

Capítulo 1: Introducción - III

ELO322: Redes de Computadores

Agustín J. González

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.
- Material del curso anterior ELO322 del Prof. Tomás Arredondo V.

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

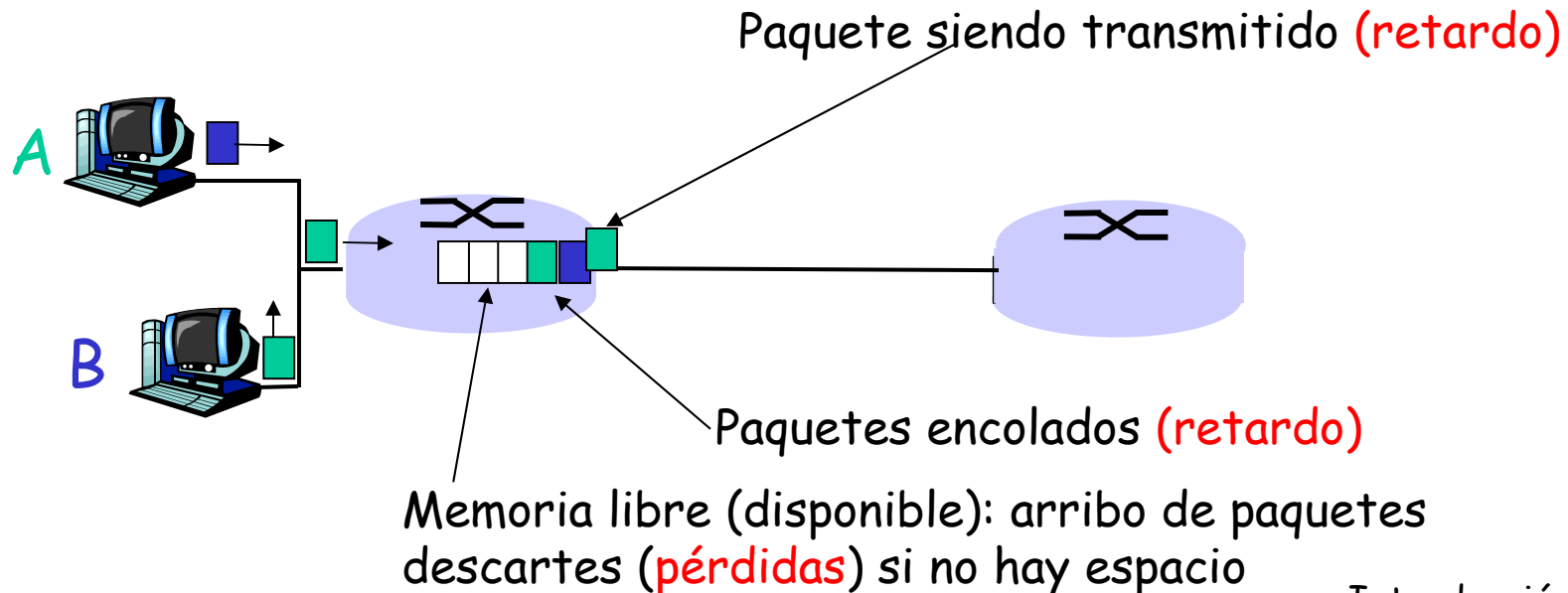
1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.8 Historia (lectura personal)

¿Cómo ocurren las pérdidas y retardos?

