

Chapter 1

Introduction

A note on the use of these ppt slides:

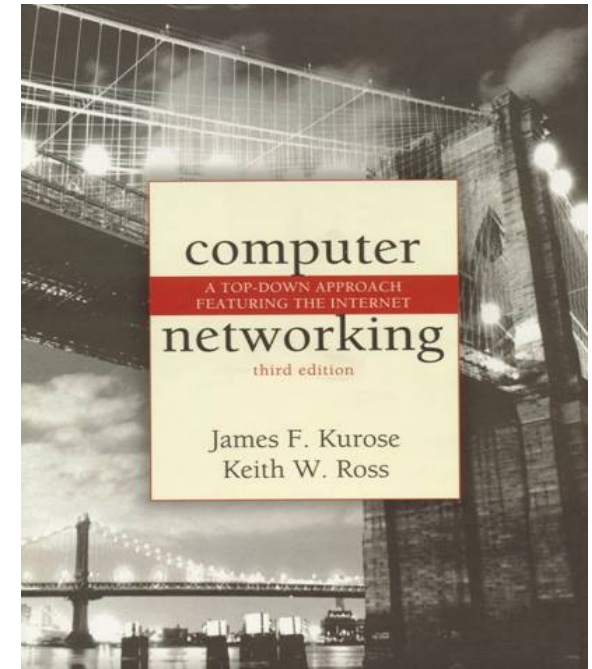
We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2004

J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Computer Networking: A
Top Down Approach
Featuring the Internet,
3rd edition.*

Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2004.

Unidad 1 - Introducción

■ Metas

- Familiarizarse con las ideas y terminología
- Más profundidad y detalle, más adelante
- Enfoque:
 - Usar Internet como ejemplo

■ Itinerario

- Qué es Internet
- Qué es un protocolo
- Borde de la red
- Núcleo de la red
- Redes de acceso y medios físicos, estructura Internet/ISP
- Performance, pérdida (loss), retardo (delay)
- Capas, modelos de servicio y de red

Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

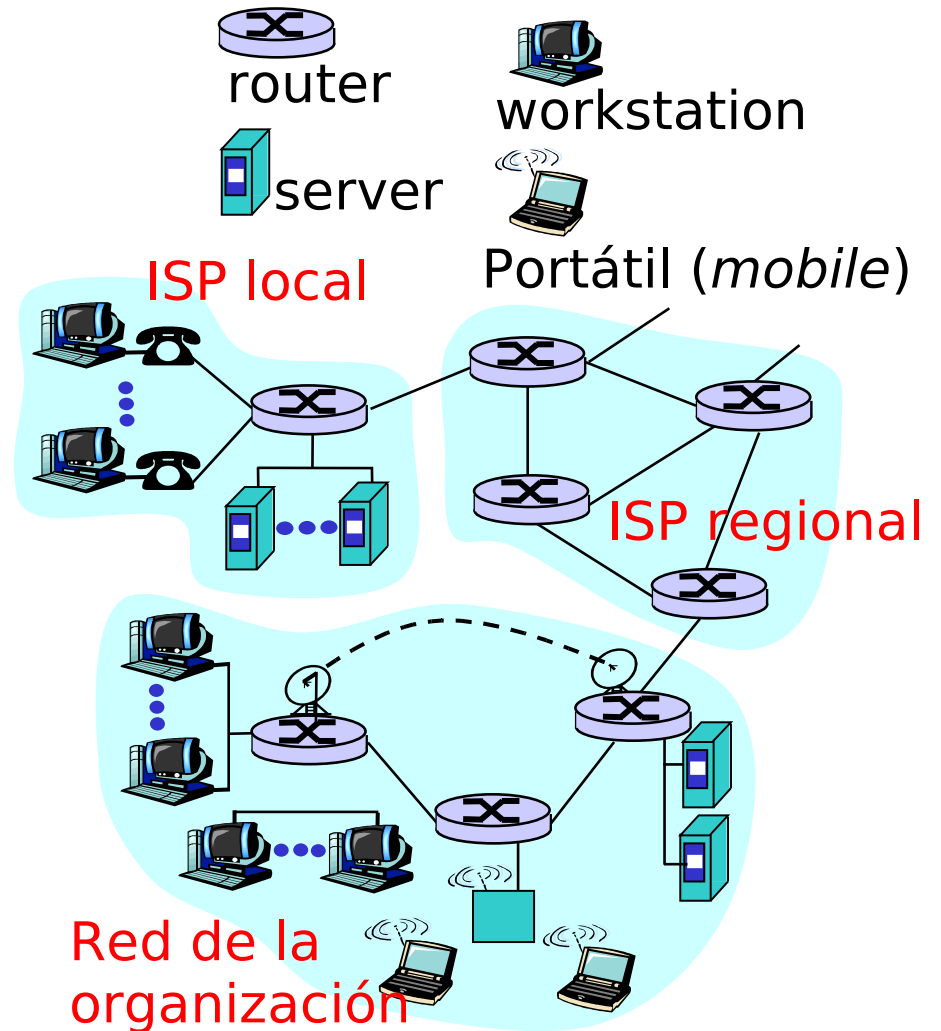
1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.8 Historia

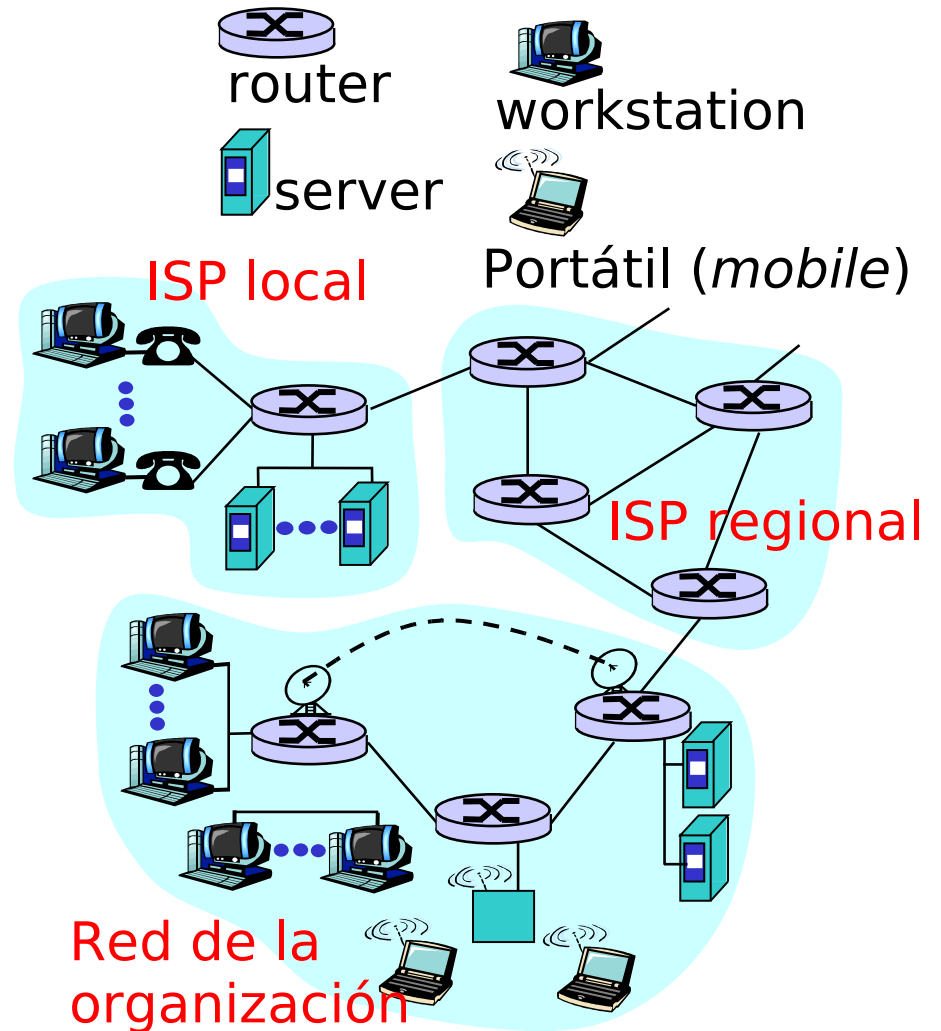
Qué es Internet: vista interna

- Millones de dispositivos de cómputo conectados (*hosts o sistemas finales*)
- Corren *aplicaciones de red*
- Vínculos o enlaces de comunicación (*links*)
 - Fibra, cobre, radio, satélite
 - Tasa de transmisión (*ancho de banda o bandwidth*)
- *Routers o enrutadores:* hacen reexpedición (*forwarding*) de *paquetes* (trozos de datos)



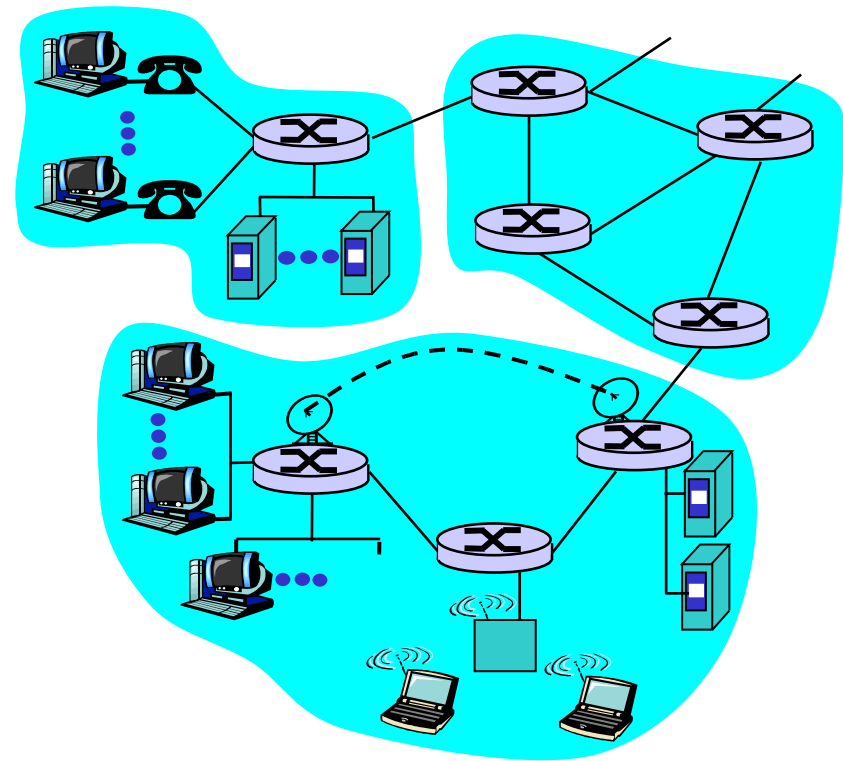
Qué es Internet: vista interna

- Los *protocolos* controlan el envío y recepción de mensajes
 - p.ej. TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- *Internet*: “red de redes”
 - Débilmente jerárquica
 - Internet pública vs. intranet privada
- Estándares de Internet
 - *RFC*: Request for comments
 - *IETF*: Internet Engineering Task Force



Qué es Internet: vista interna

- Una infraestructura de comunicación habilita aplicaciones distribuidas
 - Web, email, juegos, e-commerce, compartir archivos
- Servicios de comunicaciones provistos a las aplicaciones
 - Sin conexión, no confiable (*connectionless, unreliable*)
 - Orientado a conexión, confiable (*connection-oriented, reliable*)



Qué es un protocolo

Protocolos humanos

- “*Qué hora es?*”
- “*Tengo una pregunta*”
- Presentación de individuos

... Envío de mensajes
específicos

... Accciones específicas ante
recepción de mensajes, u
otros eventos

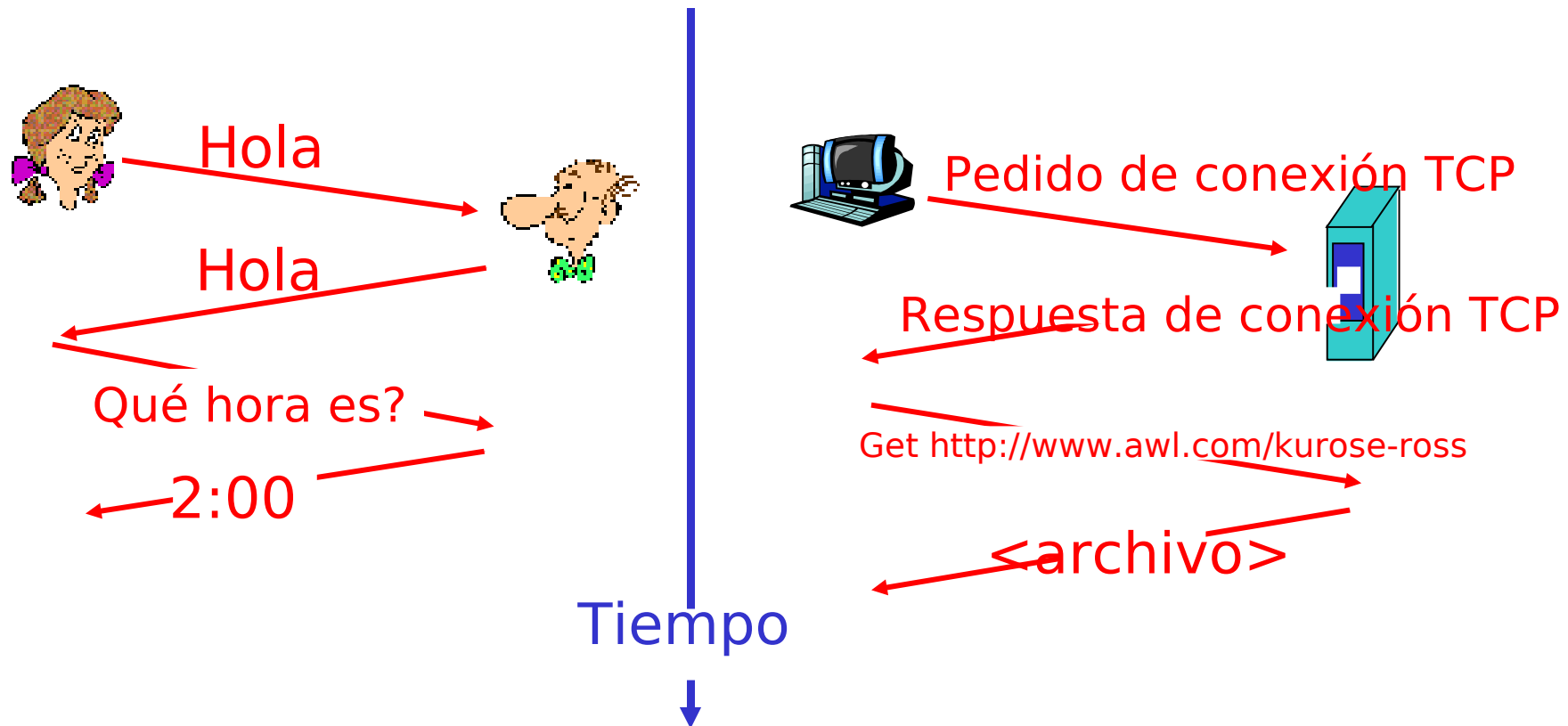
Protocolos de redes

- Máquinas en vez de
humanos
- Gobiernan toda la
comunicación en Internet

*Definen el formato y el
orden de los mensajes
enviados y recibidos entre
las entidades de la red, y
las acciones a tomar ante
su transmisión o recepción*

¿Qué es un protocolo?

