

P4. Considere la analogía con caravana de coches de la sección 1.4. Asuma una velocidad de propagación de 100 km/h.

- Suponga que la caravana viaja 150 km, a partir de la entrada a un peaje, pasa por un segundo peaje, y finaliza justo después de un tercer peaje. ¿Cuánto es la demora extremo a extremo?
- Repita el inciso a), ahora considerando que hay ocho coches en la caravana en vez de diez.

Solución

Datos

Velocidad de desplazamiento = Velocidad de propagación = 100 km/h

Caravana = 10 coches = 1 paquete

1 Coche = 1 Bit

Desplazamiento total = 150 km

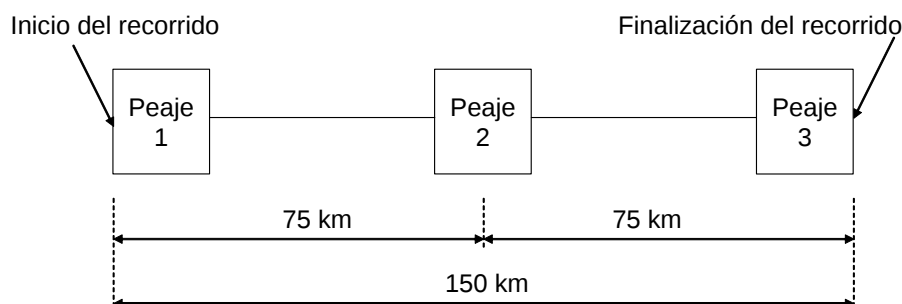
Demora de la caravana en cada Peaje = Demora de transmisión del Router = $d_{trans} = 2\text{min}$

Demora de propagación en cada enlace = (distancia / Velocidad de propagación) = d_{prop}

Demora por Peaje = despreciable

a) Demora extremo a extremo, d_{ee-10}

De acuerdo al enunciado del problema, y a las condiciones descritas en la sección 1.4, se tiene:



$$d_{ee-10} = d_{trans} + d_{prop} + d_{trans} + d_{prop}$$

$$d_{ee-10} = 2d_{trans} + 2d_{prop} = 2 \cdot (2) + 2 \cdot [75 / (100/60)] \text{ en minutos}$$

$$d_{ee-10} = 4 + 90 = 94 \text{ min}$$

c) Demora extremo a extremo considerando que la caravana tiene ocho coches, d_{ee-8}

Dado que la razón de servicio en cada Peaje es de 1 coche cada 12 segundos, entonces la razón de servicio para la caravana de 8 coches es: $8 \cdot 12 = 96 \text{ seg} = 1,6 \text{ min}$. Es decir, la razón de servicio para la caravana de ocho coches por peaje es de 1,6 min. Entonces:

$$d_{ee-8} = 3d_{trans} + 2d_{prop} = 3.(1,6) + 2.[75/(100/60)] \text{ en minutos}$$

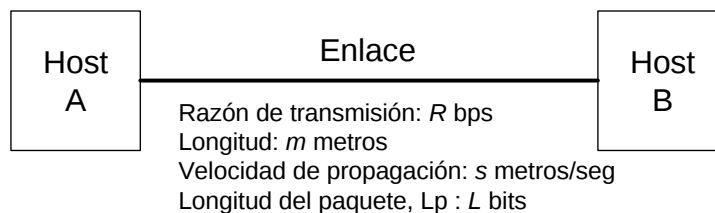
$$d_{ee-8} = 4,8 + 90 = 94,8 \text{ min}$$

P5. Considere dos Hosts, A y B, conectados a través de un simple enlace de razón “ R ” bps. Suponga que los dos Hosts están separados “ m ” metros, y que la velocidad de propagación en el enlace es “ s ” metros/seg. El Host A envía un paquete de tamaño “ L ” bits al Host B.

- Expresar el retardo de propagación, d_{prop} , en términos de “ m ” y “ s ”.
- Determine el tiempo de transmisión del paquete, d_{trans} , en términos de “ L ” y “ R ”.
- Ignorando las demoras de procesamiento y de cola, obtenga una expresión para la demora extremo a extremo.
- Suponga que el Host A comienza a transmitir el paquete en el instante de tiempo $t = 0$. En el instante $t = d_{trans}$, ¿dónde está el último bit del paquete?
- Suponga que d_{prop} es mayor que d_{trans} . En el instante $t = d_{trans}$, ¿dónde está el primer bit del paquete?
- Suponga que d_{prop} es menor que d_{trans} . En el instante $t = d_{trans}$, ¿dónde está el primer bit del paquete?
- Suponga que $s = 2,5 \cdot 10^8$, $L = 120 \text{ bits}$, y $R = 56 \text{ kbps}$. Halle la distancia “ m ” donde d_{prop} se iguale d_{trans} .

Solución

De acuerdo al enunciado del problema, se tiene:



- Retardo de propagación, d_{prop} , en términos de “ m ” y “ s ”

$$d_{prop} = m/s \text{ segundos}$$

- Tiempo de transmisión del paquete, d_{trans} , en términos de “ L ” y “ R ”

$$d_{trans} = L/R \text{ segundos}$$

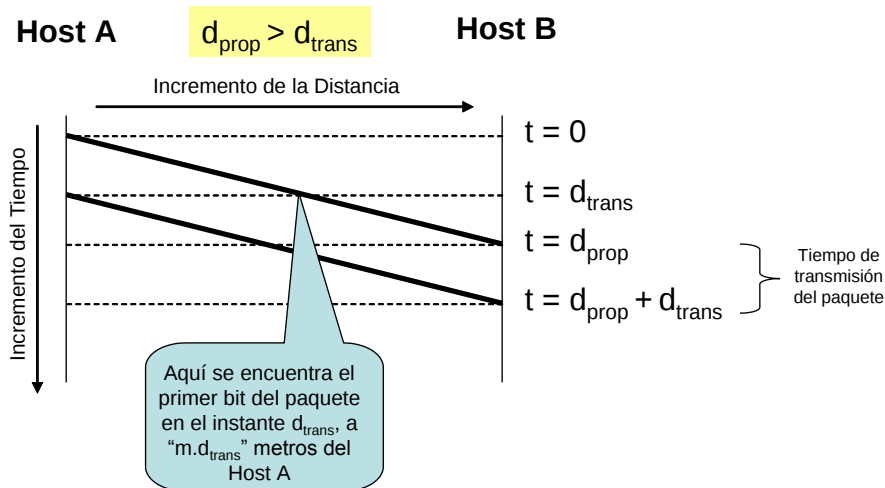
- Demora extremo a extremo, d_{ee} , despreciando demoras de procesamiento y de cola

