



**E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de  
Tecnologías de Telecomunicación**  
**Redes de Comunicaciones - Curso 2012/2013**

P1	
P2	
P3	

Examen de la convocatoria de junio  
Problemas

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

El peso de esta parte en la nota del examen es del 70 %.

**Problema 1** (2.5 puntos). Para unir sus sedes, una empresa dispone de un conjunto de nodos de comunicaciones (*routers*) formando una red de conmutación de paquetes. Los ingenieros del departamento de gestión utilizan un algoritmo de encaminamiento para establecer las rutas óptimas entre el nodo *A* y el resto, dando lugar a los predecesores que se recogen en la Tabla (a). Se sabe que las líneas alquiladas para unir los nodos tienen una capacidad de 320 kbps.

- (a) [1 punto] ¿Cuál es el número medio de saltos que tendrá que recorrer un paquete originado en *A*, si se estima que el tráfico al resto de nodos es el que se muestra en la Tabla (b)?
- (b) [0.75 puntos] Calcular el tiempo necesario para transmitir un fichero de 304000 Bytes entre dos terminales *S* y *D*, teniendo en cuenta que se conectan a *A* y *B*, respectivamente, con líneas de capacidad 128 kbps y que la distancia entre *A* y *B* es de 2000 Km. Los paquetes que se transmiten tienen una longitud de 800 Bytes, que incluye una cabecera de 40 Bytes. Asumir que los retardos de propagación en las redes de acceso y de procesado en los nodos son despreciables y que el retardo de propagación en el enlace *AB* es de 0.005 ms/Km.

*En este caso, no hay que tener en cuenta la posible influencia del resto de comunicaciones por la red.*

- (c) [0.75 puntos] La calidad de la línea entre *A* y *B* empeora debido a una modificación llevada a cabo por el operador, por lo que la empresa decide utilizar un control de errores *únicamente* entre los nodos *A* y *B*, de manera que cuando *B* recibe un paquete lo confirma con un *ACK* de 40 Bytes y *A* no puede mandar el próximo paquete hasta que no haya recibido confirmación del anterior. ¿Cuál será la capacidad mínima necesaria de dicha línea para poder utilizar una transmisión continua en la fuente?

Destino	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
Predecesor	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>E</i>

**Tabla (a)** Tabla de predecesores

Destino	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
$\Gamma$ (pkt/s)	1	3	-	2	3	1

**Tabla (b)** Tráfico con origen *A*

**Problema 2** (4 puntos). Un grupo de investigación utiliza un súper-computador para realizar dos tipos de análisis, para lo que reserva un procesador y capacidad de memoria suficiente para guardar un trabajo en espera. La llegada de ambos tipos de peticiones sigue un proceso de Poisson, con tasas  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$ , respectivamente. La ejecución de ambos tipos de análisis tiene una duración exponencial negativa, de media  $t = 30$  segundos. Se sabe además que las simulaciones de tipo 2 no pueden esperar.

- (a) **[1 punto]** Modelar el sistema con una cadena de *Markov* y calcular las probabilidades de pérdida para ambos tipos de análisis, si  $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$  análisis por minuto.
- (b) **[1 punto]** Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo medio de espera. ¿Cuál sería el tiempo medio de espera para los análisis del primer grupo? A partir de los resultados anteriores establecer la probabilidad de que un análisis del sistema pertenezca a uno u otro grupo.

Los ingenieros consiguen mejorar el diseño de la aplicación que se encarga del primer grupo de análisis, por lo que su tiempo medio de ejecución se reduce, pasando a ser  $t_1 = t/\alpha$  (con  $\alpha > 1$ ).

- (c) **[1 punto]** Modelar de nuevo el sistema, utilizando una cadena de *Markov*.  
*Sugerencia:* En este caso es recomendable que en los estados de la cadena se diferencie el tipo de análisis que se está ejecutando en el simulador.
- (d) **[1 punto]** El tiempo puede reducirse aún más si se establece que una petición del grupo 1 sólo puede esperar si la que está en el procesador también lo es. Modelar de nuevo el sistema con una cadena de *Markov*, y calcular la probabilidad de pérdida para ambos tipos de análisis, si se supone que  $\alpha = 2$ .

**Problema 3** (3.5 puntos). El operador de comunicaciones móviles **ClouT** quiere establecer una red celular en una zona rural, para lo que cuenta con antenas omnidireccionales con un alcance de  $R = 600 \text{ m}$ . Los ingenieros radio determinan la posición de las estaciones base que deben desplegar para cubrir el terreno, dando lugar a la topología que se muestra en la figura. Por su parte, el departamento de planificación utiliza los siguientes datos para determinar la capacidad que **ClouT** adquiere para dar servicio en el área.

- Densidad de usuarios:  $\alpha = 14 \text{ usuarios/km}^2$ .
  - Tráfico por usuario:  $\rho = 60 \text{ mErlangs}$ .
- (a) **[0.5 puntos]** ¿Cuál es el factor de reuso máximo que puede utilizar el operador, si dispone de 20 canales [10 + 10 - ascendentes + descendentes] para dar el servicio y pretende ofrecer un *GoS* del 96% a sus clientes?
- (b) **[1 punto]** Utilizando el factor de reuso calculado anteriormente, establecer la *CIR* del sistema en *dB*, suponiendo que el exponente de pérdidas de propagación es  $\gamma = 3.7$ .  
*Para el cálculo de la interferencia co-canal, considerar que las antenas interferentes están a la distancia de reuso y únicamente aquellas que pertenecen a la primera corona interferente. Utilizar para el cálculo la celda más penalizada por la interferencia co-canal y asumir que la celda 'A' pertenece a un cluster completo.*

Tras la puesta en marcha del sistema, se detecta que la densidad de usuarios del núcleo de la población (celda *X* y las seis que la rodean) es mayor del inicialmente previsto (se incrementa hasta  $\alpha = 17.8 \text{ usuarios/km}^2$ , por lo que **ClouT** decide desplegar una célula adicional (utilizando la misma estación base que la celda *X*), con una cobertura de 1.2 *Km*. El operador determina que el tráfico generado en el área cubierta por la nueva celda sea atendido, inicialmente, por ella y, solo si estuviera ocupada, se ofrecería a los recursos de la red original.

- (c) **[1 punto]** Calcular los canales que **ClouT** adquirirá para la nueva celda, si establece que la ocupación mínima de cada uno de ellos sea del 70%.  
*La ocupación de los canales se supone aleatoria.*
- (d) **[1 punto]** ¿Cuál es la probabilidad de bloqueo que tendría un usuario en la celda *X*? ¿Y en cualquiera de las otras 6 células del núcleo de la población? ¿Cuál es el *GoS* medio en el núcleo de la población?  
*Asumir independencia entre las ocupaciones de las dos infraestructuras de red y que el tráfico desbordado sigue una distribución de Poisson.*

**Ayuda:**  $A_{\text{hexágono}} = \frac{3\sqrt{3}}{2}R^2$

