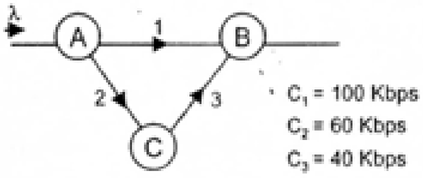
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA
REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS DE COMUNICACIÓN

Normas de realización del examen

Los ejercicios deben entregarse en hojas separadas.
Cada ejercicio debe ir acompañado de su hoja de resultados.
Los alumnos deben presentar algún documento de identificación.

En la red de la figura, el nodo A puede enviar los paquetes dirigidos al nodo B por el camino directo (enlace 1) o a través del nodo intermedio C (enlace 2 + enlace 3). Las llegadas siguen un régimen de Poisson y la longitud de los paquetes está distribuida exponencialmente con media L=100 bits. La estrategia utilizada es comenzar a utilizar el camino a través de C cuando el tiempo de transmisión por el enlace 2 más el tiempo de transmisión por el enlace 3 iguale al tiempo de transferencia por el camino directo.



4 a) Encuentre la tasa umbral en paquetes por segundo, λ_u, a partir de la cual se utilizará el camino a través de C.

A partir de la tasa umbral, el tráfico se reparte por los dos caminos de forma proporcional a las capacidades. Tome como capacidad equivalente para el camino a través del nodo C la que debería tener un único enlace para que su tiempo de transmisión fuese igual al tiempo de transmisión del enlace 2 más el tiempo de transmisión del enlace 3.

6 b) Encuentre la tasa máxima de paquetes de A hacia B que mantiene la utilización de todos los enlaces de la figura por debajo de 0,9.

Ejercicio 2 (25%). Una aplicación genera mensajes distribuidos uniformemente entre L_1=52 octetos y L_2=308 octetos según un proceso de Poisson de tasa λ=20 mensajes/segundo. Dichos mensajes son encapsulados en paquetes añadiéndoles una cabecera cuya longitud es variable de manera que:

- El 20% de los paquetes tienen una cabecera de H_A=28 octetos.
- El 50% de los paquetes tienen una cabecera de H_B=52 octetos.
- El 30% de los paquetes tienen una cabecera de H_C=84 octetos.

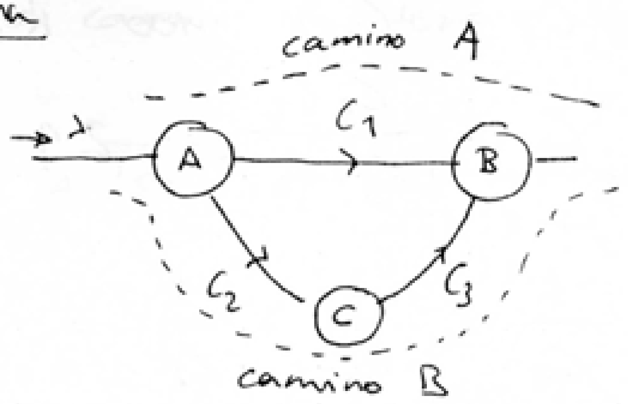
Los paquetes se transmiten por un canal de C=100Kbps.

3 a) Calcule la utilización del canal.

4 b) Calcule el tiempo de espera en cola de los paquetes con la cabecera más corta (tipo A).

3 c) Si se da prioridad sin expulsión sólo a los paquetes de tipo C (cabecera larga), ¿cuál es el tiempo de transferencia de un paquete de tipo B (cabecera media)?

Problema



$L = 100$ bits

$C_1 = 100$ Kbps

$C_2 = 60$ Kbps

$C_3 = 40$ Kbps

(a)

$$T_A = T_{S2} + T_{S3}$$

$$\frac{L}{C_1 - \lambda_u L} = \frac{L}{C_2} + \frac{L}{C_3} = \frac{L\,(C_2 + C_3)}{C_2\, C_3}$$

$$\lambda_u L = C_1 - \frac{C_2\, C_3}{C_2 + C_3}$$

$$= 100 - \frac{2400}{100} = 76 \text{ Kbps}$$

$$\boxed{f_u = 76 \text{ Kbps} \rightarrow \lambda_u = 760 \text{ paq/sg.}}$$

(b)

$$C_A = C_1 = 100 \text{ Kbps}$$

$$C_B = \frac{C_3 C_2}{C_3 + C_2} = 24 \text{ Kbps}$$

$$\frac{L}{C_B} = \frac{L}{C_3} + \frac{L}{C_2} = \frac{L(C_3 + C_2)}{C_3 C_2}$$

$$f_A = f_u + (f - f_u) \frac{100}{100 + 24}$$

$$f_B = 0 + (f - f_u) \frac{24}{100 + 24}$$

$$\lambda_A = \lambda_u + (\lambda - \lambda_u) \frac{100}{124}$$

$$\lambda_B = 0 + (\lambda - \lambda_u) \frac{24}{124}$$

$\rho_{máx} = 0'9$ (para todos los enlaces, he de encontrar el más restrictivo)