Los paquetes son *encolados* en la memoria de cada router

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



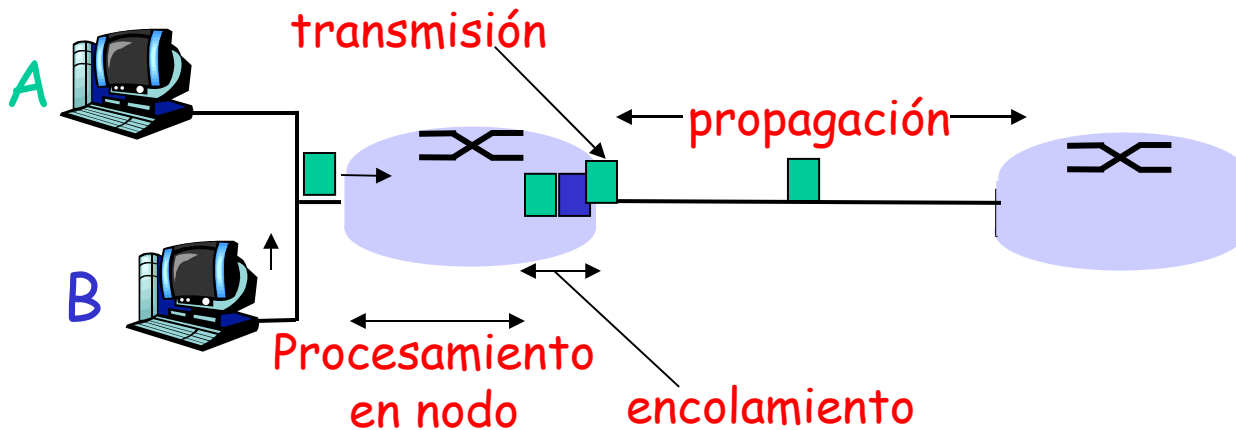
Cuatro fuentes de retardo de paquetes

□ 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

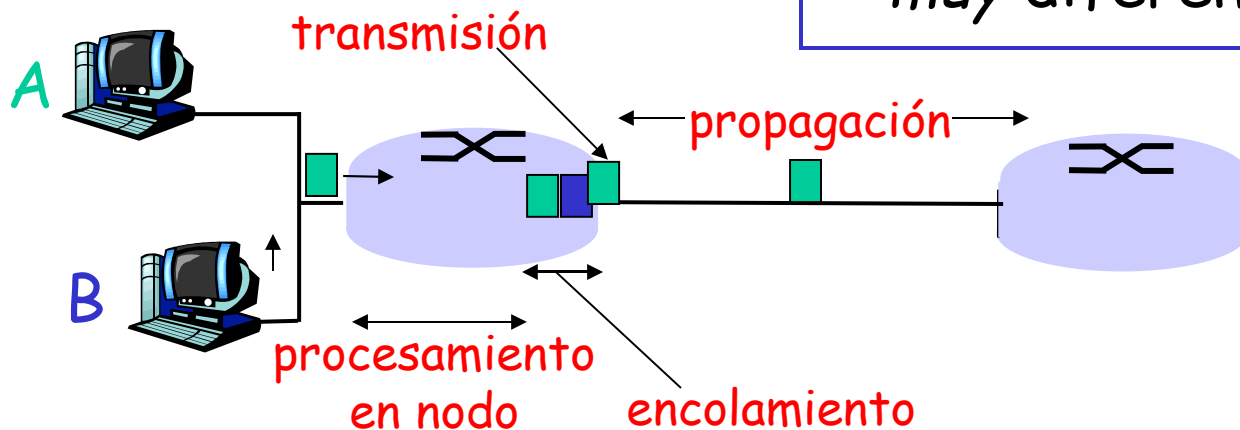
□ 3. Retardo de transmisión:

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

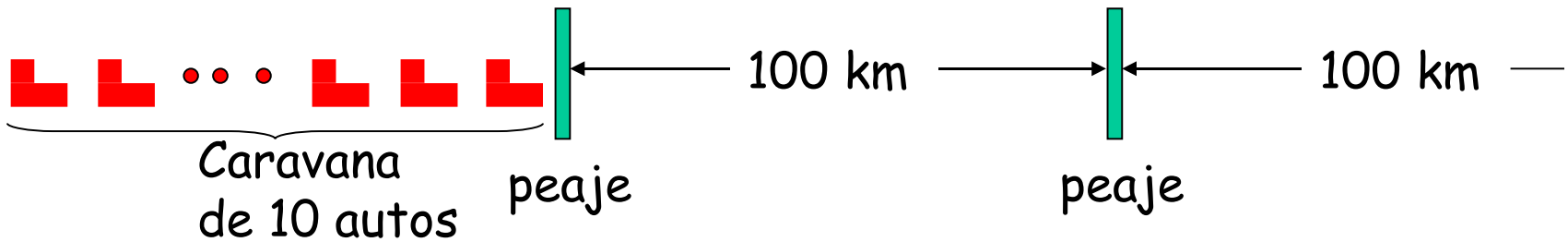
□ 4. Retardo de propagación:

- 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!