$$d_{ee} = d_{trans} + d_{prop} = (L/R + m/s) \text{ segundos}$$

- d) ¿Dónde estará el último bit del paquete en el instante $t = d_{trans}$, si el Host A comienza a transmitir el paquete en el instante de tiempo $t = 0$?

Dado que d_{trans} es el tiempo de transmisión del paquete, entonces el instante $t = d_{trans}$ corresponde al instante en que el contenido del paquete (L bits) ha sido transferido totalmente al medio físico por el Host A, esto es, el último bit del paquete se encuentra en el extremo del enlace correspondiente al sistema emisor.

- e) ¿Dónde estará el primer bit del paquete en el instante $t = d_{trans}$, si d_{prop} es mayor que d_{trans} ?



Por datos se plantea que la velocidad de propagación de la señal en el medio físico es de " m " metros/seg, entonces la distancia " x " a la que se encuentra el primer bit del paquete en el instante d_{trans} es:

$$m \text{ metros} \rightarrow 1 \text{ seg}$$

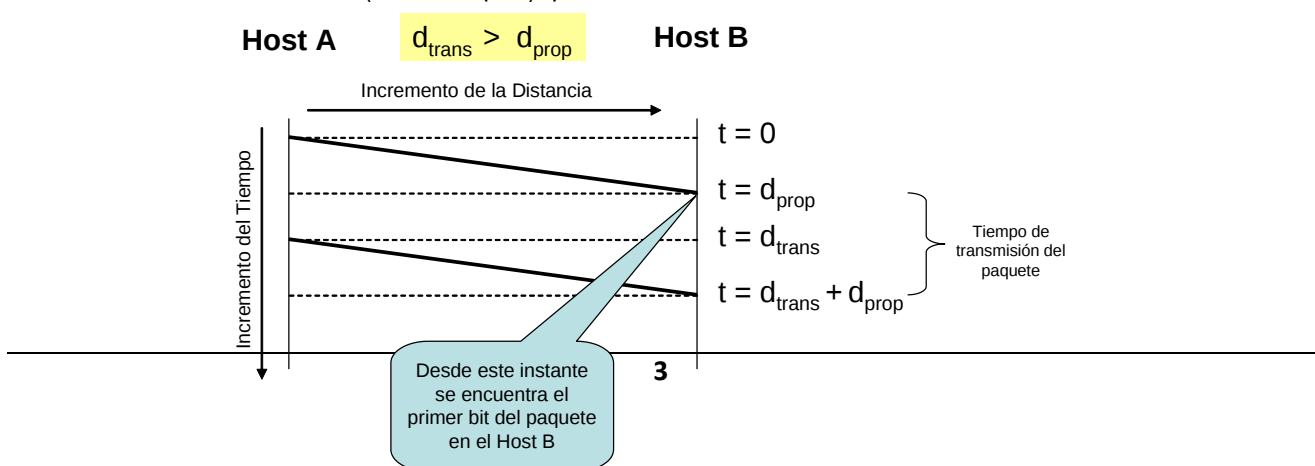
$$x \text{ metros} \rightarrow d_{trans} \text{ seg}$$

$$x = m \cdot d_{trans} \text{ metros}$$

Es decir, el primer bit del paquete se encontrará en el instante d_{trans} a " $m \cdot d_{trans}$ " metros del Host A, o lo que es lo mismo, a $(m - m \cdot d_{trans})$ metros del Host B.

- f) ¿Dónde estará el primer bit del paquete en el instante $t = d_{trans}$, si d_{prop} es menor que d_{trans} ?

Como se puede apreciar en la figura siguiente, desde el instante t_{prop} el primer bit del paquete ya está en el Host B (Host receptor), por tanto en el instante d_{trans} dicho bit está en el Host B.



- g) Distancia “m” donde d_{prop} se iguala a d_{trans} , si $s = 2,5 \cdot 10^8 \text{ metros/seg}$, $L = 120 \text{ bits}$, y $R = 56 \text{ kbps}$.

Para $d_{\text{prop}} = d_{\text{trans}}$ se puede plantear lo siguiente:

$$m/s = L/R \rightarrow m = (L/R) \cdot s$$

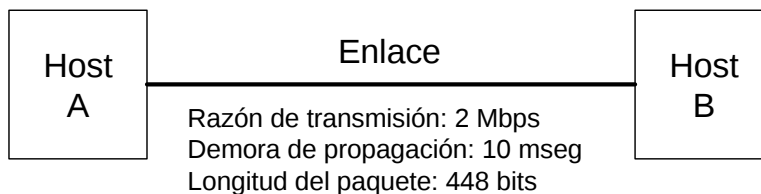
Entonces, sustituyendo por los valores correspondientes, se tiene:

$$m = (120/56 \cdot 10^3) \cdot 2,5 \cdot 10^8 \text{ metros/seg}$$

$$m = 535,7 \text{ km}$$

P6. En este problema se considera el envío de voz en tiempo real del Host A al Host B, sobre una red de conmutación de paquetes (VoIP). El Host A convierte, sobre la marcha, la voz analógica en una secuencia digital de 64 kbps, y agrupa los bits en paquetes de 56 Bytes. Hay un enlace entre los Hosts A y B, con razón de transmisión de 2 Mbps y demora de propagación de 10 mseg. Tan pronto como el Host A conforma (arma) un paquete, lo envía al Host B. Tan pronto como el Host B recibe un paquete completo, convierte los bits de dicho paquete en una señal analógica. ¿Cuánto tiempo transcurre a partir del momento en que un bit se crea (a partir de la señal analógica original en el Host A) hasta que dicho bit se decodifica (como parte de la señal analógica en el Host B)?

