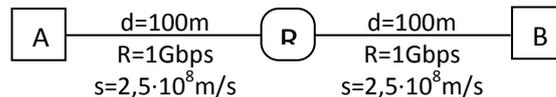


APELLIDOS: _____		DNI: _____	
NOMBRE: _____		DNI: _____	
ASIGNATURA: ARQUITECTURA DE REDES I		TITULACIÓN: GRADOS TIC	
FECHA: 21/10/2011	PROBLEMA	DURACIÓN: 45 min. (SIN LIBROS)	PUNTUACIÓN: 4/10 Ptos

NOTA: Utilice esta misma hoja y su reverso para realizar este problema.

Una aplicación de Internet situada en un *host* A desea enviar un fichero de tamaño 8000 bytes a otra aplicación situada en un *host* B. Ambos hosts intercambian dicha información a través de dos enlaces de longitud 100 m cada uno, cuyos regímenes binarios son de 1 Gbps y velocidad de propagación $2,5 \cdot 10^8$ m/s. Los dos enlaces están unidos por un *Router* que introduce un retardo total de 1ms y que funciona bajo el principio “almacenamiento y reenvío” (*store&forward*). Cada vez que la aplicación receptora en el *host* B recibe el fichero por completo y correctamente, envía un mensaje de asentimiento de longitud 32 bytes al *host* A (emisor del fichero), para indicarle que lo ha recibido correctamente. Todos los retardos no indicados considérense despreciables.



Las capas implicadas en la comunicación entre ambos *hosts* poseen las siguientes características:

- **Capa de transporte:** PCI (cabecera) de 20 bytes, y las PDU se adaptan a los límites de tamaño impuestos por capas inferiores (MTU).
- **Capa de red:** PCI (cabecera) de 20 bytes, y tiene una SDU máxima de 65535 bytes.
- **Capa de enlace:** PCI (cabecera) de 8 bytes, y una “cola” de 4 bytes.

Se pregunta:

a) **(1,33 puntos)** ¿Cuánto tiempo tarda en recibirse el fichero si la MTU es de 10^4 bytes y no se producen errores de ningún tipo?

b) **(1,33 puntos)** ¿Cuánto tiempo tarda en recibirse el fichero si la MTU es de 1500 bytes y no se producen errores de ningún tipo?

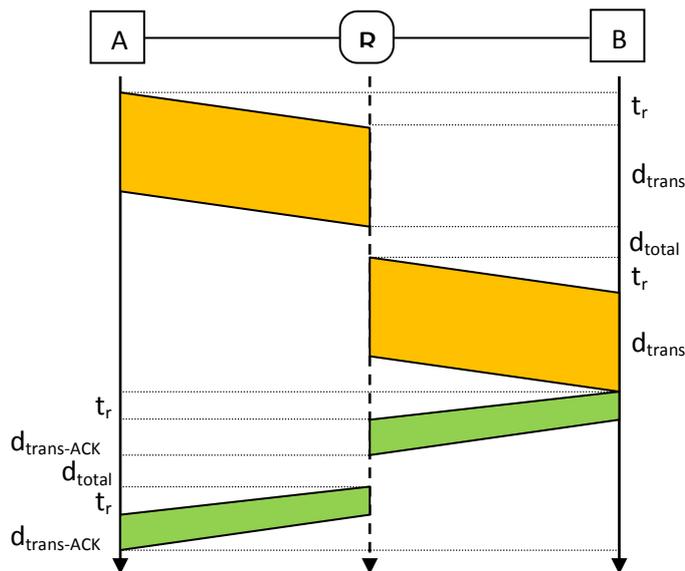
c) **(1,33 puntos)** Considere un único enlace con las mismas características que los anteriores y con una tasa de error de bit (BER, *Bit Error Ratio*) de 10^{-6} . Se pretende enviar el fichero descrito anteriormente a través de dicho enlace, ¿cuál es el número total de bytes que deben enviarse por el enlace si la MTU es de 10^4 bytes y si consideramos que cada trama errónea se retransmite solo una vez?

NOTAS para el apartado c):

- La probabilidad de que una trama de longitud “x” bits no resulte errónea al transmitirse por un enlace de tasa de error de bit (BER) es de $P_{NET} = (1-BER)^x$.
- No considere en este apartado el mensaje de asentimiento que envía el receptor.

a) ¿Cuánto tiempo tarda en recibirse el fichero si la MTU es de 10^4 bytes y no se producen errores de ningún tipo?

En este caso, puesto que la MTU es 10000 bytes, no es necesario segmentar el fichero, pudiendo ir en una única trama. Siendo t_r el retardo de propagación (igual en todos los casos por ser la longitud de ambos enlaces iguales), d_{total} el retardo total del Router, d_{trans} el retardo de transmisión del fichero (que es igual en ambos enlaces por tener el mismo régimen binario) y $d_{trans-ACK}$ el retardo de transmisión de la confirmación.



