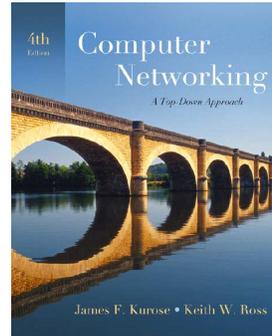


Introducción a las Redes de Computadoras

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 Martínez
- Fededrico Rodríguez
- Javier Baliosian (Responsable del curso)
- Juan Saavedra
- Leonardo Vidal
- Luis Chiruzzo
- Marcos Sanguinetti
- 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 y miercoles de 18 a 21.**
- ❑ **5 entregas obligatorias**
 - ❖ **14/3**
 - ❖ **11/4**
 - ❖ **9/5**
 - ❖ **30/5**
 - ❖ **20/6**
- ❑ Defensa "en máquina" obligatoria

Recursos

- ❑ **Página web**
 - ❖ <http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/redescomp/>
- ❑ **Newsgroup**
 - ❖ fing.cursos.redescomp
- ❑ **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***, 2a. edición, Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, 2004. ISBN: 8478290613.
 - ❖ ***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



PC



server



wireless laptop



cellular handheld



access points



wired links



router

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

- ❖ ejecutando *aplicaciones en red*

- *enlaces ("links")*

- ❖ fibra, cobre, radio, satélite

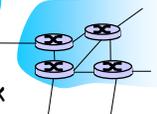
- ❖ tasa de transmisión = *ancho de banda ("bandwidth")*

- *enrutadores ("routers")*: encaminar ("forward") paquetes ("trozos" de datos)

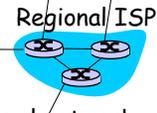
Mobile network



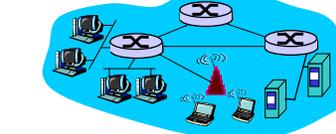
Global ISP



Home network



Institutional network



Int. Redes de Computadores-Introducción

1-7

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



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



Internet phones



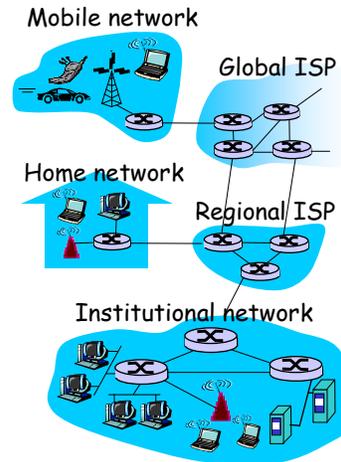
El servidor web más pequeño del mundo?
<http://www.webservusb.com/>

Int. Redes de Computadores-Introducción

1-8

Qué es la Internet: descripción práctica

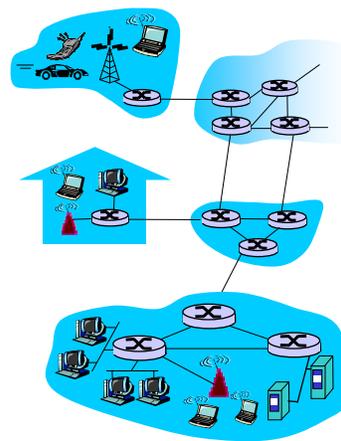
- ❑ los *protocolos* controlan el envío y recepción de mensajes
 - ❖ ej., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- ❑ *Internet: "red de redes"*
 - ❖ "levemente" jerárquica
 - ❖ Internet pública vs. intranet privada: todas son redes TCP/IP
- ❑ Internet: estándares
 - ❖ RFC: Request for comments
 - ❖ IETF: Internet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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-9

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)



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-10

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:

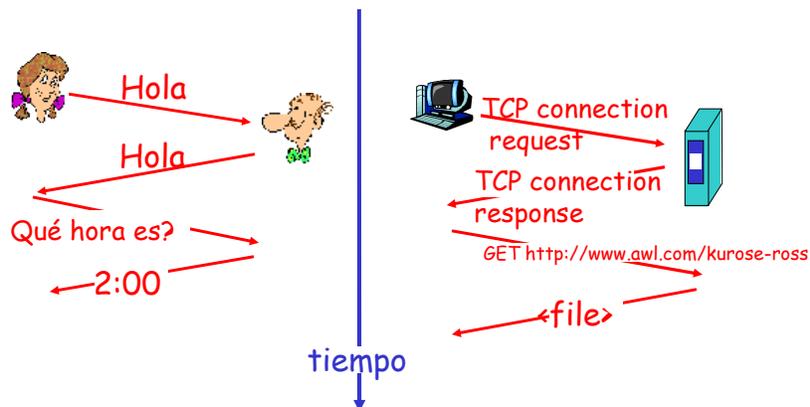
- ❑ diálogo entre máquinas
- ❑ en la Internet, todas las comunicaciones están gobernadas por protocolos

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-11

Qué es un protocolo?

protocol humano y protocolo de red de computadoras:



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-12

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

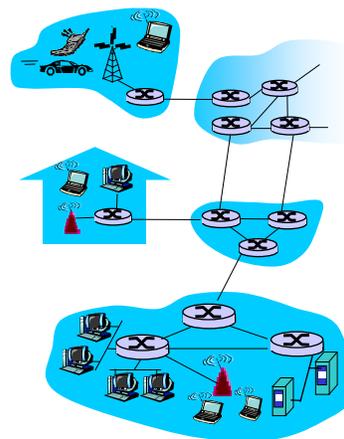
Int. Redes de Computadores-Introducción 1-13

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-14

El borde de la red:

□ end systems (hosts):

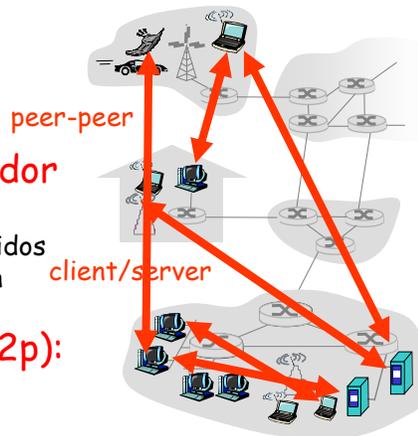
- ❖ Ejecutan programas de aplicación
- ❖ ej. Web, email

□ 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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-15

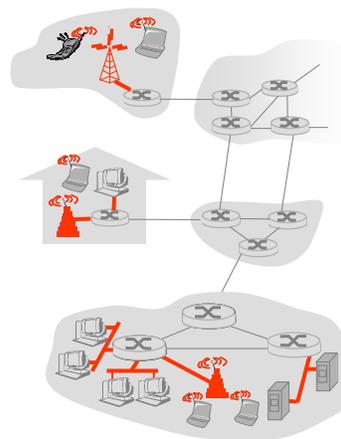
Redes de acceso y medio físico

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?

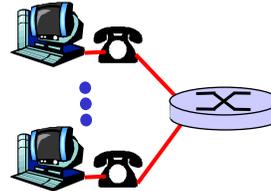


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-16

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-17

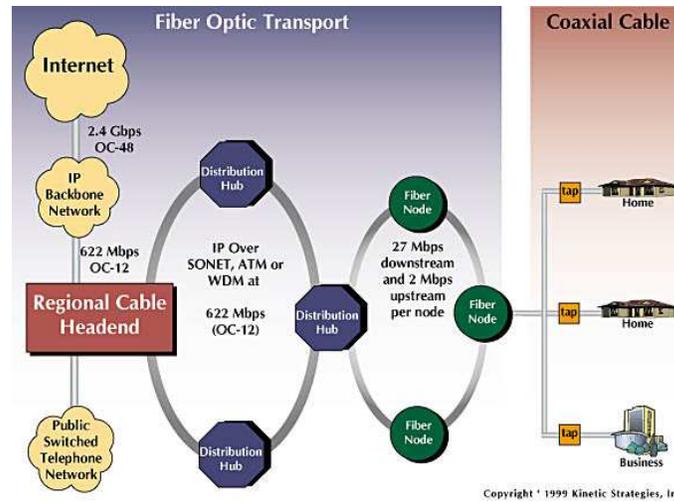
Acceso residencial: cable modems

❑ **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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-18

Acceso residencial : cable modems

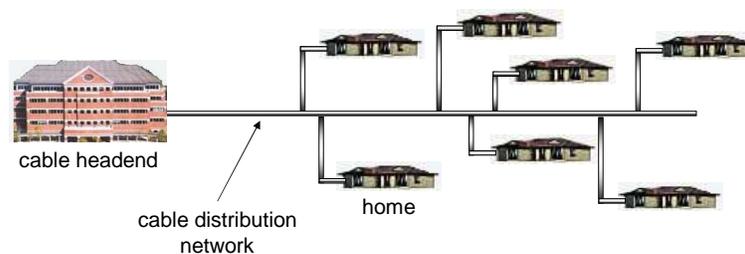


Fuente: <http://www.cabledatacomnews.com>

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-19

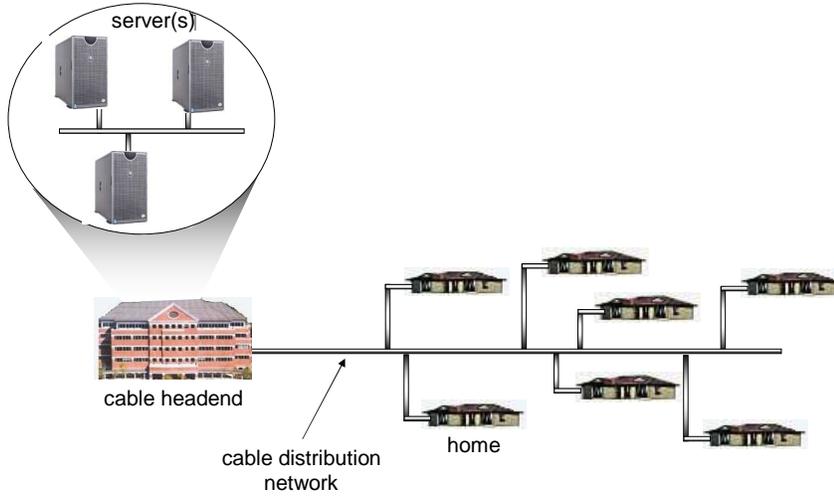
Arquitectura de la red de cable: vista simplificada

