



E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de
Tecnologías de Telecomunicación
Redes de Comunicaciones - Curso 2013/2014

P1	
P2	
P3	

Examen de la convocatoria de junio

Problemas

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

Problema 1 (1.5 puntos). Una compañía pretende conectar dos de sus sedes mediante un único enlace (línea alquilada), que uniría los correspondientes *routers* de acceso R_1 y R_2 , a los que se conectan las dos sedes, A y B respectivamente, con líneas de 512 kbps. Se supone que se contrata, para la línea entre R_1 y R_2 , un grupo **E1**, con una capacidad de 2048 kbps, y que su longitud es de 400 km.

- (a) **[0.5 puntos]** Asumiendo que el retardo de procesado en R_1 y R_2 puede considerarse despreciable, calcular el tiempo que tardaría en enviarse un fichero de 245 KBytes (1 KByte se corresponde con 1024 Bytes) entre A y B , teniendo en cuenta que se utilizan paquetes de 1024 Bytes, incluyendo una cabecera de 44 Bytes. Asumir que los retardos de propagación en las redes de acceso son despreciables y que el retardo de propagación en el enlace $\overline{R_1 R_2}$ es de 0.005 ms/Km.
- (b) **[1 punto]** Tras la puesta en marcha de la red, los ingenieros de gestión deciden incorporar un esquema de monitorización, basado en el envío de paquetes de *probe*. Así cada vez que R_1 manda un mensaje de datos, envía a continuación un paquete sonda a R_2 , que lo recibe, añade su propia información y se lo vuelve a enviar con el mismo tamaño; R_1 no puede transmitir el siguiente paquete de datos hasta haber recibido el *probe response* por parte de R_2 . Asumiendo que el enlace entre R_1 y R_2 **no** es *full-duplex*, ¿cuál es el tamaño máximo del paquete de *probe* para que no afecte el rendimiento calculado en el apartado (a)? ¿Cuál sería dicha longitud en el supuesto que el paquete le mandara inicialmente R_2 , tras recibir un paquete de datos? En este caso R_1 mandaría la respuesta al *probe request* y, posteriormente, podría transmitir el siguiente paquete de datos.

Problema 2 (3 puntos). Se pretende analizar el comportamiento de una máquina para analizar estructuras. Se cuenta con un procesador y capacidad para mantener una única petición en espera. Se supone que los análisis llegan según un proceso de *Poisson*, con una tasa $\lambda = 3$ peticiones por minuto; además, el tiempo de análisis se puede modelar como una variable aleatoria exponencial negativa, de media 10 segundos.

- (a) [0.75 puntos] Modelar el sistema con una cadena de *Markov* y calcular la probabilidad de pérdida. Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo de espera medio.

Para tratar de mejorar el rendimiento del sistema, se decide dividir el análisis en dos *fases*. Para ejecutar la segunda se tiene que haber finalizado la primera previamente. La duración de ambas se puede modelar con variables aleatorias exponenciales negativas, de medias 1 y 4 segundos, respectivamente. El sistema puede mantener una petición en espera, pero no se pueden ejecutar los dos procesos simultáneamente; así, un análisis tiene que esperar hasta que el anterior haya finalizado completamente para comenzar con la primera fase.

- (b) [0.75 puntos] Modelar de nuevo el sistema, utilizando una cadena de *Markov* y calcular la probabilidad de pérdida.

Sugerencia: En este caso es recomendable que en los estados de la cadena se indique la etapa que se está ejecutando en el procesador.

- (c) [0.75 puntos] Calcular, aplicando la relación de *Little* el tiempo medio de espera y el tiempo en el procesador (contando ambas fases).

Para mejorar aún más el comportamiento del sistema, se decide paralelizar la ejecución de los procesos, de manera que un análisis pudiera pasar a la primera fase, una vez que el anterior esté en la segunda etapa. Se sigue manteniendo la posibilidad de tener una única petición en espera y que un análisis necesite finalizar la primera etapa para pasar a la segunda fase.

