

# Capítulo 1: Introducción - III

Este material está basado en:

material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet* 3rd edition. Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley, 2004.

# Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

1.3 Red central (core)

1.4 Red de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet y ISPs

1.6 Retardos & pérdidas en redes de  
paquetes conmutados

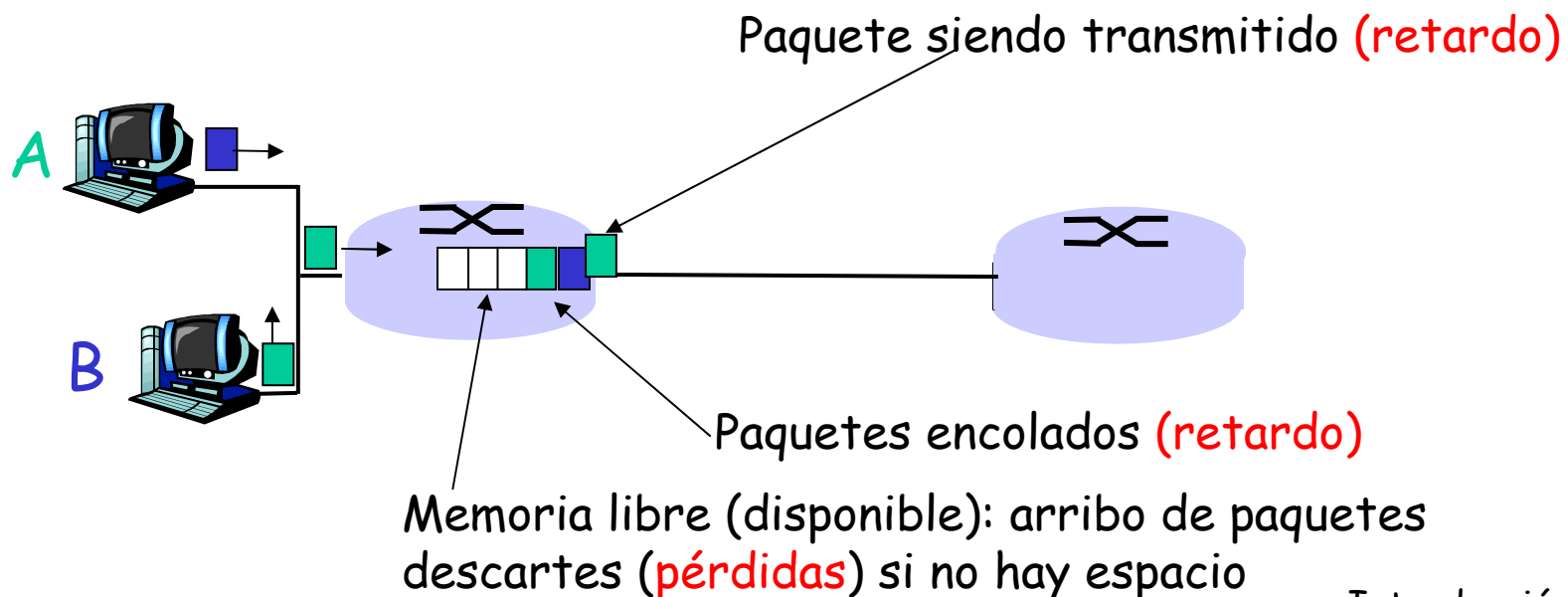
1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.8 Historia (lectura personal)

# ¿Cómo ocurren las pérdidas y retardo?

Los paquetes son *encolados* en la memoria de router

- ❑ Tasa de arribo de paquetes excede la capacidad de salida del enlace
- ❑ Los paquetes son encolados, y esperan por su turno



