



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

Redes de Comunicaciones - Curso 2014/2015

Examen de la convocatoria de septiembre

Problemas

P1	
P2	
P3	

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

**Problema 1** (2 puntos). Una empresa de logística despliega un conjunto de sensores para monitorizar las condiciones ambientales en una de sus naves. Cada dispositivo sensor es capaz de medir cuatro parámetros físicos. Un parámetro físico se encapsula en un paquete de 24 Bytes, que se envía por un enlace de 16 kbps a un concentrador que lo procesa antes de reenviarlo al router de la sede central, para lo que utiliza un enlace dedicado de 128 kbps. Finalmente, se utiliza una conexión de 64 kbps para transmitir el paquete a la estación de gestión. Ésta envía un reconocimiento de 16 Bytes al nodo sensor, que no puede transmitir más medidas hasta haber recibido confirmación de la anterior.

- (a) [1 punto] Asumiendo que el tiempo de procesado en el concentrador para el paquete de datos es de 10 ms y que el retardo de propagación en el enlace dedicado es de 3 ms, calcular el tiempo necesario para completar (incluyendo la recepción del reconocimiento) el envío de una medida. ¿Cuál es la frecuencia a la que se puede monitorizar cada uno de los cuatro parámetros si se van midiendo uno a uno manteniendo siempre el mismo orden?

*Considerar que el resto de tiempos de procesado (tanto para el paquete de datos como para la confirmación) y de propagación son despreciables.*

- (b) [1 punto] Para incrementar la frecuencia anterior, se decide agrupar las medidas; así el nodo sensor encapsulará los registros de  $k$  parámetros ( $k = 1 \dots 4$ ) y la estación de gestión confirmará todas las medidas en un único reconocimiento. Se supone que la longitud del paquete que se transmite pasa a ser de  $16 + 8k$  Bytes y que el tiempo de procesado en el concentrador será  $8k + 2$  ms. ¿Con qué frecuencia se pueden tomar las medidas de cada uno de los cuatro parámetros para  $k = 2$ ? ¿Y para  $k = 4$ ?

**Problema 2** (3 puntos). Se pretende analizar las prestaciones de un súper-computador para llevar a cabo simulaciones que pueden ser de dos tipos. En un primer enfoque se decide que se utilizará un programa genérico, de manera que el tiempo de análisis será el mismo para ambos, pudiéndose modelar con una variable aleatoria exponencial negativa, de media 35 s. Los análisis de tipo  $\alpha$  llegan (según un proceso de *Poisson*) a una tasa de  $\lambda_\alpha = 2$  análisis por minuto, mientras que para los de tipo  $\beta$  (también según un proceso de *Poisson*), se estima una tasa  $\lambda_\beta = \frac{4}{7}$  llegadas por minuto.

El gestor del súper-computador reserva un procesador y capacidad de memoria para mantener una simulación en espera, y el equipo de investigadores establece que los análisis de tipo  $\alpha$  no pueden esperar.

- (a) [0.5 puntos] Modelar el sistema con una cadena de *Markov*, y calcular la probabilidad de pérdida para los dos tipos de análisis.
- (b) [0.5 puntos] Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo de permanencia en el sistema. ¿Cuál es el tiempo de espera medio?

Tras la puesta en marcha del sistema se diseña una mejora en el código, aprovechando la complementariedad entre ambos tipos de simulaciones. Así, se establece que las de tipo  $\alpha$  puedan seguir ejecutándose de manera individual (manteniendo el tiempo anterior), mientras que las de tipo  $\beta$  se procesarán *simultáneamente* con las  $\alpha$ , lo que permite reducir el tiempo de análisis (también exponencial negativo) hasta los 19 s (al acabar finalizan las dos simulaciones a la vez). De esta manera, cuando llega un análisis de tipo  $\beta$  al sistema esperará (si el procesador está vacío) hasta que llegue uno de tipo  $\alpha$ , para procesarlos a la vez; si hubiera una simulación de tipo  $\alpha$  ejecutándose, se reiniciaría el proceso, para analizar las dos de manera simultánea. Además, cuando el sistema está procesando dos simulaciones a la vez, no puede aceptar ninguna adicional en espera.

- (c) [0.75 puntos] Modelar el nuevo sistema como una cadena de *Markov*, y calcular la probabilidad de pérdida para ambos tipos de análisis.  
*Sugerencia:* En este caso es recomendable que se distinga el/los tipo/s de análisis en el procesador.
- (d) [0.75 puntos] Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo de permanencia promedio en el procesador para cada tipo de simulación.
- (e) [0.5 puntos] Si el equipo está activo 14 horas al día, ¿cuántas horas estará en funcionamiento el procesador?

**Problema 3** (2 puntos). Una compañía de comunicaciones móviles (**A**) pretende desplegar un sistema celular en un área rural, para lo que cuenta con antenas sectoriales de  $120^\circ$  con un alcance de  $800\text{ m}$ . Para estimar el tráfico, cuenta con los siguientes datos de mercado.

- Densidad de usuarios:  $\alpha = 20.5$  habitantes/ $\text{Km}^2$ .
  - Tráfico por usuario:  $\rho = 132$  *miliErlangs*.
- (a) **[0.5 puntos]** Si el exponente de pérdidas de propagación es  $\gamma = 3.4$ , ¿cuál es el factor de reuso que tendría que utilizar la compañía, si se necesita que la *CIR* del sistema sea mayor de  $12\text{ dB}$  y en la zona existe otro operador que genera una interferencia adicional que se estima en  $2\text{ dB}$ ?  
*En el cálculo de la CIR co-canal considerar únicamente la primera corona interferente y asumir que las BS se encuentran a la distancia de reuso.*
- (b) **[0.5 puntos]** ¿Cuántos canales necesitaría contratar la compañía para garantizar un GoS del  $95\%$ ?

Finalmente, tras analizar las diferentes alternativas se deciden adquirir  $72$  ( $36 + 36$ ) canales (*ascendentes + descendentes*) y establecer un acuerdo con la compañía **B**, que dispone en el área de antenas omnidireccionales (en los mismos emplazamientos que **A**), para que curse un conjunto de llamadas. Se sabe que **B** tiene  $5$  canales por estación base y el tráfico de sus clientes es de  $1.3\text{ Erlangs}$  por celda.

- (c) **[0.5 puntos]** ¿Qué porcentaje de llamadas se podrían reenviar a la infraestructura del operador **B** (sin desbordamiento) para que el *GoS* de los clientes de este operador se mantuviera por encima del  $95\%$ ? ¿Cuál sería el grado de servicio promedio de los clientes de **A** en este caso?
- (d) **[0.5 puntos]** En una segunda alternativa todas las llamadas son cursadas, inicialmente, por la infraestructura de **A**, desbordando a **B**. ¿Cuál es el grado de servicio para ambos grupos de clientes en este caso?  
*Asumir independencia entre las ocupaciones de las dos infraestructuras de red y que el tráfico desbordado sigue una distribución de Poisson.*

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

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