

Paradigmas de conmutación

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

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

Temario

1. Introducción
2. Arquitecturas, protocolos y estándares
3. Conmutación de paquetes
4. Conmutación de circuitos
5. Tecnologías
6. Control de acceso al medio en redes de área local
7. Servicios de Internet

Temario

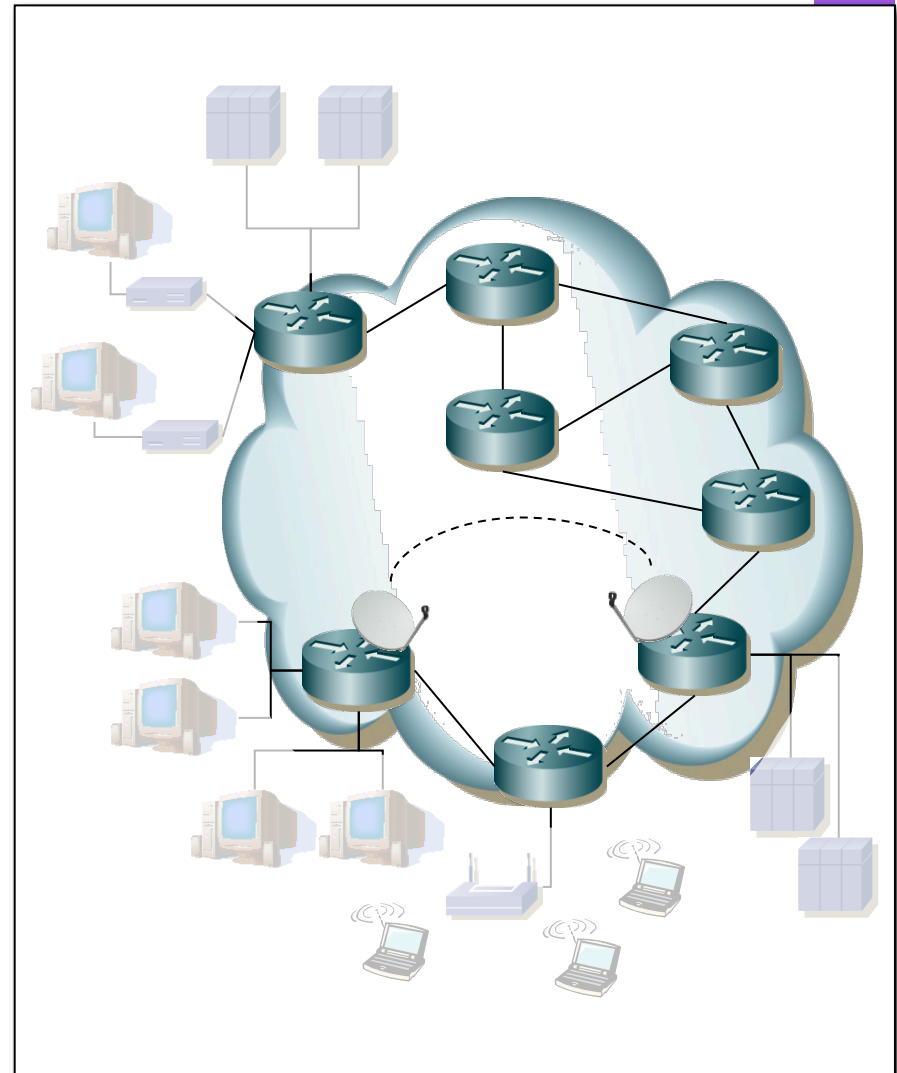
1. Introducción
2. Arquitecturas, protocolos y estándares
- 3. Conmutación de paquetes**
- 4. Conmutación de circuitos**
5. Tecnologías
6. Control de acceso al medio en redes de área local
7. Servicios de Internet

Objetivos

- Comprender el funcionamiento de los paradigmas de conmutación de circuitos y de paquetes
- Diferenciar y saber trabajar con retardos de transmisión y de propagación

Núcleo de la red

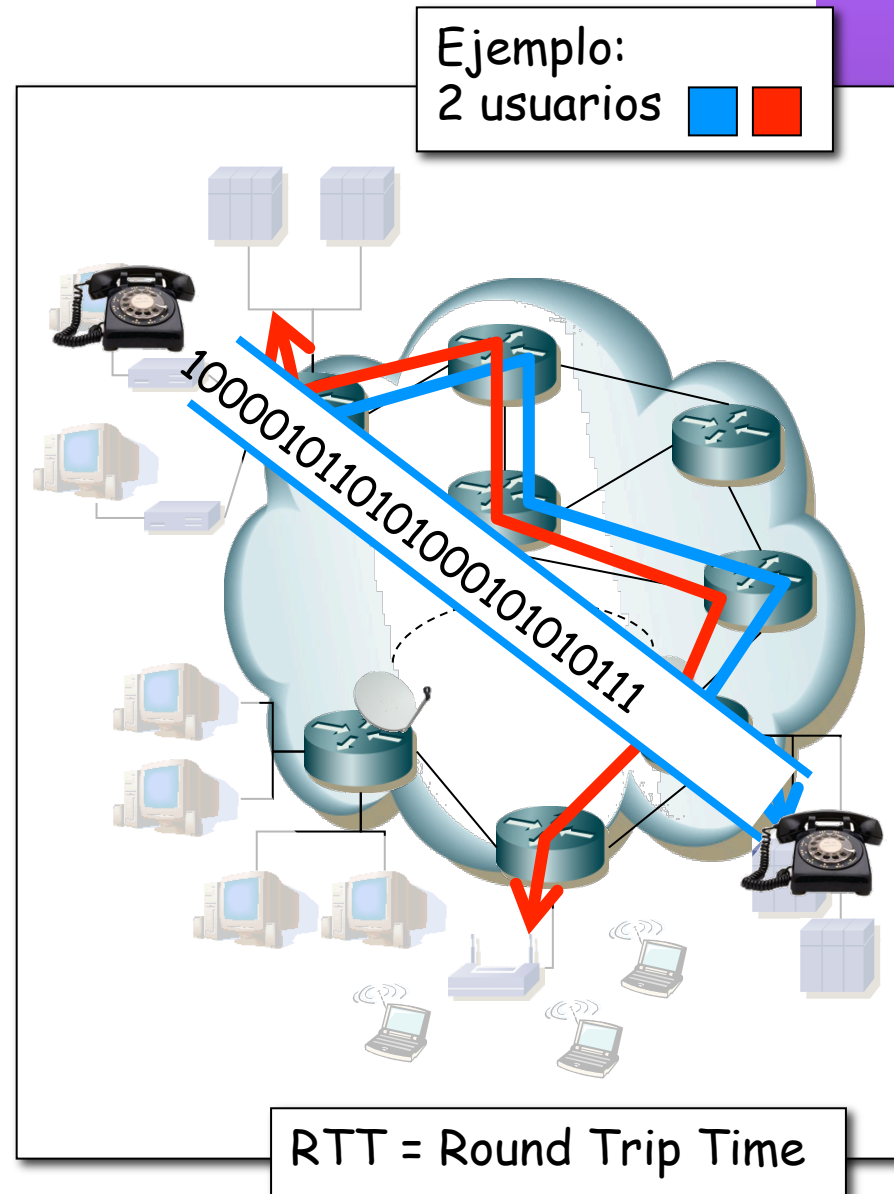
- Interconexión de conmutadores
- ¿Qué es *conmutar*?
 - Reenviar la información
 - De un nodo de conmutación a otro
 - De un nodo de conmutación al *end host*
- ¿Cómo se transfieren los datos por la red?
 - **Conmutación de circuitos**
 - **Conmutación de paquetes**



