

# Chapter 1

## Introduction

### A note on the use of these ppt slides:

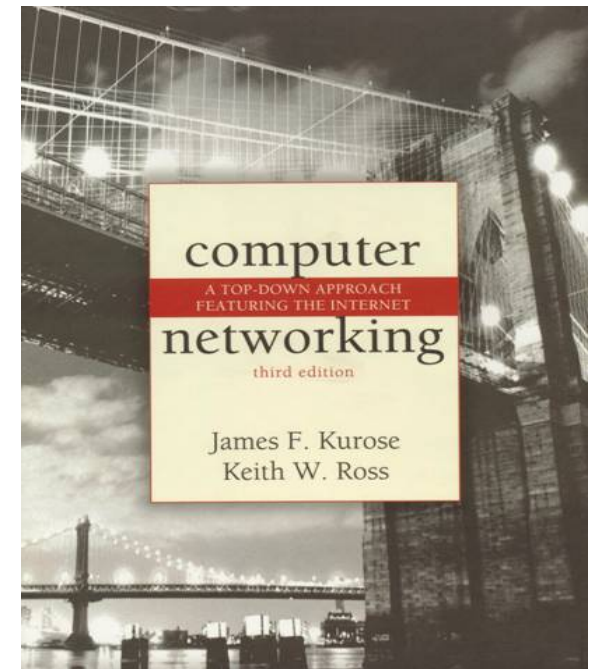
We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

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,  
3<sup>rd</sup> 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*)

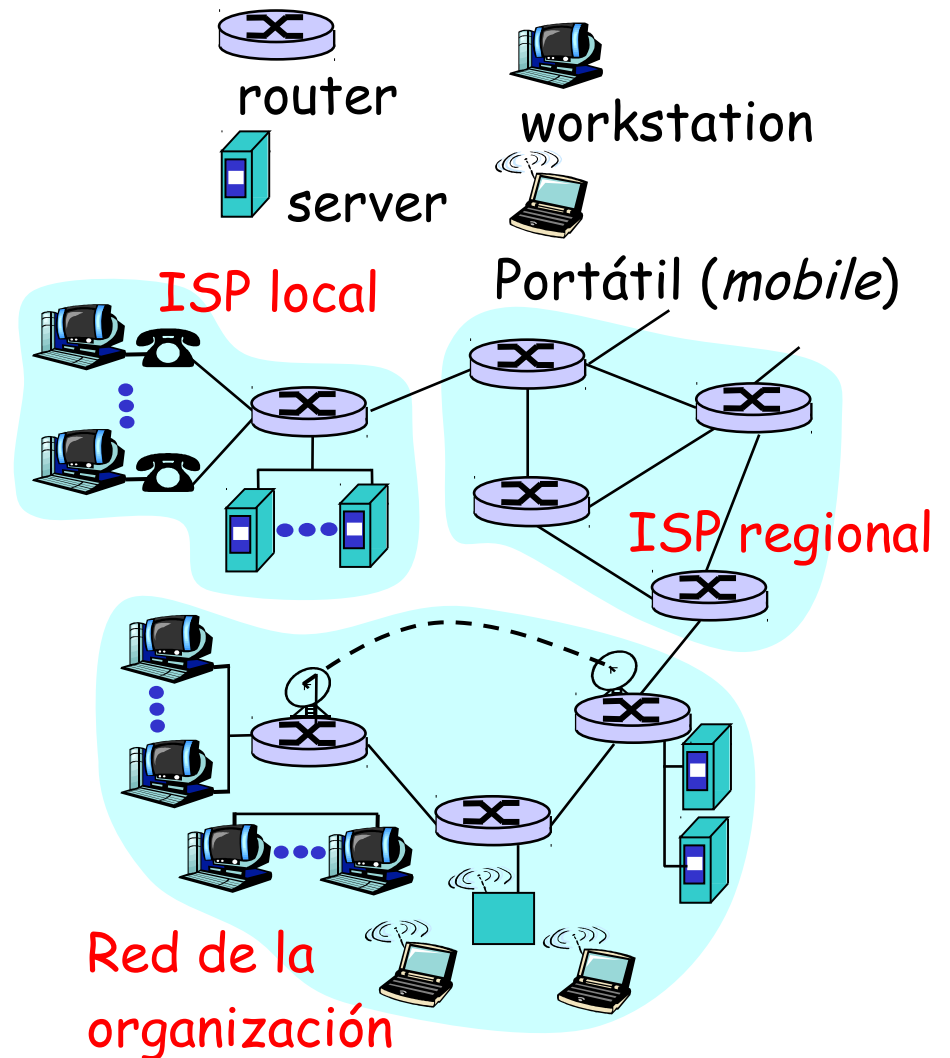
Corren *aplicaciones de red*

Vínculos o enlaces de comunicación (links)

Fibra, cobre, radio, satélite

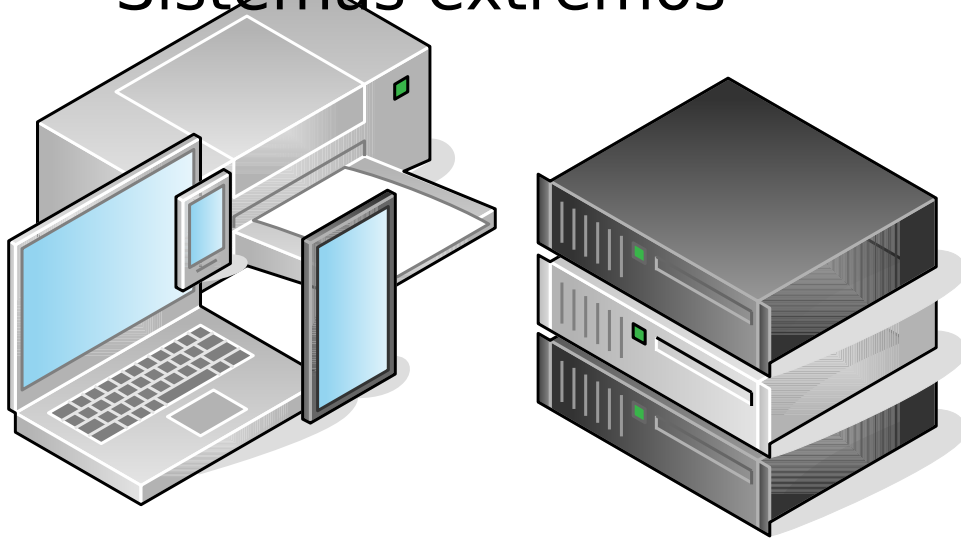
Tasa de transmisión (*ancho de banda o bandwidth*)

*Routers o enrutadores:*  
hacen reexpedición  
(*forwarding*) de *paquetes*  
(trozos de datos)



# Dispositivos conectados

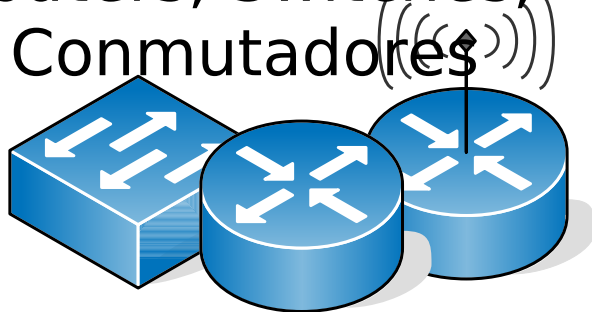
- Hosts, Sistemas finales o Sistemas extremos



- Internet De Las Cosas (**IOT**)



- Routers, Switches, Conmutadores



# 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”

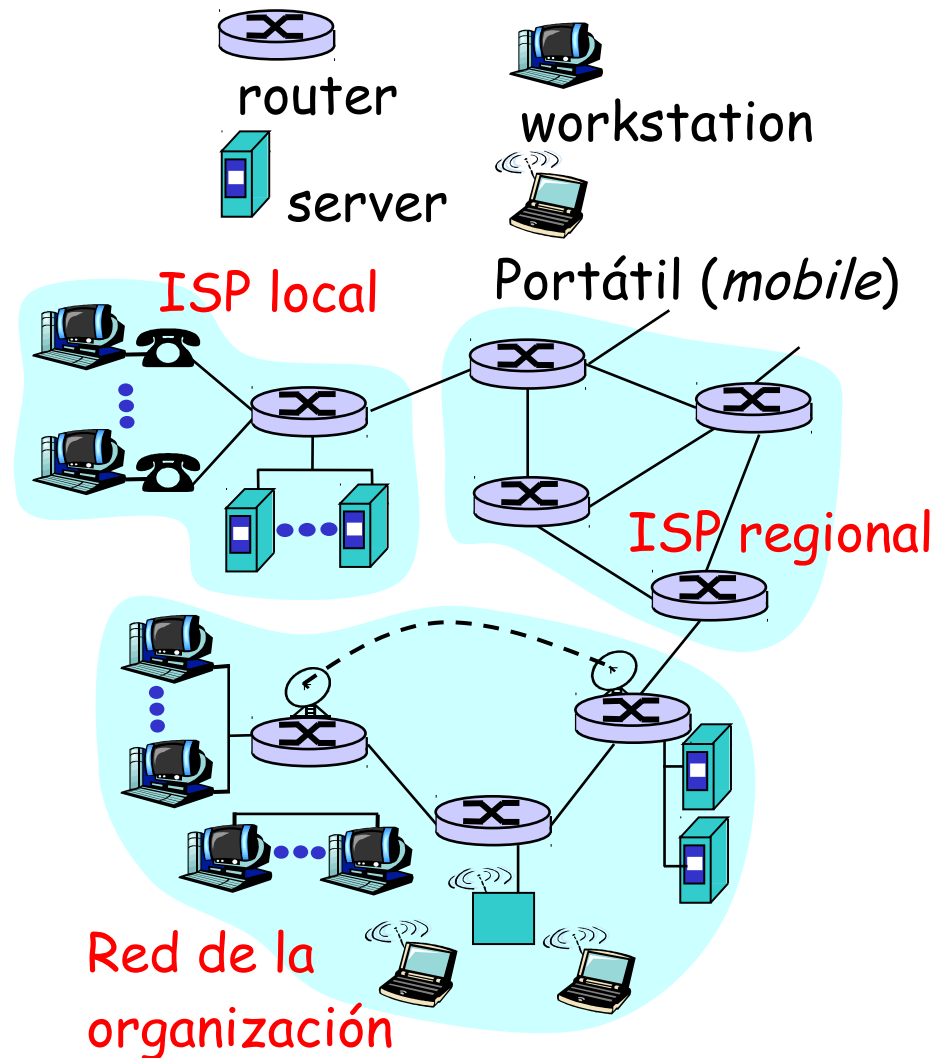
Débilmente jerárquica

Internet pública vs. intranet privada

Estándares de Internet

*RFC*: Request for comments

*IETF*: Internet Engineering Task Force



# Qué es Internet: vista interna

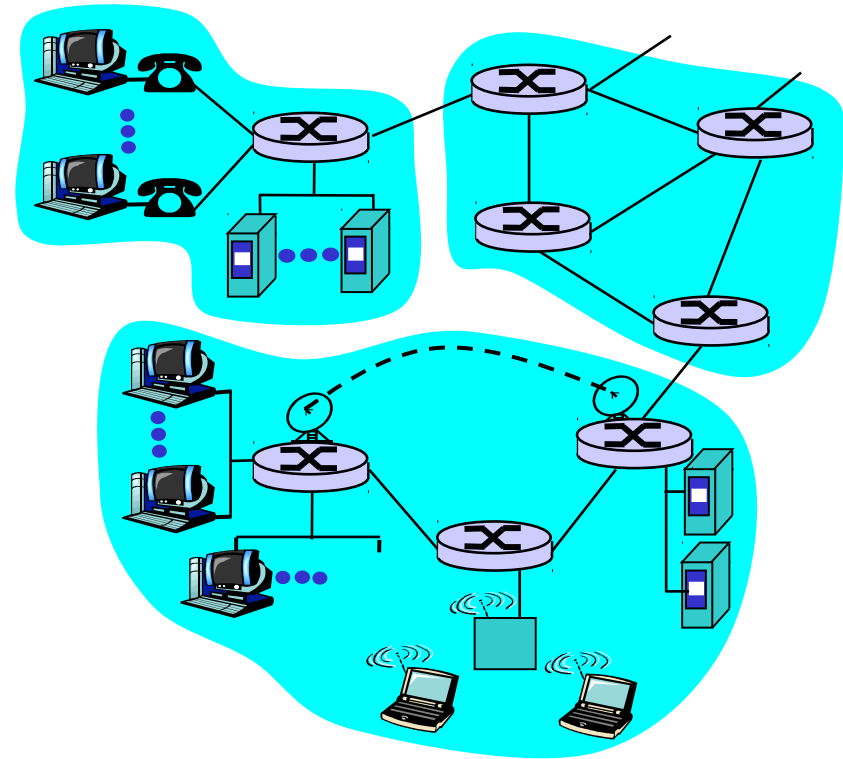
Una infraestructura de comunicación habilita aplicaciones distribuidas