Un protocolo humano y un protocolo de redes:



¿Otros protocolos humanos?

Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.8 Historia

Estructura de la red, más de cerca

■ Borde de la red (*edge*)

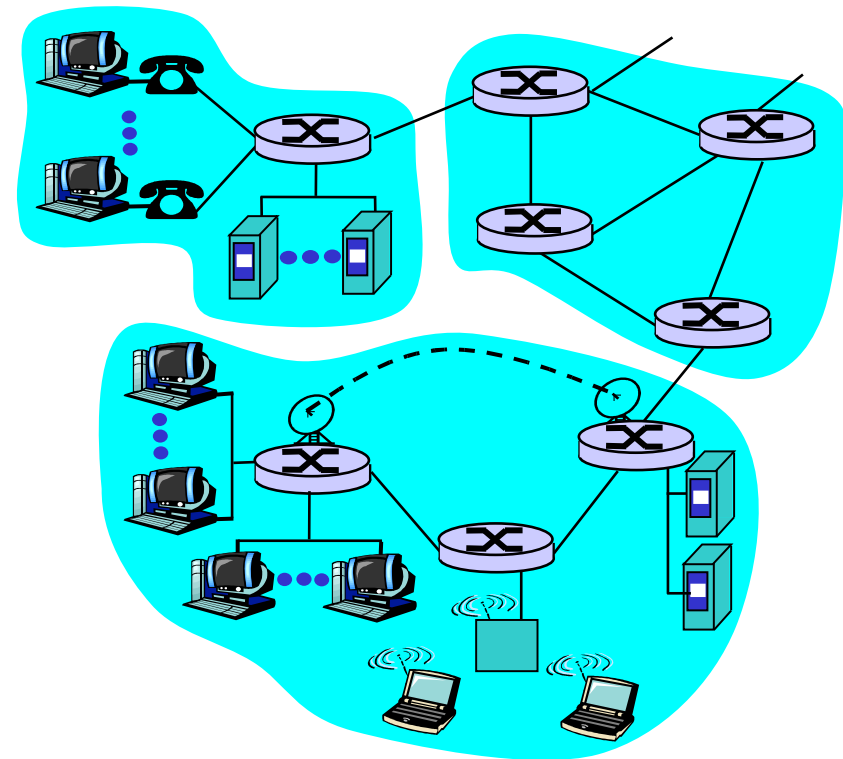
- Aplicaciones y *hosts*

■ Núcleo de la red (*core*)

- Routers
- Red de redes

■ Redes de acceso, medios físicos

- Vínculos de comunicaciones (*links*)



Borde de la red

■ Sistemas finales

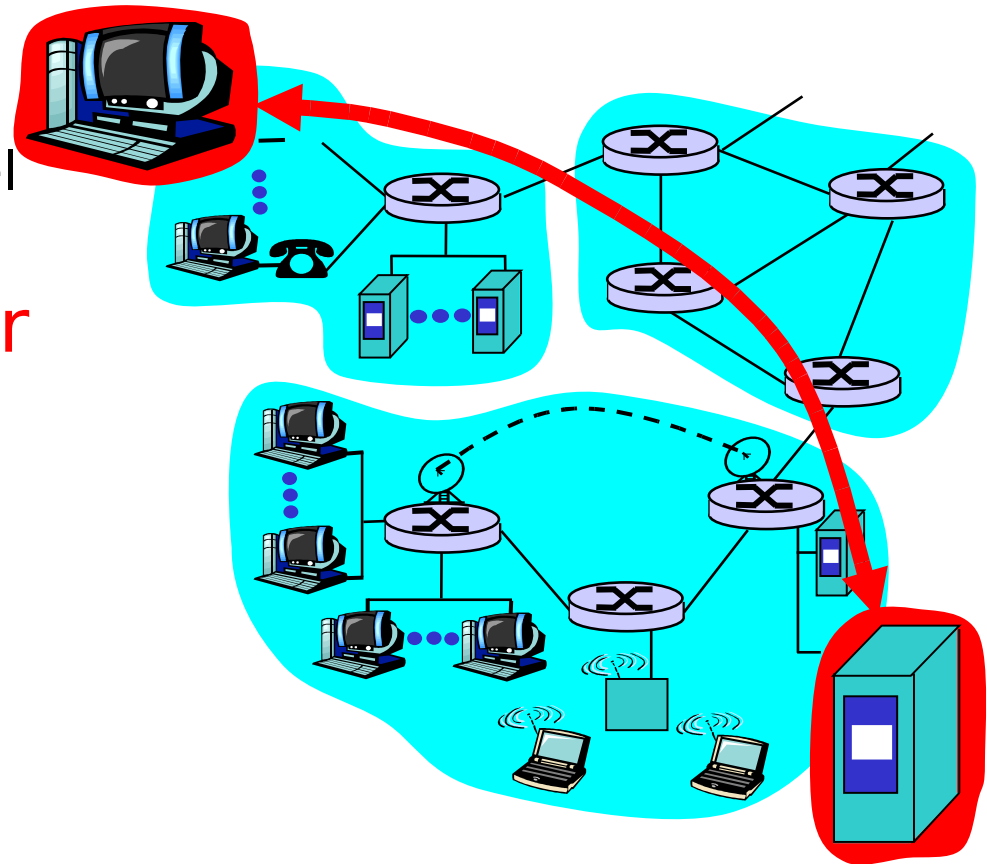
- Corren programas de aplicación (Web, email) en el “borde de la red”

■ Modelo cliente/servidor

- Host cliente requiere y recibe servicio de servidor siempre activo
- P.ej. Web browser/server; email client/server

■ Modelo peer-peer

- Uso nulo o mínimo de servidores dedicados (Gnutella, KaZaA)



Borde de la red: orientación a conexión

Meta: transferencia de datos entre sistemas finales

■ *Handshaking:* preparación para una transferencia

- Protocolo humano hola/hola
- *Preparar “estado” en dos hosts que se comunican*

■ *TCP - Transmission Control Protocol*

- Servicio orientado a conexión de Internet

Servicio TCP [RFC 793]

■ *Transferencia de flujo de bytes en orden, confiable*

- Pérdidas: reconocimientos y retransmisiones

■ *Control de flujo*

- El emisor no debe inundar al receptor

■ *Control de congestión*

- El emisor disminuye la tasa de envío cuando la red se congestiona

Borde de la red: servicio sin conexión

Meta: transferencia de datos entre sistemas finales

- ...lo mismo que antes...!

■ **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]:

- Sin conexión
- Transferencia de datos no confiable
- Sin control de flujo
- Sin control de congestión

Aplicaciones usando TCP

- HTTP (Web), FTP (file transfer), Telnet (login remoto), SMTP (email)

Aplicaciones usando UDP

- Medios continuos (*streaming media*), teleconferencia, DNS, telefonía Internet

Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

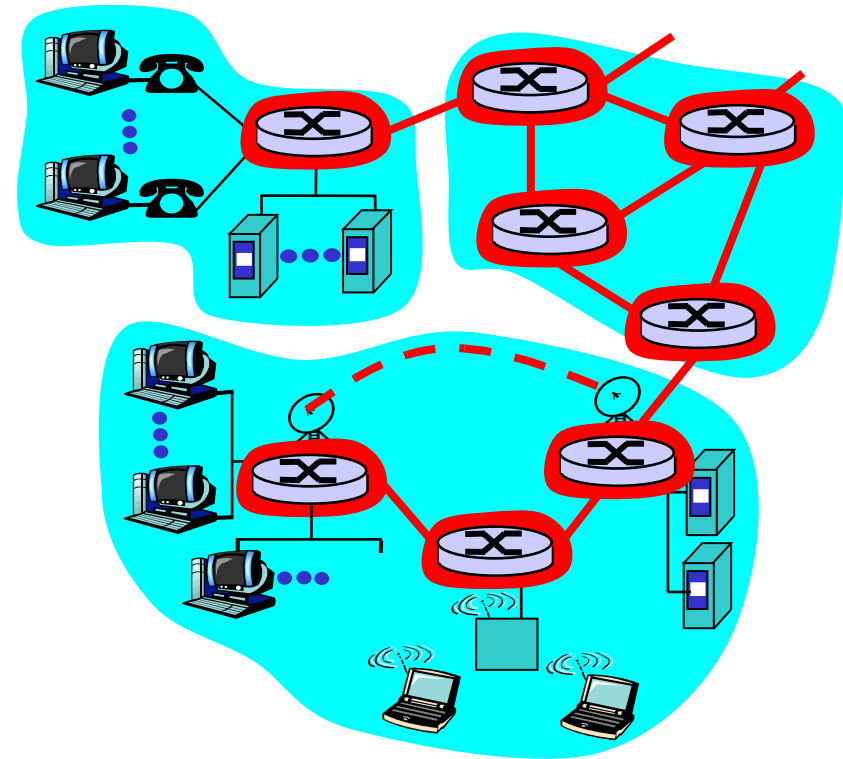
1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.8 Historia

Núcleo (*core*) de la red

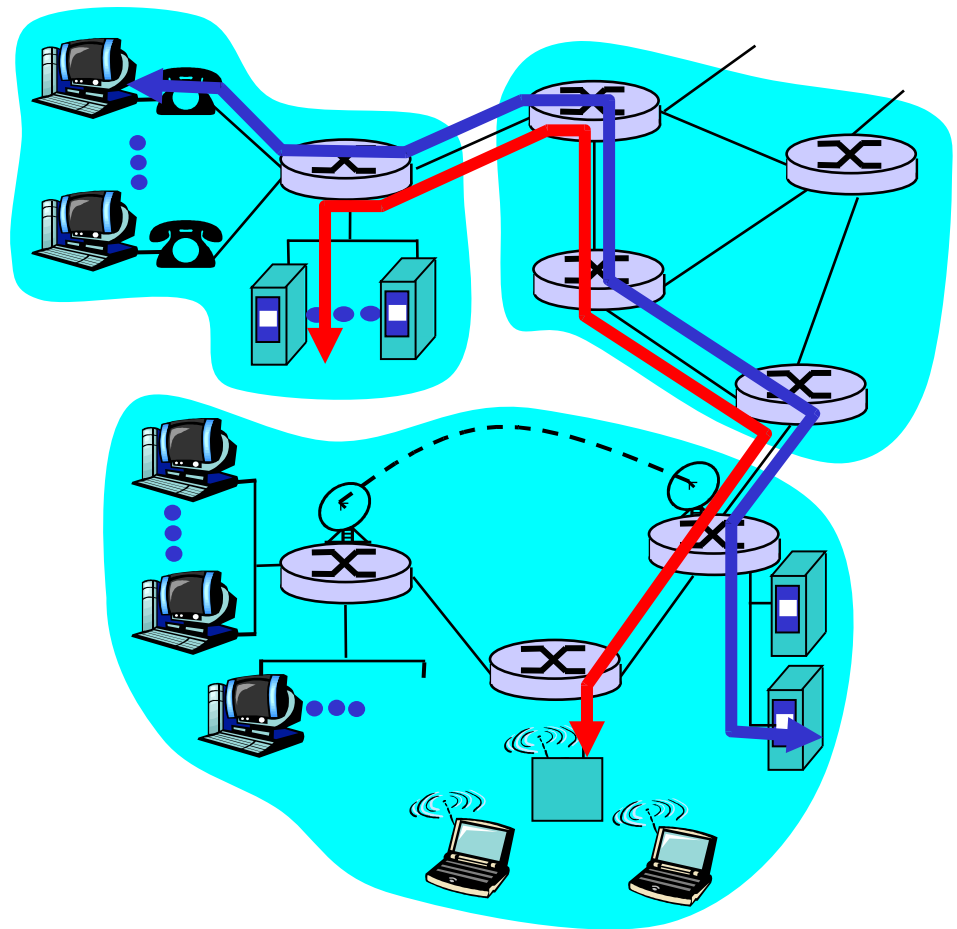
- Malla de routers interconectados
- Cómo se transfieren los datos a través de la red?
 - Conmutación de circuitos (*circuit switching*): un circuito dedicado por llamada (teléfono)
 - Conmutación de paquetes (*packet-switching*): enviar datos en *trozos* discretos



Núcleo: Conmutación por circuitos

La “llamada” reserva recursos extremo-a-extremo (*end-to-end*)

- Ancho de banda de los enlaces, capacidad de los switches
- Recursos dedicados, no compartidos
- Performance similar a circuitos (garantida)
- Requiere establecimiento de llamada



Núcleo: Conmutación por circuitos

Los recursos de red (como ancho de banda) se dividen en porciones

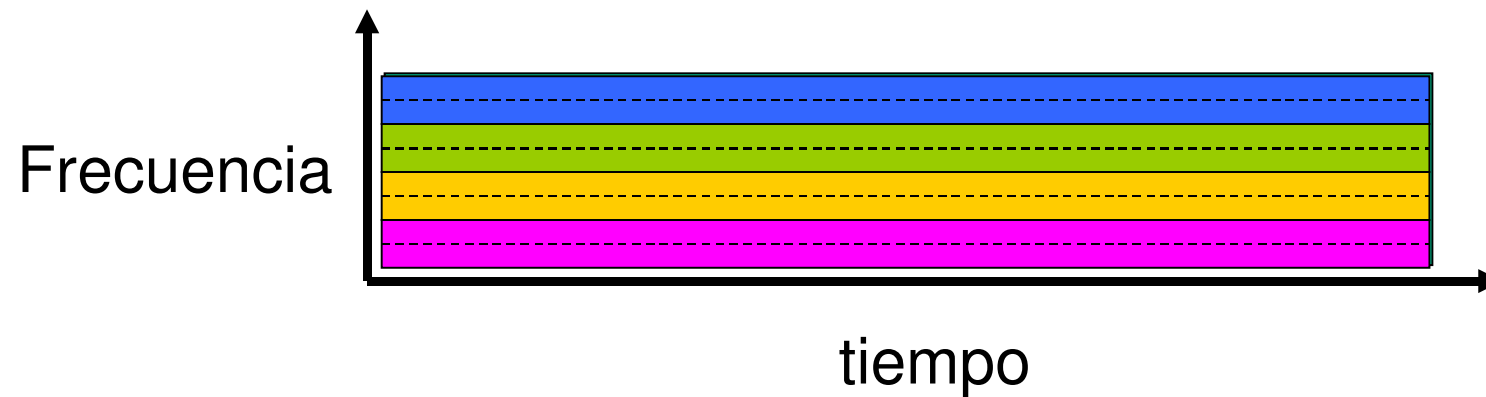
- Las porciones se asignan a las llamadas
- Una porción de recurso está ociosa (*idle*) si la llamada que la tiene asignada no la está usando (no se comparte)

- El ancho de banda se divide en porciones:
 - División en frecuencia
 - División en tiempo

