

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 1:

Considera dos computadores, A y B, separados una distancia de  $D$  metros y conectados mediante un enlace por el que se transmite a una velocidad de transmisión de  $v_{trans}$  bps. La velocidad de propagación es  $v_{prop}$  m/s. El host A envía un paquete de  $L$  bits al *host* B.

- Calcula el tiempo de propagación ( $t_{prop}$ ) y el tiempo de transmisión del paquete ( $t_{trans}$ ).
- Calcula el tiempo que tarda en recibirse el paquete completo en B (desde que se inicia la transmisión del primer bit).
- Si el host A comienza a transmitir el paquete en  $t = 0$ , ¿dónde está el último bit del paquete cuando  $t = t_{trans}$ ?
- Supongamos que el tiempo de propagación ( $t_{prop}$ ) es mayor que el tiempo de transmisión del paquete ( $t_{trans}$ ), ¿dónde está el primer bit del paquete cuando  $t = t_{trans}$ ?
- Supongamos que el tiempo de propagación ( $t_{prop}$ ) es menor que el tiempo de transmisión del paquete ( $t_{trans}$ ), ¿dónde está el primer bit del paquete cuando  $t = t_{trans}$ ?
- Supongamos  $v_{prop} = 2,5 \times 10^8$  m/s,  $L = 100$  bits y  $v_{trans} = 100$  Kbps. ¿Cuál es la distancia  $D$  para la que  $t_{prop} = t_{trans}$ ?

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 1 (solucionado)

Considera dos computadores, A y B, separados una distancia de  $D$  metros y conectados mediante un enlace por el que se transmite a una velocidad de transmisión de  $v_{trans}$  bps. La velocidad de propagación es  $v_{prop}$  m/s. El host A envía un paquete de  $L$  bits al *host* B.

a) Calcula el tiempo de propagación ( $t_{prop}$ ) y el tiempo de transmisión del paquete ( $t_{trans}$ ).

$$t_{prop} = D / v_{prop} \quad t_{trans} = L / v_{trans}$$

b) Calcula el tiempo que tarda en recibirse el paquete completo en B (desde que se inicia la transmisión del primer bit).

$$t_{total} = t_{prop} + t_{trans}$$

c) Si el host A comienza a transmitir el paquete en  $t = 0$ , ¿dónde está el último bit del paquete cuando  $t = t_{trans}$ ?

Estará saliendo del computador A

d) Supongamos que el tiempo de propagación ( $t_{prop}$ ) es mayor que el tiempo de transmisión del paquete ( $t_{trans}$ ), ¿dónde está el primer bit del paquete cuando  $t = t_{trans}$ ?

Estará todavía en el cable, viajando hacia el computador B

e) Supongamos que el tiempo de propagación ( $t_{prop}$ ) es menor que el tiempo de transmisión del paquete ( $t_{trans}$ ), ¿dónde está el primer bit del paquete cuando  $t = t_{trans}$ ?

Ya ha llegado al computador B

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 1 (solucionado)

Considera dos computadores, A y B, separados una distancia de  $D$  metros y conectados mediante un enlace por el que se transmite a una velocidad de transmisión de  $v_{trans}$  bps. La velocidad de propagación es  $v_{prop}$  m/s. El host A envía un paquete de  $L$  bits al *host* B.

f) Supongamos  $v_{prop} = 2,5 \times 10^8$  m/s,  $L = 100$  bits y  $v_{trans} = 100$  Kbps. ¿Cuál es la distancia  $D$  para la que  $t_{prop} = t_{trans}$ ?

$$t_{prop} = t_{trans} \rightarrow D/v_{prop} = L/v_{trans}$$

Despejamos  $D$  de la ecuación,  $D = v_{prop} \times L / v_{trans} = 2.5 \times 10^8 \times 100 / 100 \times 10^3 = \mathbf{250 \text{ Km}}$

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 2:

Los computadores A y B están conectados por medio de un enlace de 50 m. La velocidad de transmisión que emplean al transmitir en ese enlace es  $v_{trans} = 100$  Mbps. La velocidad de propagación de la señal es de  $2,5 \times 10^8$  m/s.

- Calcula el número de bits que caben en el enlace.
- ¿Cuál es la longitud de un bit expresada en metros?  
Si aumentamos la velocidad de transmisión, ¿la longitud de un bit aumenta o disminuye?

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 2:

Los computadores A y B están conectados por medio de un enlace de 50 m. La velocidad de transmisión que emplean al transmitir en ese enlace es  $v_{trans} = 100$  Mbps. La velocidad de propagación de la señal es de  $2,5 \times 10^8$  m/s.

- Calcula el número de bits que caben en el enlace.

