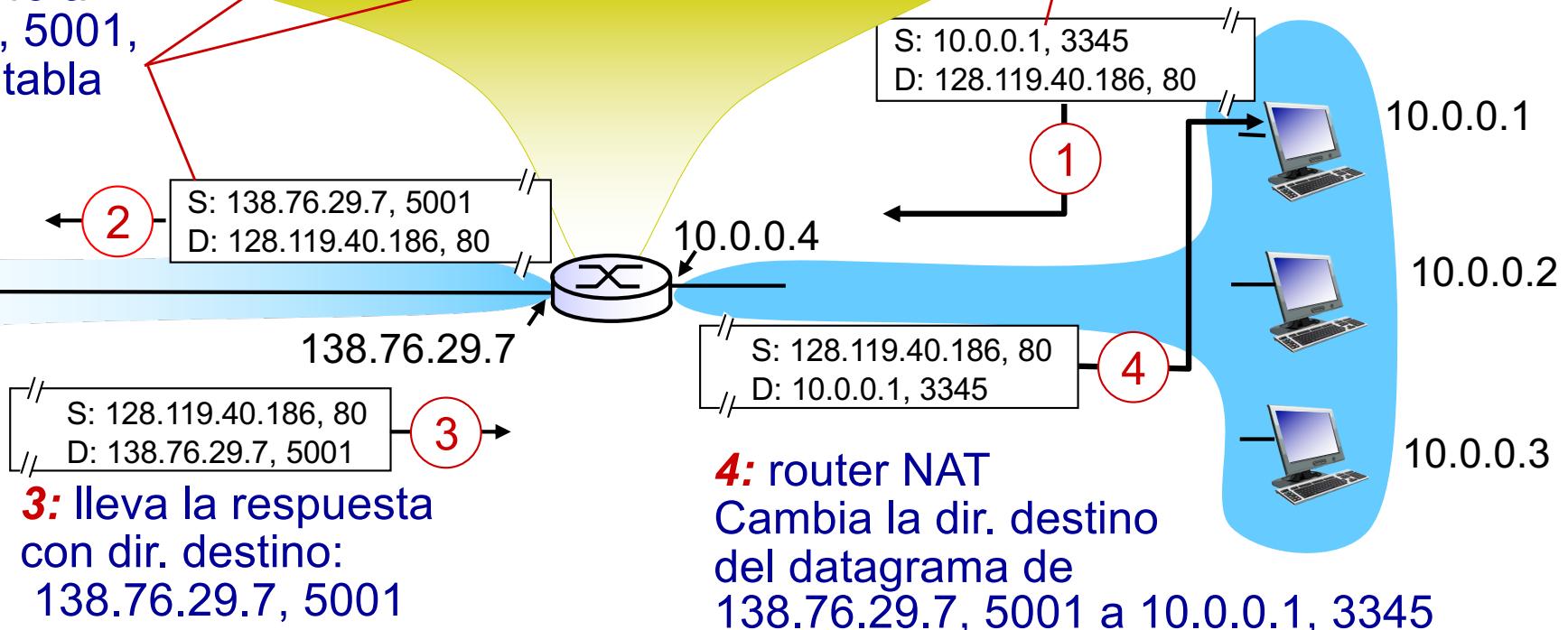
- Cuestión a resolver
  - Número de equipos con acceso a Internet > IPs globales disponibles
    - Escenario doméstico: 1 IP global del ISP y varios equipos conectados (ej: portátiles, teléfonos móviles, etc.)
  - Cuando se recibe una IP global, ¿cómo se sabe a qué máquina local enviarla?
- Solución adoptada
  - NAPT (*network address and port translation*)
  - Los protocolos TCP y UDP tienen un campo de puerto origen
  - Al enviar, ese campo se reemplaza por un índice en una tabla que contiene el par (IP, puerto) original

# NAT: network address translation

**2:** Router NAT cambia la dirIP origen en el datagrama: de 10.0.0.1, 3345 a 138.76.29.7, 5001, Actualiza la tabla

Tabla de traducción NAT	
WAN side addr	LAN side addr
138.76.29.7, 5001	10.0.0.1, 3345
.....	.....

**1:** host 10.0.0.1 Envía un datagrama a 128.119.40.186, 80



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## NAT: *Network Address Translation*

- Críticas al esquema NAT
  - Viola la arquitectura de IP: hay máquinas con direcciones iguales
  - Si falla el sistema NAT, todas las conexiones TCP se rompen
  - Viola el modelo de capas: Si se modifica TCP o UDP, la solución NAT (ya que usa los puertos) puede no funcionar
  - No funciona si se utilizan protocolos diferentes de TCP y UDP a nivel de transporte

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Problemática del crecimiento de Internet

- El **Internet Protocol version 6 (IPv6)** (en español: *Protocolo de Internet versión 6*) definida en el RFC 2460 y diseñada para reemplazar a IPv4
- IPv6 admite  $340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456$  ( $2^{128}$  o 340 sextillones de direcciones) —cerca de  $6,7 \times 10^{17}$  (670 mil billones) de direcciones por cada milímetro cuadrado de la superficie de La Tierra.
- Otra vía para la implantación del protocolo es la adopción de éste por parte de instituciones.
  - El gobierno de los Estados Unidos ordenó el despliegue de IPv6 por todas sus agencias federales en el año 2008.
  - Lanzamiento mundial de IPv6 (6/6/2012):  
<http://www.worldipv6launch.org/>

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# IPv6

- Algunos de los cambios de IPv4 a IPv6 más relevantes son:
  - Capacidad extendida de direccionamiento
  - Multicast extendido
    - Desaparece el broadcast
  - Se define un nuevo tipo de dirección → Anycast
  - Soporte mejorado para las extensiones y opciones
  - Procesamiento simplificado en los routers
    - Paquete más simple, no hay checksum, etc.
  - Autoconfiguración
    - Mensajes de descubrimiento de routers ICMPv6
  - Seguridad de Nivel de Red obligatoria
    - Internet Protocol Security (IPsec)
  - Movilidad
    - Al desplazarse se le asigna una segunda dirección (*CoA, Care of Address*), aparte de la asignada por su ISP (*HoA, Home of Address*)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

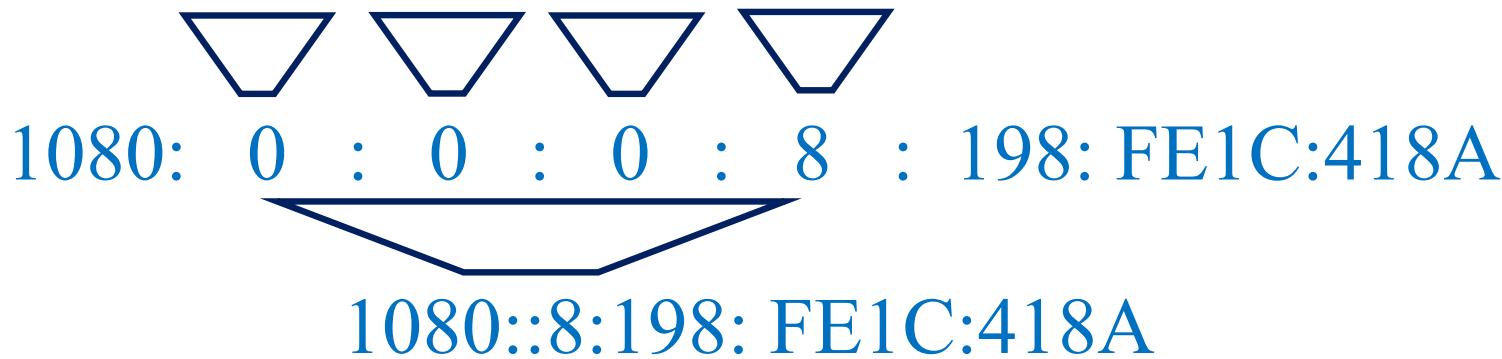
Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Notación de Direcciones IPv6