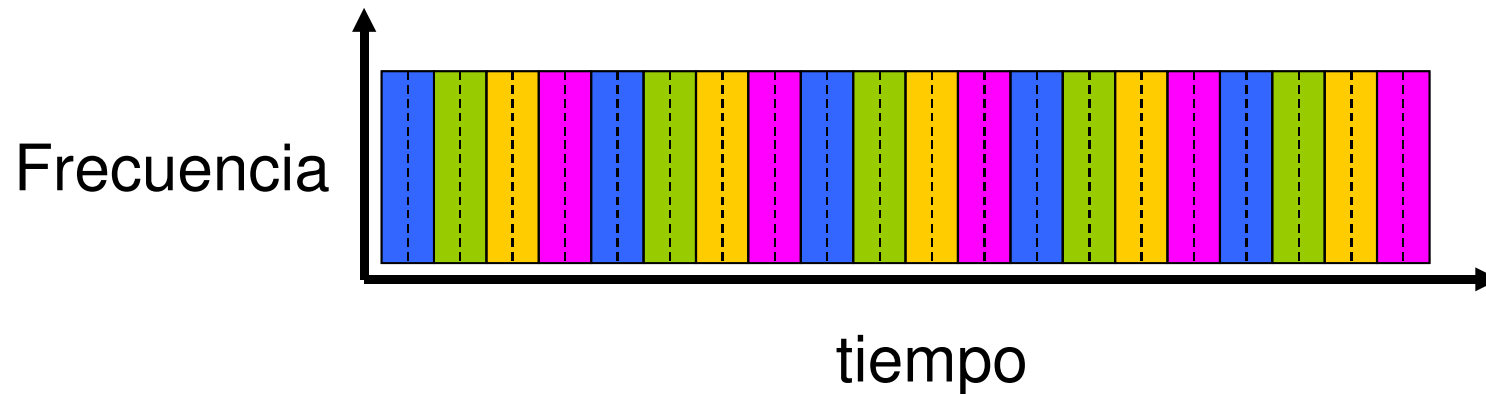
Conmutación de circuitos: FDM y TDM

FDM

Ejemplo: 4 usuarios



TDM



Ejemplo numérico

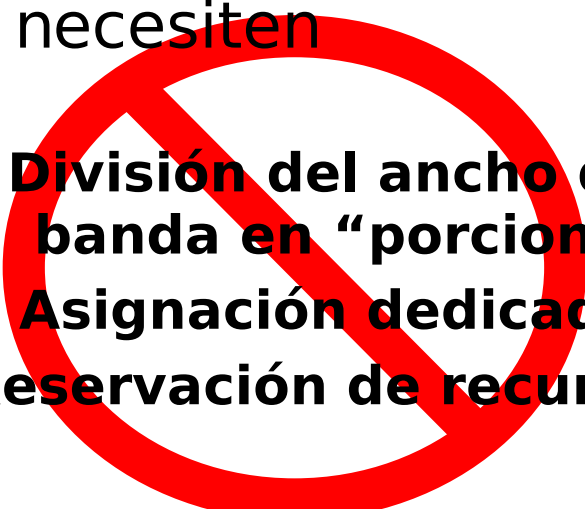
- ¿Cuánto se demora en enviar un archivo de 640000 bits desde el host A al host B sobre una red de circuitos conmutados?
 - Todos los enlaces son de 1.536 Mbps
 - Cada link utiliza TDM con 24 slots
 - Se demora 500 ms para establecer el circuito end-to-end
- Hacerlo!

Núcleo: paquetes conmutados

Cada flujo de datos end-end
se divide en *paquetes*

- Los paquetes de usuarios A y B comparten recursos
- Cada paquete usa todo el ancho de banda del enlace
- Los recursos se usan según se necesiten

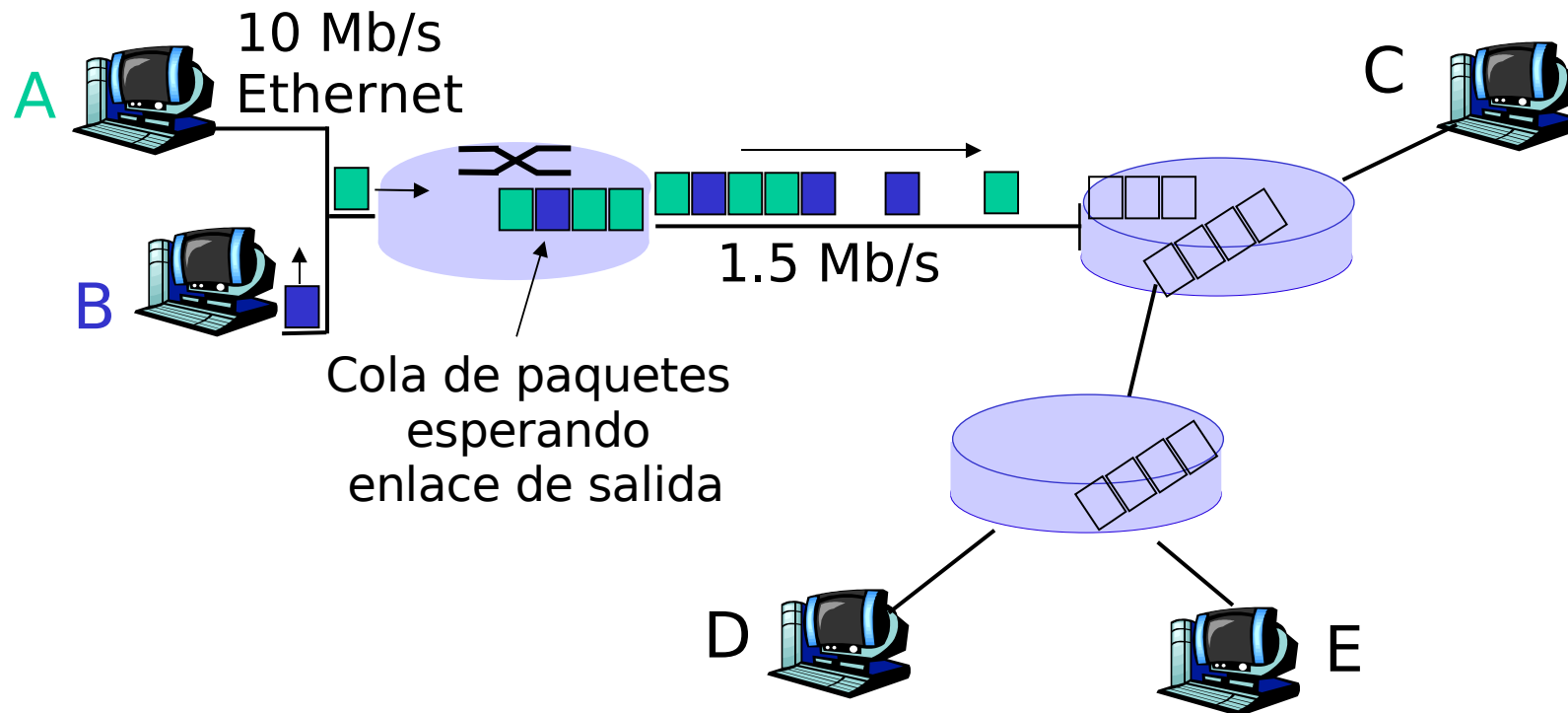
**División del ancho de
banda en “porciones”
Asignación dedicada
Reservación de recursos**



Competencia por recursos

- La demanda agregada de recursos puede exceder la cantidad disponible
- Congestión: los paquetes se encolan y aguardan para usar el enlace
- *Store and forward*: los paquetes se mueven de a un salto por vez
 - Cada nodo recibe el paquete completo antes de reexpedirlo (*forwarding*)

Paquetes conmutados: multiplexado estadístico



- La secuencia de paquetes de A y de B no tiene un patrón fijo: ***multiplexado estadístico***.
- En TDM, cada host recibe el mismo *slot* en un marco (*frame*) TDM.

Conmutación de paquetes vs. c. de circuitos

- La conmutación por paquetes permite a más usuarios utilizar la red

- Enlace de 1 Mb/s

- Cada usuario:

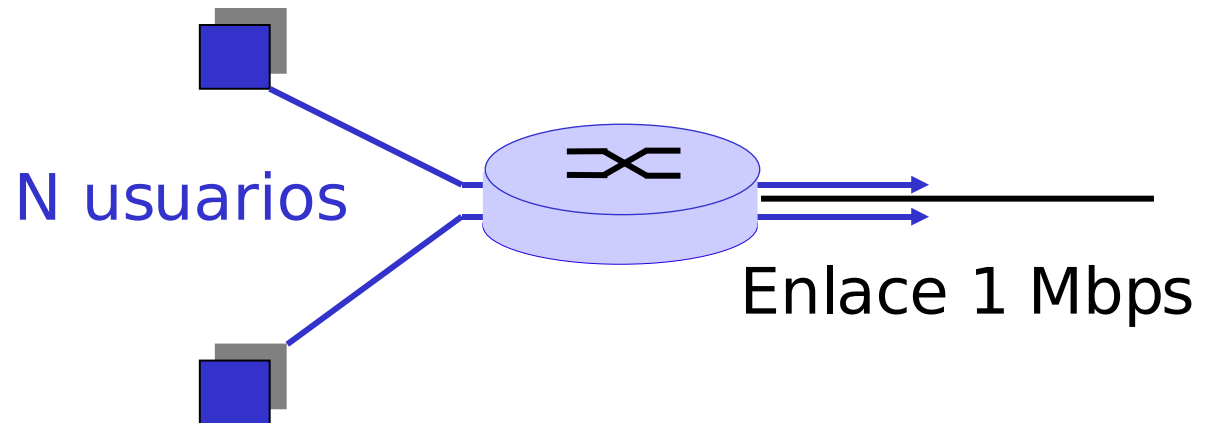
- Utiliza 100 kb/s cuando está activo
- Activo 10% del tiempo

- *Circuit-switching:*

- 10 usuarios

- *Packet switching:*

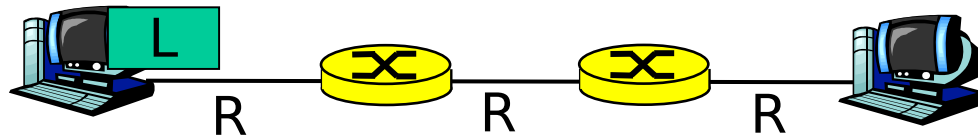
- Con 35 usuarios, la probabilidad de que más de 10 estén simultáneamente activos es $< .0004$



Conmutación de paquetes vs. c. de circuitos

- ¿La conmutación por paquetes es siempre mejor?
- Buena para datos en ráfagas
 - Recursos compartidos
 - Más simple, sin establecimiento de llamada
- **Congestión excesiva:** demora y pérdida de paquetes
 - Se necesitan protocolos para transferencia confiable y control de congestión
- ¿Cómo proveer conducta similar a la de los circuitos?
 - Aplicaciones de audio/video necesitan garantías de ancho de banda
 - Todavía es un problema abierto

Paquetes conmutados: *store-and-forward*



Ejemplo

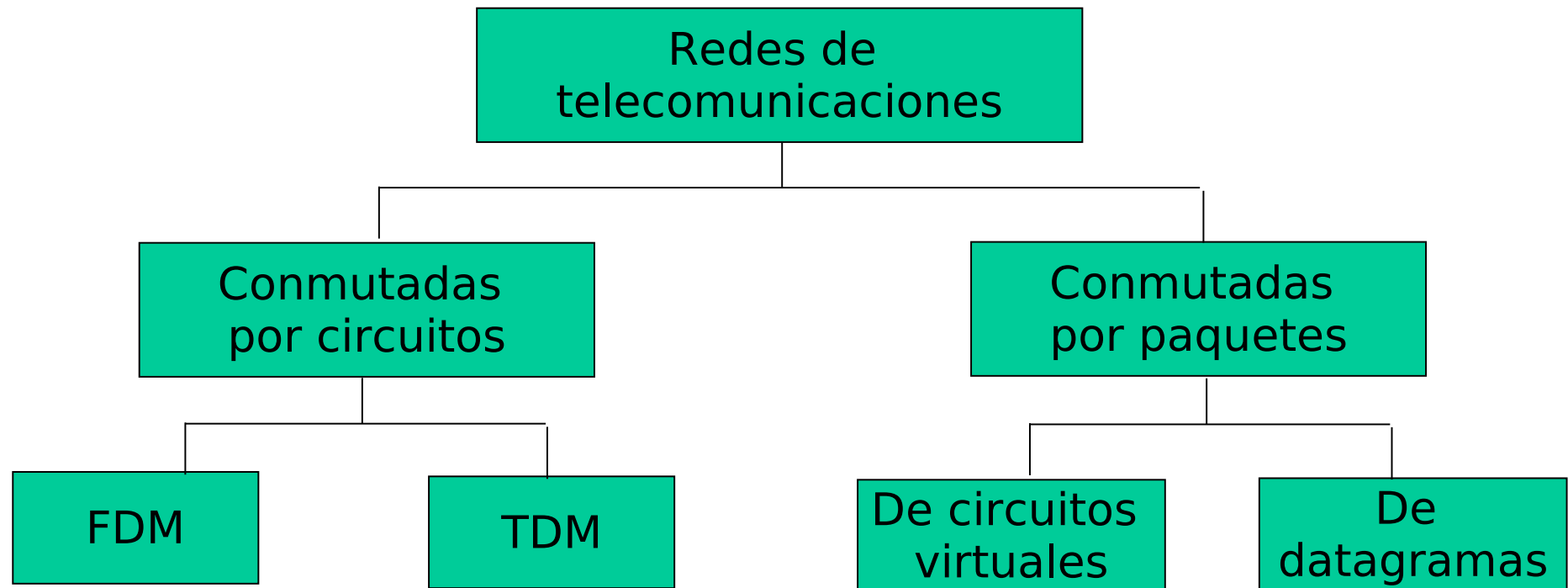
- $L = 7.5$ Mbits
- $R = 1.5$ Mbps
- delay = 15 s

- Transmitir un paquete de L bits sobre el enlace de R bps toma L/R segundos
- Debe llegar al router el paquete completo antes de poder ser transmitido sobre el enlace siguiente: *store and forward*
- Delay = $3L/R$

Paquetes conmutados: *forwarding*

- **Meta:** desplazar los paquetes desde el origen al destino a través de routers
 - Se estudiarán varios algoritmos de selección de caminos (i.e. de ruteo)
- **Red de datagramas**
 - La *dirección destino* en el paquete determina el siguiente salto
 - Las rutas pueden cambiar durante la sesión
 - Analogía: al manejar, preguntar cómo llegar a un lugar
- **Red de circuitos virtuales**
 - Cada paquete lleva un *tag* o indicador de circuito virtual que determina el siguiente salto
 - Al tiempo de llamada se determina un camino fijo
 - *Los routers mantienen estado para cada llamada*

Taxonomía de redes



- Las redes de datagramas *no son* orientadas a conexión o sin conexión
- Internet provee servicios orientados a conexión (TCP) y sin conexión (UDP) a las aplicaciones

Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.8 Historia

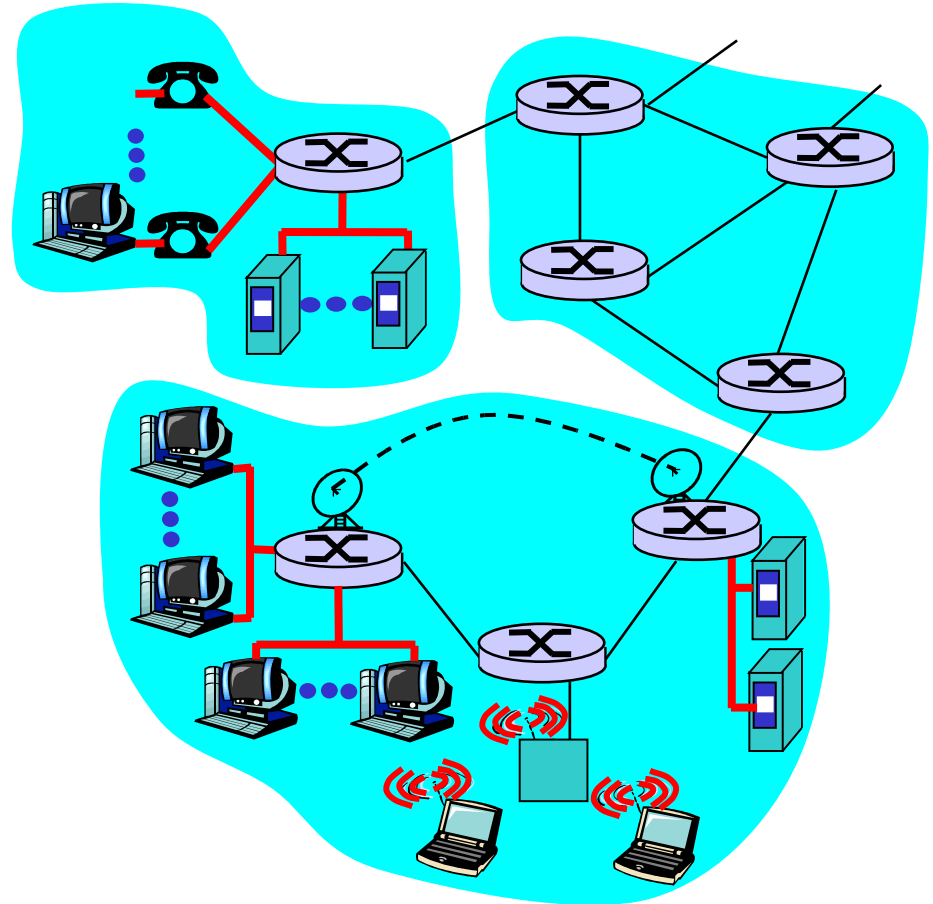
Redes de acceso y medios físicos

■ *¿Cómo conectar sistemas finales al router de frontera?*

- Redes de acceso domiciliario
- Redes de acceso institucionales (escuela, empresa)
- Redes de acceso móvil

■ *A tener en cuenta*

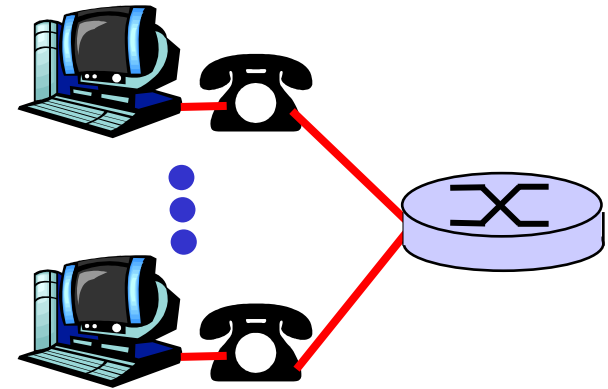
- Ancho de banda de la red de acceso
- Compartida o dedicada



Acceso domiciliario punto a punto

■ Dialup via modem

- Acceso directo al router hasta 56Kbps (con frecuencia menos)
- No tenemos tráfico de datos y teléfono a la vez
- No es “siempre activo”



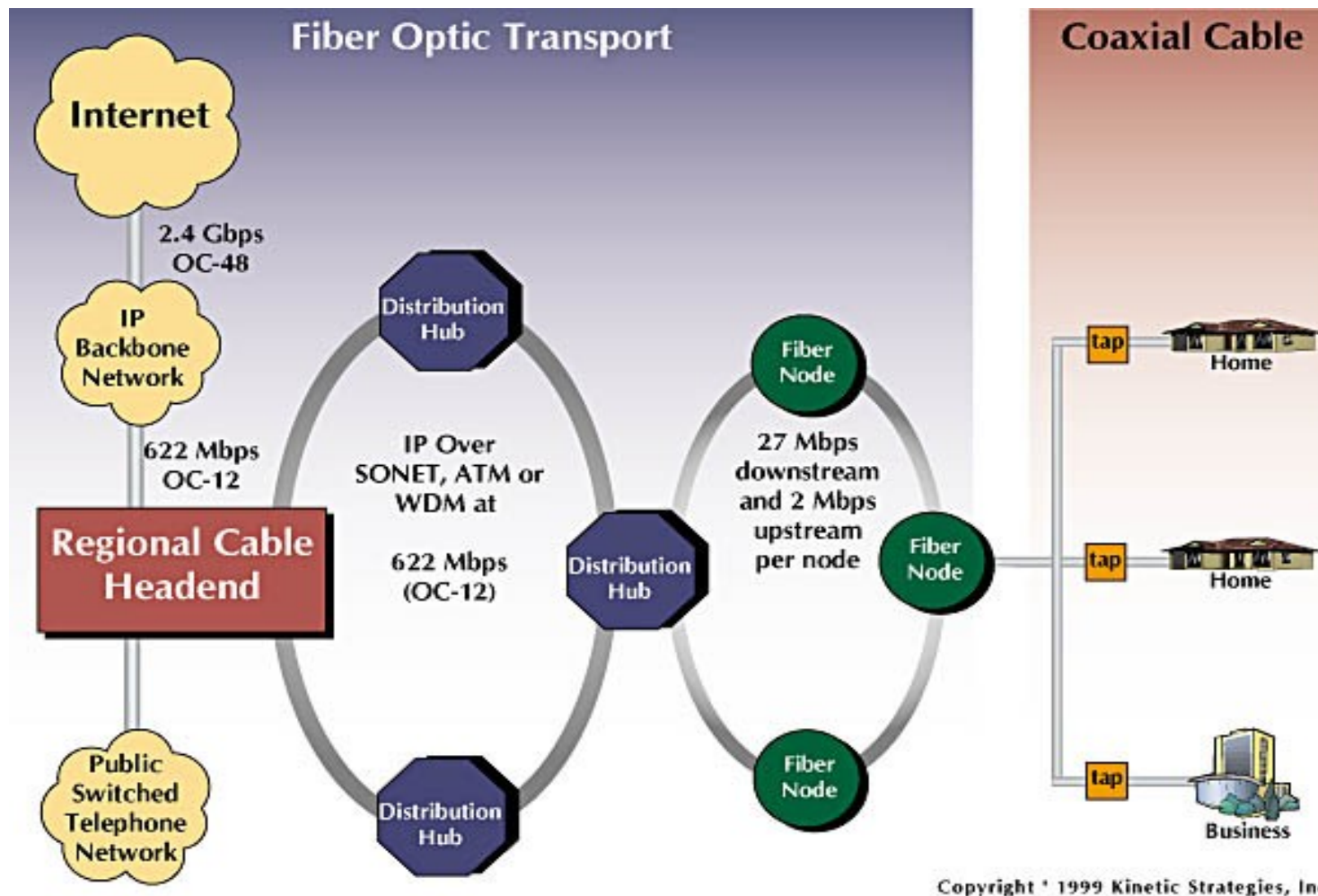
■ ADSL: *asymmetric digital subscriber line*

- Hasta 1 Mbps de subida (*upstream*), hoy típicamente < 256 kbps
- Hasta 8 Mbps de bajada (*downstream*), hoy típicamente < 1 Mbps
- FDM: 50 kHz - 1 MHz para downstream
 - 4 kHz - 50 kHz para upstream
 - 0 kHz - 4 kHz para teléfono común

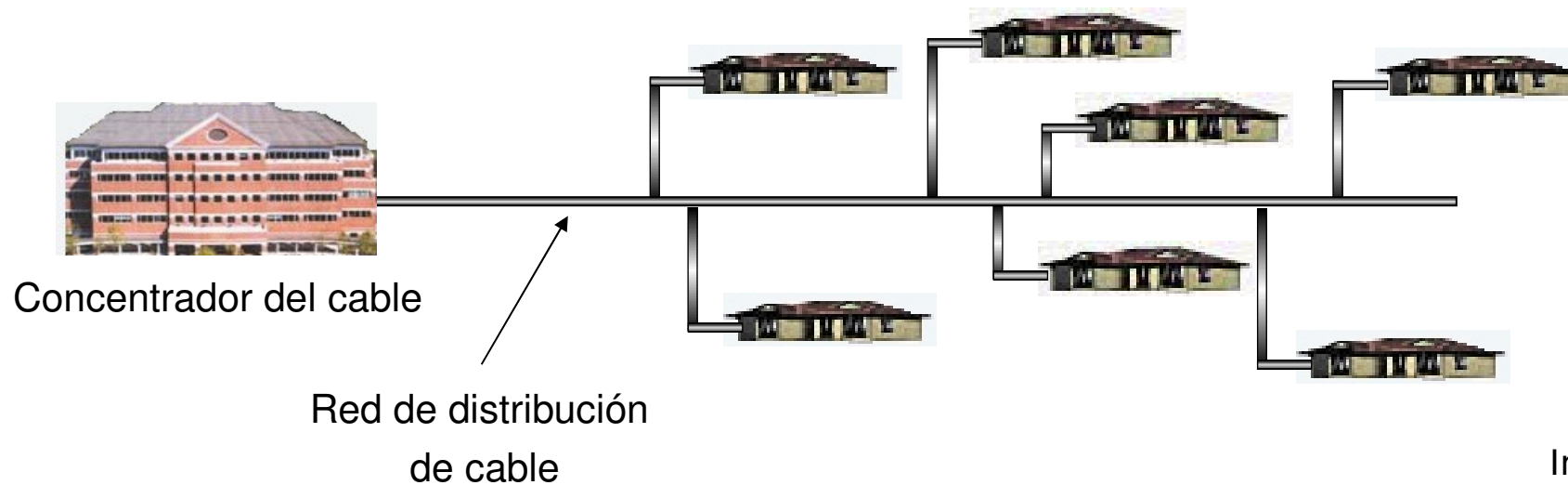
Acceso domiciliario: cable modems

- **HFC: híbrido fibra-coaxil**
 - Asimétrico: hasta 30Mbps *downstream*, 2 Mbps *upstream*
- Red de cable y fibra que vincula hogares al router del ISP
 - Los hogares comparten acceso al router
- Implementación a cargo de compañías de TV cable