Se trata del nº de bits que se pueden transmitir durante un intervalo de tiempo igual al tiempo de propagación.

$$\text{El tiempo de propagación es } t_{prop} = \frac{D}{v_{prop}} = 50 / 2.5 \times 10^8 = 2 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$N^{\circ} \text{ bits} = v_{trans} \times t_{prop} = 100 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-7} = \mathbf{20 \text{ bits}}$$

Al producto  $v_{trans} \times t_{prop}$  se le denomina **Producto retardo por ancho de banda** y representa el nº máximo de bits que pueden estar simultáneamente en un enlace

- ¿Cuál es la longitud de un bit expresada en metros? Si aumentamos la velocidad de transmisión, ¿la longitud de un bit aumenta o disminuye?

Como en el enlace caben 20 bits, la longitud de 1 bit será:

$$\frac{\text{Distancia enlace}}{N^{\circ} \text{ bits caben en enlace}} = \frac{50}{20} = \mathbf{2.5 \text{ m}}$$

Si aumentamos  $V_{trans}$ , la longitud de un bit disminuye

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 3:

Considere un paquete de longitud  $L$  que tiene su origen en el sistema terminal A y que viaja a través de tres enlaces hasta un sistema terminal de destino. Estos tres enlaces están conectados mediante dos dispositivos de conmutación de paquetes.

Sean  $d_i$ ,  $s_i$  y  $r_i$  la longitud, la velocidad de propagación y la velocidad de transmisión del enlace  $i$ , para  $i = 1, 2, 3$ . El dispositivo de conmutación de paquetes retarda cada paquete  $t_{\text{proc}}$ . Suponiendo que no se produce retardo de cola, ¿cuál es el retardo total terminal a terminal del paquete en función de  $d_i$ ,  $s_i$ ,  $r_i$ , ( $i = 1, 2, 3$ ) y  $L$ ?

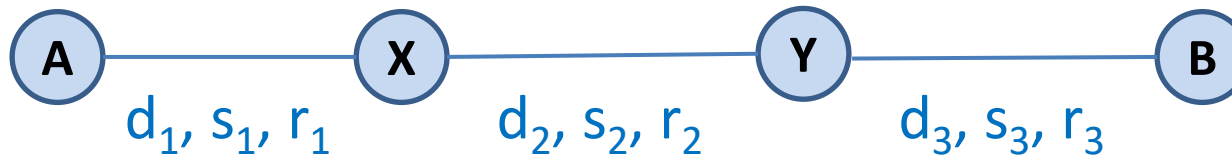
Suponga ahora que la longitud del paquete es de 1.500 bytes, la velocidad de propagación en los enlaces es igual a  $2,5 \cdot 10^8$  m/s, la velocidad de transmisión en los tres enlaces es de 2 Mbps, el retardo de procesamiento en el conmutador de paquetes es de 3 milisegundos, la longitud del primer enlace es de 5.000 km, la del segundo de 4.000 km y la del último enlace es de 1.000 km. Para estos valores, ¿cuál es el retardo terminal a terminal?

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 3:

Considere un paquete de longitud  $L$  que tiene su origen en el sistema terminal A y que viaja a través de tres enlaces hasta un sistema terminal de destino. Estos tres enlaces están conectados mediante dos dispositivos de conmutación de paquetes.

Sean  $d_i$ ,  $s_i$  y  $r_i$  la longitud, la velocidad de propagación y la velocidad de transmisión del enlace  $i$ , para  $i = 1, 2, 3$ . El dispositivo de conmutación de paquetes retarda cada paquete  $t_{proc}$ . Suponiendo que no se produce retardo de cola, ¿cuál es el retardo total terminal a terminal del paquete en función de  $d_i$ ,  $s_i$ ,  $r_i$ , ( $i = 1, 2, 3$ ) y  $L$ ?



$$t_{total} = \frac{L}{r_1} + \frac{d_1}{s_1} + t_{proc} + \frac{L}{r_2} + \frac{d_2}{s_2} + t_{proc} + \frac{L}{r_3} + \frac{d_3}{s_3}$$

# Retardos en las líneas de comunicaciones

## Ejercicio 3:

Considere un paquete de longitud  $L$  que tiene su origen en el sistema terminal A y que viaja a través de tres enlaces hasta un sistema terminal de destino. Estos tres enlaces están conectados mediante dos dispositivos de conmutación de paquetes. Suponga ahora que la longitud del paquete es de 1.500 bytes, la velocidad de propagación en los enlaces es igual a  $2,5 \cdot 10^8$  m/s, la velocidad de transmisión en los tres enlaces es de 2 Mbps, el retardo de procesamiento en el conmutador de paquetes es de 3 milisegundos, la longitud del primer enlace es de 5.000 km, la del segundo de 4.000 km y la del último enlace es de 1.000 km. Para estos valores, ¿cuál es el retardo terminal a terminal?