Solución



Considerando despreciable el tiempo de procesamiento en cada Host, se puede plantear que el tiempo que transcurre desde el momento en que un bit se crea en el Host A (a partir de la señal analógica original) hasta que dicho bit se decodifica en el Host B (como parte de la señal analógica), demora total (d_{total}), es la suma de las demoras de transmisión y de propagación:

$$d_{\text{total}} = d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Ahora bien, si se considera la cadencia con que la aplicación genera los datos de voz (64 kbps), entonces la demora en generarse un paquete de voz (d_{paq}) en el Host A, así como la demora en convertir éste en la correspondiente señal analógica en el Host B, es:

$$64\,000 \text{ bits} \rightarrow 1 \text{ seg}$$

$$56,8 = 448 \text{ bits} \rightarrow d_{\text{paq}}$$

$$d_{\text{paq}} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ seg} = 7 \text{ mseg}$$

Entonces, bajo tal consideración la demora total es:

$$d_{\text{total}} = d_{\text{paq}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}} + d_{\text{paq}}$$

La demora en la transmisión de un paquete (d_{trans}) se puede determinar a partir de los datos disponibles, longitud del paquete y razón de transmisión del enlace:

$$d_{\text{trans}} = 448/2 \cdot 10^6 = 0,224 \text{ mseg}$$

Entonces, sustituyendo en la expresión para la demora total se tiene:

$$d_{\text{total}} = 7 + 0,224 + 10 + 7$$

$$d_{\text{total}} = 24,224 \text{ mseg}$$

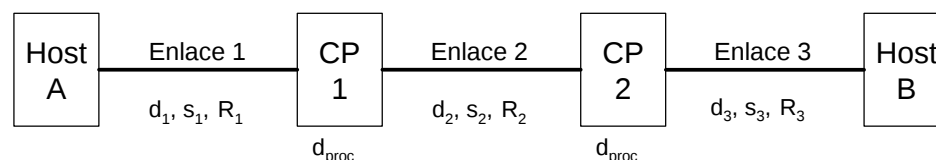
P9. Considere un paquete de longitud L , que viaja desde el sistema final A hasta el sistema final de destino, sobre tres enlaces. Estos tres enlaces se conectan mediante dos conmutadores de paquetes. Considere que d_i , s_i y R_i denotan la longitud, la velocidad de propagación y la razón de transmisión del enlace, para $i = 1, 2, 3$, y que cada conmutador de paquetes introduce una demora por paquete de valor d_{proc} . Asumiendo que no hay demoras de cola, ¿cuál es la demora total extremo a extremo para el paquete, en términos de d_i , s_i , R_i ($i = 1, 2, 3$) y L ?

Suponga ahora que el paquete es de 1 500 bytes, la velocidad de propagación en los enlaces $2,5 \cdot 10^8$ m/s, la razón de transmisión en los enlaces 2 Mbps, la demora de procesamiento de cada conmutador de paquetes 3 mseg, la longitud del primer enlace 5 000 km, la longitud del segundo enlace 4000 km, y la longitud del último enlace 1 000 km. Para estos valores, ¿cuál es la demora extremo a extremo?

SOLUCIÓN

Primera Parte

Demora extremo a extremo (d_{ee}) en términos de d_i , s_i , R_i ($i = 1, 2, 3$) y L



La demora extremo a extremo, d_{ee} , se puede expresar de la siguiente manera, considerando los retardos de transmisión y de propagación en cada uno de los tres enlaces, así como la demora de procesamiento que introduce cada uno de los dos conmutadores de paquetes:

$$d_{\text{ee}} = [d_{\text{transi}} + d_{\text{propi}} + d_{\text{procj}}], \text{ para } i = 1, 2, 3; j = 1, 2$$

Como $d_{\text{transi}} = L/R_i$, $d_{\text{propi}} = d_i/s_i$, entonces se tiene:

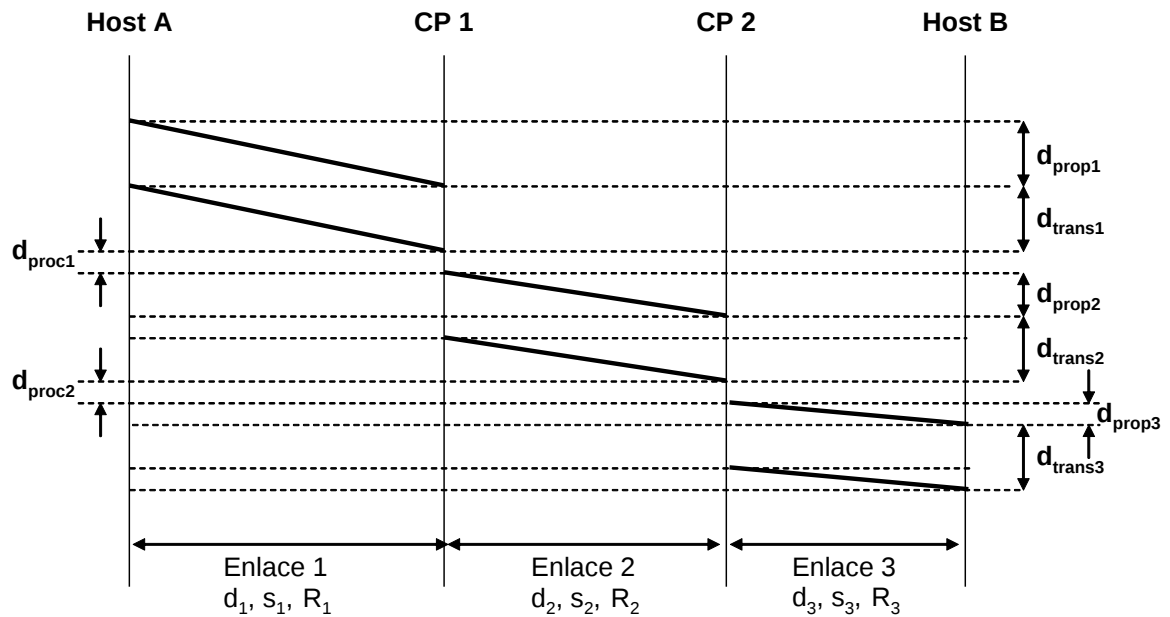
$$d_{\text{ee}} = [L/R_1 + d_1/s_1] + d_{\text{proc1}} + [L/R_2 + d_2/s_2] + d_{\text{proc2}} + [L/R_3 + d_3/s_3]$$

