

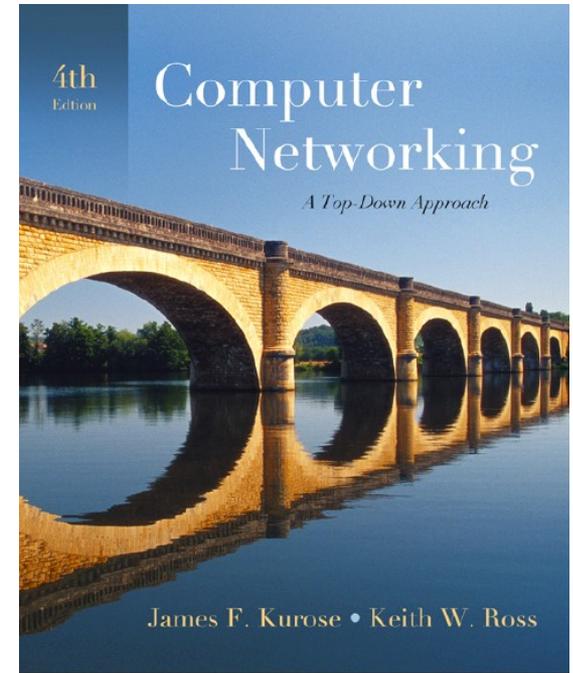
Introducción a las Redes de Computadoras

Capítulo 1 Introducción

Nota acerca de las transparencias del curso:

Estas transparencias están basadas en el sitio web que acompaña el libro, y han sido modificadas por los docentes del curso.

All material copyright 1996-2007
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Computer Networking:
A Top Down Approach ,
4th edition.*

*Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2007.*

Aspectos administrativos: quienes, cuándo?

□ **Docentes**

- Ariel Sabiguero
- Carlos Martinez
- Eduardo Grampín
- Fededrico Rodriguez
- Javier Baliosian (Responsable del curso)
- Juan Saavedra
- Leonardo Vidal
- Luis Chiruzzo
- Martín Giachino
- Matías Richart

□ **Teórico**

- Martes y Jueves de 19:30 a 22 hs. Salón B01

□ **Grupos de Laboratorio**

- Lunes de 18 a 22 hs. Salón 108.
- Miércoles de 18 a 22 hs. Salón 106.

Aspectos administrativos: laboratorios

- ❑ **Grupos de 3 estudiantes con tutor**
 - ❖ Reuniones semanales obligatorias
 - ❖ 30 min. Lunes o miercoles de 18 a 21.
- ❑ **4 entregas obligatorias cada 3 o 4 semanas**
- ❑ **Defensa "en máquina" obligatoria**

Recursos

□ **Página web**

- ❖ <http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/redescomp/>

□ **Newsgroup**

- ❖ fing.cursos.redescomp

□ **Moodle**

- ❖ eva.fing.edu.uy

□ **Bibliografía**

- ❖ ***Computer Networking: A Top Down Approach***, 4th edition. Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, July 2007. ISBN-10: 0321497708, ISBN-13: 9780321497703.
- ❖ ***Redes de Computadores: Un Enfoque Descendente Basado en Internet***, 5a. edición. Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, 2010. ISBN: 9788478291199.
- ❖ ***Computer Networks***, 4th Edition. Andrew S. Tanenbaum, Prentice Hall PTR, 2002. ISBN-10: 0130661023, ISBN-13: 978-0130661029.

Capítulo 1: Introducción

Objetivo:

- ❑ captar "de que se trata" y la terminología
- ❑ profundidad *más adelante* en el curso
- ❑ enfoque:
 - ❖ usar la Internet como ejemplo

Veremos:

- ❑ qué es la Internet?
- ❑ qué es un protocolo?
- ❑ el "borde" de la red; estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico
- ❑ el "núcleo" de la red: conmutación de paquetes/circuitos, estructura de la Internet
- ❑ performance: pérdidas, retardo, "throughput"
- ❑ seguridad
- ❑ protocolos: modelos de capas
- ❑ historia

Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde (extremo)de la red

- estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

1.5 Protocolos: modelos de capas

1.6 Seguridad

1.7 Historia

Qué es la Internet: descripción práctica



- millones de dispositivos conectados: *estaciones de trabajo ("hosts" o "end systems")*

- ejecutando *aplicaciones en red*

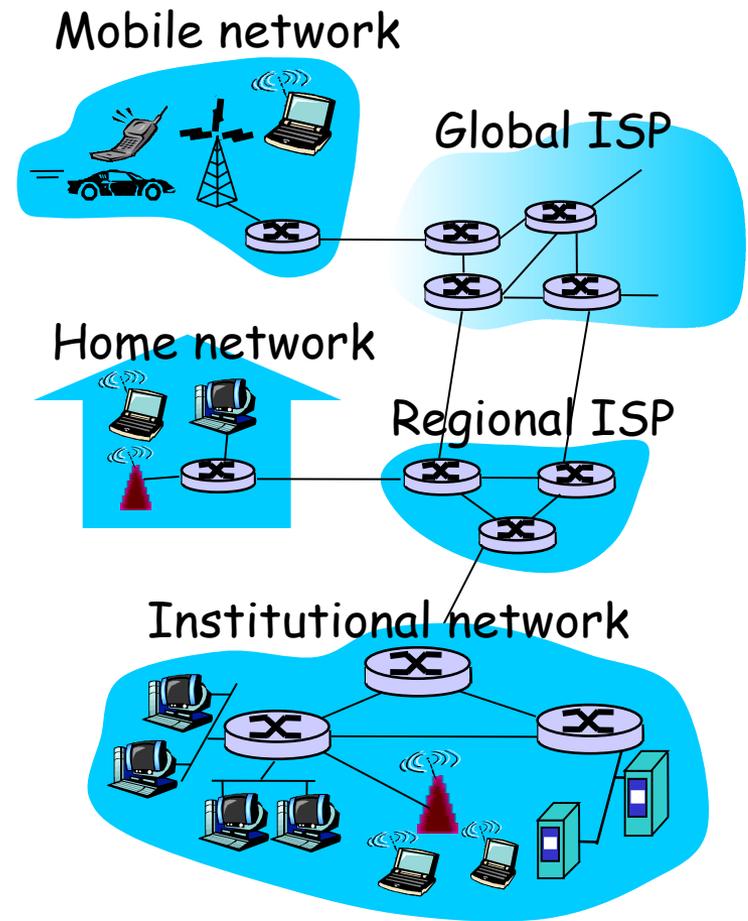
- enlaces ("links")*

- fibra, cobre, radio, satélite

- tasa de transmisión = *ancho de banda ("bandwidth")*



- enrutadores ("routers")*: reenvían ("forwarding") paquetes ("trozos" de datos)



No todos son PCs... "Cool" internet appliances



IP picture frame
<http://www.ceiva.com/>



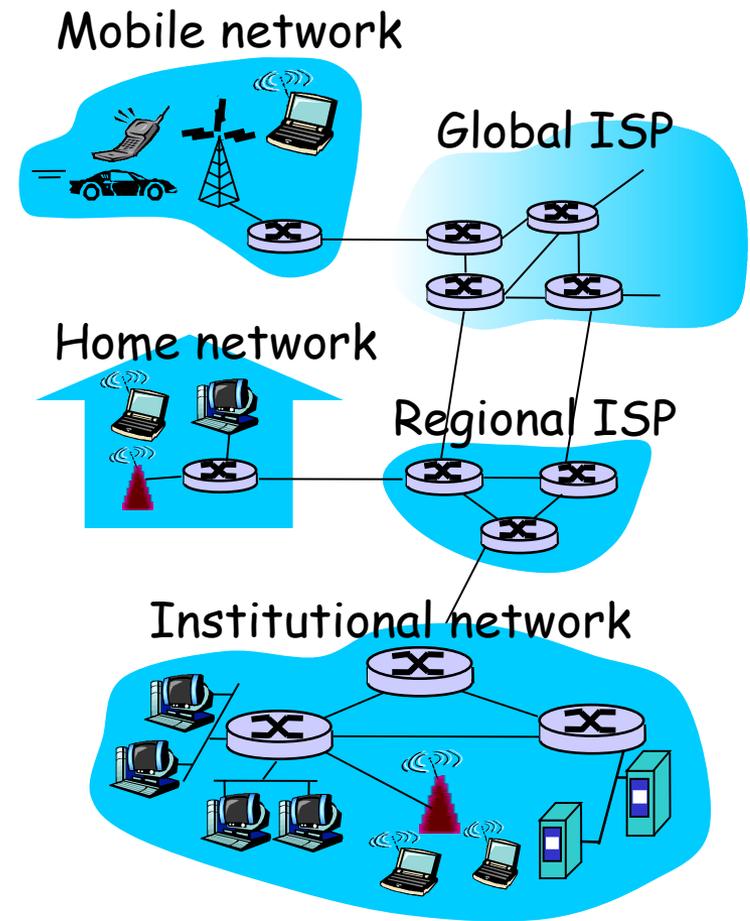
Internet phones



El servidor web más pequeño del mundo?
<http://www.webservusb.com/>

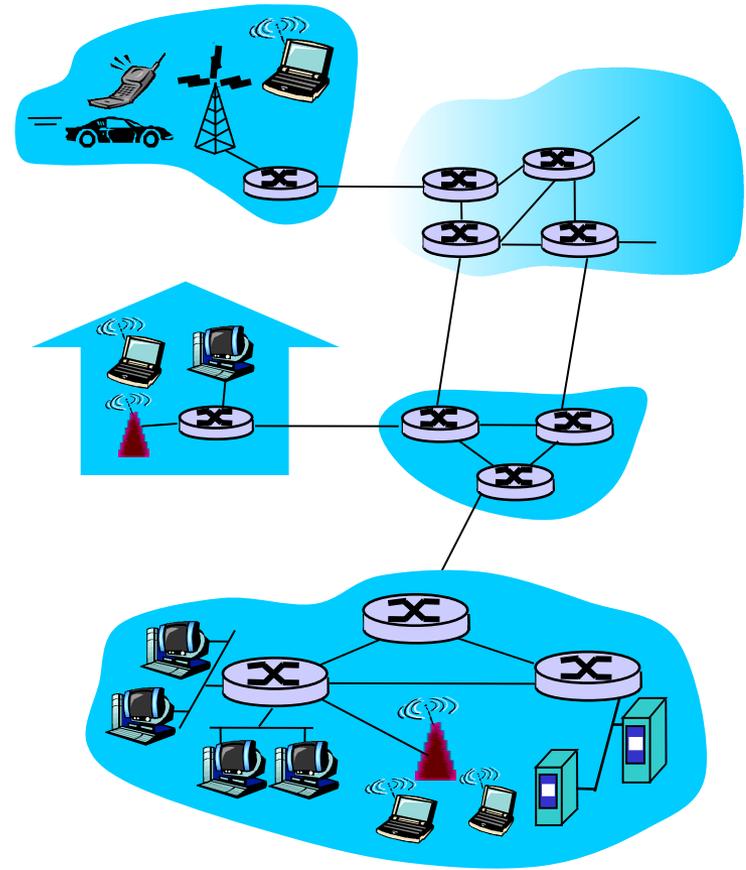
Qué es la Internet: descripción práctica

- ❑ los *protocolos* controlan el envío y recepción de mensajes
 - ❖ ej., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- ❑ *Internet: "red de redes"*
 - ❖ "levemente" jerárquica
 - ❖ Internet pública vs. intranet privada: todas son redes TCP/IP
- ❑ Internet: estándares
 - ❖ RFC: Request for comments
 - ❖ IETF: Internet Engineering Task Force



Qué es la Internet: una visión de servicio

- **la infraestructura de comunicaciones** soporta las aplicaciones distribuidas:
 - ❖ Web, VoIP, email, juegos, e-commerce, file sharing
- **servicios provistos a las aplicaciones:**
 - ❖ entrega confiable de datos de extremo a extremo
 - ❖ entrega de datos "best effort" (no confiable)



Qué es un protocolo?

protocolos humanos:

- ❑ "qué hora es?"
- ❑ "Tengo una pregunta"
- ❑ presentaciones personales

... se envían mensajes específicos

... se toman acciones específicas cuando se reciben estos mensajes, u otros eventos

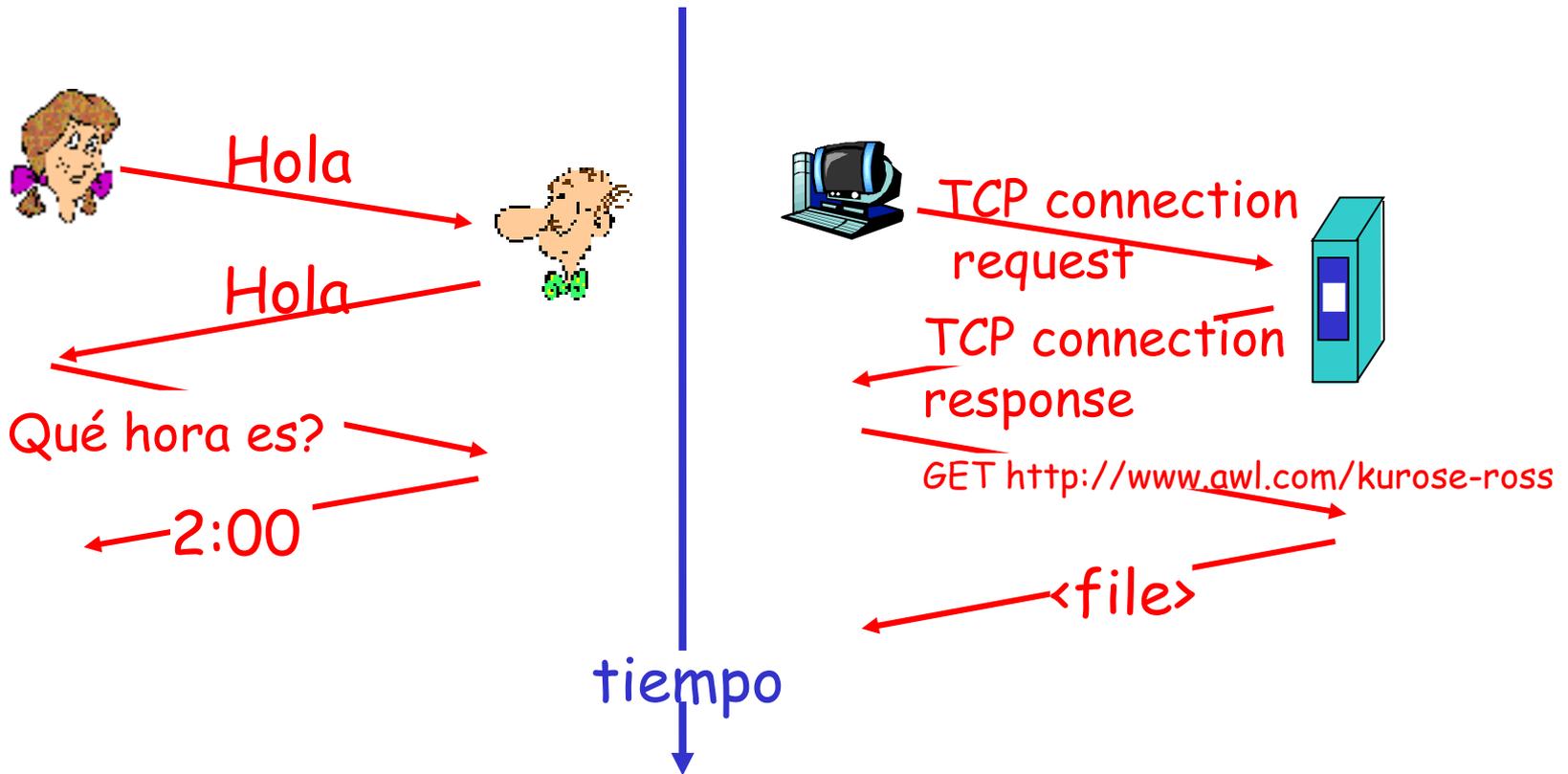
protocolos de red:

- ❑ diálogo entre máquinas
- ❑ en la Internet, todas las comunicaciones están gobernadas por protocolos

los protocolos definen el formato y orden de los mensajes intercambiados entre entidades de red, y las acciones a tomar en la transmisión y/o recepción de un mensaje u otro evento

Qué es un protocolo?

protocol humano y protocolo de red de computadoras:



Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde de la red

- ❑ estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- ❑ conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

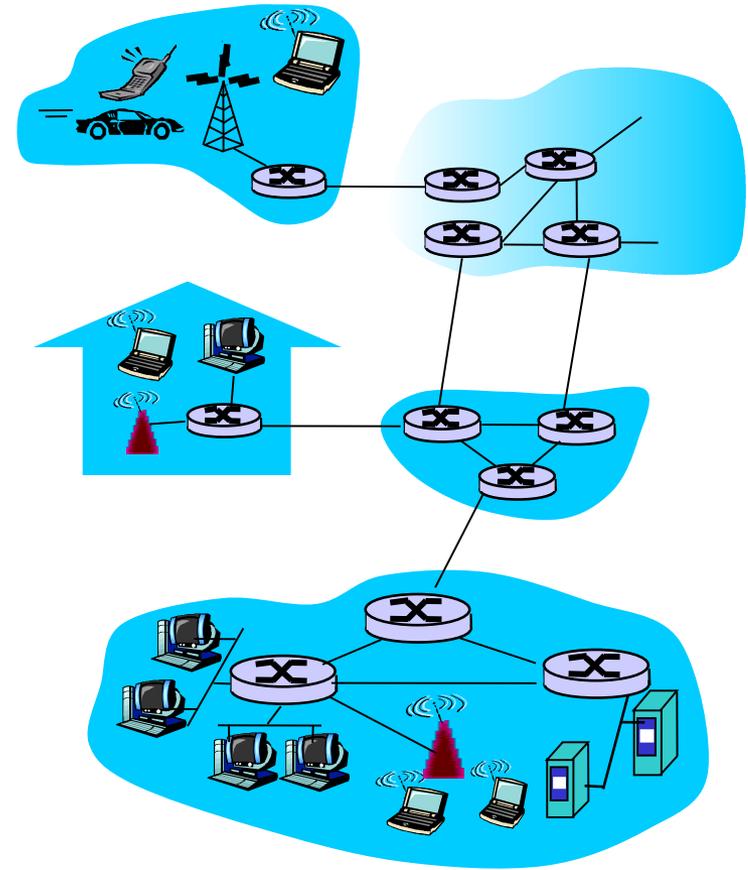
1.5 Protocolos: modelos de capas

1.6 Seguridad

1.7 Historia

Aproximación a la estructura de red:

- **el borde de la red:**
aplicaciones y hosts
- **redes de acceso, medio físico:**
enlaces cableados e inalámbricos
- **núcleo de red:**
 - ❖ interconexión de routers
 - ❖ red de redes



El borde de la red:

□ end systems (hosts):

