

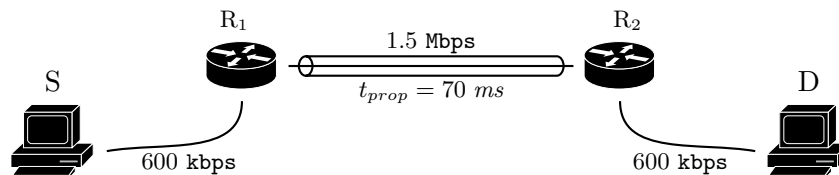


P1	
P2	
P3	

Examen de la convocatoria de julio
Problemas

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

Problema 1 (1.5 puntos). Se pretende transmitir un fichero de 362 kbytes (*Se recuerda que 1 kbyte son 2^{10} bytes*) entre S y D en la red de la figura, en la que todos los enlaces están configurados en modo *full-duplex*. Se asume que el retardo de propagación en los enlaces de acceso es despreciable. Además, el retardo de procesado en los nodos R_1 y R_2 también puede considerarse despreciable. El nodo S envía paquetes de 1500 bytes, incluyendo una cabecera de 52 bytes.



Se utiliza un mecanismo de control de congestión entre los nodos de acceso a la red (R_1 y R_2), por el que R_2 envía un paquete de confirmación (ack) para cada paquete de datos recibido. Los ack tienen un tamaño total de 375 bytes. Se puede configurar el tamaño de la ventana, ω , que se corresponde con el número máximo de paquetes que el transmisor (R_1) puede enviar sin haber recibido confirmación.

- (a) [0.6 puntos] Asumiendo que $\omega = 2$ paquetes, ¿cuánto tiempo tardaría S en enviar el fichero completo a D? ¿Cuál sería la cadencia de la fuente?
- (b) [0.5 puntos] ¿Qué valor de ω permitiría a la fuente transmitir de manera continua? ¿Cuánto tiempo tardaría en enviar el fichero en este caso?
- (c) [0.4 puntos] Utilizando el valor de ω calculado en el apartado anterior, se pide establecer el tiempo de procesado máximo que podría permitirse en R_1 y R_2 (sería el mismo) para poder seguir usando transmisión continua en la fuente. (*El tiempo de procesado de los ack se puede seguir considerando despreciable*).

Problema 2 (2.8 puntos). La compañía de software **optimaix** utiliza un servicio de computación en la nube que consta de un procesador y capacidad para mantener dos peticiones en espera. Se supone que las peticiones llegan según un proceso de Poisson, con tasa $\lambda = 30 \text{ min}^{-1}$. La empresa que proporciona el servicio permite regular la capacidad del procesador y, en una primera configuración, se decide contratar una que haga que la duración media de cada análisis (que puede modelarse según una variable aleatoria exponencial negativa) sea de 2 seg.

- (a) [0.4 puntos] Modelar el sistema con una cadena de Markov, y establecer las probabilidades de pérdida y de espera.
- (b) [0.5 puntos] Utilizar la relación de Little para establecer el tiempo medio de permanencia en el sistema. Sabiendo que el buffer emplea una estrategia FIFO, ¿cuál sería dicho tiempo medio para las peticiones que: (a) no esperan; (b) únicamente pasan por la posición 1 del buffer; (c) pasan por las dos posiciones del buffer? ¿Qué porcentaje hay de cada grupo de análisis respecto a las peticiones que se procesan?
- (c) [0.4 puntos] Asumiendo que un incremento en la capacidad del procesador se traduce en una reducción lineal del tiempo de procesado, ¿qué aumento se debería contratar, si se pretende que la probabilidad de pérdida no supere el 10%? *Se pide dar una respuesta aproximada.*

optimaix decide utilizar otro esquema para reducir la probabilidad de pérdida, que permite habilitar un segundo procesador, idéntico al principal -apartados (a) y (b)-. Si se activara el procesador adicional, la capacidad del buffer de espera se reduciría a 1 petición, de manera que en el sistema solo puede haber 3 peticiones en cualquier circunstancia. Se contemplan las siguientes dos configuraciones:

Conf. 1: Cuando el buffer está completo, se inicia un temporizador, cuya duración se establece con una variable aleatoria exponencial negativa, con media $\frac{1}{\gamma} = 2 \text{ seg}$. Al finalizar éste (si siguiera el buffer completo), se habilitaría el procesador adicional, que pasaría a analizar la petición que llevara más tiempo esperando. Al terminar con su análisis, el segundo procesador se apagaría. Si el procesado de la petición que está siendo analizada finaliza antes de que el temporizador expirara, éste se cancelaría.

Conf. 2: En este caso, se activa un temporizador diferente para cada petición que esté en espera. Así, cada vez que un análisis tiene que esperar, se activaría dicho temporizador, similar al de la configuración anterior, pero con una duración media de $\frac{1}{\gamma} = 4 \text{ seg}$. Una vez que finalice su análisis, el segundo procesador se deshabilita, hasta que vuelva a darse la circunstancia para activarse nuevamente. Además, si se activara el procesador adicional habiendo dos peticiones esperando, el temporizador del análisis que se queda en espera se cancelaría, hasta que el procesador adicional volviera a estar inactivo.

