



E.T.S.I.I.T - Ingeniería de Telecomunicación

Redes Telefónicas - Curso 2008/2009

Examen de la convocatoria de febrero

Problemas

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

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

**Problema 1** (5 puntos). Se va a analizar el comportamiento de un nodo de comunicaciones, con una única interfaz de salida, de capacidad  $C$  bps. Se supone que los paquetes llegan según una distribución de *Poisson*, con una tasa  $\lambda$  paquetes por segundo, y que éstos tienen una longitud  $l$ , según una distribución exponencial negativa, de media  $L$  bits. Cuando un paquete llega al nodo y el enlace de salida está ocupado, se mantiene en un *buffer* (que se supone infinito) hasta que pueda ser transmitido. Debido a un crecimiento en la tasa de llegada de paquetes, se decide incorporar un *regulador* de tráfico a la entrada del nodo. Así, cuando haya  $S$  o más paquetes en el nodo (esperando o en el enlace de salida), el regulador entrará en funcionamiento y descartará, con una probabilidad  $1 - q$ , cualquier nueva llegada.

- (a) Modelar el sistema con una cadena de *Markov*. Establecer las tasas de nacimiento y muerte y calcular la probabilidad de los estados correspondientes.
- (b) ¿Cuál es el valor máximo de  $q$ , en función de  $L$ ,  $C$  y  $\lambda$ , para que el sistema sea estable?
- (c) Calcular la probabilidad de que una nueva llamada sea rechazada.
- (d) ¿Cuál es el número medio de paquetes en el *buffer* de espera?
- (e) Obtener, a partir del resultado del apartado anterior, el tiempo medio que un paquete tiene que permanecer esperando en el *buffer* del nodo.
- (f) ¿Cuánto vale dicho tiempo cuando  $q = 1$ ? Discutir el resultado obtenido.

En este último apartado, asumir que  $C > \lambda L$ .

**Ayuda:** Si  $|x| < 1$ , se sabe que:

$$\sum_{i=0}^{\infty} x^i = \frac{1}{1-x} \qquad \sum_{i=0}^{\infty} ix^i = \frac{x}{(1-x)^2}$$

Además:

$$\sum_{i=0}^{N-1} x^i = \frac{1-x^N}{1-x} \qquad \sum_{i=0}^{N-1} ix^i = x \left( \frac{1-x^N}{(1-x)^2} - \frac{Nx^{N-1}}{1-x} \right)$$

P1	
P2	

## Redes Telefónicas - Convocatoria febrero 2009

Apellidos:.....

Nombre:.....

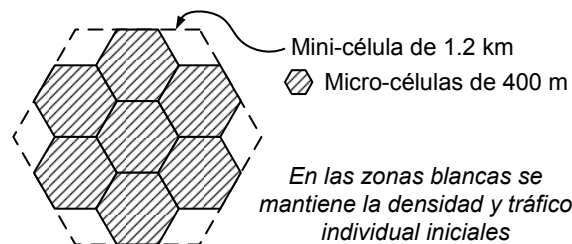
**Problema 2** (5 puntos). Un operador de comunicaciones móviles tiene una capacidad total de 1.6 Mhz para dar servicio de telefonía en una zona rural (con este ancho de banda tiene que cubrir tanto los canales ascendentes como los descendentes). Para ello dispone de antenas omnidireccionales, con un alcance de 1.2 Km. Si se sabe que la anchura de un canal es de 20 KHz y que la densidad de usuarios es de  $\alpha = 20$  habitantes/km<sup>2</sup>, se pide:

- Calcular el factor de re-uso máximo ( $N$ ), teniendo en cuenta que el tráfico por usuario se ha estimado en  $\rho = \frac{100}{3}$  miliErlangs, y que se pretende alcanzar un GoS del 97%.
- Asumiendo que sólo hay interferencia co-canal y que se necesita una relación CIR mayor de 13 dB, ¿se podría utilizar la configuración calculada anteriormente? Aplicar un exponente de pérdidas de propagación  $\gamma = 4$ .