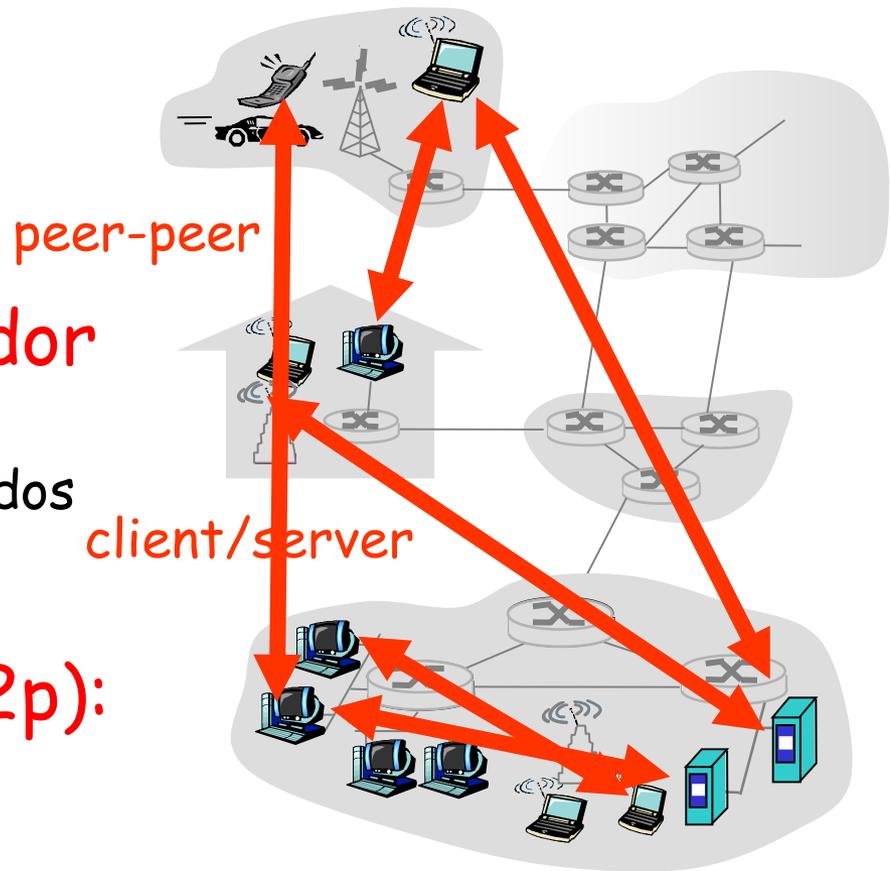
- ❖ Ejecutan programas de aplicación
- ❖ ej. Web, email

□ modelo cliente/servidor

- ❖ los requerimientos de los clientes (hosts), son servidos por servidores "always-on server"

□ modelo peer-peer (p2p):

- ❖ uso mínimo (o nulo) de servidores dedicados
- ❖ ej. Skype, BitTorrent



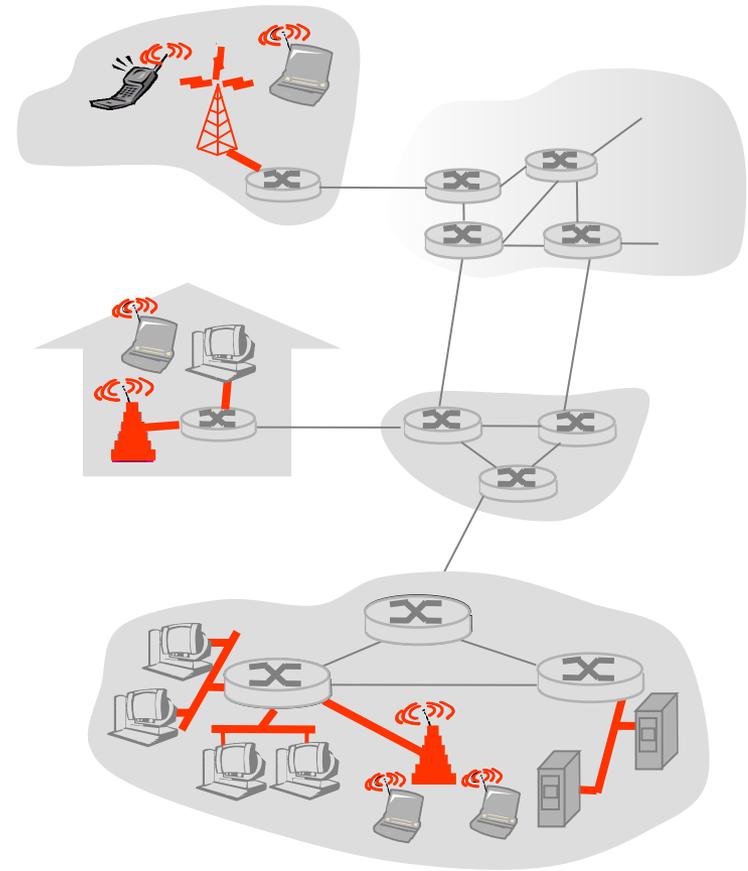
Redes de acceso y medio físico

P: Cómo conectar los "end systems" a routers del borde de la red?

- ❑ redes de acceso residencial
- ❑ redes de acceso institucional (universidad, empresas)
- ❑ redes de acceso a móviles

Tener en cuenta:

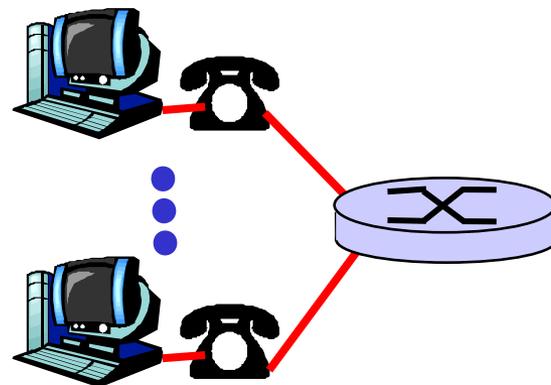
- ❑ Ancho de banda (bits por segundo) de la red de acceso?
- ❑ Acceso compartido o dedicado?



Acceso residencial: punto a punto

❑ **Discado via modem**

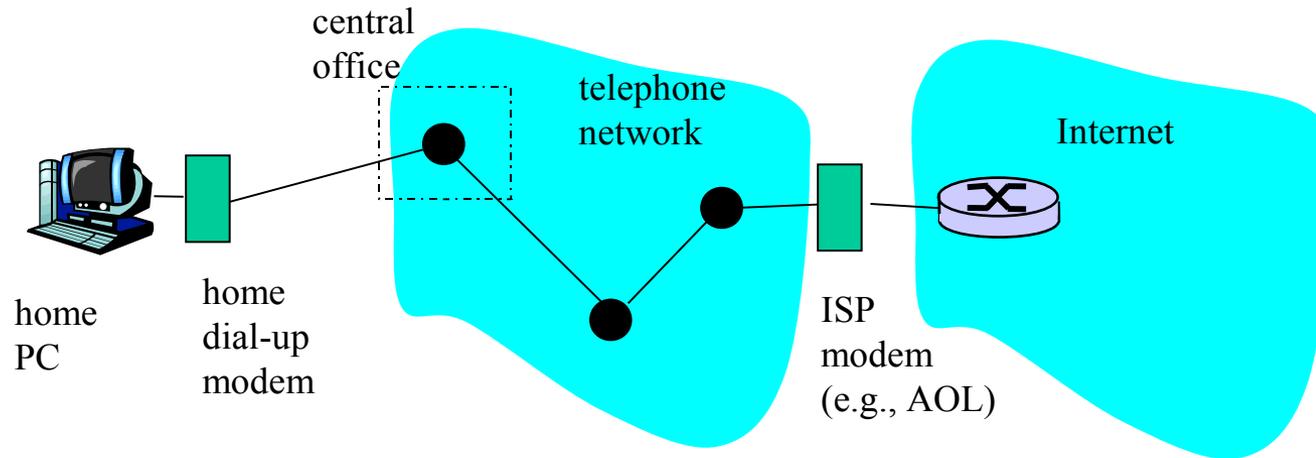
- ❖ acceso directo a router *hasta* 56Kbps
- ❖ imposible "navegar" y usar el teléfono a la vez: no es "always on"



❑ **DSL: digital subscriber line**

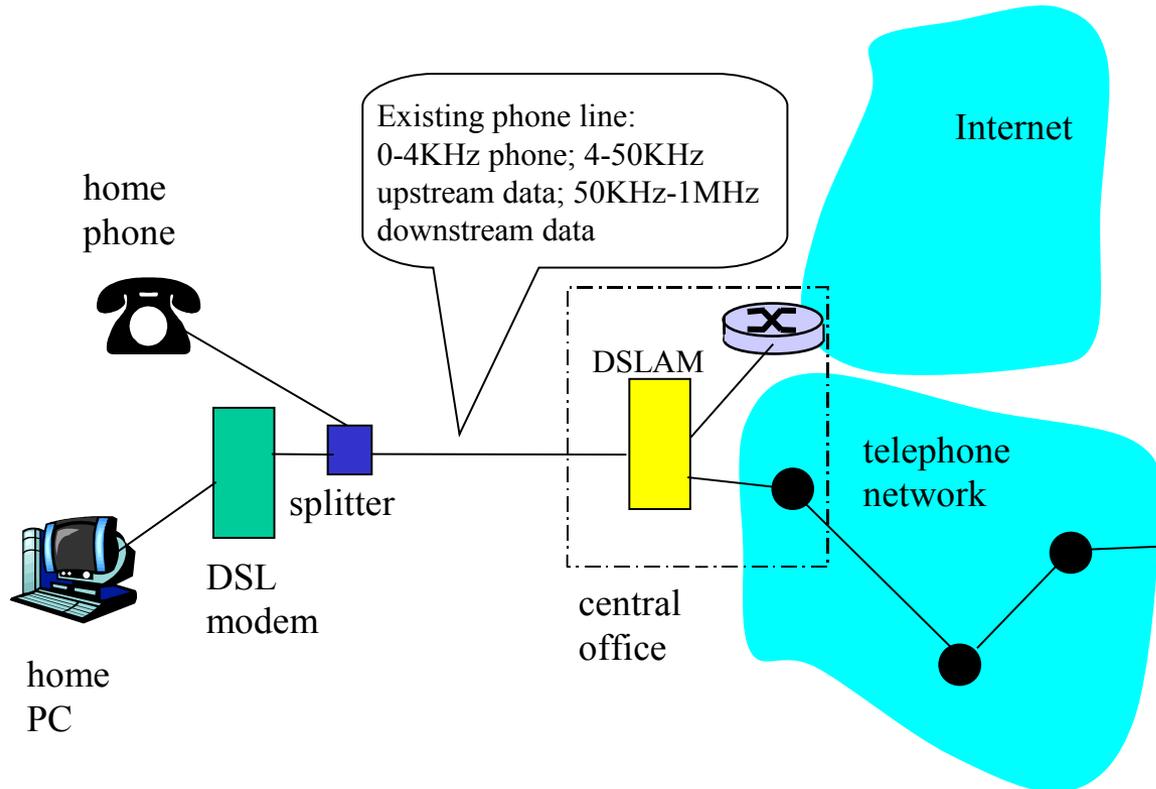
- ❖ desplegado usualmente por las compañías telefónicas
- ❖ hasta 1 Mbps "de subida" (típicamente < 256 kbps)
- ❖ hasta 8 Mbps "de bajada" (típicamente < 1 Mbps)
- ❖ línea física "dedicada" a central telefónica

Dial-up Modem



- ❖ uses existing telephony infrastructure
 - home directly-connected to **central office**
- ❖ up to 56Kbps direct access to router (often less)
- ❖ can't surf, phone at same time: not **"always on"**

Digital Subscriber Line (DSL)

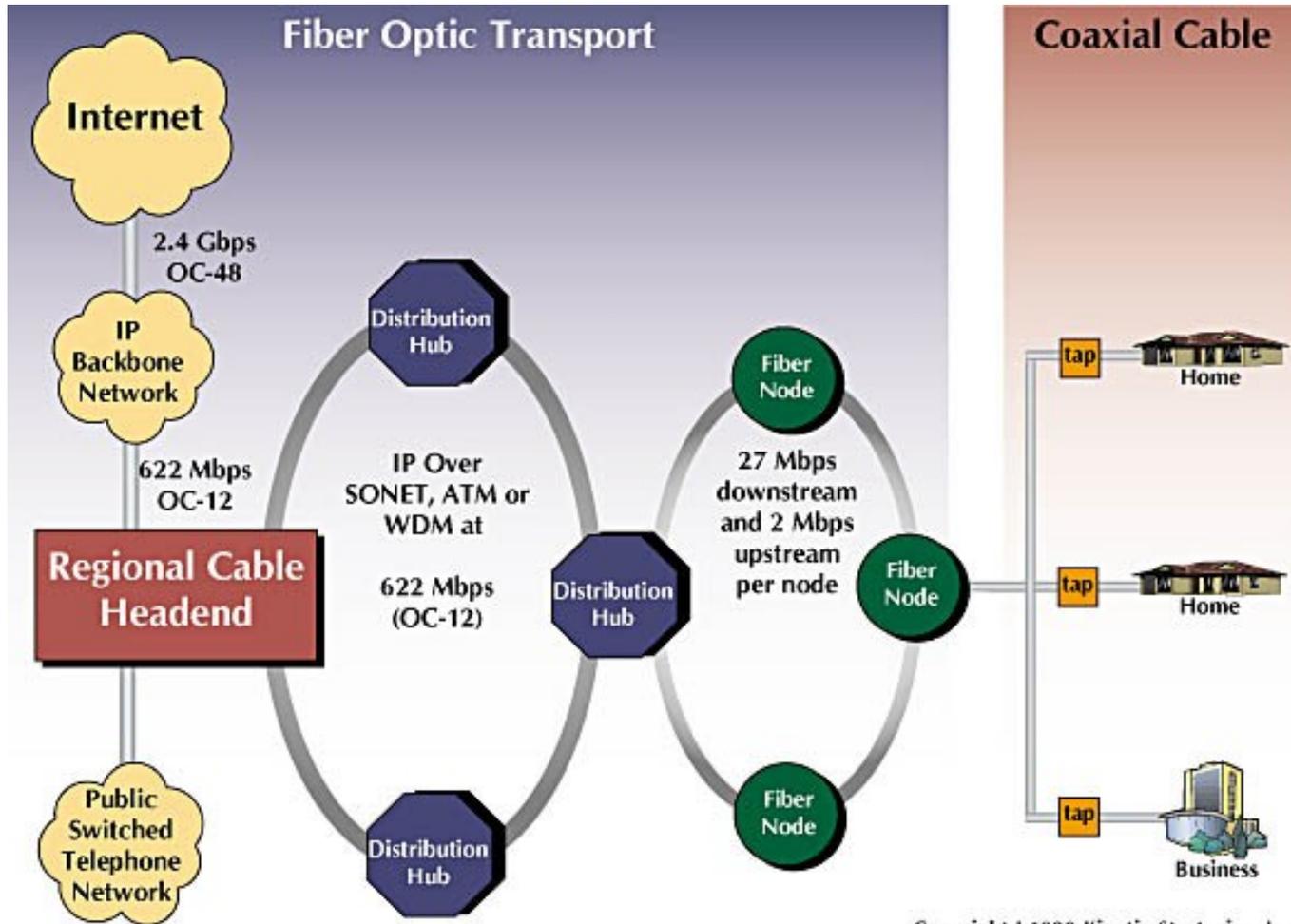


- ❖ uses existing telephone infrastructure
- ❖ up to 1 Mbps upstream (today typically < 256 kbps)
- ❖ up to 8 Mbps downstream (today typically < 1 Mbps)
- ❖ dedicated physical line to telephone central office

Acceso residencial: cable modems

- ❑ HFC: hybrid fiber coax
 - ❖ asimétrico: hasta 30Mbps de bajada, 2 Mbps de subida
- ❑ red de cable y fibra conecta hogares al router del ISP
 - ❖ los hogares *comparten* el acceso
- ❑ Desplegado por las compañías de TV cable

Acceso residencial : cable modems

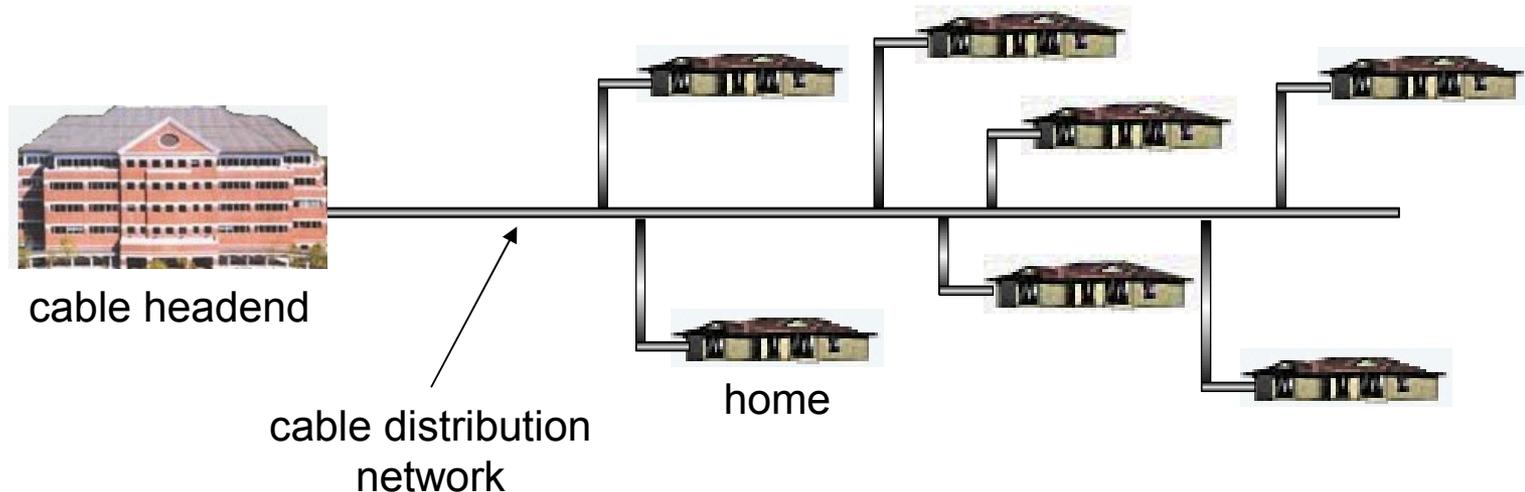


Copyright © 1999 Kinetic Strategies, Inc.