Típicamente de 500 a 5.000 hogares



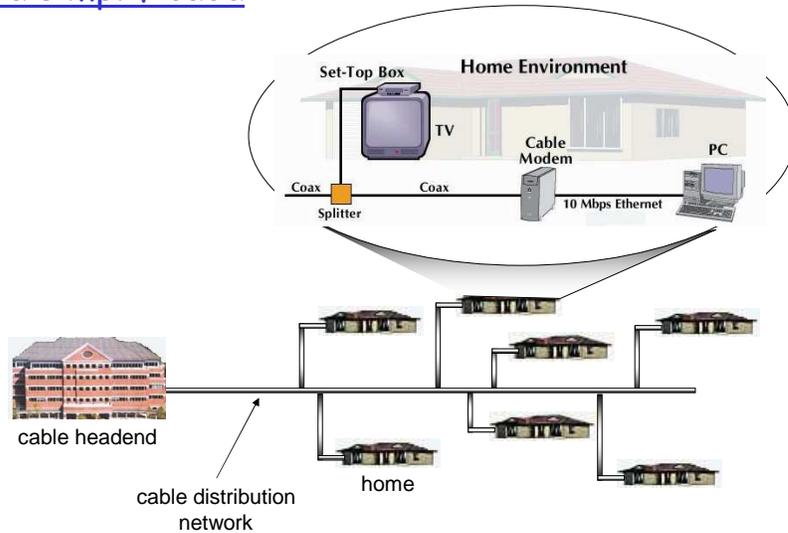
Int. Redes de Computadores-Introducción 1-20

Arquitectura de la red de cable: vista simplificada



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-21

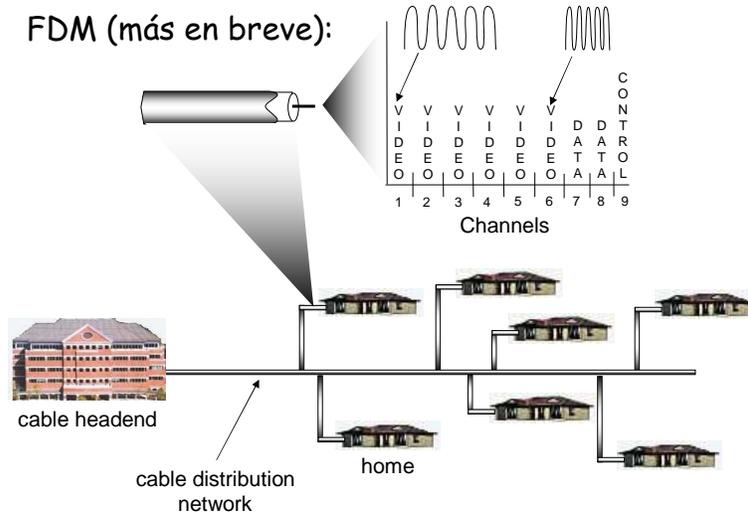
Arquitectura de la red de cable: vista simplificada



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-22

Arquitectura de la red de cable: vista simplificada

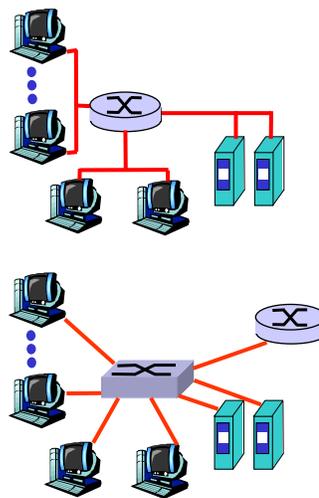
FDM (más en breve):



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-23

Acceso empresarial: redes de área local

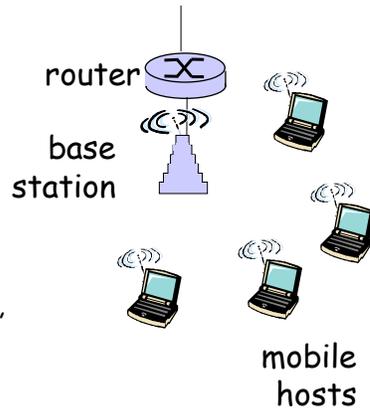
- **red de área local** ("local area network" - LAN) conectan los "end systems" al router de borde
- **Ethernet:**
 - ❖ 10 Mbs, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps Ethernet
 - ❖ Configuración usual: conexión mediante *conmutador Ethernet* ("switch")
- LANs: capítulo 5



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-24

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)

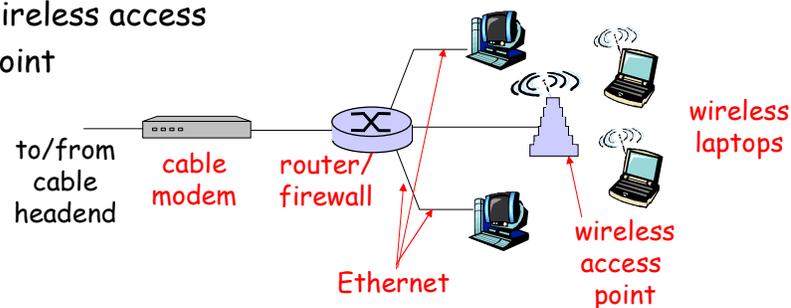


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-25

Redes hogareñas

Componentes típicos:

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-26

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-27

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-28

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)

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-29

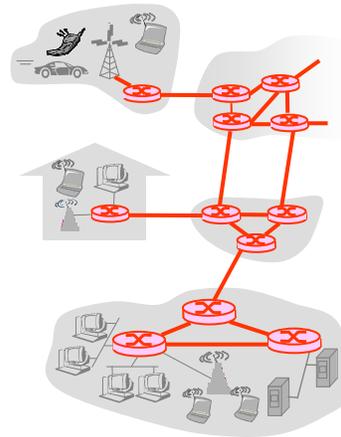
Capítulo 1: agenda

- 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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-30

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

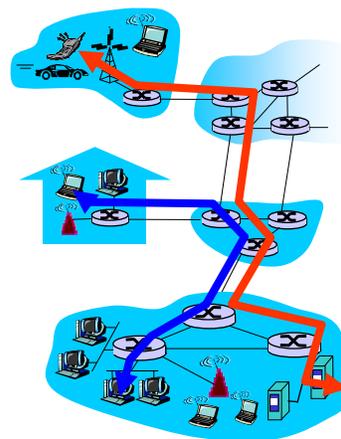


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-31

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)



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-32

Núcleo de red: Conmutación de Circuitos

recursos de red (por ej. ancho de banda)
dividido en "trozos"

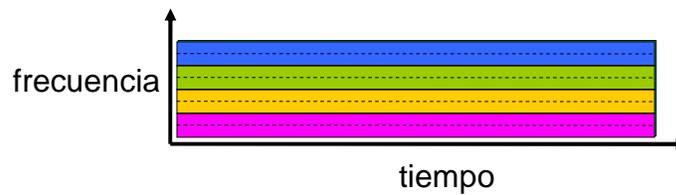
- "trozos" asignados a llamadas
- no se comparten recursos; si no se usan, se desperdician

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-33

Conmutación de Circuitos: FDM y TDM

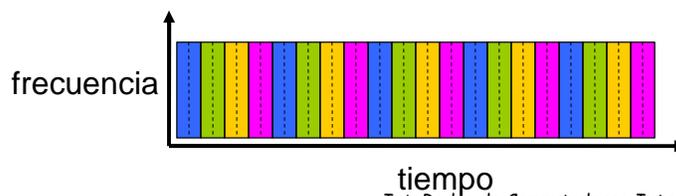
FDM



Ejemplo:

4 usuarios ■ ■ ■ ■

TDM



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-34

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*

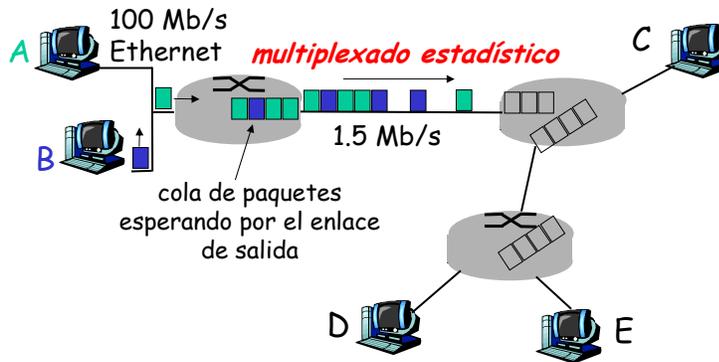
Ancho de banda dividido en "trozos"

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

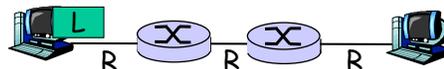


La secuencia de paquetes de A & B no tiene un patrón fijo, el ancho de banda se comparte bajo demanda → **multiplexado estadístico.**

Cómo es en TDM?

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-37

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

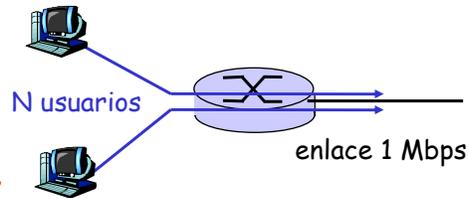
} más acerca del retardo en breve...

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-38

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:* N usuarios
 - ❖ 10 usuarios
- ❑ *conmutación de paquetes:*
 - ❖ Con 40 usuarios, la probabilidad que la cantidad de usuarios activos sea > 10 es menor que .001



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-39

conmutación de paquetes vs. conmutación de circuitos

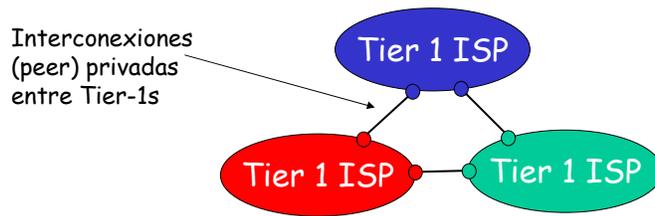
La conmutación de paquetes es /a solución?