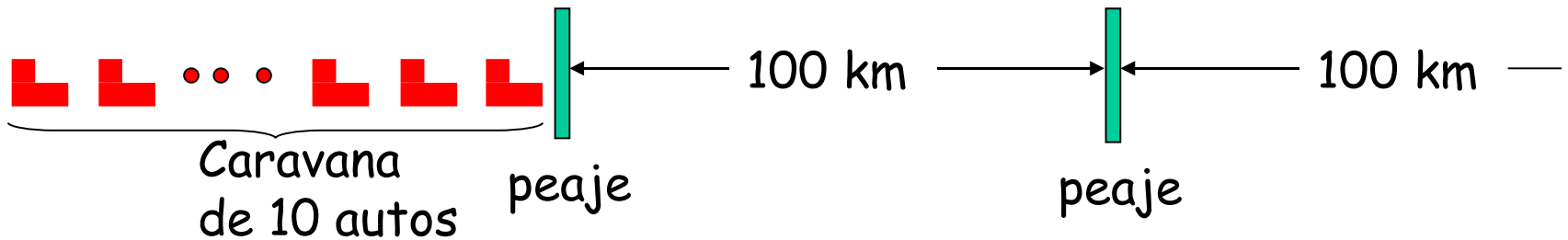


Caravana como analogía



- ❑ 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 = $12 \cdot 10 = 120$ s
- ❑ Tiempo de propagación del último auto hasta 2do peaje: $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1$ h
- ❑ A: 62 minutos

Caravana como analogía (más)



- Ahora los autos se "propagan" a 1000 km/h
- Peaje se demora 1 min en atender un auto.
- Q: ¿Llegarán autos al 2do peaje antes que todos paguen le primero?
- **Sí!** Después de 7 min, 1ero llega al 2do peaje y 3 autos aún están 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 el caso común en Ethernet.

Retardo en el nodo

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

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

Retardo de encolamiento

(revisitado)

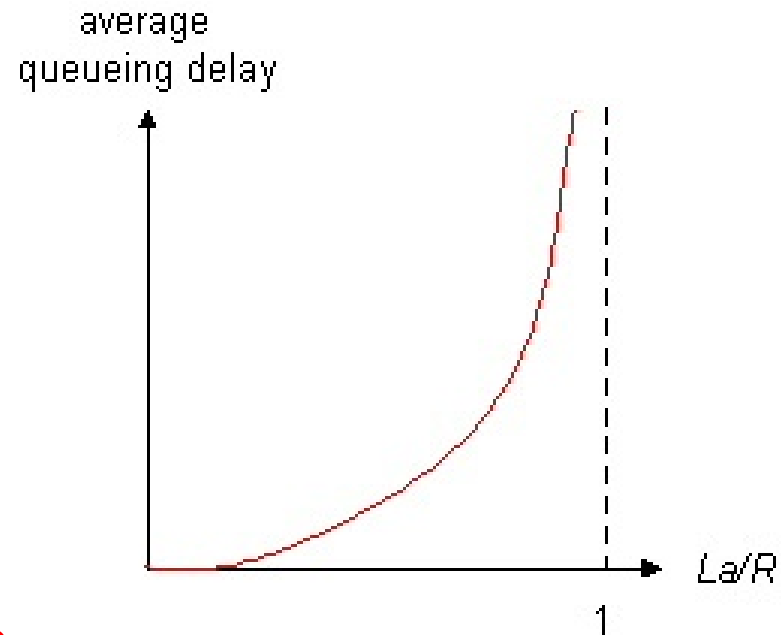
- R =bandwidth del enlace de salida (bps)
- L =largo del paquete (bits), asumiremos cte.
- a =tasa promedio de arribo de paquetes

$\lambda = n^\circ$ bits/s de entrada.

Intensidad de tráfico = $\lambda L/R$

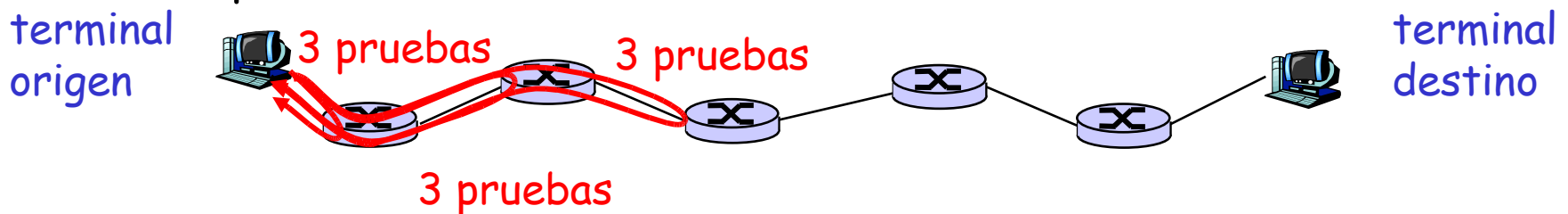
Pregunta: ¿Qué pasa con diferentes valores de $\lambda L/R$?

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



Retardo "Real" en Internet y rutas

- ❑ ¿Cuáles son los retardos reales en Internet y las rutas de los paquetes?
- ❑ **Programa traceroute**: entrega medidas del retardo desde el terminal de origen hacia cada router en la ruta al destino en Internet. (en windows tracert)
- ❑ 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)

tracert: 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-oceánico

* 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, el paquete es descartado (pérdida)
- ❑ 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!