- Ejemplo de una dirección (128 bits o 16 bytes)

1080:0000:0000:0000:0008:0198:FE1C:418A



- Solamente puede ponerse un :: en una dirección para evitar ambigüedad

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Direcciones IPv6 reservadas

Dirección IPv6	Longitud del Prefijo (Bits)	Descripción	Notas
::	128 bits	sin especificar	como 0.0.0.0 en Pv4
::1	128 bits	dirección de bucle local (loopback)	equivalentes a la dirección de loopback de IPv4
::ffff:x.y.z.t	96 bits	direcciones IPv6 mapeadas a IPv4	Los 32 bits más bajos contienen una dirección IPv4. Se usan para representar direcciones IPv4 mediante direcciones IPv6.
ff01:: o ff02::	8 bits	Multicast reservadas	Sustituyen a las direcciones de broadcast y multicast de IPv4 (ej: todos los nodos, todos los routers, etc.)

- Codificación de direcciones IPv4 (32 bits)

0:0:0:0:0:A00:1 ó

::10.0.0.1 y la correspondiente dir. ipv6 ::FFFF:10.0.0.1

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

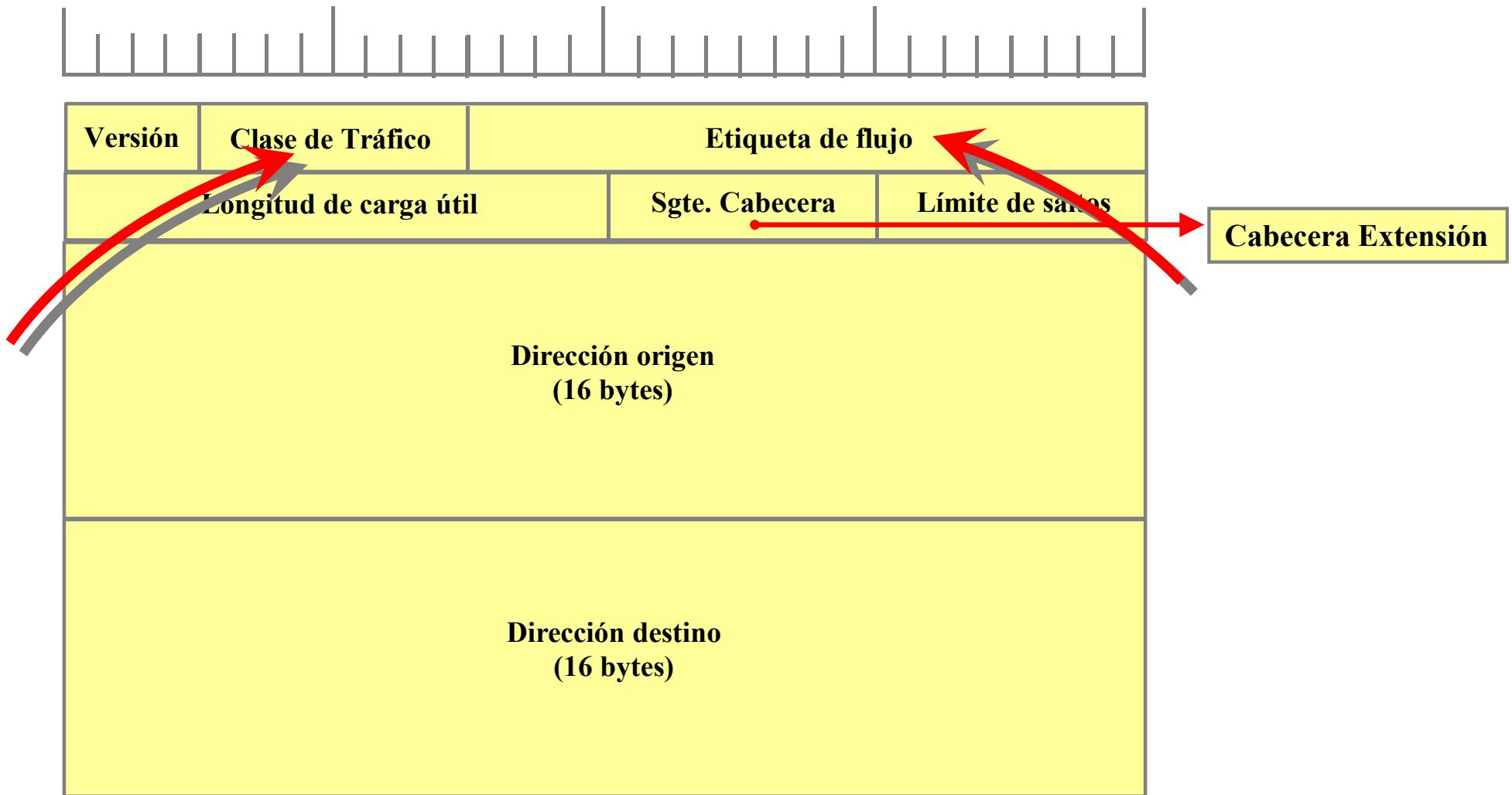
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Formato de la Cabecera



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

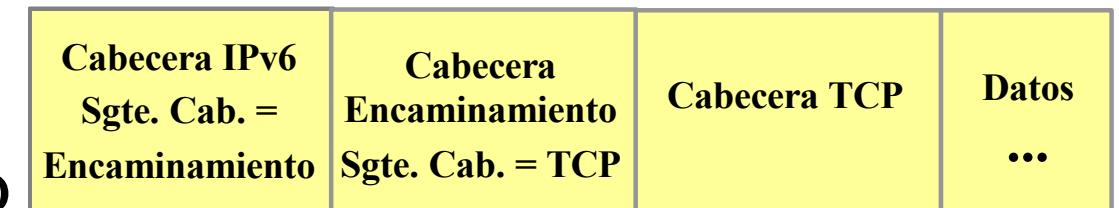
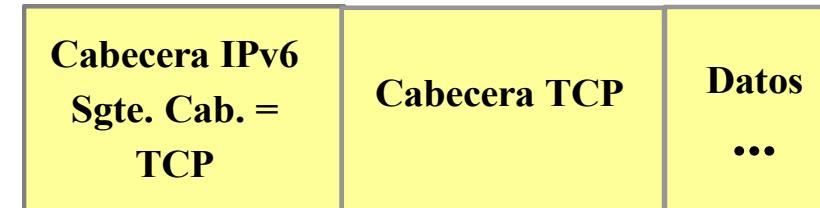
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Cabeceras de Extensión

- Hop-by-hop
- Encaminamiento
- Fragmentación
- Autenticidad
- Datos cifrados
- Opciones de destino



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Comparación Cabeceras IPv4 - IPv6

- Más simple
  - 6 campos y 2 direcciones en vez de 10 campos, 2 direcciones y algunas opciones
- Cabecera de tamaño fijo
- Se eliminó el campo *checksum*
- Se eliminó la fragmentación de paquetes en los *routers* intermedios
- Redefinición de campos clásicos
  - Longitud de la cabecera y TTL
- Nuevos campos ‘clase’ y ‘etiqueta de flujo’

