



ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

Retardos

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
3º Ingeniería de Telecomunicación

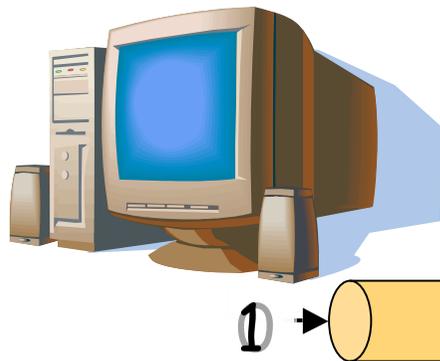
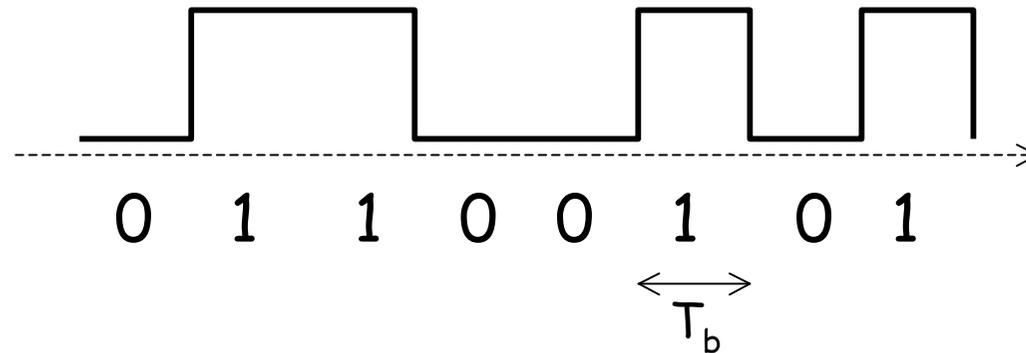
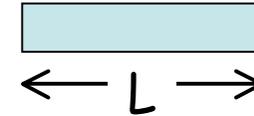


Retardo de transmisión

- Tiempo que tarda el transmisor en colocar los bits en el canal
- Bits por segundo (...)

- Ejemplo:

- Longitud del paquete $L = 1.500 \text{ Bytes} = 12.000 \text{ bits}$
- Tasa de transmisión $R = 57.600 \text{ bps}$ ($T_b = 17.36 \mu\text{seg}$)
- Tiempo de transmisión $= L/R = 12.000 \text{ bits} / 57.600 \text{ bps} \approx 208 \text{ mseg}$