- ❑ 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?

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-40

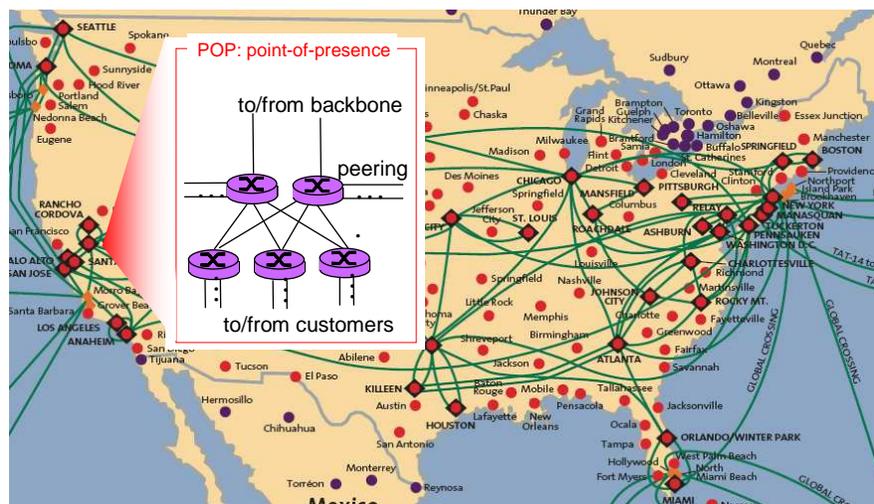
Estructura de la Internet: red de redes

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-41

Ej. de ISP Tier-1: Sprint

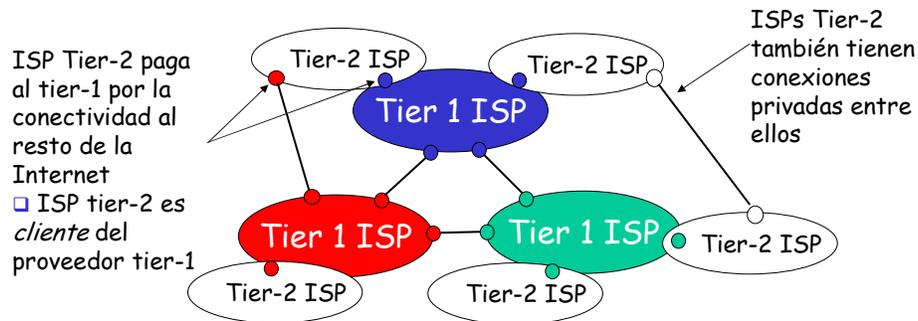


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-42

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

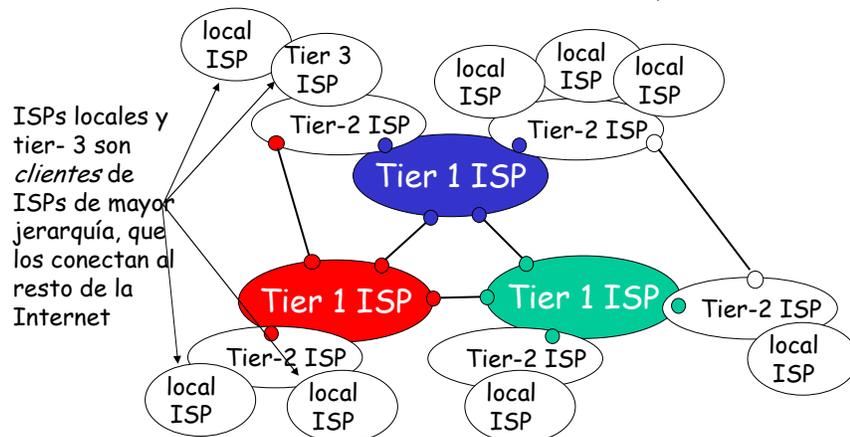


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-43

Estructura de la Internet: red de redes

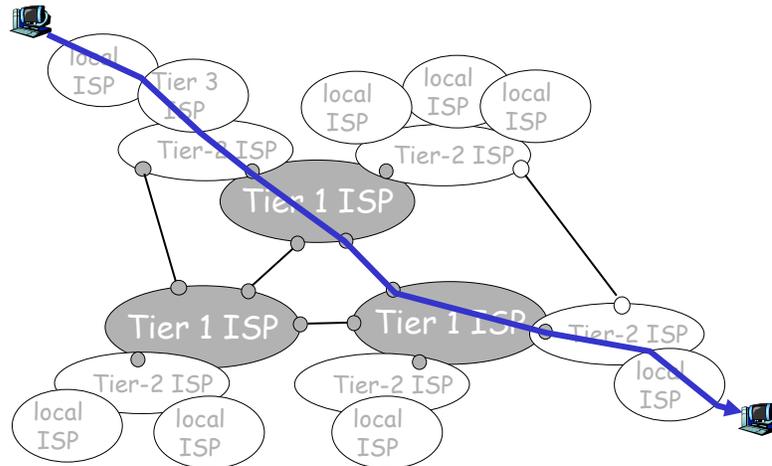
□ ISPs "Tier-3" y locales

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



Estructura de la Internet: red de redes

- un paquete atraviesa numerosas redes!