- (d) [0.75 puntos] Modelar de nuevo el sistema, utilizando una cadena de *Markov*, indicando como se podría calcular la probabilidad de pérdida (no hace falta resolver numéricamente las probabilidades de cada uno de los estados).

Sugerencia: Representar cada estado como i, j, k , indicando el número de análisis en la primera etapa (i), en la segunda (j) y esperando (k): 0 ó 1.

Problema 3 (2.5 puntos). Una compañía de telecomunicaciones se plantea desplegar una red de comunicaciones móviles para dar servicio en un área rural. Para ello dispone de antenas con un patrón de radiación de 120° (ver figura) y un alcance de $R = 1.2 \text{ km}$. Tras un análisis de mercado, la compañía utiliza los siguientes datos para estimar la demanda de tráfico en el sistema.

- Densidad de usuarios: $\alpha = 15 \text{ habitantes/Km}^2$.
- Tráfico por usuario: $\rho = 80 \text{ miliErlangs}$.

Además, los ingenieros establecen que el exponente de pérdidas de propagación de la zona es $\gamma = 4$. Si la tecnología que se va a desplegar requiere una CIR mayor de 12 dB , se pide resolver razonadamente a las siguientes cuestiones.

- (a) **[0.5 puntos]** ¿Cuántos canales tendrá que adquirir la compañía si pretende ofrecer una calidad de servicio del 95 % a sus clientes?
Para el cálculo de la interferencia co-canal utilizar únicamente la interferencia causada por la primera corona interferente y que las células interferentes se encuentran a la distancia de reuso.
- (b) **[0.5 puntos]** Utilizando los mismos canales, ¿se podría plantear una solución con antenas omnidireccionales?

Utilizar, en el resto de apartados, el despliegue basado en las antenas sectoriales.

Debido al crecimiento del núcleo urbano del área, la compañía se ve obligada a desplegar una célula *paraguas* para cubrir la demanda adicional. Para ello utiliza una antena con un patrón de radiación *triangular*, con un alcance de $R_{\text{paraguas}} = \sqrt{3}R \text{ km}$, tal y como se muestra en la figura; el núcleo urbano cubre *exactamente* los tres hexágonos que se muestran en la figura, en los que la densidad crece hasta los $\alpha_{\text{nu}} = 20 \text{ habitantes/Km}^2$.

Se establece que las llamadas de los usuarios cubiertos por la célula *paraguas* sean atendidas, inicialmente, por ella, desbordando al despliegue original si no tuviera capacidad disponible.

- (c) **[0.5 puntos]** Asumiendo que el operador decide contratar grupos de 4 canales, $M \times [4 + 4]$, ¿cuántos grupos se tendrían que adquirir para la célula *paraguas*, si se asume ocupación aleatoria y se pretende que la ocupación mínima por canal sea del 75 %?
- (d) **[1 punto]** Calcular el GoS medio para un usuario que se encuentre en el núcleo urbano.
Sugerencia: Promediar los GoS correspondientes a las diferentes ‘zonas’ (o sectores) que conforman todo el área del núcleo urbano.

Asumir independencia entre las ocupaciones de las dos infraestructuras de red y que el tráfico desbordado sigue una distribución de Poisson.

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

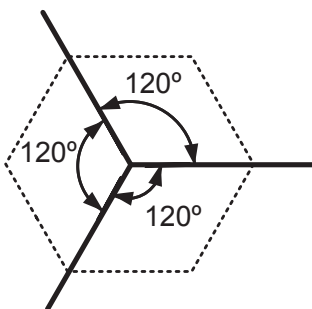
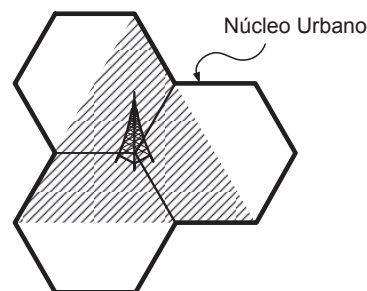