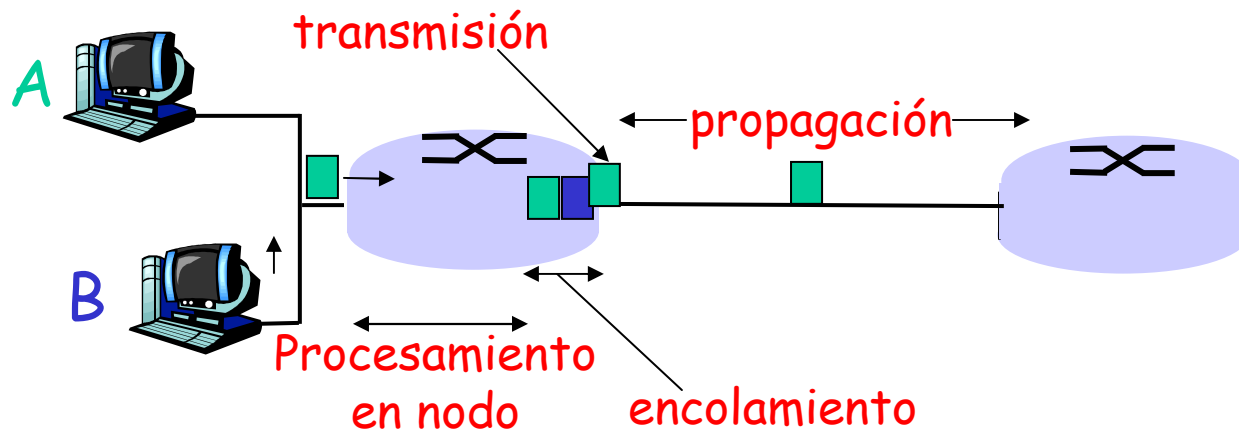
# Cuatro fuentes de retardo de paquetes

## ❑ 1. procesamiento en el nodo:

- Chequeo de bits de error
- Determinar el enlace de salida

## ❑ 2. encolamiento

- Tiempo esperado en la cola para que los paquetes anteriores sean transmitidos
- Depende del nivel de congestión del router



# Retardo en redes de paquetes conmutados

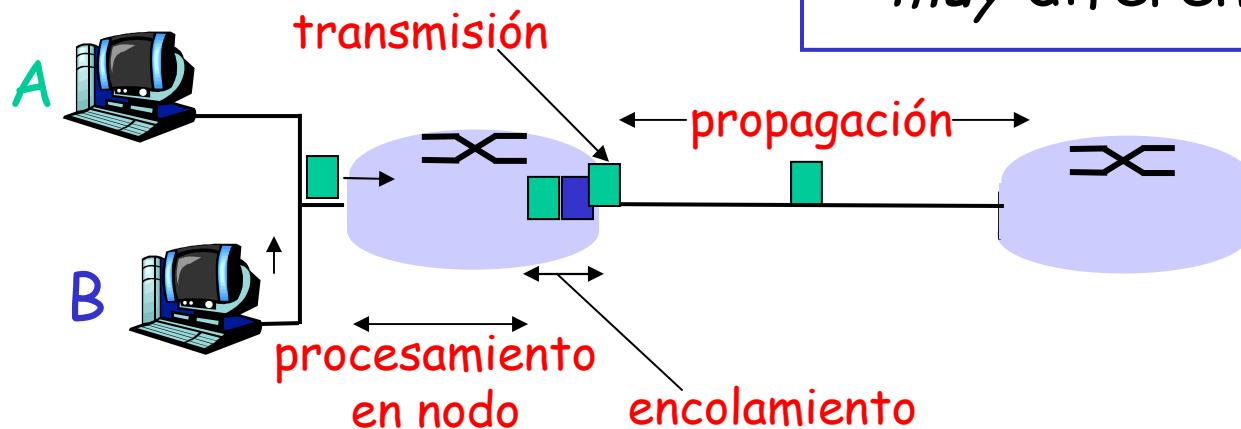
## □ 3. Retardo de transmisión:

- $R$  = ancho de banda del enlace (bps)
- $L$  = largo del paquete (bits)
- Tiempo de envío =  $L/R$

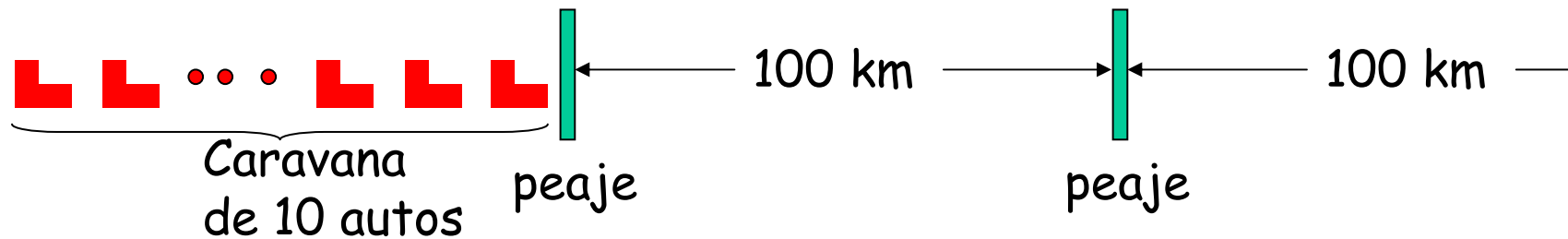
## □ 4. Retardo de propagación:

- $d$  = largo del enlace físico
- $s$  = rapidez de propagación en medio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- Retardo de propagación =  $d/s$