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Direcciones IPv6

- Tres tipos de direcciones: unicast, anycast y multicast.
  - Una dirección unicast identifica un único interface de red
  - Una dirección anycast es asignada a un grupo de interfaces, normalmente de nodos diferentes.
    - Un paquete enviado a una dirección anycast se entrega únicamente a uno de los miembros, típicamente al equipo *con menos coste*, según la definición de métrica del protocolo de encaminamiento.
    - Las direcciones anycast tienen el mismo formato que las unicast, diferenciándose únicamente por estar presente en varios puntos de la red.
  - Una dirección multicast también es usada por múltiples hosts, que consiguen la dirección multicast participando en el protocolo de multidifusión (multicast) entre los routers de red.
    - Un paquete enviado a una dirección multicast es entregado a todos los interfaces que se hayan unido al grupo multicast correspondiente.
- IPv6 no define una dirección especial de broadcast.
  - El mismo efecto puede lograrse enviando un paquete al grupo de multicast de enlace-local todos los nodos (*all-nodes*) ff02::1.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Formato direcciones IPv6 unicast y anycast

- Se dividen en 2 grupos lógicos:
  - Prefijo de red se usa para el encaminamiento (network prefix – routing prefix) junto con el prefijo de subred (subnet prefix)
  - Los 64 bits del identificador de interfaz (interface identifier) se generan automáticamente con la dirección MAC o DHCP6

Routing prefix (48+)

Subnet prefix (16-)

Dirección MAC del  
interfaz de red

Prefijo de red (64 bits)

Prefijo de interfaz de  
red (64 bits)

Unicast y anycast (128 bits)

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# IPv6

- **Autoconfiguración de direcciones libres de estado**

- Los nodos IPv6 pueden configurarse a sí mismos automáticamente cuando son conectados a una red IPv6 usando los mensajes de descubrimiento de routers de ICMPv6.
  - La primera vez que son conectados a una red, el nodo envía una solicitud de router de link-local usando multicast (*router request*) pidiendo los parámetros de configuración; y si los routers están configurados para esto, responderán este requerimiento con un "anuncio de router" (*router advertisement*) que contiene los parámetros de configuración de capa de red.
- Si la autoconfiguración de direcciones libres de estado no es adecuada para una aplicación, es posible utilizar Dynamic Host Configuration Protocol para IPv6 (DHCPv6) o bien los nodos pueden ser configurados en forma estática.

- **Multicast**

- Multicast, la habilidad de enviar un paquete único a destinos múltiples es parte de la especificación base de IPv6. Esto es diferente a IPv4, donde es opcional).
- IPv6 no implementa *broadcast*, que es la habilidad de enviar un paquete a todos los nodos del enlace conectado.
  - El mismo efecto puede lograrse enviando un paquete al grupo de multicast de enlace-local todos los nodos (*all hosts*). Por lo tanto, no existe el concepto de una dirección de broadcast y así la dirección más alta de la red (la dirección de broadcast en una red IPv4) es considerada una dirección normal en IPv6.

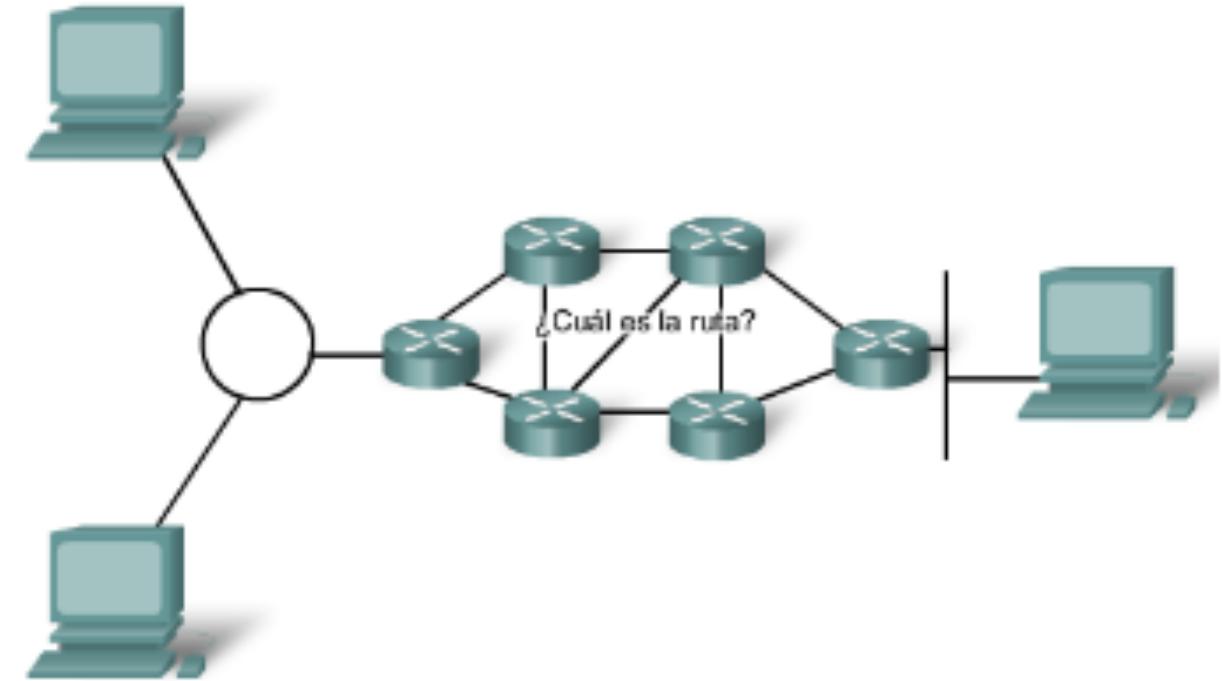
Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet



# ENCAMINAMIENTO

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Encaminamiento

- Una de los objetivos principales del nivel de Red es facilitar la **interconexión de redes**, y una de las funciones principales del nivel de red es el **encaminamiento**:
  - **Encaminamiento (o enrutamiento)** es la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.
- Dado que se trata de encontrar la mejor ruta posible, lo primero será definir qué se entiende por **mejor ruta** y en consecuencia cuál es la **métrica** que se debe utilizar para medirla.
- La base del encaminamiento es el algoritmo que decide el camino a seguir → **algoritmo de encaminamiento**

## No Adaptables - Estático

- La decisiones de encaminamiento se toman por adelantado

## Adaptables - Dinámico

- La decisiones cambian en función del tráfico y de la conectividad de la red

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Encaminamiento: clasificación



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Algoritmos de encaminamiento dinámicos y distribuidos

- La decisiones cambian en función del tráfico y de la conectividad de la red
- La información utilizada por cada nodo para decidir el encaminamiento proviene de otros nodos de la red
  - Los nodos se intercambian información de encaminamiento
- Dos estrategias principales:
  - Encaminamiento por Vector Distancia
    - Envía información sólo a nodos adyacentes
  - Encaminamiento por Estado del Enlace
    - La información de un nodo llega a todos los nodos de la red