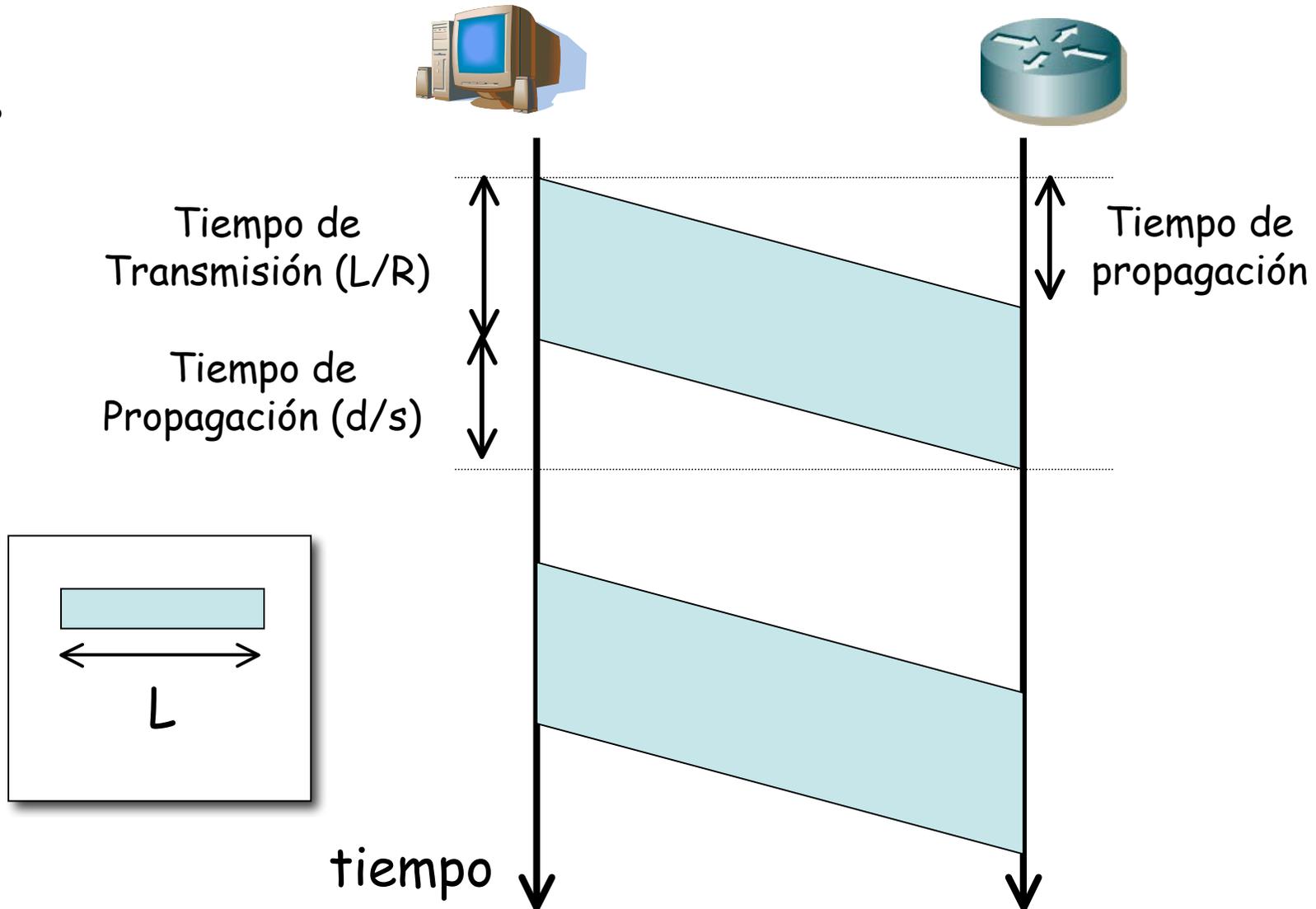
Retardo de propagación

- Tiempo que tarda la señal en llegar al otro extremo del sistema de transmisión (...)
- Ejemplo:
 - Longitud del enlace físico $d = 2.000\text{Km}$
 - Velocidad de propagación en el medio $s = 200.000 \text{ Km/seg}$
 - Retardo de propagación $= d/s = 2 \times 10^6 \text{ m} / (2 \times 10^8 \text{ m/seg}) = 10 \text{ mseg}$
- La velocidad de transmisión y la velocidad de propagación son conceptos muy diferentes