$\Downarrow$

$\lambda_{máx} = ?$

Por el camino A será el enlace 1:

$$\underset{0'9}{\rho_1} = \lambda_A T_{S1} = \left(\lambda_u + (\lambda - \lambda_u) \frac{100}{124} \right) \cdot \frac{100}{100 \cdot 10^3}$$

$$\left[\lambda_u + (\lambda - \lambda_u) \frac{100}{124} \right] \cdot 10^{-3} = 0'9$$

$$\lambda = (0'9 \cdot 10^3 - \lambda_u) \frac{124}{100} + \lambda_u$$

$$= (900 - 760) \frac{124}{100} + 760$$

$$= 933'6 \text{ paq/seg.}$$

Por el camino B será el enlace 3:

$$\underset{0'9}{\rho_3} = \lambda_B T_{S3} = (\lambda - \lambda_u) \frac{24}{124} \cdot \frac{100}{40 \cdot 10^3}$$

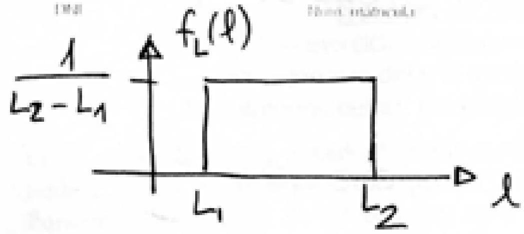
$$\lambda = 0'9 \frac{40 \cdot 10^3}{100} \frac{124}{24} + \lambda_u =$$

$$= 1860 + 760 = 2620$$

El camino A se presenta como el más restrictivo con el reparto propuesto.

$$\boxed{\lambda_{máx} = 933'6 \text{ paq/seg.}}$$

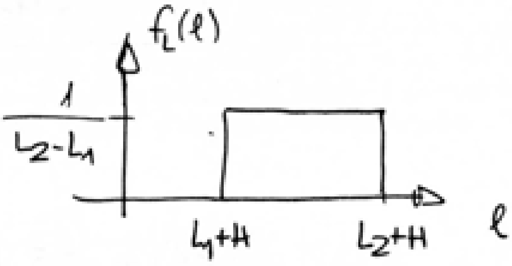
Problema 2



$C = 10^5$

$\lambda = 20$ datagr/seg.

al añadir cabecera



momentos

$$E(l) = \int_a^b \frac{1}{b-a}\, l\, dl = \frac{1}{b-a} \left.\frac{l^2}{2}\right|_a^b = \frac{b^2-a^2}{2(b-a)} = \frac{a+b}{2}$$

$$E(l^2) = \int_a^b \frac{l}{b-a}\, l^2 dl = \frac{1}{b-a} \left.\frac{l^3}{3}\right|_a^b = \frac{b^3-a^3}{3(b-a)}$$

---

a)

$$E(x_A) = \frac{L_2+H_A+L_1+H_A}{2C} = \frac{(308+52+2\cdot 28)8}{2\cdot 10^5} = 16{,}64\,ms$$

$$E(x_B) = \frac{L_2+L_1+2H_B}{2C} = \frac{(308+52+2\cdot 52)8}{2\cdot 10^5} = 18{,}56\,ms$$

$$E(x_C) = \frac{L_2+L_1+2H_C}{2C} = \frac{(308+52+2\cdot 84)8}{2\cdot 10^5} = 21{,}12\,ms$$

$$E(x) = 0.2\,E(x_A) + 0.5\,E(x_B) + 0.3\,E(x_C) \simeq 19\,ms$$

$$\rho = \lambda \cdot E(x) = 20\cdot 19\cdot 10^{-3} = 0{,}3788$$

$$\boxed{37{,}88\%}$$

b) $E(x_A^2) = \dfrac{(L_2+H_A)^3 - (L_1+H_A)^3}{3C^2(L_2-L_1)} = 0{,}0003118$

$$E(x_B^2) = \frac{(L_2+H_B)^3 - (L_1+H_B)^3}{3C^2(L_2-L_1)} = 0{,}0003794$$

$$E(x_C^2) = \frac{(L_2+H_C)^3 - (L_1+H_C)^3}{3C^2(L_2-L_1)} = 0{,}000481$$

$$E(x^2) = 0.2\,E(x_A^2) + 0.5\,E(x_B^2) + 0.3\,E(x_C^2) = 0{,}0003963$$

$$R = W_0 = \frac{\lambda E(x^2)}{2} = 0{,}00396$$

$$\boxed{W = \frac{W_0}{1-\rho} = 0{,}006381 = 6{,}38\ \text{ms}}$$

c)

$\rho_A = \lambda_A E(x_A) = \lambda \cdot 0.2 \cdot E(x_A) = 0{,}066$

$\rho_B = \lambda_B E(x_B) = \lambda \cdot 0.5\, E(x_B) = 0{,}185$

$\rho_C = \lambda_C E(x_C) = \lambda \cdot 0.3\, E(x_C) = 0{,}126$

$\rho_A + \rho_B = 0{,}251$

$$W_{P_B} = \frac{W_0}{(1-\rho_C)(1-\rho)} = \frac{0{,}00396}{(1-0{,}126)(1-0{,}3788)}$$

es la misma que para A

$$\boxed{W_{P_B} = 7{,}3\ \text{ms}}$$

$$\boxed{T = W_{P_B} + x_B = 7{,}3 + 18{,}56 = 25{,}86\ \text{ms}}$$