



E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de
Tecnologías de Telecomunicación
Redes de Comunicaciones - Curso 2018/2019
Examen de la convocatoria de septiembre

P1	
P2	
P3	

Problemas

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

Problema 1 (1 punto). Se pretende enviar un mensaje de longitud L Bytes entre S y D , para lo que se atraviesan N nodos intermedios, que procesan los paquetes recibidos antes de reenviarlos. El protocolo utilizado emplea una cabecera de H Bytes. La velocidad de transmisión en todos los enlaces es de B Bytes/s, y el retardo de procesado en cada nodo intermedio es α s/Byte. Se asume además que el retardo de propagación se puede considerar despreciable en todos los enlaces, y que el tiempo de procesado es inferior al de transmisión.

- (a) [0.6 puntos] Obtener la expresión que permita establecer el tamaño de paquete que se debería utilizar para minimizar el tiempo total necesario para transferir el mensaje.
- (b) [0.4 puntos] Utilizar la expresión anterior para calcular el tiempo total con los siguientes parámetros: $B = 8000$ Bytes/s, $H = 8$ Bytes, $L = 300000$ Bytes, $\alpha = \frac{1}{32000}$ s/Byte, $N = 3$. ¿Cuál sería el tiempo necesario si se tuviera que atravesar 10 nodos intermedios y α pasara a ser $\alpha = \frac{1}{16000}$ s/Byte?

Problema 2 (3 puntos). Se pretende estudiar el comportamiento de un sistema de cálculo científico, que está configurado con un único procesador, y capacidad para mantener una petición en espera. Se sabe que los análisis llegan según un proceso de *Poisson*, a una tasa $\lambda = 2.75$ llegadas por hora, y que el algoritmo invierte en media (variable aleatoria exponencial negativa) $\frac{1}{\mu} = 40$ minutos para dar los resultados.

- (a) **[0.7 puntos]** Modelar el sistema con una cadena de *Markov*, y calcular las probabilidades de pérdida y de espera. Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo medio que un análisis permanece en el sistema.
- (b) **[0.5 puntos]** ¿Cuál es el porcentaje de análisis (de los que no se pierden) que tienen que esperar? ¿Cuál es la probabilidad de que la espera sea superior a una hora para los análisis que esperan?

Se comprueba que, por un diseño defectuoso del algoritmo de análisis, se pueden producir situaciones de *stack overflow*, causando que el análisis en ejecución se descarte, reiniciándose el procesador. Se modela esta circunstancia con un temporizador (variable aleatoria exponencial negativa) estando el procesador activo, con valor medio $\frac{1}{\gamma} = 80$ minutos. Se contemplan dos posibilidades:

Alternativa (1) Se reinicia todo el sistema, por lo que si hubiera un análisis esperando, también se descartaría.

Alternativa (2) Se reinicia únicamente el procesador.

- (b) **[0.8 puntos]** Modelar la Alternativa (1) con una cadena de *Markov*, y calcular las probabilidades de pérdida y espera (para análisis entrantes). ¿Cuál es el tiempo medio que un análisis está en el procesador y en el buffer de espera?
- (c) **[0.5 puntos]** Repetir el apartado anterior para la Alternativa (2), y comentar los resultados obtenidos.
- (d) **[0.5 puntos]** ¿Qué porcentaje de análisis no finaliza correctamente en la Alternativa (2), por el problema de *stack overflow*?

Pista: si X e Y son variables aleatorias exponenciales negativas independientes entre sí, la probabilidad de que X sea menor que Y se puede calcular como $\frac{\mu_X}{\mu_X + \mu_Y}$, siendo μ_X y μ_Y las tasas de X e Y , respectivamente.

Problema 3 (3 puntos). Un operador de comunicaciones móviles tiene que dar servicio en un área determinada, para lo que utiliza antenas omnidireccionales, con un alcance de $R = 900\text{ m}$, que se despliegan según se ve en la Figura (a). Se sabe que la densidad de usuarios es $\alpha = 7.12\text{ h/km}^2$, y se supone que el tráfico generado por usuario es 80 mErlangs .