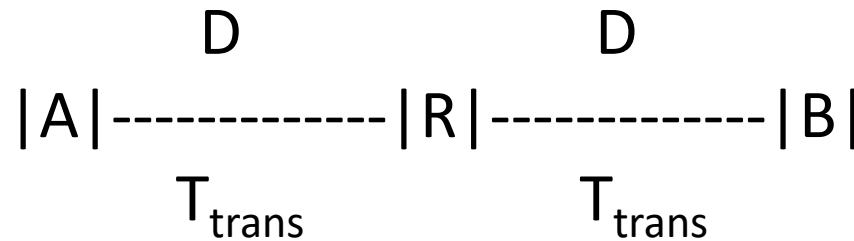
$$t_{total} = \frac{L}{r_1} + \frac{d_1}{s_1} + t_{proc} + \frac{L}{r_2} + \frac{d_2}{s_2} + t_{proc} + \frac{L}{r_3} + \frac{d_3}{s_3}$$

$$t_{total} = \underbrace{\frac{1500 \times 8}{2 \times 10^6} \times 3}_{t_{trans} \times 3} + \underbrace{2 \times 3 \text{ ms}}_{2 \times t_{proc}} + \underbrace{\frac{5000 \times 10^3}{2 \times 10^8}}_{t_{prop1}} + \underbrace{\frac{4000 \times 10^3}{2 \times 10^8}}_{t_{prop2}} + \underbrace{\frac{1000 \times 10^3}{2 \times 10^8}}_{t_{prop3}} = \mathbf{64 \text{ ms}}$$



# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 1:



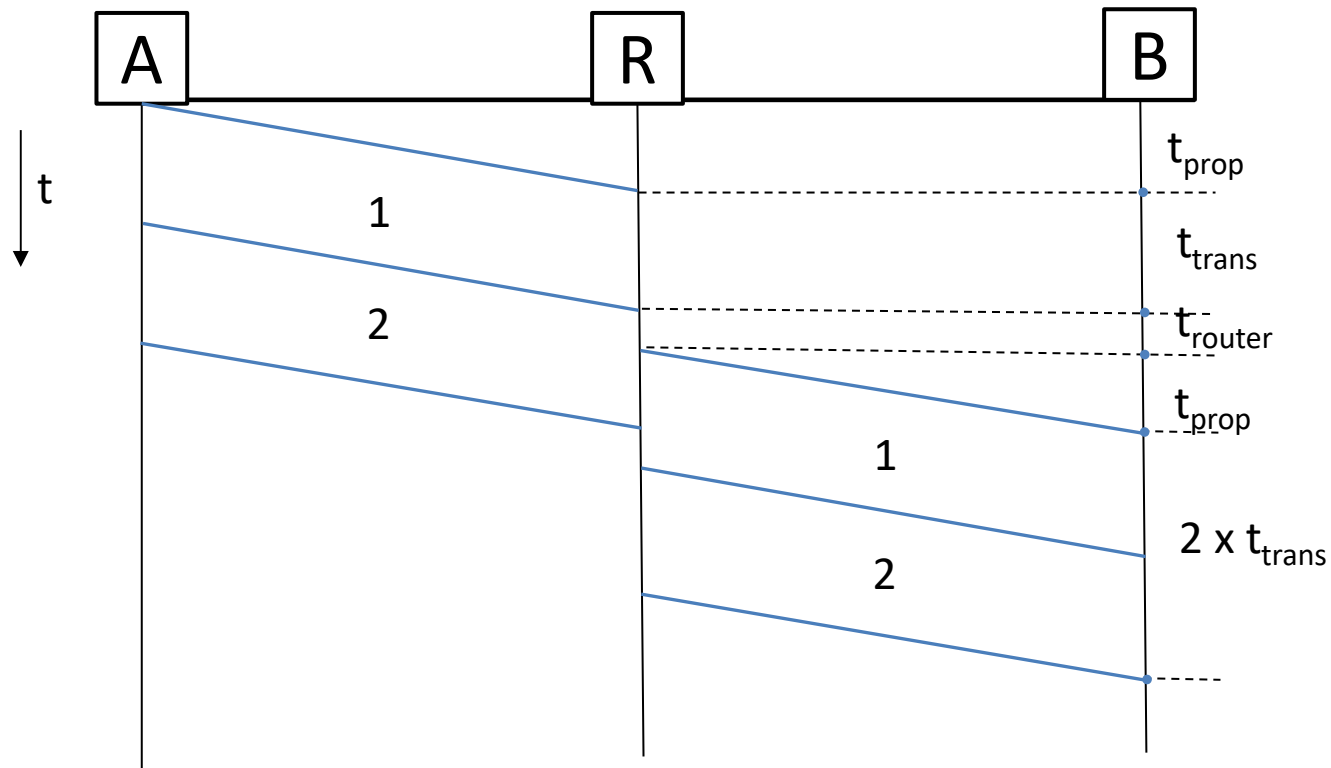
La longitud de ambas líneas es la misma y la de velocidad de transmisión en los dos enlaces también coincide. El tiempo de procesamiento en el router R es  $t_{router}$ . Se transmiten dos paquetes.

- Representa en un esquema gráfico espacio-temporal el tránsito de los paquetes por la red de A a B. Indica en el mismo qué tiempo corresponde al  $t_{trans}$  y al  $t_{prop}$  en cada enlace.
- Apoyándote en el esquema del apartado a), calcula el tiempo total transcurrido, desde que se inicia la transmisión del primer paquete hasta que el último paquete se acaba de recibir en el servidor B.