y como $d_{\text{proc1}} = d_{\text{proc2}} = d_{\text{proc}}$, entonces:

$$d_{\text{ee}} = 2 d_{\text{proc}} + L (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) + d_1/s_1 + d_2/s_2 + d_3/s_3$$

En la figura siguiente se muestra un diagrama de tiempo, donde se identifica cada uno de los diferentes retardos.

Diagrama de retardos de transmisión, de propagación y de procesamiento



Segunda Parte

Demora extremo a extremo (d_{ee}) para los valores específicos siguientes:

$L = 1\,500$ Bytes, $S = 2,5 \cdot 10^8$ m/s, $R = 2$ Mbps, $d_{proc} = 3$ mseg, $d_1 = 5\,000$ km, $d_2 = 4\,000$ km, y $d_3 = 1\,000$ km.

Sustituyendo tales valores en la expresión de d_{ee} , obtenida anteriormente, y desarrollando los cálculos correspondientes, se concluye que:

$d_{ee} = 24 \text{ mseg, aproximadamente}$

P10. En el problema anterior, suponga $R_1 = R_2 = R_3 = R$ y $d_{proc} = 0$. Suponga además que el conmutador de paquetes no almacena y reenvía los paquetes, si no que, en vez de hacer esto, transmite cada bit que recibe antes de esperar a que arribe el paquete completo. ¿Cuál es la demora extremo a extremo?

SOLUCIÓN

Dadas las condiciones concretas, esto es, $R_1 = R_2 = R_3 = R$, $d_{proc} = 0$, y que se transmite cada bit una vez que éste se recibe en cada conmutador, se está en presencia de una solución equivalente a conmutación de circuitos. En consecuencia, la demora extremo a extremo, d_{ee} , se puede plantear en los términos siguientes:

$$d_{ee} = d_{trans} + d_{prop1} + d_{prop2} + d_{prop3}$$

$$d_{ee} = L/R + d_1/s + d_2/s + d_3/s = L/R + (1/s)(d_1 + d_2 + d_3)$$

Sustituyendo por los valores de $L = 1\,500$ Bytes, $S = 2,5 \cdot 10^8$ m/s, $R = 2$ Mbps, $d_1 = 5\,000$ km, $d_2 = 4\,000$ km, y $d_3 = 1\,000$ km, se tiene:

$$d_{ee} = (1500 \cdot 8 / 2 \cdot 10^6) + [1 / (2,5 \cdot 10^8)] [5000 + 4000 + 1000] \cdot 10^3$$

$$d_{ee} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ seg} = 6 \text{ mseg, aproximadamente}$$

P23. Suponga que usted desea enviar con urgencia 40 Terabytes de datos de Boston a Los Ángeles, y dispone de un enlace dedicado para transferir datos a razón de 100 Mbps. ¿Prefiere Usted enviar los datos por dicho enlace, o en vez de ello utilizar el servicio de entrega rápida (entrega al día siguiente) de FedEx? Explique.

SOLUCIÓN

Como se dispone de un enlace dedicado, la solución que menos tiempo demoraría transferir dicho volumen de datos sería hacerlo como un único mensaje, y bajo el supuesto que no se producen errores. Bajo tal consideración, primero calculemos el retardo de transmisión (d_{trans}) que conlleva enviar tal cantidad de información (40 Terabytes) a través del enlace disponible, a razón de 100 Mbps.

$$d_{trans} = \text{Longitud del Mensaje} / \text{Velocidad de Transmisión del Enlace}$$

$$d_{trans} = (40 \cdot 10^{12} \cdot 8) / (100 \cdot 10^6) = 32 \cdot 10^5 \text{ seg}$$

$$d_{trans} = 37 \text{ días, aproximadamente}$$

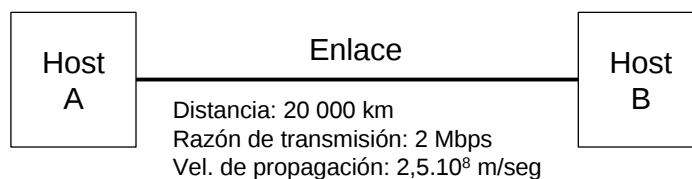
El resultado anterior es sin considerar el correspondiente retardo de propagación, que en este caso sería despreciable frente al retardo de transmisión calculado, y que además la transmisión ocurre sin error.

Por tanto, a partir de tal resultado se concluye que es preferible enviar los datos a través del servicio de entrega rápida de FedEx, pues al día siguiente ya se dispondría de ellos en Los Ángeles.

P24. Suponga dos Hosts, A y B, separados por una distancia de 20 000 km y conectados a través de un enlace directo de $R = 2$ Mbps. Suponga que la velocidad de propagación sobre dicho enlace es $2,5 \cdot 10^8$ metros/seg.