- (a) [0.7 puntos] Sabiendo que las celdas 1, 2, y 3 forman un clúster completo, ¿cuál es la CIR del sistema, si el exponente de pérdidas de propagación es $\gamma = 3.4$? ¿Cuántos canales necesitará el operador, si se requiere que la probabilidad de bloqueo sea inferior al 3%? Asumir las BS interferentes de la primera corona, y que se encuentran a la distancia de reuso del punto de cálculo de la CIR

Tras la puesta en marcha del sistema, los ingenieros de red se percatan de que la densidad de usuarios no es uniforme en todo el área, como se representa en la Figura (b). Así, en las celdas 7, 8 y 9 prácticamente no hay usuarios, y el tráfico se puede considerar despreciable. Sin embargo, en la superficie cubierta por las celdas 10, 11 y 12, debido a la presencia de una urbanización, la densidad de usuarios crece hasta $\alpha^\dagger = 8.9\text{ h/km}^2$.

- (b) [0.8 puntos] Calcular la PB promedio del sistema. En una primera estimación, utilizar la superficie para llevar a cabo el promedio. Dar un resultado más preciso, teniendo en cuenta la densidad de usuarios. ¿Cuál es la utilización media por canal en cada una de las tres zonas?

El operador se plantea eliminar las BS que dan servicio a las celdas 7, 8 y 9, y utilizar una BS omnidireccional, de cobertura $2R$ (su potencia de transmisión es 2.5 superior a las del despliegue original) para cubrir el tráfico de la urbanización (eliminado por tanto las celdas 10, 11 y 12), según se ve en la Figura (c). Además adquiere 5 canales adicionales para compensar el incremento de tráfico en dicha zona.

- (c) [0.8 puntos] Calcular las CIR que caracterizan el sistema (tanto en el despliegue original como el correspondiente a la nueva BS). Dar el valor más exacto posible.
 (d) [0.7 puntos] Calcular la PB promedio del sistema (teniendo en cuenta las densidades de usuarios), y la utilización por recurso (tanto en el despliegue original como en la nueva BS).

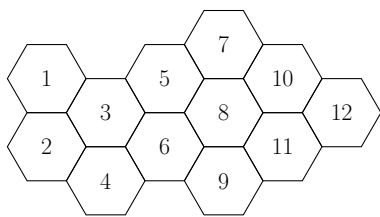


Figura (a)

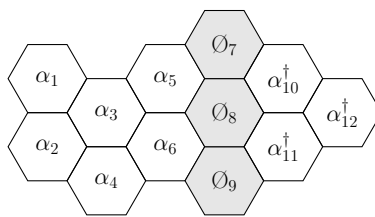


Figura (b)

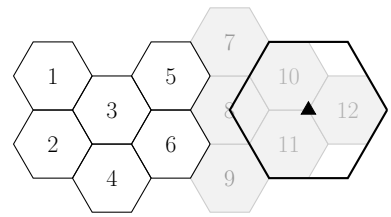
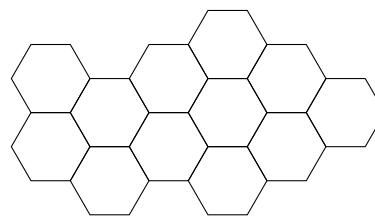
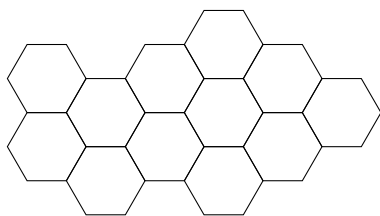
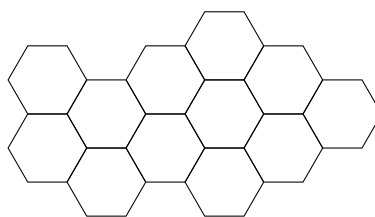
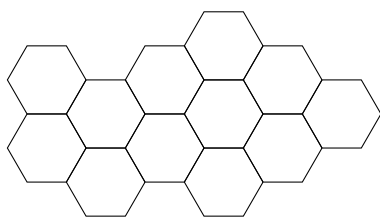
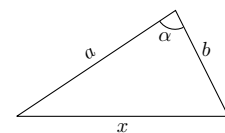


Figura (c)



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



$$x^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$$

Teorema coseno

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