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

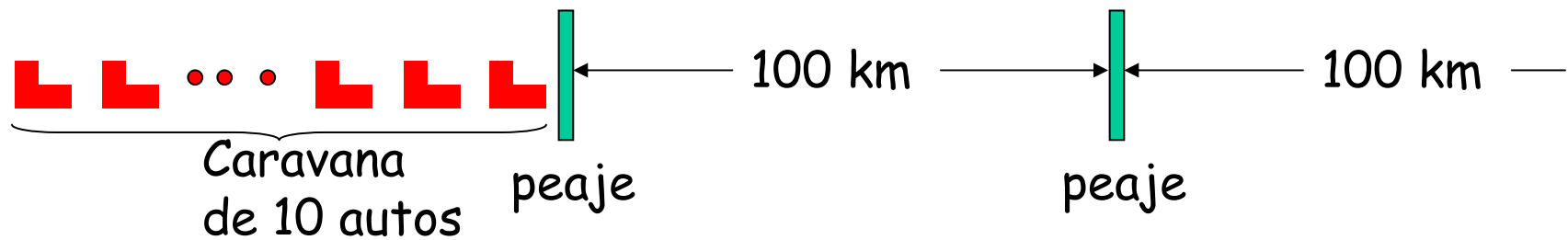


# Caravana como analogía



- Autos se "propagan" a 100 km/hr
- Peaje demora 12 s para atender un auto (tiempo de transmisión)
- Auto~bit; caravana~paquete
- Q: ¿En cuánto tiempo la caravana llega al 2do peaje?
- Tiempo para pasar la caravana por el 1er peaje =  $12 \times 10 = 120$  s
- Tiempo de propagación del último auto hasta 2do peaje:  
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- A: 62 minutos

# Caravana como analogía (más)



- Ahora los autos se "propagan" a 1000 km/h
- Peaje ahora demora 1 min en atender un auto.
- **Q: ¿Llegarán autos al 2do peaje antes que todos paguen le primero?**
- **Sí!** Después de 7 min, 1er llega al 2do peaje y 3 autos aún está en 1er peaje.
- 1er bit de un paquete puede llegar al 2do router antes que el paquete es completamente transmitido en 1er router!
  - Esta situación es muy común en Ethernet.

# Retardo en el nodo

$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❑  $d_{\text{proc}}$  = retardo de procesamiento
  - Típicamente unos pocos microsegundos o menos
- ❑  $d_{\text{cola}}$  = retardo de espera en cola
  - Depende de la congestión
- ❑  $d_{\text{trans}}$  = retardo de transmisión
  - $= L/R$ , significativa en enlaces de baja velocidad
- ❑  $d_{\text{prop}}$  = retardo de propagación
  - De pocos microsegundos a cientos de milisegundos

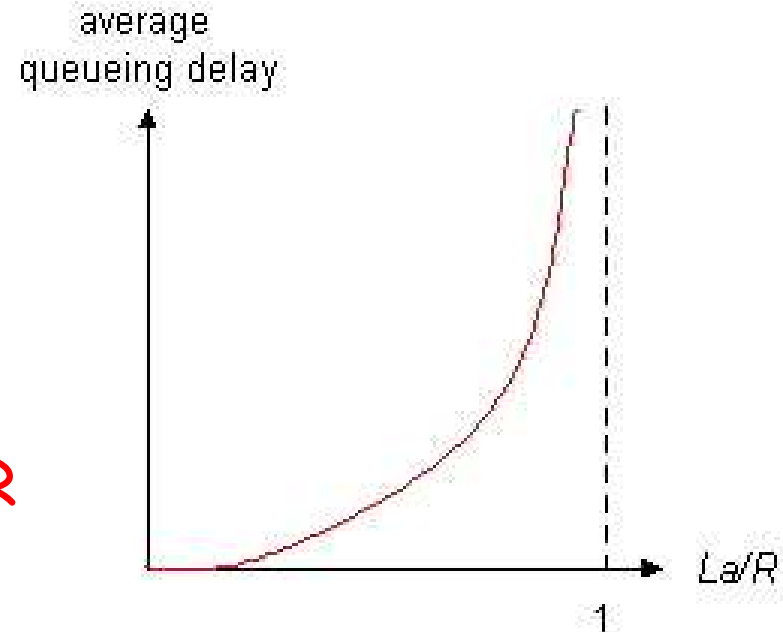


# Retardo de encolamiento

$R$ =bandwidth del enlace  
(bps)