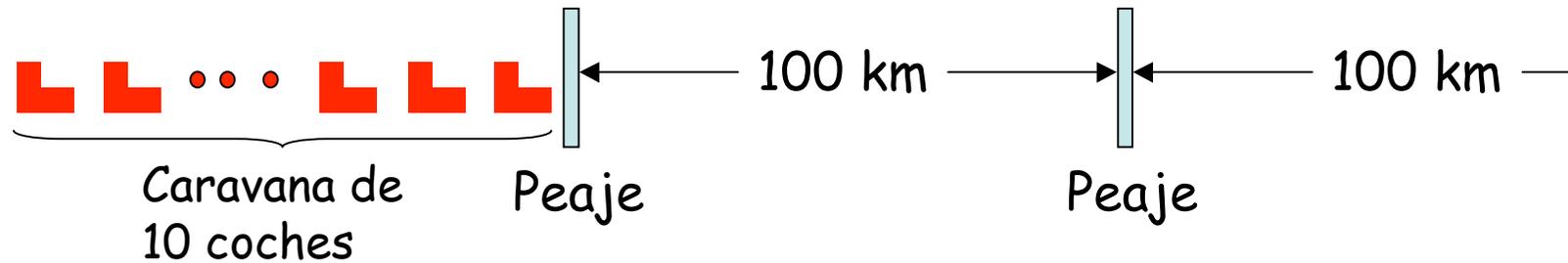


Retardos de transmisión y propagación





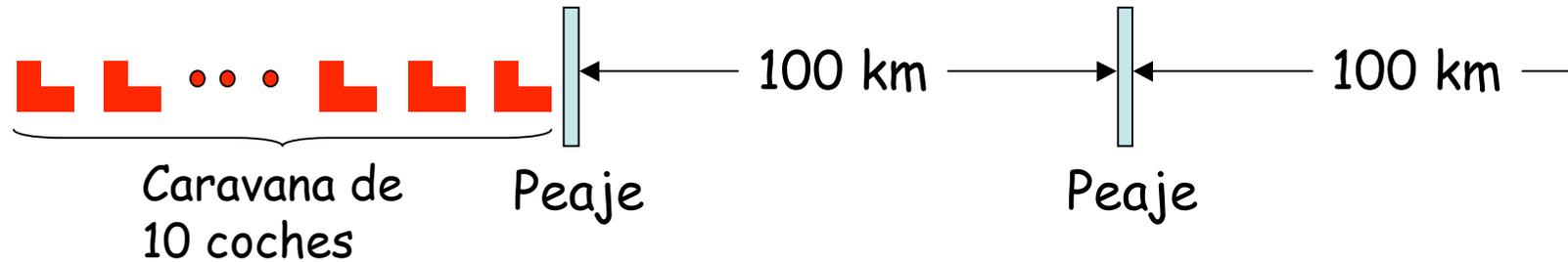
Analogía de la caravana



- Coche \approx bit; caravana \approx paquete
- Los coches se “propagan” a 100 km/h
- El peaje tarda 12 seg en dar servicio a un coche (tiempo de transmisión)
- ¿Cuánto tiempo hasta que la caravana esté por completo ante el segundo peaje?
- Tiempo para que pase toda la caravana por el peaje = $12 \times 10 = 120 \text{ seg} = 2 \text{ min}$
- Tiempo para que el último coche se propague del primer al segundo peaje = $100 \text{ Km} / (100 \text{ Km/h}) = 1 \text{ h}$
- Respuesta: 62 minutos