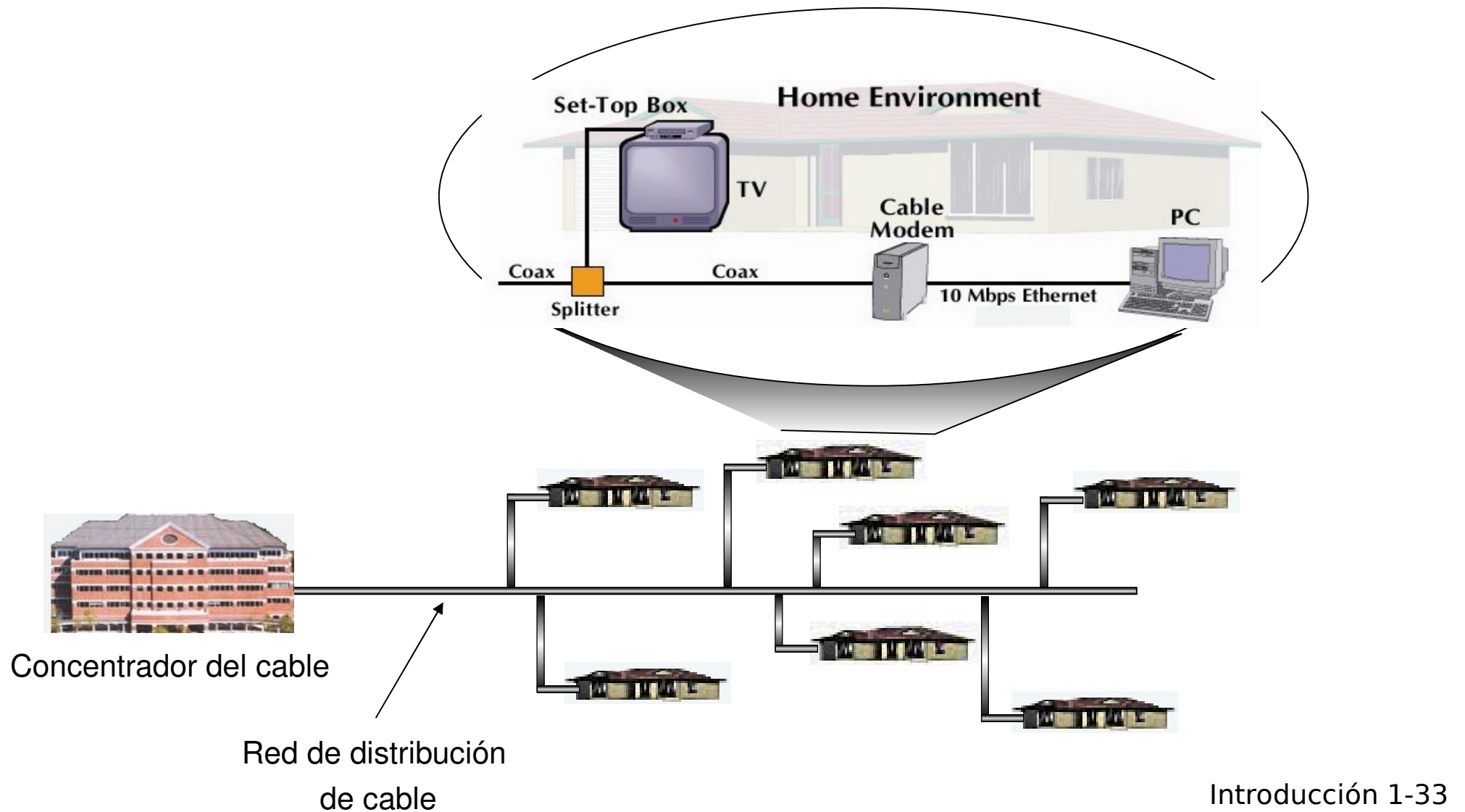
Acceso domiciliario: cable modems



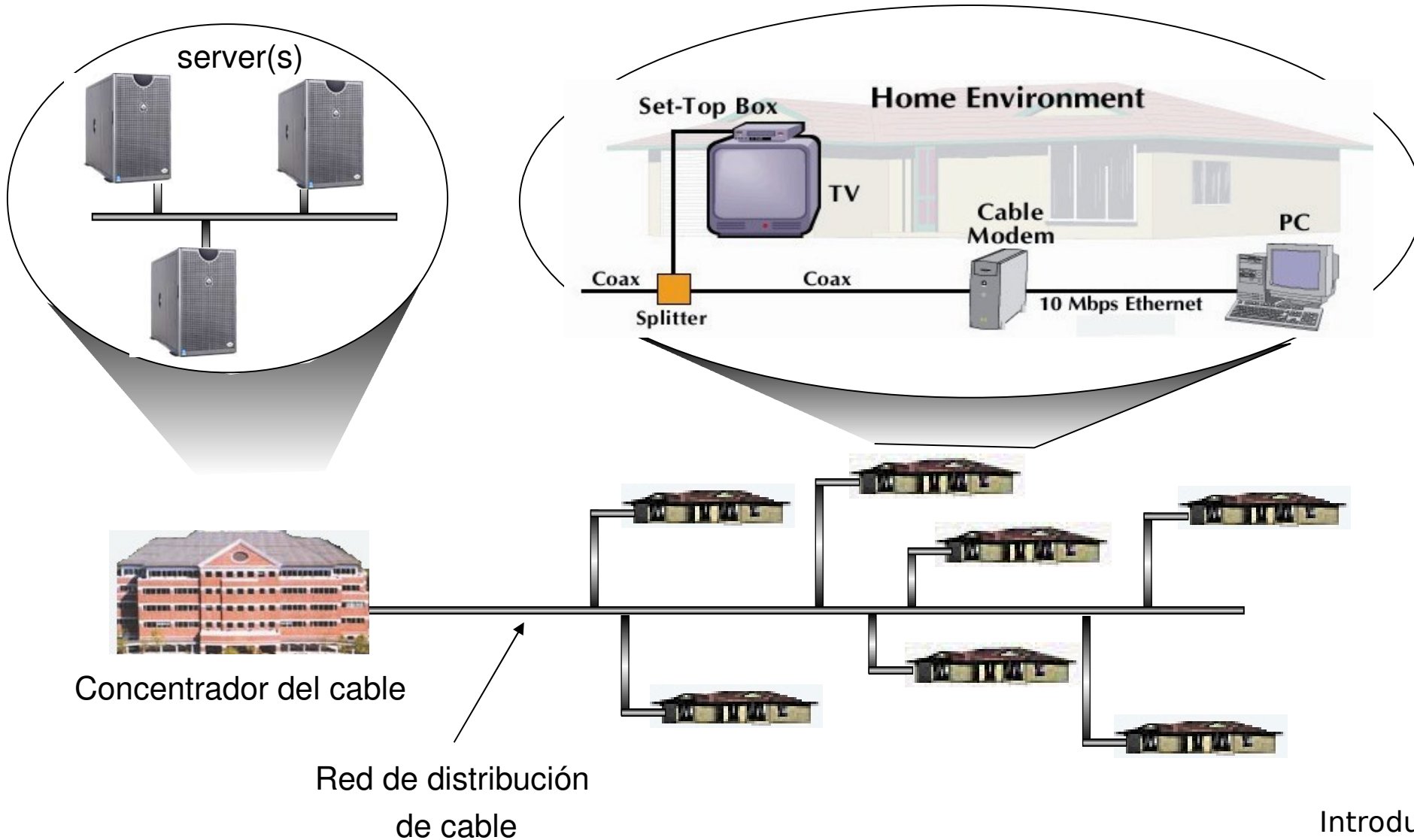
Arquitectura de la red de cable



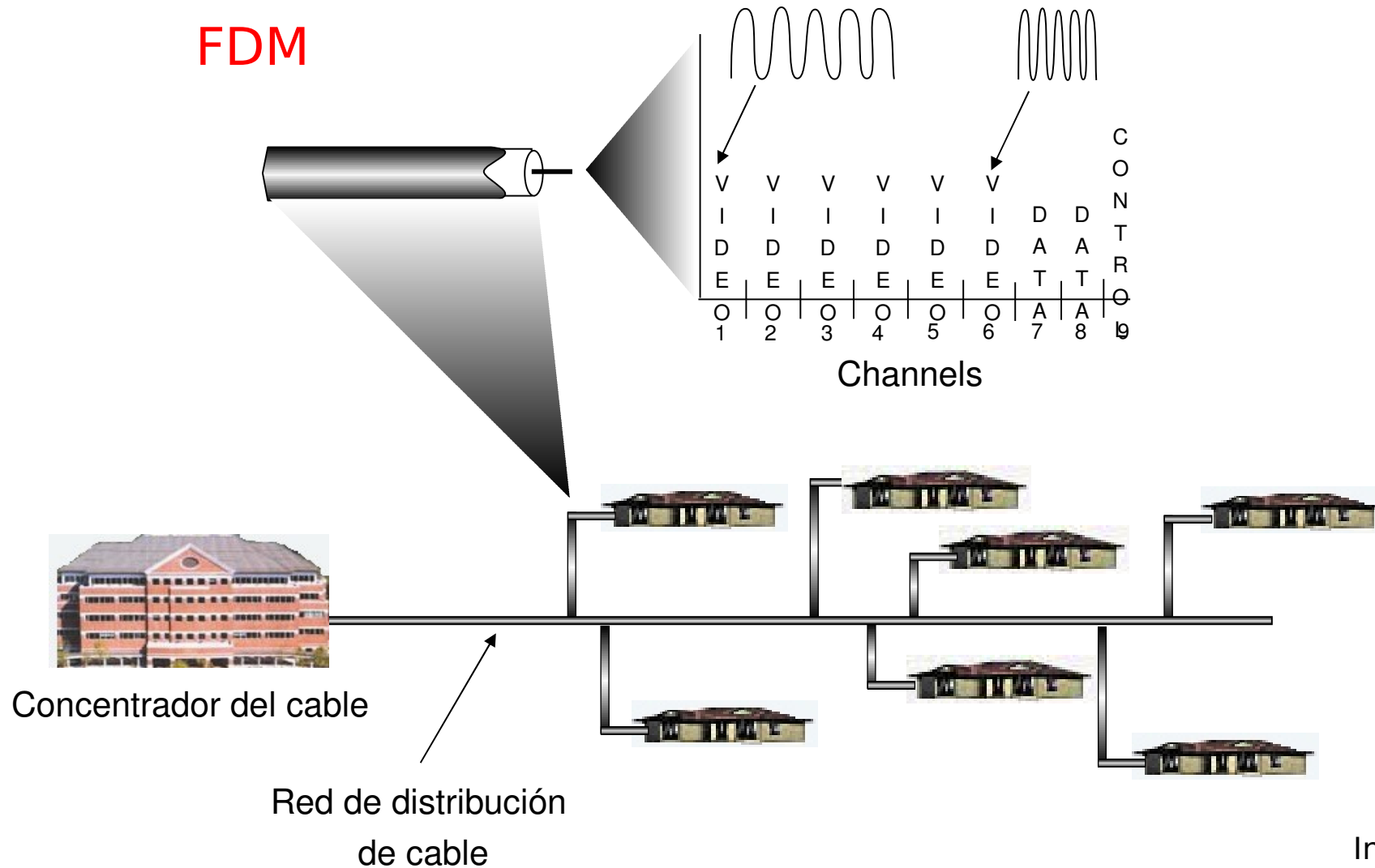
Arquitectura de la red de cable



Arquitectura de la red de cable

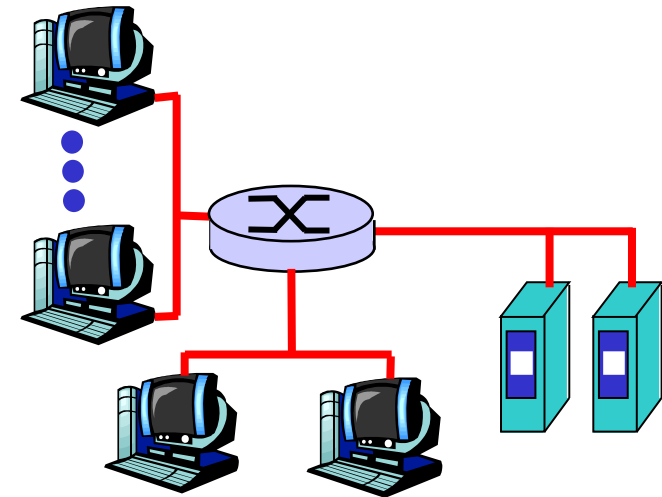


Arquitectura de la red de cable



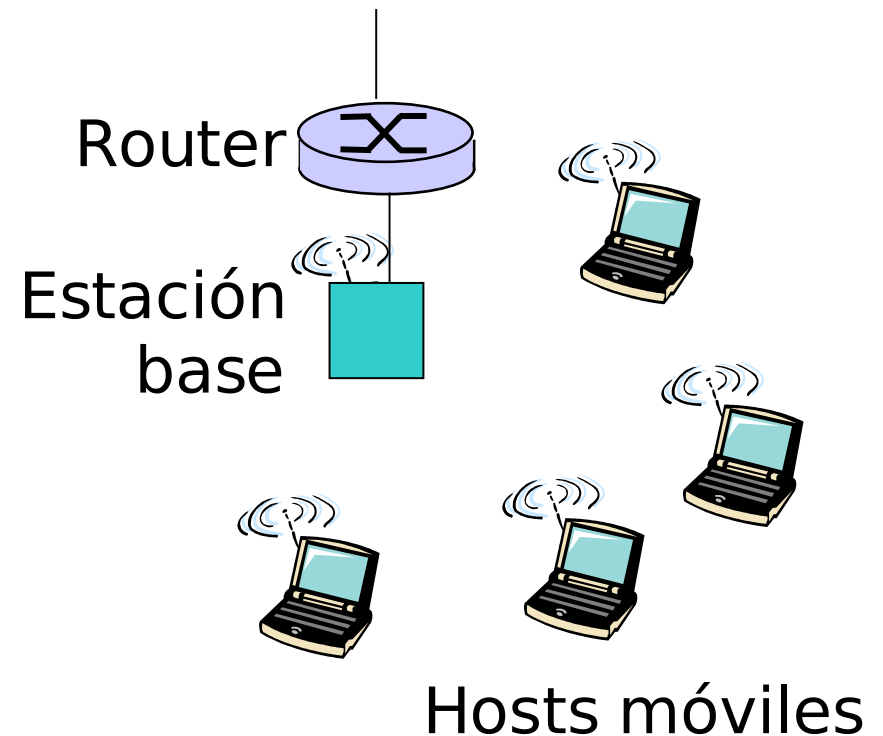
Acceso para organizaciones: redes de área local

- La LAN (*local area network*) de la organización, empresa o universidad conecta sistemas finales al router de frontera
- **Ethernet:**
 - Enlaces dedicados o compartidos
 - Conectan los sistemas finales al router
 - 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet
- LANs: cap. 5



Redes de acceso inalámbrico (*wireless*)

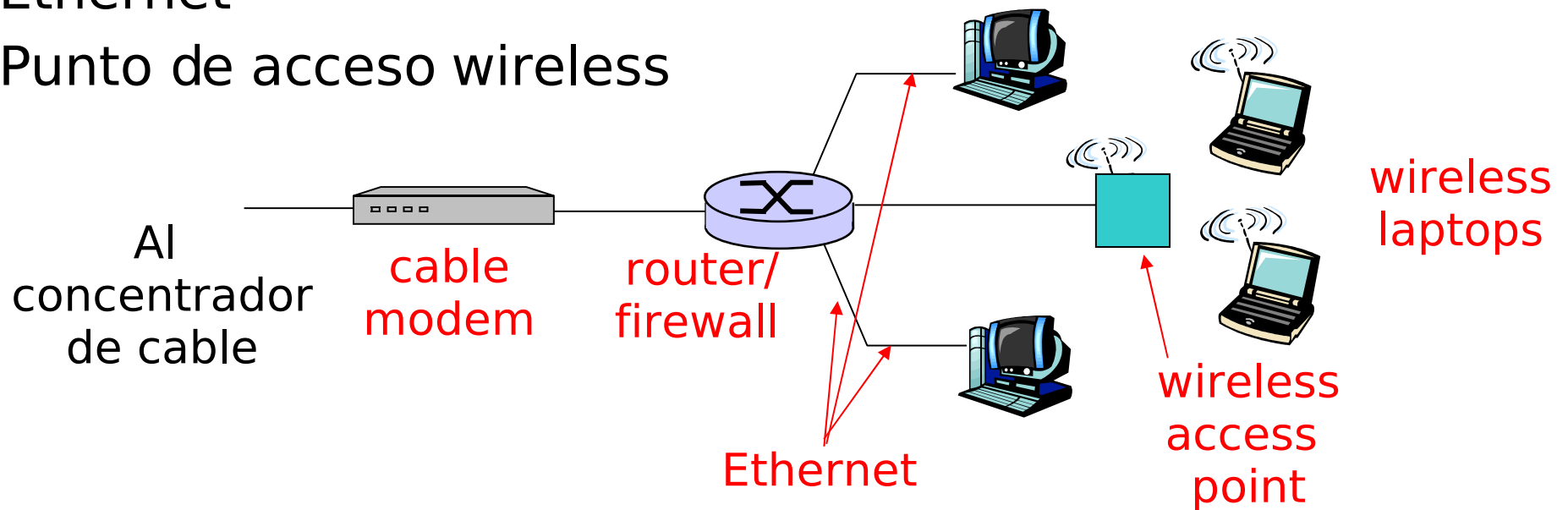
- Red de acceso wireless compartido conecta sistemas finales al router
 - Mediante una estación base o punto de acceso (*Access Point* o *AP*)
- **Wireless LANs**
 - 802.11b (WiFi): 11 Mbps
- **Acceso wireless de área amplia**
 - Provisto por operadores de telecomunicaciones (*telcos*)
 - 3G ~ 384 kbps (*será?*)
 - WAP/GPRS en Europa



Redes domésticas

Componentes típicos

- Modem ADSL o cable modem
- Router/firewall/NAT
- Ethernet
- Punto de acceso wireless



Medios físicos

■ Bits

- Se propagan entre pares transmisor/receptor

■ Vínculo físico

- Existe entre transmisor y receptor

■ Medios guiados

- Las señales se propagan en un medio sólido (cobre, fibra, coaxil)

■ Medios no guiados

- Las señales se propagan libremente (radio)

■ Par trenzado (Twisted Pair, TP)

■ Dos cables de cobre aislados

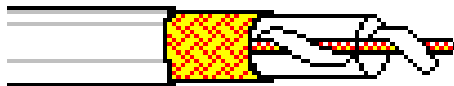
- Categoría 3: cables telefónicos tradicionales, 10 Mbps Ethernet
- Categoría 5: 100Mbps Ethernet



Medios físicos: coaxil y fibra

■ Cable coaxil

- Dos conductores concéntricos de cobre
- Bidireccional
- Baseband
 - Un solo canal por cable
 - Ethernet legacy
- Broadband
 - Múltiples canales por cable
 - HFC



■ Fibra óptica

- Fibra de vidrio que lleva pulsos de luz, cada pulso un bit
- Alta velocidad (5 Gbps)
- Baja tasa de error
 - Repetidores espaciados
 - Inmune al ruido electromagnético



Medios físicos: radio

■ Señal transportada en espectro electromagnético

- No hay cable físico
- Bidireccional
- Efectos de propagación ambientales
 - Reflexión
 - Obstrucción por objetos
 - Interferencias

■ Tipos de enlaces de radio

- Microondas terrestres
 - Canales de hasta 45 Mbps
- LAN (Wifi)
 - 2 Mbps, 11 Mbps
- Área amplia (celular)
 - 3G: cientos de Kbps
- Satélite
 - Hasta 50Mbps por canal (o múltiples canales más pequeños)
 - 270 ms retardo end-to-end
 - Geoestacionarios vs. Altura baja

Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

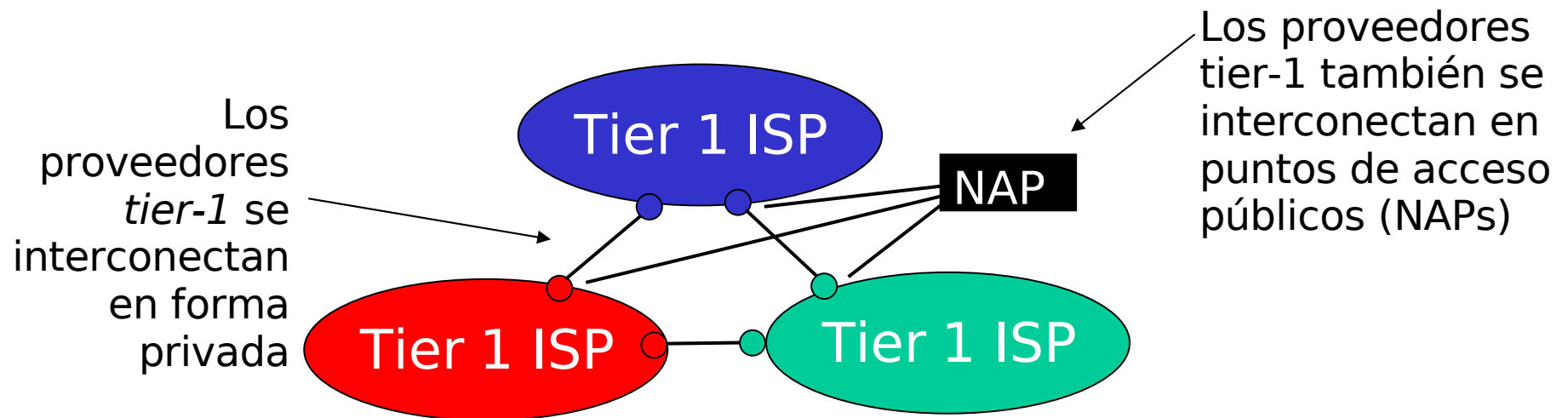
1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

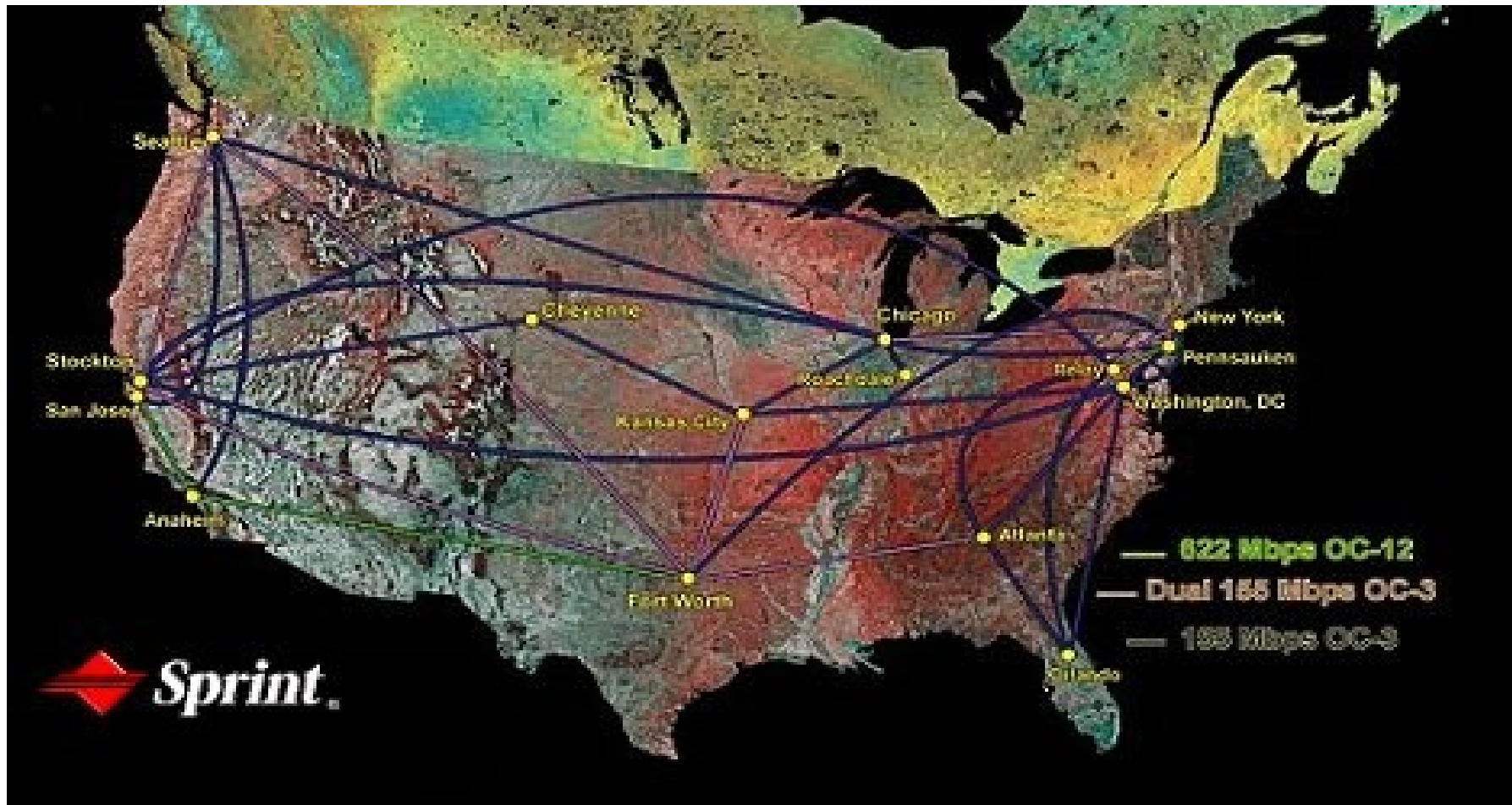
1.8 Historia

Estructura de Internet: red de redes

- Aproximadamente jerárquica
- En el centro: ISPs de capa 1 ("*tier-1*") (p.ej., UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T),
 - Abarcan área nacional/internacional
 - Tratan a los demás como iguales



Tier-1 ISP: *Sprint*

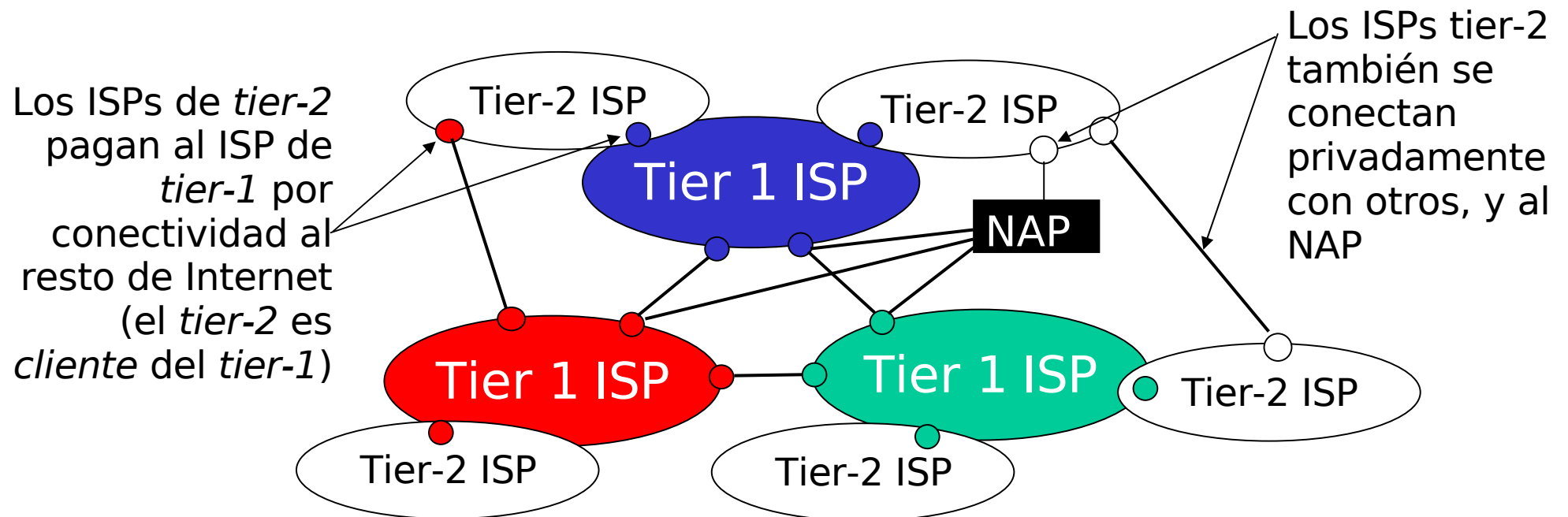


Sprint US backbone network

Estructura de Internet: red de redes

■ ISPs “*tier-2*”: ISPs menores (con frecuencia, regionales)

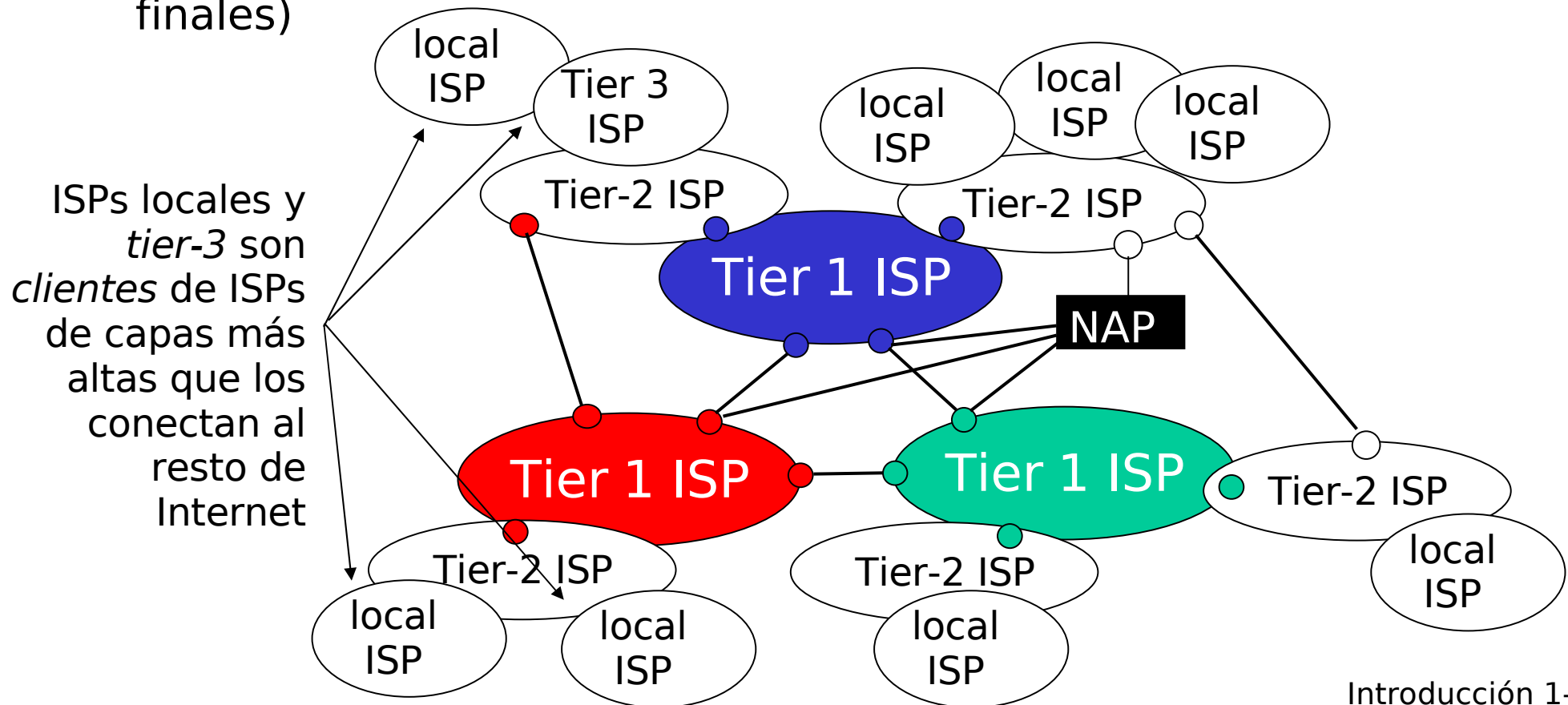
- Se conectan a uno o más ISPs de *tier-1*, y posiblemente a otros de *tier-2*



Estructura de Internet: red de redes

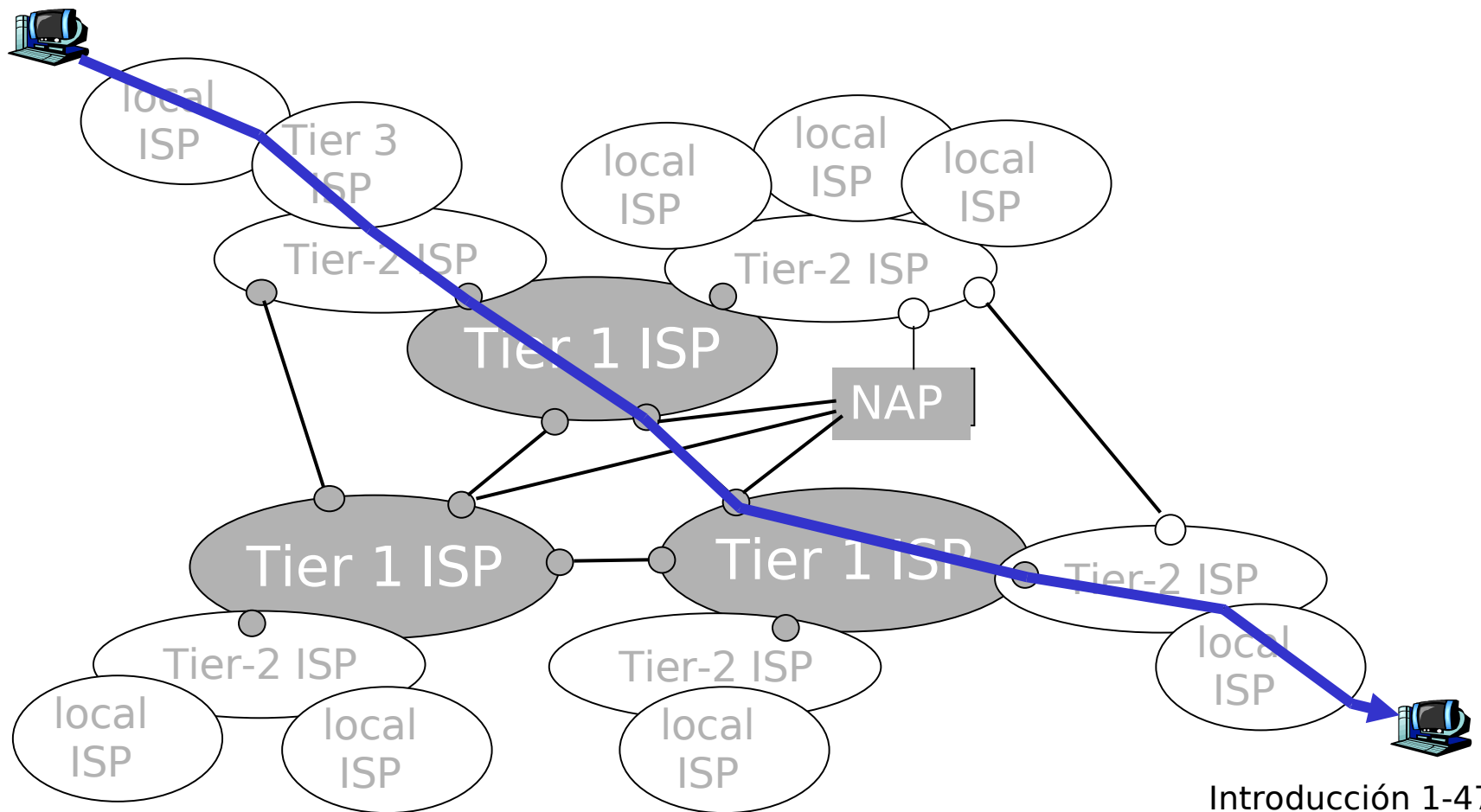
■ ISPs “tier-3” e ISPs locales

- Red de acceso o último salto (la más cercana a los sistemas finales)