- Calcule el producto “ancho de banda – demora”, $R \cdot d_{prop}$
- Considere el envío de un fichero de 800 000 bits desde el Host A al Host B. Suponga que el fichero se envía de manera continua como un gran mensaje. ¿Cuál es el número máximo de bits que estarán en el enlace en cualquier momento?
- Proporcione una interpretación del producto “ancho de banda – demora”
- ¿Cuál es el ancho (en metros) de un bit en el enlace? Es más largo que un campo de Fútbol?
- Obtenga una expresión general para el ancho de un bit, en términos de la velocidad de propagación s , la razón de transmisión R , y la longitud del enlace m

SOLUCIÓN



- a) Cálculo del producto “ancho de banda – demora”, $R \cdot d_{prop}$

$$R \cdot d_{prop} = (2 \cdot 10^6)(20000 \cdot 10^3 / 2,5 \cdot 10^8)$$

$$R \cdot d_{prop} = 160\,000 \text{ bits}$$

- b) Número máximo de bits que estarán en el enlace en cualquier momento, si el fichero de 800 000 bits se envía de manera continua como un gran mensaje.

El producto calculado en el inciso anterior, $R \cdot d_{prop}$, representa el número máximo de bits que estarán en el enlace en cualquier momento.

- c) Interpretación del producto “ancho de banda – demora”

El producto “ancho de banda – demora” corresponde al número de bits en el enlace cuando éste se ocupe completamente por una secuencia de bits, esto es, la longitud del enlace expresada en bits (LE).

- d) Ancho de un bit en el enlace, expresado en metros

A partir de los datos del problema, y del cálculo anterior, se puede expresar:

$$\text{Longitud del enlace} = 20\,000 \text{ km} \rightarrow 160\,000 \text{ bits}$$

$$\text{¿Cuántos metros?} \rightarrow 1 \text{ bit}$$

$$20\,000 \cdot 10^3 \text{ metros} / 160\,000 \text{ bits} = 125 \text{ metros}$$

En consecuencia, el ancho de un bit en el enlace es de 125 metros, y por tanto más largo que un campo de Fútbol.

- e) Ancho de un bit (A1b) en términos de la velocidad de propagación s , la razón de transmisión R , y la longitud del enlace m

$$A1b = (R \cdot m / s) / (N^\circ \text{ de bits del Enlace})$$

P25. En relación con el problema P24, suponga que se puede modificar R . ¿Para qué valor de R es el ancho de un bit tan largo como la longitud del enlace?

SOLUCIÓN

Valor de R para ancho de un bit ($A1b$) = Longitud del enlace (m)

Se puede plantear:

$$m \text{ (metros)} \rightarrow LE \text{ (bits)}$$

$$A1b \text{ (metros)} \rightarrow 1 \text{ bit}$$

Entonces:

$$A1b = m / LE$$

A partir de la expresión anterior, se puede plantear para determinar la R que cumpla con la condición impuesta:

$$m / LE = m$$

y como $LE = R \cdot m / s$, entonces:

$$m / (R \cdot m / s) = m$$

Despejando a R :

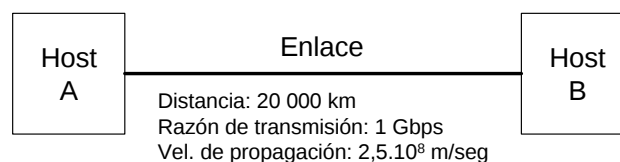
$$R = s / m$$

Con este valor de R se obtiene que el ancho de un bit ($A1b$) es igual a la longitud del enlace m , lo que equivale a decir que sólo un bit ocuparía el enlace completo.

P26. Considere el problema P24, pero ahora con un enlace con valor de $R = 1 \text{ Gbps}$.

- Calcule el producto “ancho de banda – demora”, $R \cdot d_{prop}$
- Considere el envío de un fichero de 800 000 bits desde el Host A al Host B. Suponga que el fichero se envía continuamente como un gran mensaje. ¿Cuál es el número máximo de bits que estarán en el enlace en un momento dado?
- ¿Cuál es el ancho (en metros) de un bit sobre el enlace?

SOLUCIÓN



- a) Producto “ancho de banda – demora”, $R \cdot d_{prop}$

$$R \cdot d_{prop} = 1 \cdot 10^9 \cdot (20\,000 \cdot 10^3 / 2,5 \cdot 10^8)$$

$$R \cdot d_{prop} = 80 \text{ Mb} \quad \leftarrow \text{Longitud del Enlace (LE) en bits}$$

- b) Número máximo de bits en el enlace en un momento dado, si se envía un fichero de 800 000 bits de manera continua como un gran mensaje

Dado que $LE = 80 \text{ Mb} > 800\,000 \text{ bits}$, tamaño del mensaje, entonces el número máximo de bits en el enlace en un momento dado será 800 000.

- c) Ancho de un bit (A1b) sobre el enlace, en metros

Dado que $LE = 80\,000\,000 \text{ bits}$, entonces se puede plantear:

$$\begin{aligned} m &= 20\,000\,000 \text{ metros} \rightarrow 80\,000\,000 \text{ bits} \\ ? \text{ metros} &\rightarrow 1 \text{ bit} \end{aligned}$$

Entonces, se tiene:

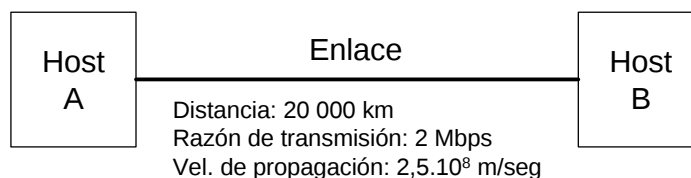
$$A1b = 20\,000\,000 / 80\,000\,000$$

$$A1b = 0,25 \text{ metros}$$

P27. En referencia al problema P24.

