P1	
P2	
P3	
P4	

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

Dimensionado y Planificación de Redes

Curso 2023/2024

Examen de la convocatoria extraordinaria

Problemas

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

Problema 1 *(1.6 puntos).* Un nodo de comunicaciones tiene una capacidad de 800 *kbps*. Le llegan tramas, según un proceso de Poisson, a una tasa $\lambda = 250\ s^{-1}$. La longitud de dichas tramas se distribuye de manera uniforme, entre $\ell - \frac{\xi}{2}$ y $\ell + \frac{\xi}{2}$. Al observar el nodo durante un minuto, se ve que está inactivo, en media, 30 segundos. Además, tras monitorizar su comportamiento, se determina que el retardo medio por trama es de 3.0208 *ms*.

(a) **[0.4 puntos]** ¿Cuánto valen ℓ y ξ?

Se inyecta un nuevo flujo de tráfico, con una tasa $\lambda^{\dagger} = 150\ s^{-1}$, cuyas tramas son de longitud constante, e igual a ℓ. Se plantean varias configuraciones:

i. Emplear virtualización para separar la capacidad destinada a cada tipo de tráfico, pudiendo establecer las capacidades de cada interfaz virtual en múltiplos de 20 *kpbs*.
ii. Combinar ambos flujos de tráfico, para ser procesados conjuntamente, sin ningún esquema de prioridad.

(b) **[0.4 puntos]** ¿Cómo se tendría que repartir la capacidad en la configuración (i) si se pretende que el retardo de las tramas del flujo † sea inferior a 6 *ms*? ¿Se tendrían que rechazar tramas del flujo inicial? ¿Con qué probabilidad?
(c) **[0.4 puntos]** ¿Cuáles serían los retardos, para ambos tipos de tramas, en la configuración (ii)?
(d) **[0.4 puntos]** Para asegurar un retardo de 5 *ms* para el flujo † se decide rechazar tramas del flujo inicial, con probabilidad γ. ¿Cuánto debería valer γ?

En un sistema MG1, la fórmula de Pollaczek-Khintchine se puede utilizar para calcular el tiempo medio de espera: $T_Q = T_S \cdot \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{1+C(T_S)^2}{2}$

La varianza de una variable aleatoria uniforme, entre a y b, $\mathcal{U}[a,b]$ es : $\frac{(b-a)^2}{12}$

Al seleccionar aleatoriamente puntos de dos variables aleatorias, X e Y, se obtiene otra variable aleatoria Z, de manera que: $E[Z^n] = w_1 E[X^n] + w_2 E[Y^n]$, siendo w_1, w_2 la probabilidad de seleccionar X o Y, respectivamente

Problema 2 *(1.8 puntos)*. Se tienen dos flujos de tráfico: α y β, $TO_\alpha = 1.8$ *Erlangs*, $TO_\beta = 3.9$ *Erlangs*, que son procesados por un sistema que cuenta con $S_1 = 5$ recursos. Se pretende reducir la probabilidad de pérdida de las peticiones α hasta el $1\,\%$, para lo que se plantea utilizar un segundo sistema, al que únicamente se ofrecerían las llamadas del flujo α que no hubieran podido ser atendidas por la primera alternativa.

(a) **[0.5 puntos]** ¿Cuántos recursos se necesitan en el sistema de soporte?

(b) **[0.4 puntos]** ¿Cuánto tiempo estaría activo cada uno de los recursos de ambos sistemas (en media) durante una hora de observación?

La empresa decide finalmente poner $S_2 = 5$ recursos en dicho sistema de soporte, permitiendo además que algunas de las peticiones β que no pudieran ser atendidas por el sistema original también fueran ofrecidas a esta segunda alternativa.

(c) **[0.5 puntos]** ¿Qué porcentaje del tráfico β desbordado por el primer sistema se podría admitir?
Para resolver este apartado, se darán dos valores para dicho porcentaje (0.35 y 0.7), y se calculará el valor buscado utilizando interpolación, a partir de las correspondientes probabilidades de pérdida de los puntos anteriores.