- $L$ =largo del paquete (bits)
- $a$ =tasa promedio de arribo de paquetes

Intensidad de tráfico =  $\lambda a / R$

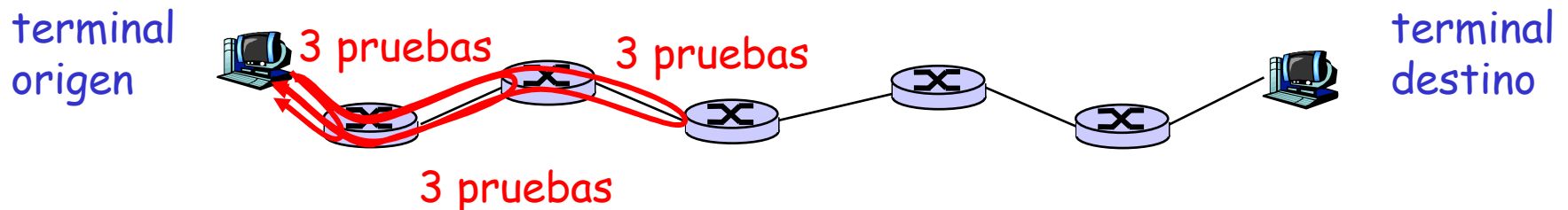


Pregunta: **Que pasa con diferentes valores de  $\lambda a / T$ ?**

- $\lambda a / R \sim 0$ :  $\Rightarrow$  pequeño retardo de encolamiento
- $\lambda a / R \rightarrow 1$ : retardo se hace grande
- $\lambda a / R > 1$ : más "trabajo" llega que el posible de servir, retardo promedio tiende a infinito!

# Retardo "Real" en Internet y rutas

- ❑ Cuales son los retardos reales en Internet y las rutas de los paquetes?
- ❑ Programa traceroute: provee medidas del retardo desde el terminal de origen hacia cada router en la ruta al destino en Internet.
- ❑ Para cada router  $i$ :
  - manda tres paquetes que van a llegar al router  $i$  en la ruta al destino
  - router  $i$  le devuelve paquetes de información al terminal origen
  - terminal de origen mide el intervalo entre transmisión y respuesta.




# Retardo "Real" en Internet y rutas

(En windows usar > tracert www.elo.utfsm.cl)

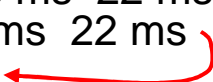
**traceroute:** gaia.cs.umass.edu a www.eurecom.fr

3 medidas de retardo desde  
gaia.cs.umass.edu a cs-gw.cs.umass.edu



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


Enlace  
trans-oceanico



\* Significa no respuesta (prueba perdida, router no responde)

# Retardo "Real" en Internet y

routes    **traceroute:** pcagv.elo.utfsm.cl a www.berkeley.edu

- ❑ \$ traceroute www.berkeley.edu
  - ❑ traceroute to arachne.berkeley.edu (169.229.131.109), 30 hops max, 38 byte packets
  - ❑ 1 elo-gw.elo.utfsm.cl (200.1.17.1) 0.530 ms 0.583 ms 0.527 ms
  - ❑ 2 nacional-gw.usm.cl (200.1.20.195) 0.661 ms 0.632 ms 0.787 ms
  - ❑ 3 internet-gw.usm.cl (200.1.20.196) 0.967 ms 0.925 ms 0.949 ms
  - ❑ 4 border-gw.usm.cl (200.1.21.165) 39.356 ms 1.148 ms 1.055 ms
  - ❑ 5 telefonica-nacional.usm.cl (172.16.202.229) 1.703 ms 3.603 ms 1.913 ms
  - ❑ 6 \* \* \*
  - ❑ 7 \* \* \*
  - ❑ 8 \* \* \*
  - ❑ 9 P11-2-grtmiabr1.red.telefonica-wholesale.net (213.140.50.241) 164.467 ms 154.102 ms 162.693 ms
  - ❑ 10 So3-2-0-0-grtmiana2.red.telefonica-wholesale.net (213.140.36.73) 178.948 ms 183.061 ms 182.755 ms
  - ❑ 11 So3-0-0-0-grtdaleq1.red.telefonica-wholesale.net (213.140.36.13) 203.076 ms 191.255 ms 181.775 ms
  - ❑ 12 So3-1-0-0-grtpaopx1.red.telefonica-wholesale.net (213.140.36.45) 219.116 ms So3-1-1-0-grtpaopx1.red.telefonica-wholesale.net (213.140.36.97) 228.029 ms So3-1-0-0-grtpaopx1.red.telefonica-wholesale.net (213.140.36.45) 216.915 ms
  - ❑ 13 \* \* \*
  - ❑ 14 dc-svl-dc1--sfo-px1-ge.cenic.net (137.164.22.204) 214.786 ms 214.203 ms 207.350 ms
  - ❑ 15 ucb--svl-dc1-egm.cenic.net (137.164.23.66) 219.378 ms 234.704 ms 327.319 ms
  - ❑ 16 vlan188.inr-202-doecev.Berkeley.EDU (128.32.0.35) 218.374 ms 215.780 ms 205.652 ms
  - ❑ 17 g5-2.inr-210-srb.Berkeley.EDU (128.32.255.67) 210.012 ms 388.832 ms 217.539 ms
  - ❑ 18 arachne.Berkeley.EDU (169.229.131.109) 207.750 ms 210.497 ms 218.134 ms
- 

# Pérdida de paquetes

- ❑ Buffer de procesamiento en enlace tiene capacidad finita
- ❑ Cuando un paquete llega a una cola llena, paquete es descartado (pérdido)
- ❑ Paquetes perdidos pueden ser retransmitidos por nodo previo, por el computador fuente, o no retransmitido.

# Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

1.3 Red central (core)

1.4 Red de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet y ISPs

1.6 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.8 Historia (lectura personal)

# "Capas" de Protocolos

## Las redes son complejas!

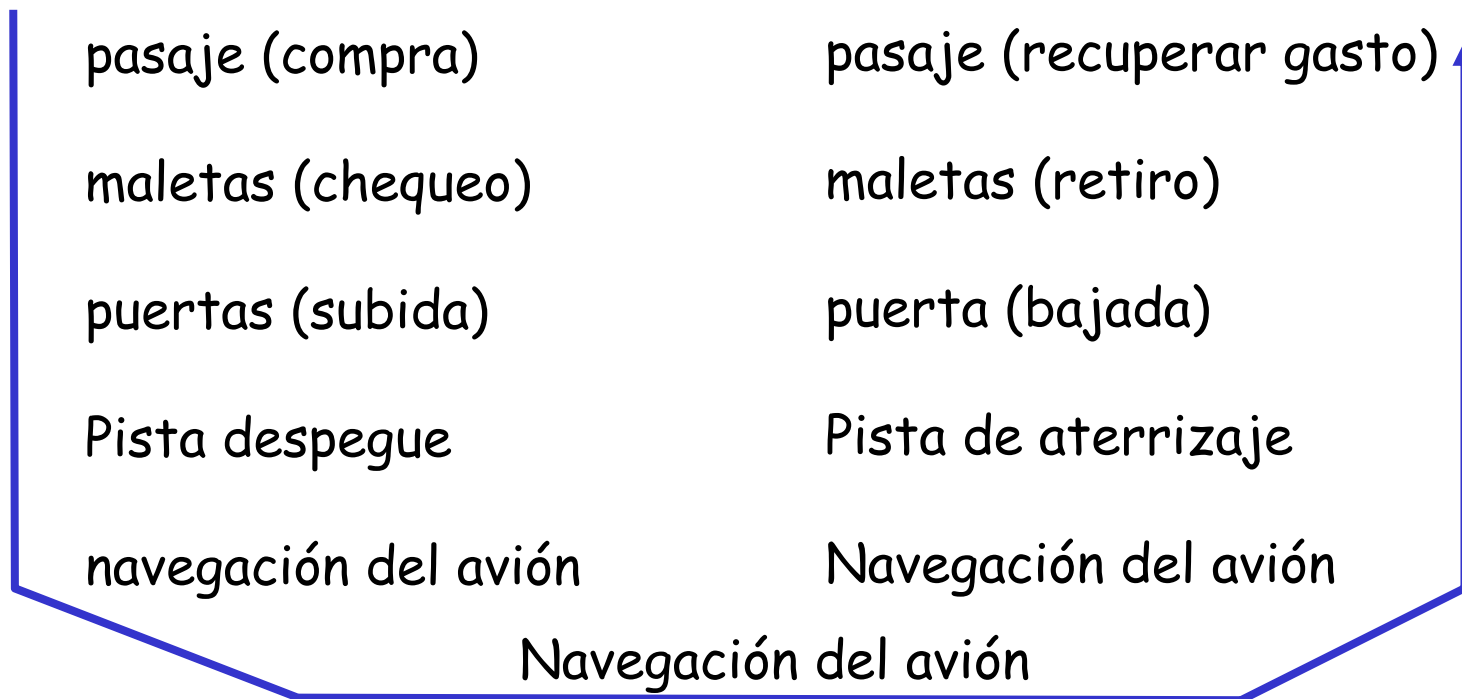
- ❑ Muchos "componentes":
  - hosts
  - routers
  - Enlaces de varios medios
  - aplicaciones
  - protocolos
  - hardware, software

## Pregunta:

Hay alguna esperanza de *organizar* la estructura de la red?

O al menos nuestra discusión de la red?