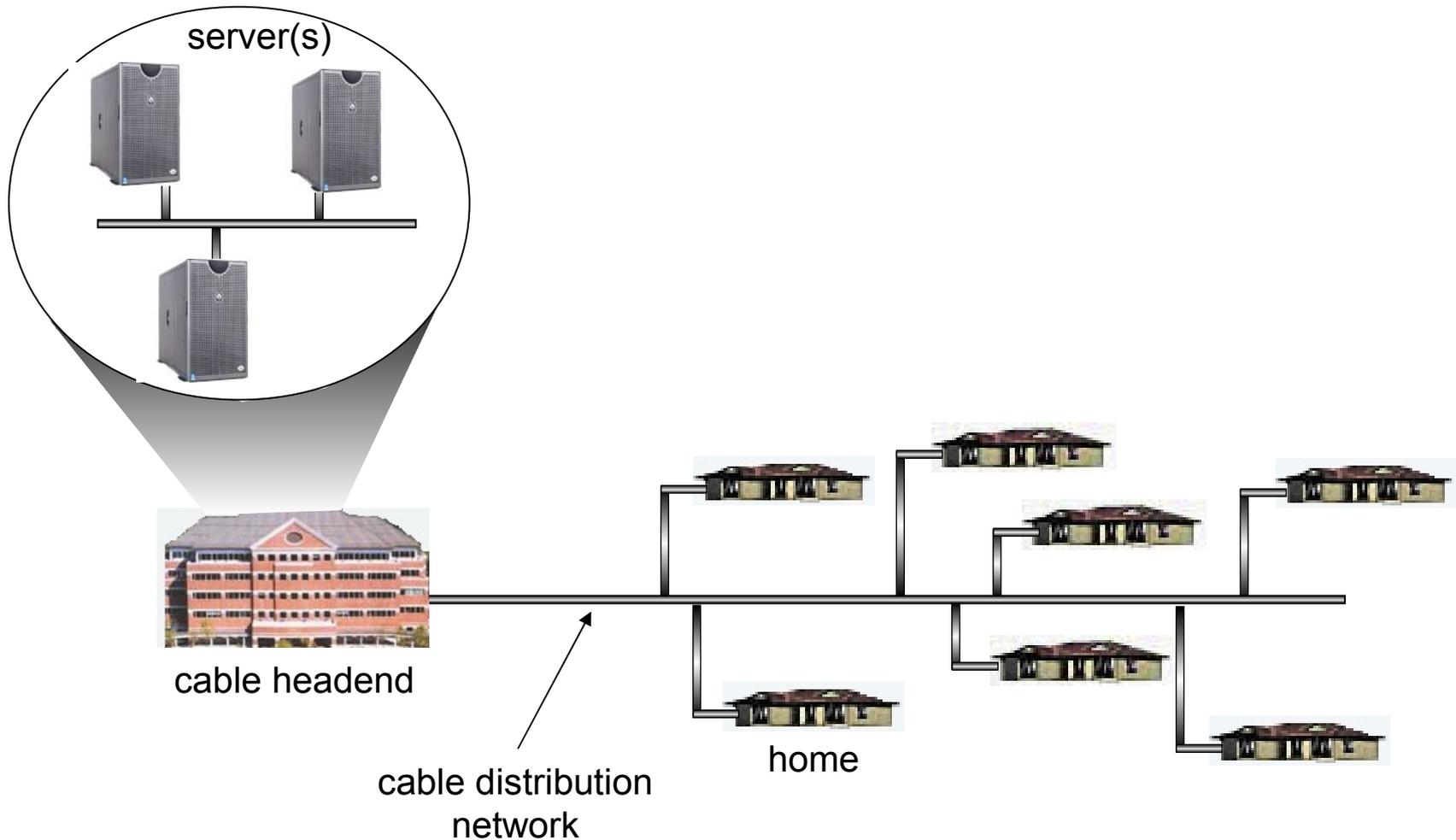
Fuente: <http://www.cabledatacomnews.com>

Arquitectura de la red de cable: vista simplificada

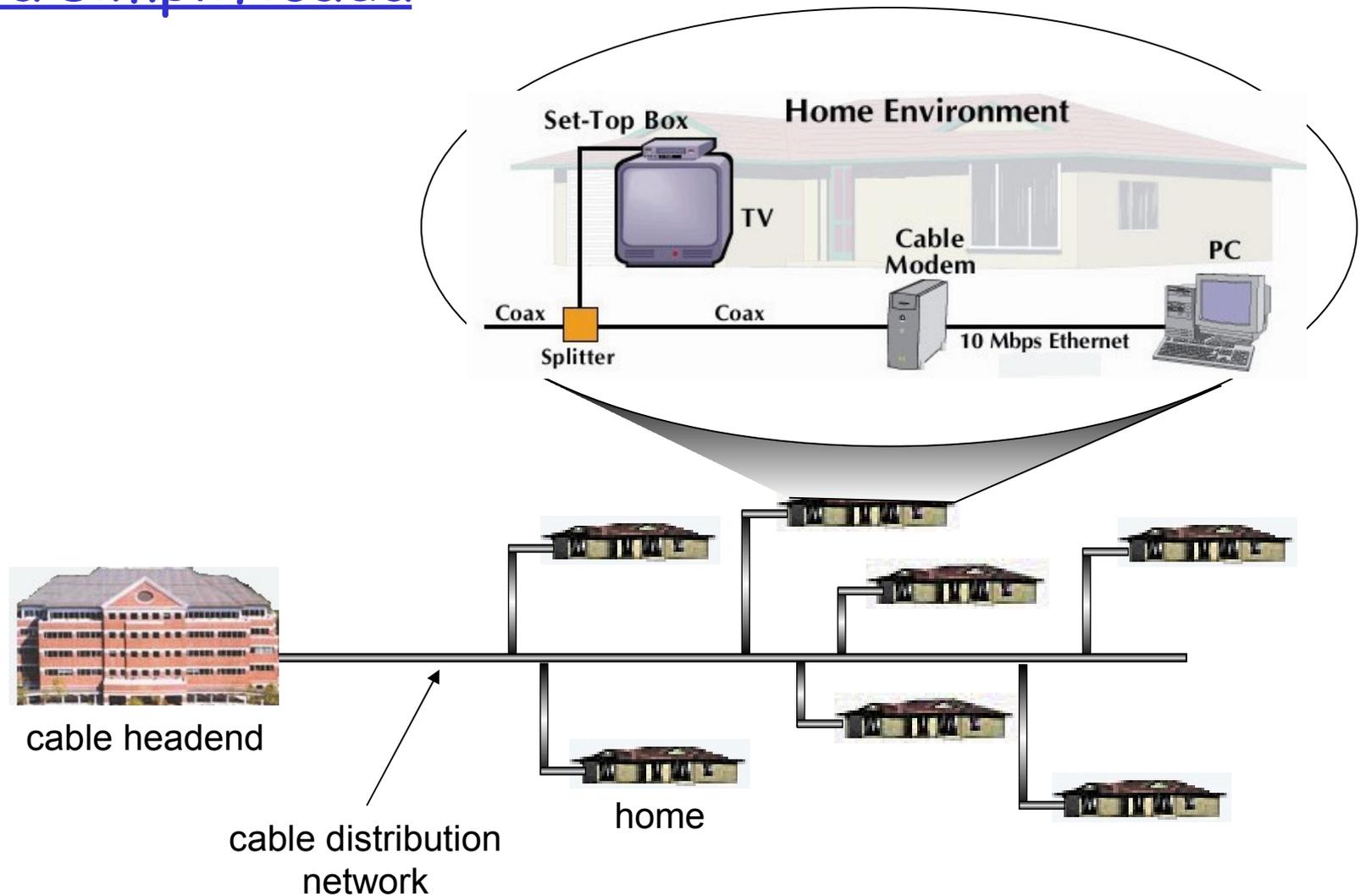
Típicamente de 500 a 5.000 hogares



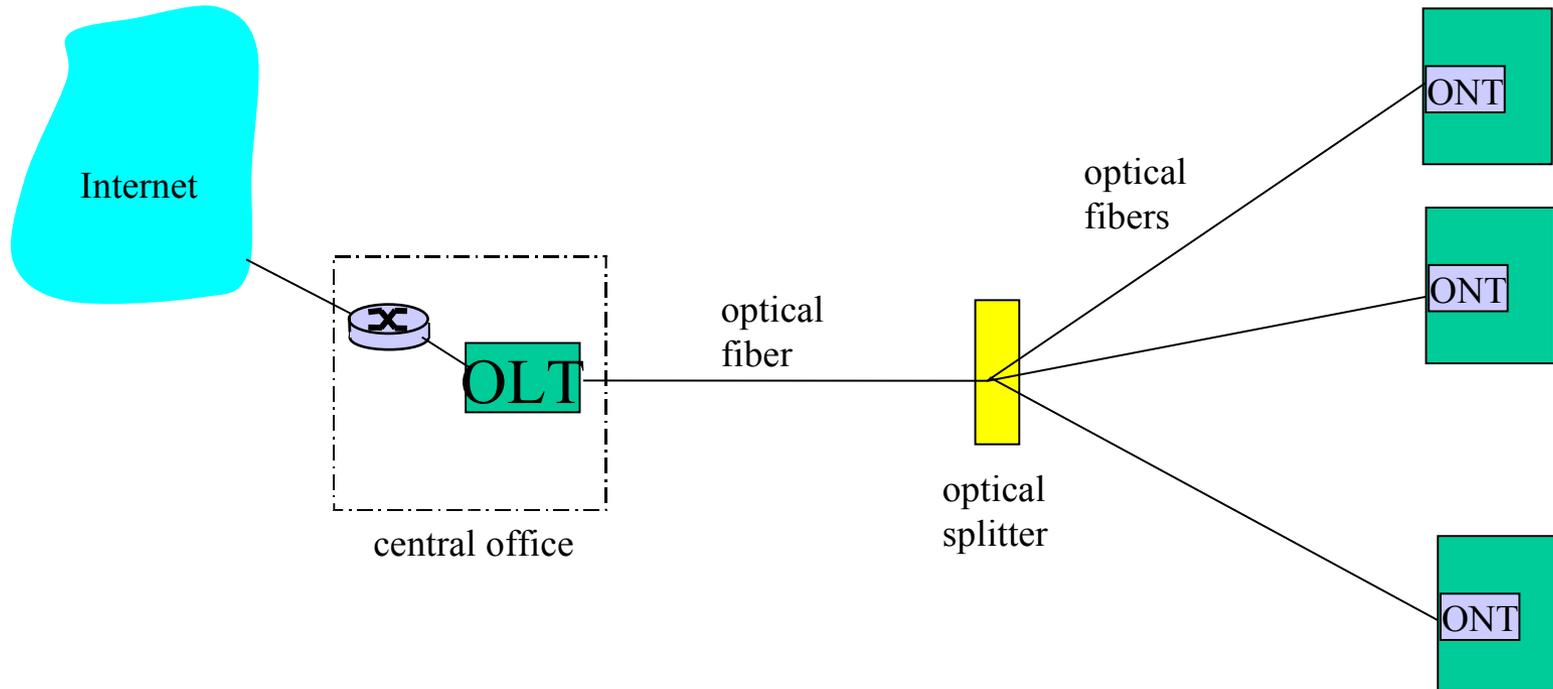
Arquitectura de la red de cable: vista simplificada



Arquitectura de la red de cable: vista simplificada

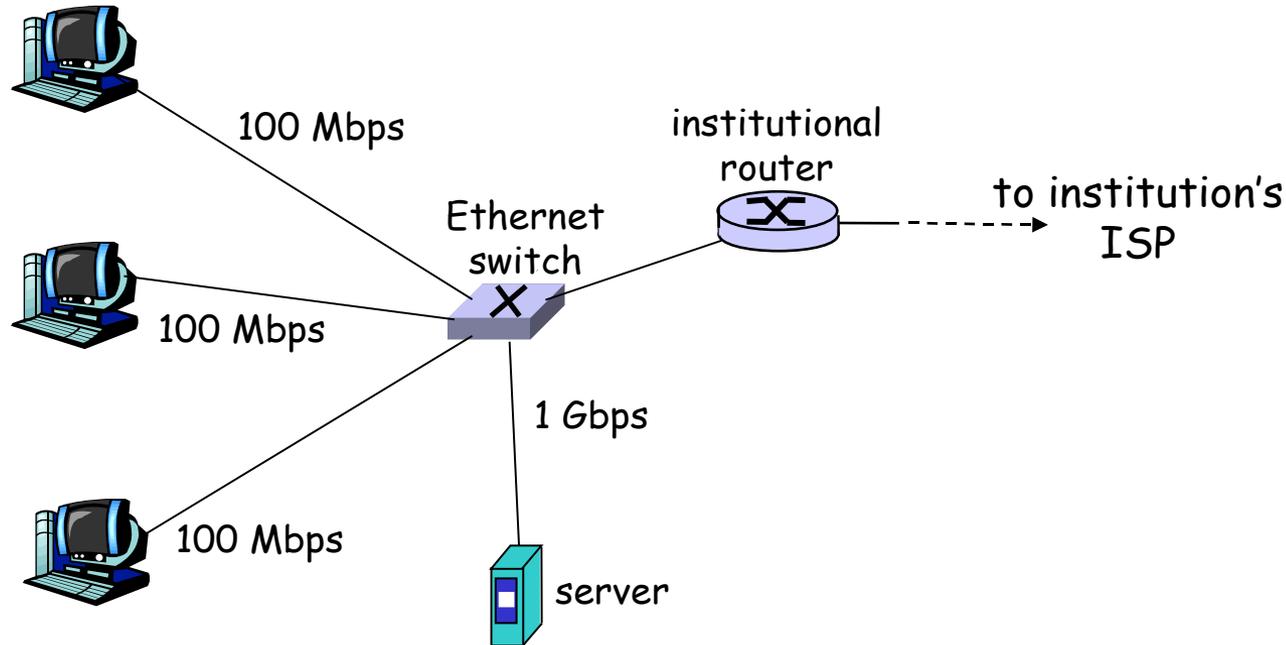


Fiber to the Home



- ❖ optical links from central office to the home
- ❖ two competing optical technologies:
 - Passive Optical network (PON)
 - Active Optical Network (PAN)
- ❖ much higher Internet rates; fiber also carries television and phone services

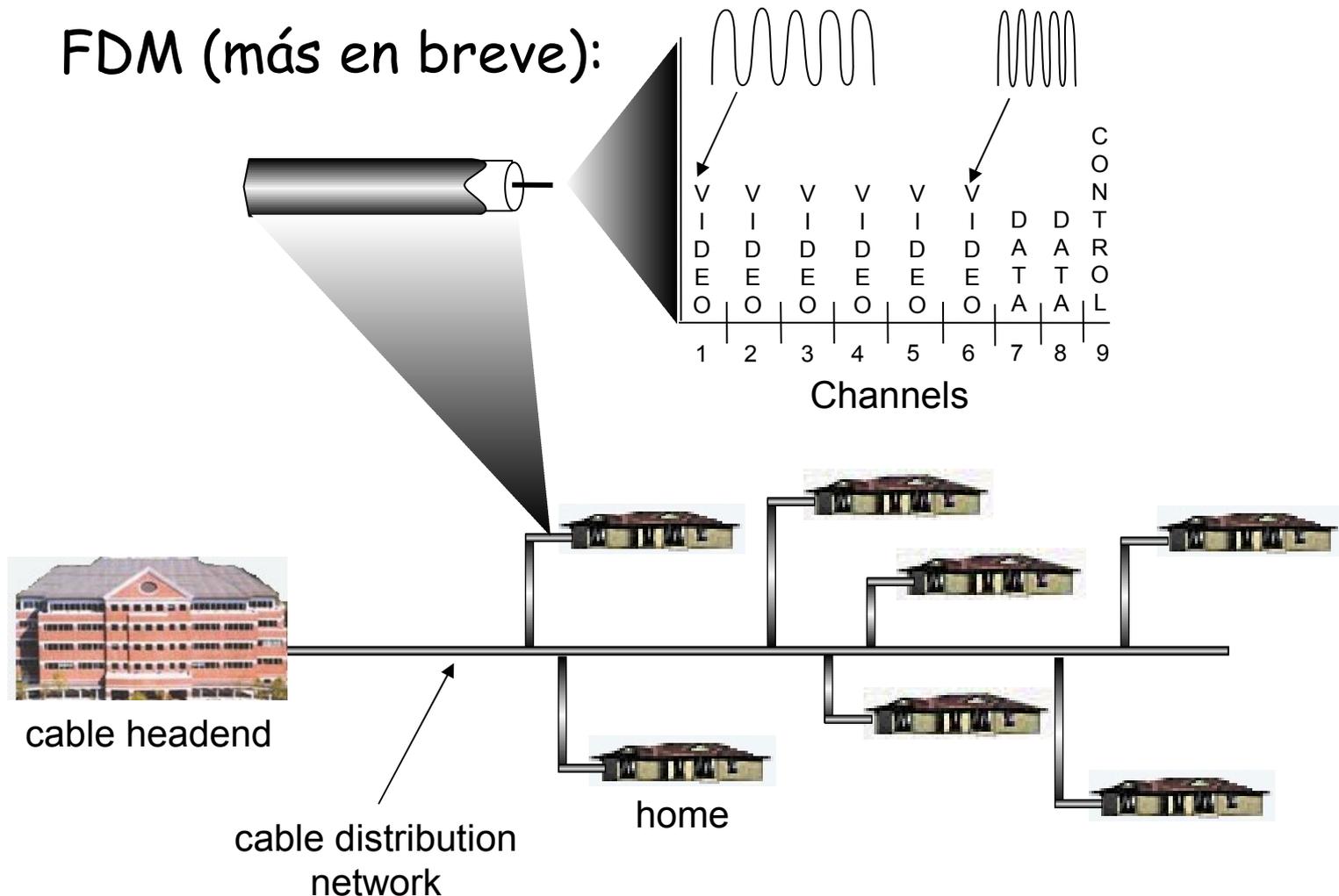
Ethernet Internet access



- ❖ typically used in companies, universities, etc
- ❖ 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps Ethernet
- ❖ today, end systems typically connect into Ethernet switch

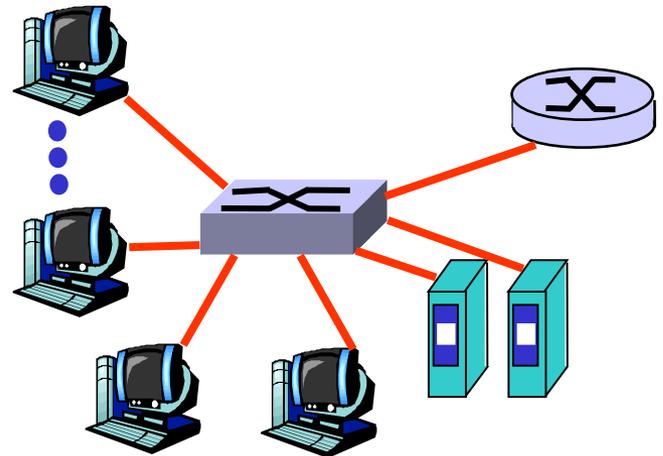
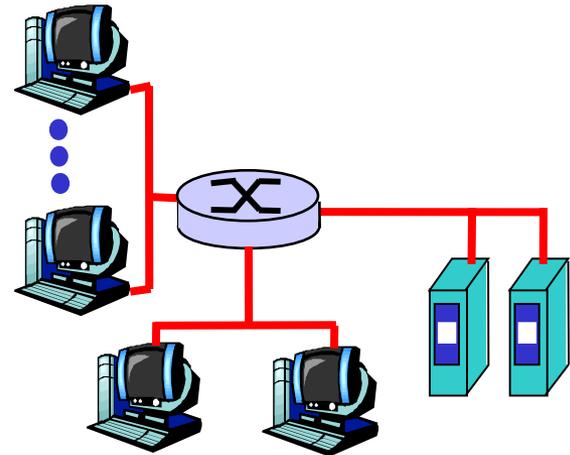
Arquitectura de la red de cable: vista simplificada