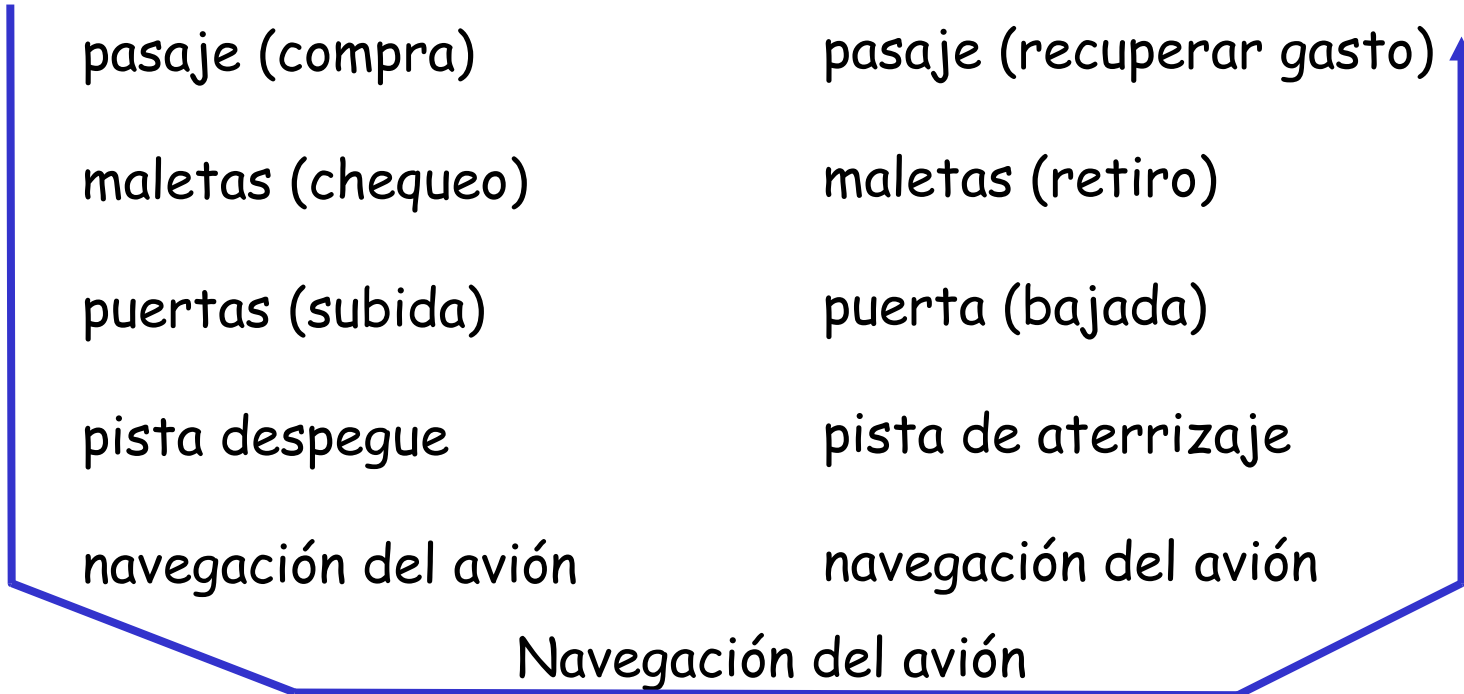
- ❑ Muchos "componentes":
 - hosts
 - routers
 - enlaces de varios medios
 - aplicaciones
 - protocolos
 - hardware, software

Pregunta:

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

O al menos nuestra discusión de la red?

