

Paradigmas de conmutación

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

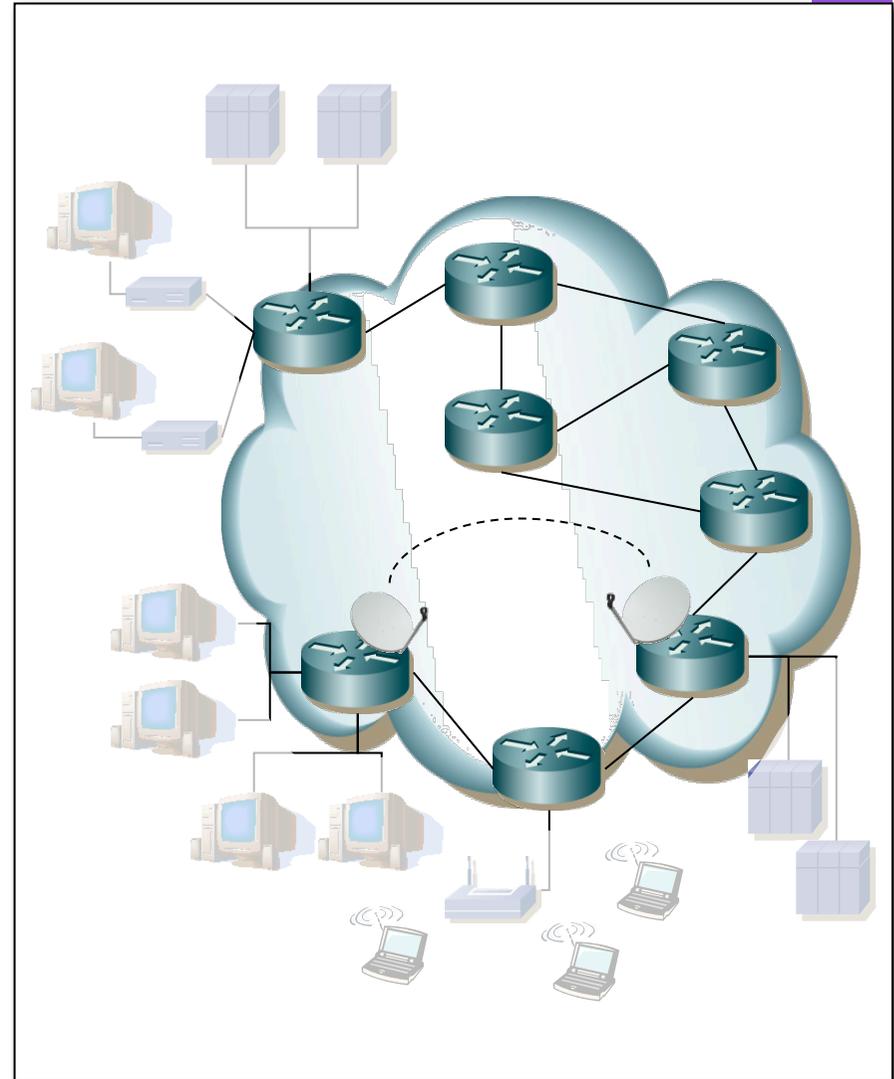
Redes
4º Ingeniería Informática

Temario

1. **Introducción a las redes**
2. Tecnologías para redes de área local
3. Conmutación de circuitos
4. Tecnologías para redes de área extensa y última milla
5. Encaminamiento
6. Arquitectura de conmutadores de paquetes
7. Control de acceso al medio
8. Transporte extremo a extremo

Núcleo de la red

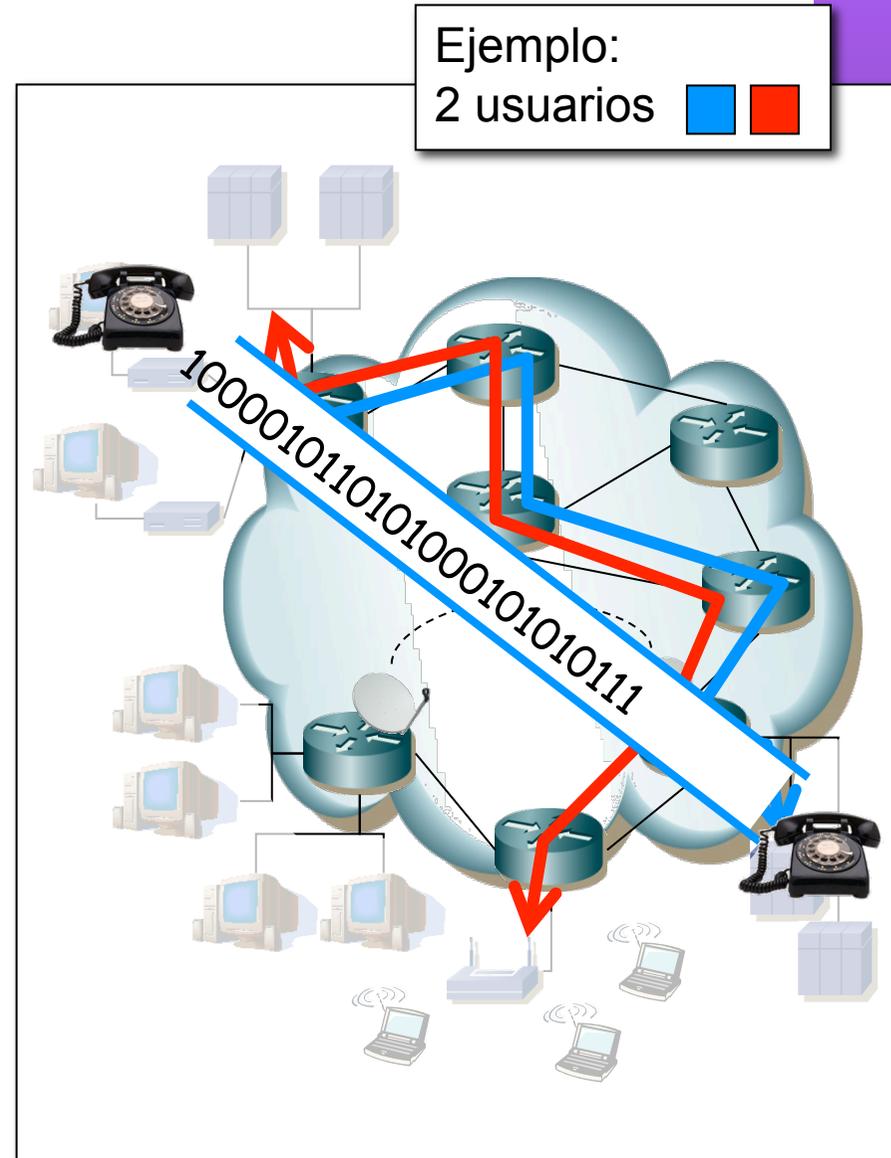
- Interconexión de conmutadores
- *¿Cómo se transfieren los datos por la red?*
 - **Conmutación de circuitos**
 - **Conmutación de paquetes**



Núcleo de la red

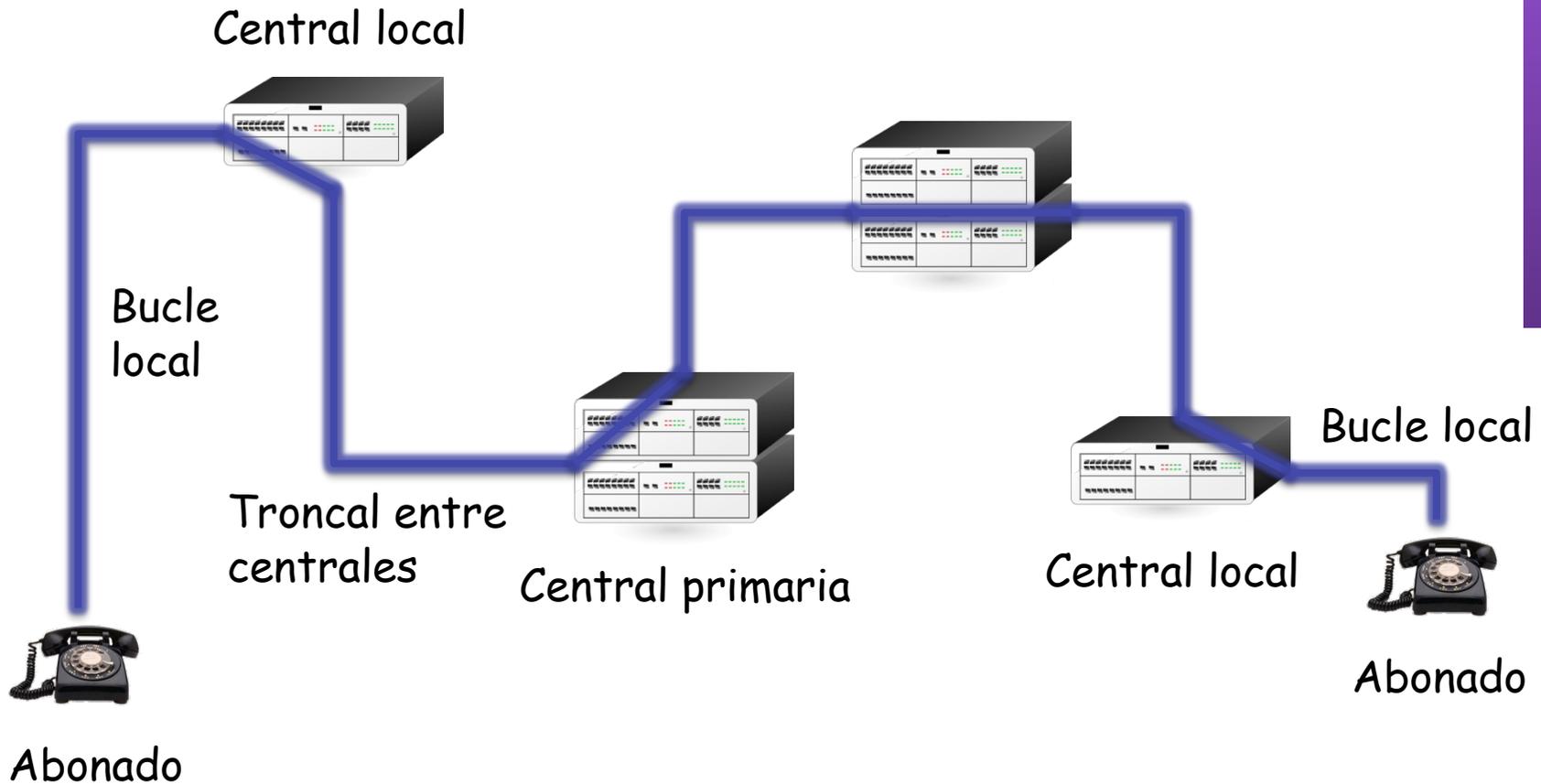
Conmutación de circuitos

- Tres fases: Establecimiento, Transferencia y Desconexión
- RTT en el establecimiento (...)
- Comunicación transparente (...)
- Reserva de recursos:
 - Recursos “extremo-a-extremo”
 - Ancho de banda, capacidad en los conmutadores
 - Recursos (camino) dedicados: no se comparten aunque no se usen
 - Garantías de calidad
- Ineficiente
 - Capacidad del canal dedicada durante la vida del “circuito”
 - Si no se envían datos la capacidad se desperdicia