Analogía de la caravana

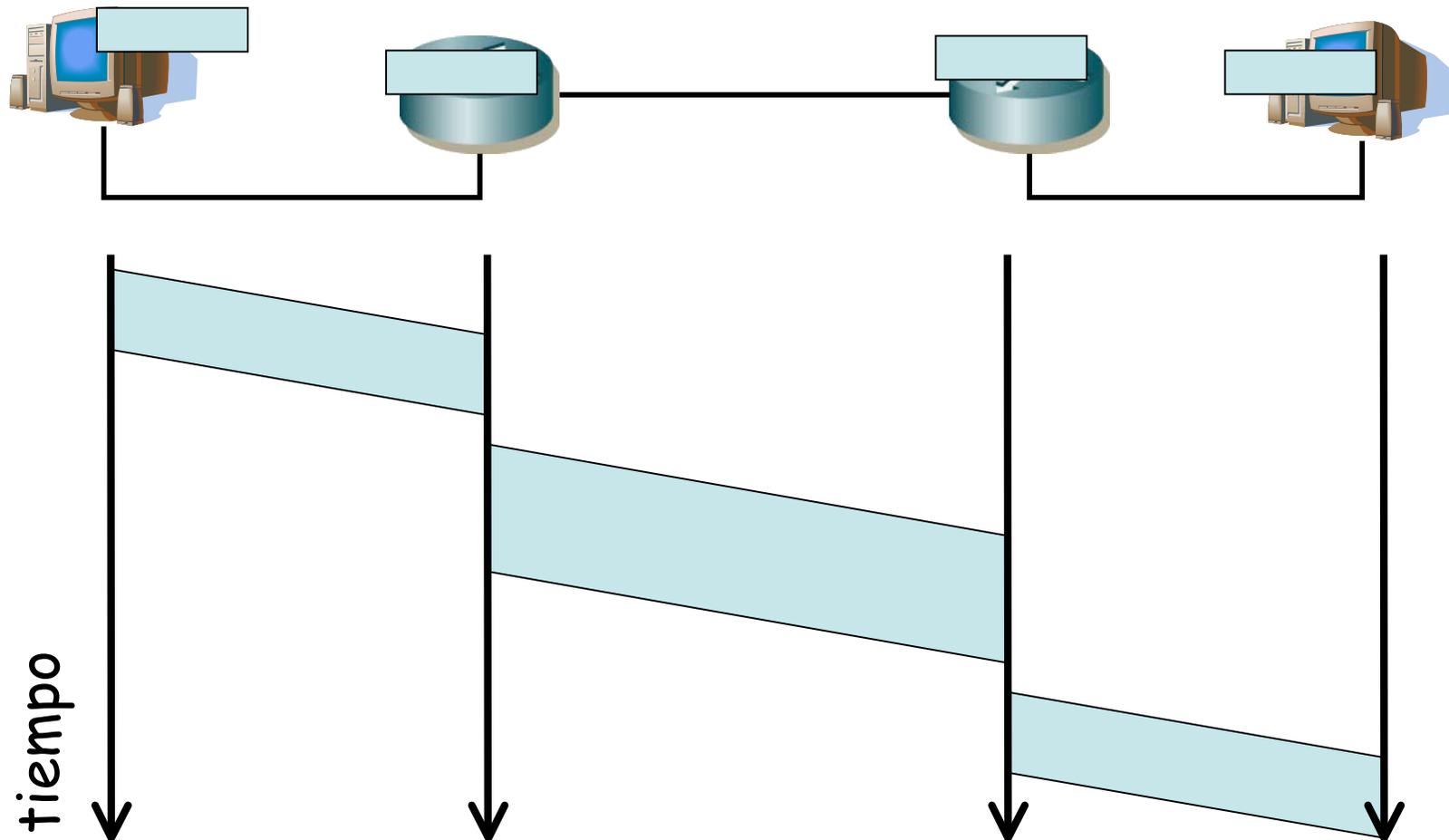


- Los coches se “propagan” a 1.000 km/h
- El peaje tarda 1min en dar servicio a un coche
- ¿Llegarán coches al segundo peaje antes de que se les dé servicio a todos en el primero?
- Tiempo para que un coche se propague al segundo peaje = $100\text{Km}/(1,000\text{Km/h}) = 0.1\text{h} = 6\text{min}$
- Tras $1+6=7\text{min}$ el primer coche está ante el segundo peaje
- En 7min aún quedan 3 coches sin pasar el primer peaje
- Respuesta: Sí
- El primer bit del paquete llega al segundo router antes de que se haya transmitido por completo



Store-and-forward

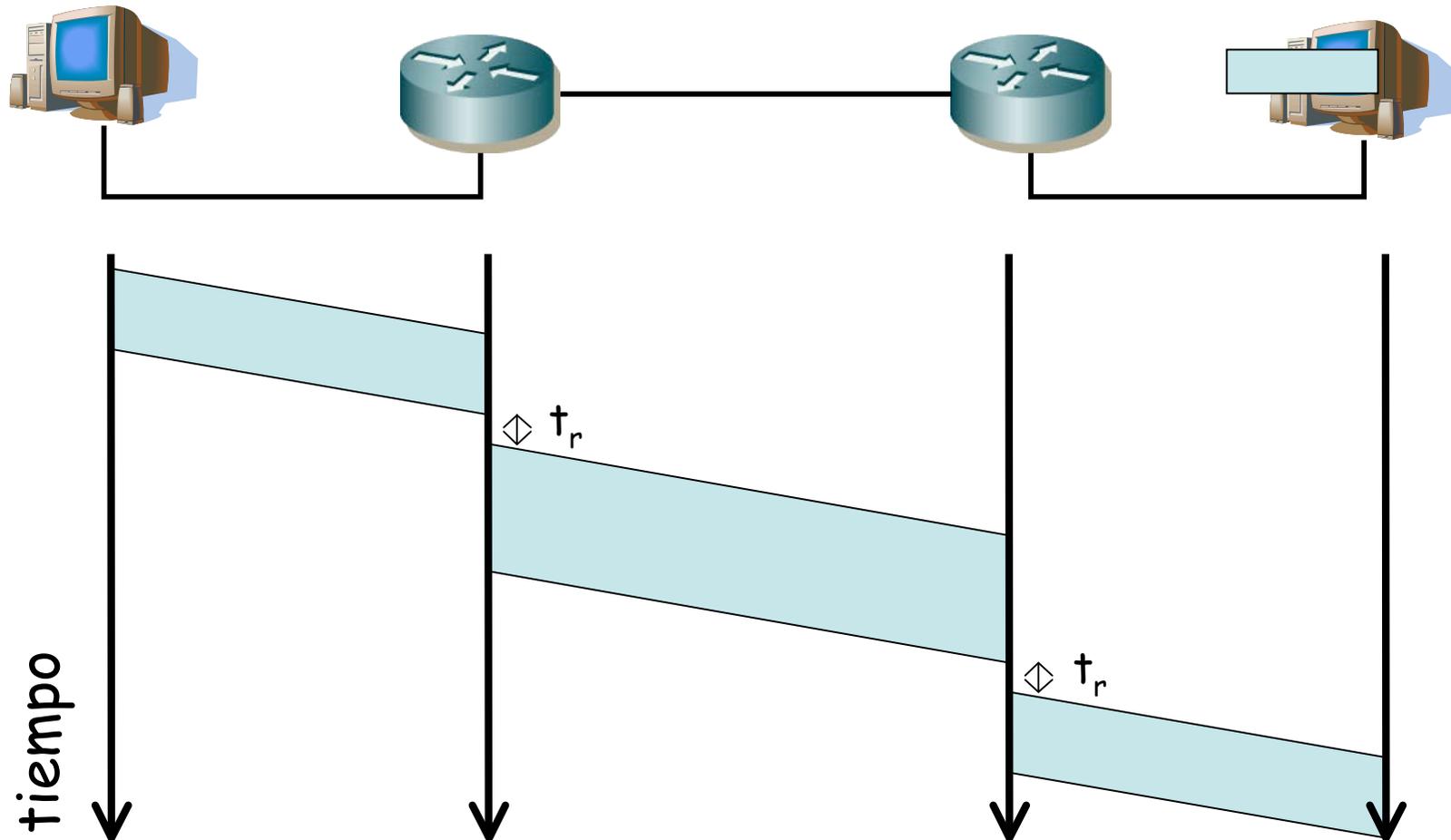
- El paquete completo debe llegar al conmutador de paquetes antes de que lo pueda retransmitir (. . .)