Núcleo de la red

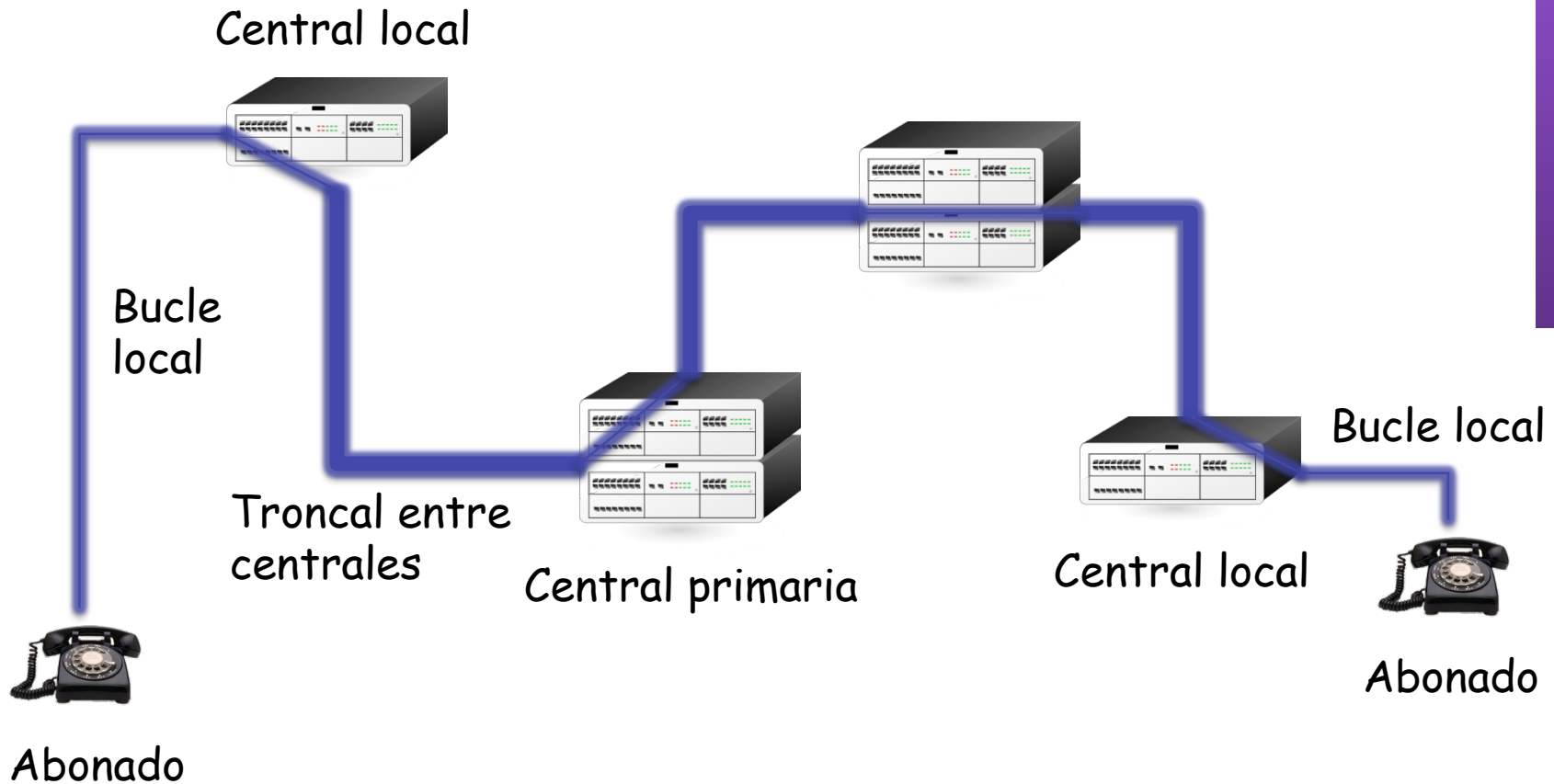
Conmutación de circuitos

- 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

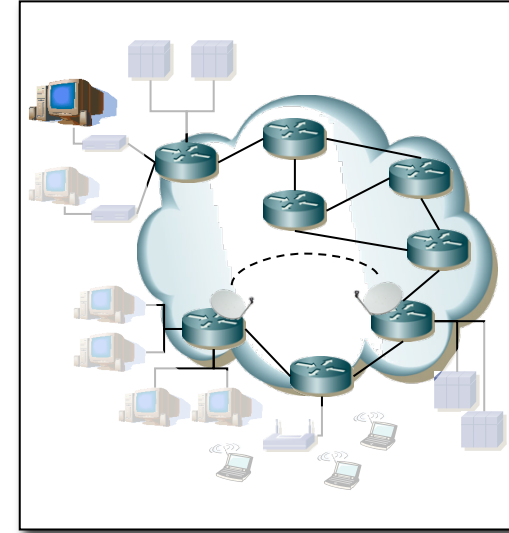
- Caso típico: red telefónica conmutada (...)
- Enlaces troncales permiten cursar múltiples llamadas simultáneamente



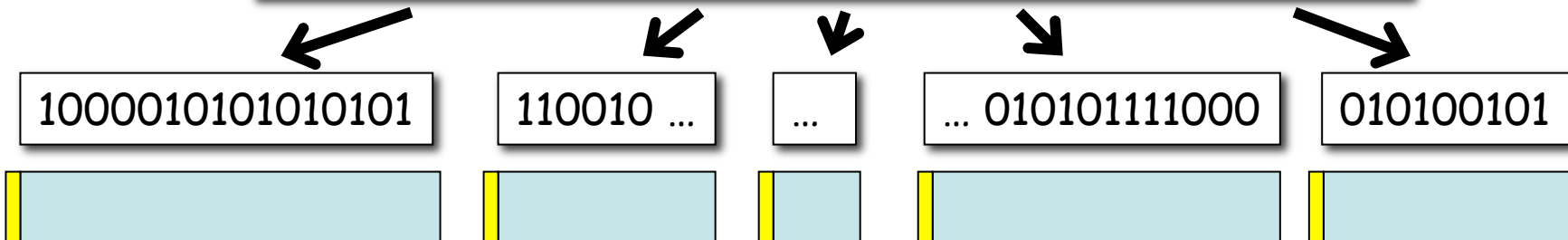
Núcleo de la red

Conmutación de paquetes

- La información se divide en bloques (...)
- Datos + información de control (...)
- Cada paquete contiene información para llegar al destino
- No se suelen reservar recursos (hay arquitecturas en que sí se puede)



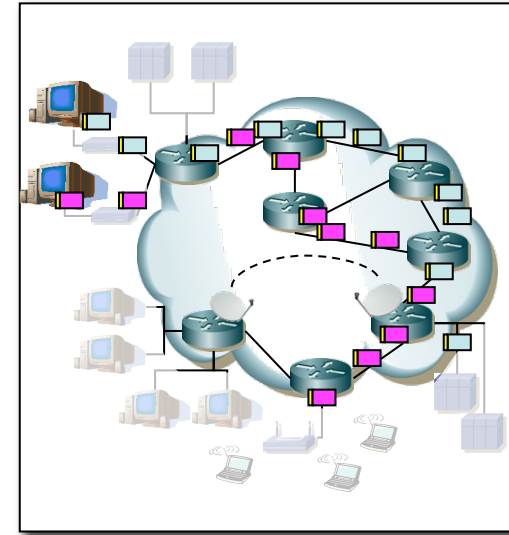
1000010101010101110010 010101111000010100101



Núcleo de la red

Conmutación de paquetes

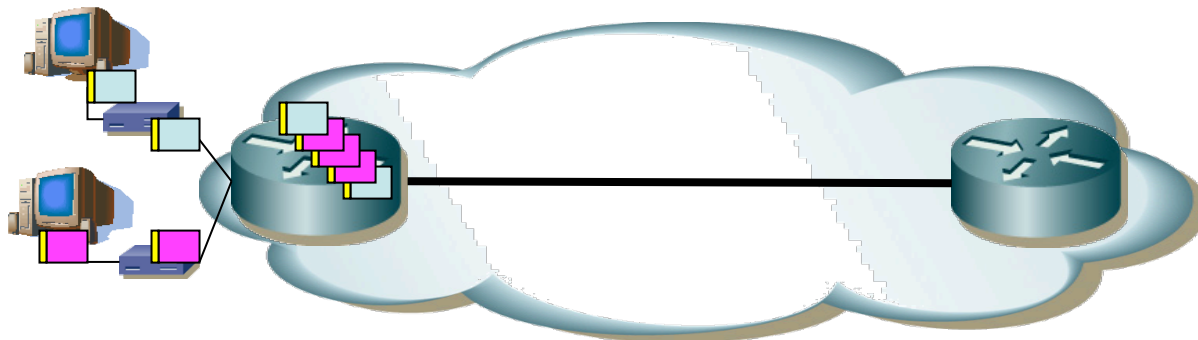
- Enlaces compartidos por paquetes de diferentes comunicaciones
- Conversión de velocidad
- *Store-and-forward*
- Cada paquete usa toda la capacidad del enlace...