Estructura de Internet: red de redes

- Un paquete atraviesa muchas redes



Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

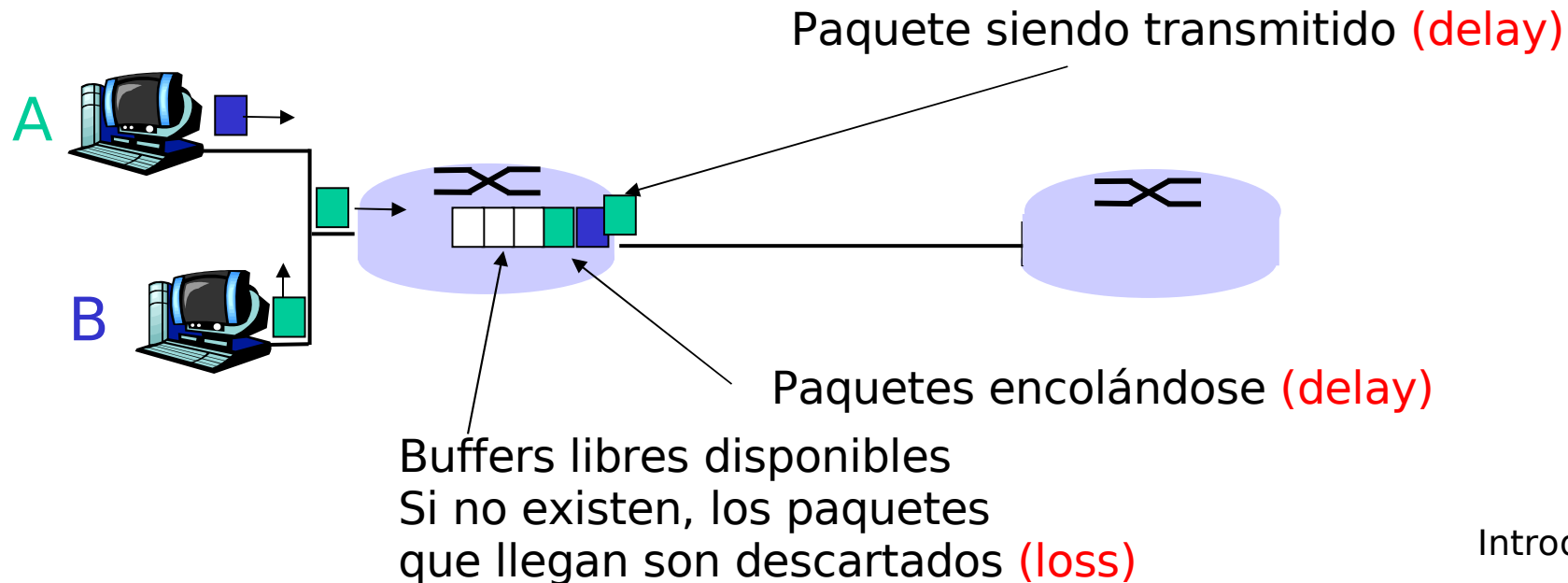
1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.8 Historia

Pérdida (*loss*) y retardo (*delay*)

- Los paquetes se encolan en los buffers de los routers
 - La tasa de arribo de paquetes al enlace excede la capacidad del enlace
 - Los paquetes se encolan y esperan turno



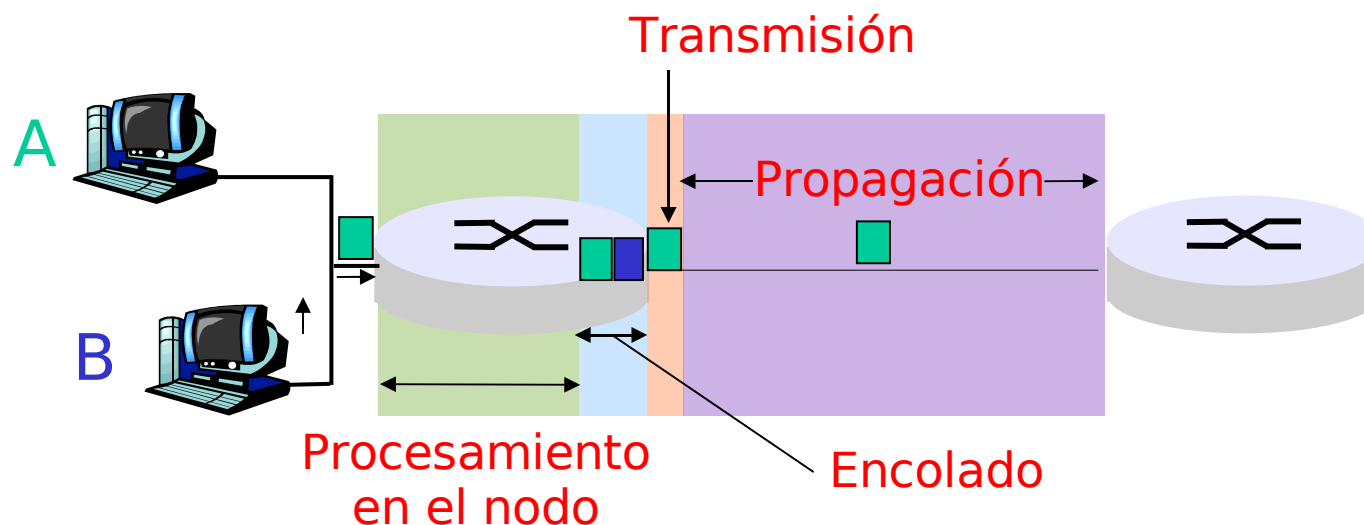
Cuatro orígenes del *delay*

■ 1. Procesamiento en el nodo

- Verificación de errores de bits
- Determinación de enlace de salida

■ 2. Encolamiento

- Tiempo de espera en cola del enlace de salida para ser transmitido
- Depende del nivel de congestión en el router



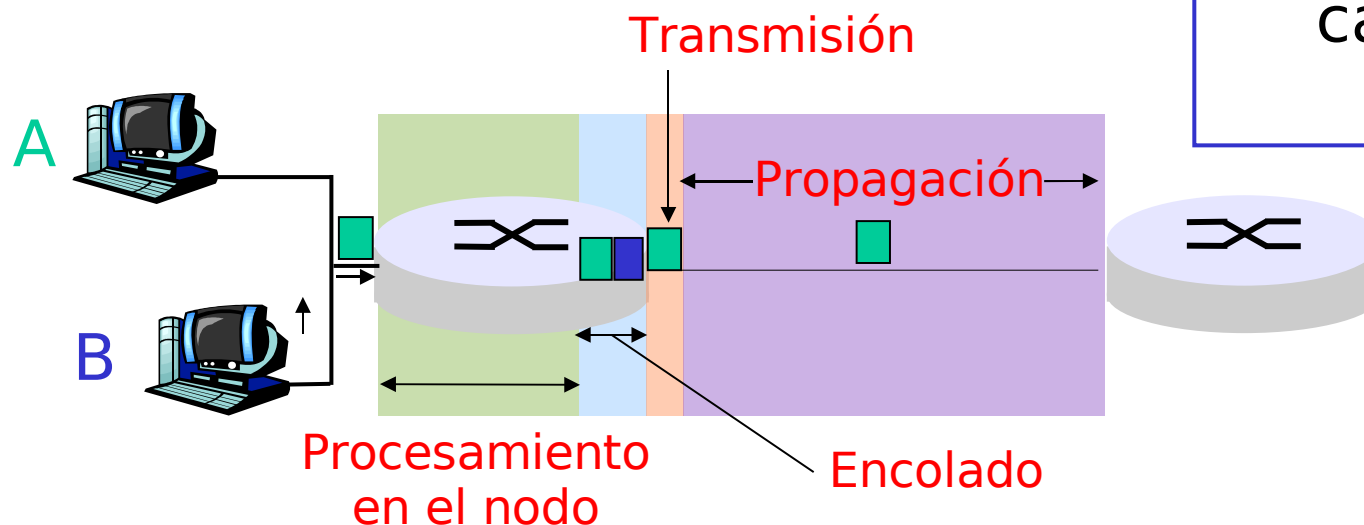
Delay en redes de c. por paquetes

■ 3. Retardo de transmisión

- R = Ancho de banda del enlace (bps)
- L = Tamaño del paquete (bits)
- Tiempo para enviar bits por el enlace = L/R

■ 4. Retardo de propagación

- d = longitud del vínculo físico
- s = velocidad de propagación en el medio ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
- Retardo de propagación = d/s

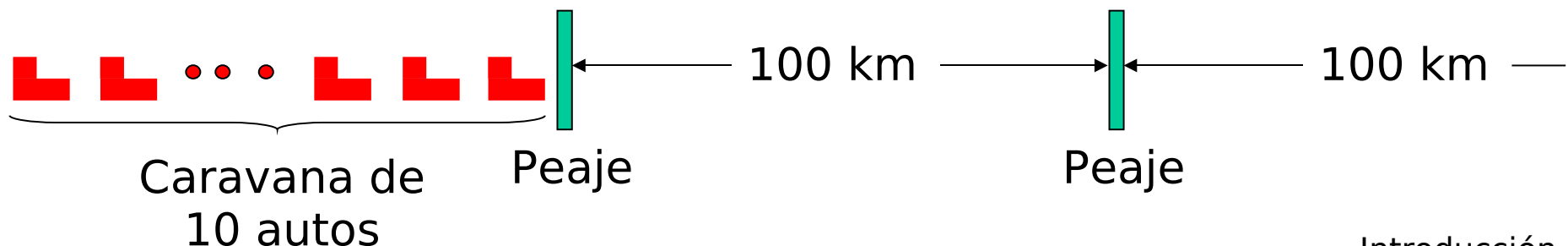


Analogía de la caravana

■ Los autos “se propagan” a 100 km/h

- El puesto de peaje tarda 12 s en dar servicio a un auto (tiempo de transmisión)
- Auto ~ bit; caravana ~ paquete
- Preg: ¿Cuánto tiempo pasa hasta que la caravana llega ante el segundo puesto de peaje?

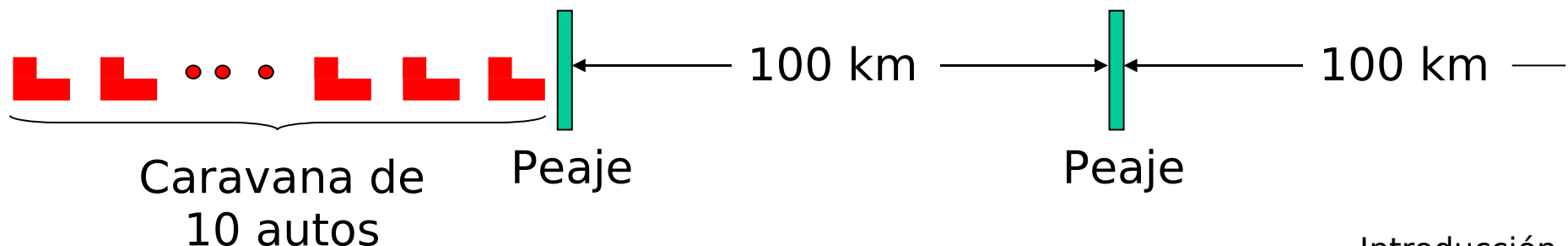
- Tiempo para hacer pasar la caravana entera a través del peaje a la carretera = $12 \times 10 = 120\text{s}$
- Tiempo para que el último auto se propague desde el primer peaje hasta el segundo: $100\text{km} / (100\text{km/h}) = 1\text{h}$
- Resp: 62 minutos



Analogía de la caravana II

- Ahora los autos “se propagan” a 1000 km/h
 - Ahora el peaje tarda 1min en dar servicio a un auto
 - Preg: ¿Llegarán autos al segundo peaje antes de que todos sean despachados en el primero?

- **Sí.** Luego de 7min, el primer auto estará en el segundo peaje y 3 autos todavía en el primero
- El primer bit del paquete puede llegar al segundo router antes de que el paquete sea completamente transmitido en el primer router
- (Ver applet de Ethernet en AWL Web site)



Retardo nodal

- d_{proc} = retardo de procesamiento
 - Típicamente unos microsegundos o menos
- d_{queue} = retardo de encolamiento
 - Depende de la congestión
- d_{trans} = retardo de transmisión
 - $= L/R$, significativo para enlaces de baja velocidad
- d_{prop} = retardo de propagación
 - Desde algunos microsegundos a cientos de milisegundos

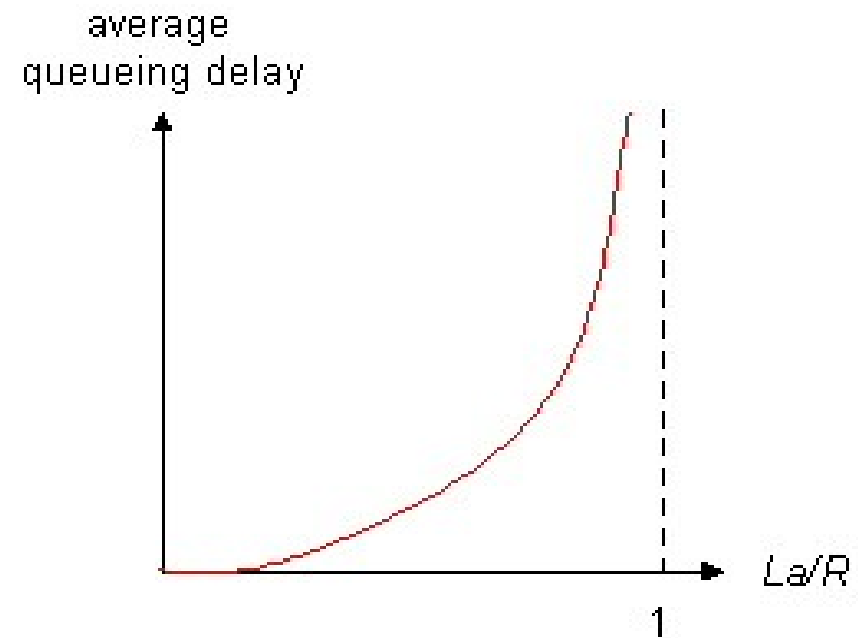
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Retardo de encolamiento