Tiempo de procesamiento

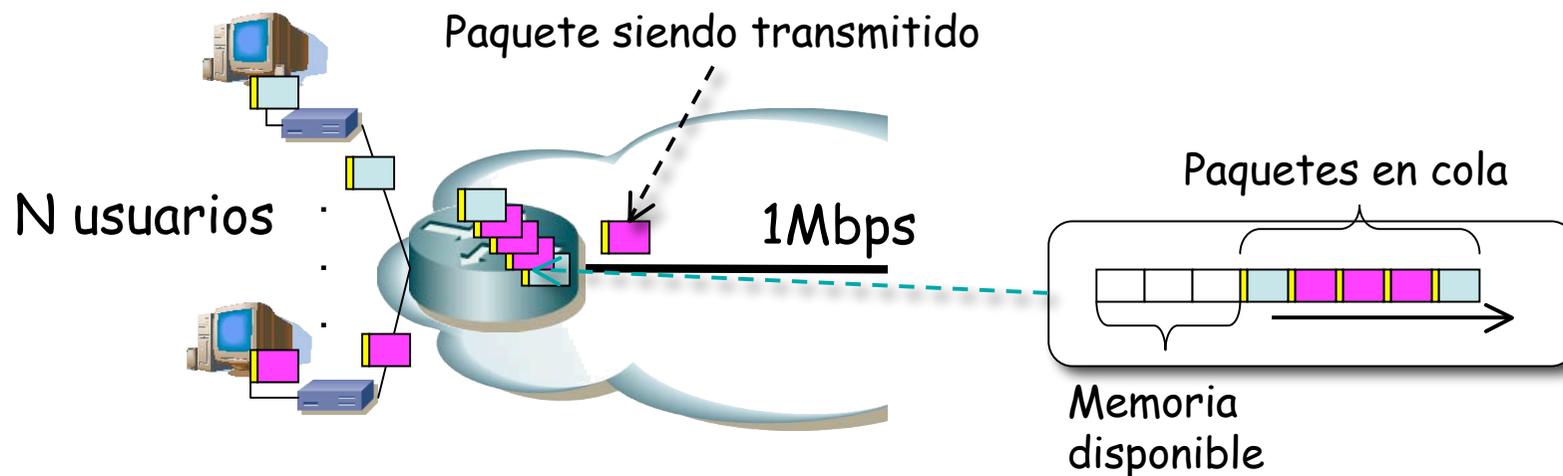
- El conmutador debe tomar una decisión para cada paquete, la cual lleva tiempo (t_r)





Retardo en cola

- Los paquetes pueden llegar al router a una velocidad mayor que la capacidad del enlace de salida
- El router los almacena en memoria hasta poder enviarlos
- Esperan en una *cola*
- Si no queda espacio en memoria para almacenar un paquete, normalmente éste se pierde (*drop-tail policy*)