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



Ejemplo

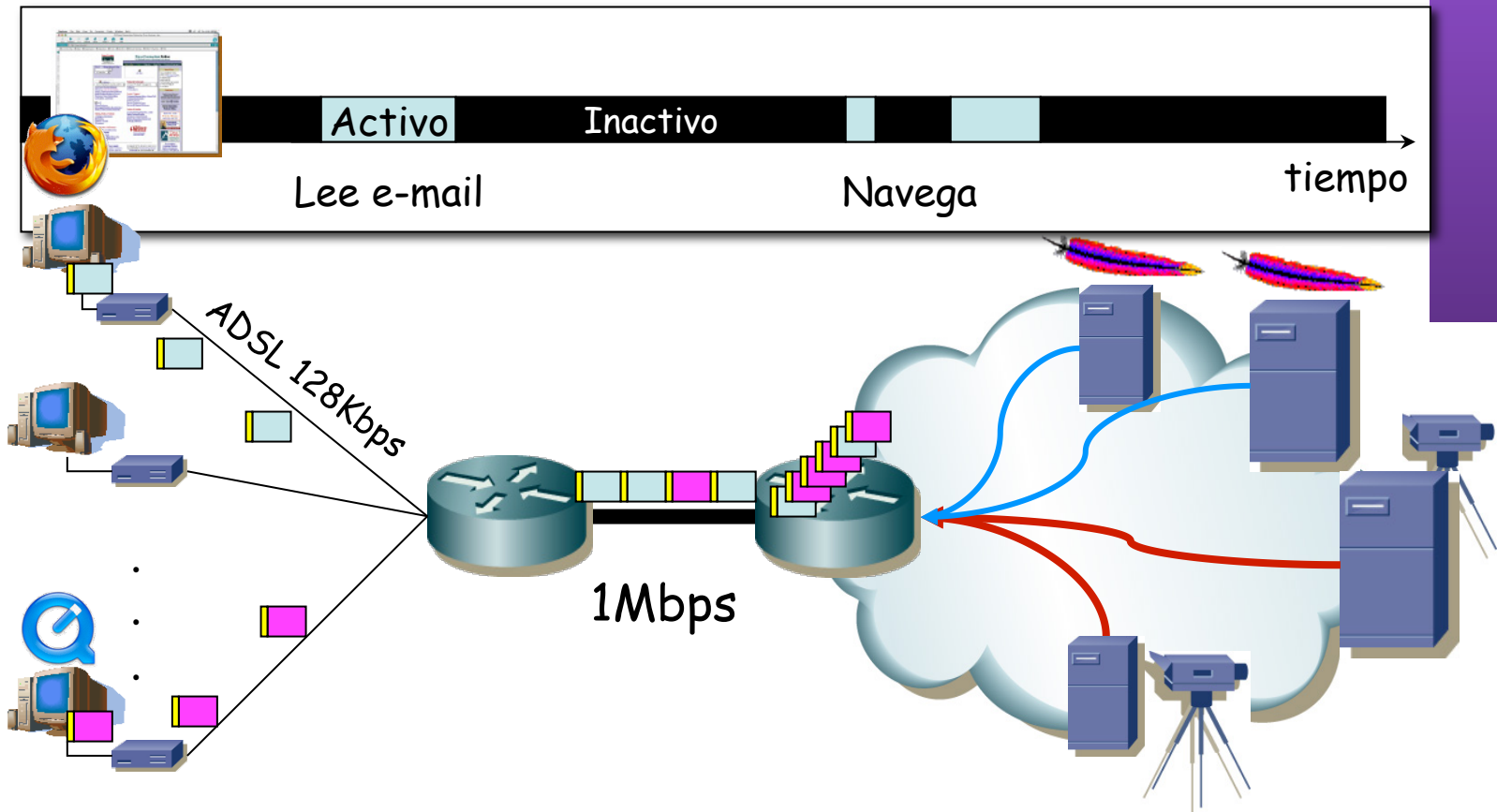
Cada usuario:

- 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 ?

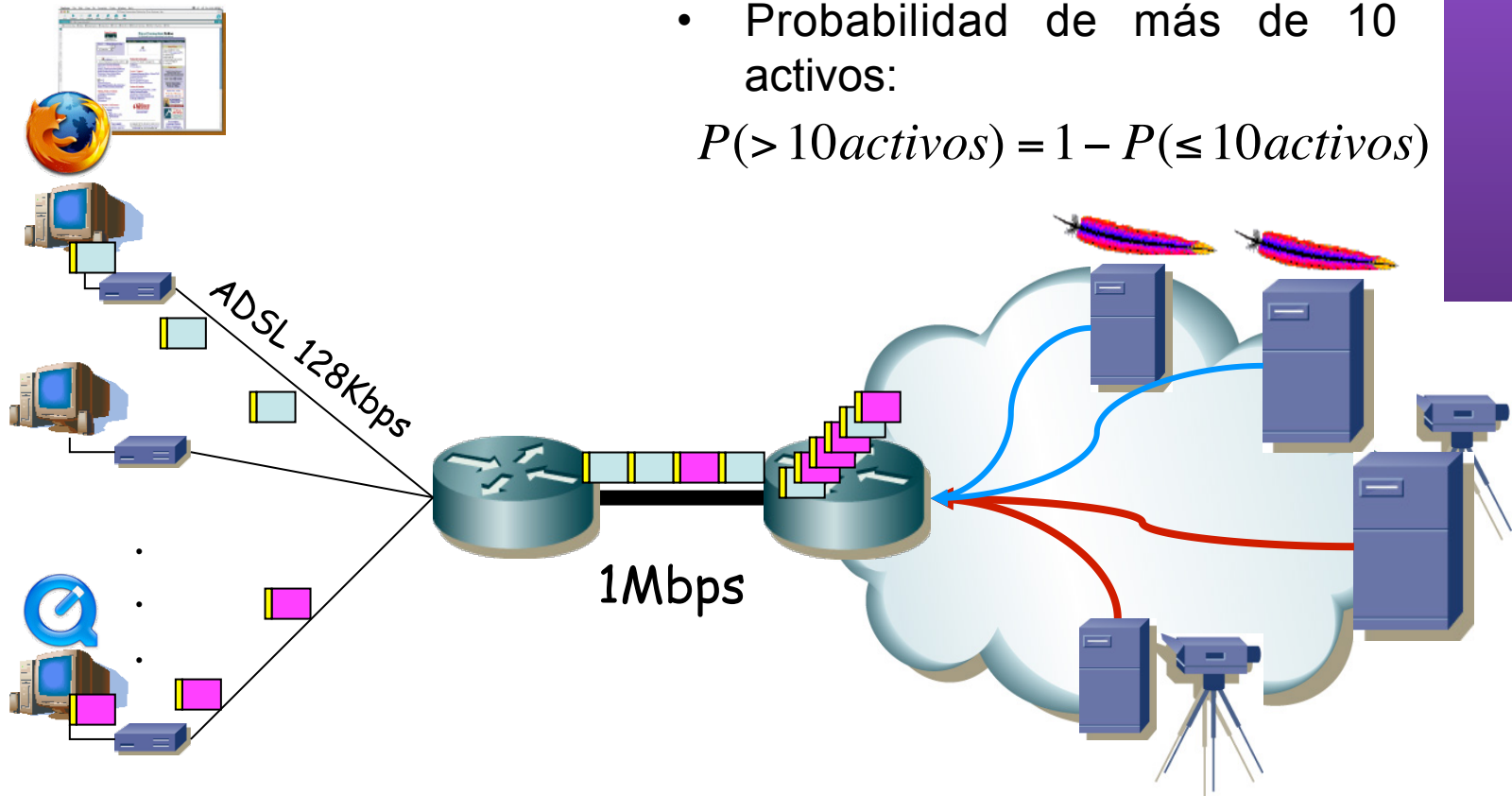
- Usuario activo un 10% del tiempo (es interpretable)
- Supongamos pues que en un momento cualquiera:

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

- Probabilidad de más de 10 activos:

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

35 usuarios ADSL



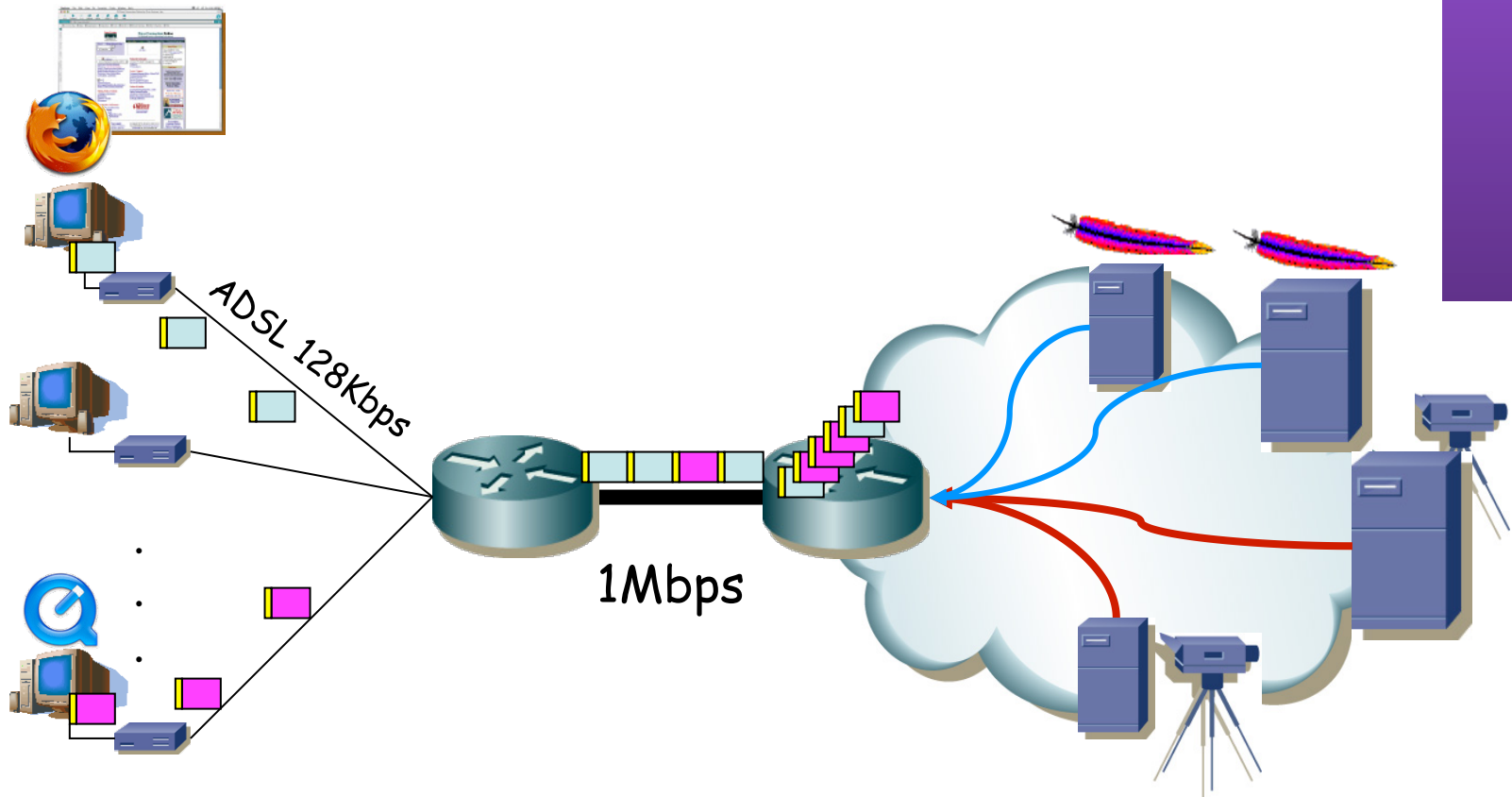
Ejemplo

¿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 ?

