



E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de  
Tecnologías de Telecomunicación

Dimensionamiento y Planificación de Redes  
Curso 2012/2013

Profesor responsable: Klaus Hackbarth  
(klaus@tlmat.unican.es)

P1	
P2	
P3	

Examen de la convocatoria de febrero  
Problemas

Apellidos:..... Nombre:.....

**Atención:** utilizar cuatro decimales para representar los resultados, que se deberán presentar en forma de tablas, como se indica en cada apartado (no se utilizan las tablas del enunciado).

**Problema 1** (30 puntos). Una fuente multimedia de dos estados genera (nivel de aplicación) una señal de 32 kbps en el estado 0 y de 128 kbps en el estado 1. Las duraciones medias de los dos estados son 75 ms en ambos casos, con una fdp exponencial negativa. Además se sabe que la encapsulación se hace en paquetes de longitud fija, 30 Bytes (estado 0) y 150 Bytes (estado 1). Los paquetes pasan de la capa de aplicación a la de sesión (protocolo RTP), transporte (UDP) y red (IP); se sabe que la sobrecarga adicional por paquete es de 44 Bytes.

- (a) Calcular la probabilidad de que la fuente esté en cada uno de los dos estados y el tiempo entre paquetes en la aplicación fuente (tiempo de encapsulación). Calcular el número medio de paquetes que se generan para los dos estados y la probabilidad de que un paquete provenga del estado 0 y del estado 1.

Estado	$v_{apl}$ (kbps)	Duración (ms)	$L_{apl}$ (bytes)	Prob. estado	$t_{encap}$ (ms)	# medio paquetes	Prob. paquete
0	32	75	30				
1	128	75	150				

- (b) Calcular, para los dos estados, la longitud media de los datagramas IP, así como la velocidad que se requiere a nivel de la capa de red.

Estado	$L_{IP}$	$v_{IP}$
0		
1		

- (c) Calcular la longitud de paquete media, su varianza, desviación típica y el coeficiente de la varianza, para los paquetes en el nivel de aplicación y en el nivel IP. Comparar los dos valores de  $C(L)$ , explicando su diferencia.

	Nivel apl.	Nivel IP
$E(L)$		
$V(L)$		
$\sigma(L)$		
$C(L)$		

- (d) Calcular el valor máximo y medio de la velocidad necesaria en la capa de red (IP) ( $v_{IP}$ ), su varianza, desviación típica y coeficiente de la varianza.

$\max(v_{IP})$	
$E(v_{IP})$	
$V(v_{IP})$	
$\sigma(v_{IP})$	
$C(v_{IP})$	

- (e) Calcular la velocidad total requerida para  $m = 1, 10, 100, 1000$  fuentes, así como la velocidad equivalente por fuente, aplicando las expresiones que se indican a continuación (utilizar un valor de  $\zeta = 1$ ). Interpretar el resultado en lo que se refiere a la velocidad equivalente por fuente.

$$v_m = \min \left\{ m \cdot \max(v_{IP}) ; m \cdot E(v_{IP}) \left[ 1 + \zeta \cdot \frac{C(v_{IP})}{\sqrt{m}} \right] \right\} \quad v_{\text{equ}} = \frac{v_m}{m}$$

$m$	1	10	100	1000
$v_m$ (kbps)				
$v_{\text{equ}}$				

- (f) Usando las velocidades  $v_m$  que se han obtenido en el apartado e), calcular (aplicando el modelo de cola más apropiado) los valores característicos en el nivel IP, tal y como se indica en la tabla.

$m$	1	10	100	1000
$v_m$ (kbps)				
$(t_s)_{IP}$ (ms)				
$\lambda$ (p/s)				
$A$				
$n$				
$\tau$ (ms)				

**Problema 2** (30 puntos). Al punto público de intercambio de paquetes IP (IXP) en Londres llegan datagramas de tres proveedores de servicio (ISP). Cada ISP fragmenta los paquetes de sus clientes en datagramas de longitud fija de 1024, 512 y 256 Bytes, siendo los flujos de paquetes 500, 200, 100 p/s, respectivamente. Tras realizar un conjunto de medidas se estima que el valor del coeficiente de varianza del tiempo entre llegadas consecutivas es aproximadamente uno (para cada proveedor). El IXP aplica, al flujo total, un primer pre-procesado a una velocidad de 10 Mbps, con memoria de entrada lo suficientemente grande para que la pérdida de paquetes sea despreciable.

ISP	1	2	3
$\lambda$ (pkt/s)	500	200	100
$L$ (Bytes)	1024	512	256

- (a) Calcular la probabilidad de que un paquete del flujo total sea cada ISP, así como la tasa del flujo total de paquetes.

ISP	1	2	3	Suma
$\lambda$ (pkt/s)				
Prob. paquete				

- (b) Calcular el valor medio, la varianza, la desviación típica y el coeficiente de la varianza de la longitud de paquete ( $L$ ) y la duración de servicio ( $T_s$ ) en el pre-procesador. Comparar  $C(L)$  con  $C(T_s)$ , interpretando el resultado.