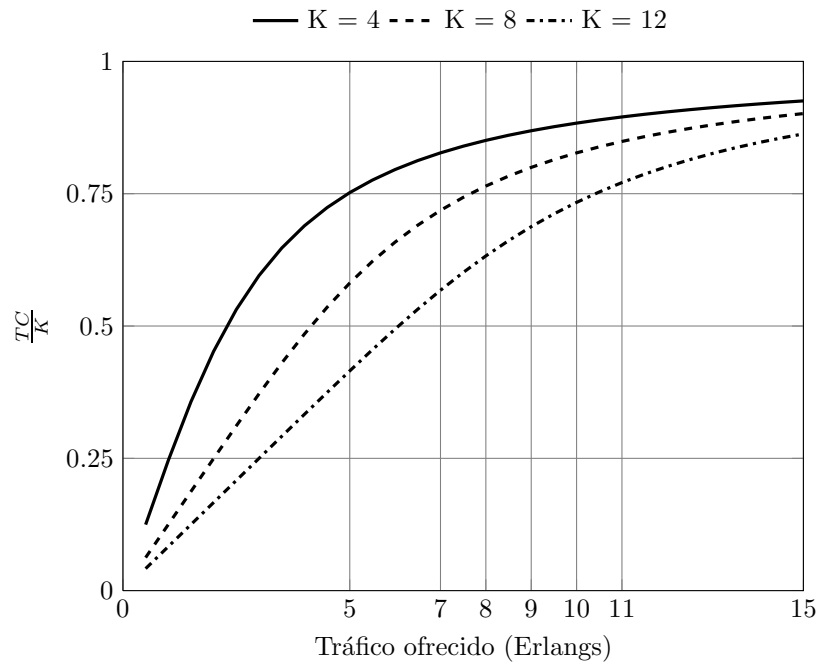
Diagrama de radiación de 120°



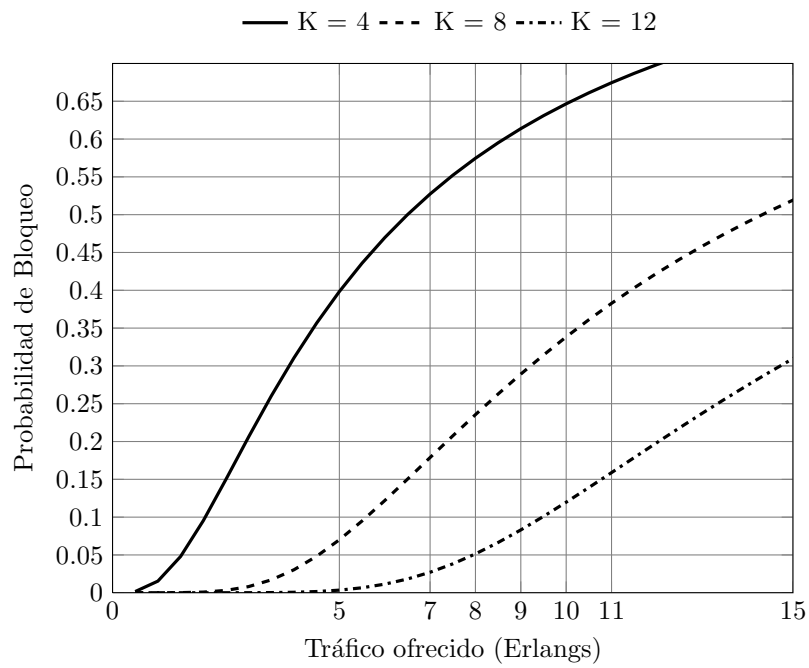
Despliegue de la célula *paraguas*

Fórmula de Erlang-B: A de 0.1 a 5.0 *Erlangs*. S de 1 a 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	090909	004525	000151	000004						
0.2	166667	016393	001092	000055	000002					
0.3	230769	033457	003335	000250	000015	000001				
0.4	285714	054054	007156	000715	000057	000004				
0.5	333333	076923	012658	001580	000158	000013	000001			
0.6	375000	101124	019824	002965	000356	000036	000003			
0.7	411765	125964	028552	004972	000696	000081	000008	000001		
0.8	444444	150943	038694	007679	001227	000164	000019	000002		
0.9	473684	175705	050072	011141	002001	000300	000039	000004		
1.0	500000	200000	062500	015385	003067	000511	000073	000009	000001	
1.1	523810	223660	075793	020417	004472	000819	000129	000018	000002	
1.2	545455	246575	089776	026226	006255	001249	000214	000032	000004	000001
1.3	565217	268680	104286	032782	008451	001828	000339	000055	000008	000001
1.4	583333	289941	119180	040043	011088	002580	000516	000090	000014	000002
1.5	600000	310345	134328	047957	014183	003533	000757	000142	000024	000004
1.6	615385	329897	149620	056469	017749	004711	001076	000215	000038	000006
1.7	629630	348613	164960	065515	021790	006136	001488	000316	000060	000010
1.8	642857	366516	180267	075033	026302	007829	002009	000452	000090	000016
1.9	655172	383634	195474	084962	031276	009807	002655	000630	000133	000025
2.0	666667	400000	210526	095238	036697	012085	003441	000859	000191	000038
2.1	677419	415646	225378	105804	042547	014673	004383	001149	000268	000056
2.2	687500	430605	239993	116605	048802	017580	005495	001509	000369	000081
2.3	696970	444912	254343	127588	055437	020809	006791	001949	000498	000114
2.4	705882	458599	268406	138706	062423	024361	008283	002479	000661	000159
2.5	714286	471698	282167	149916	069731	028234	009983	003110	000863	000216