Ejemplo sistema complejo: Transporte Aéreo



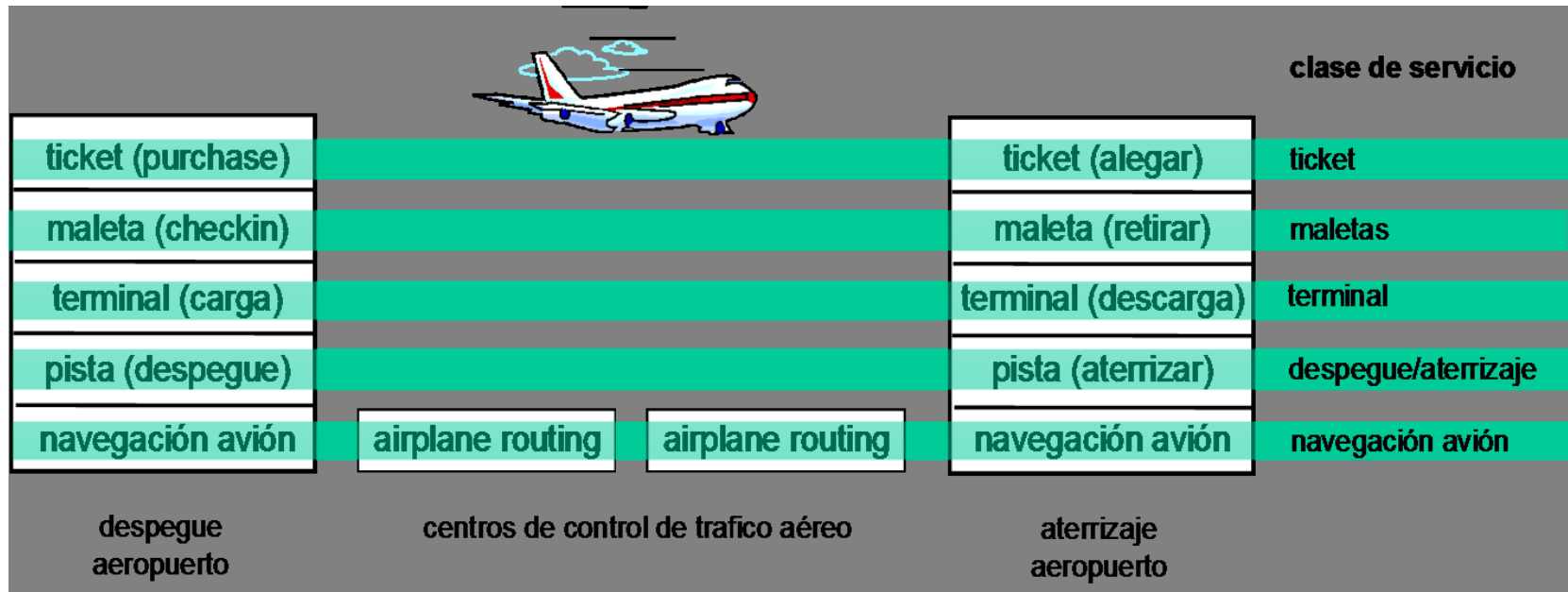
- Una serie de pasos

¿Por qué usar 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 puertas (caso avión) no afecta al resto