Conmutación de circuitos

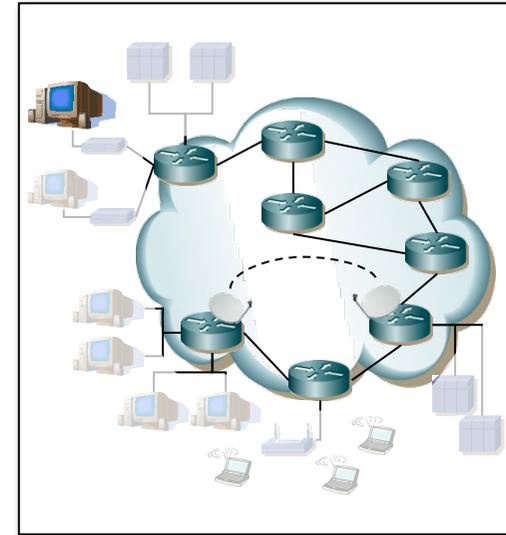
- Caso típico: red telefónica conmutada (...)
- Enlaces troncales permiten cursar múltiples llamadas simultáneamente



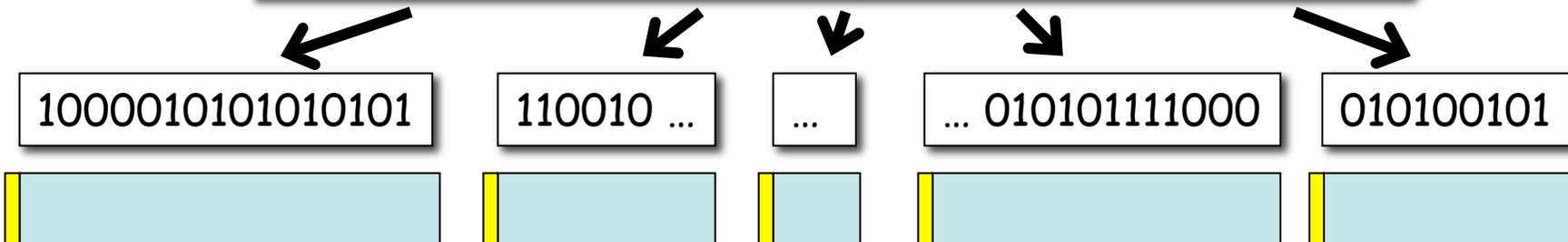
Núcleo de la red

Conmutación de paquetes

- La información se divide en bloques (...)
- Datos + información de control (...)
- Cada paquete contiene información para llegar al destino
- No se reservan recursos



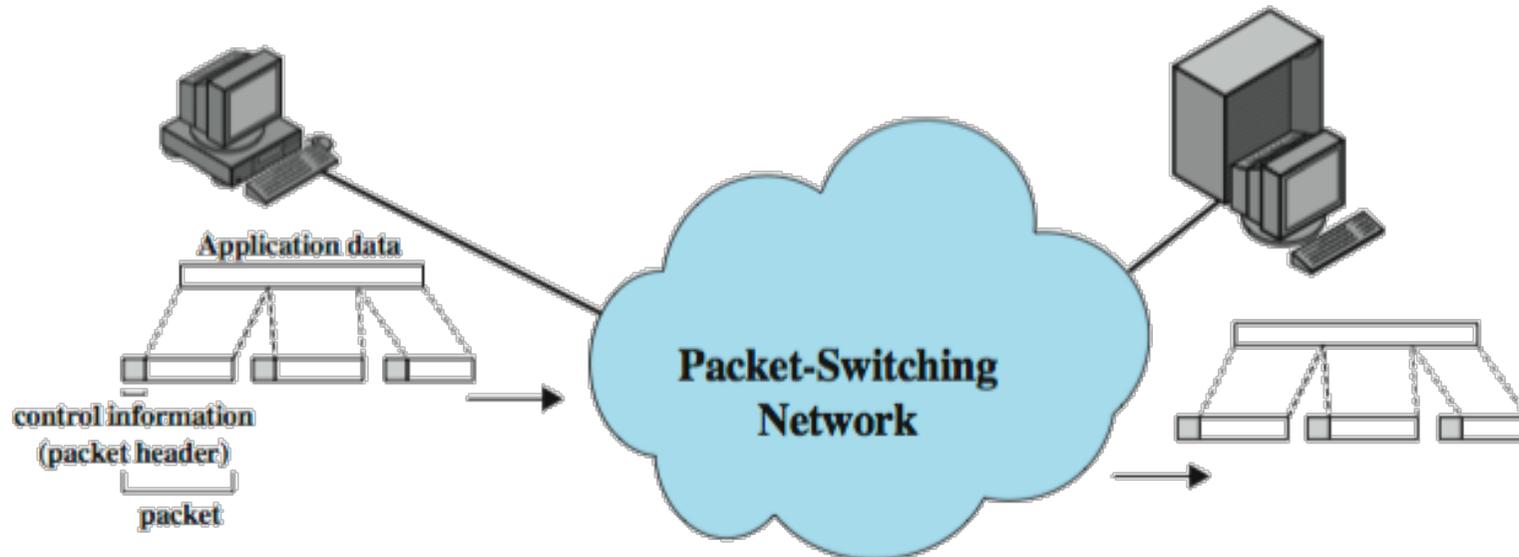
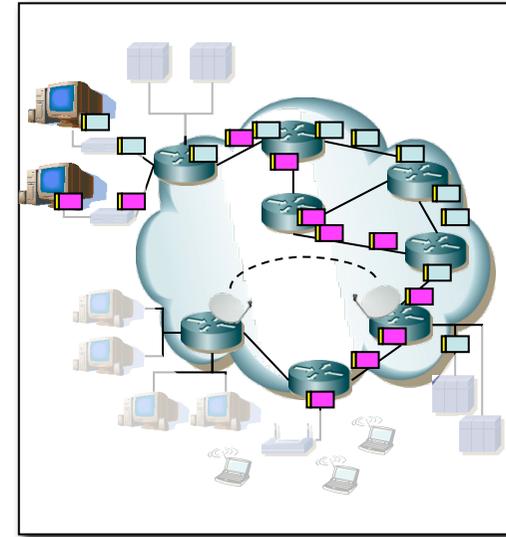
1000010101010101110010 010101111000010100101



Núcleo de la red

Conmutación de paquetes

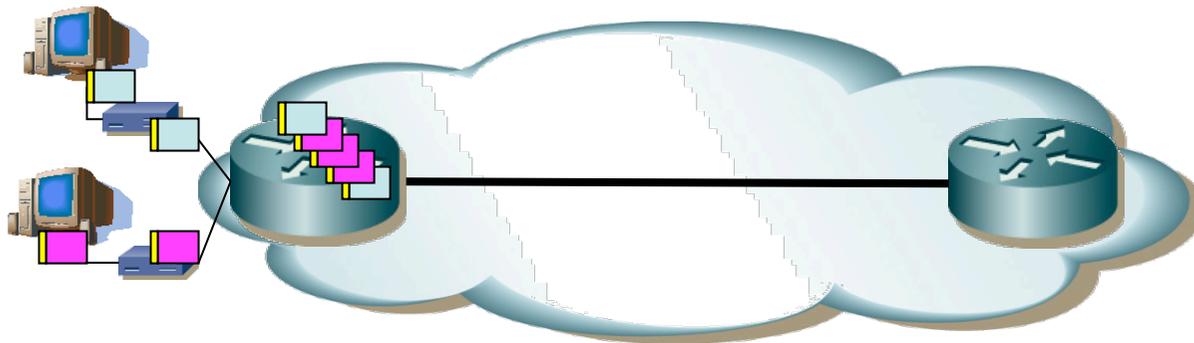
- Enlaces compartidos por paquetes de diferentes comunicaciones
- Conversión de velocidad
- *Store-and-forward*
- Cada paquete usa toda la capacidad del enlace...



Núcleo de la red

Conmutación de paquetes

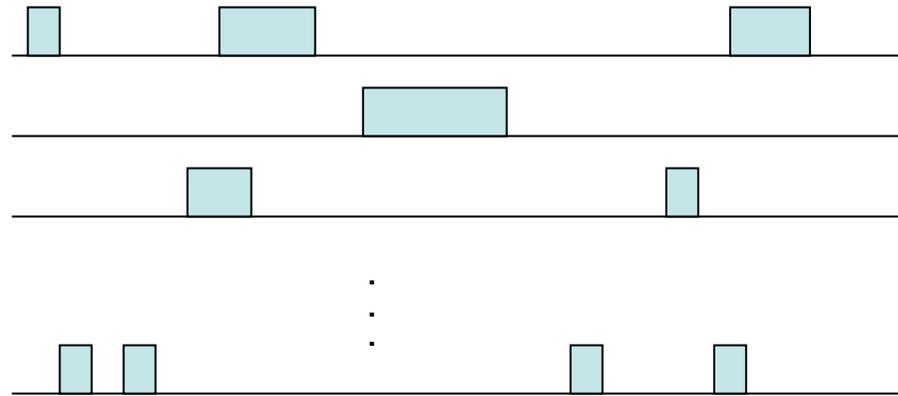
- ...pero puede tener que esperar a que otros se envíen antes
- Multiplexación estadística
 - Mejor aprovechamiento de recursos
 - Dimensionamiento más complicado



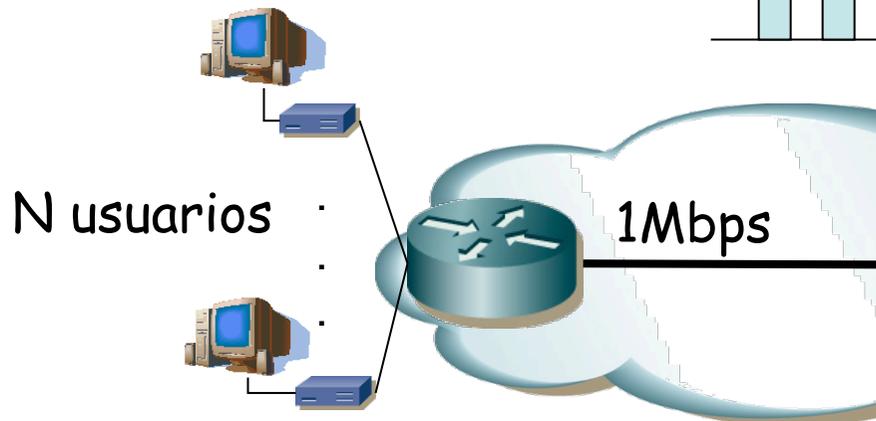
Multiplexación estadística

Ejemplo

- Cada usuario:
 - 100 Kbps cuando está activo (recibe de servidor)
 - Activo un 10% del tiempo
- Conm. Paquetes:
 - Supongamos $N=35$ usuarios
 - ¿Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios transmitan a la vez ? (...)