FDM (más en breve):



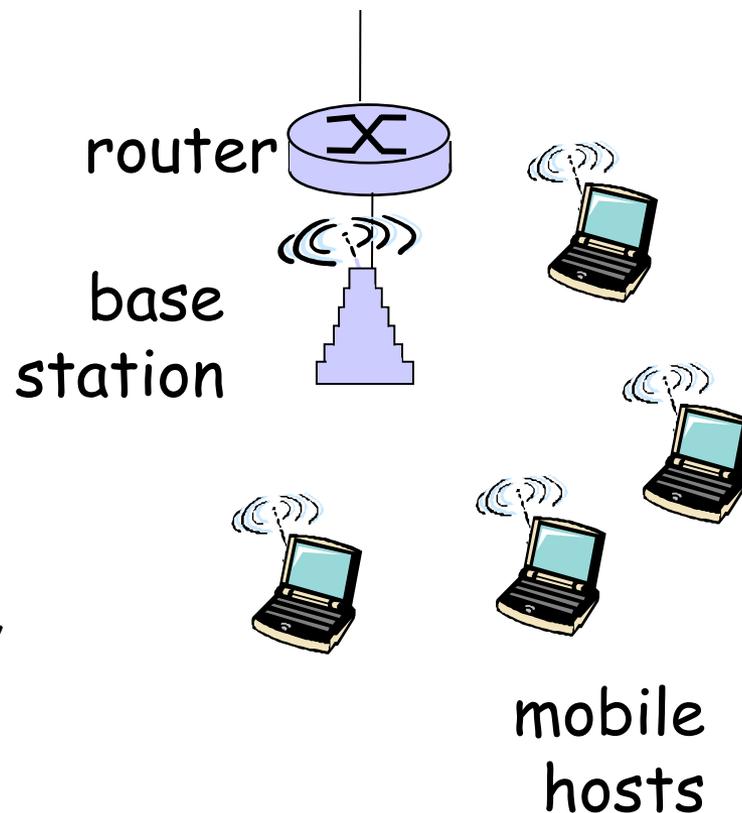
Acceso empresarial: redes de área local

- ❑ **red de área local** ("local area network" - LAN) conectan los "end systems" al router de borde
- ❑ **Ethernet:**
 - ❖ 10 Mbs, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps Ethernet
 - ❖ Configuración usual: conexión mediante *conmutador Ethernet* ("switch")
- ❑ LANs: capítulo 5



Redes de acceso inalámbrico

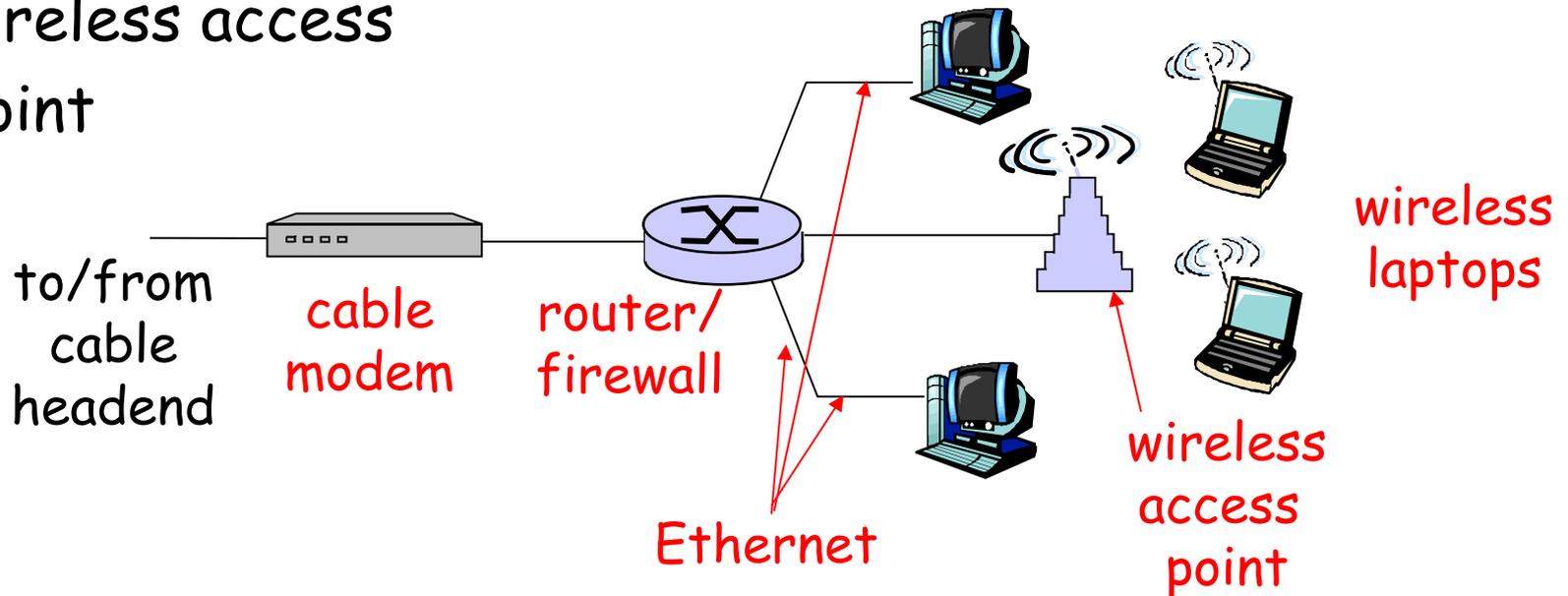
- *Acceso inalámbrico compartido*
 - ❖ via base station, llamado "access point"
- **wireless LANs:**
 - ❖ 802.11b/g (WiFi): 11 o 54 Mbps
- **acceso inalámbrico "wider-area"**
 - ❖ provisto por operador (telco)
 - ❖ hasta 1Mbps acceso móvil (GPRS, EDGE, HSDPA)
 - ❖ próximo paso (?): WiMAX (del orden de 10 Mbps)



Redes hogareñas

Componentes típicos:

- ❑ DSL o cable modem
- ❑ router/firewall/NAT
- ❑ Ethernet
- ❑ wireless access point



Medio físico

- ❑ **bit**: se propaga entre las entidades que transmiten/reciben
- ❑ **enlace físico**: medio entre el transmisor y el receptor
- ❑ **medio "guiado"**:
 - ❖ señales se propagan en medios sólidos: cobre, fibra, coaxil
- ❑ **media "no guiados"**:
 - ❖ señales se propagan libremente, ej. radio

Ej: Twisted Pair (TP)

- ❑ cables de cobre aislados
 - ❖ Categoría 3: cable de teléfono tradicional, Ethernet 10 Mbps
 - ❖ Categoría 5: Ethernet 100Mbps



Medio físico: coax, fiber

Cable coaxial:

- ❑ par de conductores de cobre concéntricos
- ❑ bidireccional
- ❑ banda base:
 - ❖ canal único de cable
 - ❖ "legacy" Ethernet
- ❑ broadband:
 - ❖ múltiples canales de cable
 - ❖ HFC



Cable de fibra óptica:

- ❑ fibra de vidrio que transporta pulsos de luz, c/ pulso es un bit
- ❑ alta velocidad:
 - ❖ Trasmisión punto a punto (órdenes de 10s-100s Gps)
- ❑ baja tasa de error: inmune a ruido electromagnético, repetidores espaciados



Medio físico: radio

- señal transportada en el espectro electromagnético
- no hay "cable"
- bidireccional
- efectos del entorno en la propagación:
 - ❖ reflexión
 - ❖ obstrucción por objetos
 - ❖ interferencia

Tipos de enlaces de radio:

- **microonda terrestre**
 - ❖ ej. STM-1, STM-4 (155 Mbps, 622 Mbps)
- **LAN** (ej., Wifi)
 - ❖ 11Mbps, 54 Mbps
- **wide-area** (ej., celular)
 - ❖ 3G celular: ~ 1 Mbps
- **satélite**
 - ❖ desde Kbps a decenas de Mbps
 - ❖ retardo ~ 270 msec
 - ❖ geoestacionarios (36mil Km) vs. baja altitud (2mil Km, Low Earth Orbit - LEO)

Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde de la red

- estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

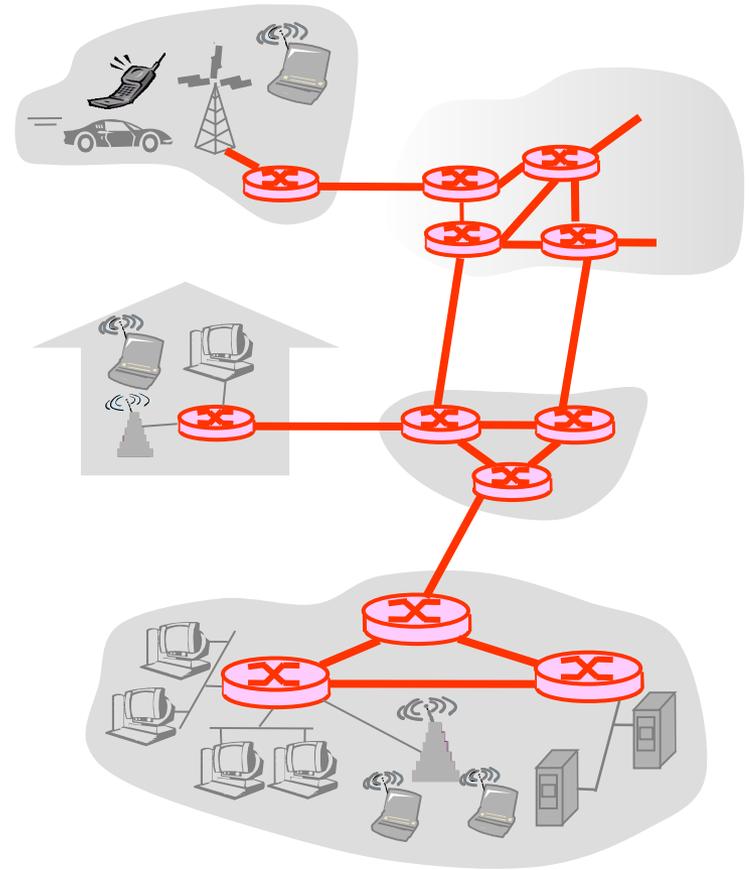
1.5 Protocolos: modelos de capas

1.6 Seguridad

1.7 Historia

Núcleo de red

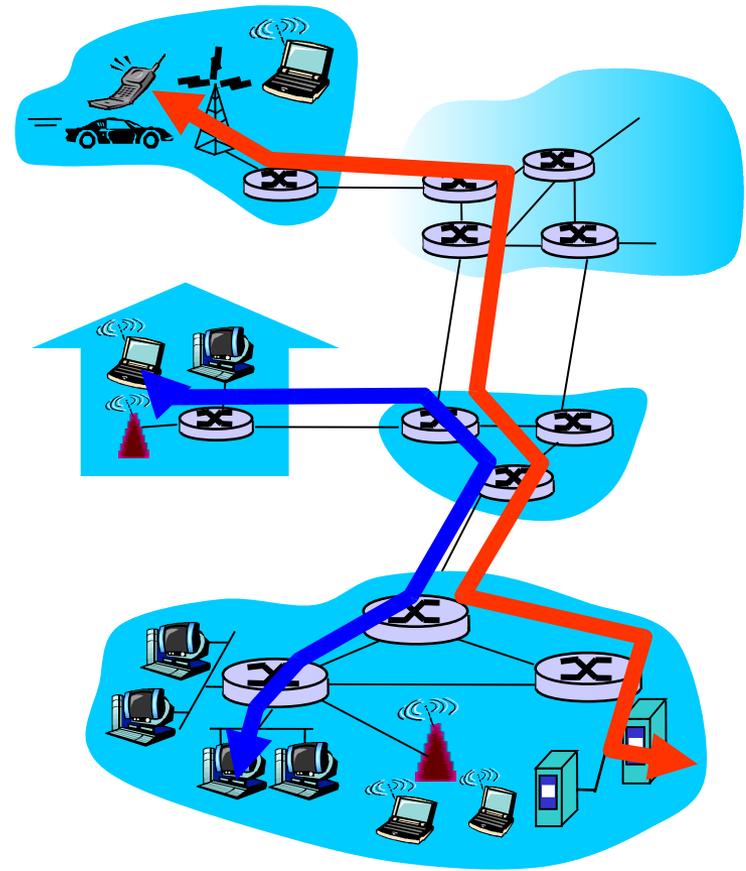
- ❑ "malla" (mesh) de routers interconectados
- ❑ **la pregunta fundamental:** como se transfieren los datos a través de la red?
 - ❖ **conmutación de circuitos:** circuito dedicado para cada llamada: red telefónica
 - ❖ **Conmutación de paquetes:** los datos se envían en "trozos" a través de la red



Núcleo de red: Conmutación de Circuitos

Reserva de recursos de extremo a extremo para cada "llamada"

- ❑ ancho de banda, capacidad de conmutación
- ❑ recursos dedicados
- ❑ parámetros de calidad garantizada
- ❑ se requiere un procedimiento de establecimiento de llamada (señalización)



Núcleo de red: Conmutación de Circuitos

recursos de red (por ej. ancho de banda)

dividido en "trozos"

- ❑ "trozos" asignados a llamadas
- ❑ no se comparten recursos; si no se usan, se desperdician

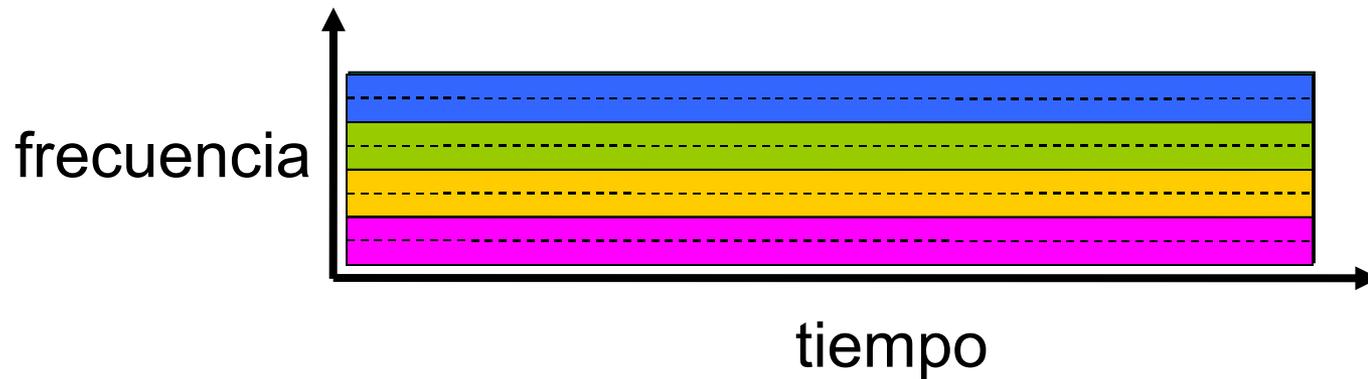
- ❑ como dividir el ancho de banda en "trozos":
 - ❖ división en frecuencia
 - ❖ división por tiempo

Conmutación de Circuitos: FDM y TDM

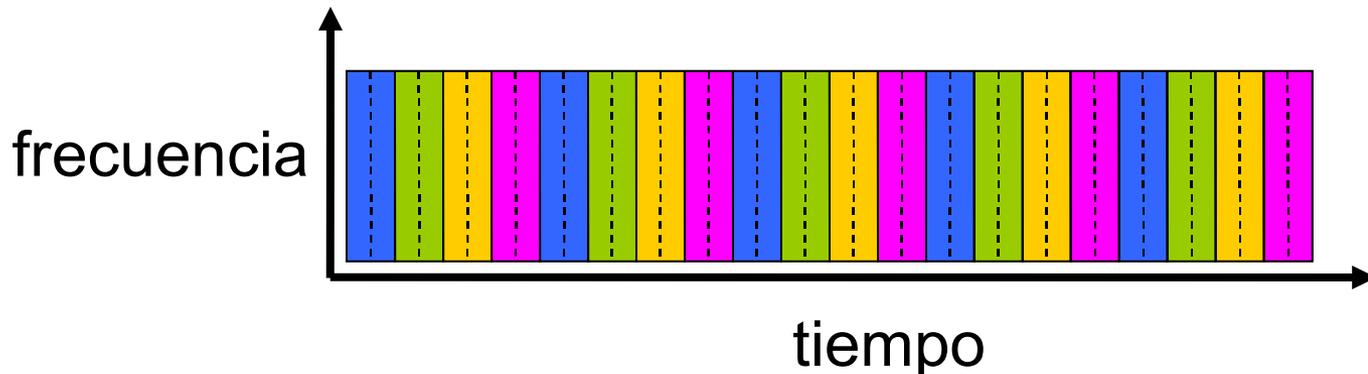
Ejemplo:

4 usuarios ■ ■ ■ ■

FDM



TDM



Ejemplo numérico

- **Cuánto tarda enviar un archivo de 640,000 bits entre dos hosts A y B en una red de conmutación de circuitos TDM?**
 - ❖ Los enlaces son de 2,048 Mbps (E1)
 - ❖ Cada enlace tiene 32 slots/segundo
 - ❖ El tiempo de establecimiento del circuito es de 500 msec

Respuesta?