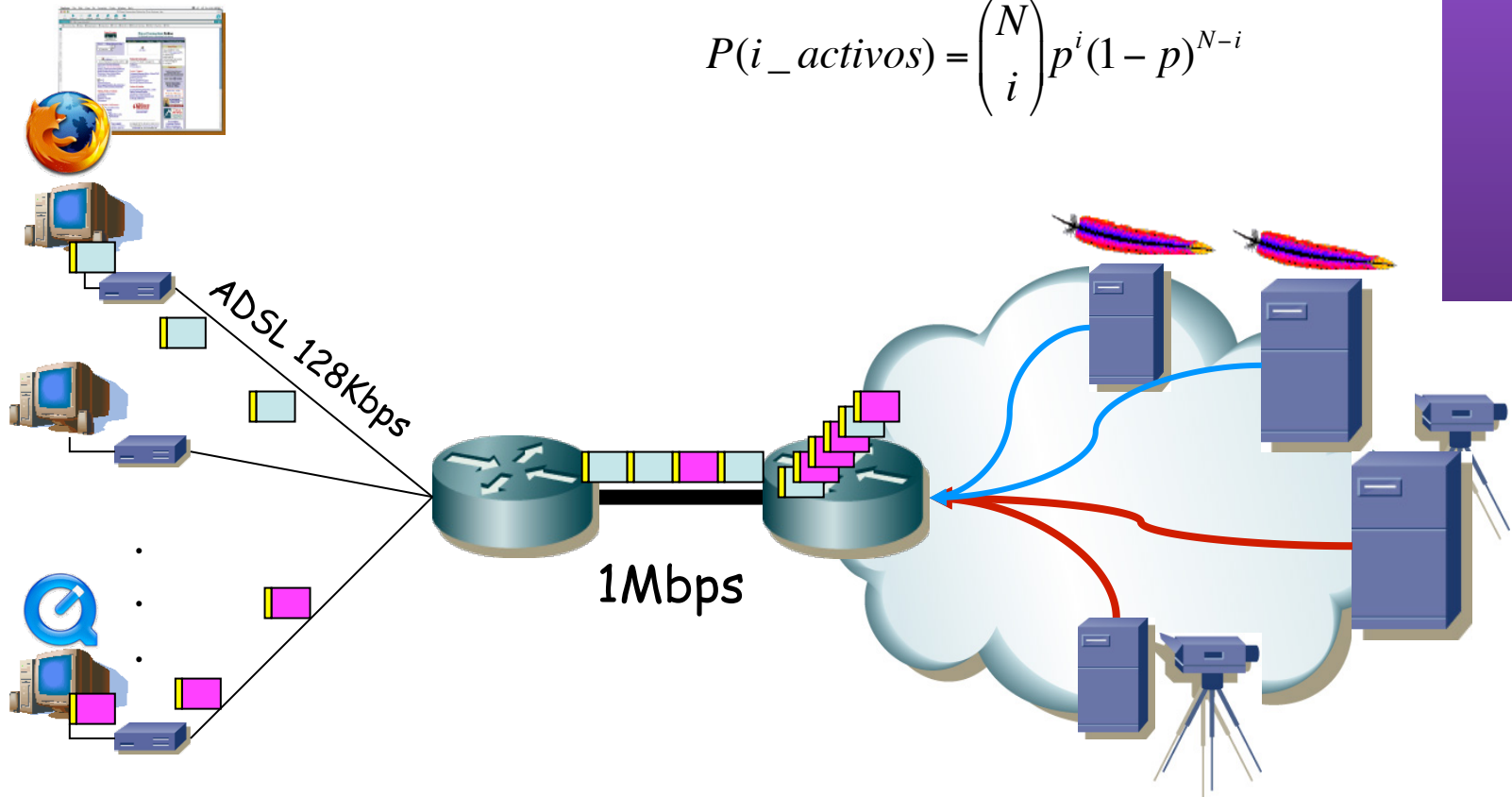
$$P(0_activos) = (1 - p)^N$$

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

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

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

35 usuarios ADSL



Ejemplo

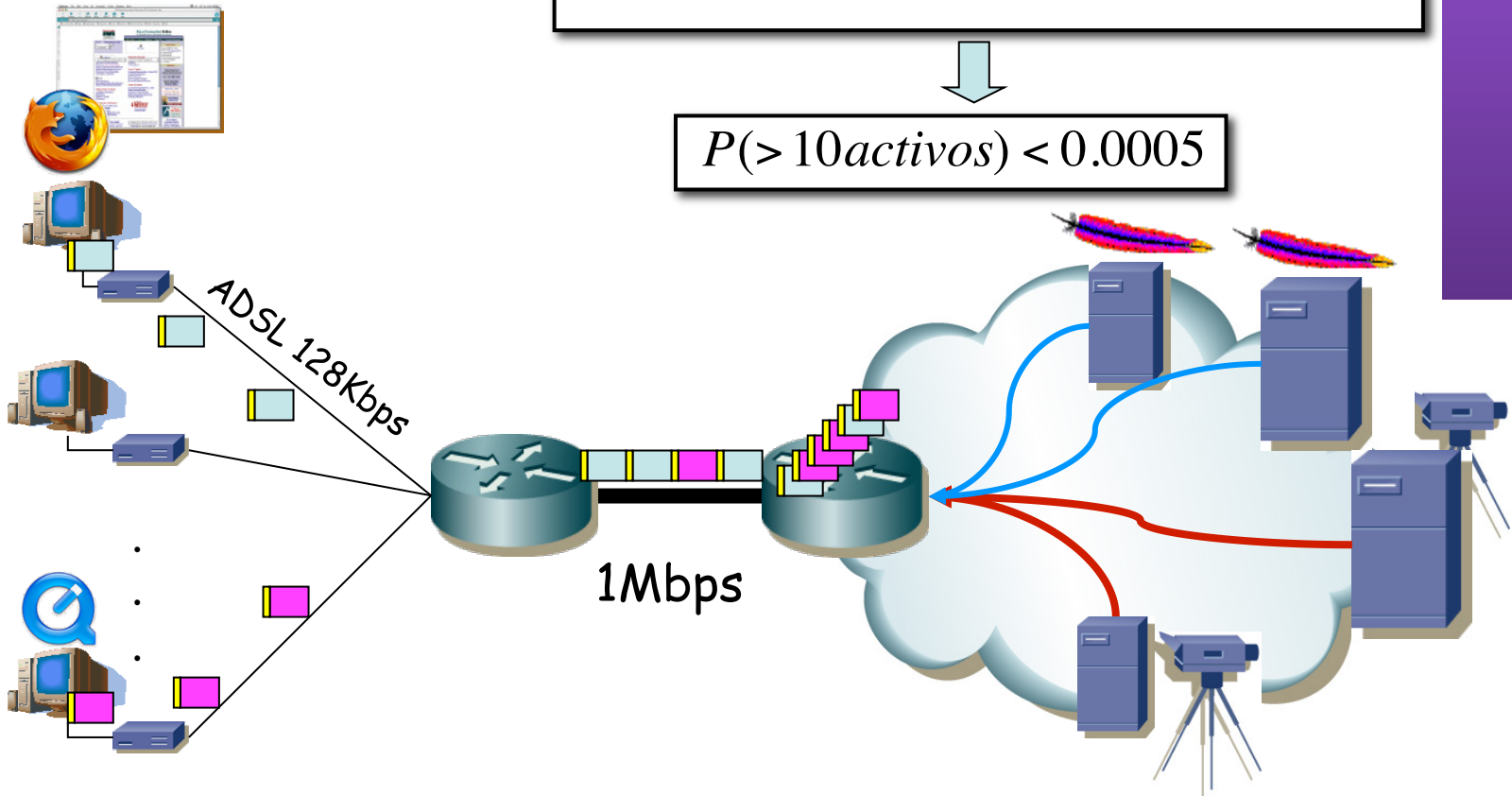
¿ Cuál es la probabilidad de que más de 10 usuarios reciban tráfico a la vez ?