(d) **[0.4 puntos]** Utilizando el resultado del apartado anterior, calcular la probabilidad de pérdida para ambos flujos y la global, utilizando dos métodos de cálculo.

Si no se dice explícitamente lo contrario, se pide dar siempre la solución más exacta posible.

Se sabe que el VMR correspondiente a las llamadas desbordadas que se ofrecen al sistema de soporte se puede calcular como: $\mathrm{VMR}_x = 1 + \varphi_x\,(\mathrm{VMR}_t - 1)$, siendo φ_x la probabilidad de que la llamada desbordada no sea descartada y VMR_t el VMR de todo el tráfico desbordado.

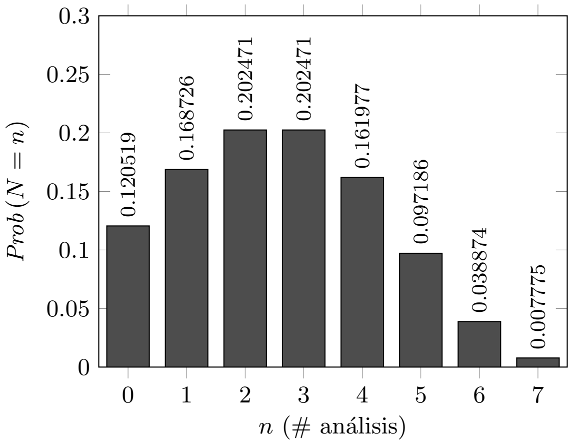
$$E(A_d) = A_d = A \cdot EB(S, A)$$

$$V(A_d) = A_d \left[1 - A_d + \frac{A}{1 + S - A + A_d}\right]$$

Fórmulas de Kosten para el tráfico de desbordamiento
A es el tráfico ofrecido al primer grupo de S circuitos

Problema 3 *(1.6 puntos)*. Se cuenta con un sistema de análisis bursátiles, con un único procesador. No se pueden enviar peticiones hasta haber recibido la respuesta del anterior, y se supone que se cuenta con capacidad suficiente para mantener peticiones en espera.

La figura representa la función densidad de probabilidad de la ocupación del sistema, cuando se conectan al mismo $m = 7$ empleados. En este caso se reciben, en media, un total de 1.759 peticiones por minuto.



(a) **[0.6 puntos]** Calcular el tiempo medio de procesado y la tasa por fuente libre.

(b) **[0.5 puntos]** ¿Cuál es el retardo por análisis?

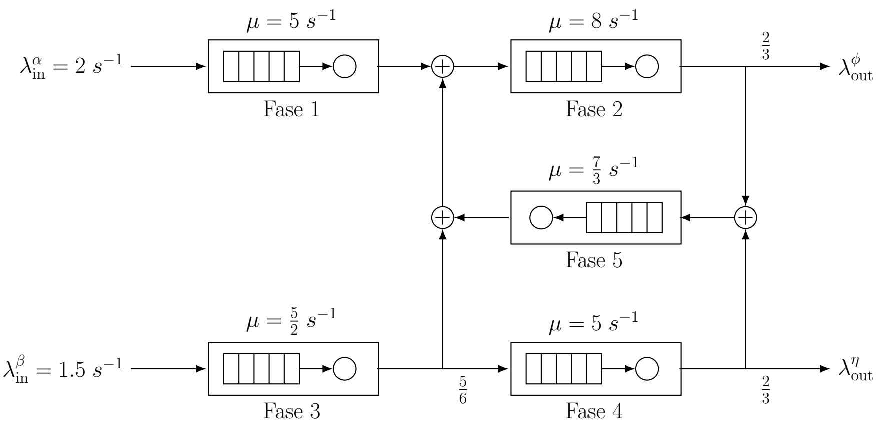
Finalmente se conectan $m = 12$ fuentes, y para mejorar el rendimiento del sistema, se decide incrementar la capacidad del procesador, lo que permite ir reduciendo el tiempo de procesado. Se toman medidas del retardo por análisis, y del porcentaje de ocupación del procesador, generando la tabla que se muestra a continuación.