- Conm. Circuitos:
 - 10 usuarios



$$P(> 10 \text{ activos}) < 0.0005$$

Ejemplo

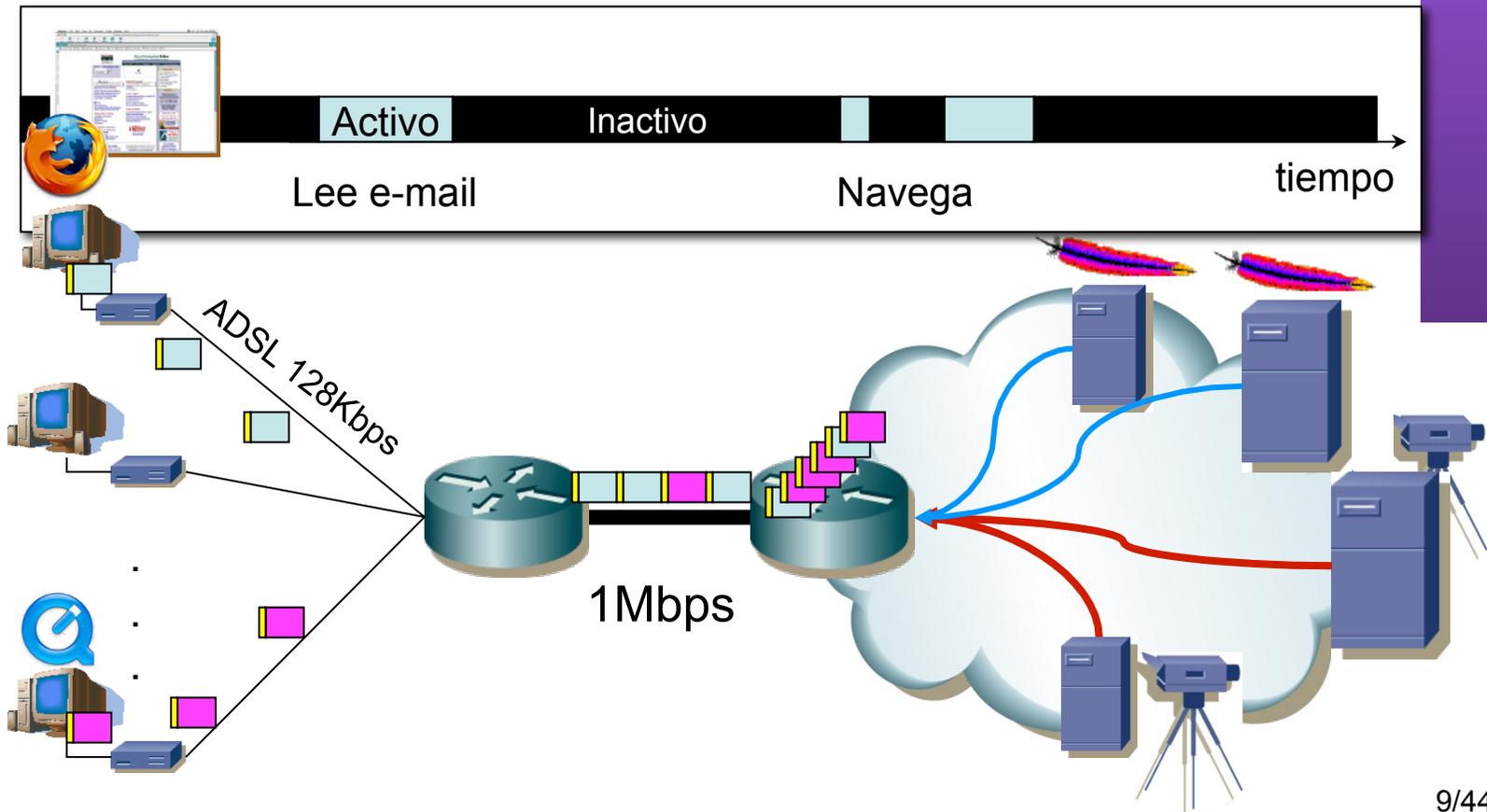
Cada usuario:

- Recibe de un servidor a 100Kbps cuando está activo
- Activo cada uno un 10% del tiempo

10 usuarios a 100Kbps=1Mbps
 (conmutación de circuitos)

¿ Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios reciban tráfico a la vez ?

35 usuarios ADSL



Ejemplo

¿ Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios reciban tráfico a la vez ?

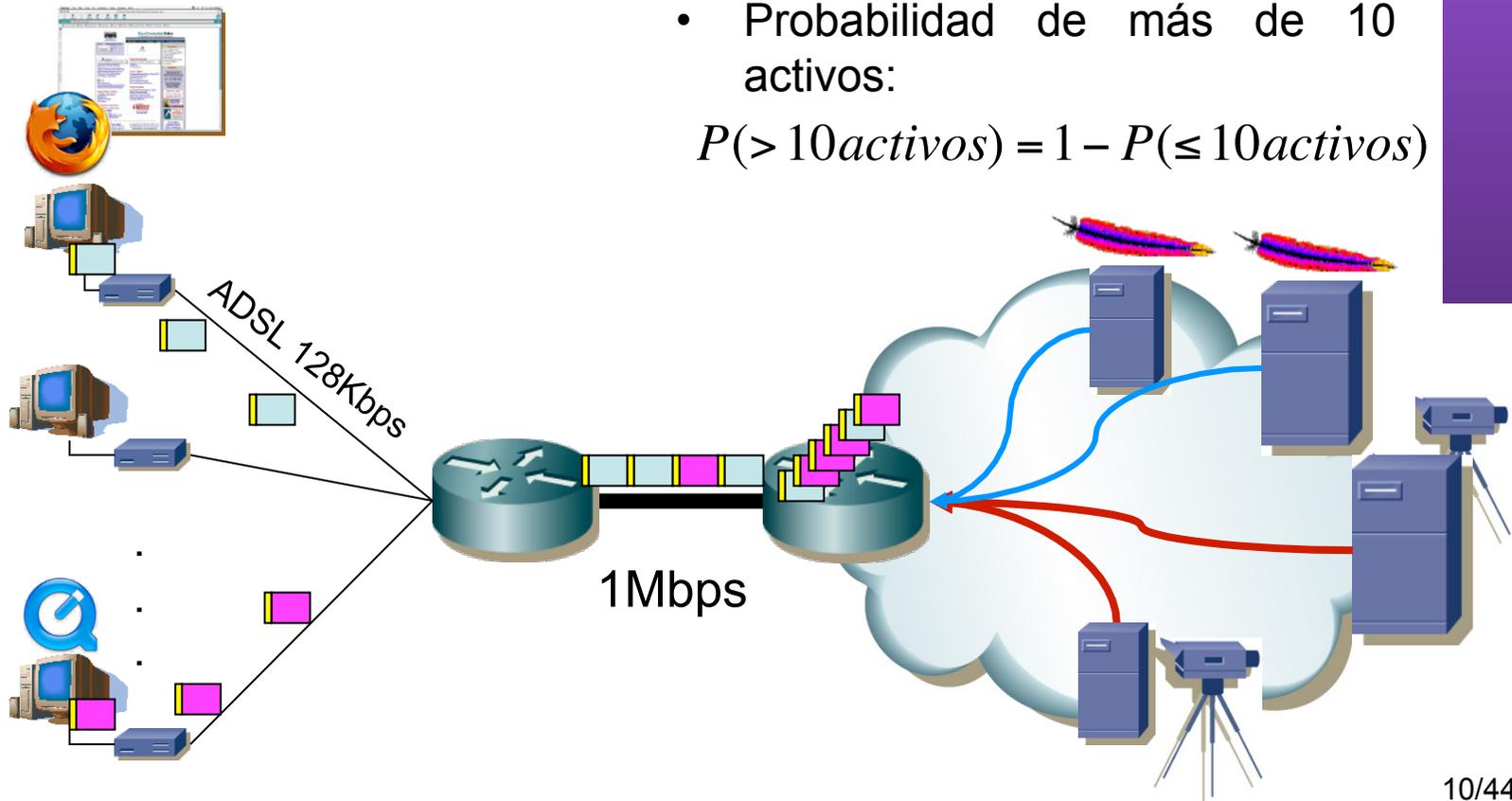
- Usuario activo un 10% del tiempo (es interpretable)
- Supongamos pues que en un momento cualquiera:

$$P(\text{usuario_activo}) = 0.1 = p$$

- Probabilidad de más de 10 activos:

$$P(> 10 \text{ activos}) = 1 - P(\leq 10 \text{ activos})$$

35 usuarios ADSL



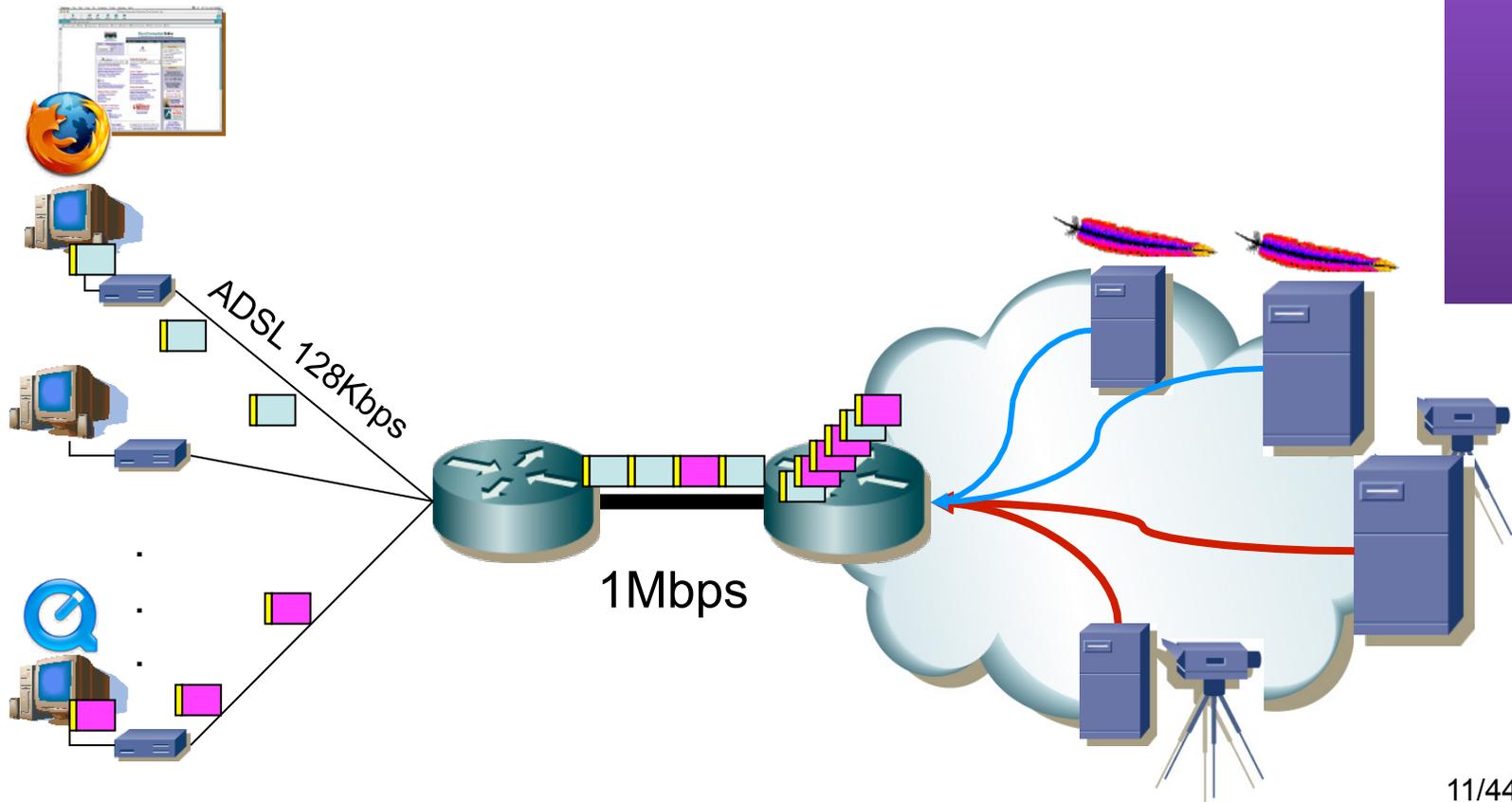
Ejemplo

¿ Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios reciban tráfico a la vez ?

$$P(> 10 \text{ activos}) = 1 - P(\leq 10 \text{ activos})$$

$$P(\leq 10 \text{ activos}) = P(0 \text{ _activos}) + P(1 \text{ _activo}) + \dots + P(10 \text{ _activos}) = \sum_{i=0}^{10} P(i \text{ _activos})$$

35 usuarios ADSL



Ejemplo

¿Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios reciban tráfico a la vez ?