*Considerar únicamente la primera corona para calcular la interferencia co-canal y que, además, todas las células interferentes se encuentran a la distancia de reuso.*

- Durante el despliegue de la red, los ingenieros se percatan que además de la co-canal, hay otras fuentes de interferencia que podrían afectar al comportamiento del sistema. Asumiendo que dicha interferencia adicional se puede expresar como un porcentaje de la co-canal, ¿cuál sería el valor máximo admisible para dicho porcentaje?

En un momento determinado se decide establecer un parque tecnológico en la zona. Se estima que la densidad de usuarios se incrementa hasta 80 habitantes/km<sup>2</sup>, y que el tráfico individual crece hasta  $\rho = 60$  miliErlangs. La empresa se plantea incorporar un cluster adicional de 7 micro-células (con un radio de 400 m) para cubrir dicho área, como se muestra en la figura.



- Calcular el número de canales que harían falta para mantener el GoS anterior, asumiendo que las llamadas en la zona cubierta por el cluster de micro-células serían atendidas únicamente por el nuevo despliegue de red.

La empresa pretende aprovechar la infraestructura de red inicial, para lo que plantea una segunda alternativa. En esta ocasión se utilizarán menos canales en el nuevo despliegue, pero las llamadas que no puedan ser atendidas por la micro-célula (primera elección) serían desbordadas a la mini-célula.

- Dimensionar nuevamente el número de canales necesarios en el cluster de micro-células, teniendo en cuenta que la ocupación mínima requerida es del 50% para un canal cualquiera.  
*Suponer que la ocupación de canales es aleatoria.*
- ¿Cuál es la nueva probabilidad de bloqueo en la zona cubierta por las 7 micro-células?  
*Asumir independencia entre las ocupaciones de las micro-células y la mini-célula 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

Fórmula de Erlang-B: A de 0.1 a 5.0 *Erlangs*. S de 11 a 20

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.1										
0.2										
0.3										
0.4										
0.5										
0.6										
0.7										
0.8										
0.9										
1.0										
1.1										
1.2										
1.3										
1.4										
1.5										
1.6	000001									
1.7	000002									
1.8	000003									
1.9	000004	000001								
2.0	000007	000001								
2.1	000011	000002								
2.2	000016	000003	000001							
2.3	000024	000005	000001							
2.4	000035	000007	000001							
2.5	000049	000010	000002							
2.6	000068	000015	000003	000001						
2.7	000094	000021	000004	000001						
2.8	000126	000029	000006	000001						
2.9	000168	000041	000009	000002						
3.0	000221	000055	000013	000003	000001					
3.1	000287	000074	000018	000004	000001					
3.2	000368	000098	000024	000006	000001					
3.3	000467	000128	000033	000008	000002					
3.4	000587	000166	000043	000011	000002	000001				
3.5	000731	000213	000057	000014	000003	000001				
3.6	000901	000270	000075	000019	000005	000001				
3.7	001102	000340	000097	000026	000006	000001				
3.8	001338	000423	000124	000034	000009	000002				
3.9	001611	000523	000157	000044	000011	000003	000001			
4.0	001926	000642	000197	000056	000015	000004	000001			
4.1	002287	000781	000246	000072	000020	000005	000001			
4.2	002699	000944	000305	000091	000026	000007	000002			
4.3	003164	001133	000374	000115	000033	000009	000002	000001		
4.4	003688	001350	000457	000144	000042	000012	000003	000001		
4.5	004275	001600	000554	000178	000053	000015	000004	000001		
4.6	004928	001886	000667	000219	000067	000019	000005	000001		
4.7	005652	002209	000798	000268	000084	000025	000007	000002		
4.8	006451	002574	000949	000325	000104	000031	000009	000002	000001	
4.9	007328	002983	001123	000393	000128	000039	000011	000003	000001	
5.0	008287	003441	001322	000472	000157	000049	000014	000004	000001	