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

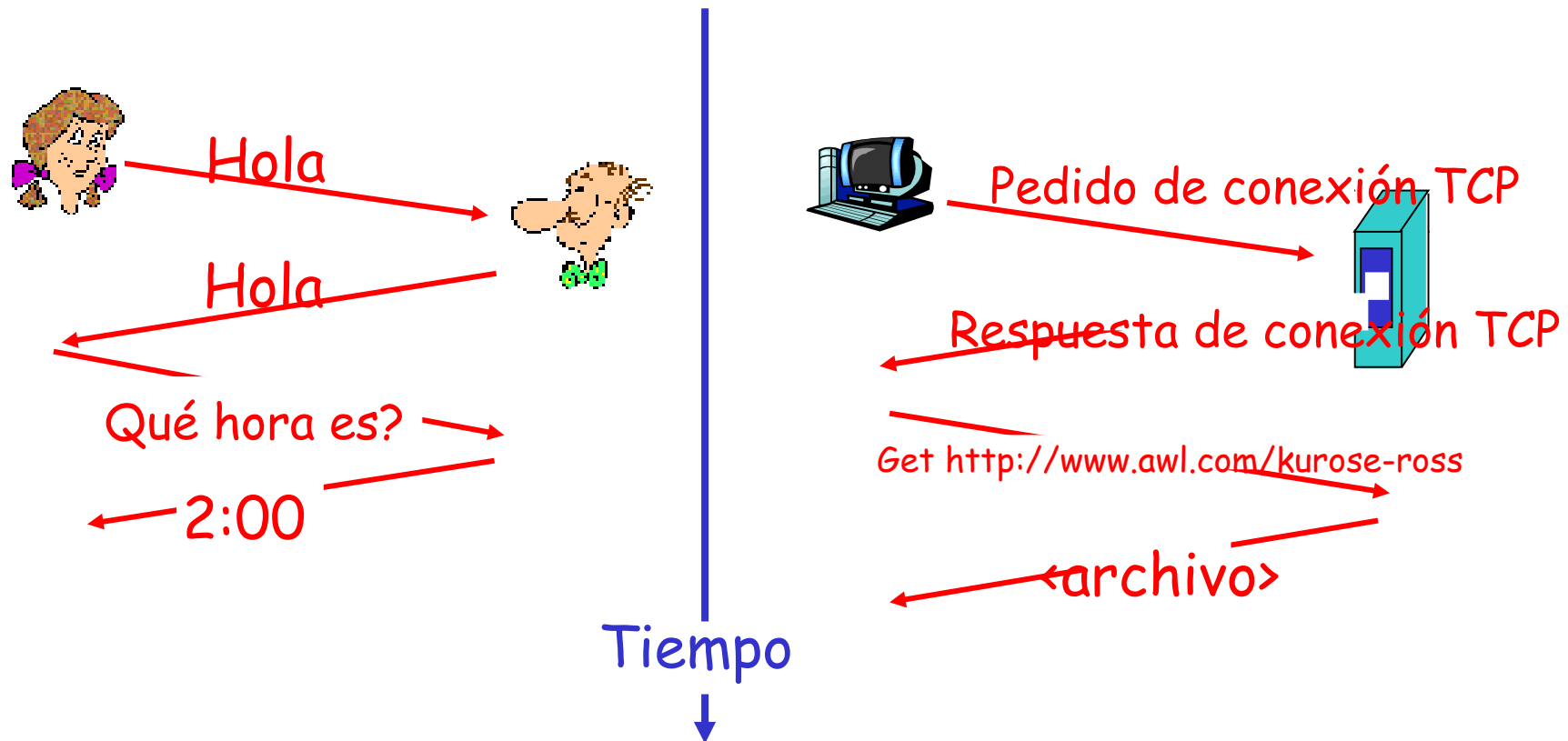
Gobiernan toda la  
comunicación en Internet

*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*

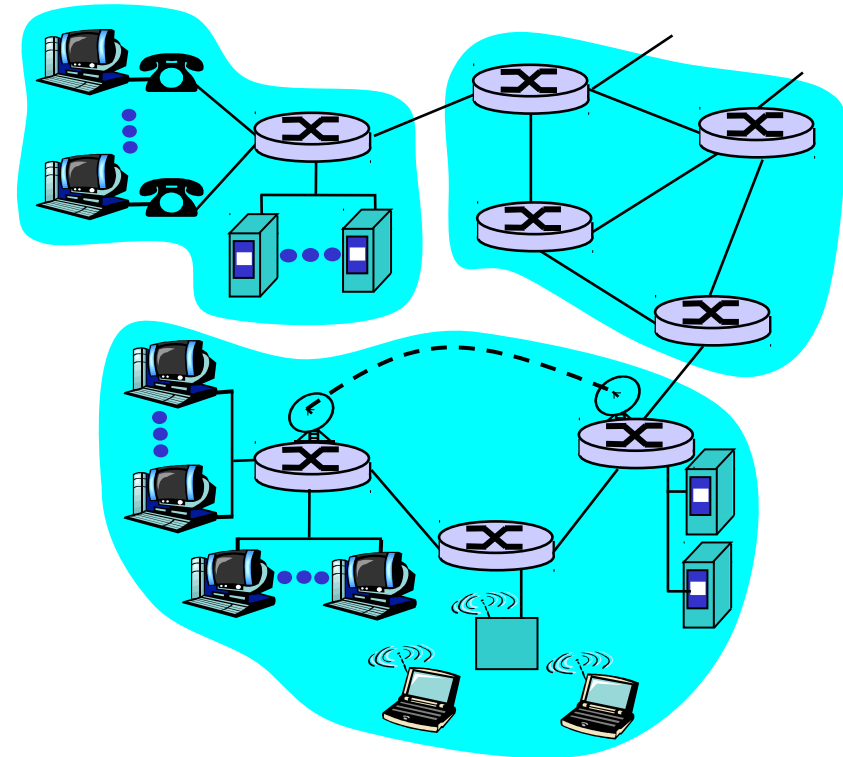
## Núcleo de la red (*core*)

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”

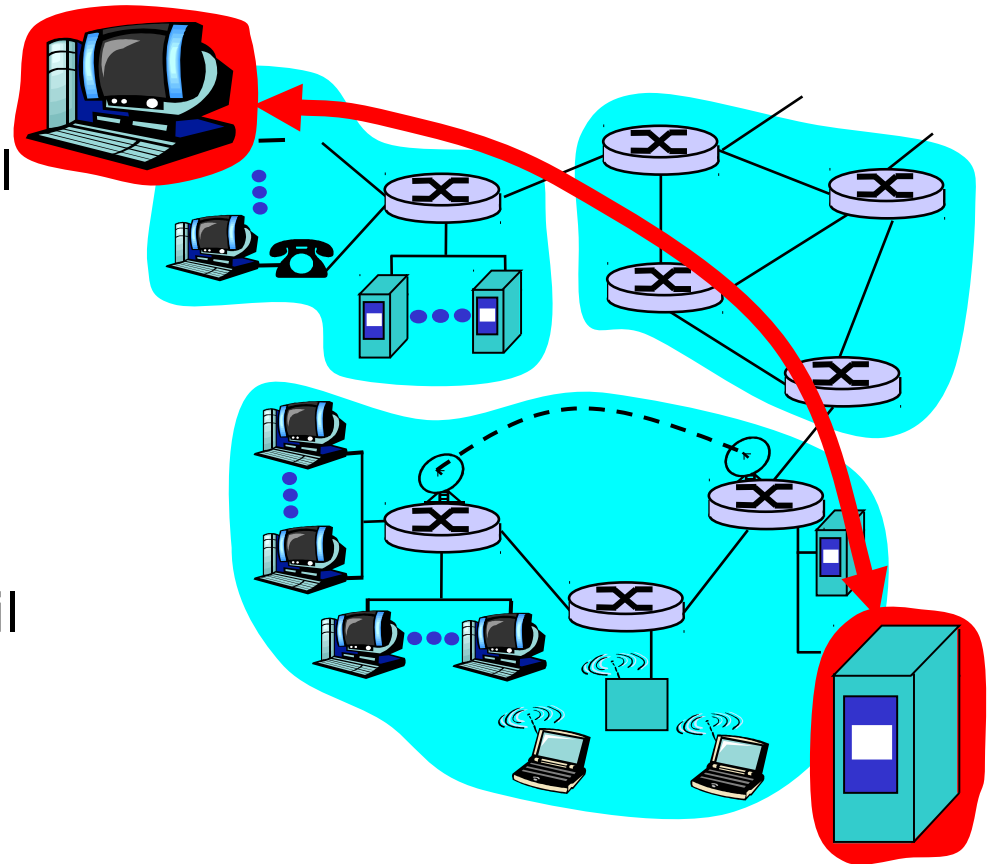
## Modelo cliente/servidor

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

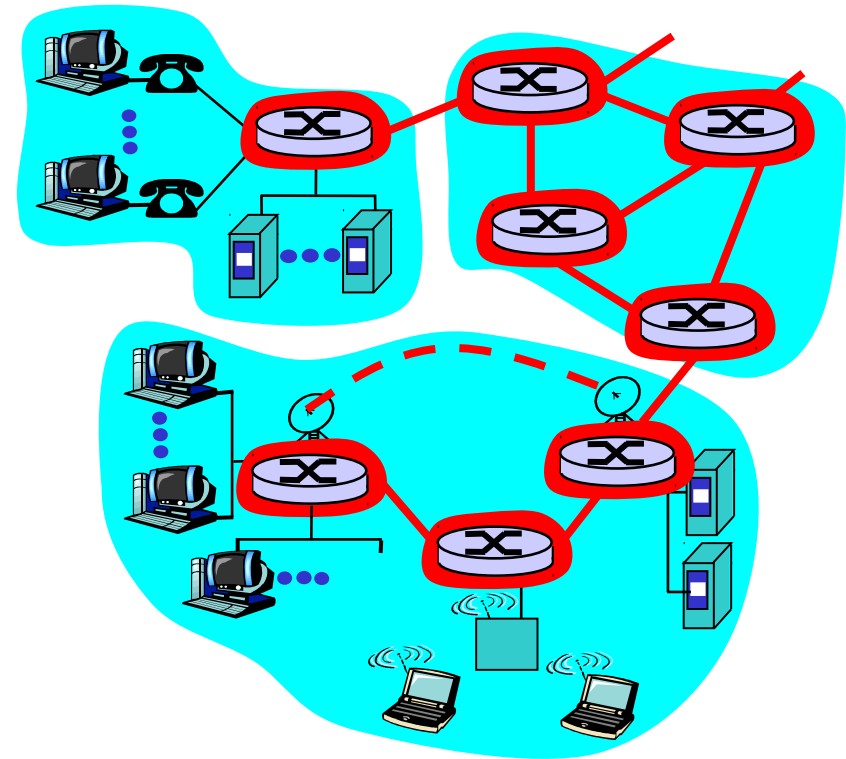
# Núcleo (*core*) de la red

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

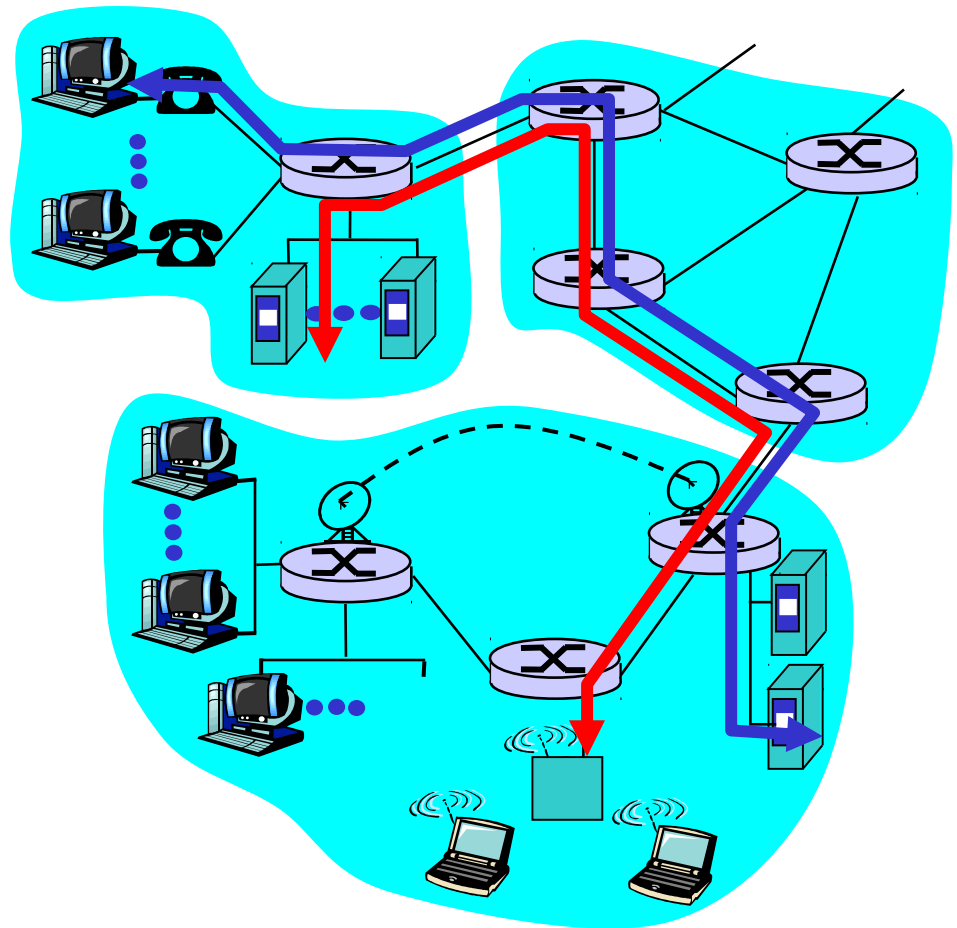
La “llamada” reserva recursos extremo-a-extremo (*end-to-end*)

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:

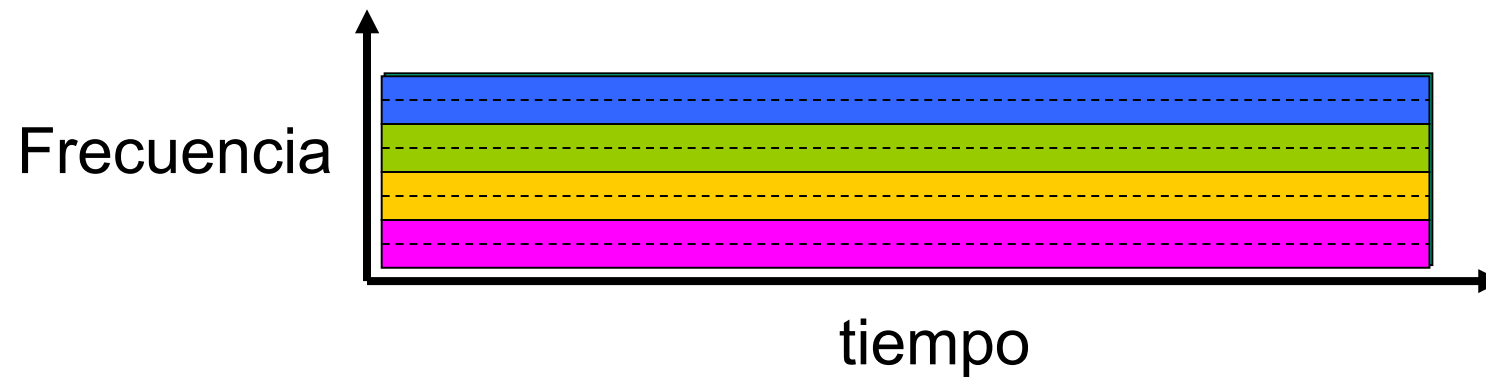
División en frecuencia

División en tiempo

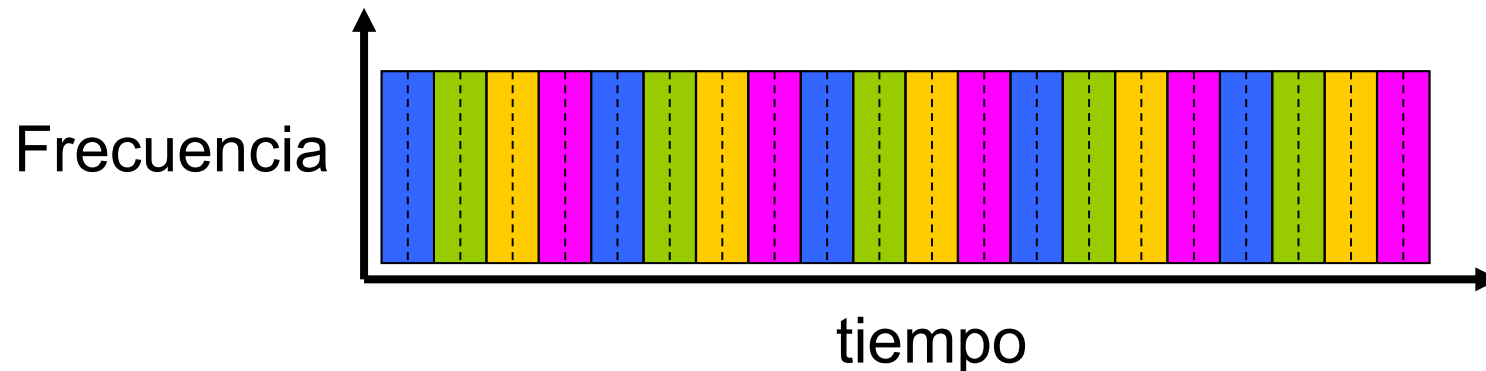
# Conmutación de circuitos: FDM y TDM

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

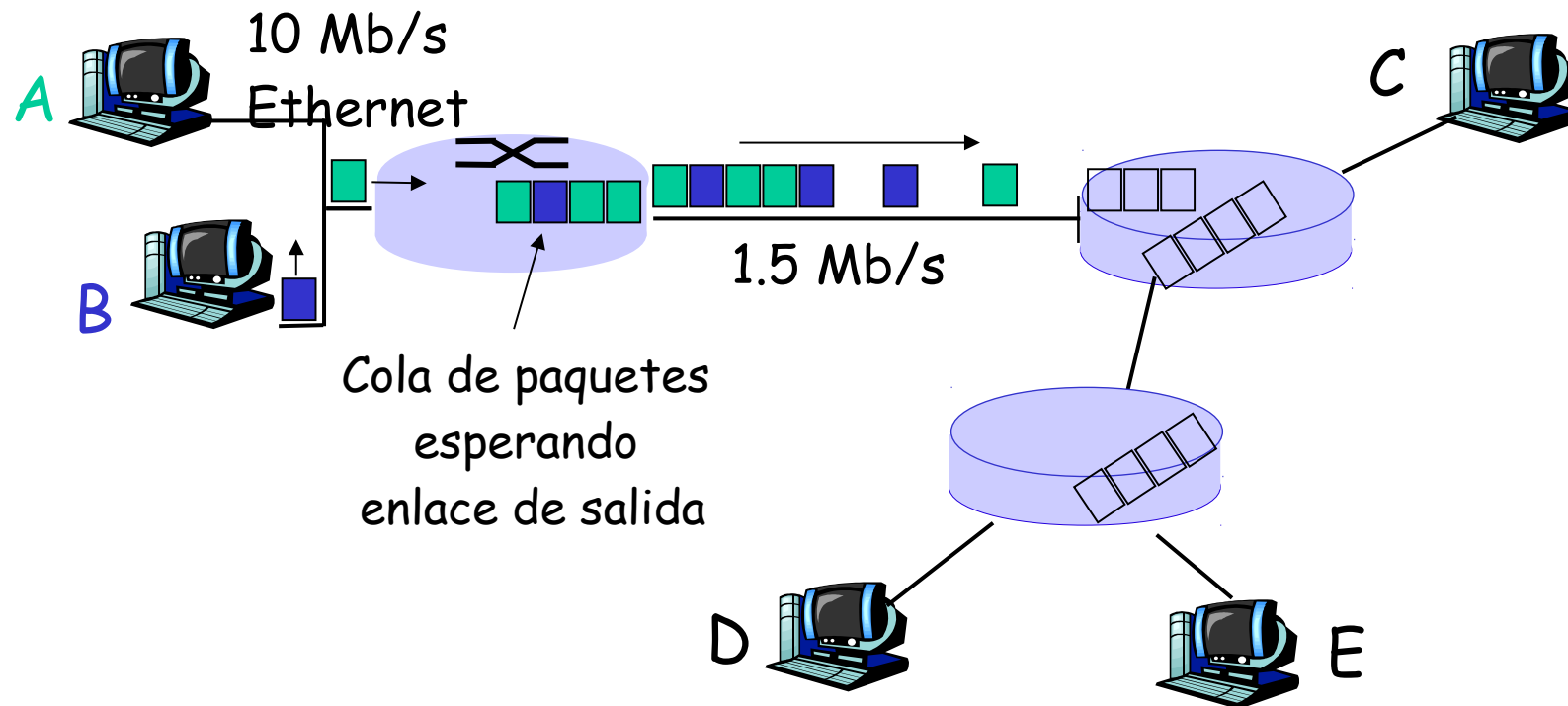
La demanda agregada de  
recursos puede exceder la  
cantidad disponible

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

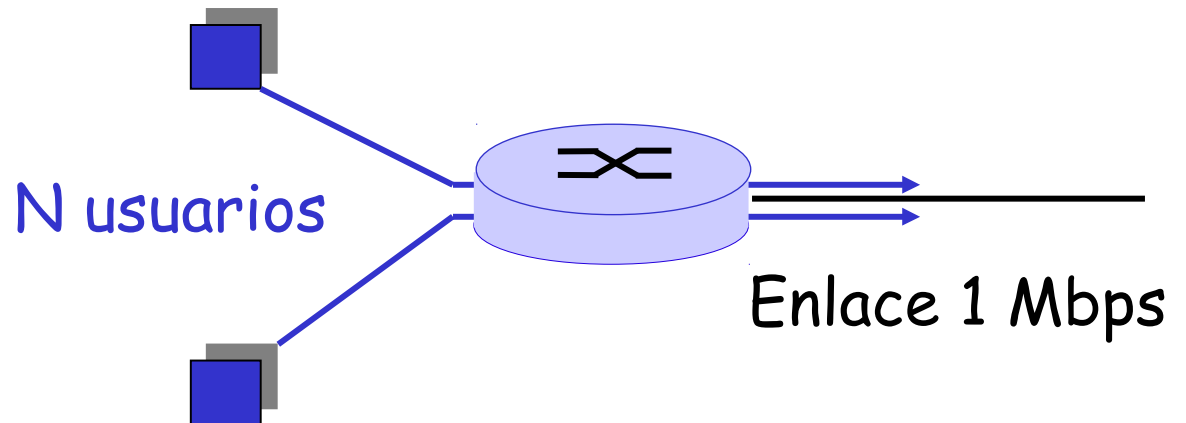
La conmutación por paquetes permite a más usuarios utilizar la red

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

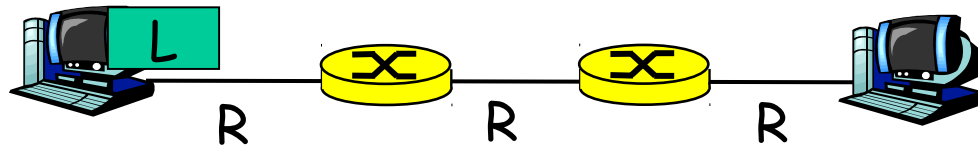
¿Cómo proveer conducta similar a la de los circuitos?

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

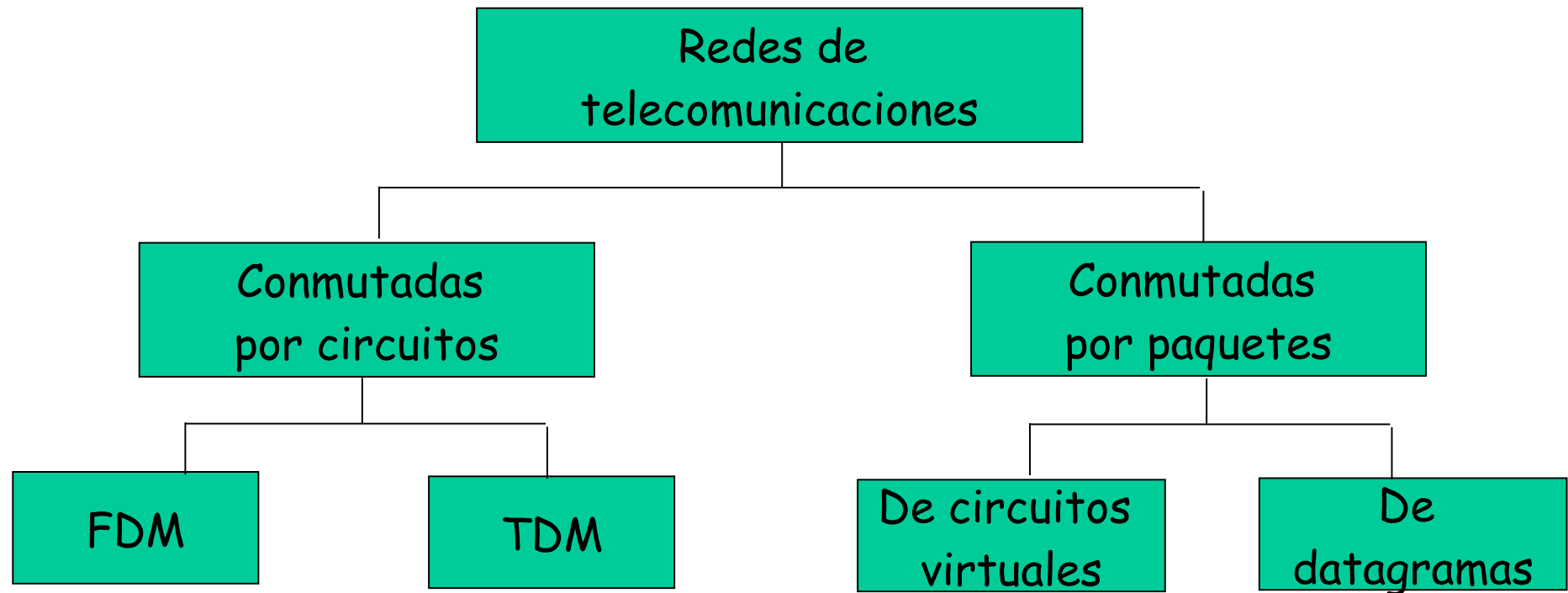
## Red de circuitos virtuales

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

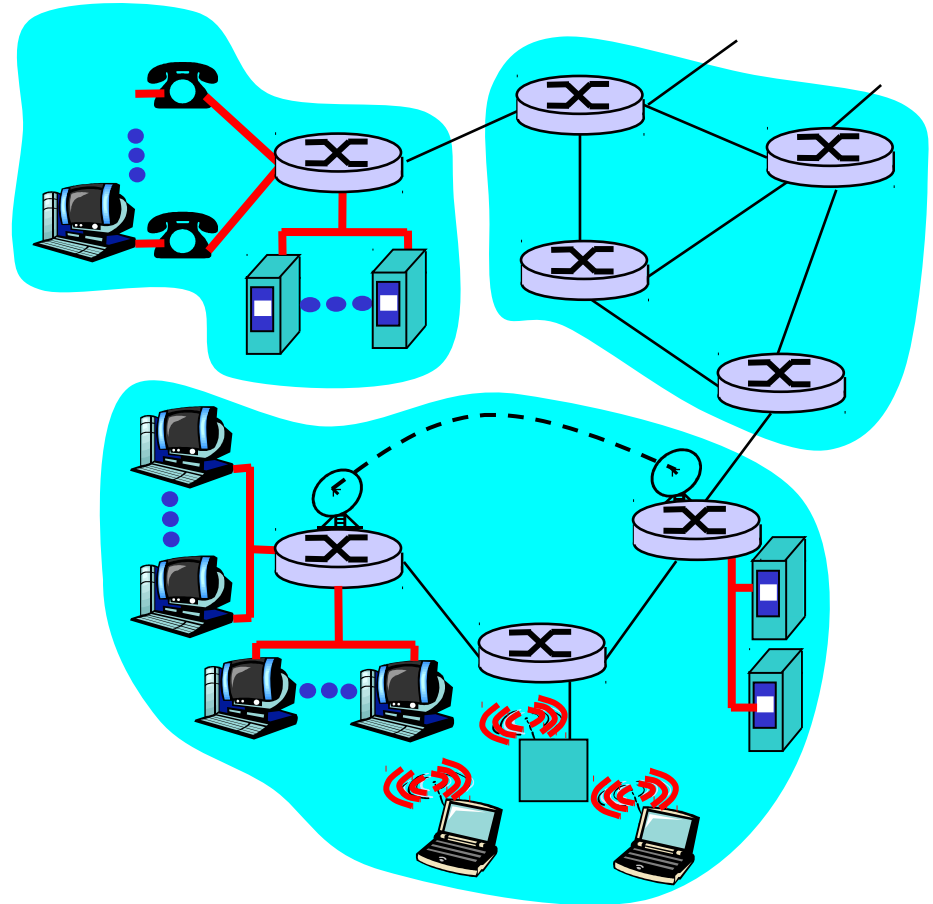
Redes de acceso institucionales (escuela, empresa)