Nota: consideraremos que la  $v_{prop}$  de todos enlaces es la misma.

# Redes de conmutación de paquetes

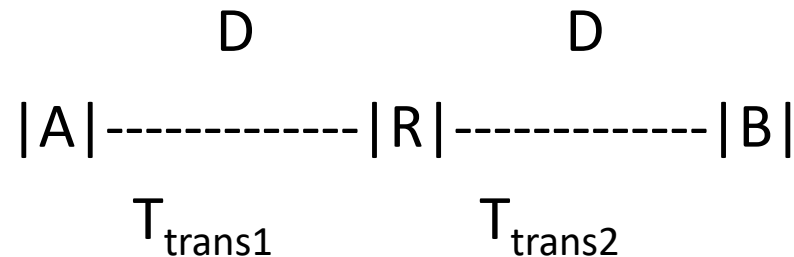
## Ejercicio 1: (solucionado)



$$T_{Total} = 2 \times t_{prop} + t_{router} + 3 \times t_{trans}$$

# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 2:



La longitud de ambas líneas es la misma y  $T_{trans2} > T_{trans1}$  (el ancho de banda del enlace 1 es superior al del enlace 2). Se transmiten dos paquetes.

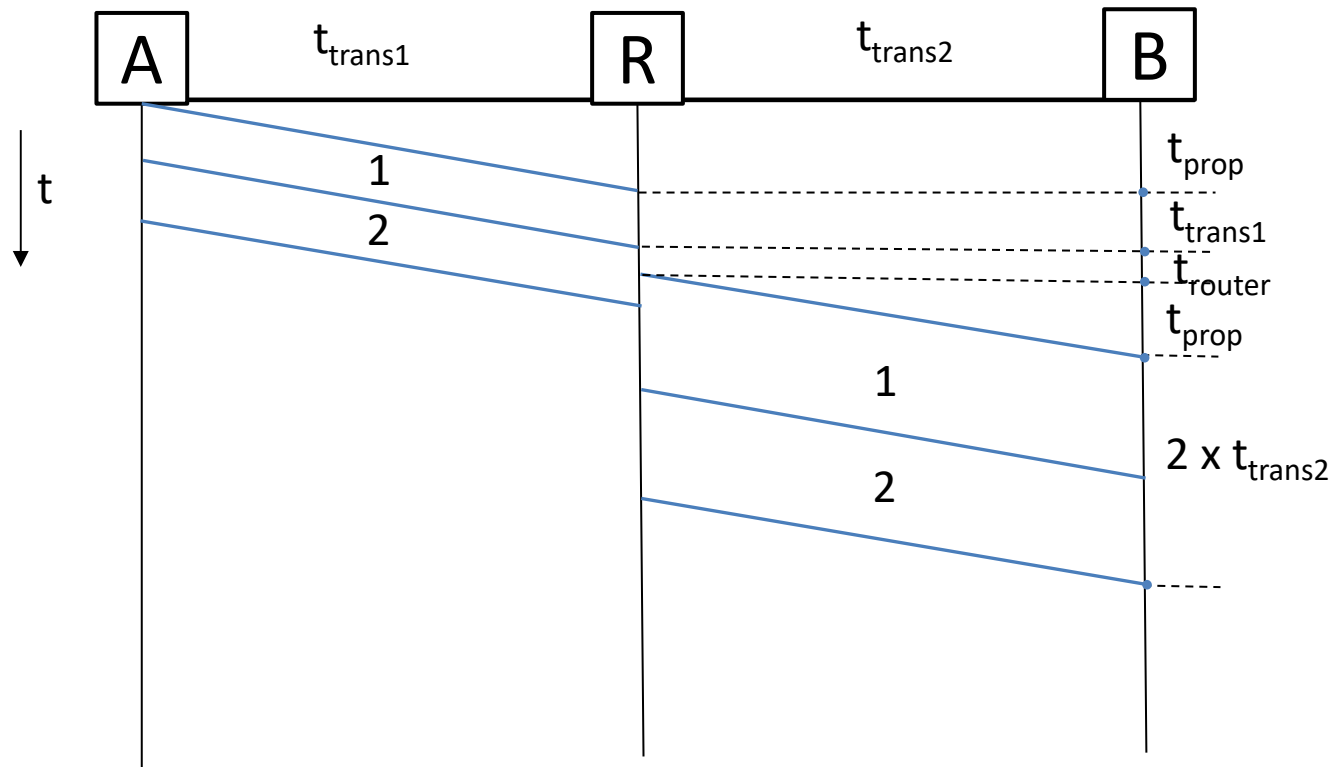
## Ejercicio 3:

Igual que el anterior pero suponiendo que los datos viajan de **B** hasta **A**.

# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 2: (solucionado)

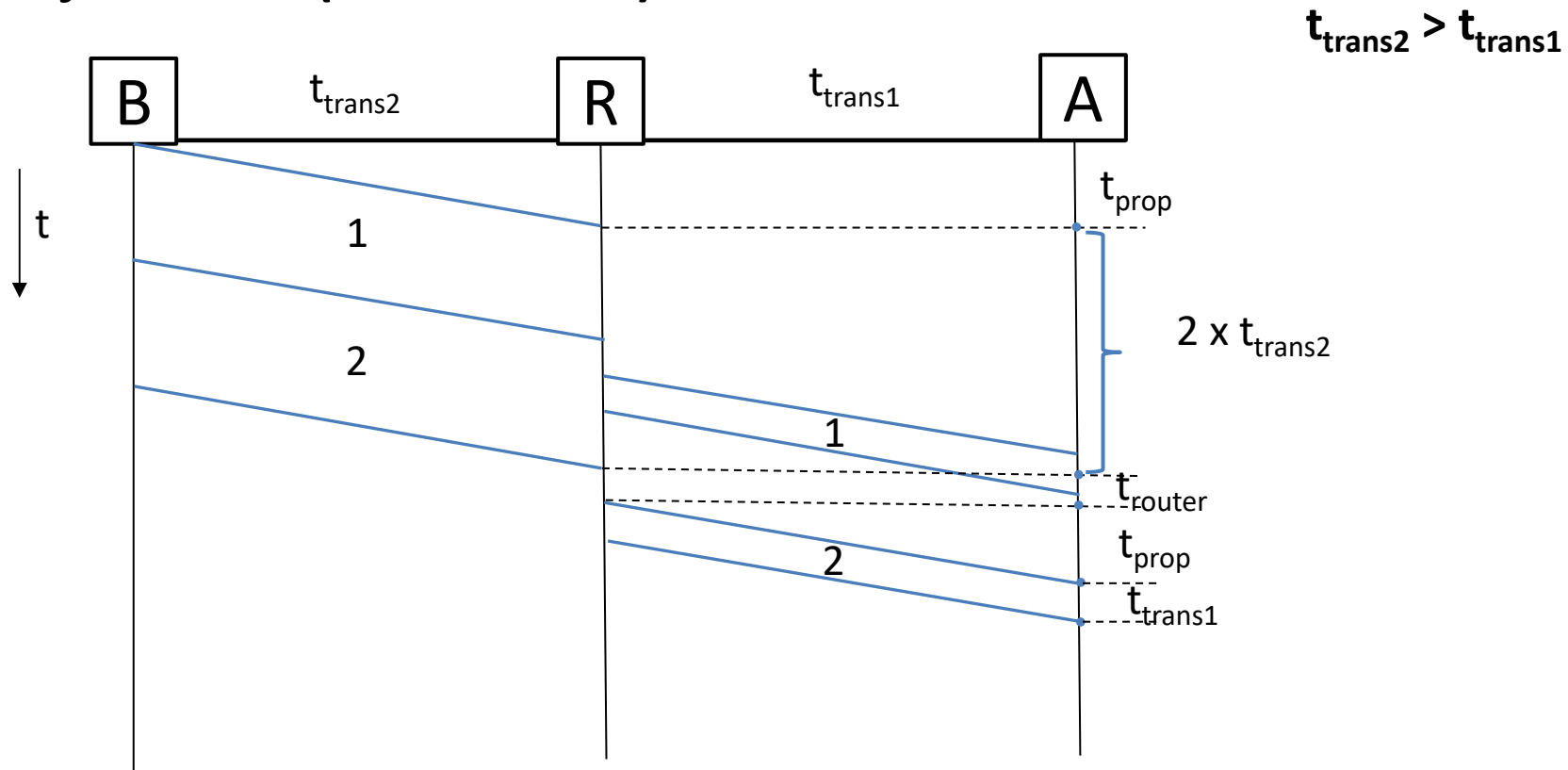
$$t_{\text{trans2}} > t_{\text{trans1}}$$



$$T_{\text{Total}} = 2 \times t_{\text{prop}} + t_{\text{router}} + t_{\text{trans1}} + 2 \times t_{\text{trans2}}$$

# Redes de conmutación de paquetes

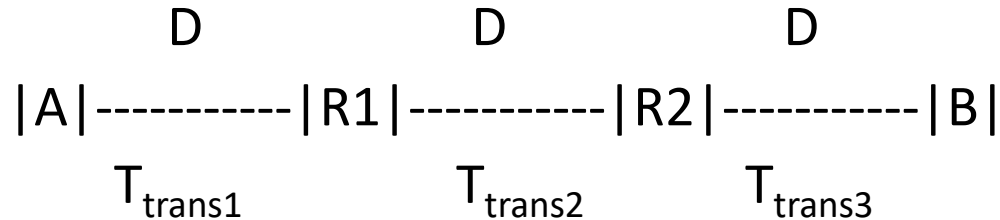
## Ejercicio 3: (solucionado)



$$T_{Total} = 2 \times t_{prop} + t_{router} + 2 \times t_{trans2} + t_{trans1}$$