Gracias al sistema de gestión del proveedor de servicios en la nube, se obtienen los siguientes datos (todos en minutos, para una hora de observación), en las configuraciones anteriores.

Configuración	Sistema reposo	Buffer completo (2 pet. espera)	2º procesador activo
1	16.0000	8.0000	4.0000
2	17.1429	6.4286	6.4286

- (d) [0.4 puntos] Modelar la Configuración 1 con una cadena de Markov, y calcular las probabilidades de pérdida y de espera.
- (e) [0.3 puntos] ¿En qué porcentaje de veces (de las que se llena el buffer de espera) se activaría el segundo procesador en esta primera configuración?
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.
- (f) [0.5 puntos] Modelar la Configuración 2 con una cadena de Markov, y calcular las probabilidades de pérdida y de espera.
- (g) [0.3 puntos] ¿Cuál es el tiempo medio de espera en la Configuración 2?

Problema 3 (2.7 puntos). Para dar servicio de comunicaciones móviles en un área determinada, se cuenta con antenas sectoriales, de cobertura 1.1 km, según la disposición que se ve en la Figura (1), y con el patrón de radiación que se muestra en la Figura (2). El operador cuenta con 36+36 canales (ascendentes y descendentes). Se asume que el exponente de pérdidas de propagación en el terreno es $\gamma = 3.1$.

Se cuenta con los siguientes datos de mercado:

- Densidad de usuarios: $\alpha = 12 \text{ u/km}^2$.
 - Tráfico por usuario: $\rho = 95 \text{ mErlangs}$.
- (a) **[0.5 puntos]** Calcular la CIR del sistema, si se pretende que la probabilidad de bloqueo sea inferior al 4%, asumiendo que las antenas interferentes se encuentran a la distancia de reuso del punto de cálculo.
- (b) **[0.5 puntos]** Calcular la CIR exacta del sistema.

Tras la puesta en marcha del sistema, se instala un complejo comercial, lo que hace que la densidad en la superficie que aparece destacada en la Figura (c) crezca hasta $\alpha^\dagger = 30 \text{ u/km}^2$. La compañía decide instalar dos antenas sectoriales de 120° , y cobertura $2R$, en los mástiles 2 y 10 (ver Figura (c)), para hacer frente al incremento de tráfico en esa zona.

- (c) **[0.6 puntos]** ¿Cuántos canales se necesitarán en las nuevas BS, si se decide que, en la superficie del complejo comercial, las llamadas se ofrecerán inicialmente a las BS del despliegue original y, si estuvieran ocupadas, desbordarían a la nueva infraestructura? En este apartado se supone que se pretende mantener una probabilidad de pérdida del 4% para cualquier usuario.
- (d) **[0.5 puntos]** Calcular la ocupación (promedio) de los canales de la red inicial.
- (e) **[0.6 puntos]** El operador adquiere los canales necesarios para cada BS adicional, pero detecta posteriormente que generan, entre ellos, cierta interferencia co-canal, multiplicada por un factor $\sigma < 1$. ¿Cuál es el valor máximo admisible para σ , si se pretende que la CIR no baje de los 10 dB?

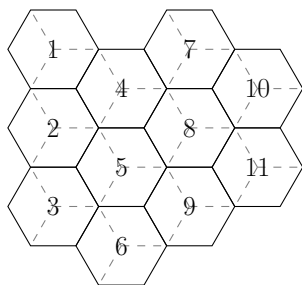


Figura (a)

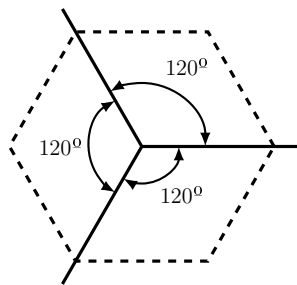


Figura (b)

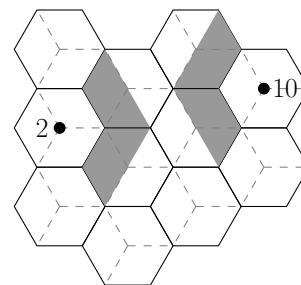
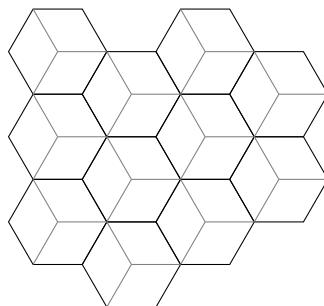
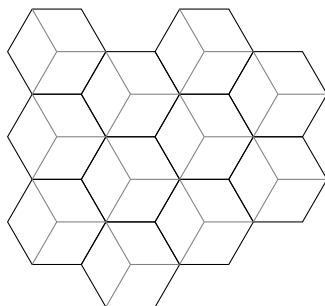
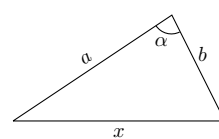


Figura (c)



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



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

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