Redes de acceso móvil

*A tener en cuenta*

Ancho de banda de la red de acceso

Compartida o dedicada



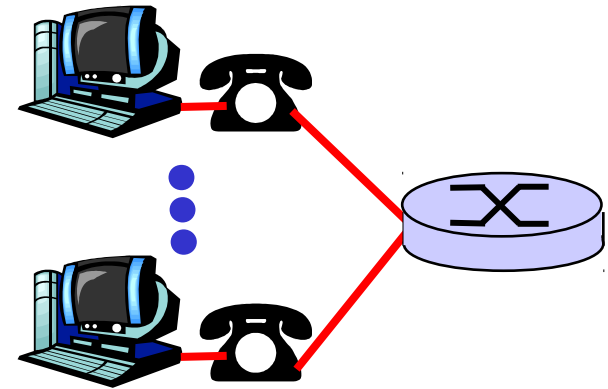
# Acceso domiciliario punto a punto

## 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

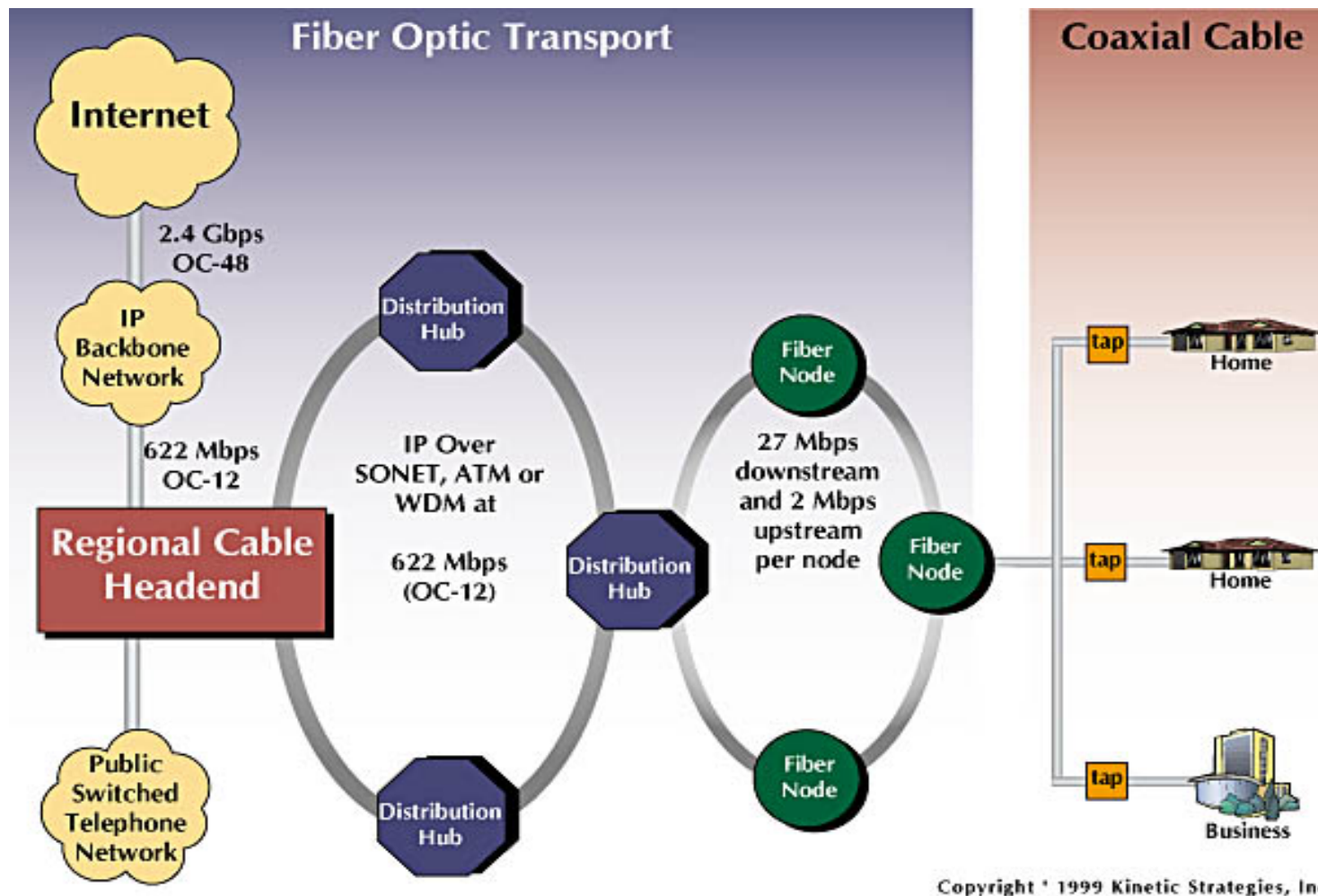
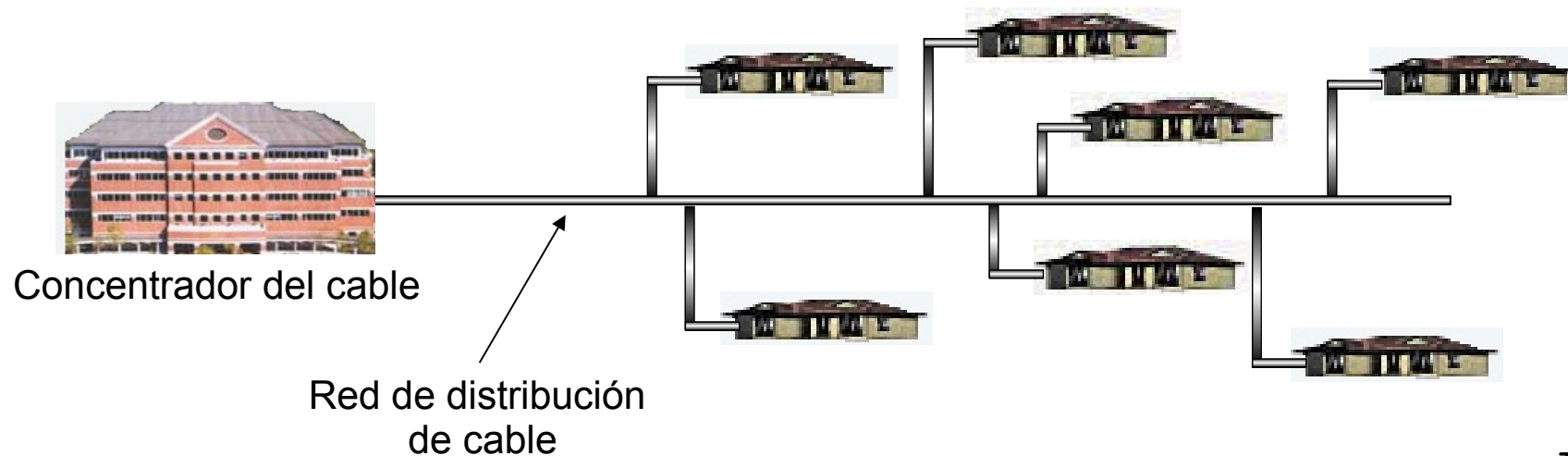


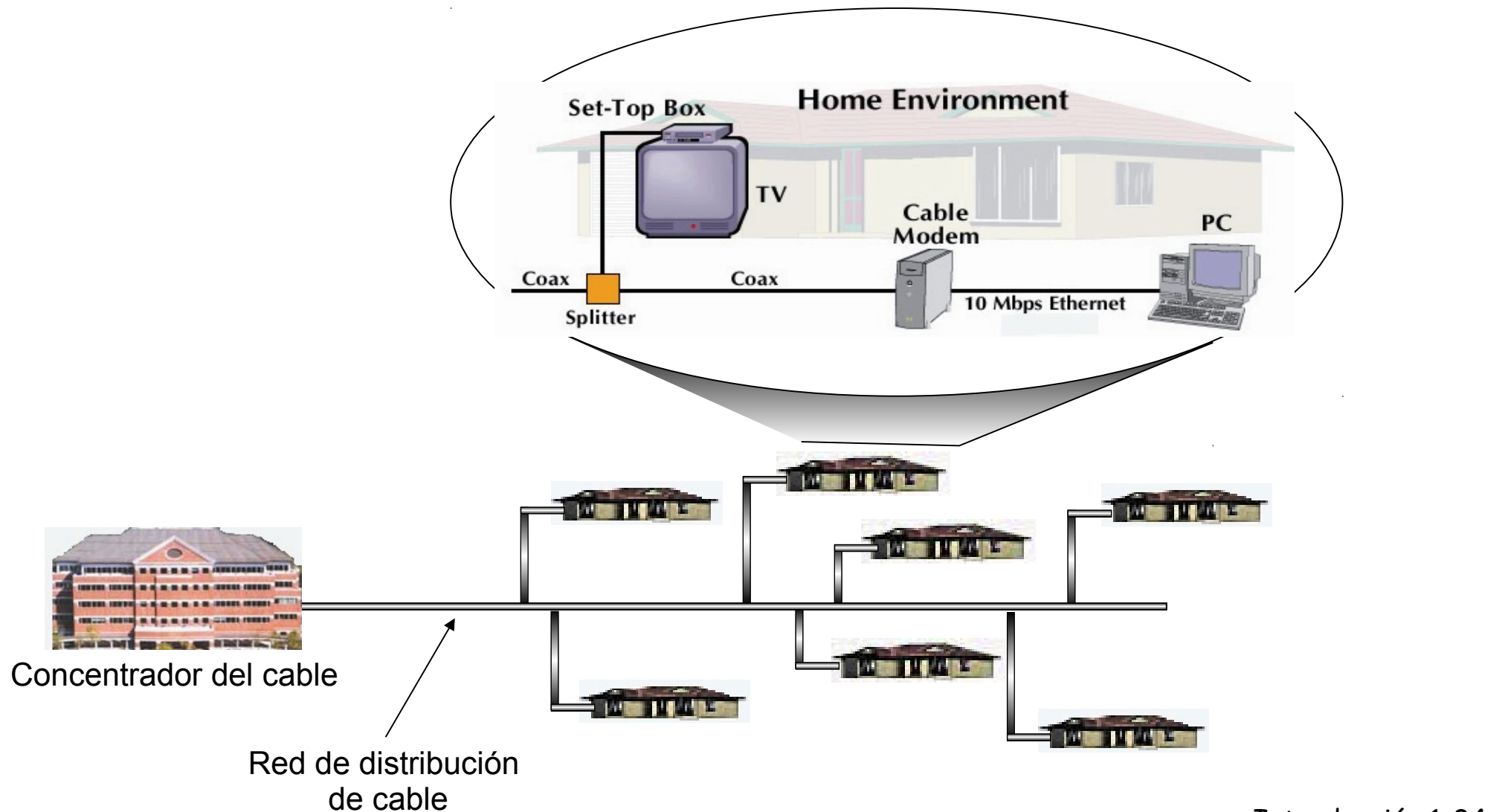
Diagram: <http://www.cabledatacomnews.com/cmhc/diagram.html>