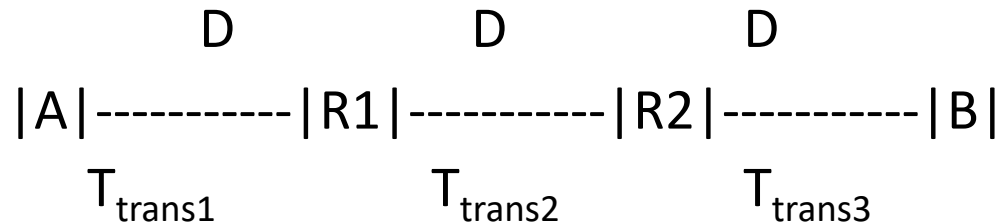
# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 4:



La longitud de ambas líneas es la misma y  $T_{trans2} > T_{trans1} > T_{trans3}$  (el ancho de banda del enlace 3 es superior al del enlace 1 y 2). Se transmiten dos paquetes. El tiempo de procesamiento en los routers es despreciable

## Ejercicio 5:



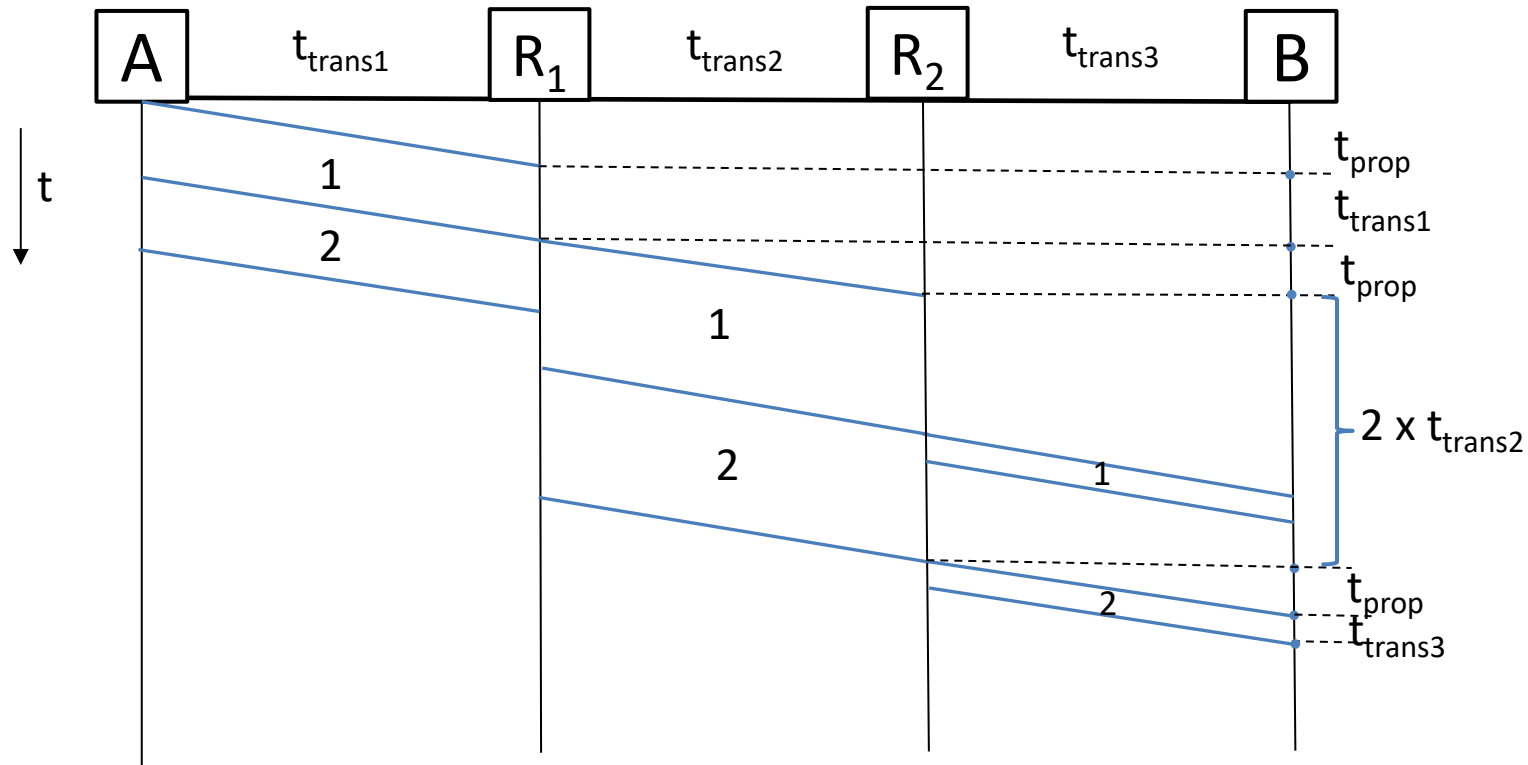
La longitud de las tres líneas es la misma y  $T_{trans3} > T_{trans2} > T_{trans1}$  (el ancho de banda del enlace 3 es inferior al del enlace 1). ( $t_{router} \approx 0$ ).