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

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

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

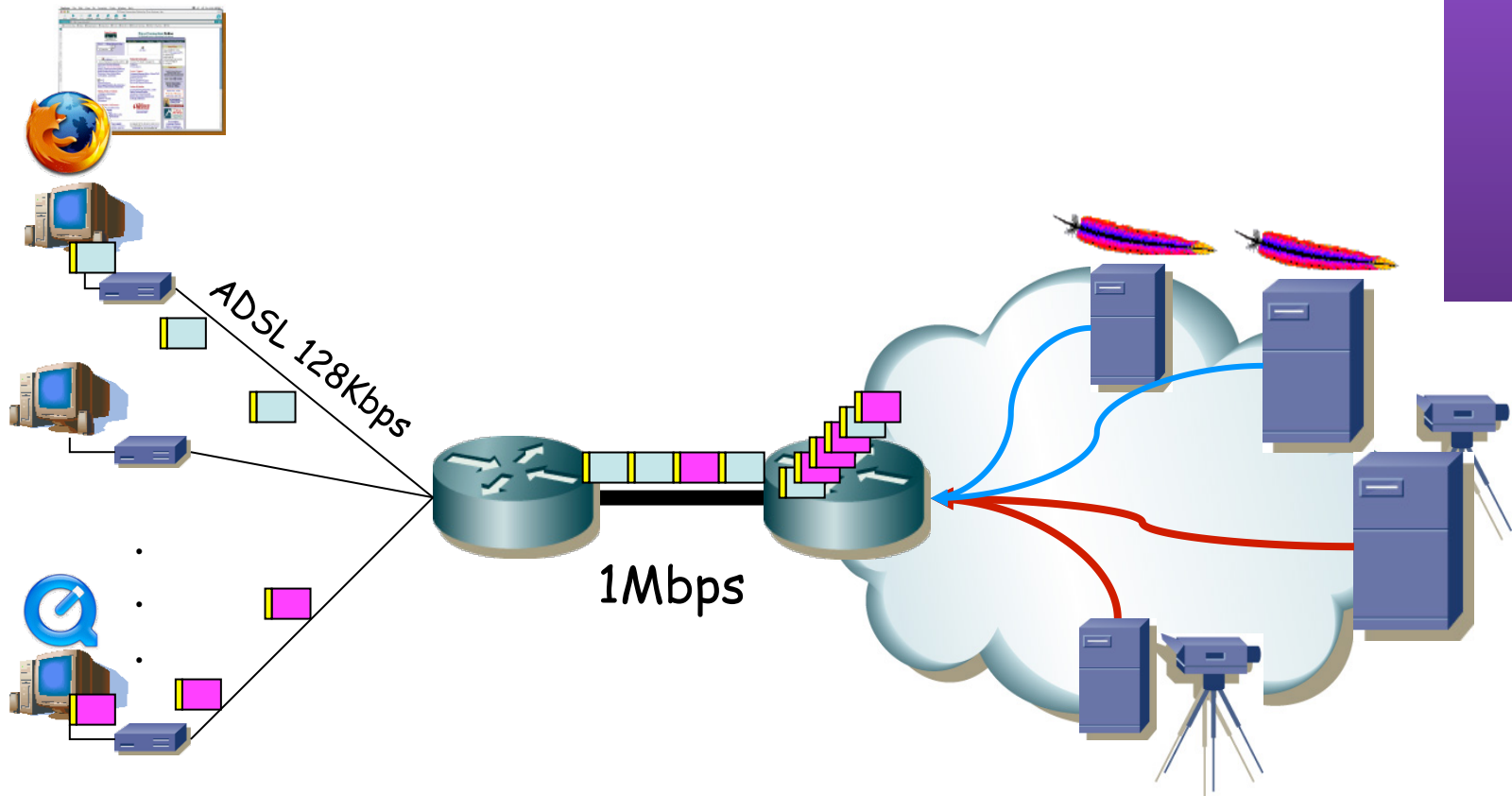
35 usuarios ADSL



Ejemplo

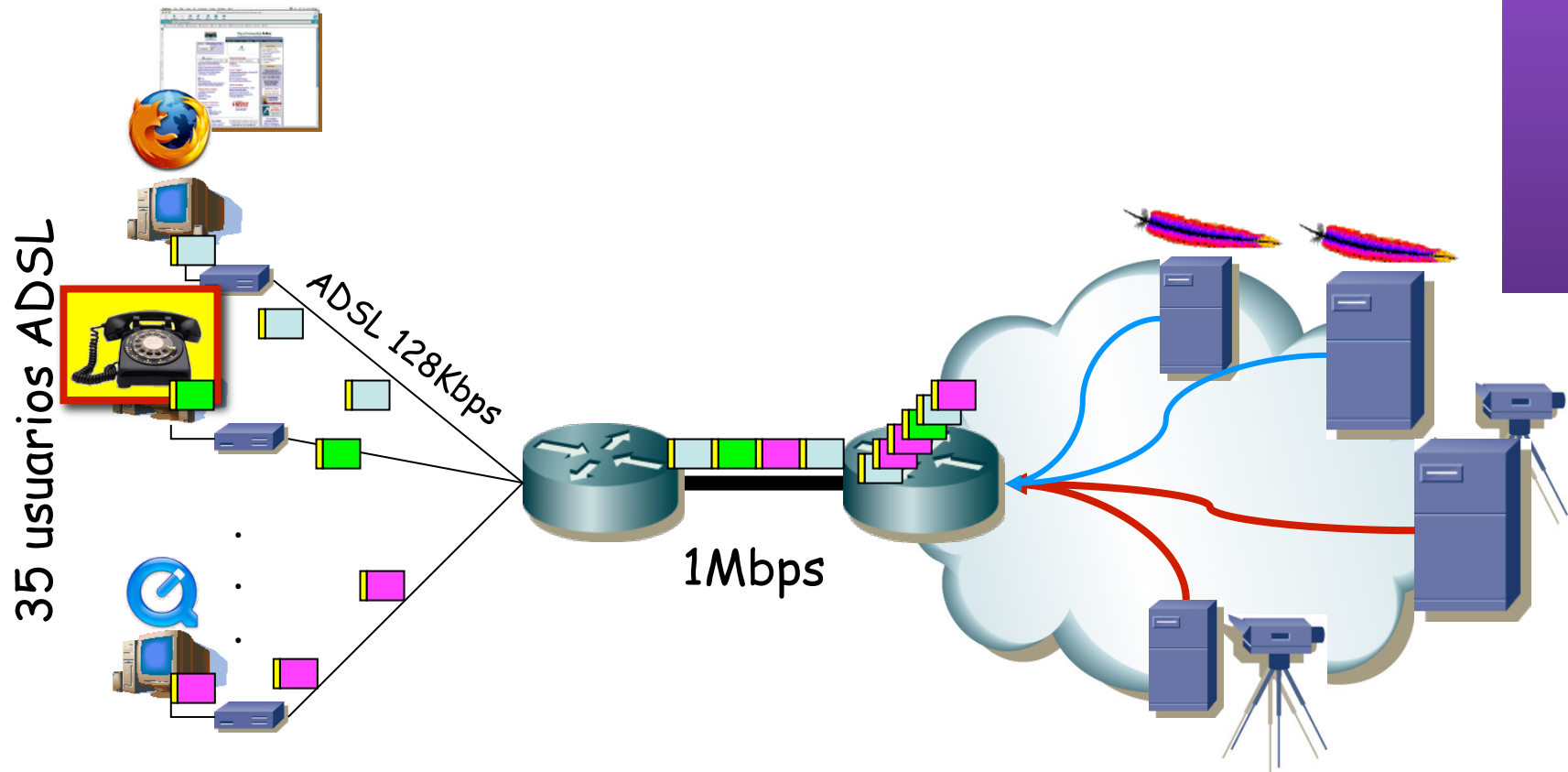
- 35 usuarios x 128 Kbps/usuario = 4,48Mbps
- 4,48Mbps > 1Mbps
- Congestión en enlace de acceso sin dar 128Kbps a todos los usuarios
- *Sobresuscripción* (overbooking)