Capas en el funcionamiento de una aerolínea

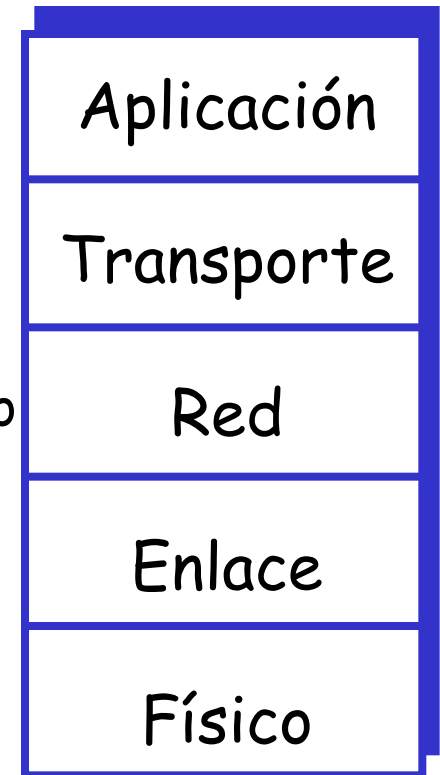


Capas: cada capa implementa una **clase de servicio**

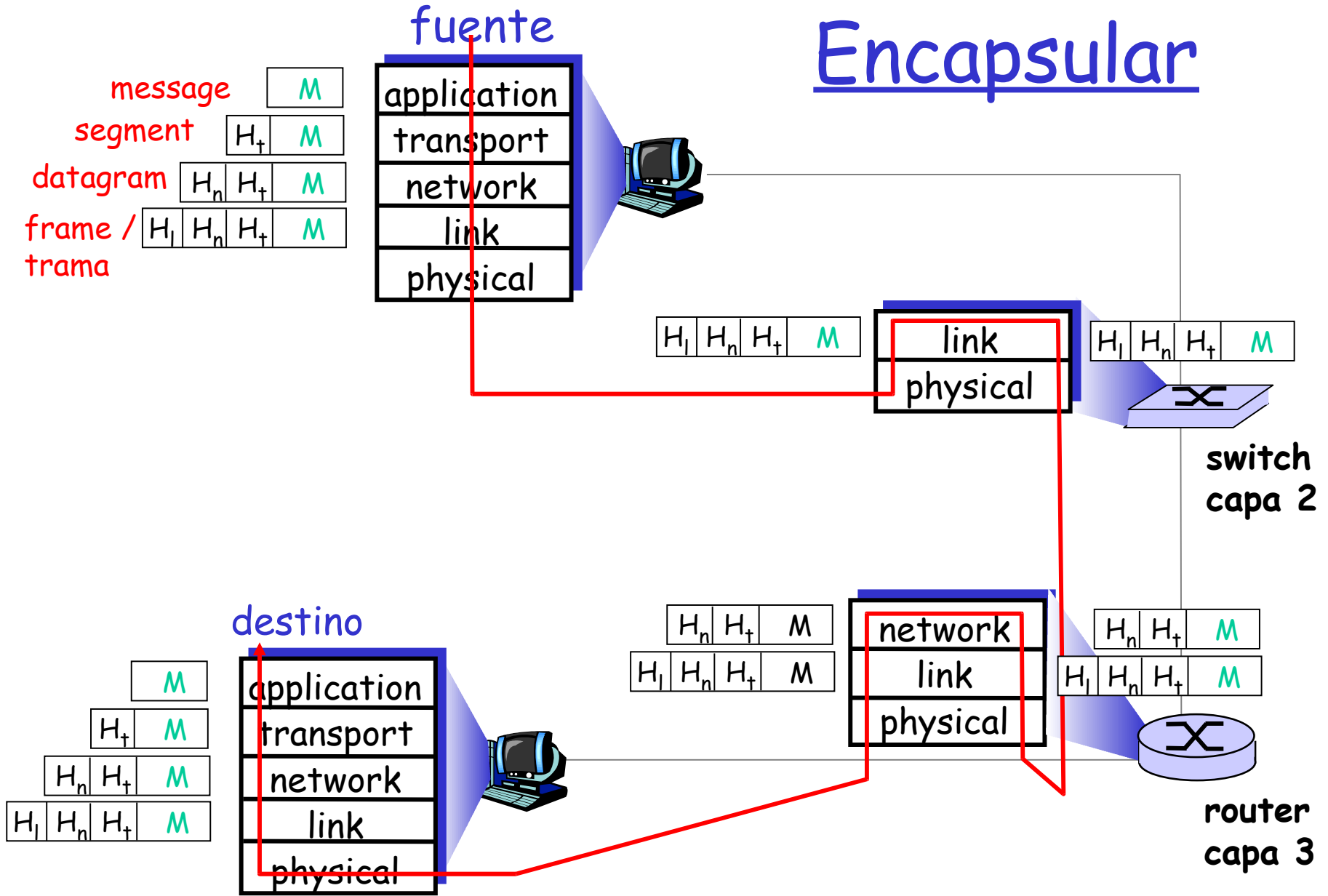
- a través de acciones internas a esa capa
- depende de servicios provistos por capas más abajo

Pila de protocolos en Internet (protocol stack) - modelo TCP/IP

- ❑ **aplicación:** compuesto por las aplicaciones de red
 - FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **transporte:** transferencia de datos host-host para una aplicación específica
 - TCP, UDP, SCTP (2000), DCCP (2006) Proyecto?
- ❑ **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"
- ❑ El modelo OSI (open System Interconnection) incluye capas de Presentación y Sesión adicionales no incluidos en el modelo TCP/IP



Encapsular



Unidades de información: 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.