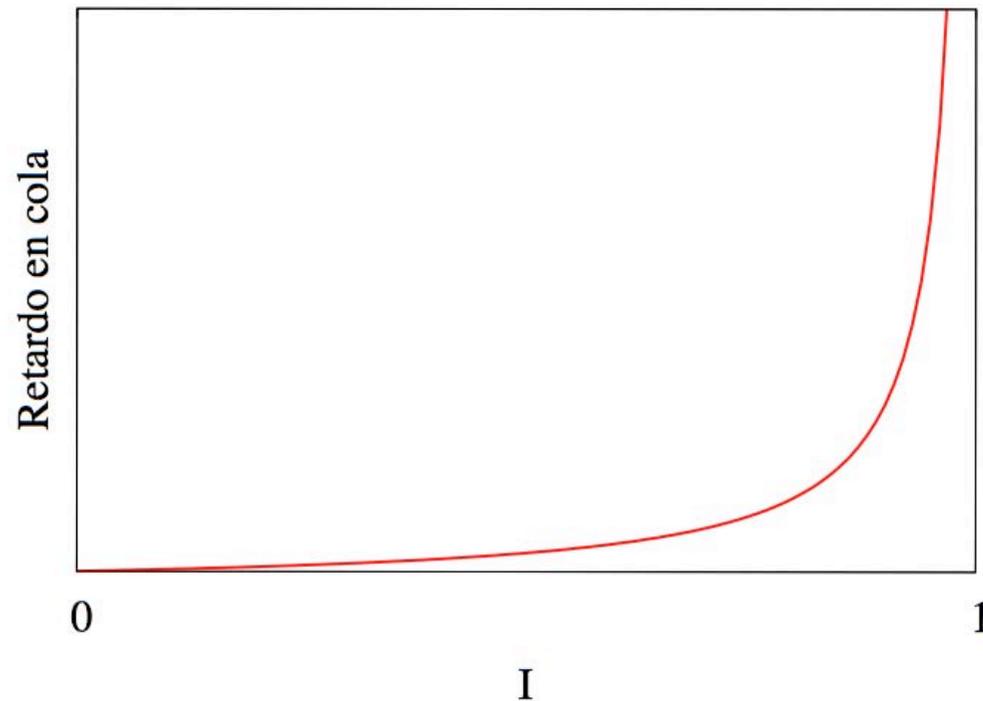


Retardo en cola

- R = tasa de transmisión
- L = longitud del paquete
- λ = tasa media de llegadas por segundo
- ¿ $I > 1$?
- ¿ Llegadas periódicas ?
- ¿ Llegadas en ráfagas ?
- Llegan λ paquetes por segundo
- Llegan λL bps

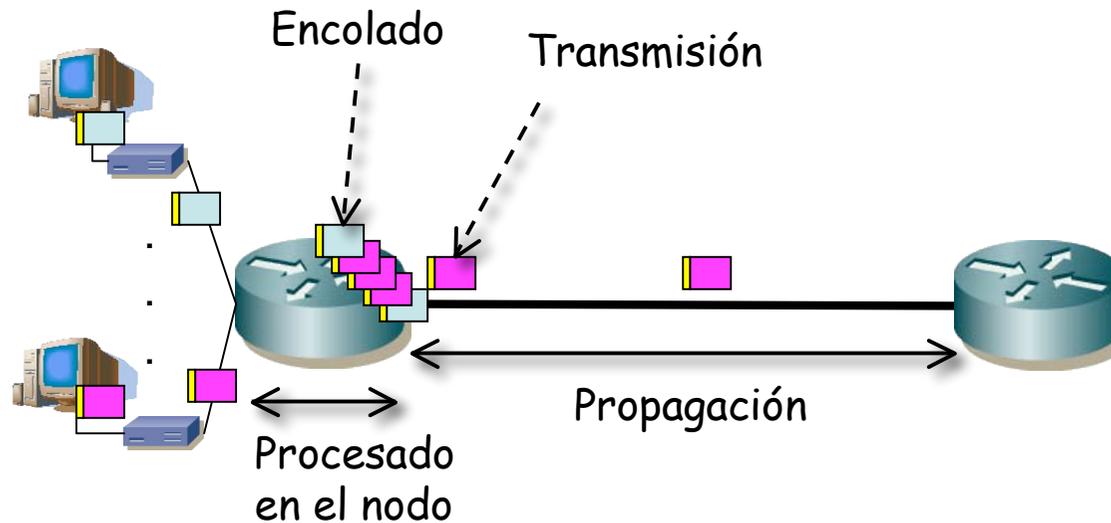
Intensidad del tráfico:

$$I = \frac{\lambda L}{R}$$





Retardos



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

d_{proc} = tiempo de procesado

- Unos microsegundos

d_{cola} = retardo en cola

- Depende de la congestión

d_{trans} = retardo transmisión

- = L/R , significativo en enlaces de baja velocidad

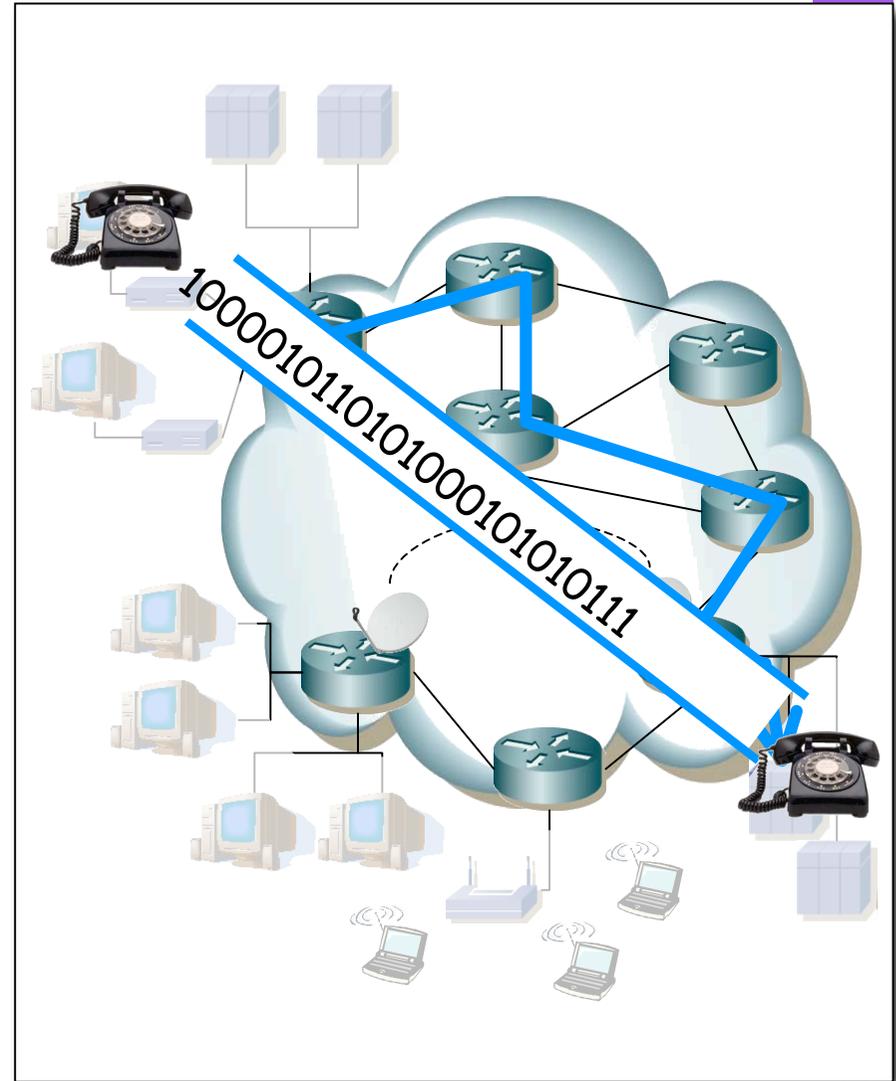
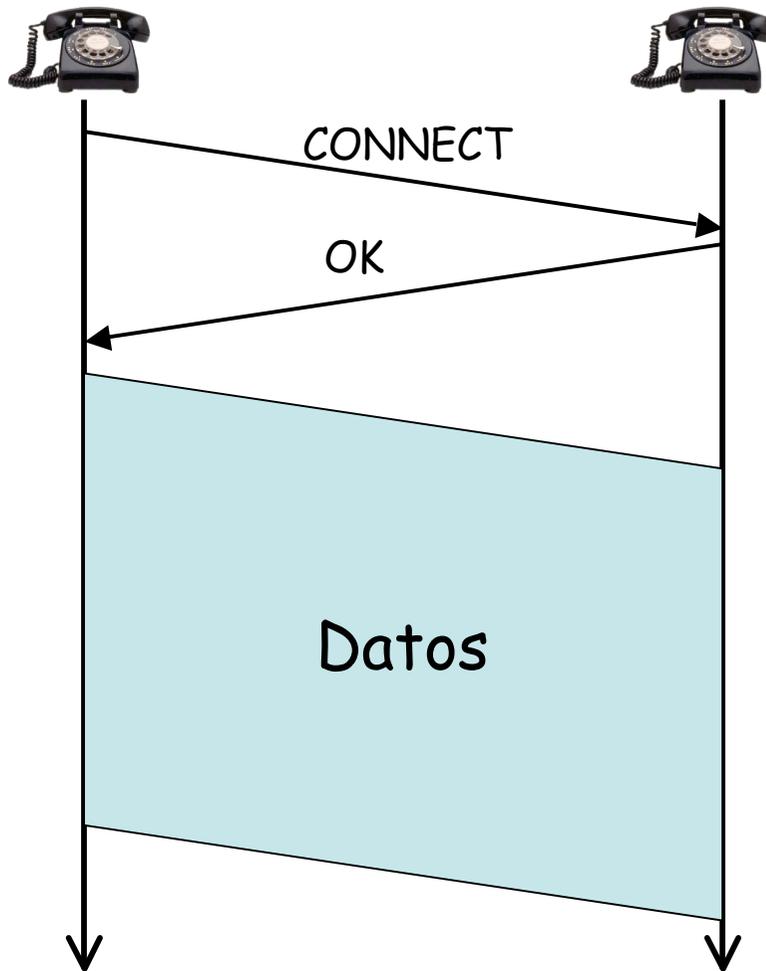
d_{prop} = retardo propagación