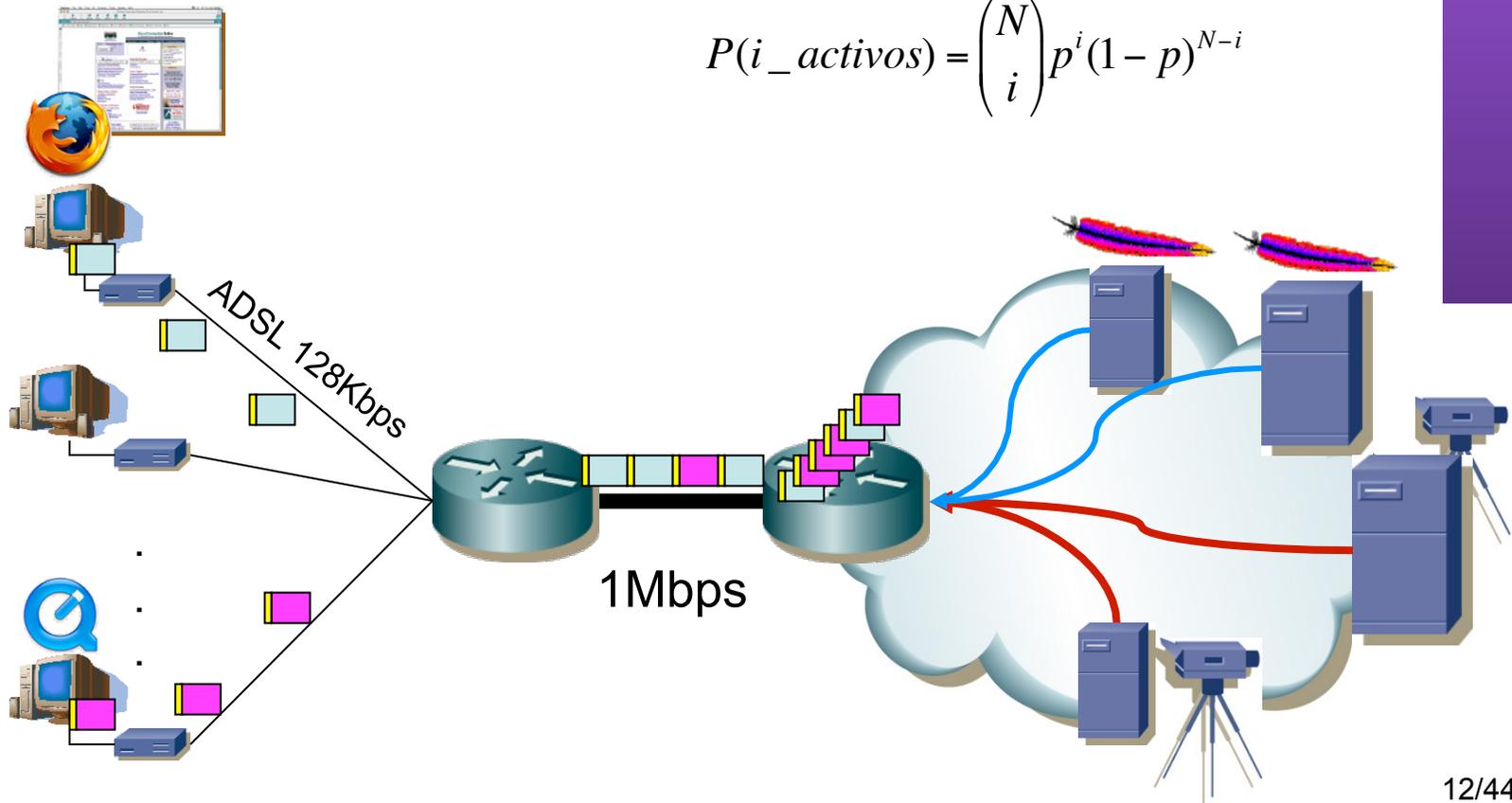
$$P(0_activos) = (1 - p)^N$$

$$P(1_activo) = Np(1 - p)^{N-1}$$

$$P(2_activos) = \frac{N(N-1)}{2} p^2(1 - p)^{N-2}$$

$$P(i_activos) = \binom{N}{i} p^i (1 - p)^{N-i}$$

35 usuarios ADSL



Ejemplo

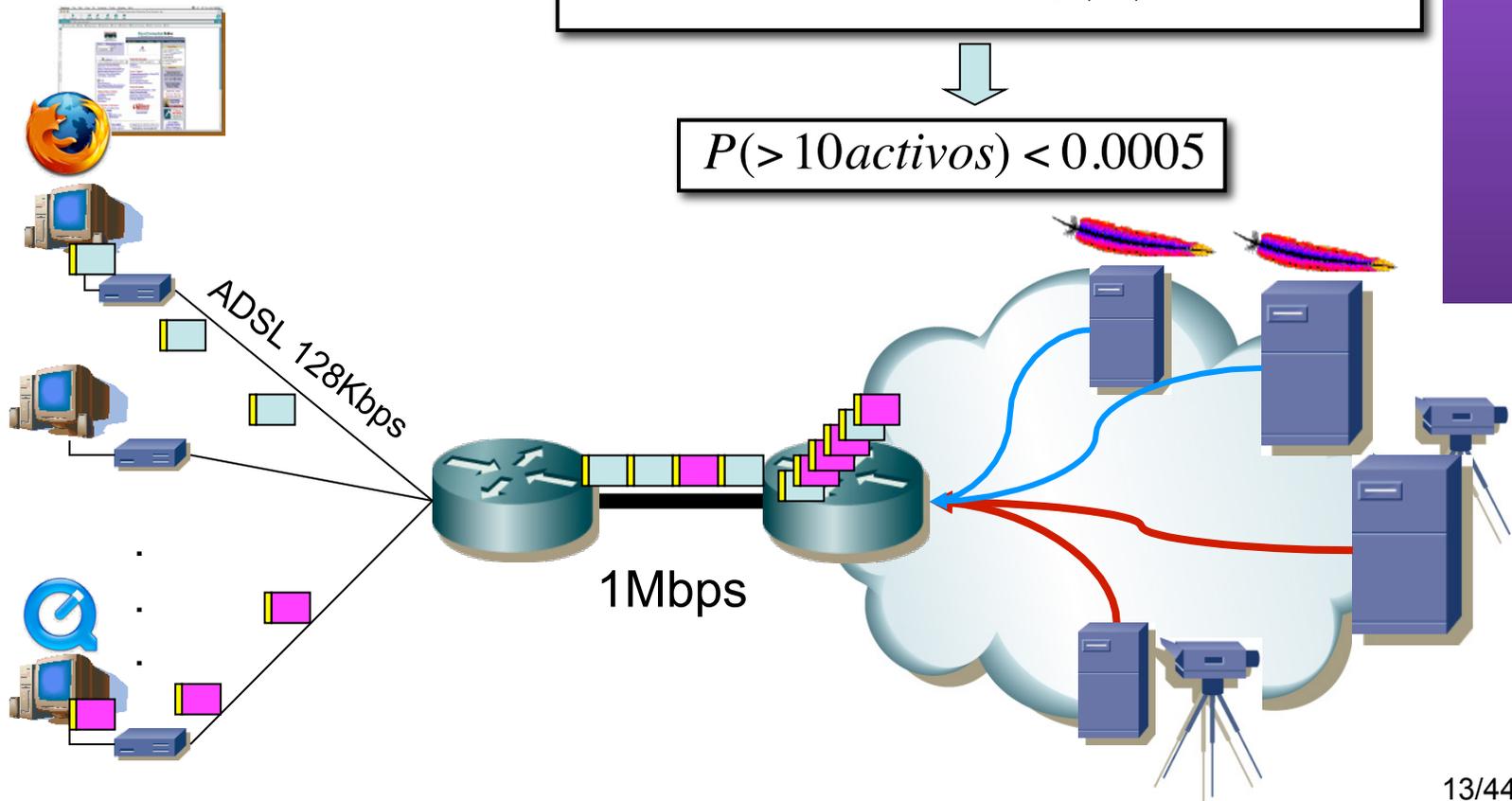
¿ Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios reciban tráfico a la vez ?

$$P(\leq 10 \text{ activos}) = \sum_{i=0}^{10} \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i}$$

$$P(> 10 \text{ activos}) = 1 - \sum_{i=0}^{10} \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i}$$