- Se transmiten dos paquetes.
- Generalizar al caso de que se transmitan  $n$  paquetes.

# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 4: (solucionado)

$$t_{\text{trans2}} > t_{\text{trans1}} > t_{\text{trans3}}$$

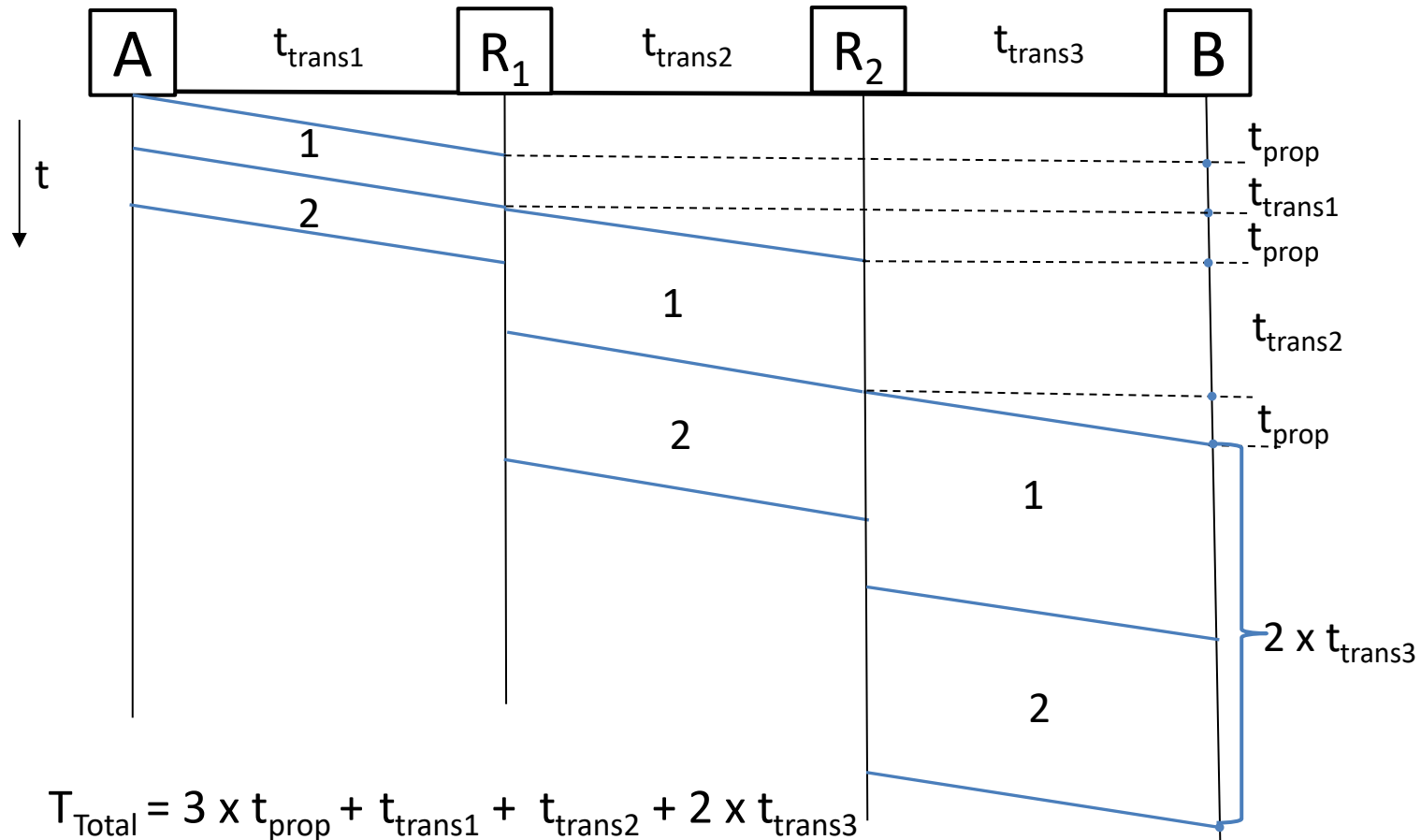


$$T_{\text{Total}} = 3 \times t_{\text{prop}} + t_{\text{trans1}} + 2 \times t_{\text{trans2}} + t_{\text{trans3}}$$

# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 5: (solucionado)

$$t_{\text{trans3}} > t_{\text{trans2}} > t_{\text{trans1}}$$



$$T_{\text{Total}} = 3 \times t_{\text{prop}} + t_{\text{trans1}} + t_{\text{trans2}} + 2 \times t_{\text{trans3}}$$

Para n paquetes:

$$T_{\text{Total}} = 3 \times t_{\text{prop}} + t_{\text{trans1}} + t_{\text{trans2}} + n \times t_{\text{trans3}}$$