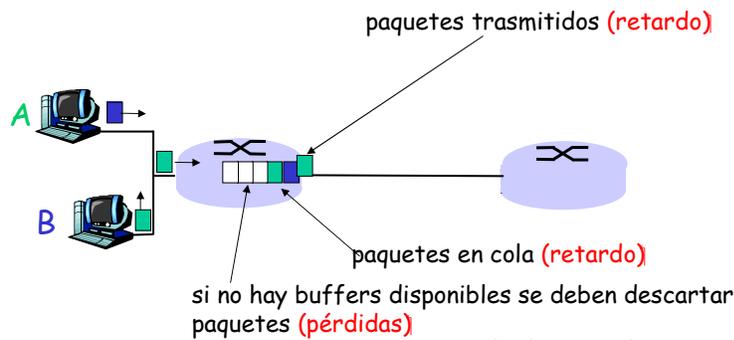
Capítulo 1: agenda

- 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

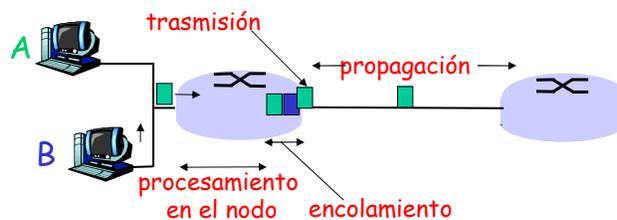
- ❑ Si la tasa de arribos supera la capacidad del enlace
- ❑ paquetes a la cola, a esperar su turno



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-47

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-48

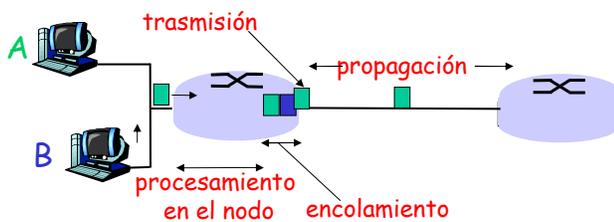
las fuentes del retardo

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:

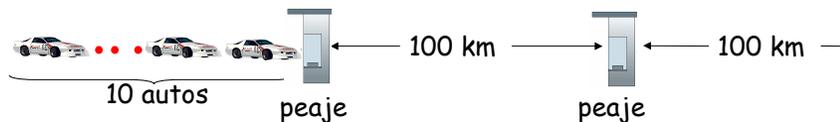
- ❑ d = longitud del enlace físico
- ❑ s = velocidad de propagación en el medio ($\sim 2 \times 10^8$ m/seg en cobre)
- ❑ retardo de propagación = d/s



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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-49

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 = $12 \times 10 = 120$ seg
- ❑ Tiempo de propagación del último auto del 1er al 2o peaje:
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/hr}) = 1 \text{ hr}$
- ❑ **62 minutos**

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-50

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-51

Retardo en el nodo

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

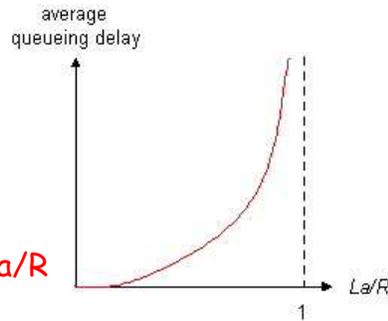
- d_{proc} = retardo de procesamiento
 - ❖ típicamente algunos microsegundos o menos
- d_{queue} = retardo de cola
 - ❖ depende de la congestión
- d_{trans} = retardo de transmisión
 - ❖ = L/R , significativo en enlaces de baja velocidad
- d_{prop} = retardo de propagación
 - ❖ desde pocos a miles de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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-52

Retardo de cola

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

intensidad del tráfico = $L a / R$

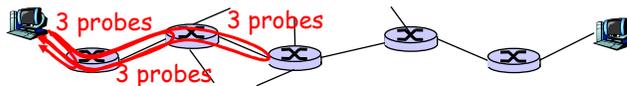


- $L a / R \sim 0$: pequeño retardo promedio
- $L a / R \rightarrow 1$: gran retardo
- $L a / R > 1$: más "trabajo" de llegada que de servicio en el nodo, retardo infinito!

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-53

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"



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-54

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	enlace transoceánico
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	***				* sin respuesta (probe perdido, router no responde)
18	***				
19	fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142)	132 ms	128 ms	136 ms	

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-55

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



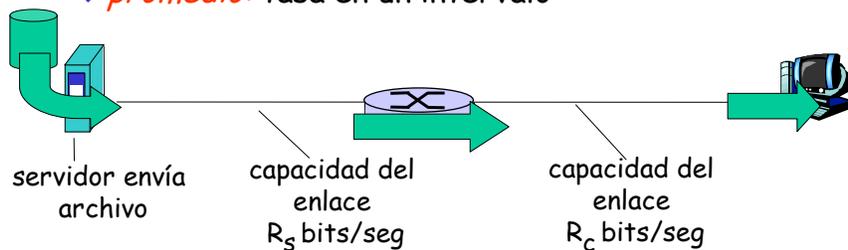
Int. Redes de Computadores-Introducción 1-56