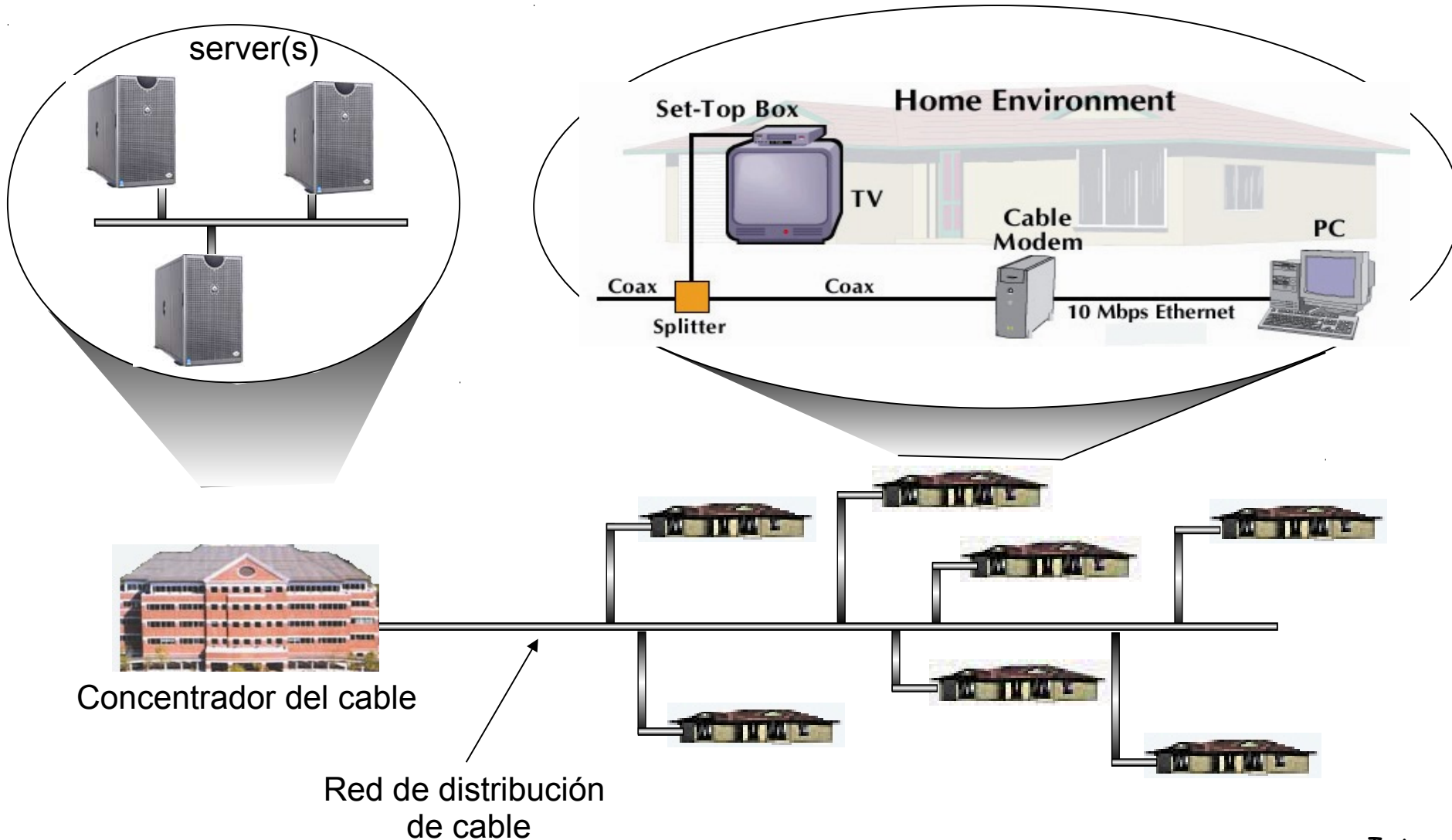
# Arquitectura de la red de cable



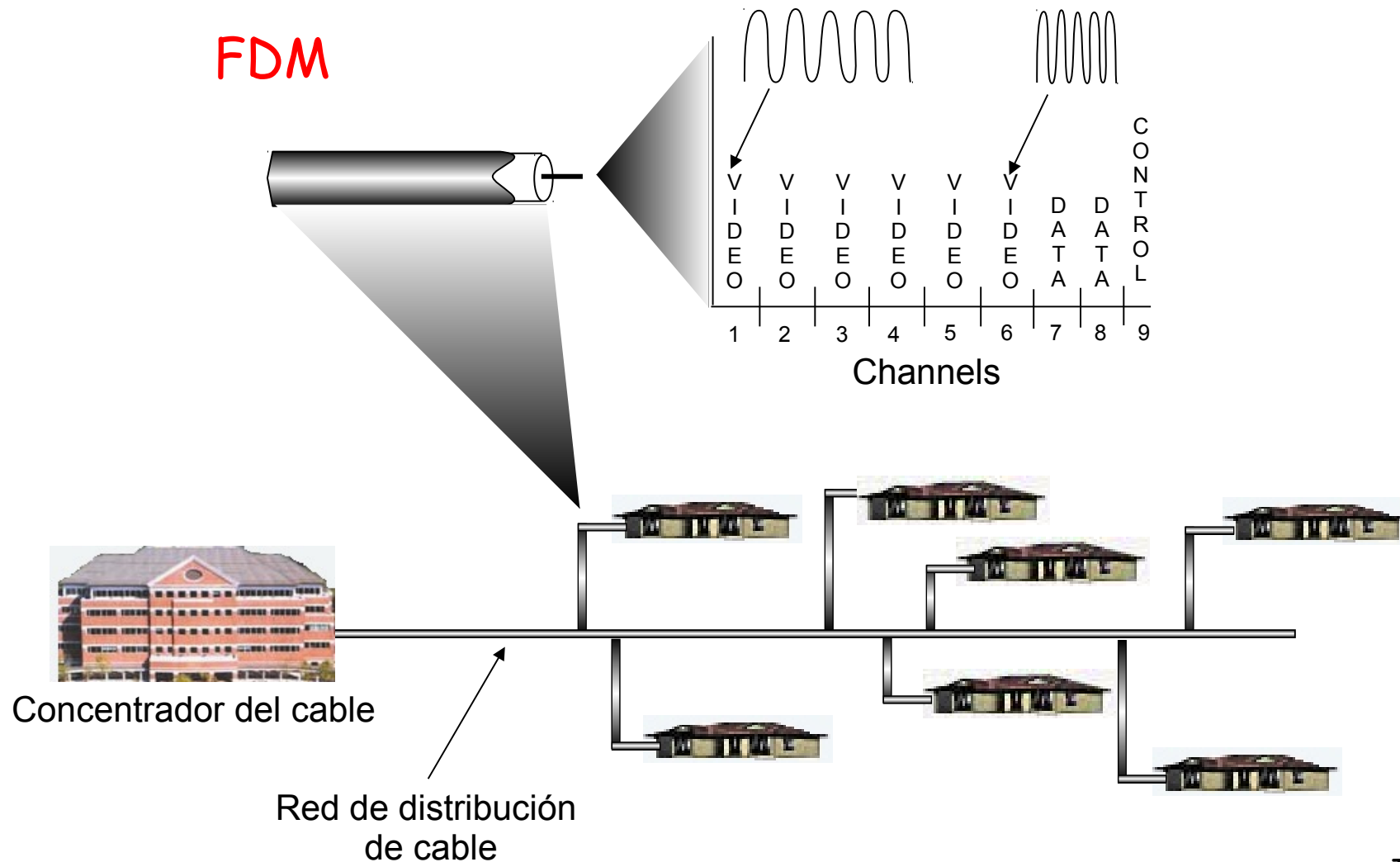
# Arquitectura de la red de cable



# 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

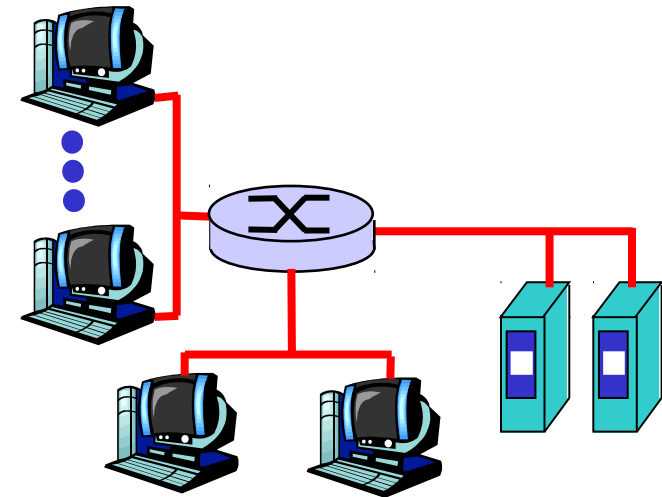
## Ethernet:

- 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

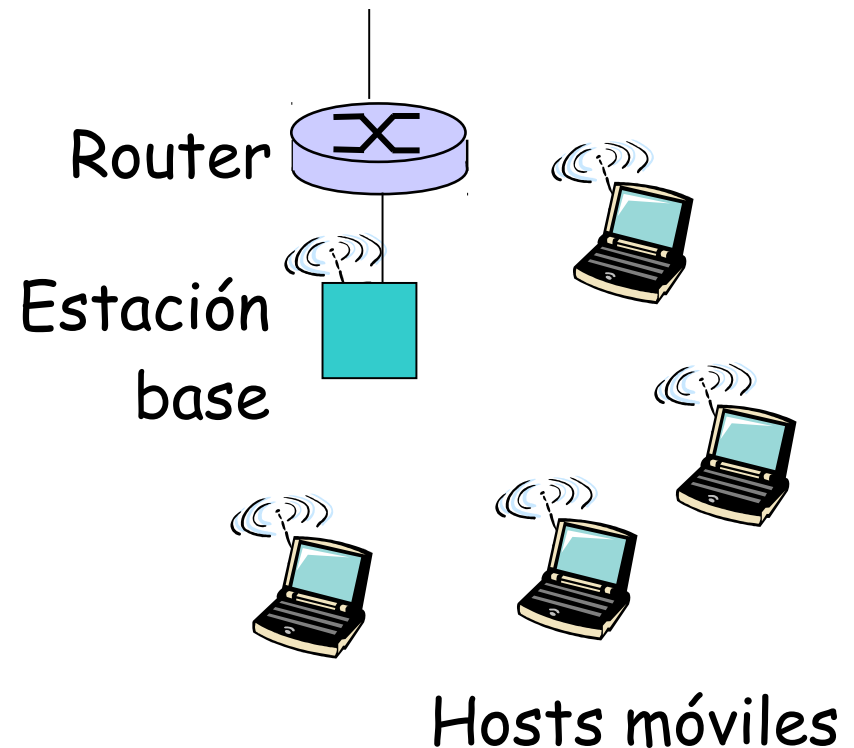
802.11b (WiFi): 11 Mbps

## Acceso wireless de área amplia

Provisto por operadores de  
telecomunicaciones (*telcos*)

3G ~ 384 kbps (*será?*)

WAP/GPRS en Europa



# Redes domésticas

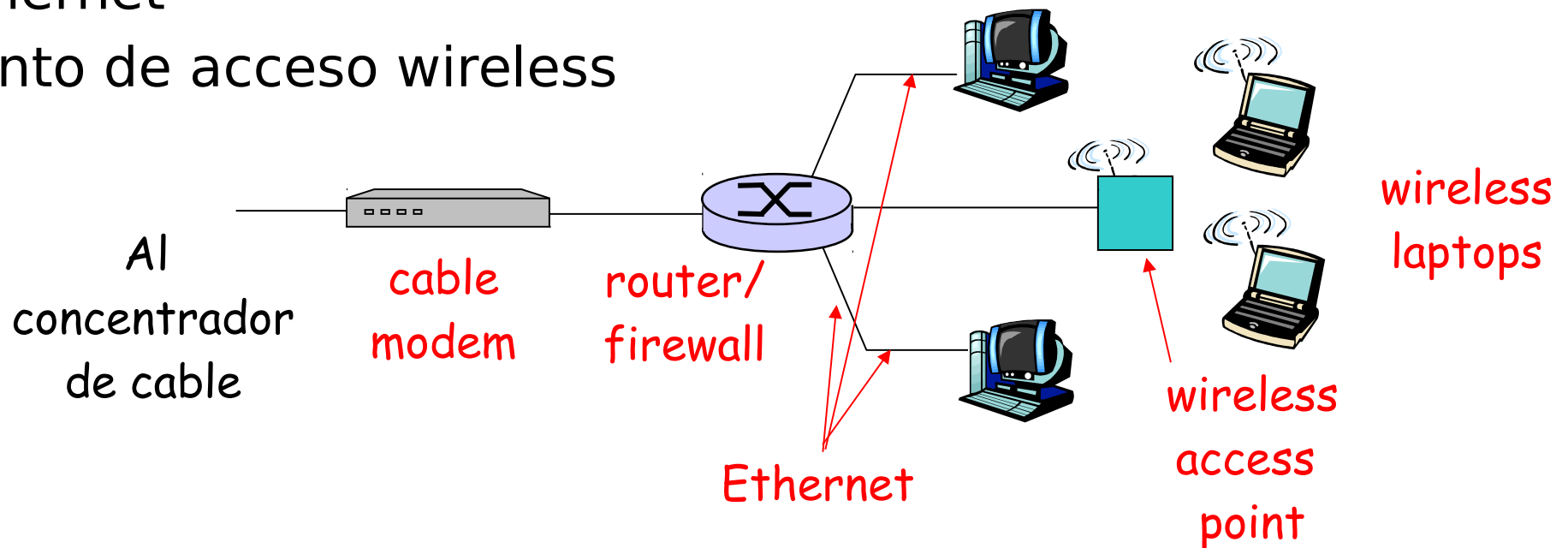
## Componentes típicos

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  
tradiccionales, 10 Mbps  
Ethernet