# Ejemplo sistema complejo: Organización de un vuelo



□ Una serie de pasos

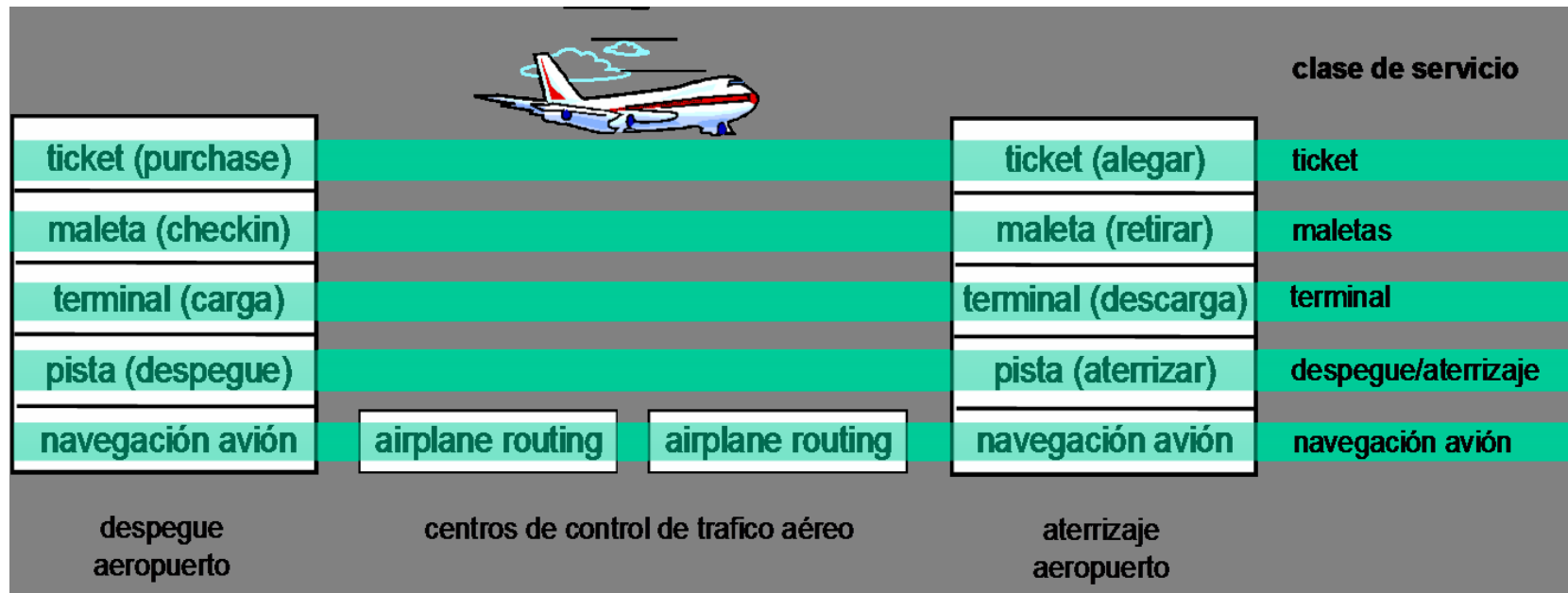


# ¿por qué capas?

Nos enfrentamos a sistemas complejos:

- ❑ Estructura explícita permite identificación y relación de la partes complejas del sistema
  - **modelo de referencia de capas** para análisis y discusión
- ❑ Modularización facilita mantención, actualización del sistema
  - Cambio de la implementación de la capa de servicio es transparente al resto del sistema
  - e.g., cambio en procedimiento puerta no afecta al resto