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

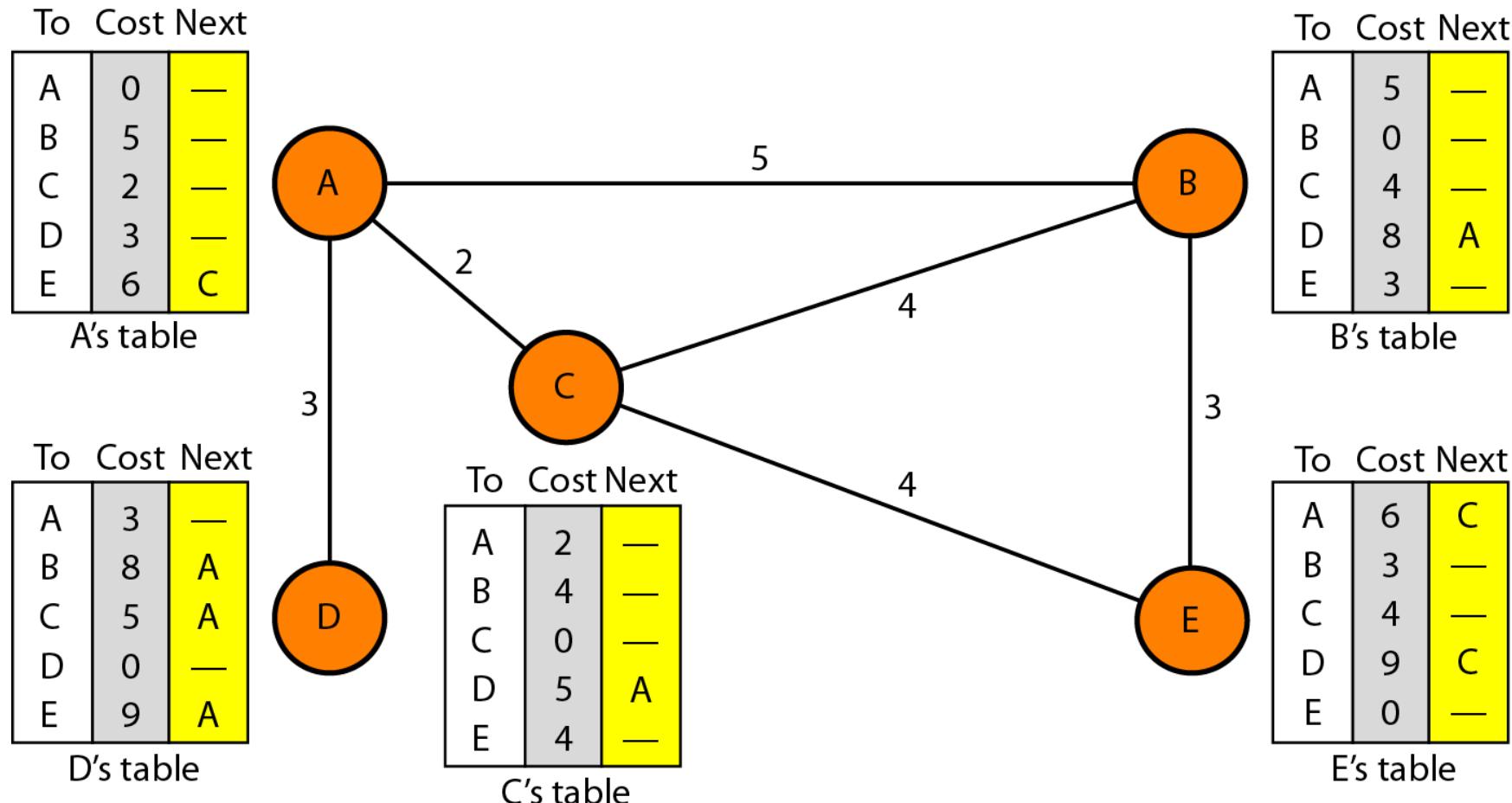
## Encaminamiento dinámico: distribuido

- Encaminamiento basado en el vector de distancia
  - El camino de menor coste es el camino de mínima distancia
  - Cada nodo mantiene un vector (tabla) de las distancias mínimas a cada nodo
  - Cada nodo tiene conocimiento de toda la red
  - Envía información sólo a nodos adyacentes
  - Comparte información a intervalos regulares
  - Se asume un coste en cada enlace
    - de una unidad (minimiza el número de saltos)
  - Tablas de Encaminamiento
    - Estructura

Identificador de nodo	Coste	Siguiente salto
-----------------------	-------	-----------------

## Encaminamiento dinámico: distribuído

- Ejemplo de Encaminamiento basado en el vector de distancia



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Encaminamiento basado en el estado del enlace

- Para la construcción local de las tablas de encaminamiento, cada nodo recibe información del resto de nodos de la red.
- Cada nodo difunde información acerca del estado de sus enlaces
  - → paquete de estado del enlace (LSP – Link State Packet)
  - Diseminación de los LSP por inundación
  - Con los paquetes LSP se conoce la topología de la red
    - Paquete LSP: Identidad del router, lista de nodos vecinos, un nº de secuencia y la edad
- El nodo que crea el paquete envía una copia por cada interfaz de salida
- Un nodo que recibe el paquete lo compara con la copia que tiene
  - Si el nuevo paquete LSP es más viejo (por el nº de secuencia) lo descarta
  - Si es más nuevo
    - Descarta el viejo paquete y almacena el nuevo
    - Envía una copia por cada interfaz excepto por la que llegó

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

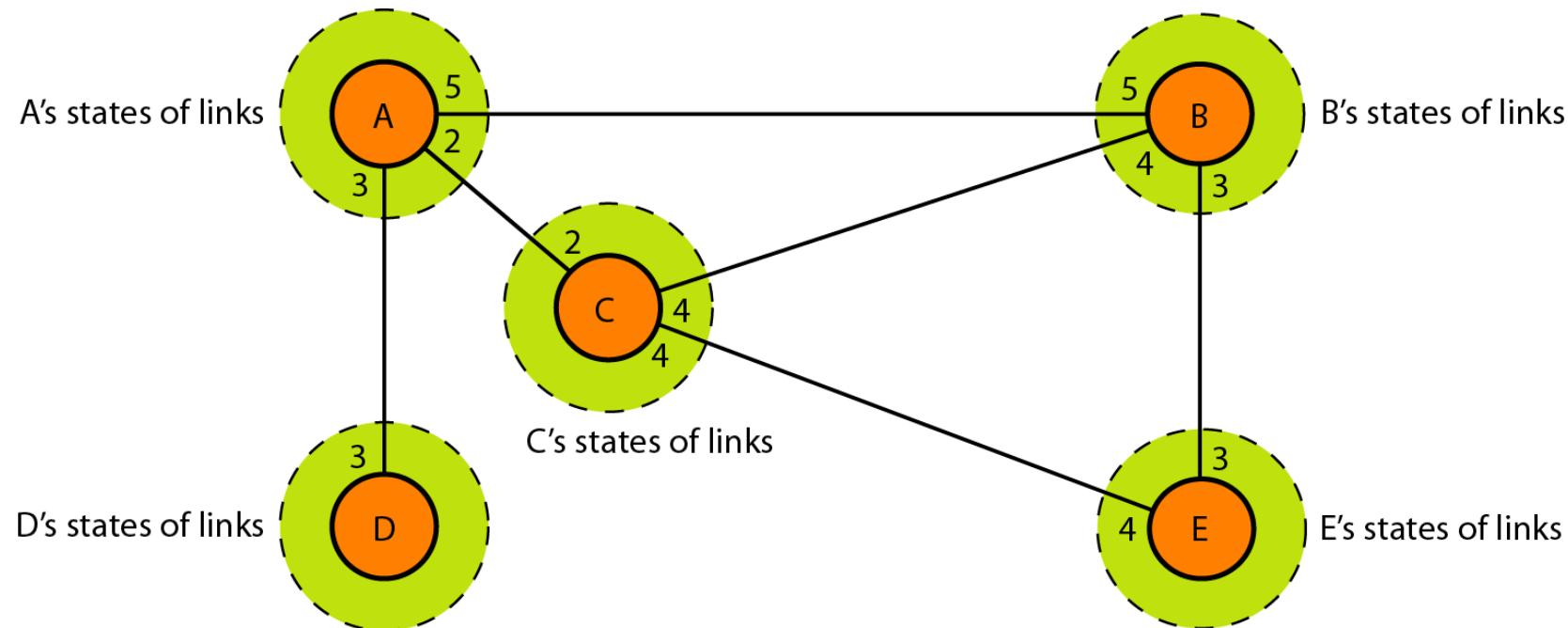
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Encaminamiento basado en el estado del enlace