Categoría 5:  
100Mbps Ethernet





# Medios físicos: coaxil y fibra

## Cable coaxil

Dos conductores concéntricos de cobre

Bidireccional

Baseband

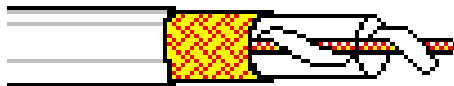
Un solo canal por cable

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

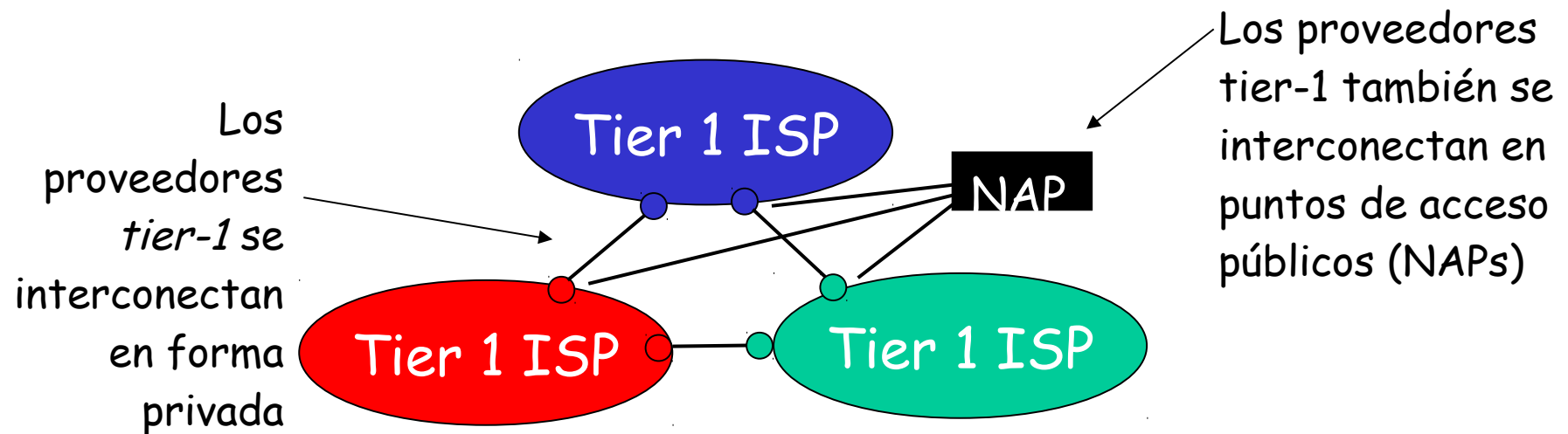
# Estructura de Internet: red de redes

Aproximadamente jerárquica

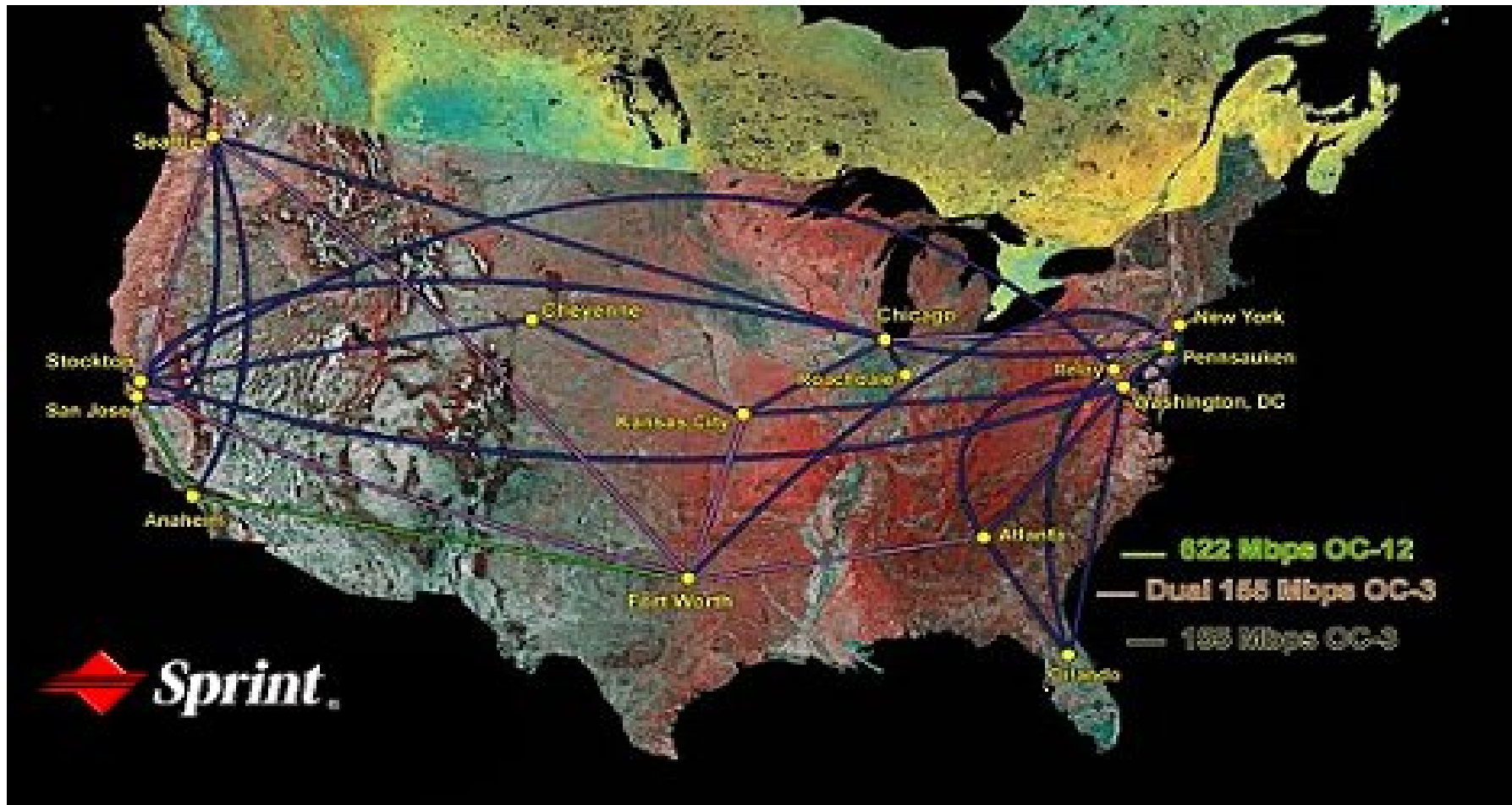
En el centro: ISPs de capa 1 ("*tier-1*") (p.ej., UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T),

Abarcan área nacional/internacional

Tratan a los demás como iguales



# Tier-1 ISP: *Sprint*

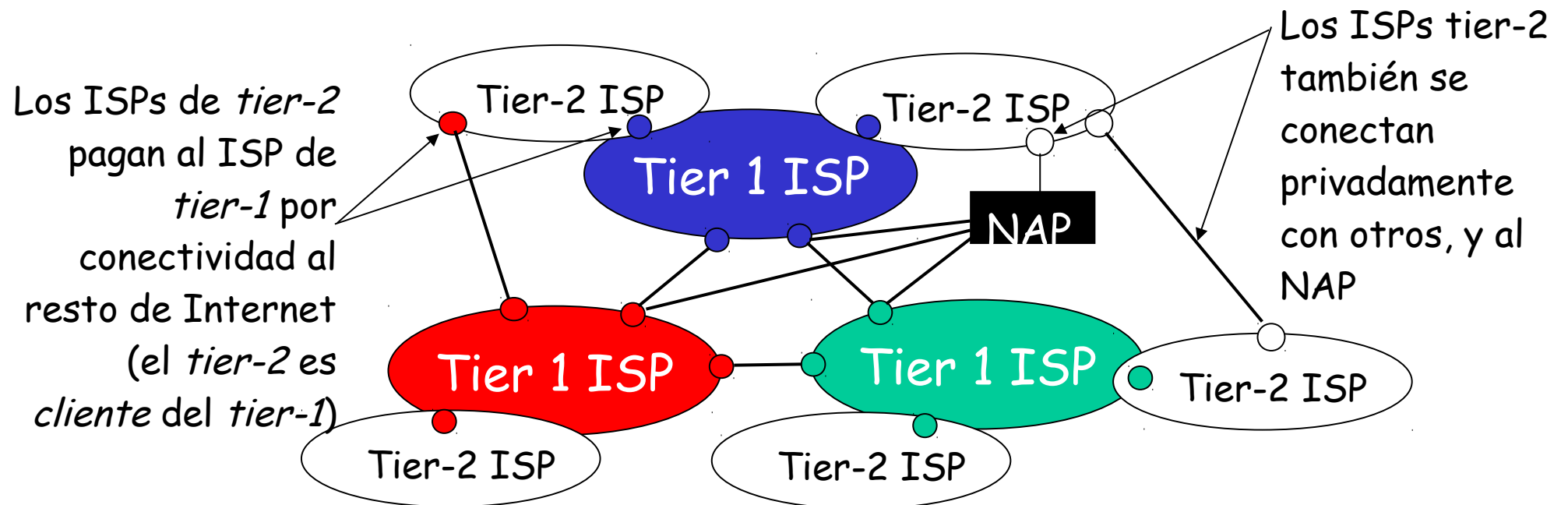


Sprint US backbone network

# Estructura de Internet: red de redes

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

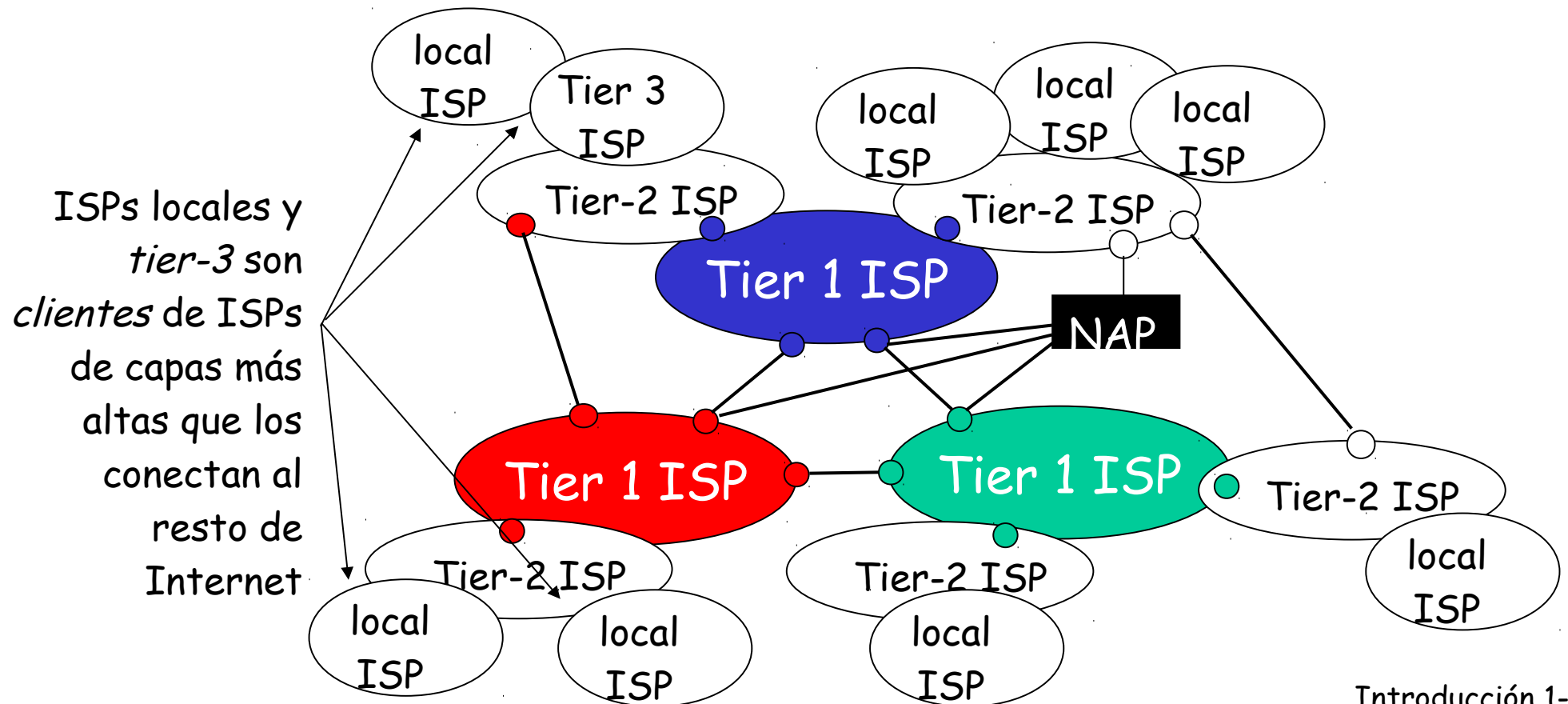
Se conectan a uno o más ISPs de *tier-1*, y posiblemente a otros de *tier-2*



# Estructura de Internet: red de redes

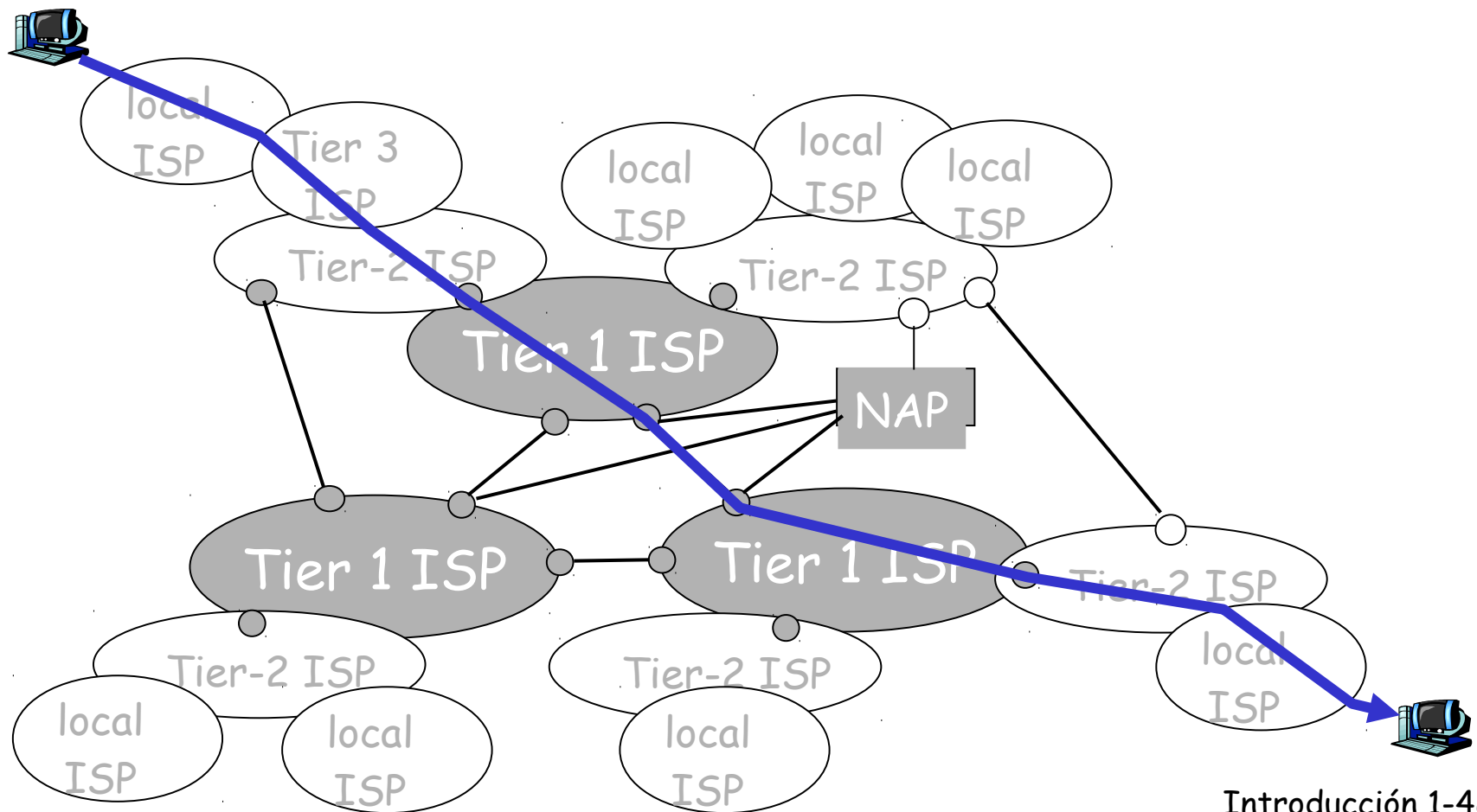
## ISPs “tier-3” e ISPs locales

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

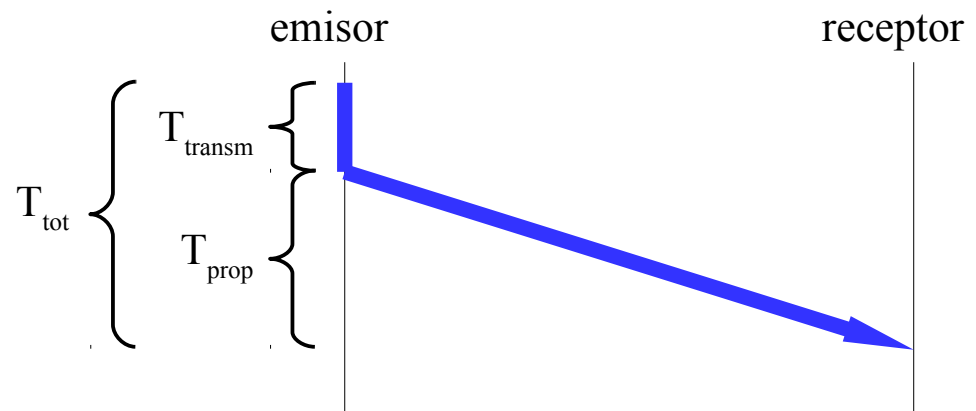
**1.8** Historia

# Vínculos o Enlaces

- Velocidad de transmisión
  - Cantidad de bits por segundo que una interfaz puede escribir o leer en un enlace
  - Unidades b/s, kb/s, Mb/s, Tb/s
- Velocidad de propagación
  - Velocidad con que viaja una señal por un enlace
  - Típicamente cercana a la velocidad de la luz
  - $c = 3 \times 10^8$  m/s