$$P(> 10 \text{ activos}) < 0.0005$$

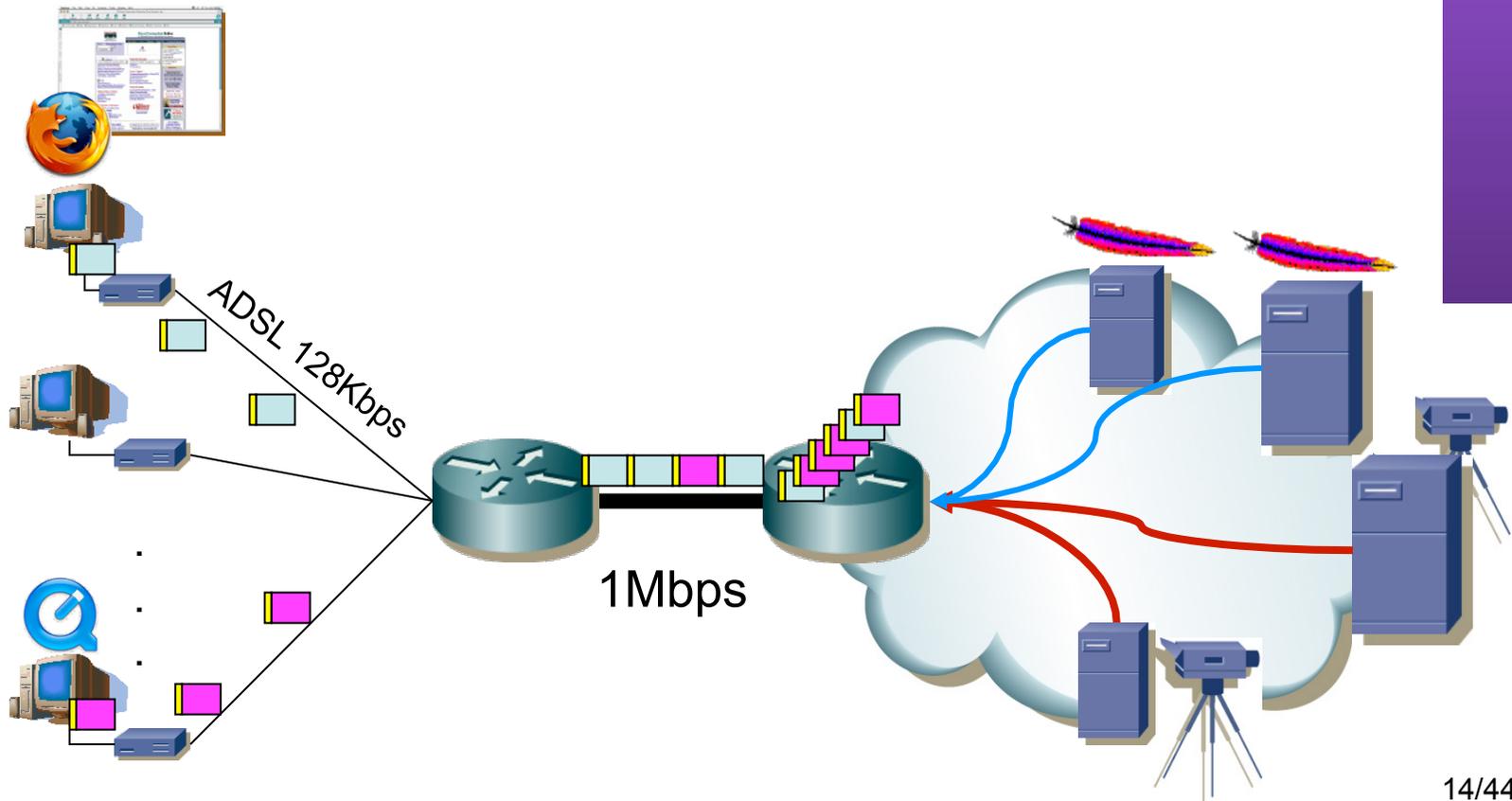
35 usuarios ADSL



Ejemplo

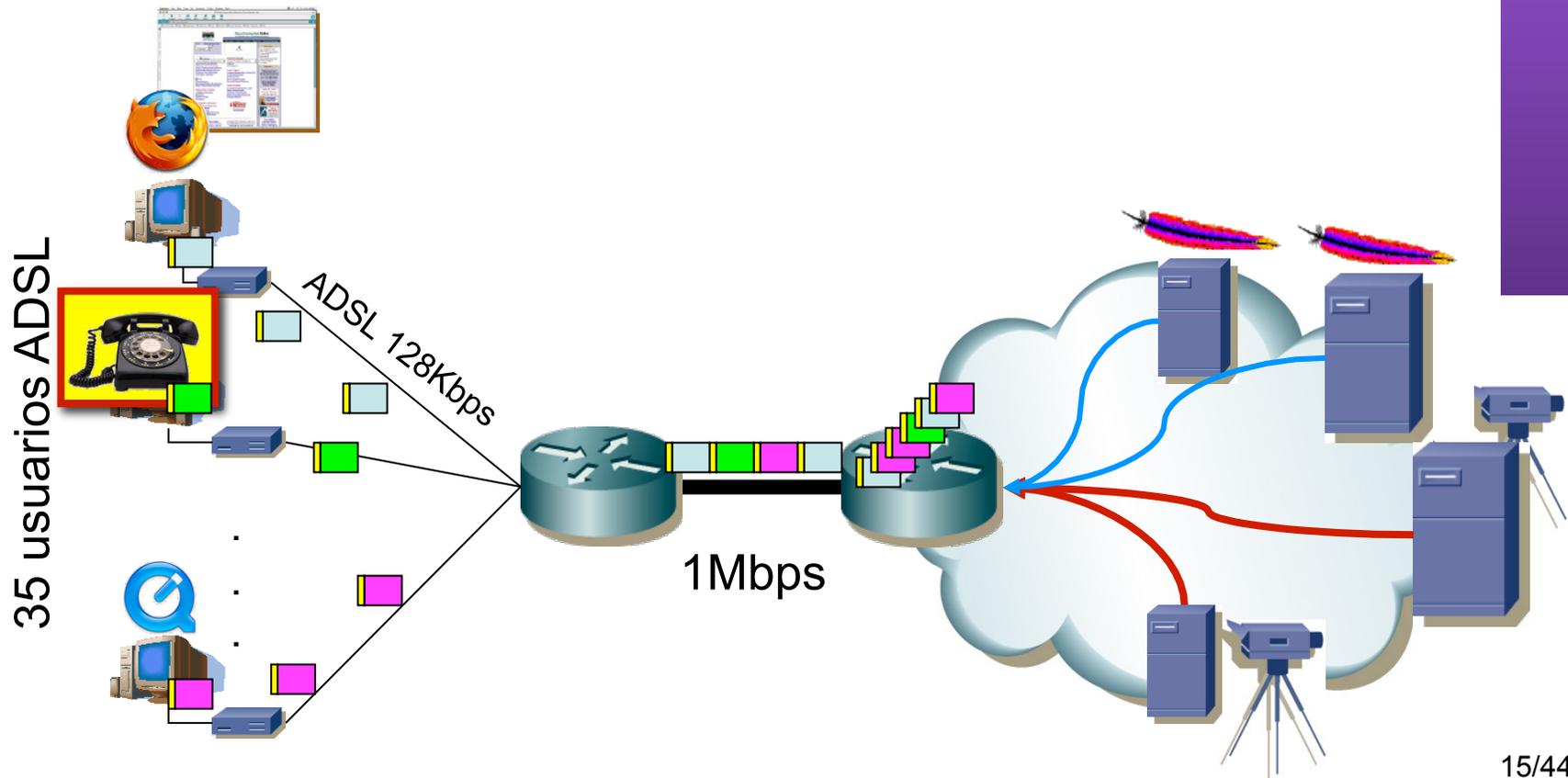
- 35 usuarios x 128 Kbps/usuario = 4,48Mbps
- 4,48Mbps > 1Mbps
- Congestión en enlace de acceso sin dar 128Kbps a todos los usuarios
- *Sobresuscripción (overbooking)*

35 usuarios ADSL



Ejemplo

- Si ahora un usuario quiere emplear una aplicación de voz
- Pérdidas
- Excesivo retardo