Throughput

□ *throughput*: tasa (bits/unidad de tiempo) a la que se transfieren bits entre transmisor/receptor

❖ *instantáneo*: tasa en un instante dado

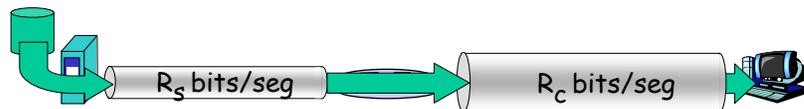
❖ *promedio*: tasa en un intervalo



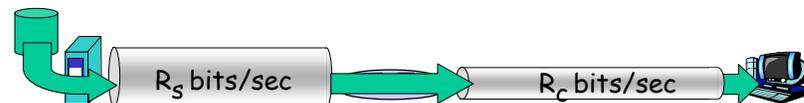
Int. Redes de Computadores-Introducción 1-57

Throughput

□ $R_s < R_c$ Cuál es el throughput promedio?



□ $R_s > R_c$ Cuál es el throughput promedio?

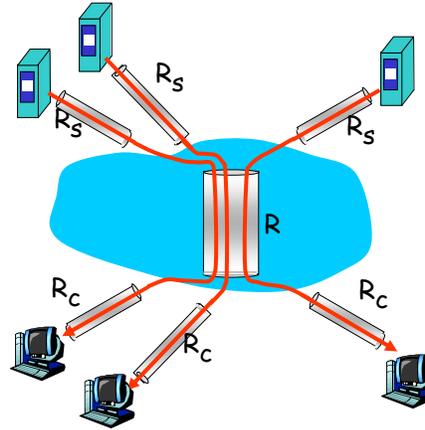


cuello de botella
enlace del camino de extremo a extremo que restringe el throughput

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-58

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-59

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-60

Protocolos: "Capas"

Las redes son complejas!

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

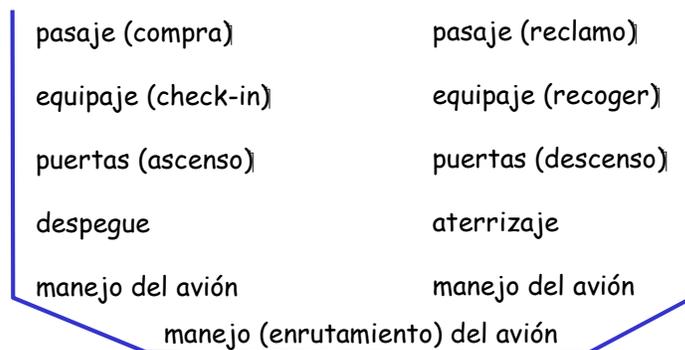
Pregunta:

Se puede *organizar* la estructura de la red?

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-61

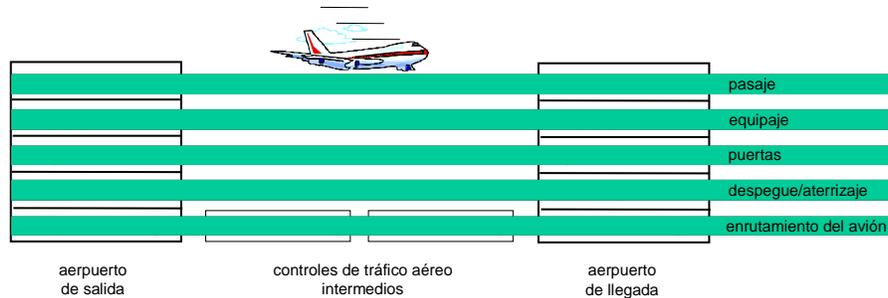
Organización de un viaje aéreo



- serie de pasos

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-62

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)

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-63

Por qué usar capas?

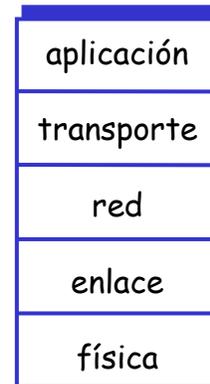
Manejar sistemas complejos:

- ❑ 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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-64

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"