Núcleo de red: Conmutación de Paquetes

flujo de datos dividido en *paquetes*

- ❑ los paquetes de distintos usuarios *comparten* los recursos de red
- ❑ cada paquete utiliza el ancho de banda disponible
- ❑ Los recursos se usan cuando *se necesitan*

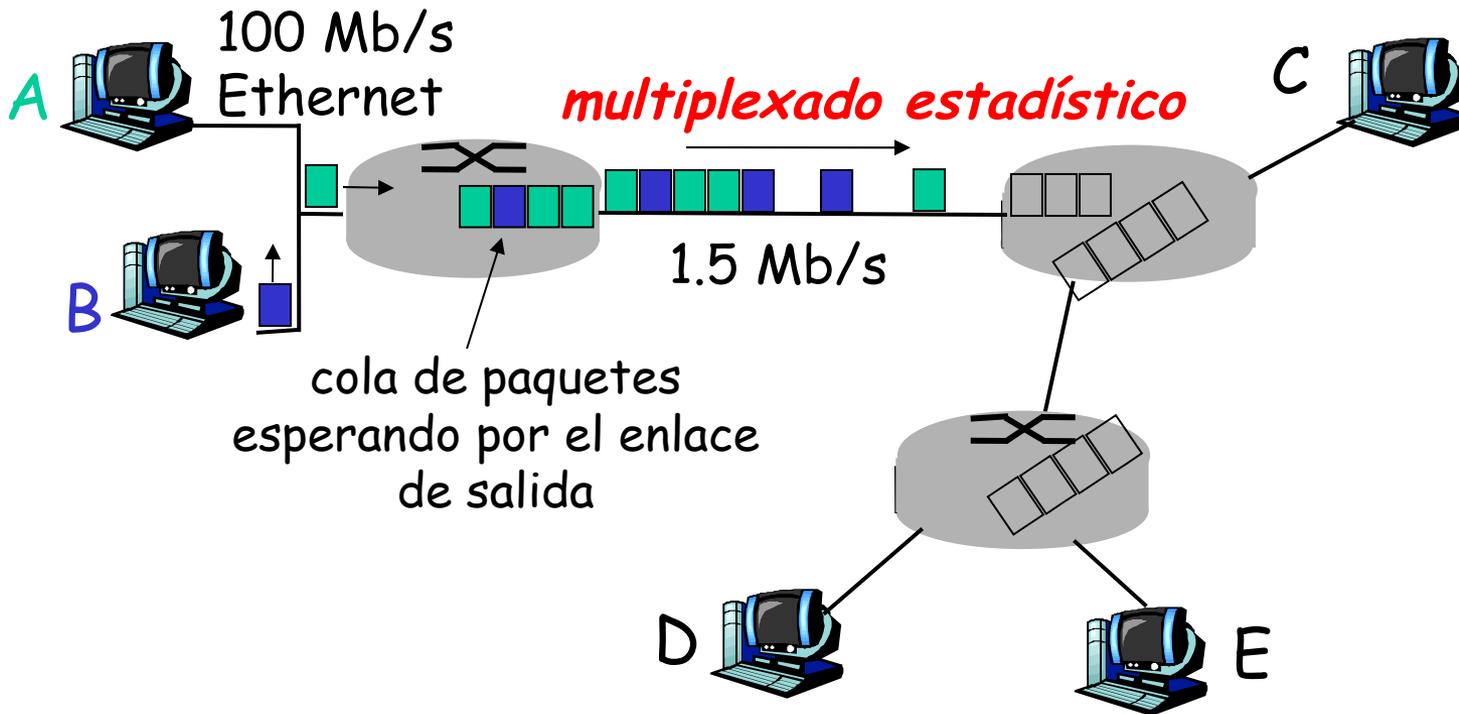
Ancho de banda dividido en "trozos"

Asignación dedicada
Reserva de recursos

contención (disputa) de recursos:

- ❑ la demanda agregada de recursos puede exceder la disponibilidad
- ❑ congestión: paquetes deben esperar para usar los enlaces (colas, buffers)
- ❑ "store & forward": los paquetes van avanzando de un salto ("hop") a la vez
 - ❖ Cada nodo recibe el paquete completo antes de re-enviarlo

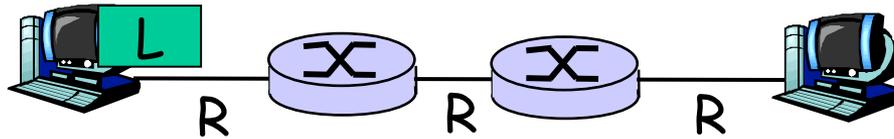
Núcleo de red: Multiplexado Estadístico



La secuencia de paquetes de A & B no tiene un patrón fijo, el ancho de banda se comparte bajo demanda ➡ ***multiplexado estadístico.***

Cómo es en TDM?

Conmutación de Paquetes: store & forward



- lleva L/R segundos transmitir un paquete de L bits en un enlace de R bps
- *store & forward*: el paquete entero debe llegar al router antes de ser retransmitido
- retardo = $3L/R$ (despreciando en retardo de propagación)

Ejemplo:

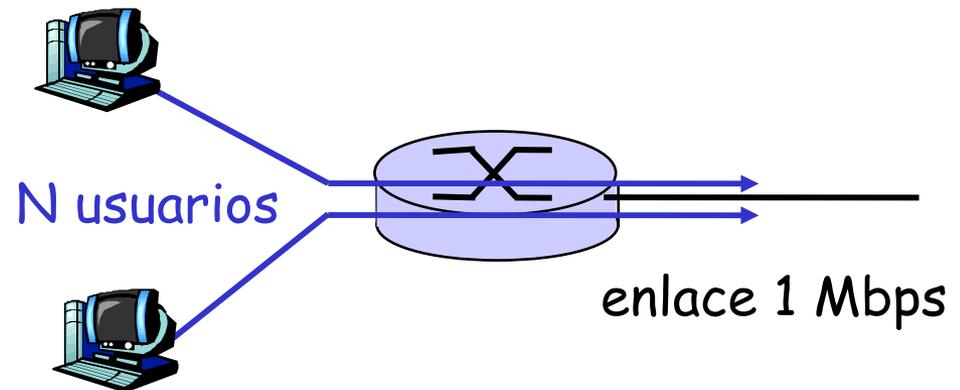
- $L = 7.5$ Mbits
- $R = 1.5$ Mbps
- retardo de transmisión = 15 sec

} más acerca del retardo en breve...

conmutación de paquetes vs. conmutación de circuitos

conmutación de paquetes permite que más usuarios utilicen la red!

- ❑ enlace de 1 Mb/s
- ❑ cada usuario:
 - ❖ 100 kb/s cuando está "activo"
 - ❖ activo 10% del tiempo
- ❑ *conmutación de circuitos:*
 - ❖ 10 usuarios
- ❑ *conmutación de paquetes:*
 - ❖ Con 40 usuarios, la probabilidad que la cantidad de usuarios activos sea > 10 es menor que .001



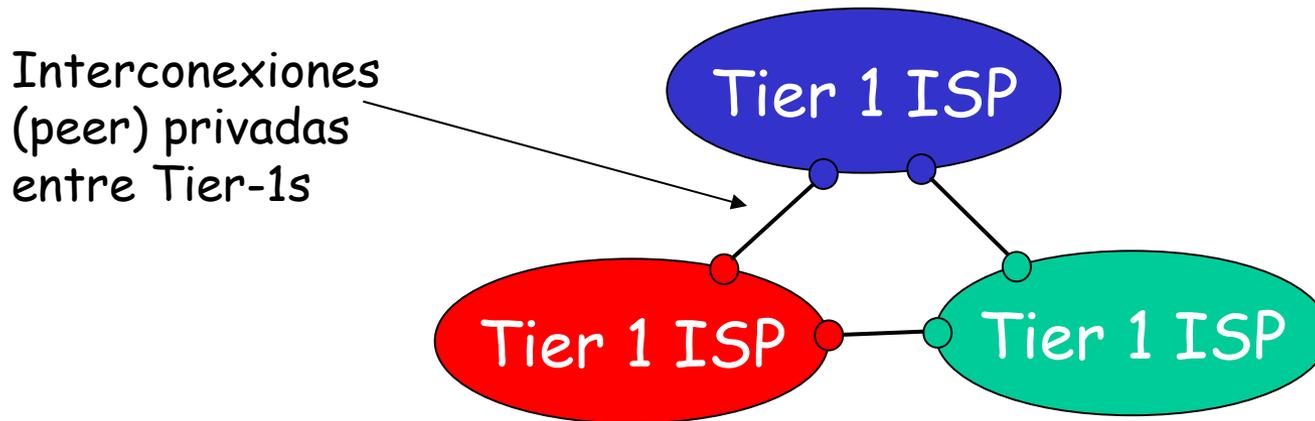
conmutación de paquetes vs. conmutación de circuitos

La conmutación de paquetes es la solución?

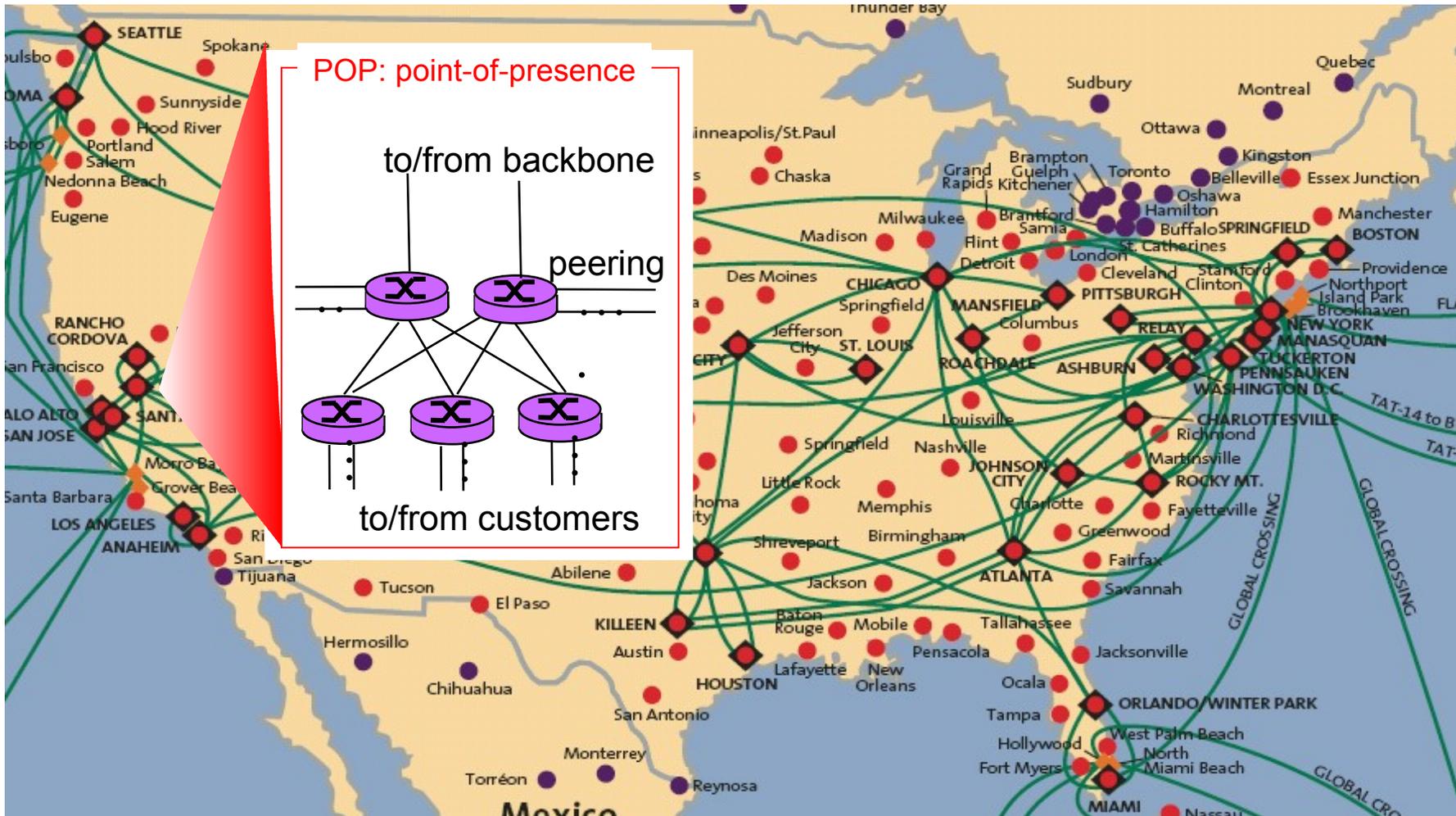
- bueno para transmisión de datos en ráfagas
 - ❖ Compartir recursos
 - ❖ Simple, no es necesario establecer llamadas
- posible congestión: retardos y pérdidas de paquetes
 - ❖ Se necesitan protocolos para asegurar la transferencia de datos, y control de congestión
- Como proveer un comportamiento similar a la conmutación de circuitos?
 - ❖ Garantías de ancho de banda (y variación del retardo) para aplicaciones de audio/video?

Estructura de la Internet: red de redes

- básicamente jerárquica
- **en el núcleo: ISPs "tier-1"** (ej., Sprint, AT&T, Cable and Wireless), cobertura nacional/internacional
 - ❖ "diálogo de iguales" (peers)



Ej. de ISP Tier-1: Sprint



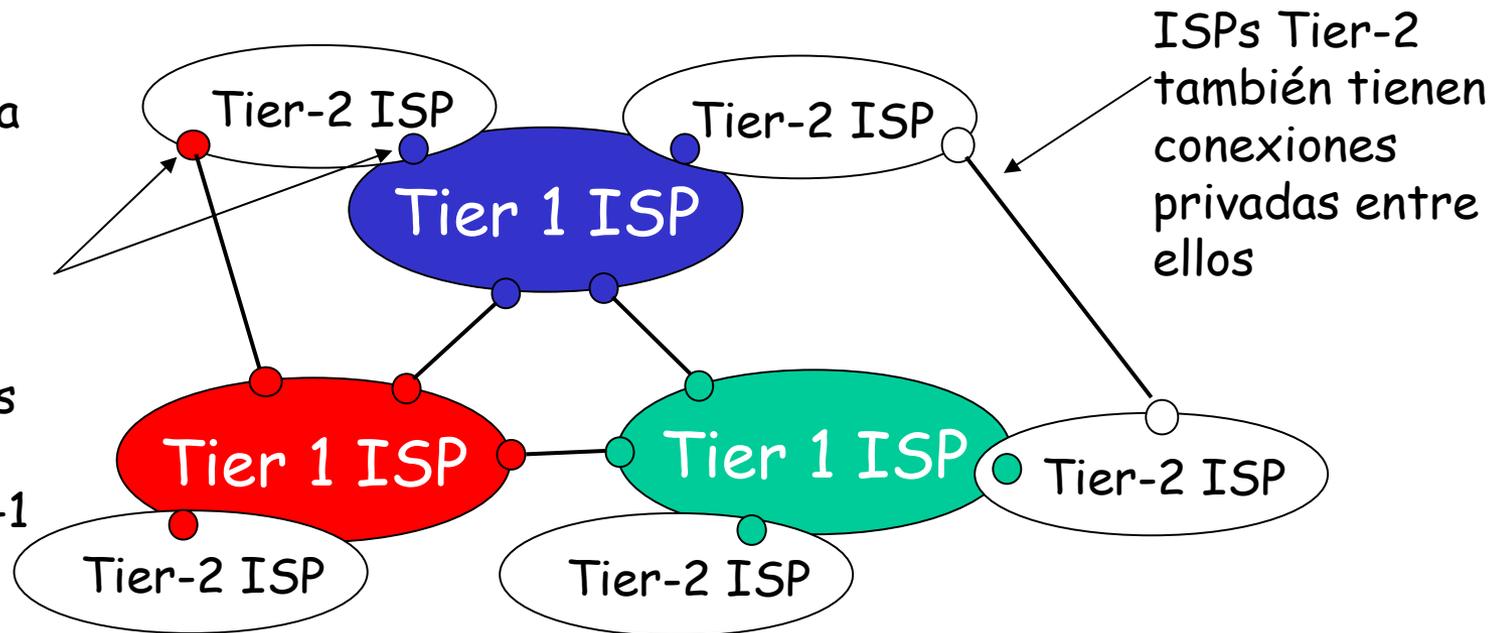
Estructura de la Internet: red de redes

□ ISPs "Tier-2": más pequeños (regionales)

- ❖ Conectados a uno o más ISPs tier-1, y posiblemente a otros ISPs tier-2

ISP Tier-2 paga al tier-1 por la conectividad al resto de la Internet

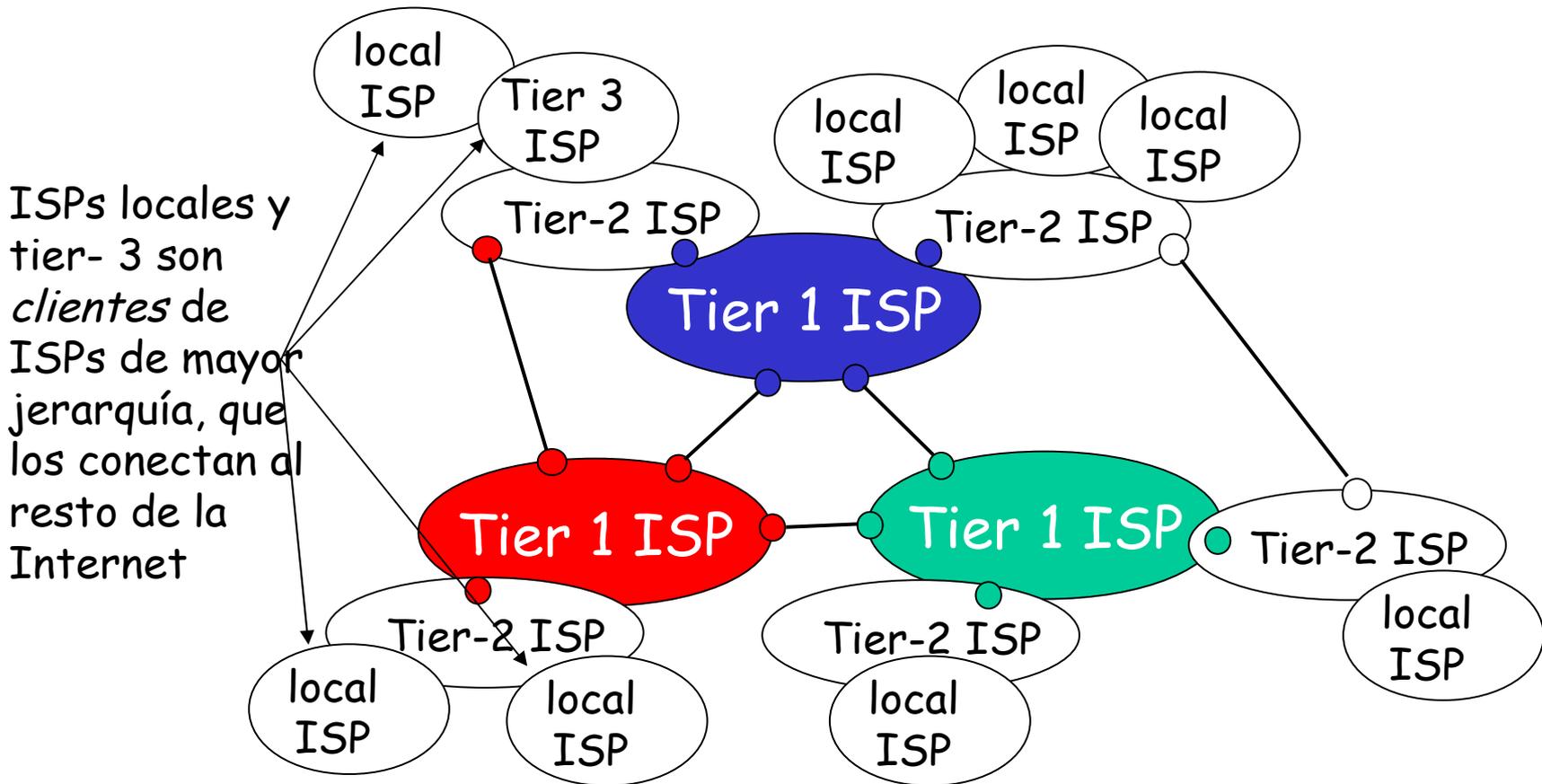
□ ISP tier-2 es cliente del proveedor tier-1