# Capas en el funcionamiento de una aerolínea

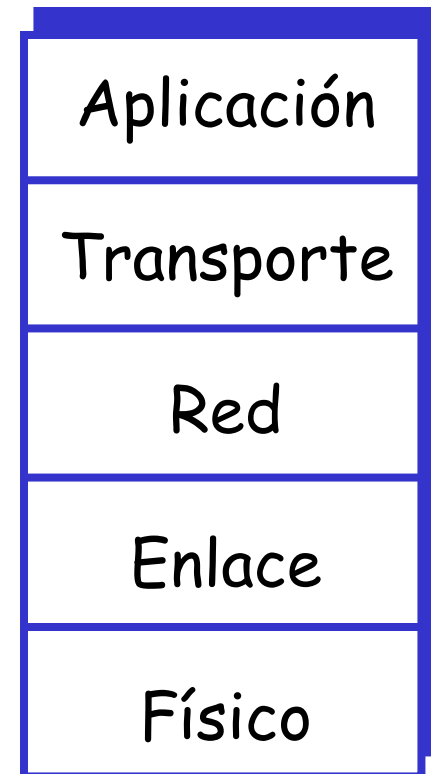


**Capas:** cada capa implementa una clase de servicio

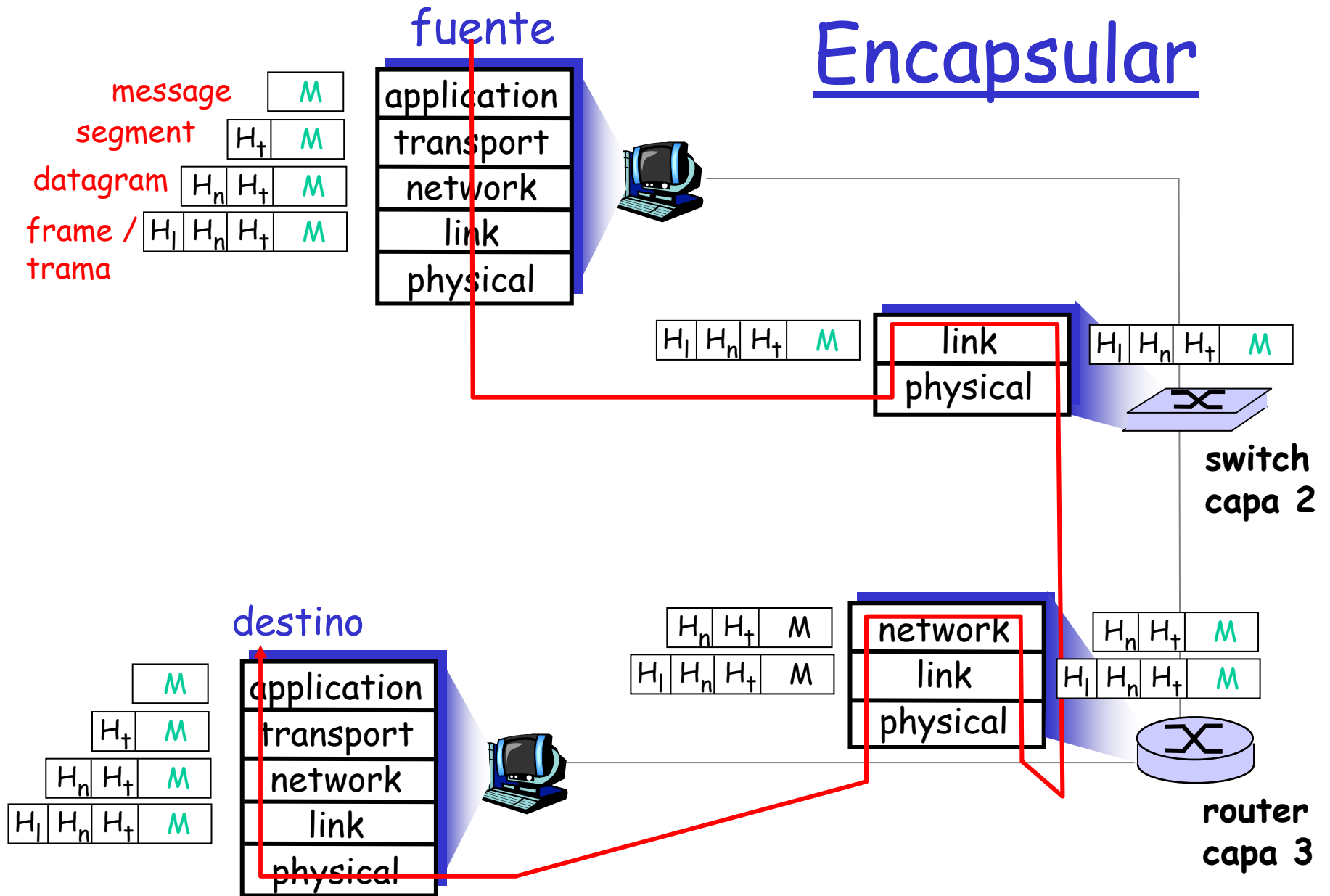
- a través de acciones internas a esa capa
- depende de servicios proveídos de capas mas abajo

# Pila de protocolos en Internet (protocol stack)

- ❑ **aplicación:** compuesto por las aplicaciones de red
  - FTP, SMTP, STTP
- ❑ **transporte:** transferencia de datos host-host
  - TCP, UDP
- ❑ **red:** ruteo de datagramas desde fuente a destino
  - IP, protocolos de ruteo
- ❑ **enlace:** transferencia de datos entre elementos vecinos en la red
  - PPP, Ethernet
- ❑ **físico:** transporte de bits "en el cable"