(c) **[0.5 puntos]** Si se pretende que el tiempo de espera sea inferior a 30 s, ¿cuál sería el número medio de fuentes libres, esto es, aquellas que no tienen un análisis en el sistema (ya sea en el procesador o esperando)?

T_s (s)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
T_t (s)	3.7960	9.8736	19.5482	34.1786	54.4848	80.0945	109.8042	142.2351	176.2874	211.2431
ρ	0.2341	0.4504	0.6370	0.7818	0.8803	0.9387	0.9700	0.9855	0.9930	0.9966

En un sistema M/M/1/K+1/m, con $m \leq K+1$, $\overline{\lambda} = \mu\,(1 - p_0)$.

Problema 4 *(2 puntos)*. Considerar la red de la figura:



(a) **[0.5 puntos]** Modelar el sistema como una Red de Jackson Abierta y establecer las matrices de flujo y transición. ¿Cuál es la tasa de entrada a cada uno de los nodos? ¿Cuáles son las tasas de salida?

(b) **[0.6 puntos]** ¿Cuánto tiempo tardaría, en media, una petición en atravesar el sistema? ¿Cuánto sería ese tiempo para los dos tipos de peticiones, α y β?
Pista: *La media de una variable aleatoria geométrica, de parámetro p, es* $\frac{p}{1-p}$.

Se decide modificar el comportamiento del sistema, de manera que se establece que siempre haya 8 peticiones activas en todo el sistema y que, cuando una lo abandone, automáticamente se admita una nueva.

(c) **[0.4 puntos]** Representar el sistema como una Red de Jackson Cerrada. ¿Cuántos estados posibles habría?

Se utiliza el Algoritmo de Buzen, fijando que $\nu_1 = 1$, para analizar el comportamiento del sistema, en concreto el de la Fase 5, obteniendo la tabla que se muestra a continuación.

n	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	0.2000	0.4500	0.7500	0.8750	1.2500
2	0.0400	0.1525	0.3775	0.4869	0.9556
3	0.0080	0.0461	0.1594	0.2202	0.5786
4	0.0016	0.0131	0.0609	0.0885	0.3054
5	0.0003	0.0036	0.0219	0.0329	0.1475
6	0.0001	0.0010	0.0075	0.0116	0.0670
7	0.0000	0.0003	0.0025	0.0040	0.0291
8	0.0000	0.0001	0.0008	0.0013	0.0122

(d) **[0.5 puntos]** ¿Cuántos minutos por hora estaría la Fase 5 vacía? ¿Y su buffer de espera?

$$g_k(n) = g_{k-1}(n) + \rho_k \cdot g_k(n-1)$$
$$g_1(n) = \rho_1^n \quad n = 1 \ldots N$$
$$g_k(0) = 1 \qquad k = 1 \ldots K$$

Algoritmo Recursivo de Buzen, con ‘N’ clientes y K nodos

$$p_K(n) = \frac{\rho_K^n \cdot g_{K-1}(N-n)}{G(N)}$$

Ocupación individual del nodo K-*ésimo*, a partir de los resultados del algoritmo de Buzen

Fórmula de Erlang-B: A de 0.1 a 6.0 *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
5.1	836066	680712	536438	406161	292929	199353	126823	074802	040664	020317
5.2	838710	685598	543039	413817	300880	206829	133182	079671	044007	022371
5.3	841270	690342	549469	421312	308719	214270	139587	084649	047482	024548
5.4	843750	694948	555734	428650	316446	221670	146031	089726	051086	026846
5.5	846154	699422	561840	435835	324059	229022	152503	094897	054814	029265
5.6	848485	703770	567793	442869	331557	236322	158998	100152	058661	031805
5.7	850746	707997	573596	449756	338940	243566	165507	105485	062623	034465
5.8	852941	712108	579256	456499	346208	250750	172024	110888	066695	037242
5.9	855072	716108	584777	463101	353361	257870	178542	116354	070871	040135
6.0	857143	720000	590164	469565	360400	264922	185055	121876	075145	043142