- Cálculo de una tabla de encaminamiento basado en un algoritmo de ruta mínima (ej: Dijkstra)
- Se generan en dos ocasiones
  - Un cambio en la topología
  - De forma periódica (rango de 60 minutos a 2 horas)



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

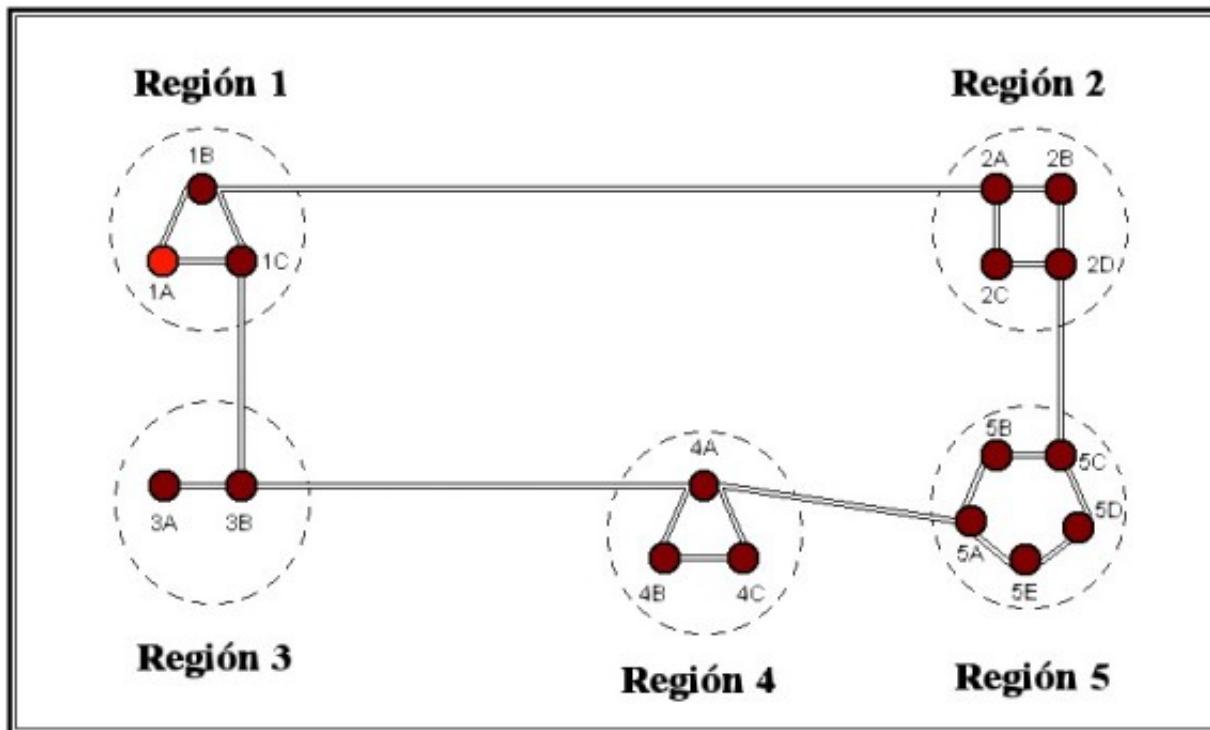
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Encaminamiento Jerárquico

- A medida que crece el tamaño de las redes, las tablas de encaminamiento crecen proporcionalmente
  - Aumenta el consumo de memoria y CPU para su procesamiento
- Llega un momento en que no es viable mantener una entrada para cada nodo de la red



DESTINO	LINEA	SALTOS
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

TABLA DE 1A COMPLETA

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Encaminamiento Jerárquico

- Característica principal:
  - Los nodos se pueden organizar en torno a dominios/regiones y subdominios
    - Requiere un sistema de nombres jerárquico
      - Id. Dominio/id. host
- Cada nodo tiene una tabla de encaminamiento
  - Especifica por qué nodo vecino debe enviar los paquetes destinados a cada uno de los otros  $M-1$  nodos en su mismo dominio, y a cada uno de los  $K-1$  dominios restantes
- El tamaño de la tabla con encaminamiento jerárquico es  $(M-1)+(K-1)$ 
  - Sin la jerarquía cada nodo necesitaría una entrada para cada uno de los  $N-1$  nodos restantes

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

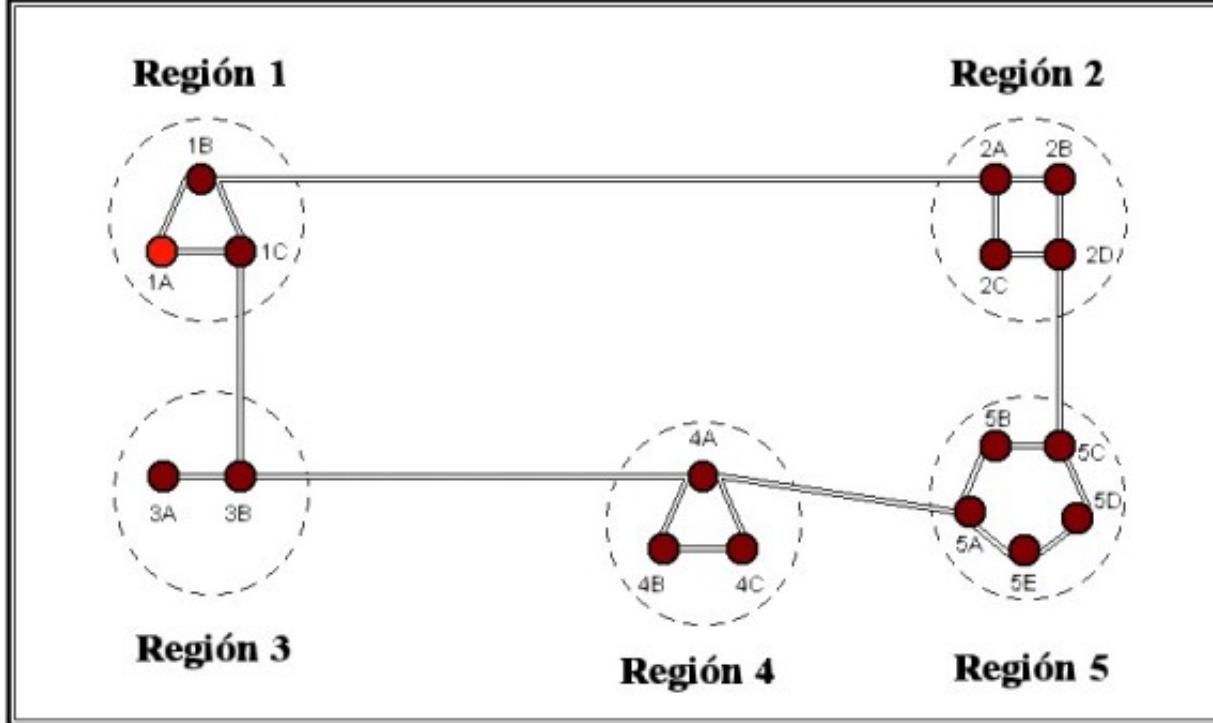
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Algoritmos de encaminamiento: enrutamiento jerárquico