Estructura de la Internet: red de redes

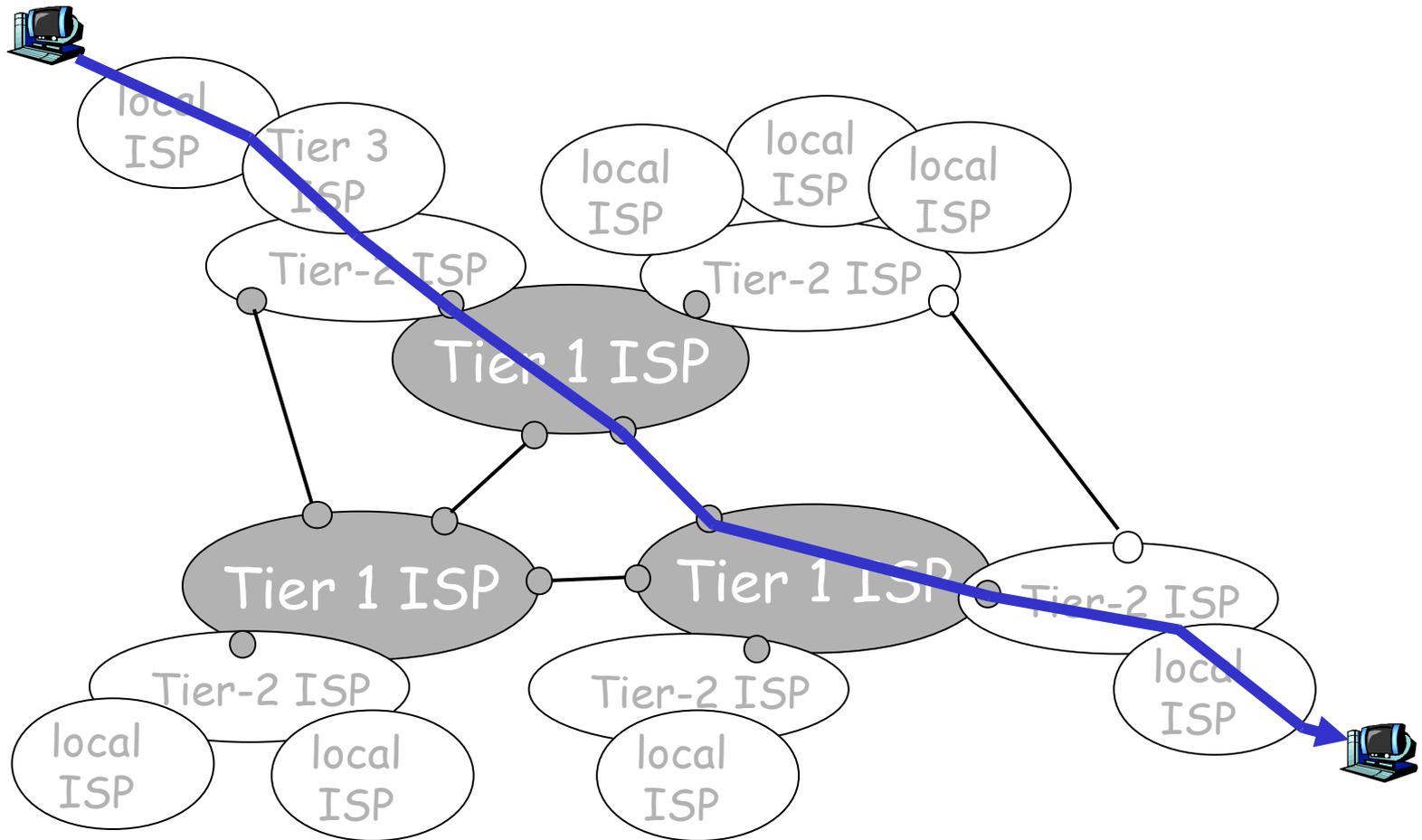
□ ISPs "Tier-3" y locales

- ❖ último salto ("acceso"): cercanos a los "end systems"



Estructura de la Internet: red de redes

- un paquete atraviesa numerosas redes!



Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde de la red

- estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

1.5 Protocolos: modelos de capas

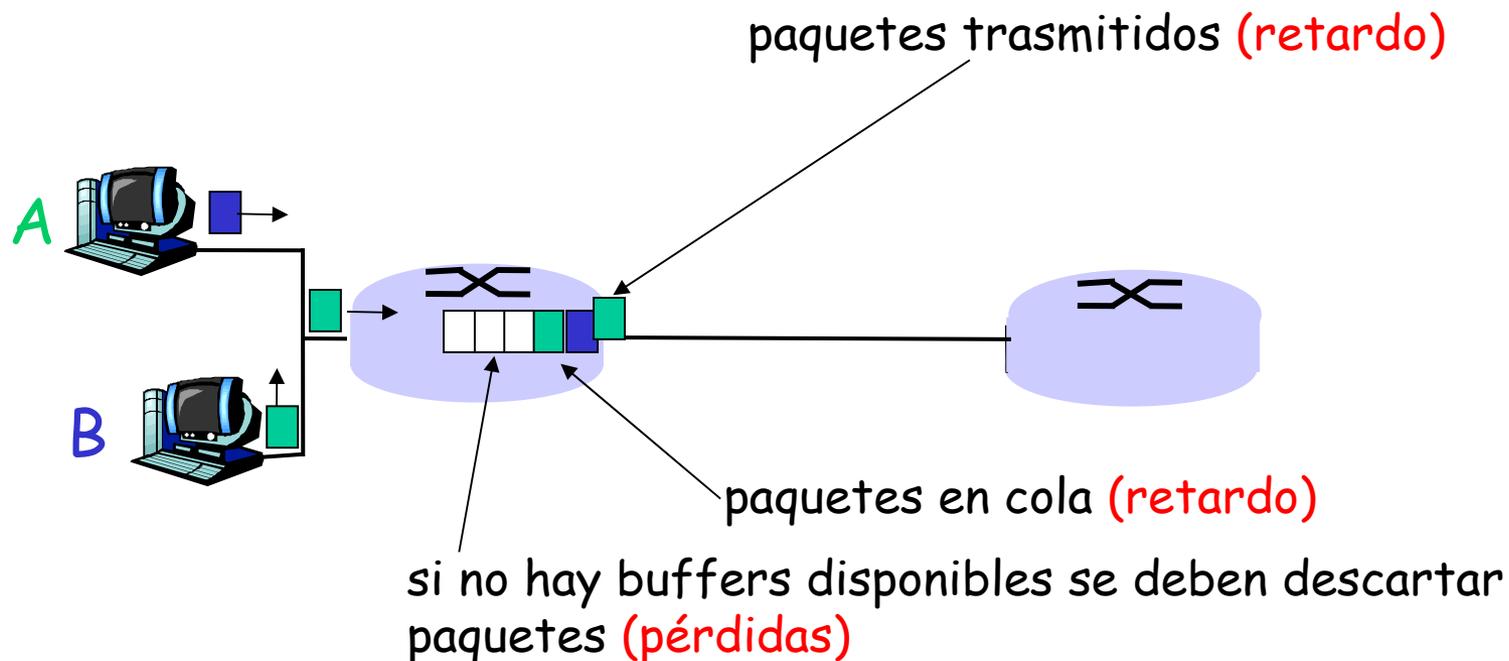
1.6 Seguridad

1.7 Historia

Cómo ocurren pérdidas y retardos?

los paquetes *se encolan* en los buffers de los routers

- Si la tasa de arribos supera la capacidad del enlace
- paquetes a la cola, a esperar su turno



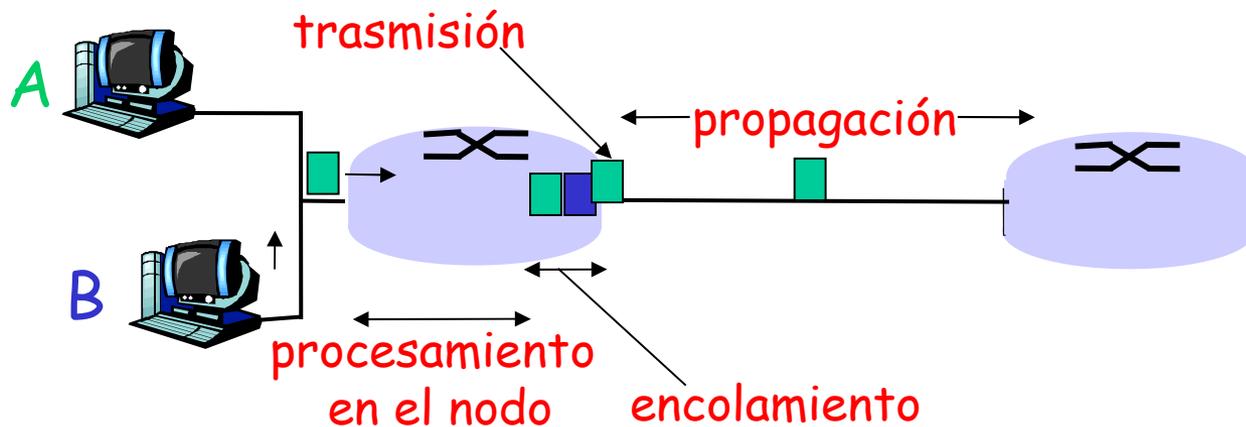
las fuentes del retardo

1. procesamiento en el nodo:

- ❖ chequeo de paridad (CRC)
- ❖ determinar enlace de salida (enrutamiento)

2. encolamiento

- ❖ espera en colas del enlace de salida para transmisión
- ❖ depende del nivel de congestión del router



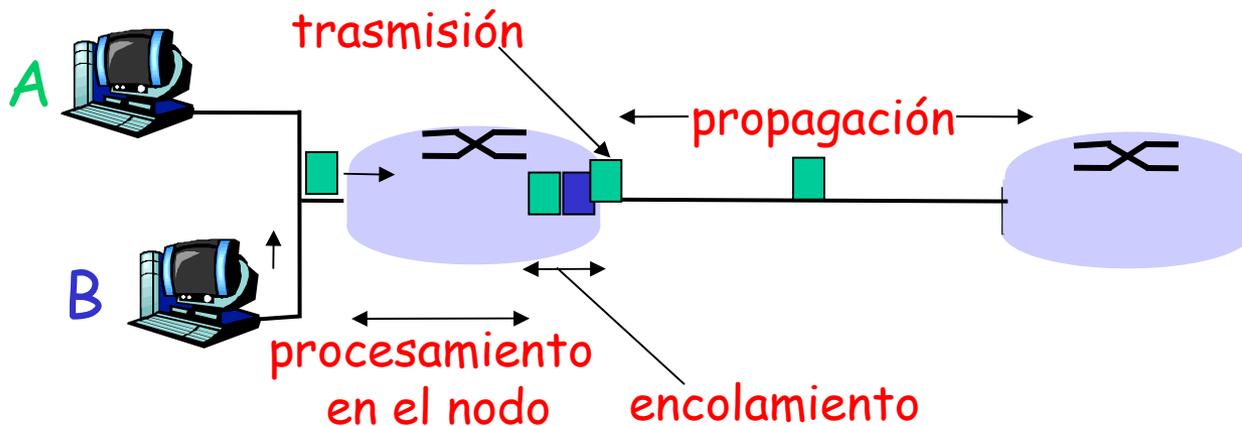
las fuentes del retardo

3. retardo de transmisión:

- ❑ R = ancho de banda del enlace (bps)
- ❑ L = longitud del paquete (bits)
- ❑ tiempo de envío = L/R

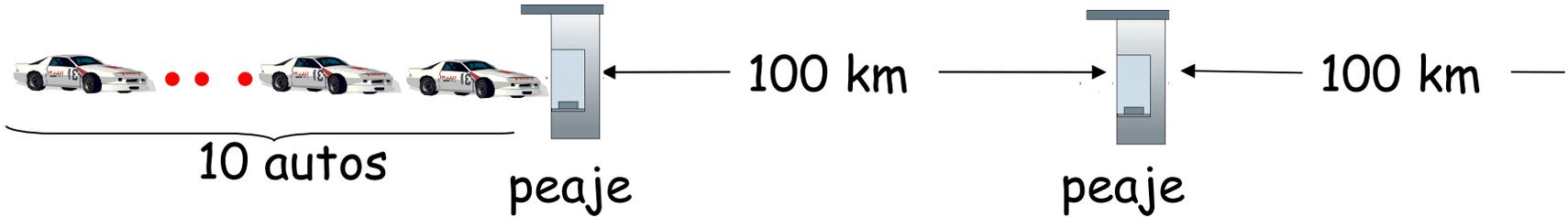
4. retardo de propagación:

- ❑ d = longitud del enlace físico
- ❑ s = velocidad de propagación en el medio ($\sim 2 \times 10^8$ m/seg en cobre)
- ❑ retardo de propagación = d/s



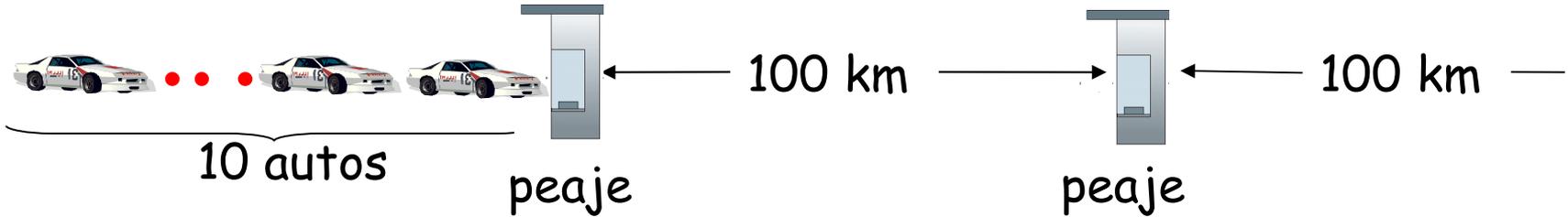
Nota: s y R son cantidades *muy* diferentes!

Analogía: caravana de autos



- ❑ Los autos se "propagan" a 100 km/hr
- ❑ El peaje atiende un auto en 12 segundos (tiempo de transmisión)
- ❑ auto ~ bit; caravana ~ paquete
- ❑ En cuanto tiempo se alinea la caravana en el 2o peaje?
- ❑ Tiempo para "pasar" la caravana entera por el peaje = $12 * 10 = 120$ seg
- ❑ Tiempo de propagación del último auto del 1er al 2o peaje: $100 \text{ km} / (100 \text{ km/hr}) = 1$ hr
- ❑ 62 minutos

Analogía: caravana de autos



- Si los autos se "propagan" a 1000 km/hr
- El peaje atiende un auto por minuto
- Hay autos que llegan al 2o peaje antes que toda la caravana sea atendida en el 1o?
- Si! luego de 7 min, el 1er auto llega al segundo peaje y todavía quedan 3 autos esperando en el 1o
- moraleja: 1er bit de un paquete puede llegar al próximo router antes que se transmita completamente!

http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/transmission/delay.html

Retardo en el nodo

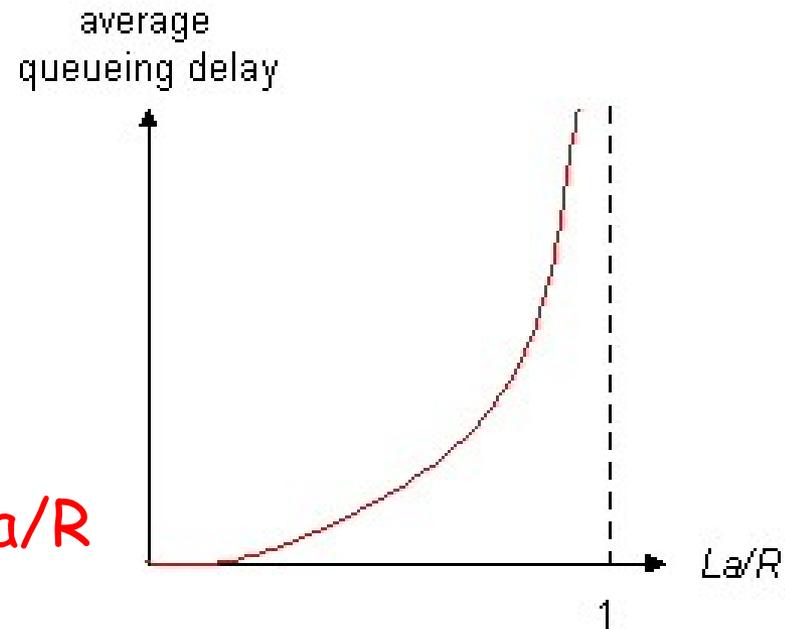
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- d_{proc} = retardo de procesamiento
 - ❖ típicamente algunos microsegundos o menos
- d_{queue} = retardo de cola
 - ❖ depende de la congestión
- d_{trans} = retardo de transmisión
 - ❖ $= L/R$, significativo en enlaces de baja velocidad
- d_{prop} = retardo de propagación
 - ❖ desde pocos a miles de microsegundos

Retardo de cola

- ❑ R =ancho de banda del enlace (bps)
- ❑ L =longitud del paquete (bits)
- ❑ a =promedio de arribo de paquetes

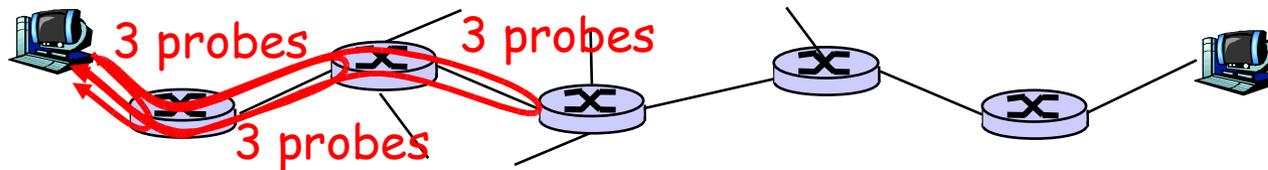
intensidad del tráfico = La/R



- ❑ $La/R \sim 0$: pequeño retardo promedio
- ❑ $La/R \rightarrow 1$: gran retardo
- ❑ $La/R > 1$: más "trabajo" de llegada que de servicio en el nodo, retardo infinito!