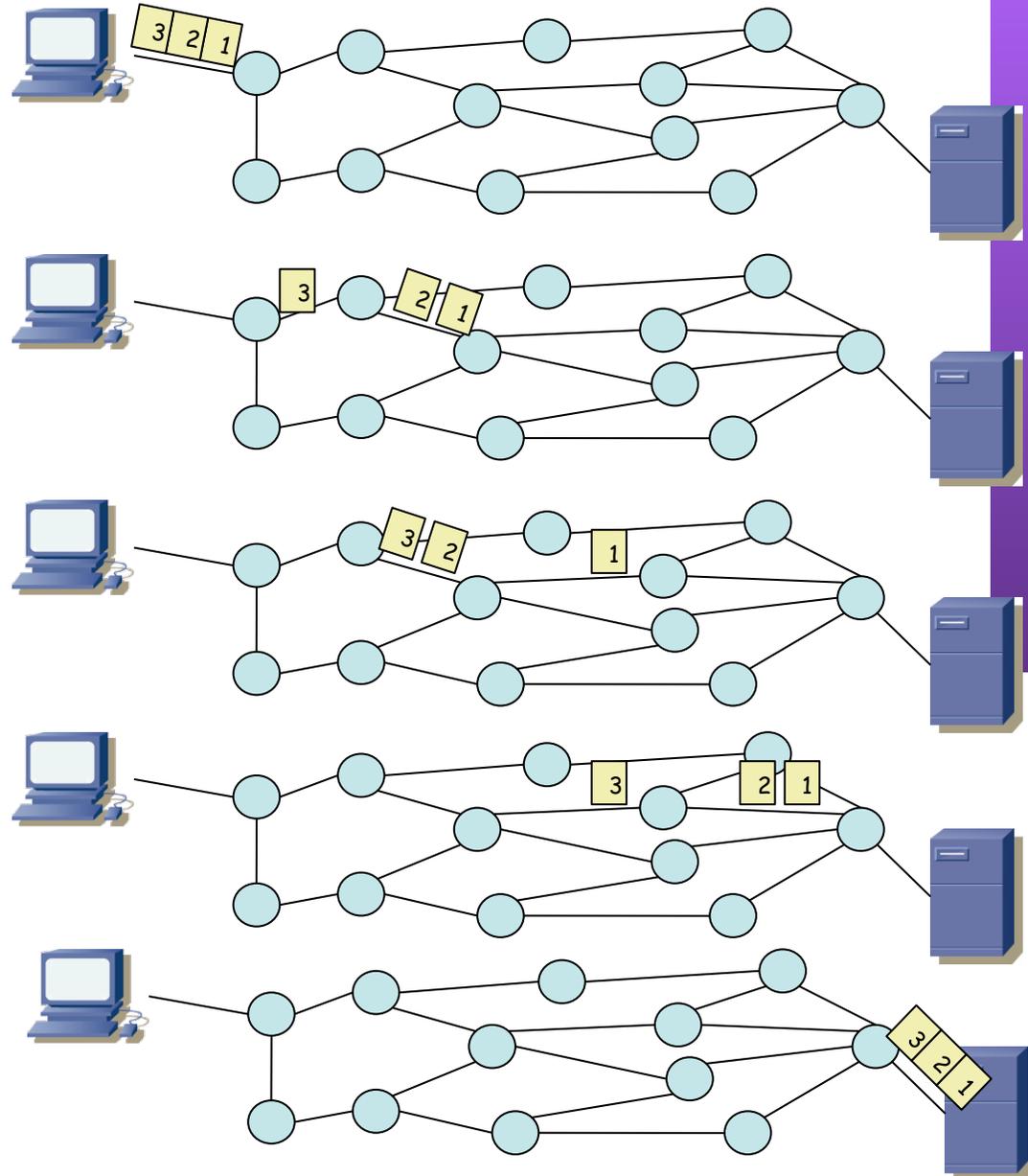
Conmutación de paquetes

- Circuitos Virtuales
- Datagramas

Conmutación de paquetes

Circuitos virtuales

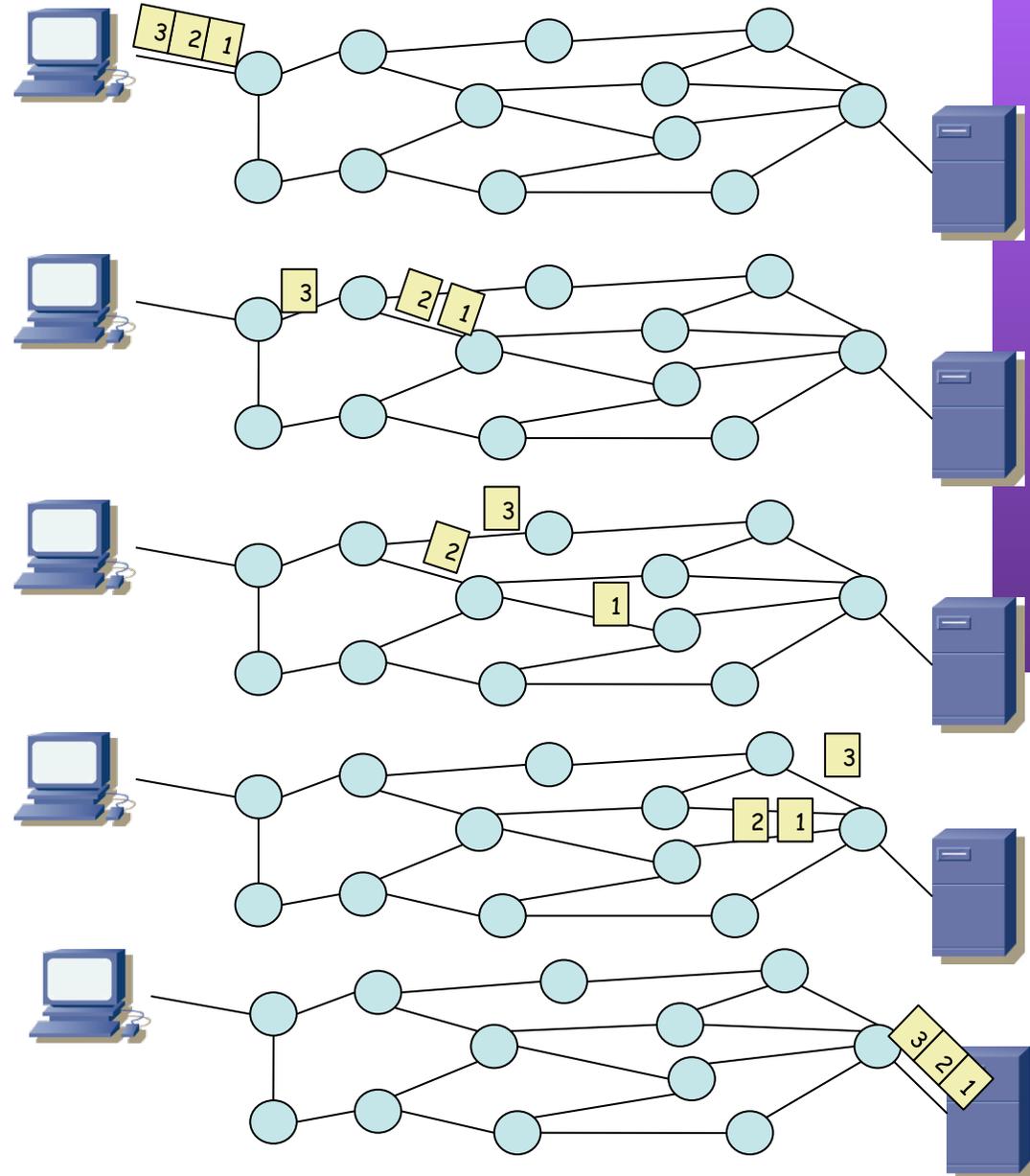
- Se establece un camino extremo a extremo
- Los paquetes siguen el camino establecido
- Orientado a conexión



Conmutación de paquetes

Datagramas

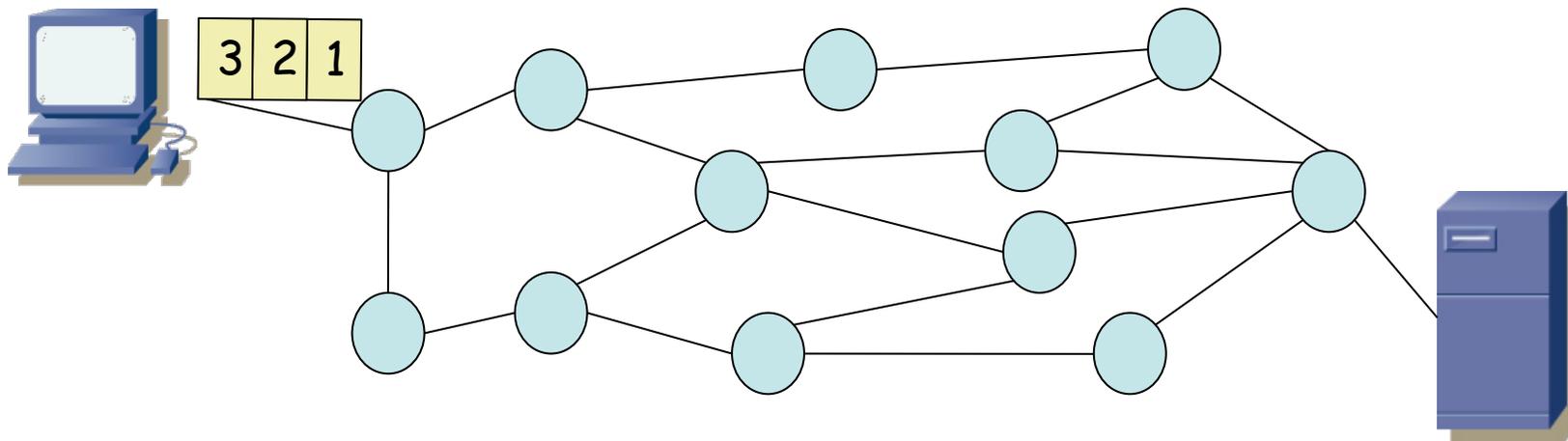
- Cada nodo toma la decisión de encaminamiento para cada datagrama
- Sin conexión



Conmutación de paquetes

Circuitos virtuales

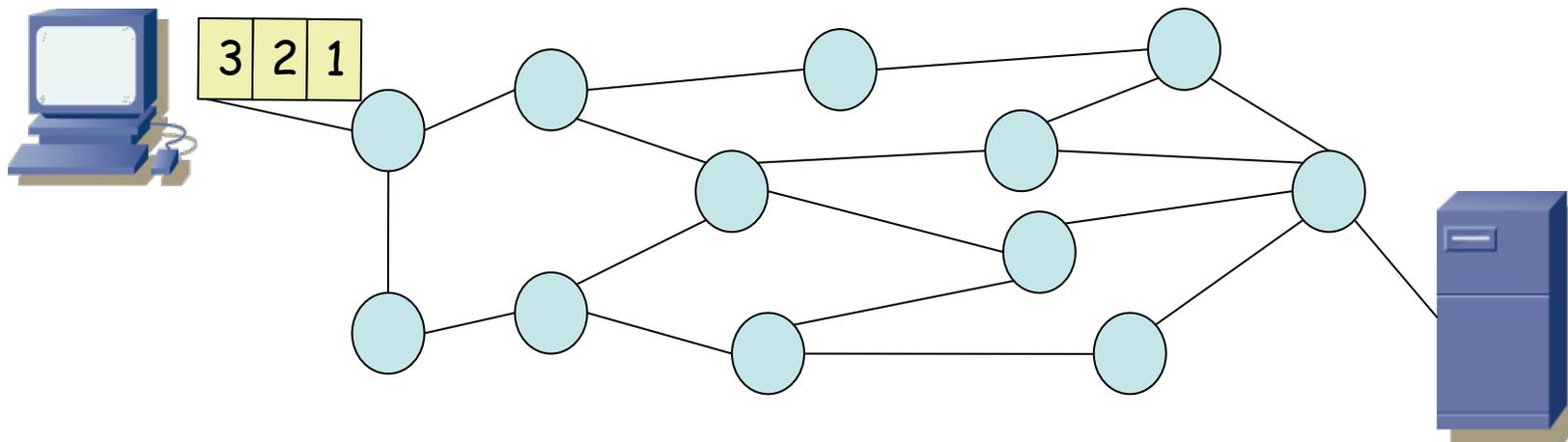
- Se establece un camino extremo a extremo
- Los paquetes siguen el camino establecido
- Orientado a conexión



Conmutación de paquetes

Datagramas

- Cada nodo toma la decisión de encaminamiento para cada datagrama
- Sin conexión



Circuitos virtuales y datagramas

- **Circuitos virtuales**

- La red puede proporcionar entrega en orden y control de errores
- Los paquetes se reenvían más rápido (hay que pensar menos por cada paquete)
- Menos fiabilidad de la red (es más difícil adaptarse a que caiga un enlace)

- **Datagramas**

- No hay establecimiento de circuito (más rápido)
- Más flexible
- Más fiable

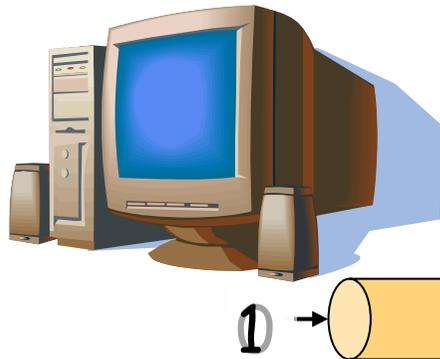
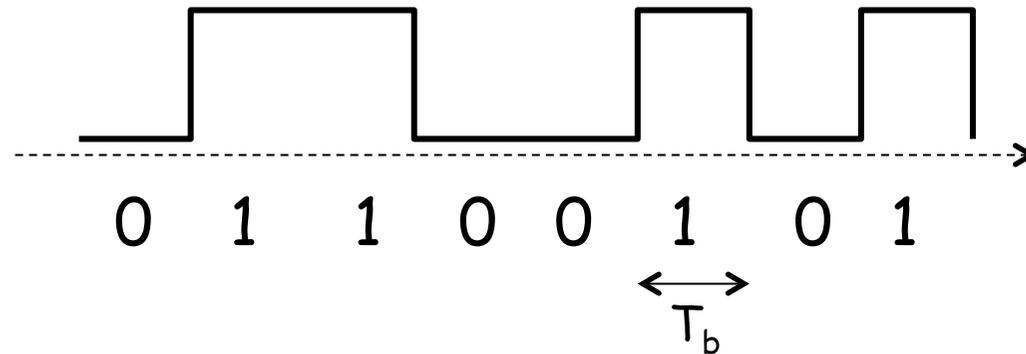
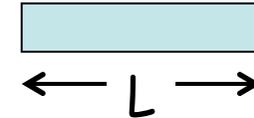
Retardos

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 $= L/R = 12.000 \text{ bits} / 57.600 \text{ bps} \approx 208 \text{ mseg}$