# Redes de conmutación de paquetes

## Ejercicio 7:

El computador **A** quiere enviar un mensaje de 5.000 bytes al servidor **S** mediante conmutación de paquete. La ruta entre ambos computadores atraviesa un único router: **R**. El enlace A-R tiene una longitud de 20 km, mientras el enlace R-S es de 10 km. La velocidad de propagación es  $2 \times 10^8$  m/s en ambos enlaces. La velocidad de transmisión es 100 Mbps en enlace A-R y de 1 Gbps en el enlace R-S. El tamaño máximo de los paquetes es de 2.000 bytes e incluyen una cabecera cuyo tamaño consideraremos despreciable. También consideraremos despreciables los tiempos de procesamiento en hosts y routers (no los de espera en colas). No hay errores en la transmisión. Se pide:

- Representa en un esquema gráfico espacio-temporal el tránsito de los paquetes por la red de **A** a **S**. Indica en el mismo qué tiempo corresponde al  $t_{trans}$  y al  $t_{prop}$  en cada enlace.
- Apoyándote en el esquema del apartado a), calcula el tiempo total transcurrido, desde que se inicia la transmisión del primer paquete hasta que el último paquete se acaba de recibir en el servidor **S**.

# Redes de conmutación de paquetes

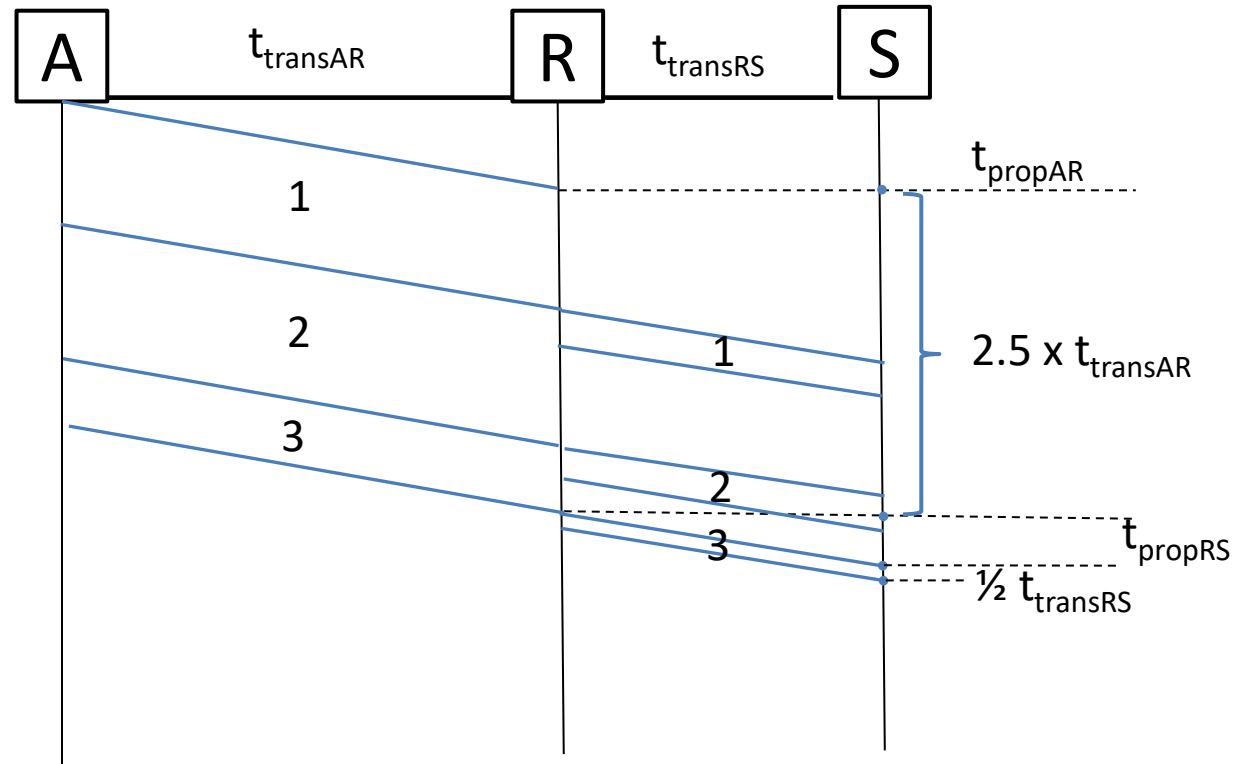
## Ejercicio 7: (solucionado)

$$t_{transAR(2000\text{ bytes})} = \frac{2000 \times 8}{100 \times 10^6} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$t_{transRS(2000\text{ bytes})} = \frac{2000 \times 8}{1 \times 10^9} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$t_{propAR} = \frac{20 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 1 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$t_{propRS} = \frac{10 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 5 \times 10^{-5} \text{ s}$$



$$T_{Total} = t_{propAR} + 2.5 \times t_{transAR} + t_{propRS} + 0.5 \times t_{transRS} = 0.558 \times 10^{-3} \text{ s}$$