- ¿Cuánto toma enviar el fichero, asumiendo que éste se envía de manera continua?
- Suponga ahora que el fichero se fracciona en 20 paquetes, cada uno de 40 000 bits. Cada paquete se reconoce por el receptor, y el tiempo de transmisión de un paquete de reconocimiento es despreciable. Asuma que el emisor NO puede enviar un paquete hasta que sea reconocido el paquete anteriormente enviado. ¿Cuánto tiempo demora en enviarse el fichero?
- Compare los resultados de los incisos a) y b)

SOLUCIÓN



- a) Tiempo para enviar el fichero de 800 000 bits, si se envía de manera continua

Si denotamos como “ $d_{total-M}$ ” la demora total para el envío del fichero de manera continua, ésta es la suma del tiempo de transmisión del fichero (d_{trans}) más el tiempo de propagación de la señal por el medio físico (d_{prop}). Determinemos cada una de estas demoras:

$$d_{\text{trans}} = 800\,000 / 2 \cdot 10^6$$

$$d_{\text{trans}} = 400 \text{ mseg}$$

$$d_{\text{prop}} = 20\,000 \cdot 10^3 / 2,5 \cdot 10^8$$

$$d_{\text{prop}} = 80 \text{ mseg}$$

Entonces:

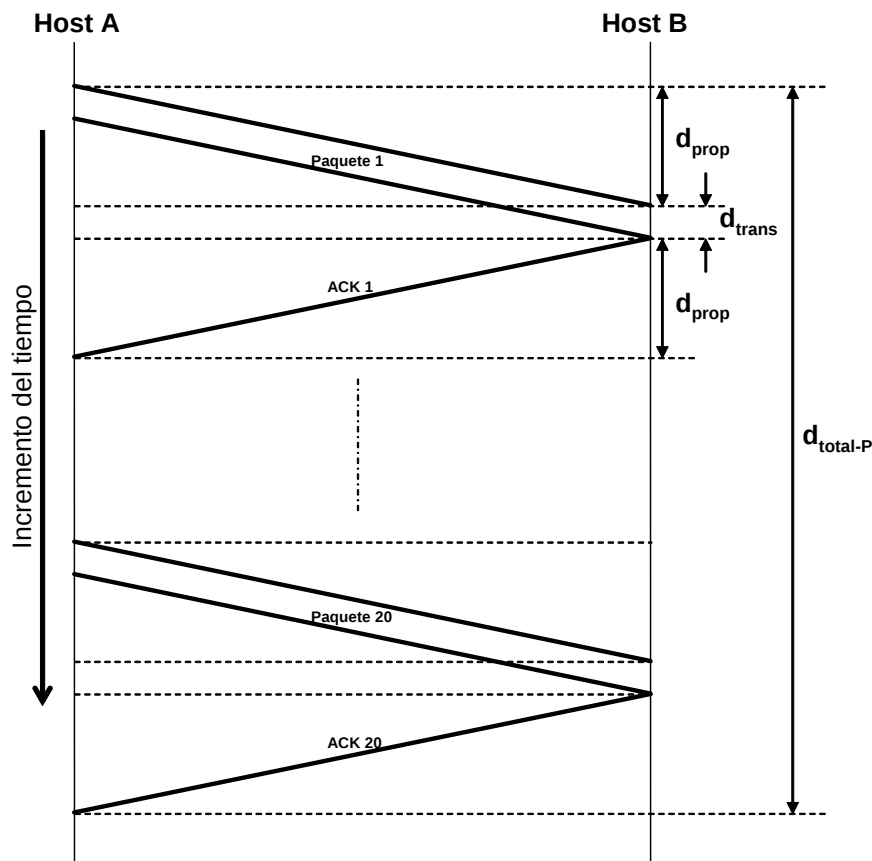
$$d_{\text{total-M}} = d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}} = 400 + 80$$

$$d_{\text{total-M}} = 480 \text{ mseg}$$

b) Tiempo de demora en enviarse el fichero, $d_{\text{total-P}}$, si:

- Fichero se fracciona en 20 paquetes, cada uno de 40 000 bits
- Cada paquete se reconoce por el receptor. Despreciable tiempo de transmisión de los reconocimientos
- Emisor NO puede enviar nuevo paquete hasta que sea reconocido el anterior

En la figura siguiente se muestra un diagrama secuencial-temporal que refleja la transferencia del fichero fraccionado en paquetes.



Donde $d_{prop} = 80 \text{ mseg}$, y d_{trans} se determina así:

$$d_{trans} = 40\,000 / 2 \cdot 10^6$$

$$d_{trans} = 20 \text{ mseg}$$

Entonces:

$$d_{total-P} = 20 \cdot (2d_{prop} + d_{trans})$$

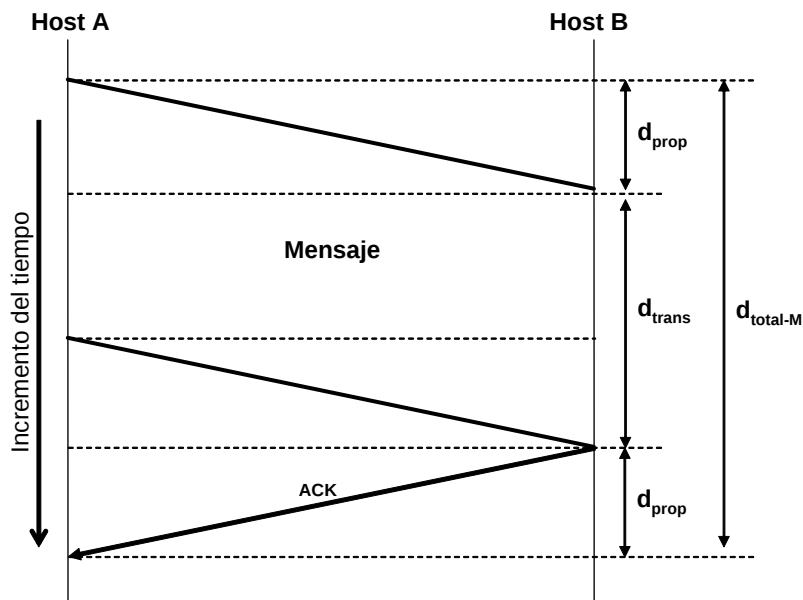
$$d_{total-P} = 20 \cdot (2 \cdot 80 + 20) \text{ en mseg}$$

$$d_{total-P} = 3\,600 \text{ seg} = 1 \text{ hora}$$

← Considerando que se da por concluida la transferencia del fichero, cuando el Host A recibe el mensaje de reconocimiento (ACK) número veinte

c) Comparando los resultados de los incisos a) y b)