2.6	722222	484241	295614	161179	077331	032424	011900	003853	001112	000289
2.7	729730	496256	308738	172458	085194	036922	014041	004717	001413	000381
2.8	736842	507772	321537	183724	093288	041718	016413	005712	001774	000496
2.9	743590	518816	334009	194948	101584	046801	019020	006848	002202	000638
3.0	750000	529412	346154	206107	110054	052157	021864	008132	002703	000810
3.1	756098	539585	357975	217178	118671	057771	024946	009574	003287	001018
3.2	761905	549356	369475	228145	127409	063628	028265	011180	003959	001265
3.3	767442	558748	380660	238991	136244	069710	031818	012955	004728	001558
3.4	772727	567780	391536	249703	145152	076001	035601	014905	005599	001900
3.5	777778	576471	402110	260271	154112	082484	039608	017033	006581	002298
3.6	782609	584838	412389	270685	163105	089140	043834	019344	007678	002756
3.7	787234	592897	422379	280938	172113	095952	048270	021837	008898	003281
3.8	791667	600666	432090	291024	181119	102905	052907	024515	010245	003878
3.9	795918	608157	441529	300939	190108	109980	057737	027376	011724	004552
4.0	800000	615385	450704	310680	199067	117162	062749	030420	013340	005308
4.1	803922	622362	459623	320243	207983	124437	067933	033644	015095	006151
4.2	807692	629101	468295	329628	216846	131788	073278	037046	016994	007087
4.3	811321	635614	476726	338835	225645	139202	078774	040621	019038	008120
4.4	814815	641910	484926	347862	234373	146666	084408	044365	021229	009254
4.5	818182	648000	492901	356712	243021	154166	090170	048272	023567	010494
4.6	821429	653894	500658	365384	251583	161693	096050	052338	026054	011843
4.7	824561	659600	508206	373882	260053	169234	102035	056555	028687	013304
4.8	827586	665127	515552	382206	268427	176780	108115	060917	031467	014879
4.9	830508	670483	522701	390359	276700	184320	114279	065417	034391	016572
5.0	833333	675676	529661	398343	284868	191847	120519	070048	037458	018385



Eficiencia de un sistema de pérdida pura con ocupación aleatoria



Probabilidad de bloqueo de un sistema de pérdida pura