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

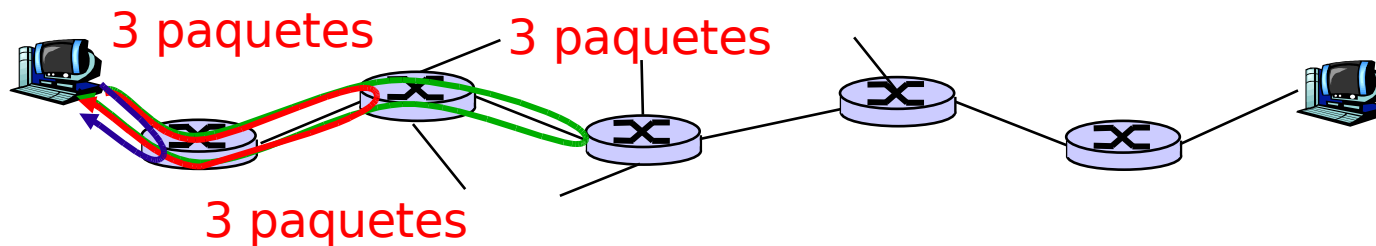
- **Intensidad del tráfico = $\frac{La}{R}$**

- $\frac{La}{R} \sim 0$: retardo promedio de encolamiento pequeño
- $\frac{La}{R} \rightarrow 1$: retardos se hacen mayores
- $\frac{La}{R} > 1$: llega más trabajo del que podemos realizar; el retardo promedio es infinito



Retardos y rutas en Internet

- Cómo son en realidad los retardos y pérdidas en Internet?
- Programa **traceroute**
 - Provee mediciones de retardo desde un origen a un router sobre un camino en Internet
 - Para cada i:
 - Enviar tres paquetes que alcanzarán el router i sobre el camino
 - El router i devuelve los paquetes al emisor
 - El emisor computa el tiempo entre transmisión y respuesta



Retardos y rutas en Internet

traceroute desde **gaia.cs.umass.edu** a **www.eurecom.fr**

Tres mediciones de retardo desde **gaia.cs.umass.edu** hasta **cs-gw.cs.umass.edu**

Un “*” significa que no hay respuesta (paquete perdido, router no contesta)

Enlace trans-oceánico

```
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  jnl-atl-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129)  16 ms  11 ms  13 ms
5  jnl-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
```

Pérdida de paquetes

- La cola (o buffer) que precede al enlace tiene capacidad finita
- Cuando un paquete llega a una cola llena, es descartado (perdido)
- El paquete perdido puede ser retransmitido por el nodo anterior, por el sistema final origen, o no ser retransmitido de ninguna forma

Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

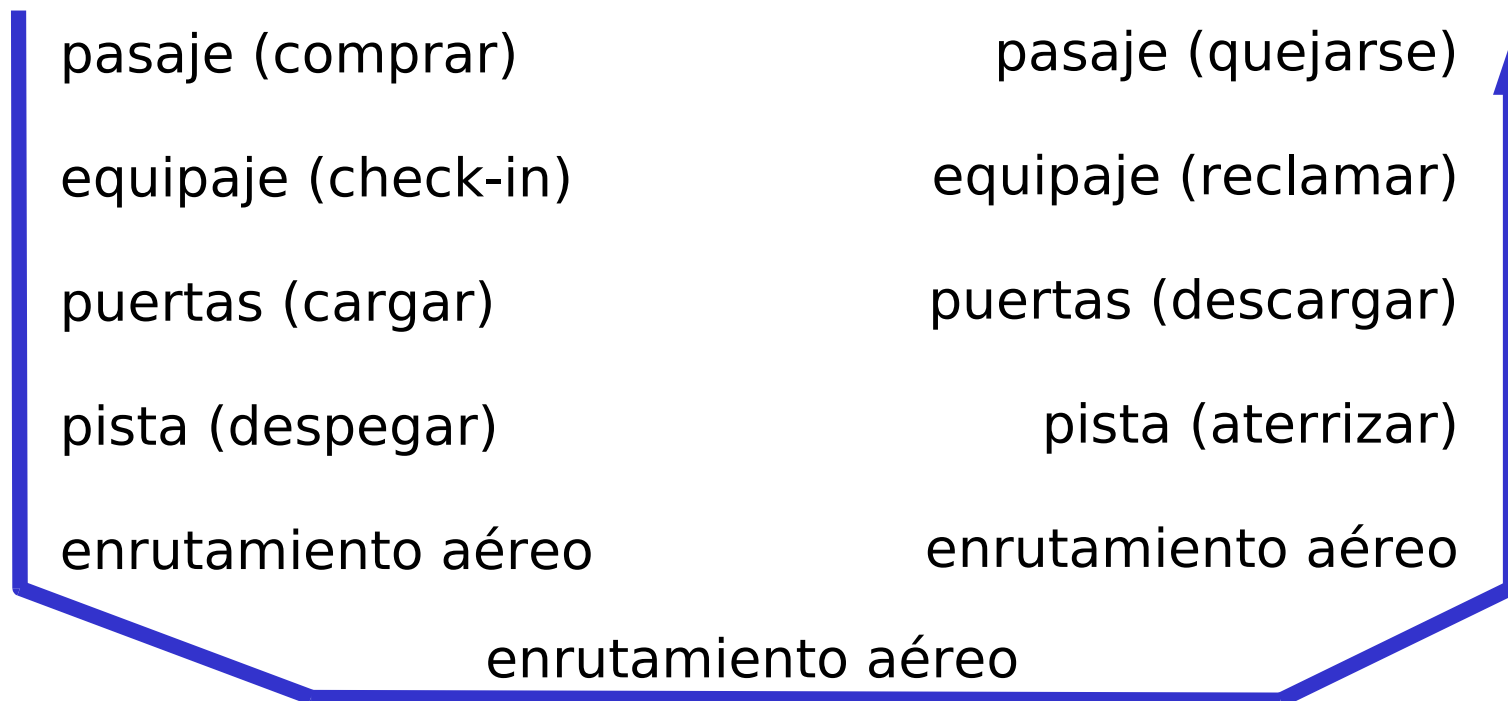
1.8 Historia

“Capas” de protocolos

- Las redes son complejas
- Muchos “pedazos”
 - Hosts
 - Routers
 - Enlaces de medios varios
 - Aplicaciones
 - Protocolos
 - Hardware, software
- ¿Habrá alguna manera de organizar la estructura de las redes?
- ¿O al menos nuestra discusión de las redes?

Organización del transporte aéreo

■ Una serie de pasos



Capas de funcionalidad aérea

■ Capas

- Cada capa implementa un servicio
- Mediante sus propias acciones internas de la capa
- Descansando en servicios provistos por la capa inferior



pasaje (comprar)			pasaje (quejarse)	pasaje
equipaje (check-in)			equipaje (reclamar)	equipaje
puertas (cargar)			puertas (descargar)	puertas
pista (despegar)			pista (aterrizar)	pista
enrutamiento aéreo	enrutamiento aéreo	enrutamiento aéreo	enrutamiento aéreo	enrutamiento aéreo

Aeropuerto
de partida

Centros de control de
tráfico aéreo intermedios

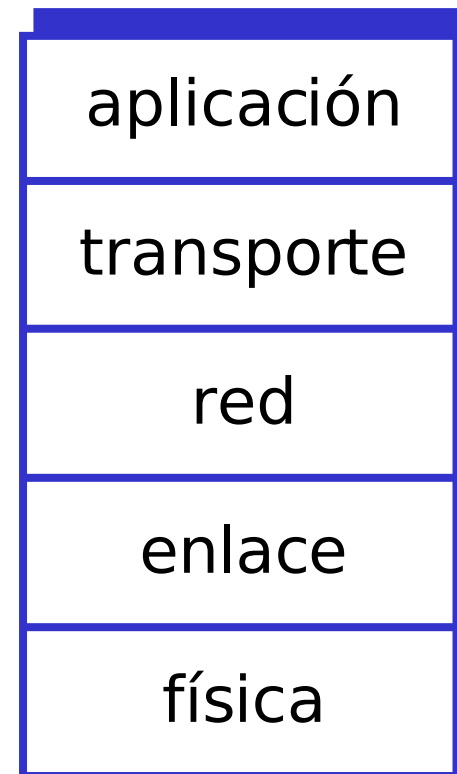
Aeropuerto
destino

¿Por qué capas?

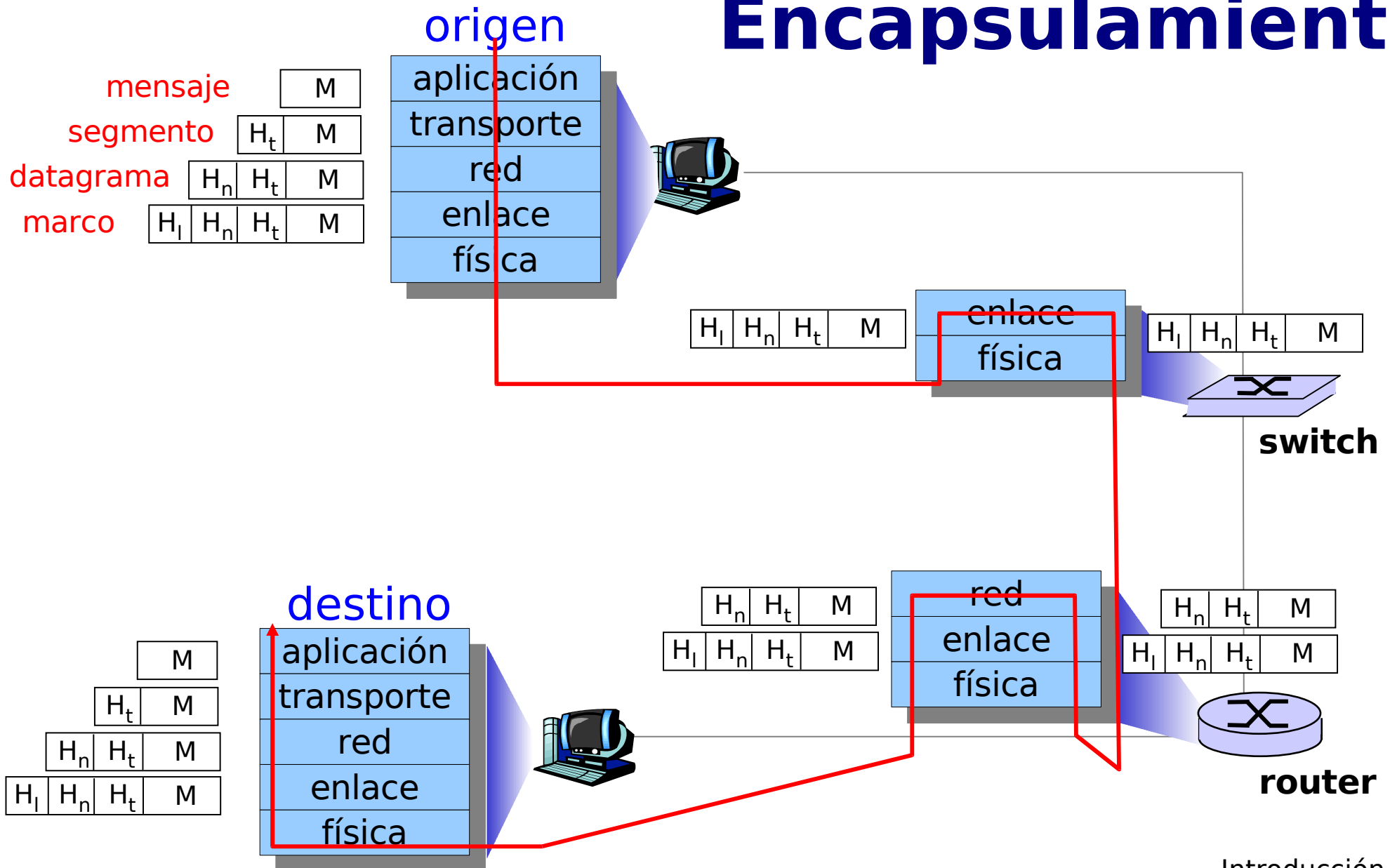
- Tratamos con sistemas complejos
- La estructura explícita permite identificar y relacionar las piezas de un sistema complejo
 - Modelo de referencia en capas para discusión
- La modularización facilita el mantenimiento y actualización de los sistemas
 - El cambio de la implementación del servicio de una capa es transparente al resto del sistema
 - Por ej. El cambio en el procedimiento de puertas no afecta al resto del sistema
- ¿Estructura en capas considerada perjudicial?

Pila de protocolos de Internet

- **Aplicación:** soporta las aplicaciones de redes
 - FTP, SMTP, HTTP
- **Transporte:** transferencia de datos host-host
 - TCP, UDP
- **Red:** ruteo de datagramas desde el origen hasta el destino
 - IP, protocolos de ruteo
- **Enlace:** transferencia de datos entre elementos vecinos de la red
 - PPP, Ethernet
- **Física:** bits en el medio



Encapsulamiento



Unidad 1 – Itinerario

1.1 Qué es Internet

1.2 Borde de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Redes de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet, ISPs

1.6 Retardo y pérdida en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.8 Historia

Historia de Internet

■ 1961-1972: Principios de la conmutación por paquetes

- 1961: Kleinrock – la teoría de colas muestra la efectividad de la conmutación por paquetes
- 1964: Baran – Conmutación por paquetes en redes militares
- 1967: ARPAnet es concebida por ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- 1969: Primer nodo ARPAnet operativo

• 1972:

- Demostración pública de ARPAnet
- Primer protocolo host-host, NCP (Network Control Protocol)
- Primer programa de e-mail
- ARPAnet tiene 15 nodos

Internet History

■ 1972-1980: Internetworking, redes nuevas y propietarias

- 1970: Red satelital ALOHAnet en Hawaii
- 1973: Metcalfe propone Ethernet en su tesis de PhD
- 1974: Cerf & Kahn – Arquitectura para interconexión de redes
- Fines de los 70: arquitecturas propietarias (DECnet, SNA, XNA), conmutación de paquetes de tamaño fijo (precursor de ATM)
- 1979: ARPAnet 200 nodos

■ Principios de interconexión de redes de Cerf & Kahn

- Minimalismo, autonomía - no se requieren cambios internos para interconectar redes
- Modelo de servicio *best effort*
- Routers sin estado
- Control descentralizado

■ Son los que definen la arquitectura actual de Internet

Historia de Internet

■ 1990, 2000: red comercial, la Web, nuevas aplicaciones

- Principios de los 90: ARPAnet dada de baja
- 1991: NSF levanta restricciones sobre uso comercial de NSFnet (de baja en 1995)

■ Principios de los 90: La Web

- Hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
- HTML, HTTP: Berners-Lee
- 1994: Mosaic, Netscape
- Fines de los 90: comercialización de la Web

■ Fines de los 90 – 2000:

- Más aplicaciones emblemáticas: mensajería instantánea, P2P, compartir archivos
- Se destaca la seguridad en redes
- Estimados 50 millones de hosts, más de 100 millones de usuarios
- Enlaces de backbones corren en el orden de los Gbps

Resumen de la Introducción

■ Se ha presentado mucho material

- Panorama de Internet
- ¿Qué es un protocolo?
- Borde, núcleo, redes de acceso
- Packet-switching vs. circuit-switching
- Estructura de Internet e ISPs
- Performance: pérdidas y retardos
- Capas y modelos de servicio
- Historia

■ Ahora tenemos

- Contexto, visión de conjunto, percepción del *networking*
- A continuación, más profundidad y detalle