El "retardo total" es:

$$\text{Retardo total} = 4t_r + 2d_{trans} + 2d_{total} + 2d_{trans-ACK}$$

Podemos calcular cada uno de los sumandos del siguiente modo:

$$t_r = d \text{ [m]} / s \text{ [m/s]} = 100 / 2,5 \cdot 10^8 = 0,4 \mu\text{s}$$

$$d_{trans} = \text{longitud_trama [bits]} / R \text{ [bits/s]} = (8000 + 20 + 20 + 8 + 4) \cdot 8 / 10^9 = 64,42 \mu\text{s}$$

$$d_{total} = 1 \text{ ms}$$

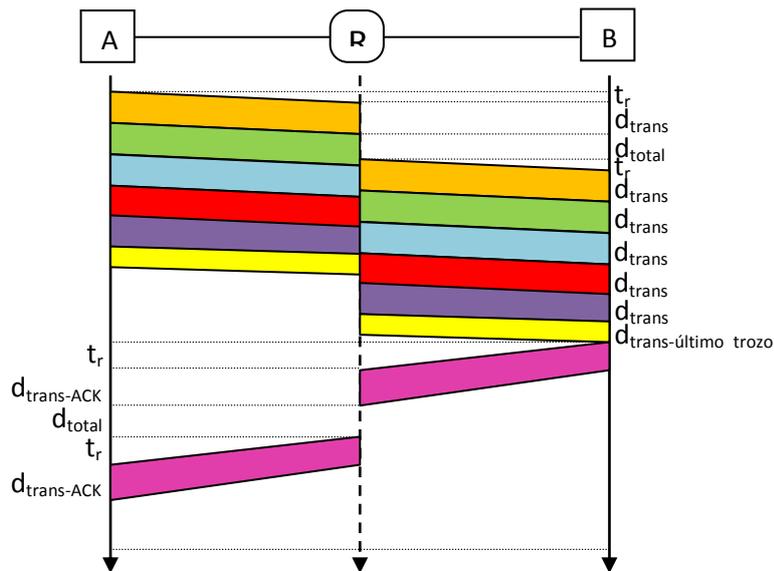
$$d_{trans-ACK} = \text{longitud_ACK [bits]} / R \text{ [bits/s]} = (32 + 20 + 20 + 8 + 4) \cdot 8 / 10^9 = 0,672 \mu\text{s}$$

Con todos esos valores podemos calcular: **Retardo total = 2,131776 ms**

b) ¿Cuánto tiempo tarda en recibirse el fichero si la MTU es de 1500 bytes y no se producen errores de ningún tipo?

Con ese valor de MTU, hay que segmentar el fichero para enviarlo en varias tramas. La segmentación se realiza en la capa de transporte, y puesto que la MTU es de 1500 bytes, en cada trama podrán haber hasta 1460 bytes de datos de aplicación (1500 bytes menos las cabeceras de red y transporte). Con los datos del problema, $1460 \cdot 5 + 700 = 8000$ bytes. En consecuencia, y sumando todas las cabeceras, los 8000 bytes del fichero generan 5 tramas de 1512 bytes y una trama de 752 bytes que se transmiten por los enlaces.

Con esta situación, podemos dibujar el siguiente esquema:



El retardo total es:

$$\text{Retardo total} = 4t_r + 6d_{\text{trans}} + d_{\text{trans-último trozo}} + 2d_{\text{total}} + 2d_{\text{trans-ACK}}$$

Todos los parámetros son iguales que los del apartado anterior, a excepción de:

$$d_{\text{trans}} = \text{longitud_trama [bits]} / R [\text{bits/s}] = 1512 \cdot 8 / 10^9 = 12,096 \mu\text{s}$$

$$d_{\text{trans-último trozo}} = \text{longitud_trama [bits]} / R [\text{bits/s}] = 752 \cdot 8 / 10^9 = 6,016 \mu\text{s}$$

Con todos esos valores podemos calcular: **Retardo total= 2,081536 ms**

c) Considere un único enlace con las mismas características que los anteriores y con una tasa de error de bit (BER, *Bit Error Ratio*) de 10^{-6} . Se pretende enviar el fichero descrito anteriormente a través de dicho enlace, ¿cuál es el número total de bytes que deben enviarse por el enlace si la MTU es de 10^4 bytes y si consideramos que cada trama errónea se retransmite solo una vez?

NOTAS para el apartado c):

- La probabilidad de que una trama de longitud "x" bits no resulte errónea al transmitirse por un enlace de tasa de error de bit (BER) es de $P_{\text{NET}} = (1-\text{BER})^x$.
- No considere en este apartado el mensaje de asentimiento que envía el receptor.

Para el caso de $\text{MTU} = 10^4$ bytes, el fichero no se segmenta, por lo que la probabilidad de error de trama es:

$$P_{\text{ET}} = 1 - P_{\text{NET}} = 1 - (1 - \text{BER})^{\text{tamaño_trama_bits}} = 1 - (1 - 10^{-6})^{(8000+20+20+8+4) \cdot 8} = 0.062385$$

El número total de tramas es el número de tramas original incrementado con el número de retransmisiones:

$$\text{Número_total_tramas} = (\text{número_tramas_originales}) \cdot (1 + P_{\text{ET}}) = 1 \cdot (1 + 0.062385) = 1.062385 \text{ tramas}$$

Finalmente, el número de bytes que deben enviarse es igual al número de tramas a enviar multiplicado por el tamaño de cada una:

$$\text{Número_total_bytes} = (\text{número_total_tramas}) \cdot (\text{longitud[bytes]}) = 1.062385 \cdot (8000 + 20 + 20 + 8 + 4) = \mathbf{8554 \text{ bytes.}}$$