# Tiempo de transferencia

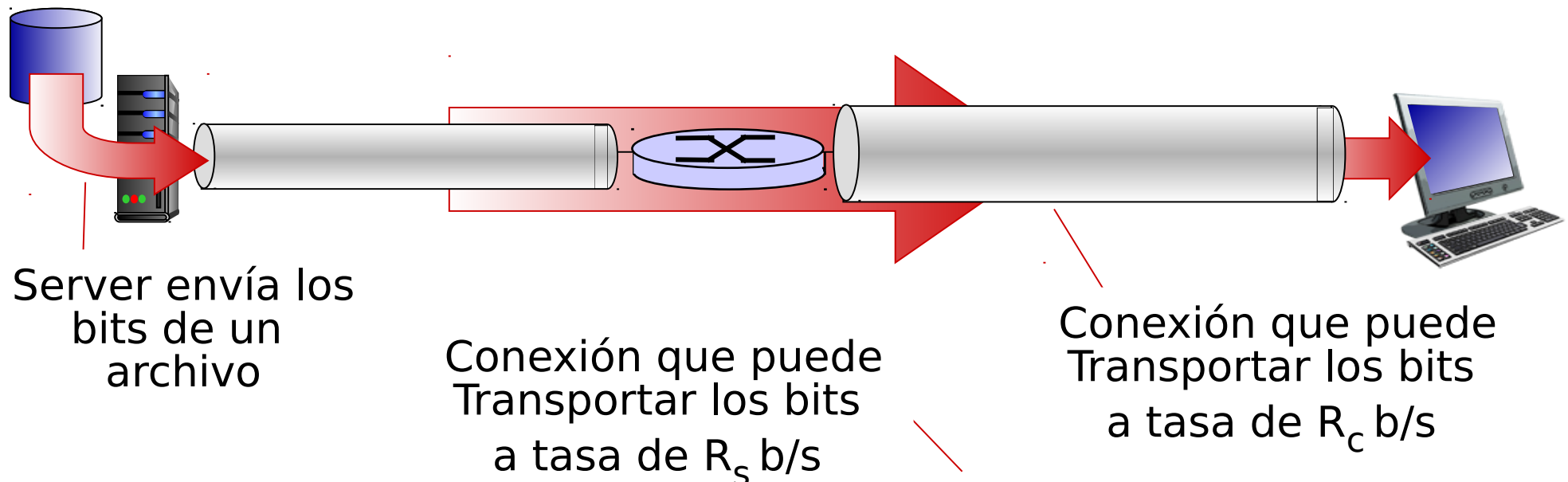
- Tiempo de transmisión de L bits
  - $T_{transm} = L / V_{transm}$
- Tiempo de propagación por un enlace de D m
  - $T_{prop} = D / V_{prop}$
- Tiempo total de transferencia de L bits por un enlace de D m
  - $T_{tot} = T_{transm} + T_{prop}$



# Tasa de transferencia (*throughput*)

En bits por unidad de tiempo

- Instantánea: tomada en un punto en el tiempo
- Promedio: tomada sobre un período de tiempo
- Capacidad de los enlaces, compartida por varias conversaciones
- “Cuellos de botella”

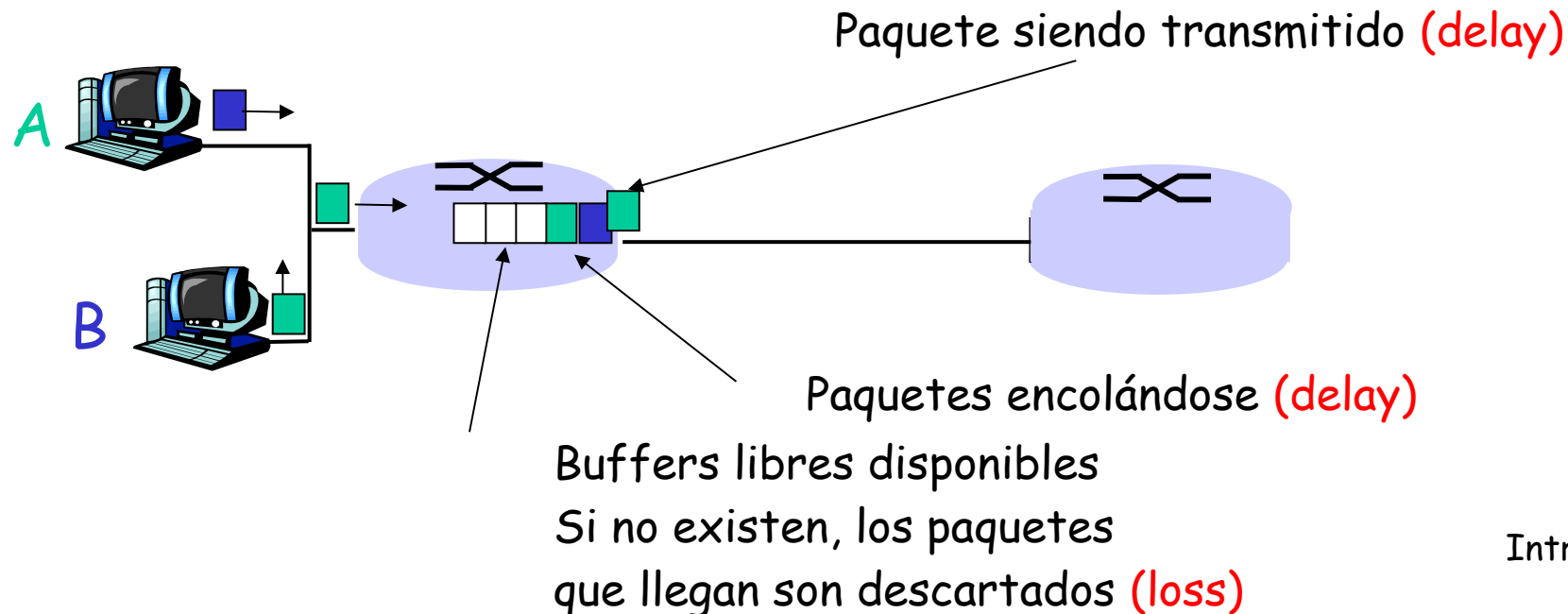


# Pérdida (*loss*) y retardo (*delay*)

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



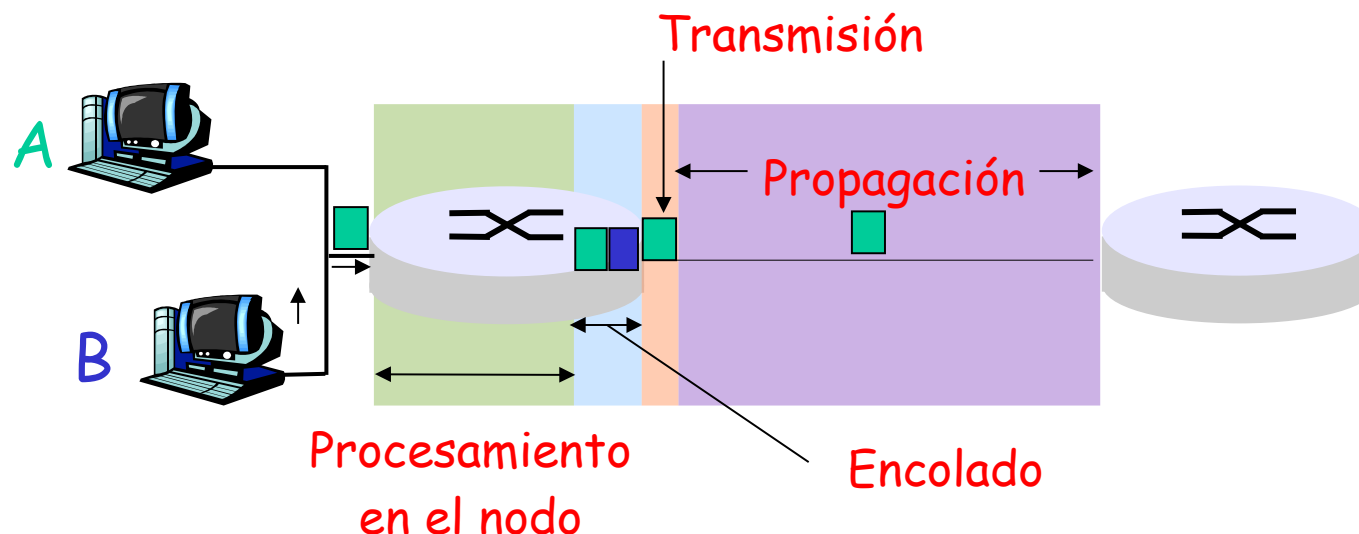
# Cuatro orígenes del *delay*

## 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)

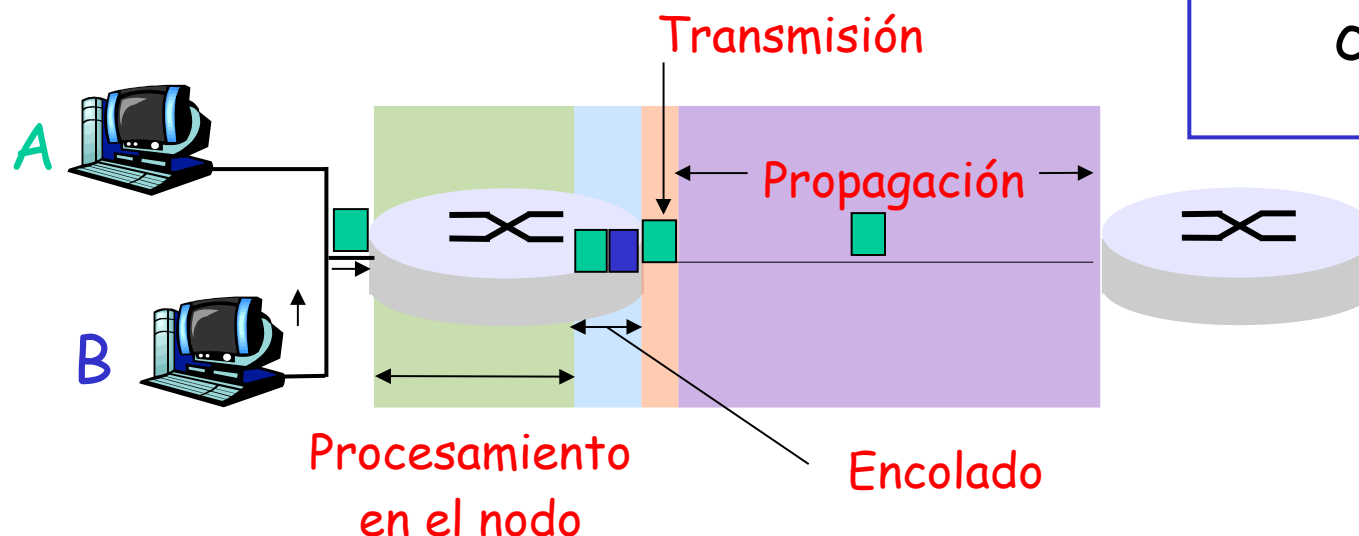
Tiempo para enviar bits por el enlace =  $L/R$