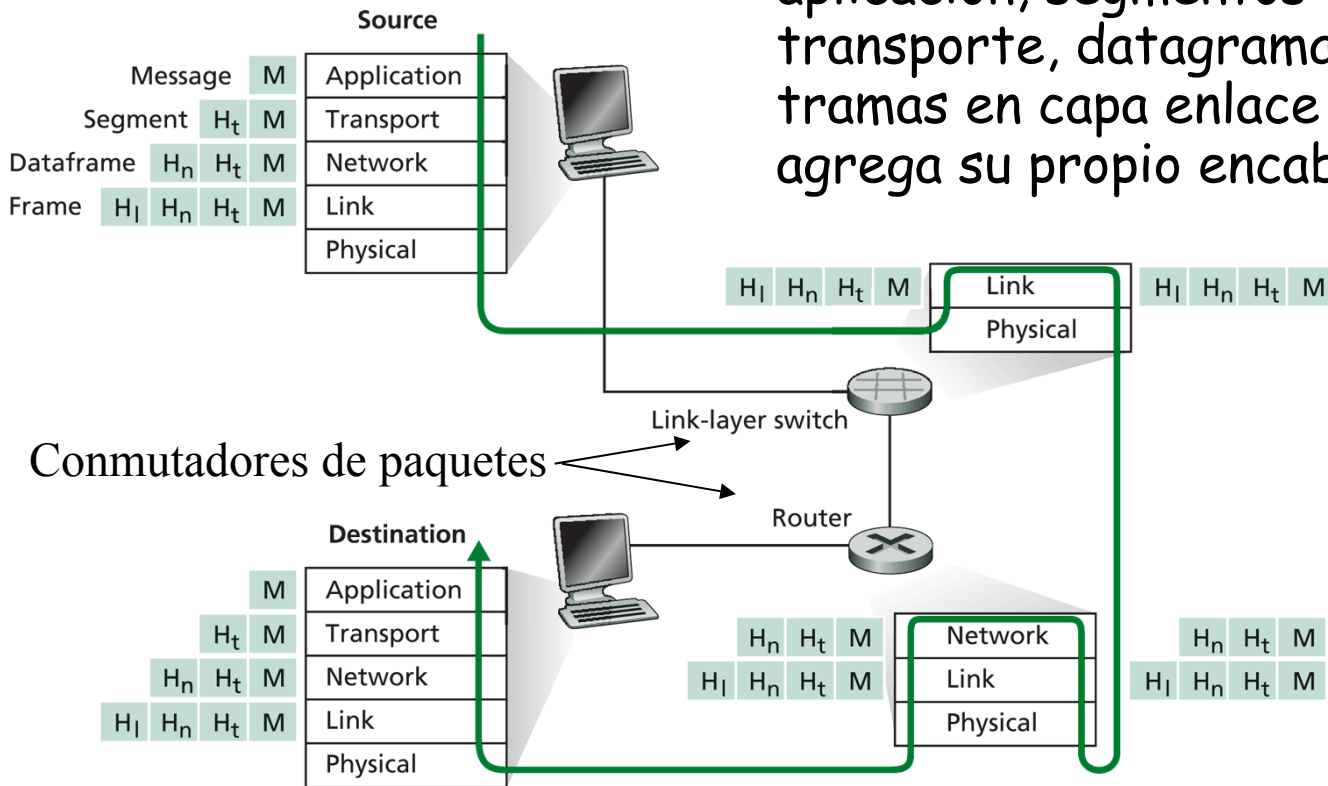


Figure 1.18 ♦ Hosts, routers, and link-layer switches; each contains a different set of layers, reflecting their differences in functionality

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

Historia de Internet:

ver también: <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>
http://www.computerhistory.org/internet_history/

1961-1972: Principios sobre packet-switching

- 1961: Leonard Kleinrock - Teoría de colas muestra efectividad de packet-switching
- 1964: Baran - packet-switching en redes militares
- 1967: ARPAnet concebida por Advanced Research Projects Agency
- 1969: primer nodo ARPAnet operacional usando IMP (Internet Message Processor)



- 1972:
 - ARPAnet demostrado públicamente
 - NCP (Network Control Protocol) primer protocolo host-host => TCP
 - 1º programa e-mail
 - ARPAnet tiene 15 nodos