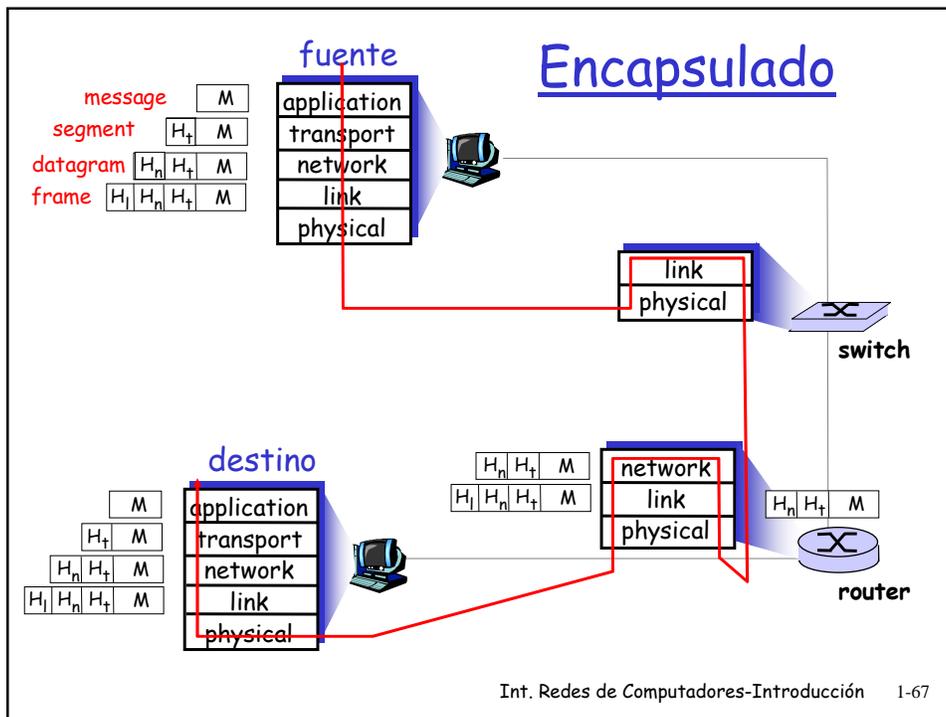
Int. Redes de Computadores-Introducción 1-65

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?



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-66



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!

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-69

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-70

Es posible insertar "malware" en los hosts via Internet

❑ Troyano

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

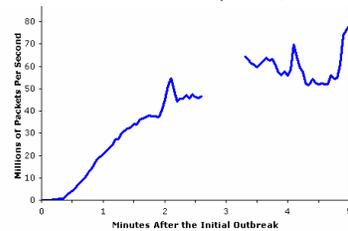
❑ Virus

- ❖ 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)

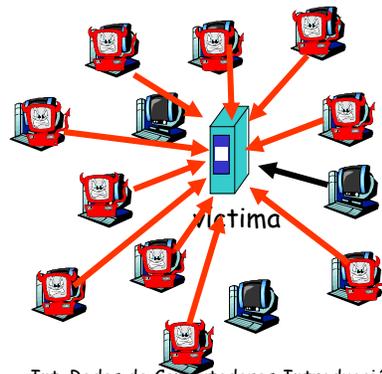


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-71

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

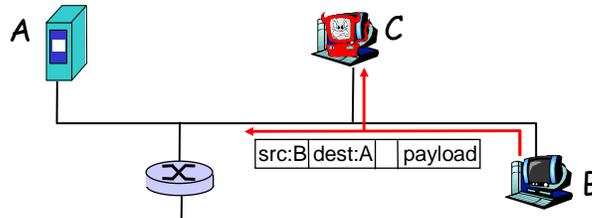


Int. Redes de Computadores-Introducción 1-72

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



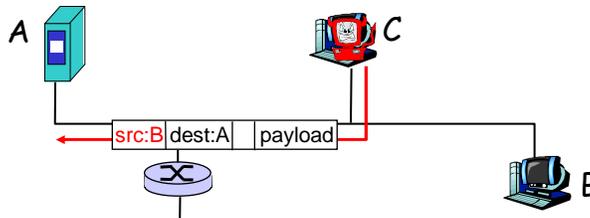
- ❖ software wireshark usado en el laboratorio es un packet-sniffer

- Obs: también se puede hacer sniff de paquetes con buenas intenciones 😊

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-73

IP spoofing

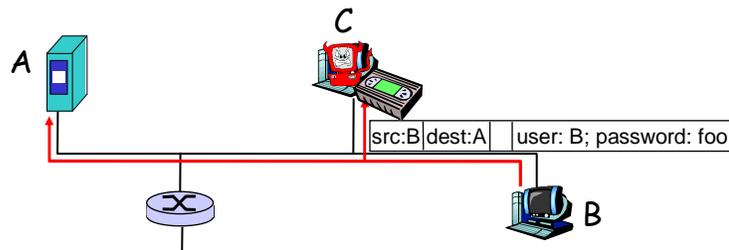
- ❑ *"IP spoofing":* enviar paquetes con dirección de origen falsa



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-74

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



Int. Redes de Computadores-Introducción 1-75

Seguridad en redes

- hay contenidos específicos en este curso
- y en otros

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-76

Capítulo 1: agenda

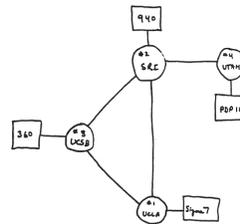
- 1.1 Qué es la Internet?
- 1.2 El borde de la red
 - estaciones de trabajo, red de acceso, medio físico, enlaces
- 1.3 El núcleo de la red
 - conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, estructura de la red
- 1.4 Retardo, pérdidas y "throughput" en redes de paquetes
- 1.5 Protocolos: modelos de capas
- 1.6 Seguridad
- 1.7 Historia

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-77

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-78

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-79

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: Csnnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100,000 hosts conectados en una confederation de redes

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-80

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
- 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

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-81

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

Int. Redes de Computadores-Introducción 1-82

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