## 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)

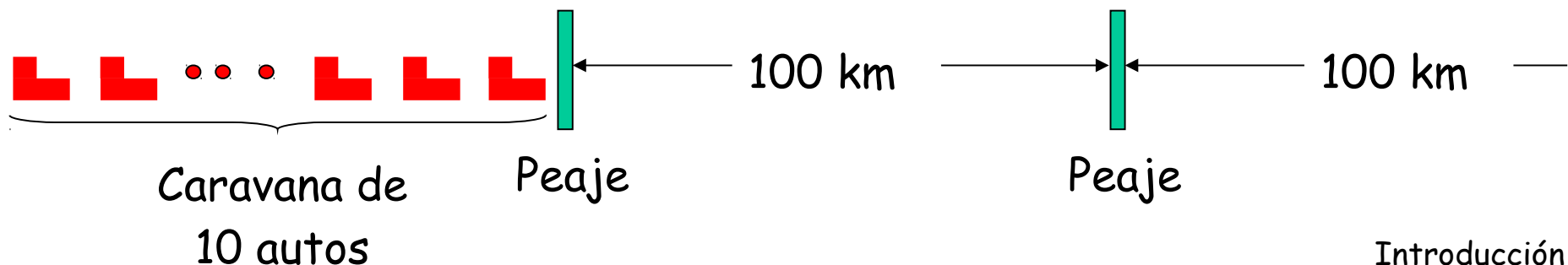
Auto~bit; caravana ~ paquete

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

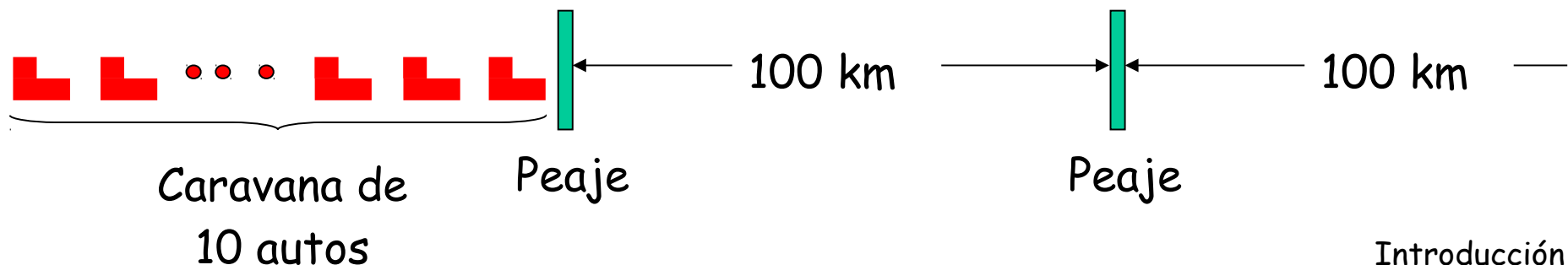
Ahora el peaje tarda 1min en dar  
servicio a un auto

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

$d_{\text{proc}}$  = retardo de procesamiento

Típicamente unos microsegundos o menos

$d_{\text{queue}}$  = retardo de encolamiento

Depende de la congestión

$d_{\text{trans}}$  = retardo de transmisión

=  $L/R$ , significativo para enlaces de baja velocidad

$d_{\text{prop}}$  = 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)

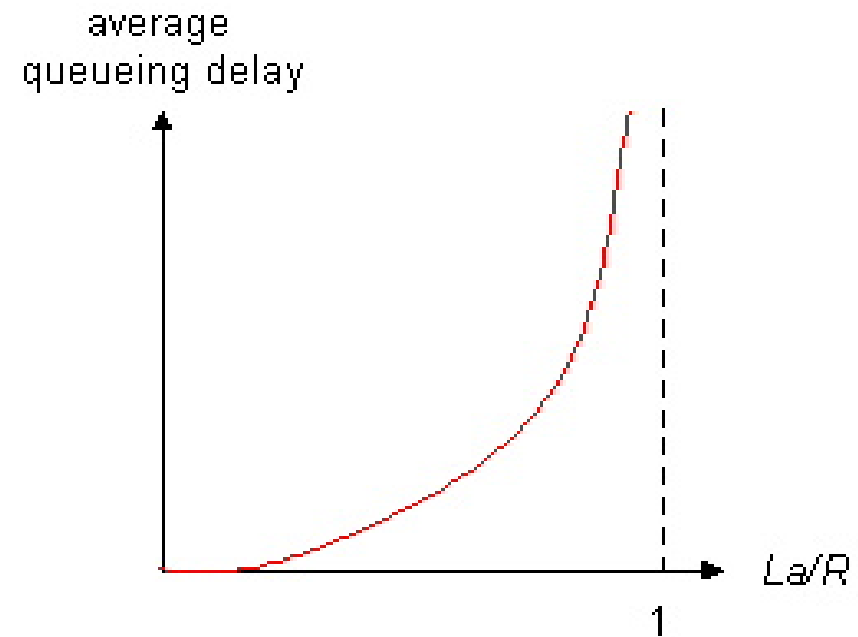
$a$  = tasa de arribo promedio de paquetes

**Intensidad del tráfico =  $La/R$**

$La/R \sim 0$ : retardo promedio de encolamiento pequeño

$La/R \rightarrow 1$ : retardos se hacen mayores

$La/R > 1$ : 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**

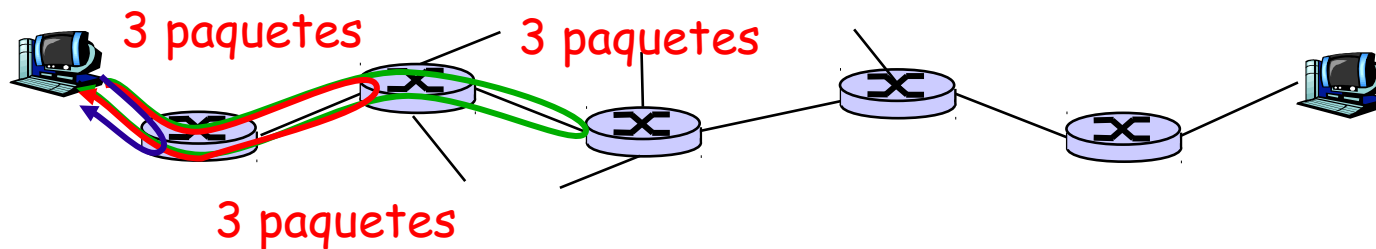
Provee mediciones de retardo desde un origen a un router sobre un camino en Internet

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)

```
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.del.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 trans-oceánico

# 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

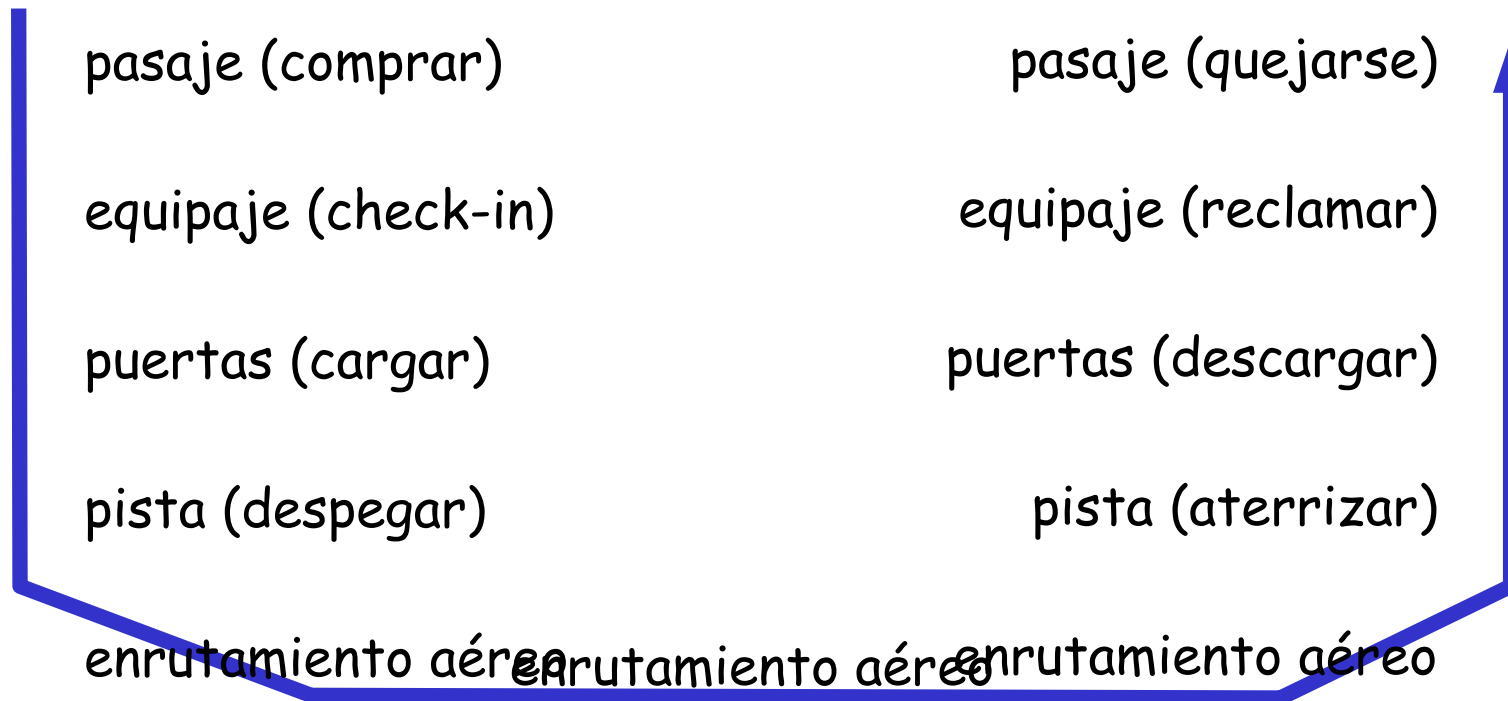
¿Habrá alguna manera de  
organizar la estructura de  
las redes?

¿O al menos nuestra  
discusión de las redes?



# Organización del transporte aéreo

Una serie de pasos



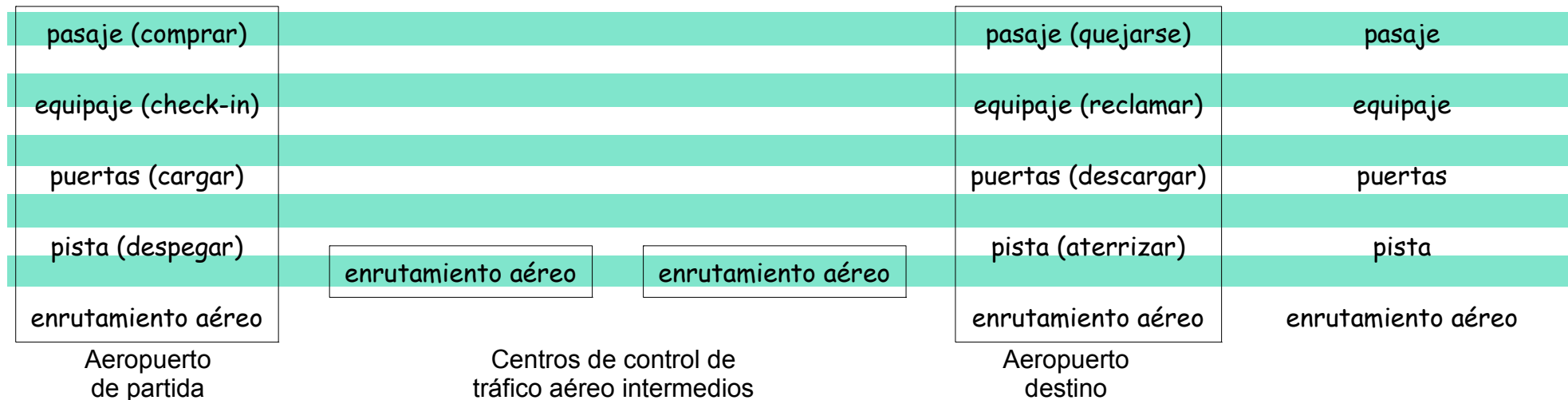
# Capas de funcionalidad aérea

## Capas

Cada capa implementa un servicio

Mediante sus propias acciones internas de la capa

Descansando en servicios provistos por la capa inferior



# ¿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

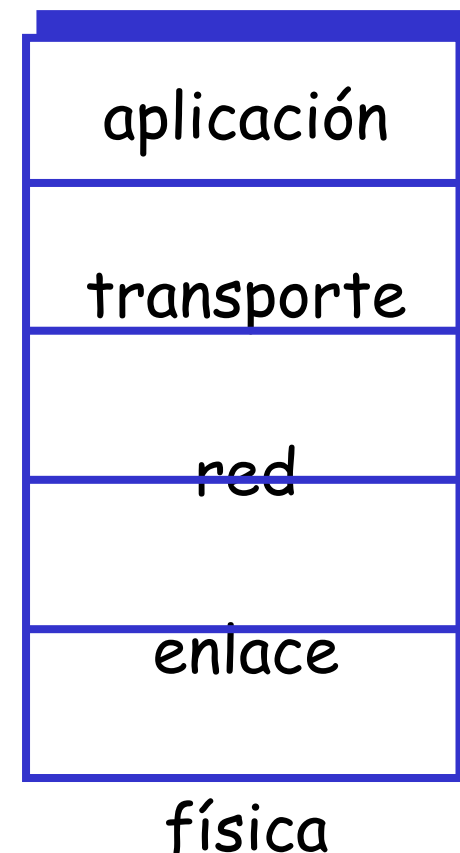
**Red:** ruteo de datagramas desde el origen hasta el destino

IP, protocolos de ruteo

**Enlace:** transferencia de datos entre elementos vecinos de la red

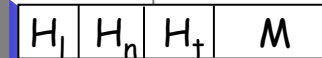
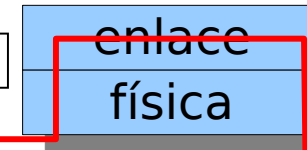
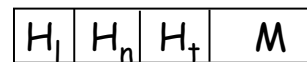
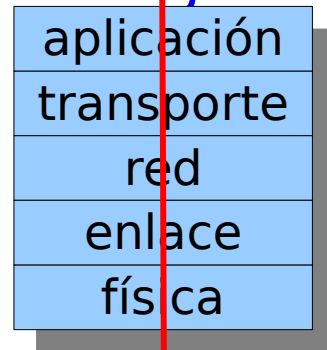
PPP, Ethernet

**Física:** bits en el medio

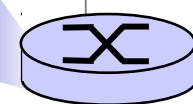
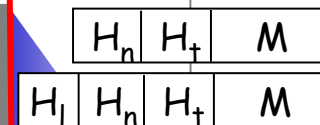
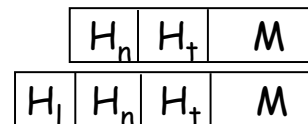


# Encapsulamiento

origen

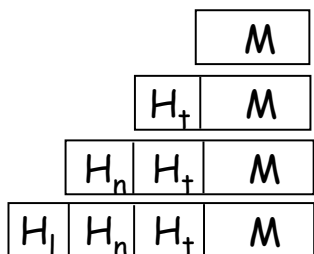


switch



router

destino



# 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