Retardos "reales" y rutas de Internet

- ❑ Como se puede "ver"?
- ❑ **Traceroute**: provee medida del retardo a cada router en el camino del origen al destino a través de Internet. Para cada i :
 - ❖ se envían tres paquetes que llegan al router i -simo del camino al destino
 - ❖ el router i devuelve los paquetes al remitente
 - ❖ Se mide el intervalo entre la transmisión y la respuesta: "round-trip time"



Retardos "reales" y rutas de Internet

traceroute: gaia.cs.umass.edu a www.eurecom.fr

Tres medidas del retardo desde
gaia.cs.umass.edu a cs-gw.cs.umass.edu



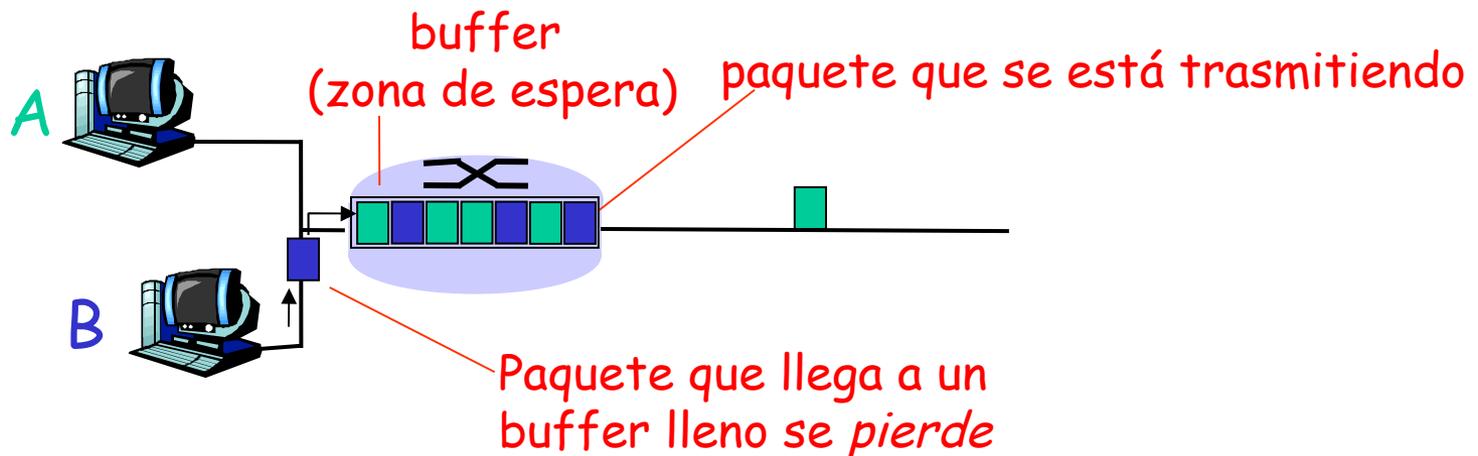
```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
```

enlace
transoceánico

* sin respuesta (probe perdido, router no responde)

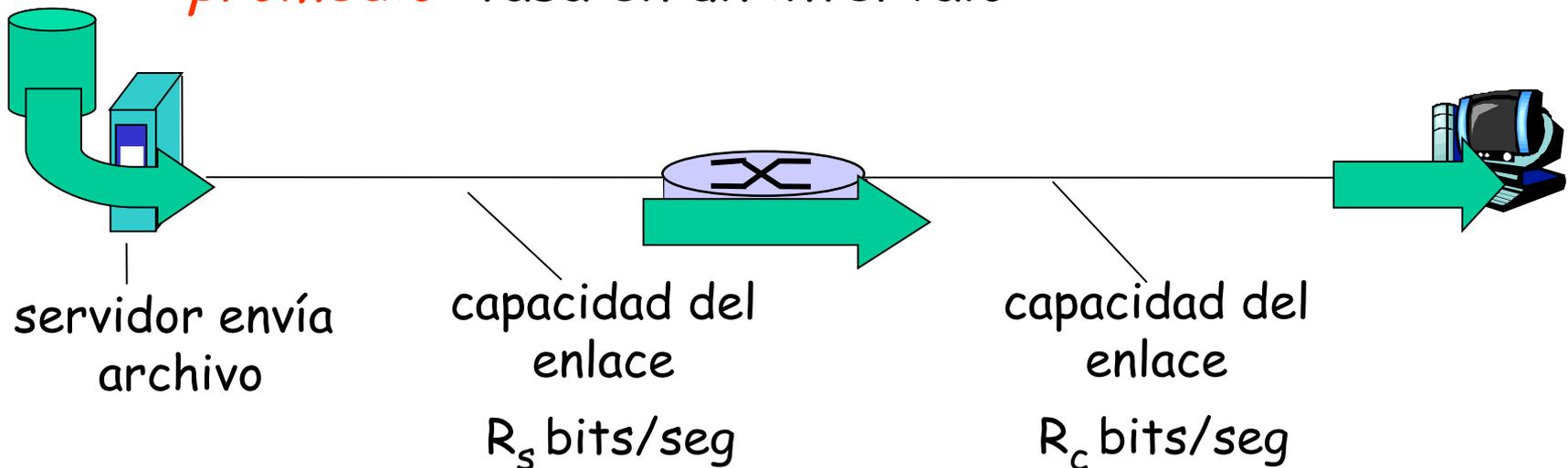
Pérdida de paquetes

- ❑ cola (o buffer) del enlace anterior tiene capacidad finita
- ❑ cuando un paquete llega a una cola llena, se tira (drop), es decir, se pierde
- ❑ un paquete perdido puede ser retransmitido por el nodo previo o la fuente, o no



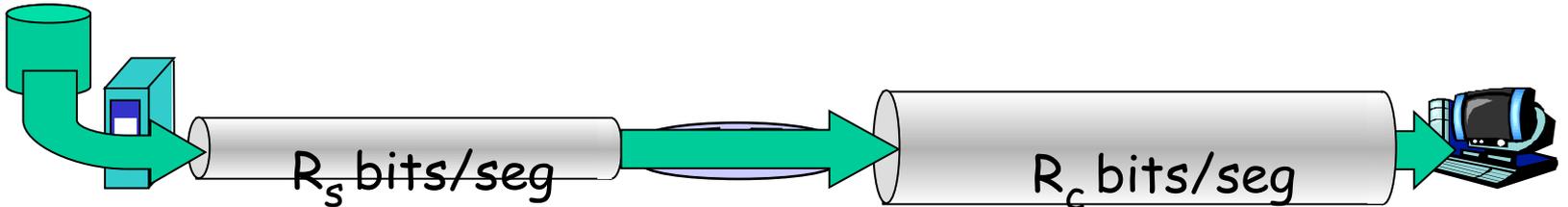
Throughput

- *throughput*: tasa (bits/unidad de tiempo) a la que se transfieren bits entre transmisor/receptor
 - ❖ *instantáneo*: tasa en un instante dado
 - ❖ *promedio*: tasa en un intervalo

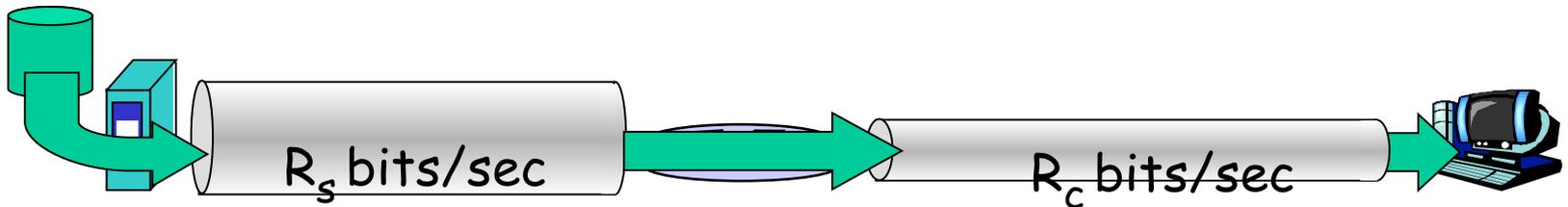


Throughput

- $R_s < R_c$ ¿Cuál es el throughput promedio?



- $R_s > R_c$ ¿Cuál es el throughput promedio?

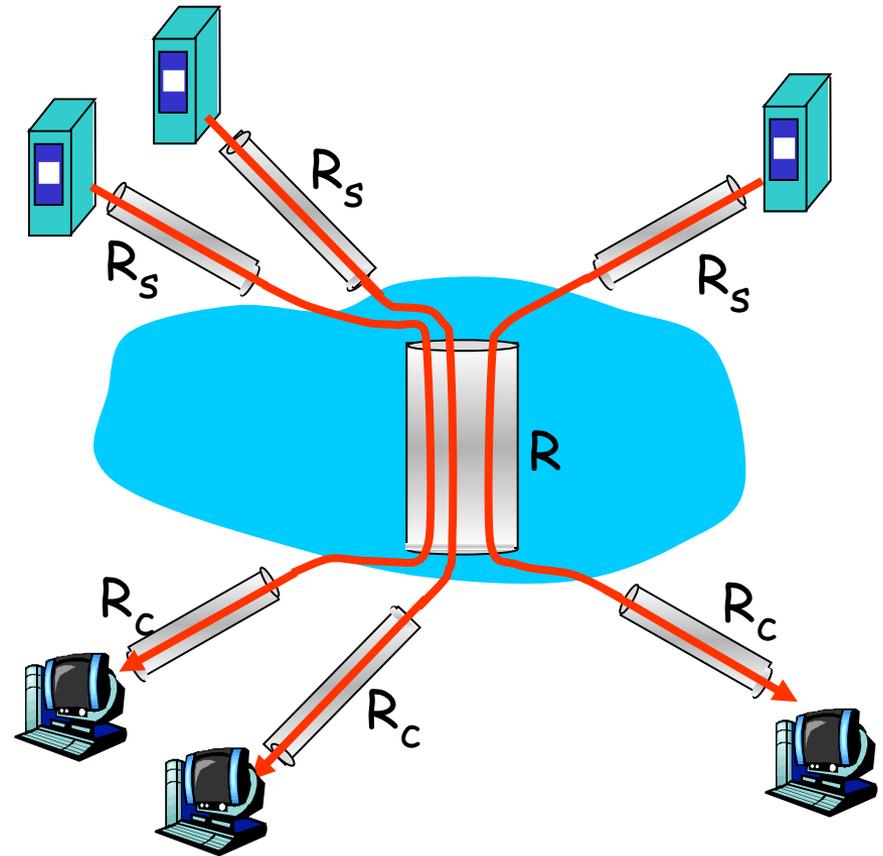


cuello de botella

enlace del camino de extremo a extremo que restringe el throughput

Throughput: escenario en Internet

- throughput extremo a extremo por conexión : $\min(R_c, R_s, R/10)$
- en la práctica: R_c o R_s suelen ser el cuello de botella



10 conexiones comparten (igualmente)
el enlace de backbone de R bits/sec

Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde de la red

- estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

1.5 Protocolos: modelos de capas

1.6 Seguridad

1.7 Historia

Protocolos: "Capas"

Las redes son complejas!

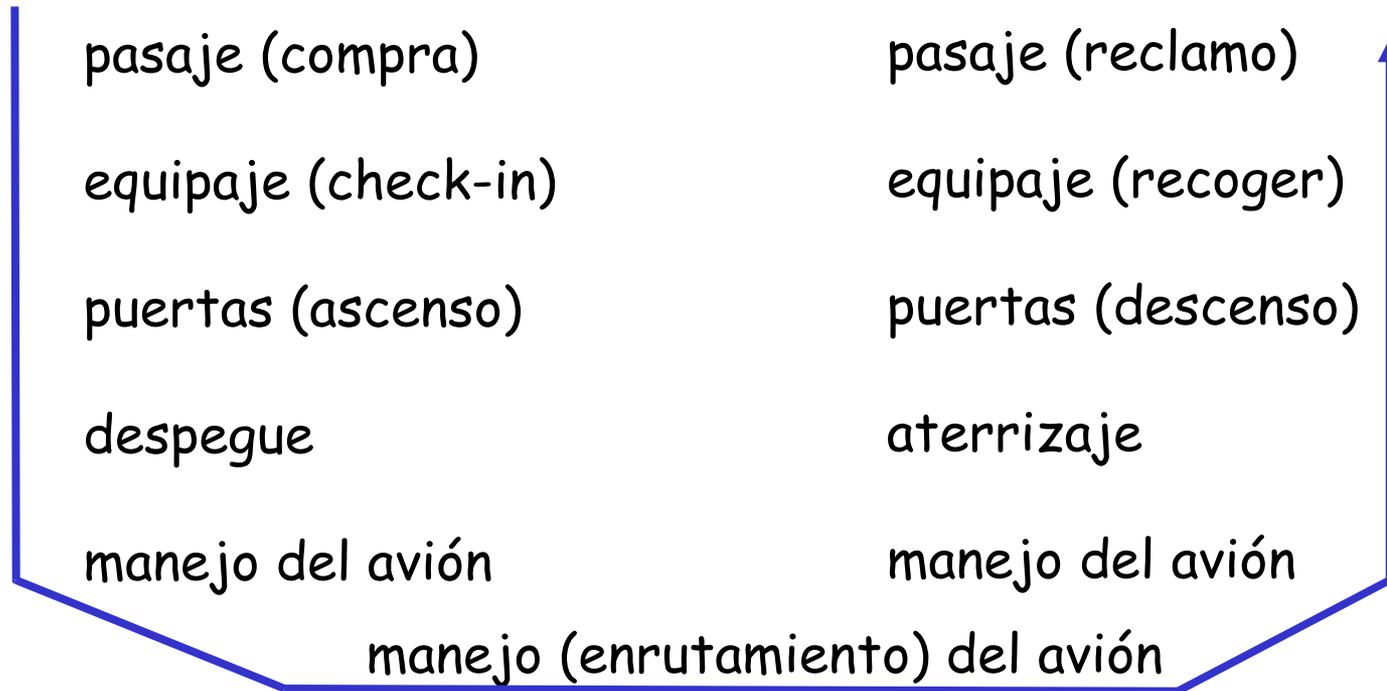
- Muchos elementos:
 - ❖ hosts
 - ❖ routers
 - ❖ enlaces de varios medios
 - ❖ aplicaciones
 - ❖ protocolos
 - ❖ hardware, software

Pregunta:

Se puede organizar la estructura de la red?

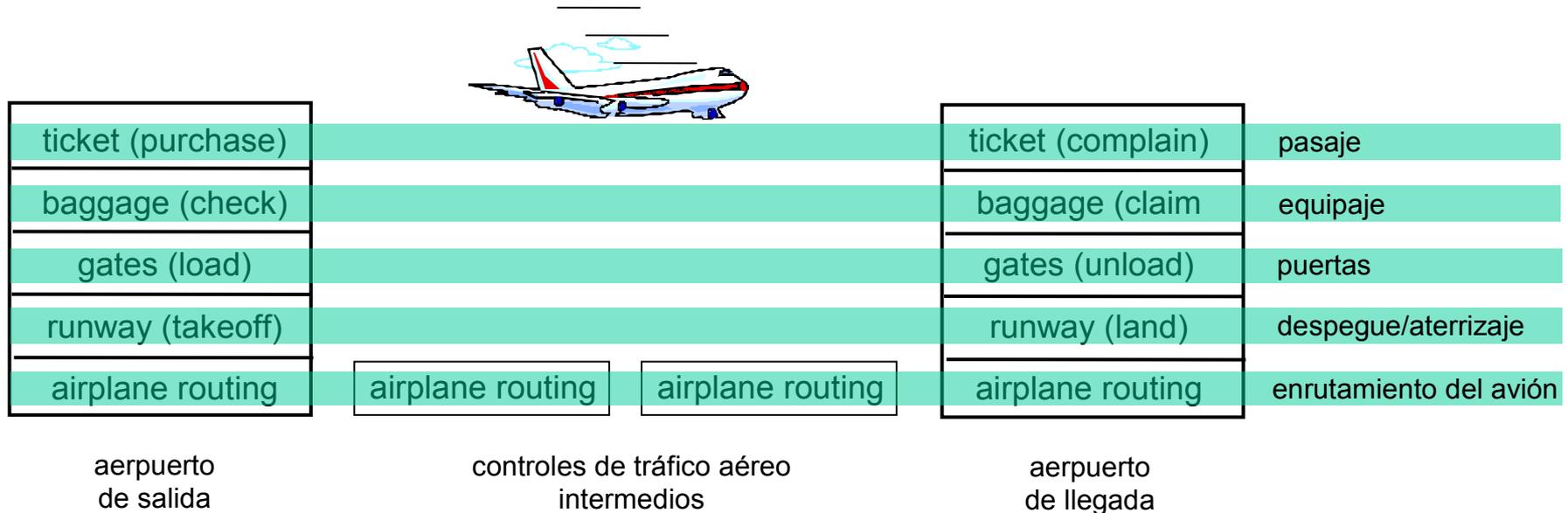
O al menos la forma en que se trata el tema?

Organización de un viaje aéreo



- serie de pasos

Modelo de capas de un vuelo



Capas: cada capa intermedia implementa un servicio

- ❖ usando su propia lógica interna
- ❖ confiando en los servicios provistos por las capas inferiores (usándolos)

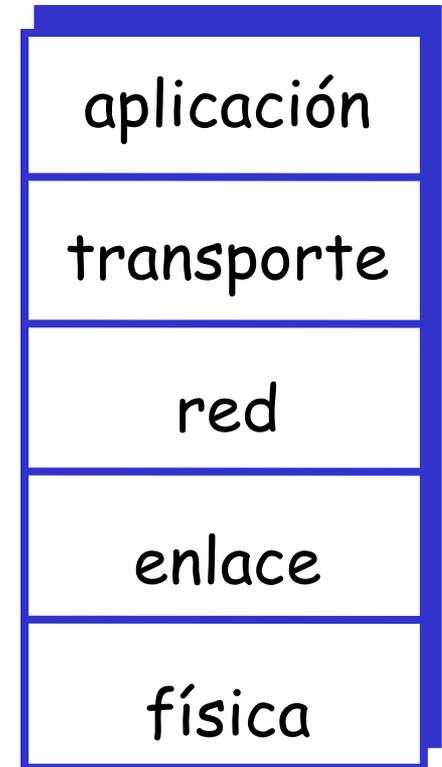
Por qué usar capas?