DESTINO	LINEA	SALTOS
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
R. 2	1B	2
R. 3	1C	2
R. 4	1C	3
R. 5	1C	4

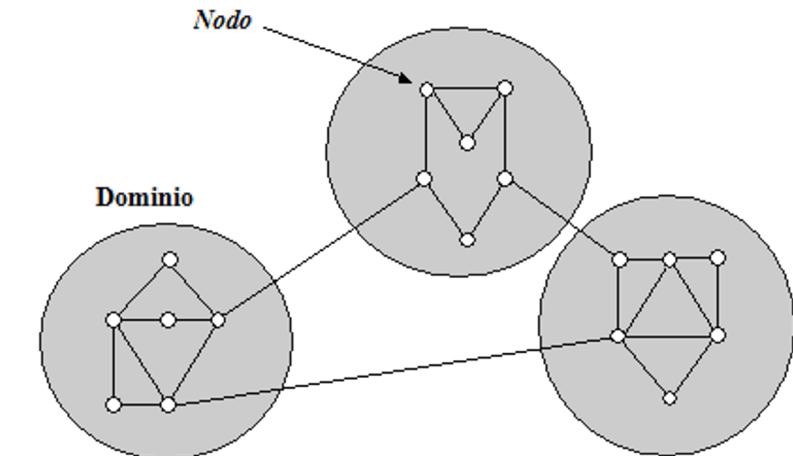
TABLA DE 1A JERÁRQUICA

DESTINO	LINEA	SALTOS
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

TABLA DE 1A COMPLETA

# Algoritmos de encaminamiento: enrutamiento jerárquico

- Ejemplo:
  - Si  $M=K=100$ , la tabla de encaminamiento en cada nodo tendría:
    - Jerárquico  $\rightarrow 198$
    - No Jerárquico  $\rightarrow 9.999$  entradas
- Siendo
  - $N$  = número de nodos
  - $K$  = número de dominios
  - $M$  = número de nodos por dominio
  - $N=K \cdot M$
- Ventaja
  - Los nodos no tienen que conocer diferentes caminos a localizaciones remotas individuales
  - En su lugar los nodos se agrupan en dominios y un nodo sólo necesita saber el nodo al cual debe enviar los próximos paquetes destinados a un **dominio** remoto
- Este es el encaminamiento que se utiliza en Internet (protocolo IP)



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

RIP, BGP, ...

# ENCAMINAMIENTO EN INTERNET

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

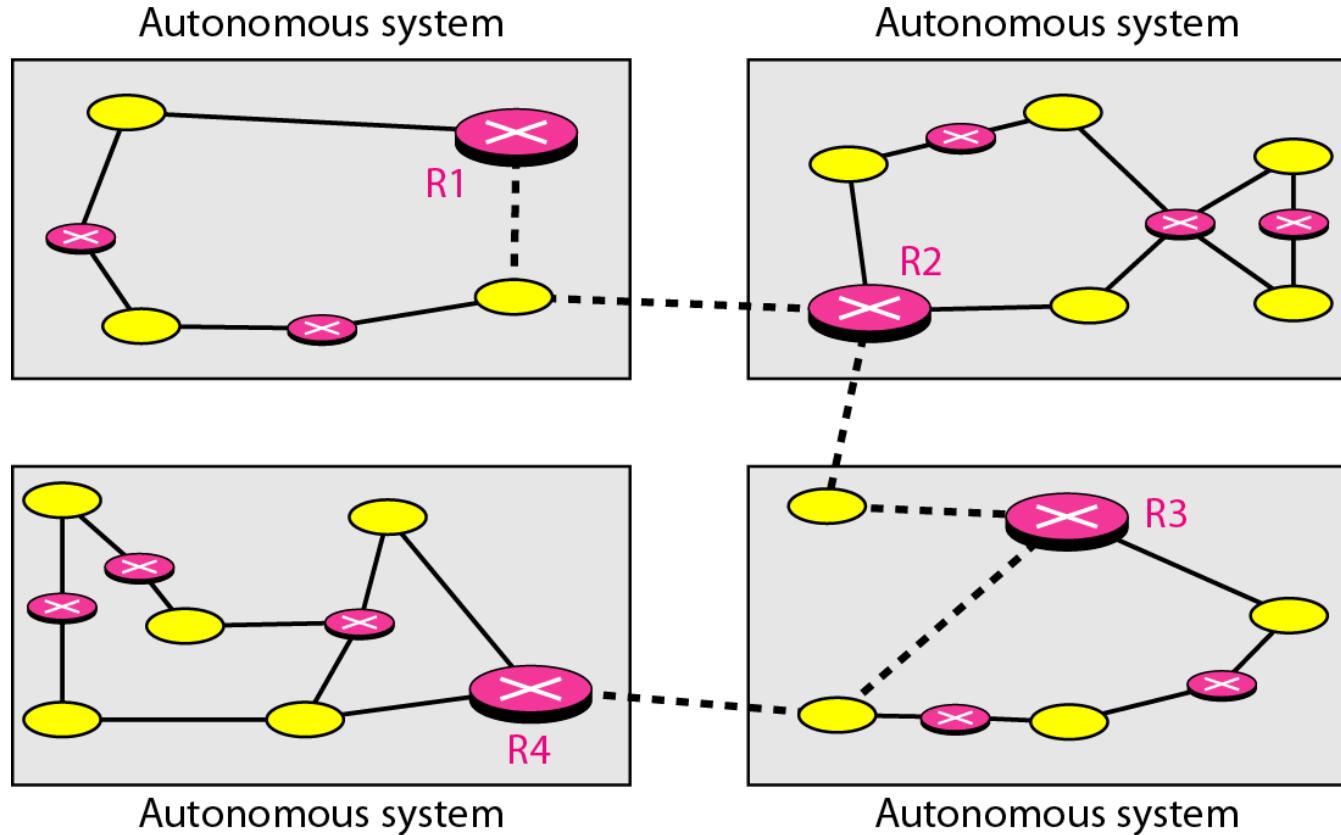
Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolos de encaminamiento dinámico en Internet

- La tabla de encaminamiento IP puede actualizarse manualmente
  - No es posible adaptarse a las condiciones cambiantes de la red: topología y tráfico
  - Es recomendable utilizar un protocolo de encaminamiento que se encargue de actualizar las tablas de encaminamiento de forma dinámica
- Protocolos de encaminamiento:
  - Facilitan el intercambio de información de encaminamiento entre routers (dispositivos de encaminamiento)
  - Un router tiene acceso a varias redes
    - Esta información se expresa en términos de qué redes son accesibles a través de qué routers
    - Cuando hay varias posibilidades, las decisiones de encaminamiento tratan de OPTIMIZAR
    - Para optimizar, se asigna un COSTE de pasar a través de una red  
→ MÉTRICA
    - Cada protocolo de encaminamiento define su propia métrica