Considerando que para el inciso a), transmisión del fichero en base a un único mensaje, el Host B envía un mensaje de reconocimiento (ACK) cuando ha recibido totalmente, y sin error, el contenido completo del fichero, y que el tiempo de transmisión de este mensaje ACK es también despreciable, entonces la situación queda reflejada en la figura siguiente:



Entonces se tiene:

$$d_{total-M} = 2 \cdot d_{prop} + d_{trans}$$

Ya se determinó en el inciso a) que $d_{prop} = 80 \text{ mseg}$ y $d_{trans} = 400 \text{ mseg}$, entonces, sustituyendo en la expresión anterior, se tiene:

$$d_{total-M} = 2 \cdot 80 + 400$$

$$d_{total-M} = 560 \text{ mseg}$$

En este caso concreto, se aprecia un valor mucho menor de $d_{total-M}$ en relación con $d_{total-P}$. En el modo paquetes, el hecho de utilizar un número mucho mayor de mensajes de reconocimiento (ACK's), más el retardo de propagación a que cada uno de éstos está sometido, conlleva al resultado obtenido.

P28. Suponga un enlace de microondas de 10 Mbps, entre un satélite geoestacionario y su estación base en la Tierra. Cada minuto el satélite toma una foto digital y la envía a la estación base. Considere que la velocidad de propagación es de $2,4 \cdot 10^8$ m/seg.

- ¿Cuál es la demora de propagación del enlace?
- ¿Cuál es el producto “ancho de banda – demora”, $R \cdot d_{prop}$?
- Si x es el tamaño de la foto, ¿cuál debe ser el valor mínimo de x para que se esté transmitiendo continuamente por el enlace de microondas?

SOLUCIÓN

a) Demora de propagación del enlace

Considerando que la distancia entre la tierra y un satélite geoestacionario es de unos 36 000 km, y que la velocidad de propagación es de $2,4 \cdot 10^8$ m/seg, entonces la demora de propagación del enlace es:

$$d_{prop} = 36\,000 \cdot 10^3 / 2,4 \cdot 10^8$$

$$d_{prop} = 0,15 \text{ seg} = 150 \text{ mseg}$$

b) Producto “ancho de banda – demora”, $R \cdot d_{prop}$

Dado que la razón de transmisión del enlace es de 10 Mbps, y que $d_{prop} = 150$ mseg, entonces:

$$R \cdot d_{prop} = 10 \cdot 10^6 \cdot 0,15$$

$$R \cdot d_{prop} = 1,5 \text{ Mb}$$

c) Valor mínimo de x para que se esté transmitiendo continuamente por el enlace

Para que el enlace esté todo el tiempo ocupado en la transmisión de fotos desde el satélite, el tiempo de transmisión/foto (fichero correspondiente) debe ser igual o mayor a un minuto, considerando que la frecuencia de toma de fotos es una por minuto, y despreciando cualquier demora en el procesamiento de cada foto en el satélite. En consecuencia, el tiempo de transmisión de cada foto, $d_{trans-F}$, debe cumplir la siguiente condición, donde “ x ” es el valor del tamaño de cada foto:

$$d_{trans-F} = x / 10 \cdot 10^6 \geq 60 \text{ seg}$$

Por tanto:

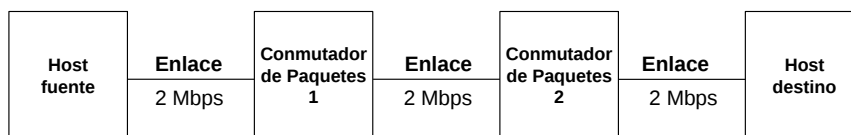
$$x \geq 600 \text{ Mb} \quad ; \text{ siendo } 600 \text{ Mb el valor mínimo de “}x\text{”}$$

P30. En las modernas redes de conmutación de paquetes, un Host fuente segmenta los mensajes grandes del nivel de aplicación (p.e, un fichero de imagen o de música) en paquetes más pequeños, y los envía por la red. El receptor ensambla estos paquetes para conformar el mensaje original. Nos referimos a este proceso como *segmentación de mensaje*. La figura 1.28 ilustra el transporte de un mensaje extremo a extremo con y sin segmentación. Considere un mensaje de $8 \cdot 10^6$ bits, que se envía desde la fuente al destino según figura 1.28. Suponga que cada enlace de la figura es de 2 Mbps. Ignore las demoras de propagación, de cola y de procesamiento.

- Considere el envío del mensaje desde la fuente al destino *sin segmentación*. ¿Cuánto tiempo demorará mover el mensaje desde el Host fuente hasta el primer conmutador de paquetes? Teniendo presente que cada conmutador trabaja bajo el principio de conmutación de paquetes por almacenamiento y retransmisión, ¿cuál es el tiempo total para mover el mensaje desde el Host fuente hasta el Host destino?
- Ahora suponga que el mensaje se segmenta en 4 000 paquetes, cada uno de 2 000 bits de largo. ¿Cuánto tiempo toma en mover el primer paquete desde el Host fuente hasta el primer conmutador? Cuando el primer paquete está siendo reenviado desde el primer conmutador al segundo conmutador, el segundo paquete está siendo enviado desde el Host fuente al primer conmutador. ¿En qué momento el segundo paquete habrá sido recibido completamente en el primer conmutador?
- ¿Cuánto tiempo toma mover el fichero, desde el Host fuente al Host destino, cuando se utiliza la segmentación de mensaje? Compare este resultado con la respuesta que usted dio en el apartado a), y coméntelo.
- Discuta los inconvenientes de la segmentación de mensaje

SOLUCIÓN

La situación referida a la figura 1.28 puede resumirse de la manera siguiente:

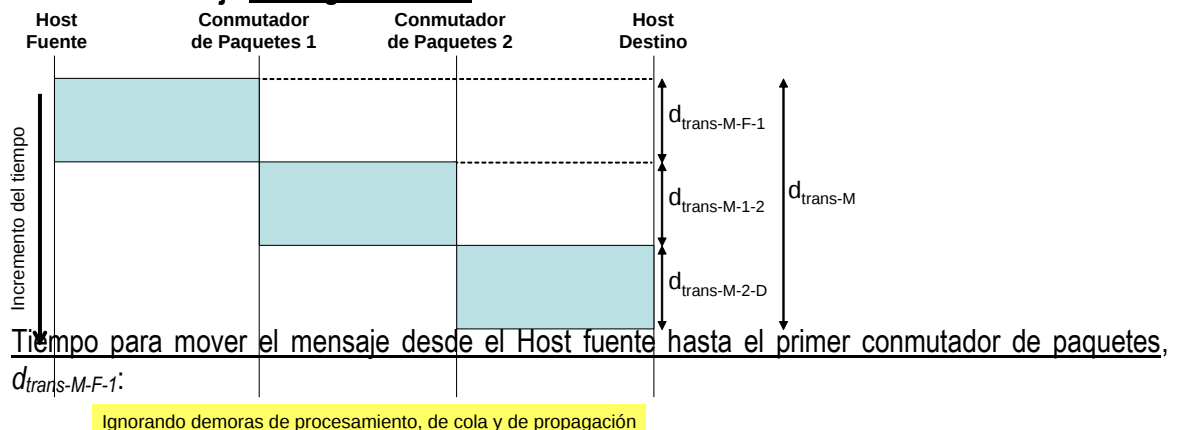


Mensaje: $8 \cdot 10^6$ bits

Se ignoran las demoras de procesamiento, de cola y de propagación

Sólo se considera demora de transmisión

a) Envío del mensaje *sin segmentación*



$$d_{\text{trans-M-F-1}} = 8 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6$$

$$d_{\text{trans-M-F-1}} = 4 \text{ seg}$$

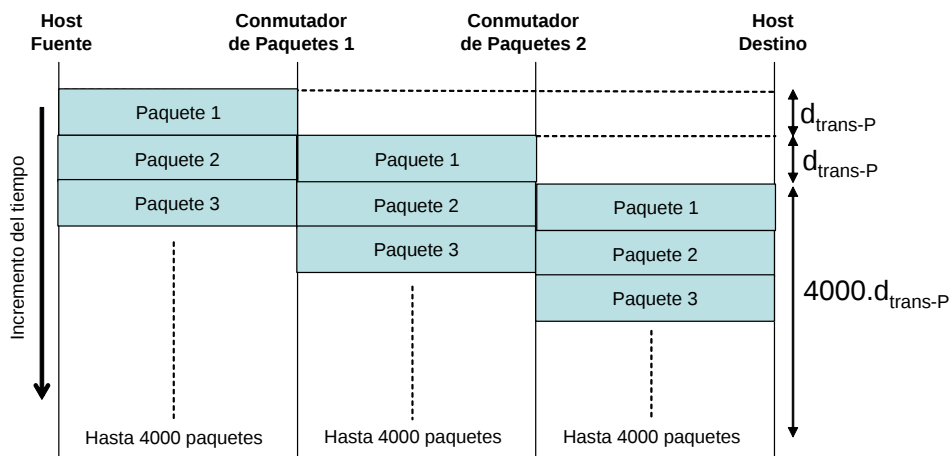
Tiempo total para mover el mensaje desde el Host fuente hasta el Host destino, $d_{\text{trans-M}}$:

Dado que se ignoran las demoras de propagación, de cola y de procesamiento, entonces:

$$d_{\text{trans-M}} = 3 \cdot d_{\text{trans-M-F-1}} = 3 \cdot 4 \text{ seg}$$

$$d_{\text{trans-M}} = 12 \text{ seg}$$

b) Envío del mensaje con segmentación



Ignorando demoras de procesamiento, de cola y de propagación

En este caso el mensaje se segmenta en 4 mil paquetes, cada uno de 2 mil bits. El tiempo de demora de transmisión de un paquete, $d_{\text{trans-P}}$, se determina así:

$$d_{\text{trans-P}} = 2\,000 / 2 \cdot 10^6 = 10^{-3} \text{ seg} = 1 \text{ mseg}$$

$$d_{\text{trans-P}} = 10^{-3} \text{ seg} = 1 \text{ mseg}$$

Corresponde con la demora de “mover” un paquete de un nodo a otro.

Nodo: Host, Conmutador de Paquetes

Por tanto, 1 mseg toma en “mover” el primer paquete desde el Host fuente hasta el primer conmutador, pasado ese tiempo el primer conmutador dispondrá de todo el contenido del primer paquete.

Por otra parte, el segundo paquete habrá sido recibido completamente en el primer conmutador un milisegundo después de haber recibido el primer paquete, esto es, dos milisegundos después de haber comenzado la transmisión del primer bit del primer paquete en el Host fuente.

- c) **Tiempo que toma “mover” el fichero, desde el Host fuente al Host destino, cuando se utiliza la segmentación de mensaje, $d_{trans-M-P}$:**

A partir de la figura anterior se deduce que $d_{trans-M-P}$ es:

$$d_{trans-M-P} = 4000 \cdot d_{trans-P} + 2 \cdot d_{trans-P}$$

Entonces, sustituyendo por el valor de $d_{trans-P} = 1$ mseg, se tiene:

$d_{trans-M-P} = 4002 \text{ mseg} = 4,002 \text{ seg}$

Comparando el valor de **$d_{trans-M-P} = 4,002 \text{ seg}$** , respecto al valor de **$d_{trans-M} = 12 \text{ seg}$** obtenido en el inciso a), se observa que, bajo las consideraciones del problema, con la segmentación desarrollada se gana tiempo en la transferencia del fichero desde el Host fuente hasta el Host destino, siendo con la segmentación, aproximadamente, una tercera parte del tiempo que se requiere sin segmentación. Esto se debe a la posibilidad de transmisión simultánea sobre diferentes enlaces que posibilita la segmentación. Sin segmentación NO es posible dicha transmisión simultánea.