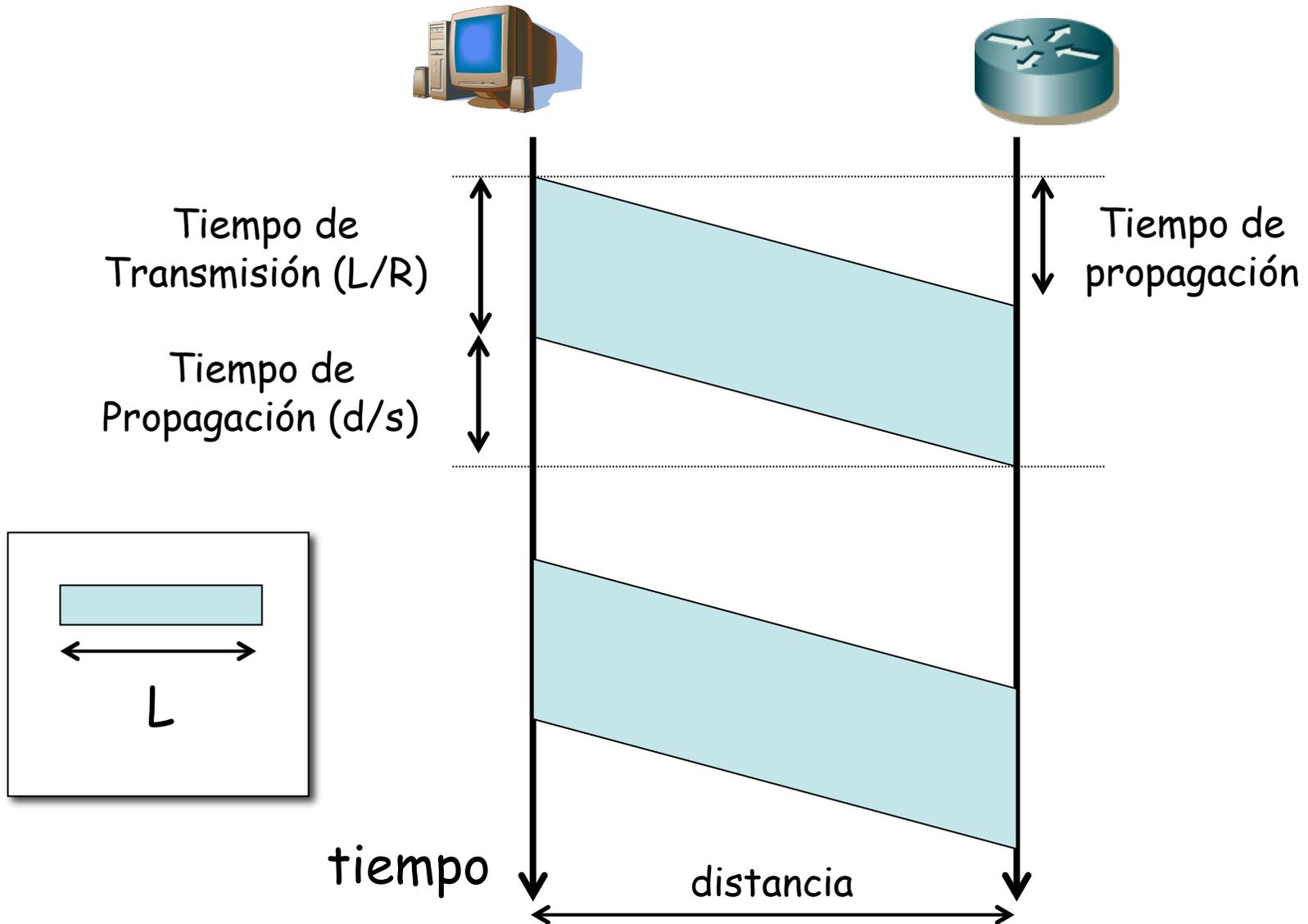


Retardo de propagación

- 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



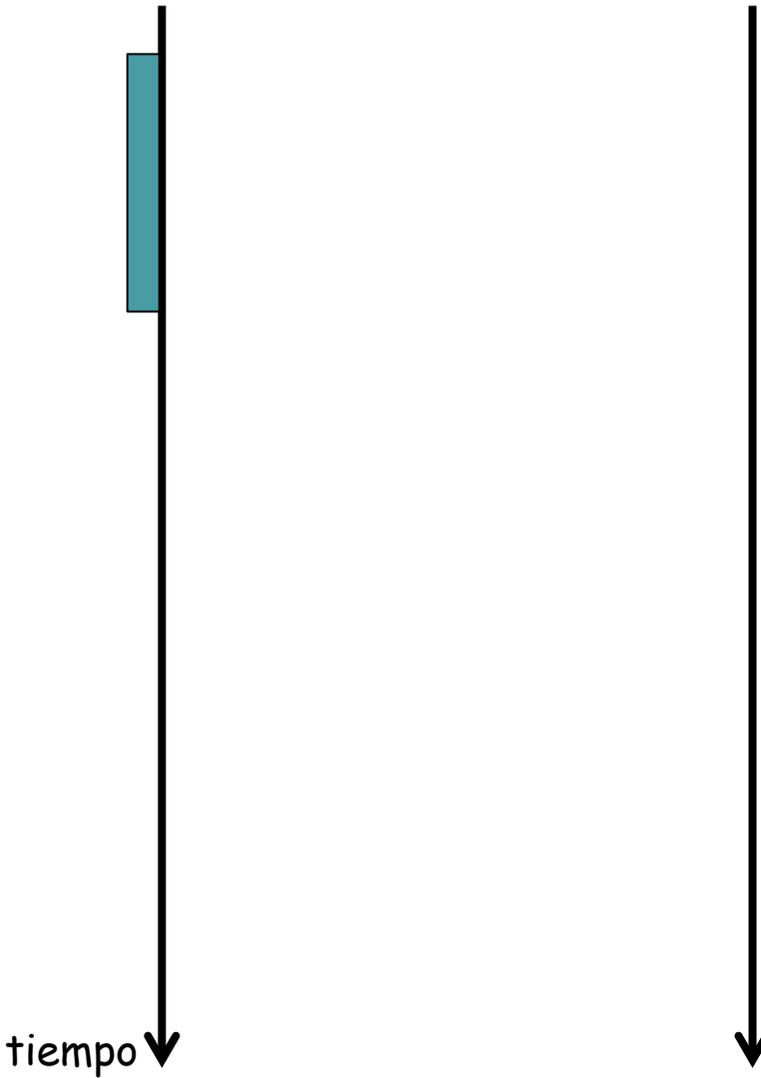
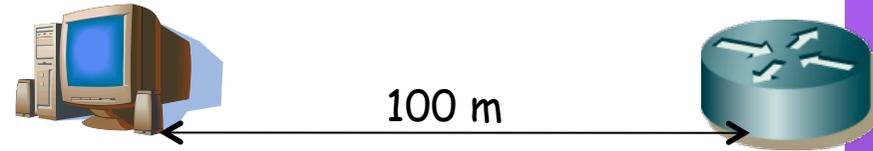
Retardos de transmisión y propagación



Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

- $L = 1500$ Bytes
- $R = 10$ Mbps
- $s = 200.000$ km/s
- $d = 100$ m
- ¿Cuándo empieza a recibirse?
- ¿Cuándo se ha terminado de recibir?

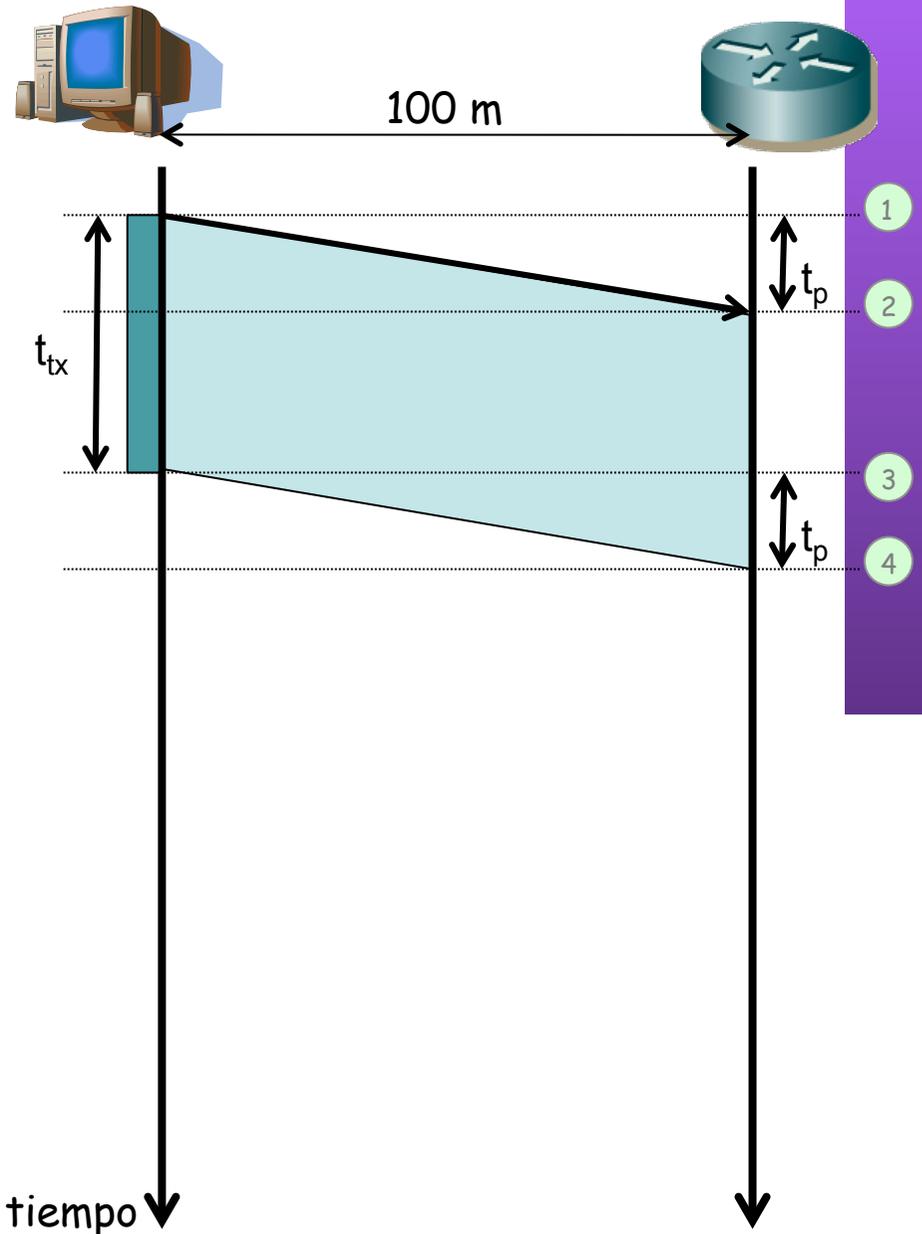


Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

- $L = 1500$ Bytes
- $R = 10$ Mbps
- $s = 200.000$ km/s
- $d = 100$ m
- ¿Cuándo empieza a recibirse?
- ¿Cuándo se ha terminado de recibir?

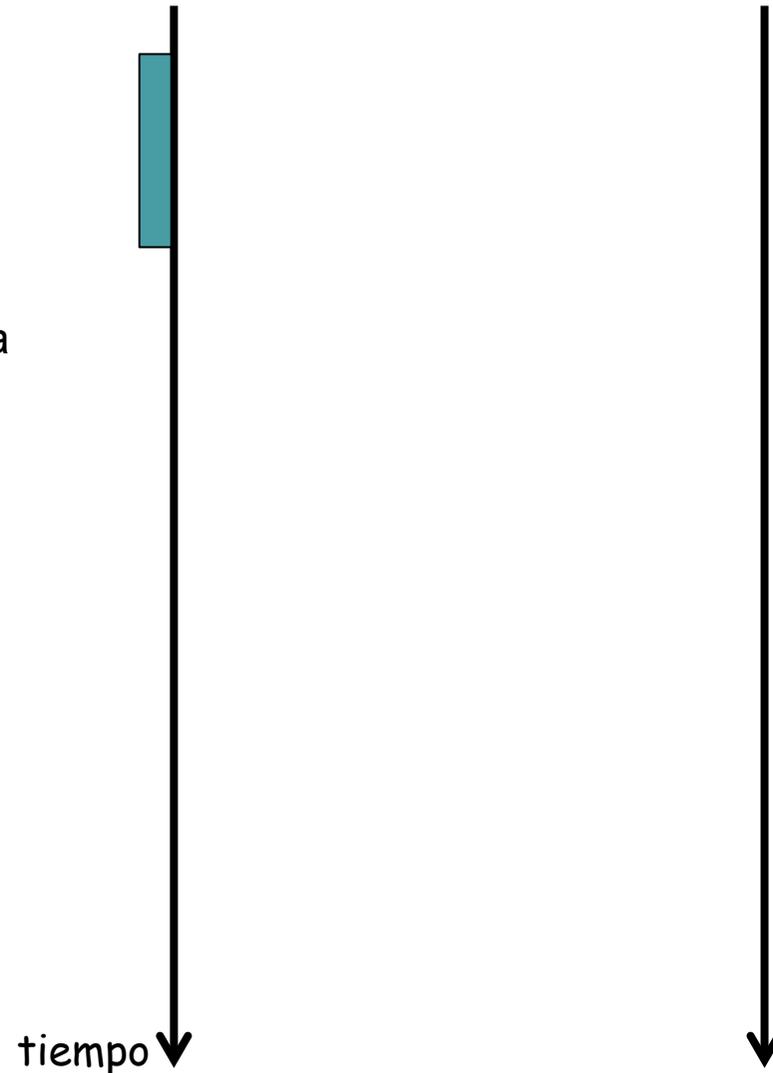
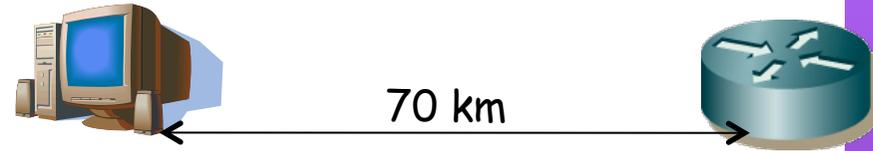
- $t_{tx} = L/R = 1500 \times 8 / 10^7 = 1.2$ ms
 - $t_p = d/s = 100 / (2 \times 10^8) = 0.5$ μ s
1. Empieza transmisión ($t=0$)
 2. Empieza recepción primer bit (t_p)
 3. Termina transmisión (t_{tx})
 4. Termina recepción ($t_{tx} + t_p = 1.2005$ ms)



Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

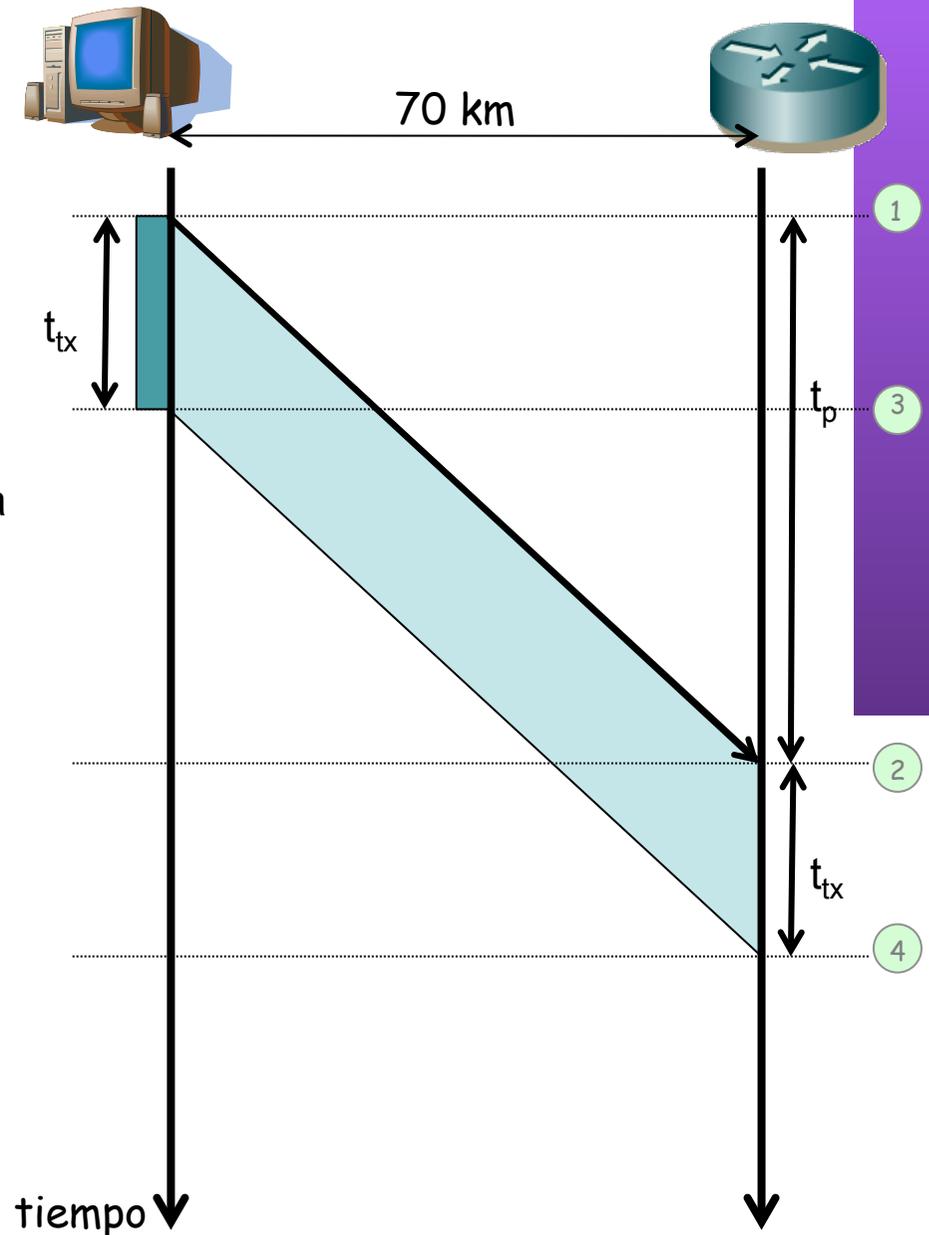
- $L = 1500$ Bytes
- $R = 100$ Mbps
- $s = 200.000$ km/s
- $d = 70$ km
- ¿Cuándo empieza a recibirse?
- ¿Cuándo se ha terminado de recibir?
- ¿Dónde está 0.17 ms tras empezar la transmisión?



Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

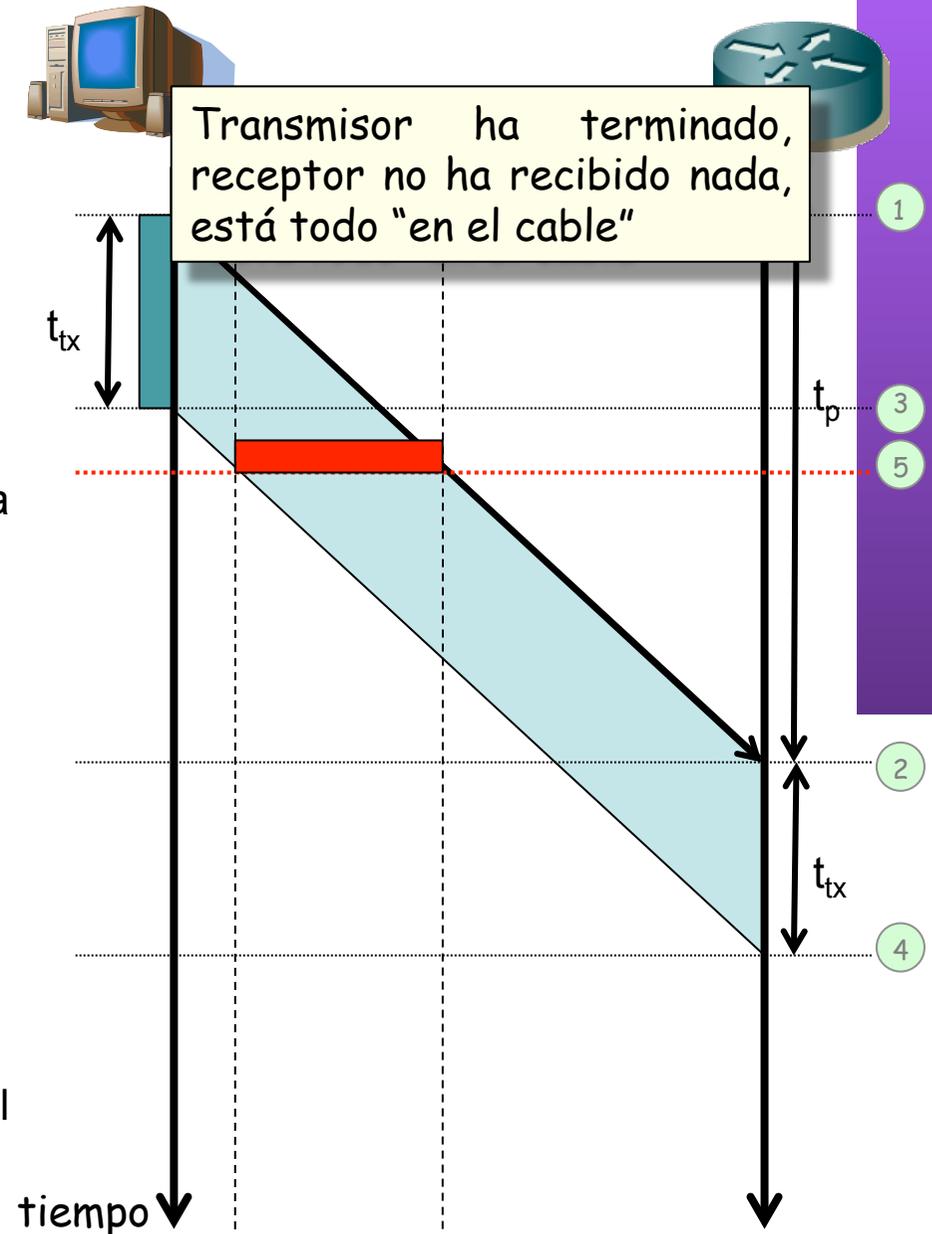
- $L = 1500$ Bytes
 - $R = 100$ Mbps
 - $s = 200.000$ km/s
 - $d = 70$ km
 - ¿Cuándo empieza a recibirse?
 - ¿Cuándo se ha terminado de recibir?
 - ¿Dónde está 0.17 ms tras empezar la transmisión?
 - $t_{tx} = L/R = 1500 \times 8 / 10^8 = 0.12$ ms
 - $t_p = d/s = 7 \times 10^4 / (2 \times 10^8) = 0.35$ ms
1. Empieza transmisión ($t=0$)
 2. Empieza recepción primer bit (t_p)
 3. Termina transmisión (t_{tx})
 4. Termina recepción ($t_{tx} + t_p = 0.47$ ms)



Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

- $L = 1500$ Bytes
- $R = 100$ Mbps
- $s = 200.000$ km/s
- $d = 70$ km
- ¿Cuándo empieza a recibirse?
- ¿Cuándo se ha terminado de recibir?
- ¿Dónde está 0.17 ms tras empezar la transmisión?
- $t_{tx} = L/R = 1500 \times 8 / 10^8 = 0.12$ ms
- $t_p = d/s = 7 \times 10^4 / (2 \times 10^8) = 0.35$ ms
- 1. Empieza transmisión ($t=0$)
- 2. Empieza recepción primer bit (t_p)
- 3. Termina transmisión (t_{tx})
- 4. Termina recepción ($t_{tx} + t_p = 0.47$ ms)
- 5. Instante 0.17 ms
- 6. $0.05ms \times s$ a $0.17ms \times s$ (10-34km)
- **Ejercicio:** ¿cuántos bits caben en el cable si la distancia es de 100km?



Resumen

- Conmutación de circuitos
 - Establecimiento del circuito
 - Reserva de recursos
- Conmutación de paquetes
 - Cada paquete emplea toda la capacidad del enlace
 - Un usuario puede aprovechar los silencios de otros
 - Circuitos virtuales o datagramas
- Retardo de transmisión y de propagación