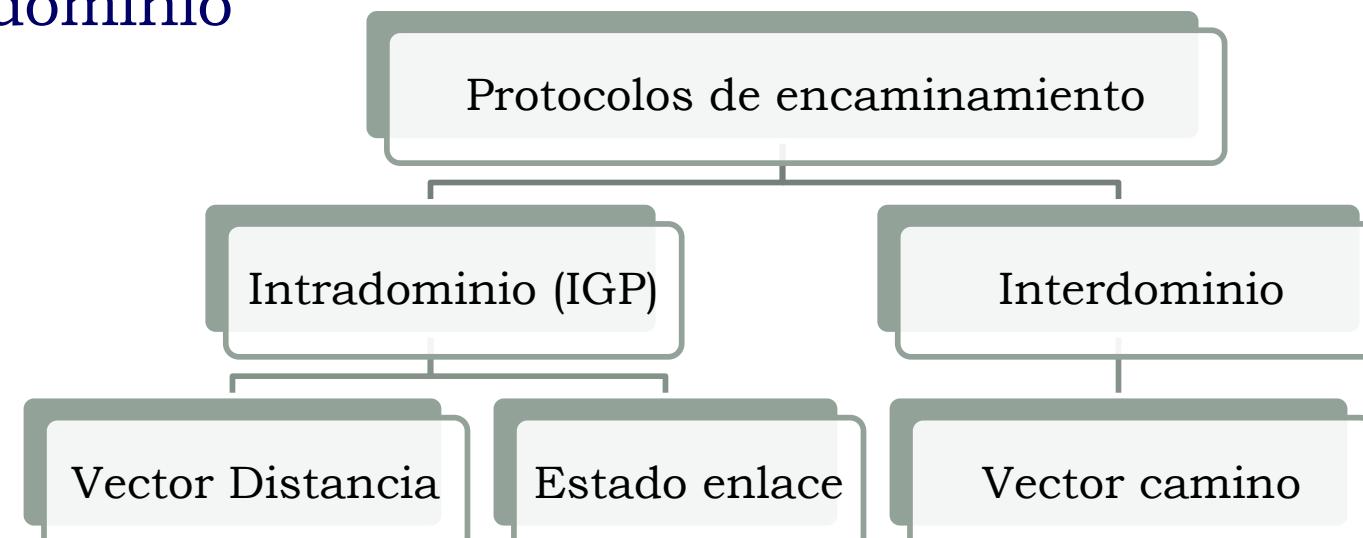
# Protocolos de encaminamiento dinámico en Internet

- Internet se divide en SISTEMAS AUTÓNOMOS
  - Un sistema autónomo (SA) es un grupo de redes y dispositivos de encaminamiento bajo una autoridad común
  - Excepto en momento de fallos, un SA está conectado
    - Existe un camino entre cualquier par de nodos



# Protocolos de encaminamiento dinámico

- El encaminamiento **dentro** de un sistema autónomo se conoce como encaminamiento **INTRADOMINIO**
  - Cada SA puede elegir uno o más protocolos para determinar el encaminamiento dentro del SA
  - También denominados Interior Gateway Protocols (**IGP**)
- El encaminamiento **entre** sistemas autónomos se conoce como encaminamiento **INTERDOMINIO**
  - Sólo un protocolo gestiona el encaminamiento interdominio



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

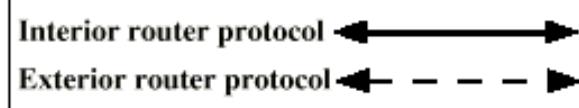
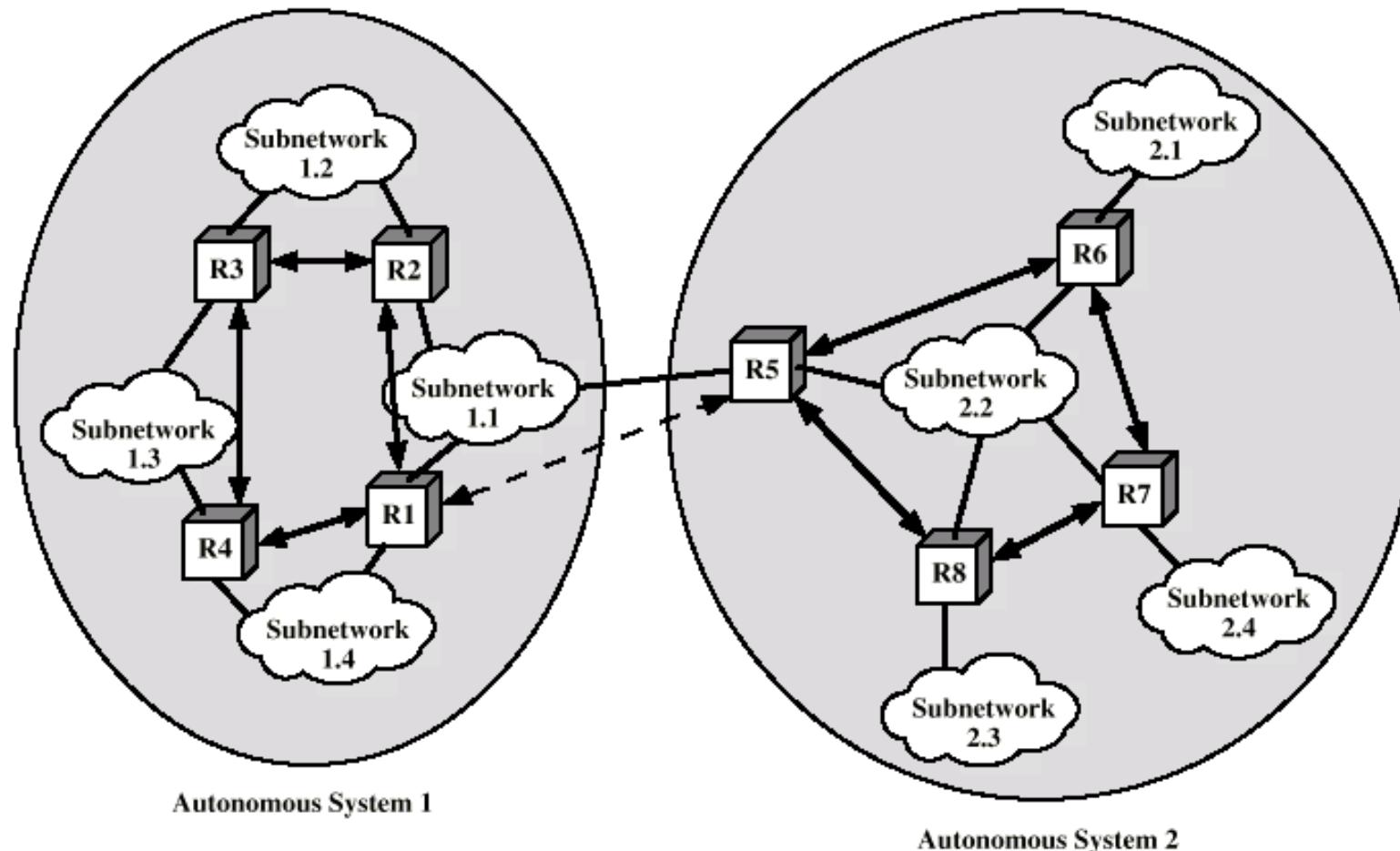
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolos de encaminamiento dinámico



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# Protocolo de encaminamiento intradominio: RIP

- Protocolo de Información de Encaminamiento (*Routing Information Protocol*, RIP)
  - Protocolo de encaminamiento **intradominio** (RFC 1058)
  - Se basa en el encaminamiento basado en el **vector de distancia**
    - RIP agrega la columna “métrica” a la tabla de encaminamiento
    - La métrica empleada es el número de saltos que hay entre el router origen y la subred destino:
    - El infinito ( $\infty$ ) se define como 16
      - Cualquier camino no puede tener más de 15 saltos
    - Cada router difunde su vector de distancias cada 30 segundos a los routers vecinos.
    - El vector distancia contiene una lista de hasta 25 subredes de destino pertenecientes al AS, así como la distancia desde el router emisor a cada una de esas subredes
    - Si un router no recibe ningún mensaje en 180 segundos considera que el enlace/nodo ha caído.