Historia de Internet

1972-1980: Redes de comp., nuevas y propietarias

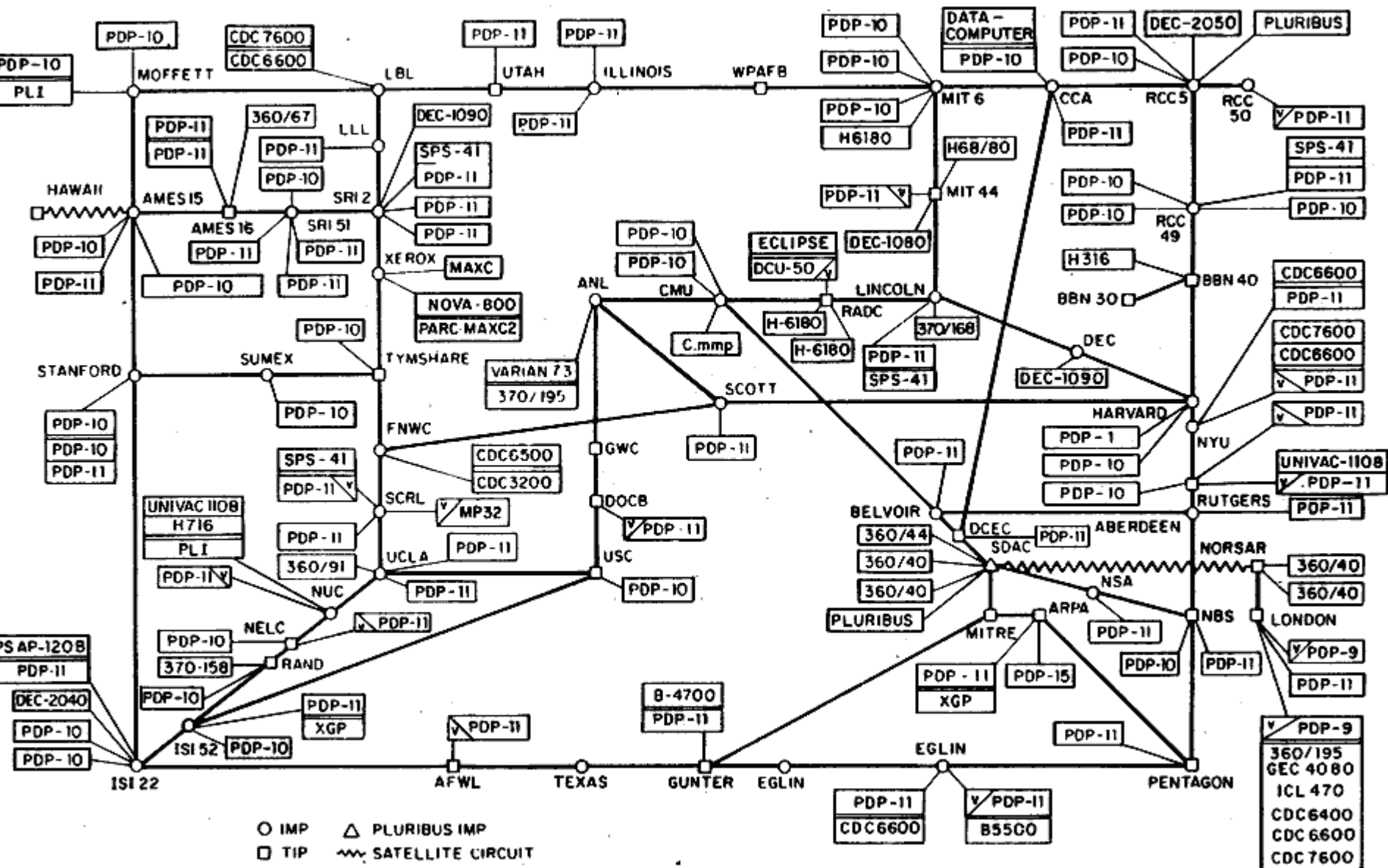
- ❑ 1970: ALOHAnet red satelital en Hawaii
- ❑ 1973: Tesis de PhD de Metcalfe propone Ethernet
- ❑ 1974: Cerf and Kahn - Arquitectura para interconectar redes
- ❑ late70's: arquitecturas propietarias: DECnet, SNA, XNA
- ❑ late 70's: Conmutación de paquetes de largo fijo (ATM precursor)
- ❑ 1979: ARPAnet tiene 200 nodos

Principios de redes de Cerf y Kahn :

- minimalismo, autonomía
- no requiere cambios internos para interconectar redes
- Modelo de servicio de mejor esfuerzo (best effort service)
- Routers sin estado
- Control descentralizado

define la arquitectura actual de Internet

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE MOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

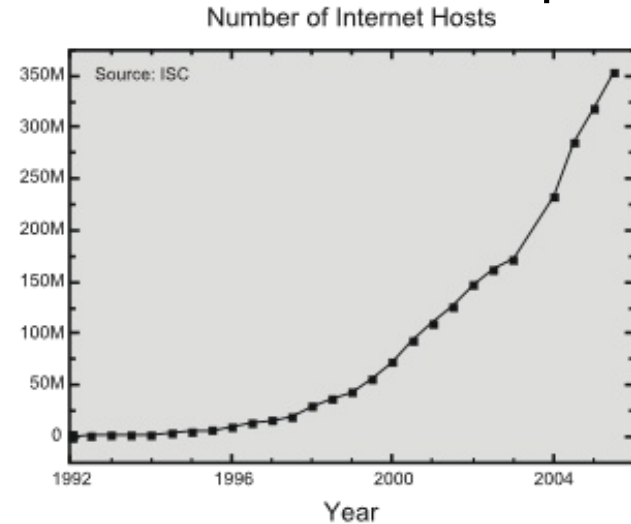
Historia de Internet

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

Finales 1990's - 2000's:

- ❑ Inicios 1990's: ARPAnet dejó de operar
- ❑ 1991: NSF levantó restricciones para uso comercial del NSFnet (ésta cesó, 1995)
- ❑ Inicios 1990's: Web
 - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, luego Netscape
 - Finales de 1990's: comercialización de la Web

- ❑ Más killer apps: mensajería instantánea, P2P compartición de archivos
- ❑ Seguridad en redes
- ❑ 50 millones de hosts, 100 millones+ usuarios
- ❑ Backbone corre a 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!*