- De unos microseg a centenares de mseg



Ejemplo

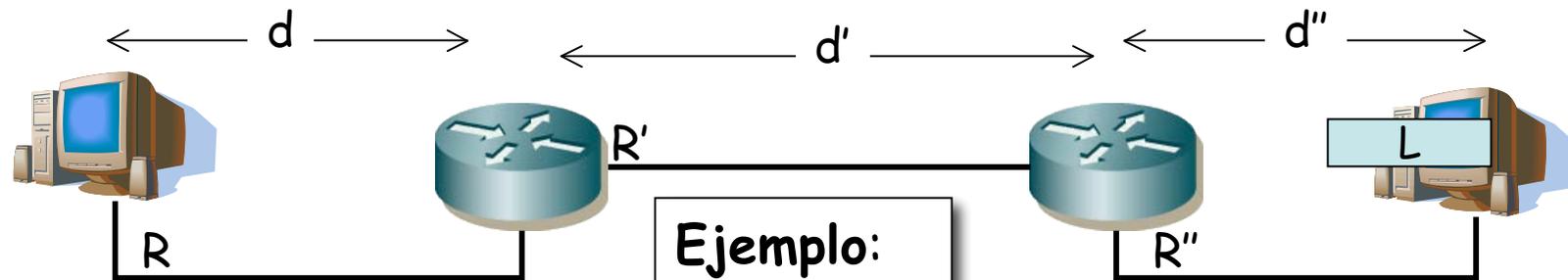
- Conmutación de circuitos





Retardos

- Conmutación de paquetes



Ejemplo:
• $R=R'' > R'$
• $s=s'=s''$
• $t_r=t_r'$
• no encola

$$\text{Delay} = L/R + d/s + t_r + L/R' + d'/s' + t_r' + L/R'' + d'/s'' = 2L/R + L/R' + (d+d'+d'')/s + 2t_r$$

tiemp



Retardos (Ejemplo)

```
daniel% traceroute www.berkeley.edu
```

```
traceroute to arachne.berkeley.edu (169.229.131.109), 30 hops max, 40 byte packets
```

```
1 arce-un.red.unavarra.es (130.206.160.1) 1.691 ms 0.438 ms 0.417 ms
2 ss-in (130.206.158.25) 1.015 ms 3.091 ms 0.658 ms
3 unavarra-router.red.unavarra.es (130.206.158.1) 1.587 ms 1.87 ms 1.506 ms
4 fe0-1-2.eb-pamplona0.red.rediris.es (130.206.209.13) 1.49 ms 1.741 ms 1.25 ms
5 nav.so2-3-0.eb-bilbao0.red.rediris.es (130.206.240.61) 5.279 ms 4.402 ms 4.398 ms
6 pav.so2-0-0.eb-iris2.red.rediris.es (130.206.240.29) 50.039 ms 16.511 ms 16.35 ms
7 so0-0-0.eb-iris4.red.rediris.es (130.206.240.2) 16.341 ms 17.982 ms 16.405 ms
8 rediris.es1.es.geant.net (62.40.103.61) 118.998 ms 16.741 ms 16.755 ms
9 es.it1.it.geant.net (62.40.96.186) 96.679 ms 39.288 ms 39.513 ms
10 it.de2.de.geant.net (62.40.96.61) 91.118 ms 48.088 ms 49.83 ms
11 abilene-gw.de2.de.geant.net (62.40.103.254) 141.935 ms 141.812 ms 141.716 ms
12 atlang-washng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.65) 157.505 ms 157.692 ms 164.648 ms
13 hstng-atlang.abilene.ucaid.edu (198.32.8.33) 177.182 ms 177.144 ms 177.201 ms
14 losang-hstng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.21) 199.049 ms 198.489 ms *
15 hpr-lax-gsr1--abilene-la-10ge.cenic.net (137.164.25.2) 199.004 ms 198.621 ms 284.873 ms
16 svl-hpr--lax-hpr-10ge.cenic.net (137.164.25.13) 215.55 ms 218.166 ms 206.364 ms
17 hpr-ucb-ge--svl-hpr.cenic.net (137.164.27.134) 210.841 ms 207.409 ms 207.479 ms
18 vlan187.inr-201-eva.berkeley.edu (128.32.0.33) 283.445 ms 207.842 ms 207.318 ms
19 g5-1.inr-210-srb.berkeley.edu (128.32.255.65) 211.052 ms 207.341 ms 207.408 ms
20 arachne.berkeley.edu (169.229.131.109) 207.431 ms 207.451 ms 207.4 ms
```