35 usuarios ADSL



Ejemplo

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



Conmutación de paquetes

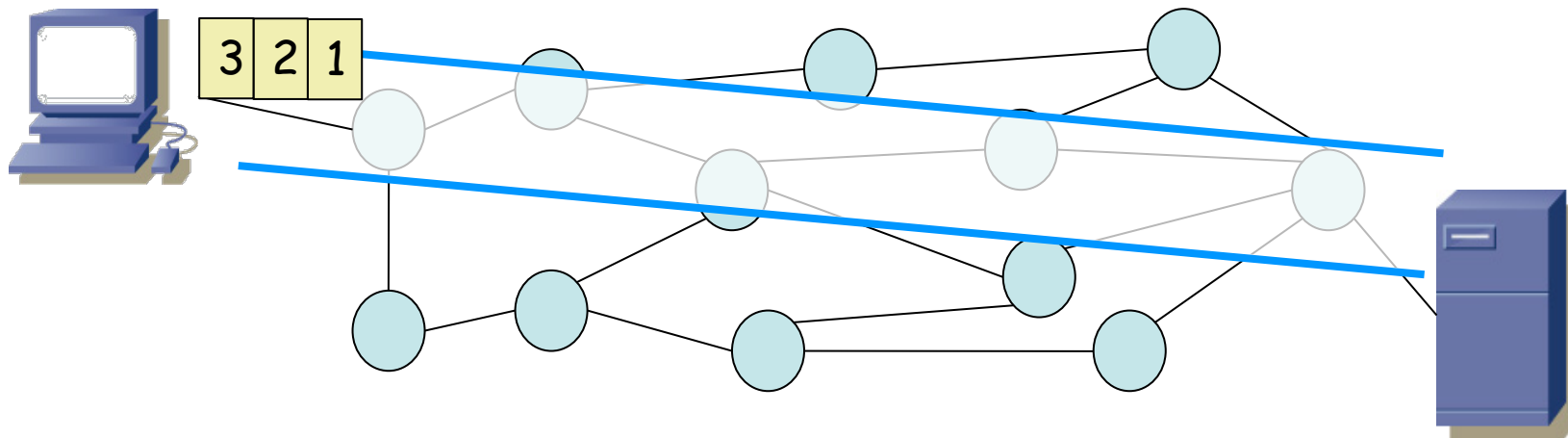
Tipos

- Circuitos Virtuales
- Datagramas

Conmutación de paquetes

Circuitos virtuales

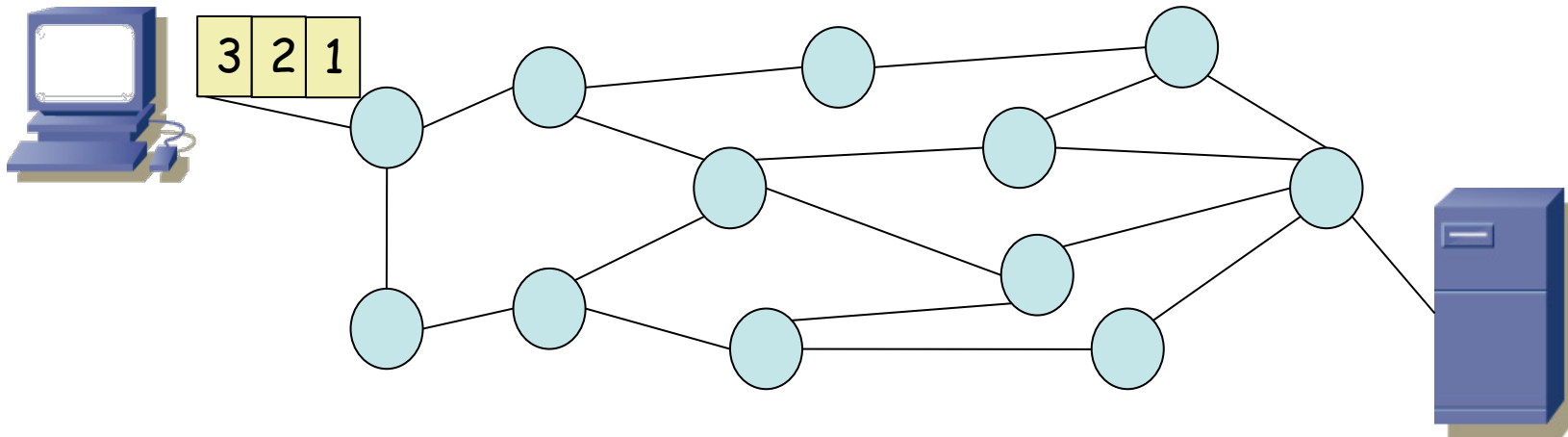
- “Orientado a conexión”
- Se establece un camino extremo a extremo (...)
- Los paquetes siguen el camino establecido (...)



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

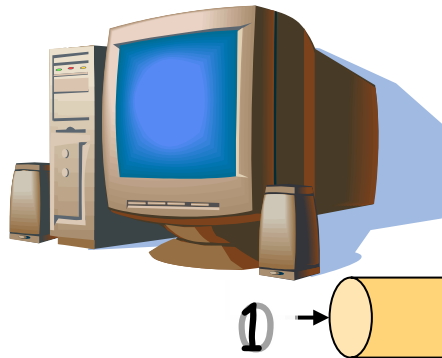
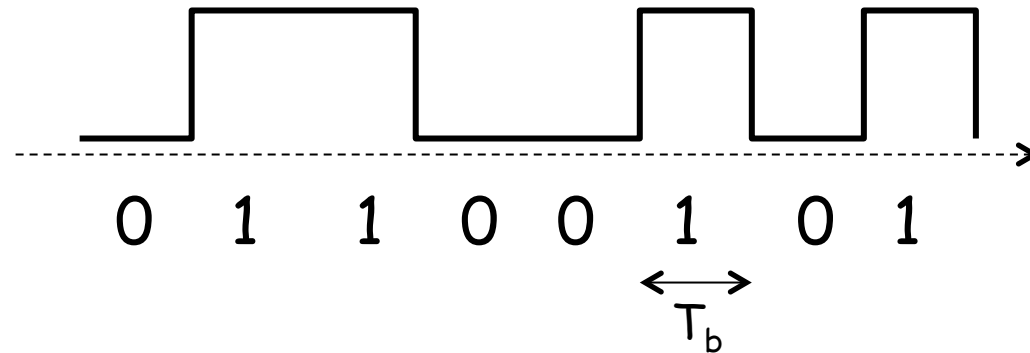
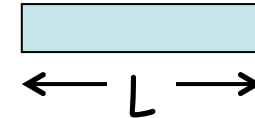
Retardos