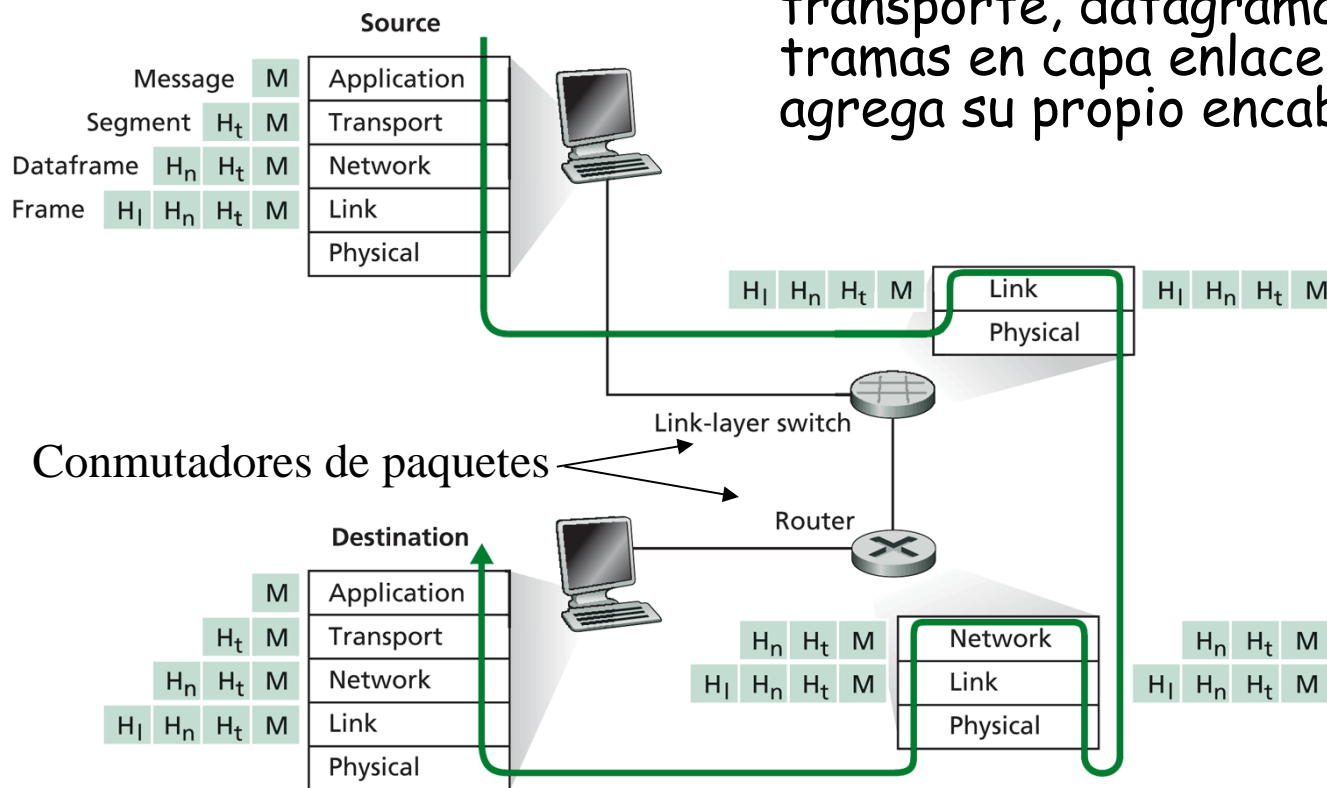


# Encapsular



# Capas: mensajes, segmentos, datagramas y tramas

- Unidades de información intercambiadas por las distintas capas: Mensajes de nivel aplicación, segmentos de la capa transporte, datagramas en capa red y tramas en capa enlace de datos. Cada capa agrega su propio encabezado.



**Figure 1.18** ♦ Hosts, routers, and link-layer switches; each contains a different set of layers, reflecting their differences in functionality

# Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

1.3 Red central (core)

1.4 Red de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet y ISPs

1.6 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.8 Historia (lectura personal - en ingles)

# Internet History

## *1961-1972: Early packet-switching principles*

- ❑ 1961: Kleinrock - queueing theory shows effectiveness of packet-switching
- ❑ 1964: Baran - packet-switching in military nets
- ❑ 1967: ARPAnet conceived by Advanced Research Projects Agency
- ❑ 1969: first ARPAnet node operational
- ❑ 1972:
  - ARPAnet demonstrated publicly
  - NCP (Network Control Protocol) first host-host protocol
  - first e-mail program
  - ARPAnet has 15 nodes

# Internet History

## *1972-1980: Internetworking, new and proprietary nets*

- ❑ 1970: ALOHAnet satellite network in Hawaii
- ❑ 1973: Metcalfe's PhD thesis proposes Ethernet
- ❑ 1974: Cerf and Kahn - architecture for interconnecting networks
- ❑ late70's: proprietary architectures: DECnet, SNA, XNA
- ❑ late 70's: switching fixed length packets (ATM precursor)
- ❑ 1979: ARPAnet has 200 nodes

### **Cerf and Kahn's internetworking principles:**

- minimalism, autonomy - no internal changes required to interconnect networks
- best effort service model
- stateless routers
- decentralized control

**define today's Internet  
architecture**



# Internet History

*1990, 2000's: commercialization, the Web, new apps*

- ❑ Early 1990's: ARPAnet decommissioned
- ❑ 1991: NSF lifts restrictions on commercial use of NSFnet (decommissioned, 1995)
- ❑ early 1990s: Web
  - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, later Netscape
  - late 1990's: commercialization of the Web

## Late 1990's - 2000's:

- ❑ more killer apps: instant messaging, P2P file sharing
- ❑ network security to forefront
- ❑ est. 50 million host, 100 million+ users
- ❑ backbone links running at Gbps

# Introducción: Resumen

- ❑ Vista global de Internet
- ❑ Qué es un protocolo?
- ❑ Periferia de la red, su núcleo, redes de acceso
  - Conmutación de paquetes versus conmutación de circuitos
- ❑ Estructura de Internet/ISP
- ❑ desempeño: pérdidas, retardo
- ❑ Modelo de servicio de capas
- ❑ historia

## Ahora ustedes tienen:

- ❑ contexto, visión general de la red
- ❑ Más detalles en profundidad *por venir!*