Manejar sistemas complejos:

- ❑ la estructura explícita permite identificación de las relaciones entre los componentes del sistema complejo
 - ❖ **modelo de referencia** para la discusión
- ❑ la modularización facilita el mantenimiento y actualización del sistema
 - ❖ Cambio en la implementación del servicio provisto por una capa es transparente el resto del sistema
- ❑ potenciales desventajas?
 - ❖ duplicación de funciones
 - ❖ necesidad de una capa de datos de otra capa para implementar un servicio
 - Violación del modelo

Stack de protocolos de Internet

- ❑ **aplicación:** soporta las aplicaciones de red
 - ❖ FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **transporte:** procesamiento de la transferencia de datos de extremo a extremo
 - ❖ TCP, UDP
- ❑ **red:** enrutamiento de datagramas desde fuente a destino
 - ❖ IP, protocolos de enrutamiento
- ❑ **enlace:** transferencia de datos entre elementos vecino en la red
 - ❖ PPP, Ethernet
- ❑ **física:** bits "en el cable"

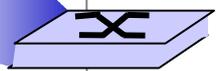
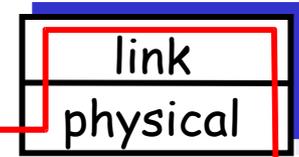
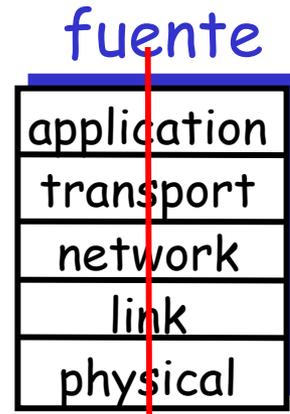
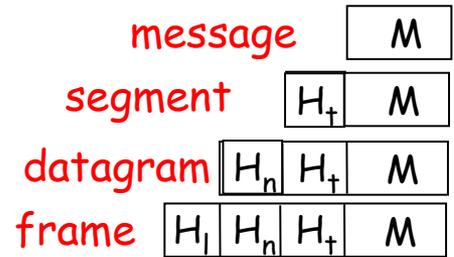


Modelo de referencia ISO/OSI

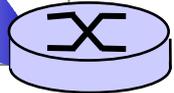
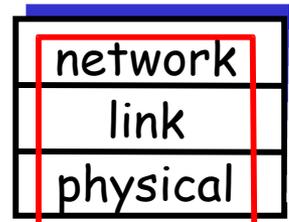
- ❑ **presentación:** permite que las aplicaciones interpreten el significado de los datos, por ejemplo cifrado, compresión, o convenciones específicas (big endian, little endian)
- ❑ **sesión:** sincronización, *checkpointing*, recuperación de intercambio de datos
- ❑ al stack de Internet "le faltan" estas capas!
 - ❖ estos servicios, *si se necesitan*, deben ser implementados por la aplicación
 - ❖ se necesitan?



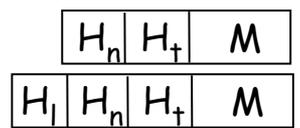
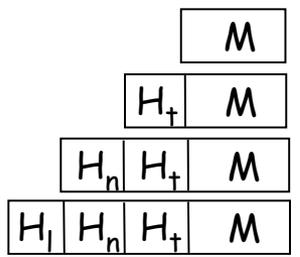
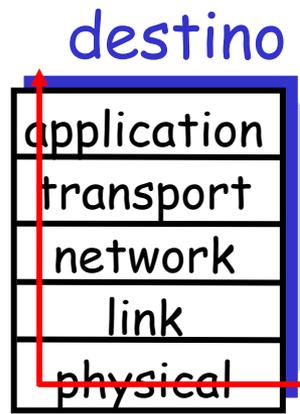
Encapsulado



switch



router



Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde de la red

- estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

1.5 Protocolos: modelos de capas

1.6 Seguridad

1.7 Historia

Seguridad en redes

- ❑ El campo de la seguridad en redes trata de:
 - ❖ como se pueden atacar las redes de computadoras
 - ❖ como se pueden defender las redes de estos ataques
 - ❖ Como diseñar arquitecturas inmunes a ataques

- ❑ la Internet no fue diseñada originalmente pensando en la seguridad
 - ❖ *visión original*: "grupo de usuarios mutuamente confiables conectados a una red transparente" 😊
 - ❖ los protocolos se están poniendo al día...
 - ❖ ...agregando consideraciones de seguridad en todas las capas!

Es posible insertar "malware" en los hosts via Internet

- "malware": virus, worms, troyanos
- "spyware malware" puede grabar secuencias de teclado, sitios web visitados, etc, y subir la información a un sitio recolector
- los hosts infectado pueden asociarse a una "botnet", usada para ataques de *spam* and *DDoS*
- el "malware" suele **auto-replicarse**: buscar nuevas víctimas desde un host infectado previamente

Es posible insertar "malware" en los hosts via Internet

□ Troyano

- ❖ Parte oculta en un software útil
- ❖ Típicamente en páginas web (Active-X, plugin)

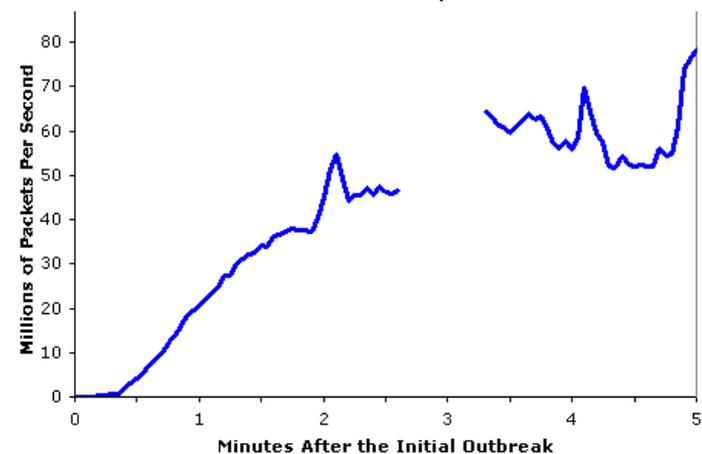
□ Virus

- ❖ Infección por ejecución (activa) de un objeto recibido (ej., archivo adjunto en e-mail)
- ❖ auto-replicante: se propaga hacia otros hosts, usuarios

□ Worm:

- ❖ infección por recepción pasiva de un objeto que se auto ejecuta
- ❖ auto-replicante: se propaga hacia otros hosts, usuarios

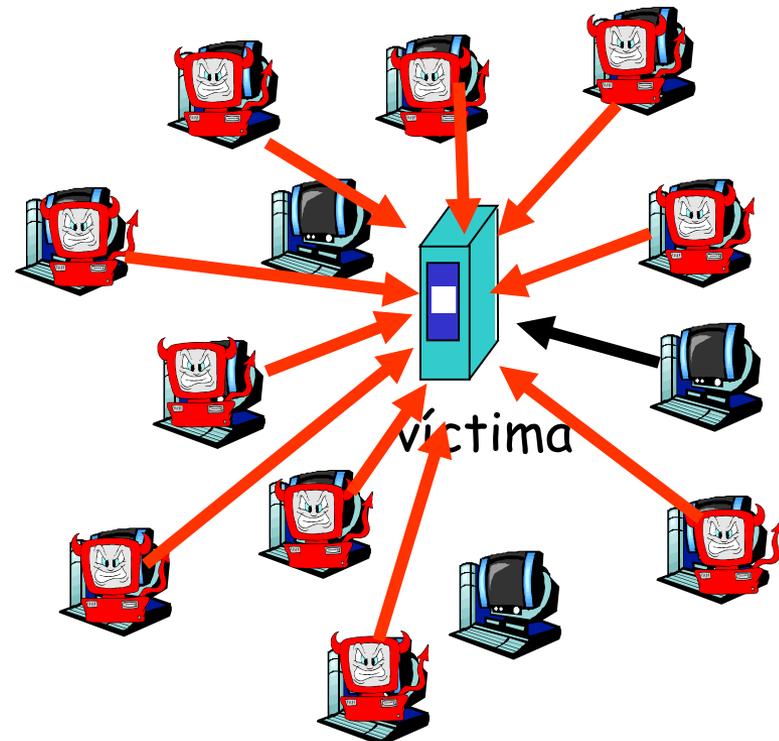
Sapphire Worm: aggregate scans/sec in first 5 minutes of outbreak (CAIDA, UWisc data)



Es posible atacar servidores e infraestructura de red

□ Denial of service (DoS): atacantes, usando tráfico "falso" (bogus), logran dejar recursos (server, bandwidth) no disponibles para los usuarios legítimos

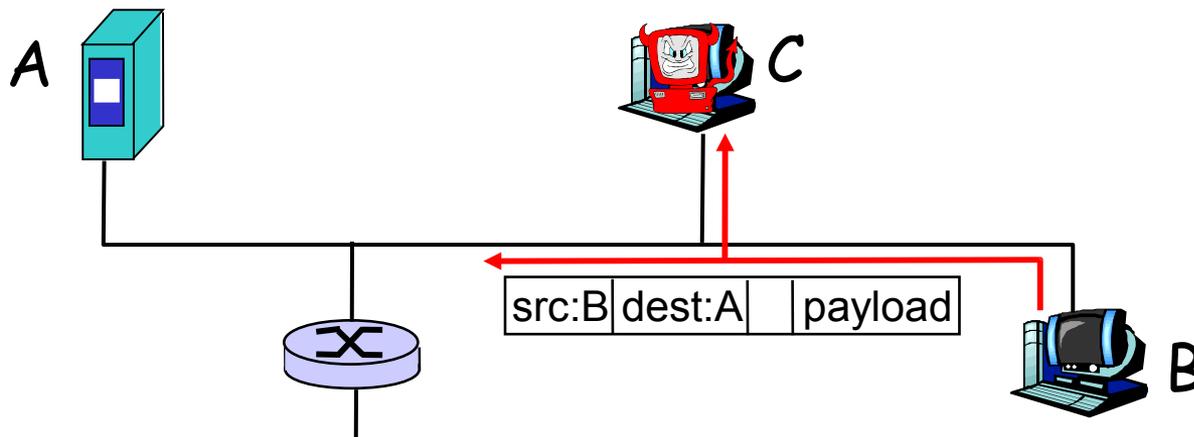
1. seleccionar víctima
1. quebrar hosts en la red (botnet)
1. enviar paquetes a la víctima desde los hosts intervenidos



Es posible inspeccionar (sniff) paquetes

"Packet sniffing":

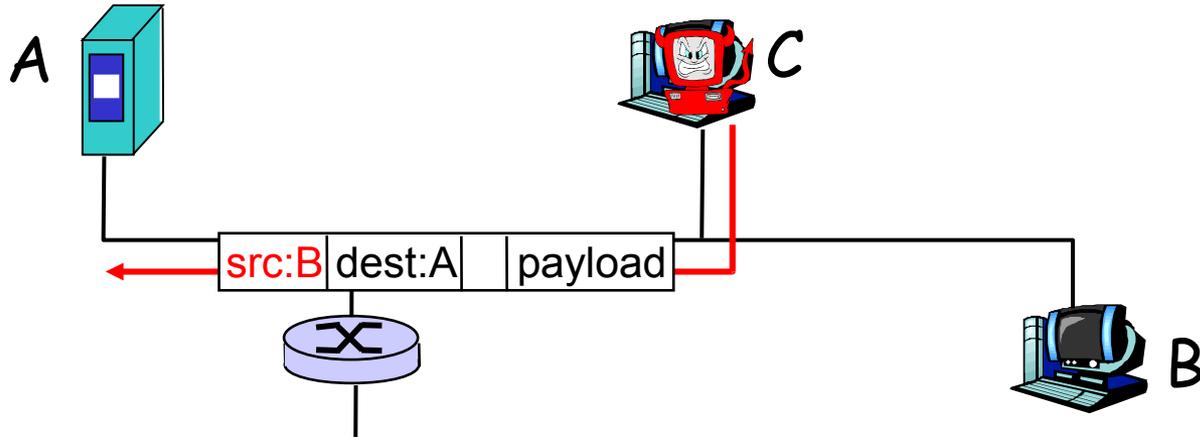
- ❖ medio de broadcast (Ethernet compartida, inalámbrico)
- ❖ Interfaz de red *promiscua* lee/almacena todos los paquetes (ej., passwords!) que "pasan" por el cable



- ❖ software wireshark usado en el laboratorio es un packet-sniffer
 - Obs: también se puede hacer sniff de paquetes con buenas intenciones 😊

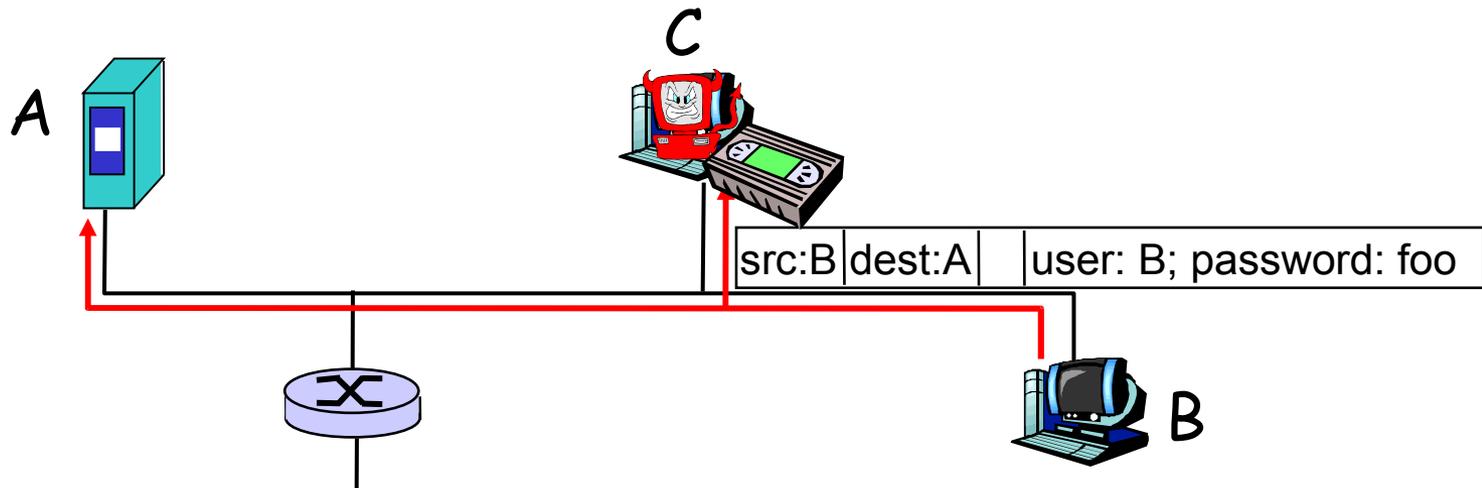
IP spoofing

- *"IP spoofing"*: enviar paquetes con dirección de origen falsa



Grabar información maliciosamente

- **"record-and-playback"**: sniff información sensible (ej., password), para uso posterior
 - ❖ Obs: quien tenga la password de un usuario, **es** dicho usuario para el sistema



Seguridad en redes

- ❑ hay contenidos específicos en este curso
- ❑ y en otros

Capítulo 1: agenda

1.1 Qué es la Internet?

1.2 El borde de la red

- estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces

1.3 El núcleo de la red

- conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes

1.5 Protocolos: modelos de capas

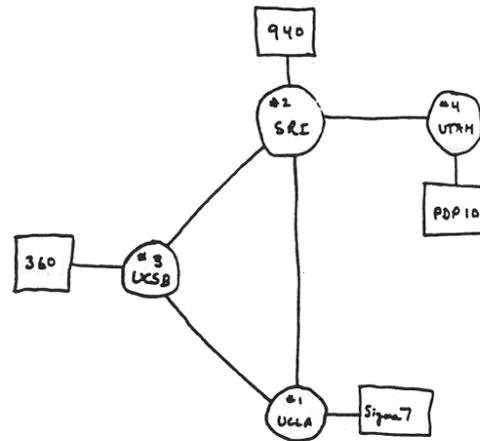
1.6 Seguridad

1.7 Historia

Historia de la Internet

1961-1972: principios de la conmutación de paquetes

- ❑ 1961: Kleinrock - la teoría de colas muestra la efectividad de la conmutación de paquetes
- ❑ 1964: Baran - conmutación de paquetes en redes militares
- ❑ 1967: ARPAnet concebida por la Advanced Research Projects Agency, EEUU
- ❑ 1969: primer nodo operativo de la ARPAnet
- ❑ 1972:
 - ❖ demostración pública de la ARPAnet
 - ❖ NCP (Network Control Protocol): primer protocolo host-host
 - ❖ primer programa de e-mail
 - ❖ ARPAnet: 15 nodos



THE ARPA NETWORK

Historia de la Internet

1972-1980: Internetworking: nuevas redes (propietarias)

- ❑ 1970: red de satélites ALOHAnet en Hawaii
- ❑ 1974: Cerf & Kahn - arquitectura de interconexión
- ❑ 1976: Ethernet en Xerox PARC
- ❑ fin 70's: arquitecturas propietarias: DECnet, SNA, XNA
- ❑ fin 70's: conmutación de paquetes de tamaño fijo (precursor de ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet con 200 nodos

Principios de interconexión de Cerf & Kahn:

- ❖ minimalismo, autonomía - no se deben requerir cambios internos para interconectar redes
- ❖ Modelo de servicio "best effort"
- ❖ routers "stateless"
- ❖ control descentralizado

definen la arquitectura actual de la Internet

Historia de la Internet

1980-1990: nuevos protocolos, proliferación de redes

- ❑ 1983: despliegue de TCP/IP
- ❑ 1982: definición del protocolo de correo smtp
- ❑ 1983: definición del DNS para traslación nombre-a-dirección-IP
- ❑ 1985: definición del protocolo ftp
- ❑ 1988: control de congestión en TCP
- ❑ redes en EEUU: Csetnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100,000 hosts conectados en una confederation de redes

Historia de la Internet

1990, 2000's: comercialización, la Web, nuevas aplicaciones

- ❑ 1991: NSF levanta restricciones al uso comercial de la NSFnet (dada de baja en 1995)
- ❑ Principios de los 90s: Web
 - ❖ hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - ❖ HTML, HTTP: Berners-Lee
 - ❖ 1994: Mosaic, luego Netscape
 - ❖ fines de 1990's: comercialización de la Web

Netscape end-of-life: 1o de marzo de 2008 ☹

Fines de los 90s - 2000s:

- ❑ "killer applications": mensajería instantánea, P2P file sharing
- ❑ énfasis en seguridad de la red
- ❑ Se estiman 50 millones de hosts, más de 100 millones de usuarios
- ❑ enlaces del backbone de varios Gbps

Historia de la Internet

2007:

- ❑ ~500 millones de hosts
- ❑ Voz, Video sobre IP
- ❑ aplicaciones P2P: BitTorrent (file sharing) Skype (VoIP), PPLive (video)
- ❑ más aplicaciones: YouTube, gaming
- ❑ redes inalámbricas, movilidad

Introducción: resumen

Vimos muchos temas!

- ❑ qué es la Internet?
- ❑ qué es un protocolo?
- ❑ borde, núcleo y acceso a la red
 - ❖ conmutación de paquetes vs. conmutación de circuitos
 - ❖ estructura de la Internet
- ❑ performance: pérdidas, retardos, throughput
- ❑ modelo de capas
- ❑ seguridad
- ❑ historia

Tenemos:

- ❑ contexto, visión general de "networking"
- ❑ Más profundidad y detalle en el resto del curso