Retardo de transmisión

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

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

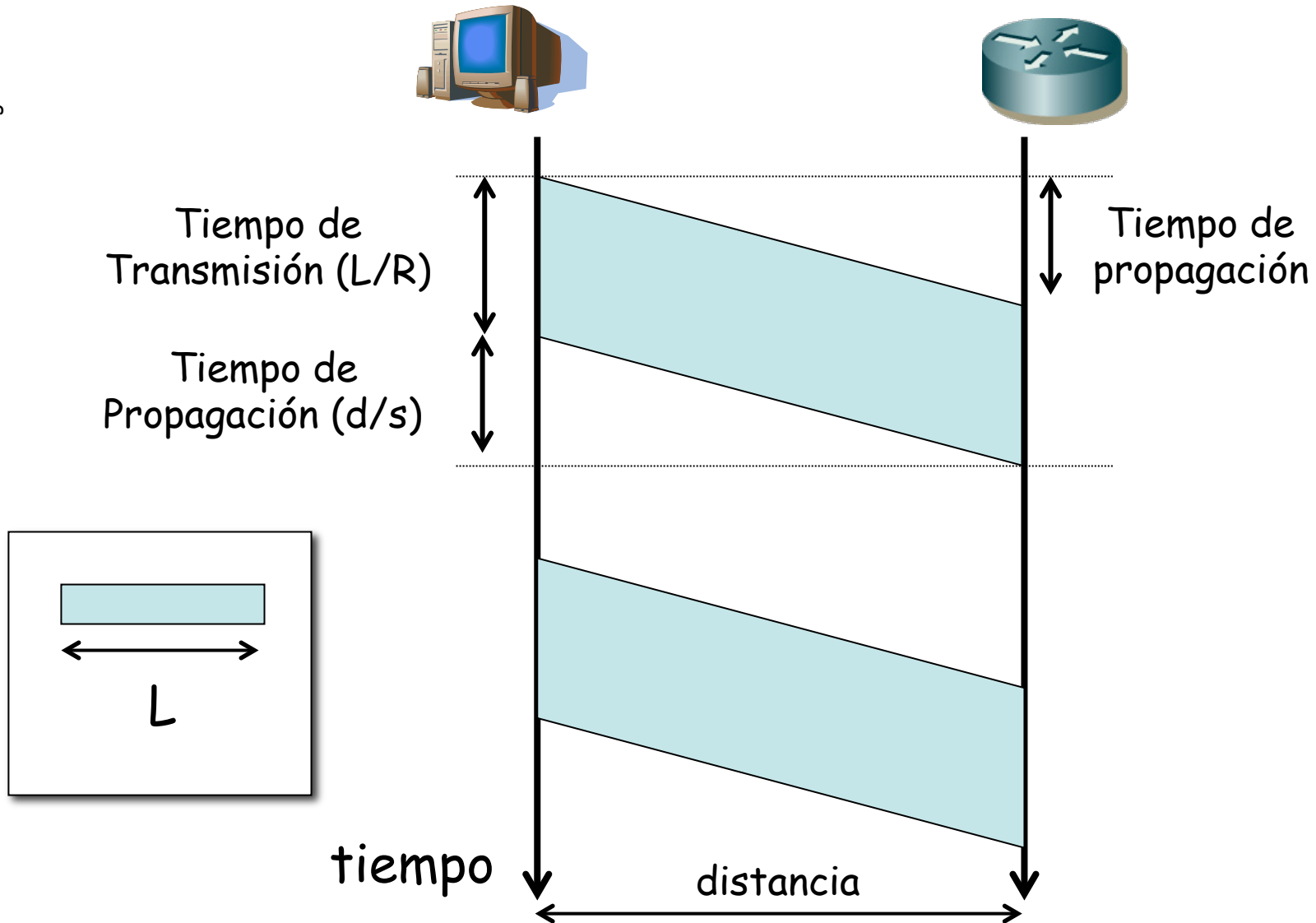


Retardo de propagación

- 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



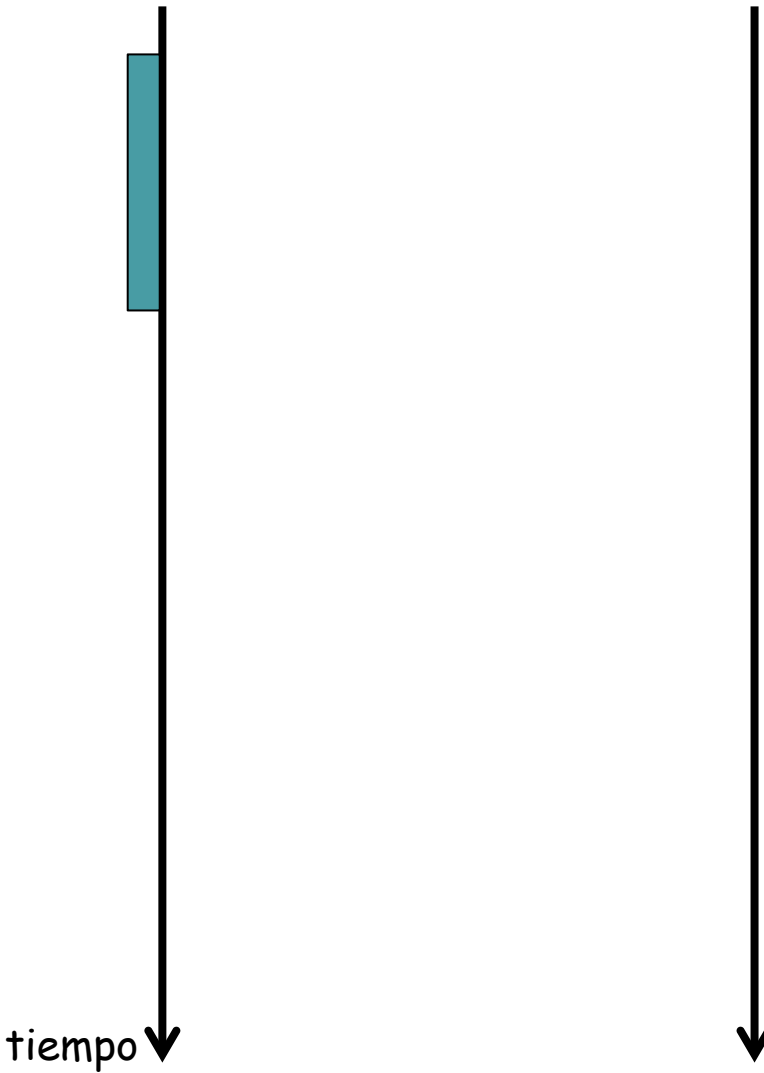
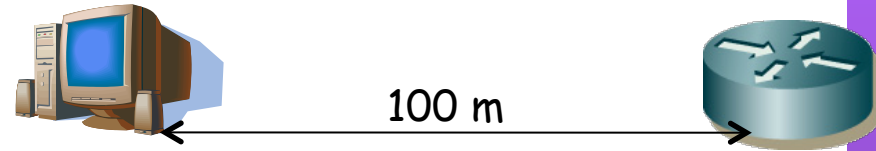
Retardos de transmisión y propagación



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?

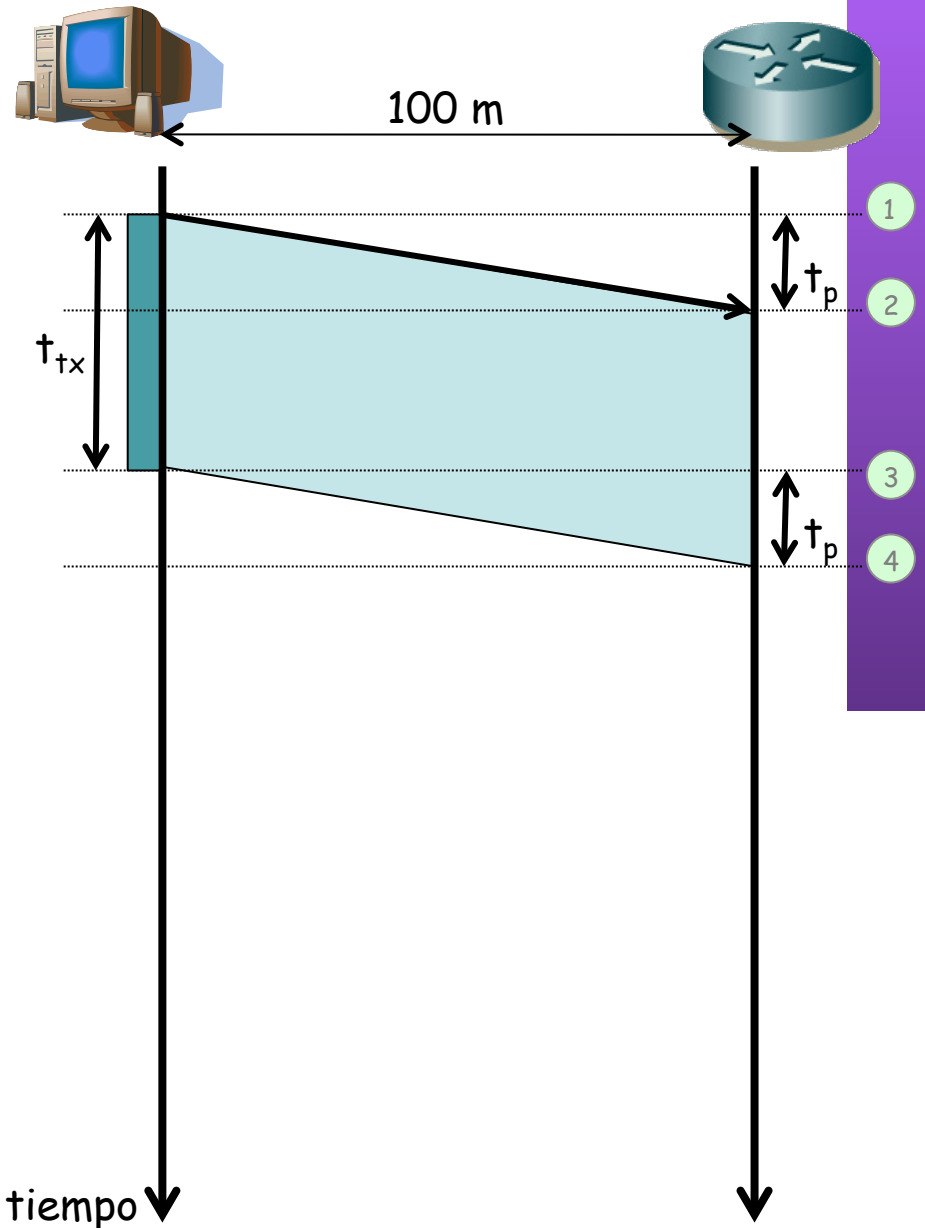


Retardos de transmisión y propagación

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?

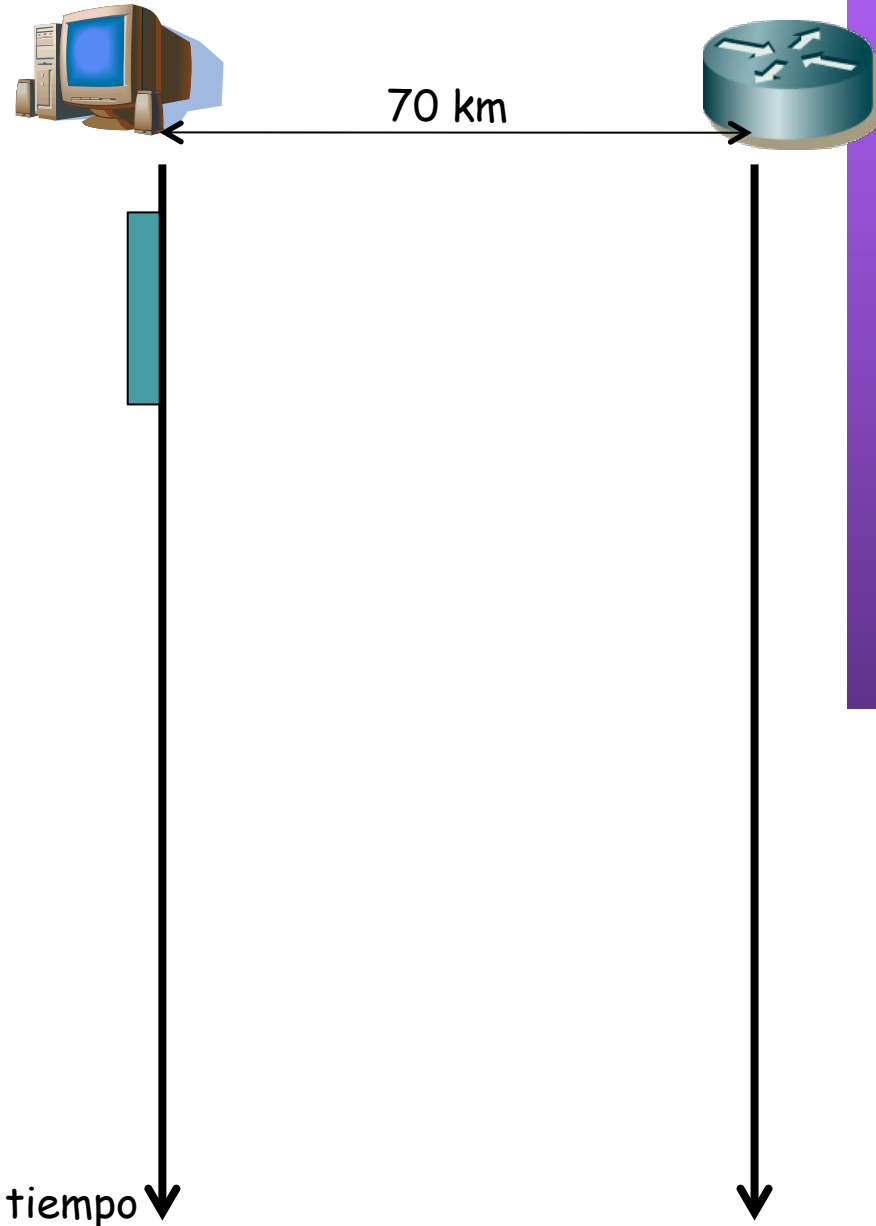
- $t_{tx} = L/R = 1500 \times 8 / 10^7 = 1.2$ ms
 - $t_p = d/s = 100 / (2 \times 10^8) = 0.5$ μ s
1. Empieza transmisión ($t=0$)
 2. Empieza recepción primer bit (t_p)
 3. Termina transmisión (t_{tx})
 4. Termina recepción ($t_{tx} + t_p = 1.2005$ ms)



Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

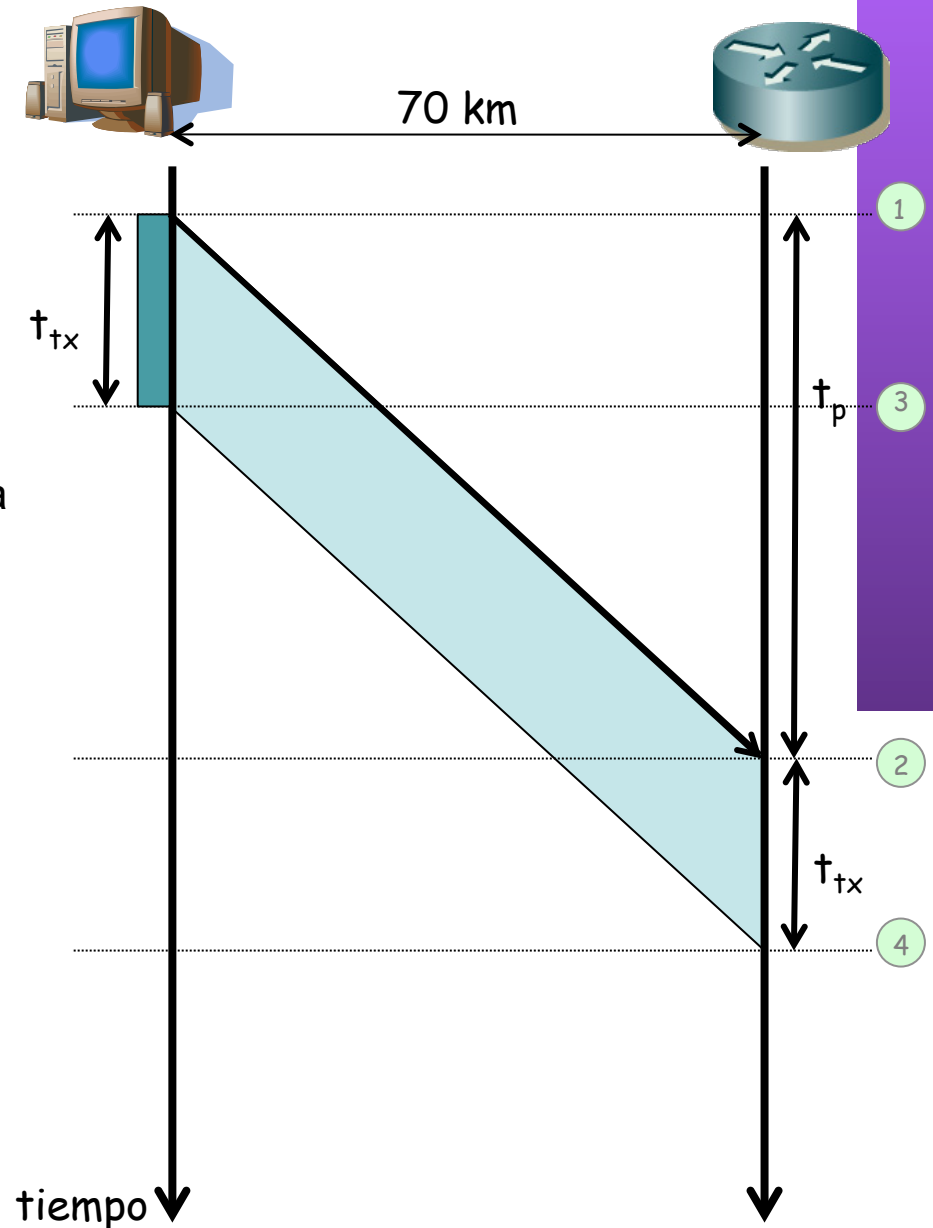
- $L = 1500$ Bytes
- $R = 100$ Mbps
- $s = 200.000$ km/s
- $d = 70$ km
- ¿Cuándo empieza a recibirse?
- ¿Cuándo se ha terminado de recibir?
- ¿Dónde está 0.17 ms tras empezar la transmisión?



Retardos de transmisión y propagación

Ejemplo

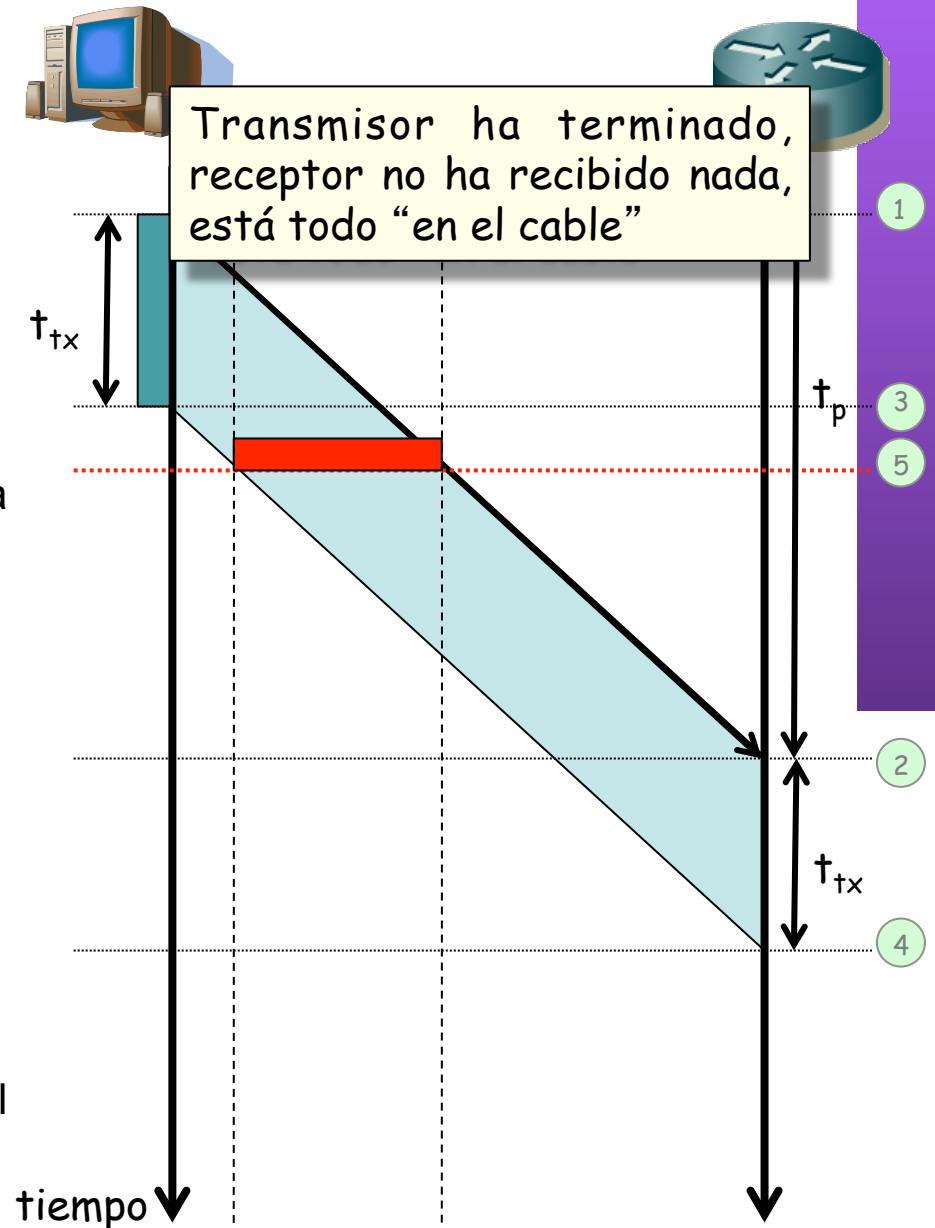
- $L = 1500$ Bytes
 - $R = 100$ Mbps
 - $s = 200.000$ km/s
 - $d = 70$ km
 - ¿Cuándo empieza a recibirse?
 - ¿Cuándo se ha terminado de recibir?
 - ¿Dónde está 0.17 ms tras empezar la transmisión?
 - $t_{tx} = L/R = 1500 \times 8 / 10^8 = 0.12$ ms
 - $t_p = d/s = 7 \times 10^4 / (2 \times 10^8) = 0.35$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