	$E$	$V$	$\sigma$	$C$
$L$				
$T_s$ ( $\mu s$ )				

- (c) Seleccionar un Sistema de Cola, SdC, puramente markoviano, y calcular los valores de los parámetros correspondientes, tal y como se indica en la tabla<sup>1</sup>.

Modelo	$A$	$P_w$	$n$	$u$	$t_w$	$t_f$	$\tau$

- (d) Seleccionar el SdC que mejor se adapte a las características del sistema y calcular nuevamente los parámetros, utilizando una tabla similar. Comparar los valores con los obtenidos en el apartado anterior y comentar las diferencias y equivalencias entre ambos.

Modelo	$A$	$P_w$	$n$	$u$	$t_w$	$t_f$	$\tau$

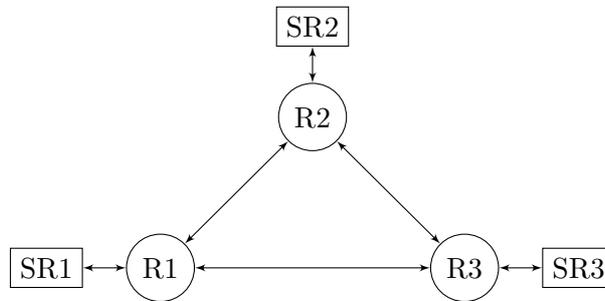
- (e) Finalmente, comentar si el SdC seleccionado en el apartado anterior refleja adecuadamente la realidad o simplemente se trata de una aproximación.

---

<sup>1</sup> $u$  se corresponde con el número medio de paquetes esperando,  $t_w$  con el tiempo de espera medio y  $t_f$  con el tiempo de espera medio de los paquetes que tienen que esperar



**Problema 3** (40 puntos). Una empresa con múltiples delegaciones interconecta las subredes en cada delegación (SR1, 2, 3) con tres routers (R1, R2, R3). Las interconexiones entre éstos se realiza con enlaces tipo “Frame Relay”. Los servidores se conectan con los routers a través de una red de área local en cada delegación. El procesamiento en los routers se realiza a una velocidad de 2400 kbps, y las líneas Frame Relay tienen un ancho de banda de 448 kbps en cada dirección. En el análisis de la configuración no se consideran las subredes, ya que, debido a su alta velocidad (1 Gbps), no contribuyen de manera significativa al retardo total. El diagrama representa la topología de la red.



Tras la puesta en marcha de la red, los ingenieros estiman el volumen de tráfico entre cada pareja de subredes a partir de las tasas correspondientes (en paquetes por segundo). Los datos que resultan de la campaña de medidas son los que se indican en la siguiente tabla.

	1	2	3
1	-	20	70
2	30	-	40
3	70	90	-

El tiempo de llegada entre dos paquetes consecutivos se distribuye con una fdp exponencial negativa, siendo la longitud media de los paquetes de 512 Bytes, con una fdp geométrica.

- Dibujar el grafo de la red de Sistemas de Cola (SdC) correspondiente a la topología. Indicar el tipo de la red y los dos teoremas más importantes para acometer el análisis de su rendimiento, discutiendo su importancia en el ámbito del estudio de las redes de conmutación de paquetes. Calcular la suma total de flujo de entrada y salida en las tres subredes, comparando los valores y comentando el resultado.
- Calcular el flujo (paquetes por segundo) en cada nodo de la red de SdC. Hay que tener en cuenta que el gestor de la red programa los routers de forma que el flujo entre las subredes  $i$  y  $j$  se reparte (de manera equitativa) por las dos rutas disponibles, con el objetivo de incrementar la fiabilidad. Indicar en una tabla el flujo de entrada y salida de los routers, discutiendo los resultados obtenidos. Calcular además, en cada enlace de la red original  $(i, j)$  la suma de los flujos  $(i, j)$  y  $(j, i)$ , interpretando el resultado obtenido.
- A partir de los flujos por nodo calculados en el apartado anterior y de las velocidades correspondientes, rellenar la tabla que se indica seguidamente. Calcular la ocupación  $E(n)$  y el retardo medio por paquete  $(\tau)$  para todos los nodos.

Tipo nodo	$\lambda$ (pkt/s)	Velocidad (kBytes/s)	$t_s$ (ms)	$A$ (Erlang)	$E(n)$ (paquetes)	$\tau$ (ms)
Fuente 0						
Global	-	-	-	-		

- (d) Calcular el retardo medio entre las subredes  $i, j$  con  $i \neq j$ , presentando el resultado en una matriz como la que se indica a continuación. Obtener el valor medio sobre la red, tanto a partir de los retardos individuales como aplicando la fórmula de *Little* de manera global sobre toda la red, comentando el resultado obtenido.

	1	2	3
1			
2			
3			

- (e) Calcular, a partir de los resultados del apartado c), la matriz de transición de la red SdC. Calcular la suma de los valores de cada fila, comentando el resultado obtenido. Utilizar cuatro decimales para la representación de las probabilidades.
- (f) Calcular el valor máximo de paquetes total  $\lambda_0$  que puede admitirse para que la ocupación máxima de cualquier nodo de la red de SdC no supere 0.8, sin modificar las velocidades de los routers y líneas FR.