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

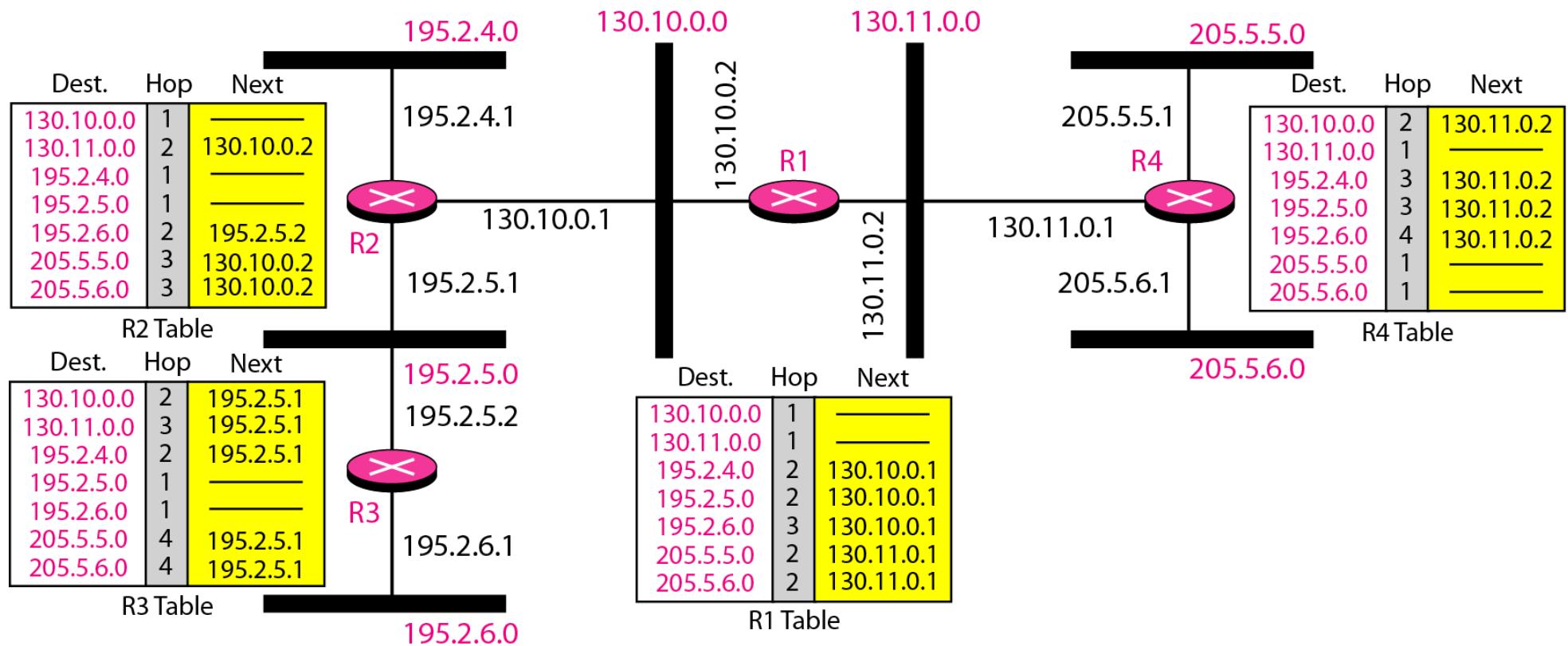
Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

# RIP



Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

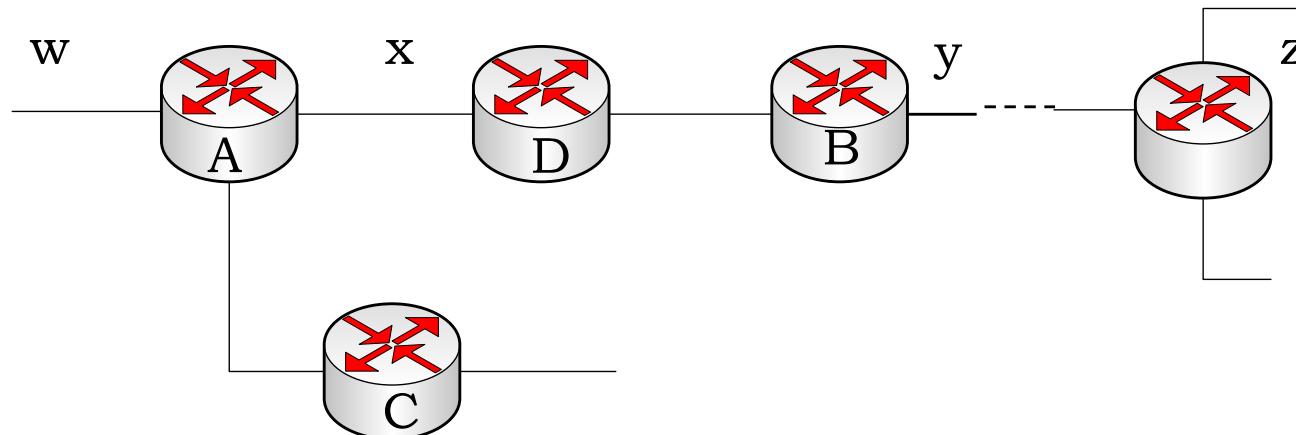
Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## RIP: Ejemplo

- Sea una parte de un sistema autónomo



- Tabla de encaminamiento de D antes de recibir un anuncio del router A

Subred de destino	Nº de saltos hasta el destino	Siguiente router
w	2	A
y	2	B
z	7	B
x	1	-

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Ejemplo RIP

- 30 segundos más tarde, D recibe el siguiente anuncio de A

Subred de destino	Nº de saltos hasta el destino
w	1
z	4
x	1

Ruta más corta

- D actualiza su tabla para tener en cuenta la nueva ruta más corta de encaminamiento

Subred de destino	Nº de saltos hasta el destino	Siguiente router
w	2	A
y	2	B
z	5	A
x	1	-

Tema 1. Introducción a las redes y sistemas distribuidos

Tema 2. Técnicas de acceso y control de enlace

**Tema 3. Protocolos de Interconexión de Redes**

Tema 4. Servicios básicos para el nivel de transporte en Internet

Tema 5. Aplicaciones distribuidas en Internet

## Protocolo de encaminamiento intradominio: BGP

- Protocolo de Pasarela Frontera (BGP –Border Gateway Protocol)
  - Permite el intercambio de información entre pasarelas (dispositivos de encaminamiento) de SA diferentes (RFC1771)
  - Opera en términos de mensajes que se envían utilizando conexiones TCP → sesiones BGP
  - Utiliza el encaminamiento basado en el vector camino
    - Pasarelas vecinas de diferentes AS se intercambian información
      - Dos pasarelas son vecinas si están conectadas a la misma subred