



E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de  
Tecnologías de Telecomunicación  
Dimensionado y Planificación de Redes  
Curso 2022/2023

P1	
P2	
P3	
P4	

Examen de la convocatoria ordinaria  
Problemas

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

**Problema 1** (1.9 puntos). A un nodo de comunicaciones llegan dos flujos, según procesos de Poisson, con tasas  $\lambda_1 = 200 \text{ s}^{-1}$  y  $\lambda_2 = 300 \text{ s}^{-1}$ . Las tramas del flujo 1 tienen una longitud (fija) de  $\ell_1 = 200$  Bytes, y los del flujo 2 también son de tamaño fijo,  $\ell_2 = 800$  Bytes. La capacidad de la interfaz de salida es de 3 Mbps.

- [0.5 puntos]** En una primera configuración se decide separar, utilizando técnicas de virtualización, la capacidad asignada a cada flujo, pudiéndose configurar en pasos de 100 kbps. Se requiere que el retardo para las tramas del flujo 1 sea inferior a 2 ms. ¿Cuál sería el retardo para cada flujo? ¿Y el retardo promedio? ¿Cuál es la ocupación total?
- [0.5 puntos]** La tecnología del nodo no permite virtualizar la capacidad de la interfaz de salida, por lo que ambos flujos se combinan. ¿Cuál sería el retardo para cada tipo de paquete en este caso? ¿Y la ocupación del nodo?
- [0.4 puntos]** Se decide utilizar un sistema de prioridad, de manera que los paquetes del flujo 1 que estén esperando siempre se atenderán antes que los del flujo 2. ¿Cuáles serían los retardos en este caso? ¿Y la ocupación?
- [0.5 puntos]** El sistema de *scheduling* del nodo no permite establecer prioridades, por lo que para garantizar el criterio de retardo para el flujo 1, y tomando como punto de partida la configuración del apartado b, se decide rechazar tramas del flujo 2, utilizando un regulador de tráfico. ¿Cuáles serían los retardos si el regulador se configura para rechazar el 20% de las tramas?

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

En un sistema con priorización, el retardo para el flujo  $i$  (ordenados de mayor a menor prioridad) es:  $(T_Q)_i = \frac{\frac{1}{2} \sum_{j=1}^K \lambda_j \cdot E[(T_S)_j^2]}{(1-\sigma_{i-1}) \cdot (1-\sigma_i)}$ , con  $\sigma_t = \sum_{n=1}^t \rho_n$

**Problema 2** (1.7 puntos). Una empresa que se dedica a realizar análisis bursátiles pretende desplegar sistemas *on-premise* para llevarlos a cabo. Cada sistema cuenta con 4 procesadores y no se pueden tener peticiones en espera. El tráfico total se repartiría de manera equitativa entre todos los sistemas.

- (a) **[0.3 puntos]** Si el tráfico global es de 8.4 Erlangs, ¿cuántos sistemas serían necesarios si se pretende que la probabilidad de pérdida fuera inferior al 3%? ¿Cuál sería la ocupación media (en minutos por hora) por recurso?

Por limitaciones de su CPD, la empresa únicamente despliega 3 sistemas, y decide contratar recursos en la nube para asegurar que la probabilidad de pérdida no se vea perjudicada. En este caso, todos los análisis que no pudieran ser procesados por los sistemas *on-premise* se enviarían (combinados) al servicio contratado en la nube.

- (b) **[0.5 puntos]** ¿Cuántos procesadores sería necesario contratar en la nube?  
 (c) **[0.5 puntos]** ¿Cuál sería la ocupación media (en minutos por hora) de cada tipo de recurso?

Se produce un incremento eventual del tráfico, que sube a 10.5 Erlangs.

- (d) **[0.4 puntos]** ¿Calcular la probabilidad de pérdida, utilizando dos maneras de cálculo alternativa?

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

Fórmulas de Kosten para el tráfico de desbordamiento Siendo $A$ el tráfico ofrecido al primer grupo de $S$ circuitos		
$E(A_d) = A_d = A \cdot EB(S, A)$	$V(A_d) = A_d$	$1 - A_d + \frac{A}{1 + S - A + A_d}$

**Problema 3** (1.5 puntos). En un centro de investigación hay varios investigadores que tienen que llevar a cabo análisis en una réplica digital para controlar el comportamiento de cierta maquinaria. Debido a la necesidad de que los resultados lleguen con un retardo mínimo, se decide que no puedan esperar. Cuando un investigador envía una petición, no puede generar más hasta que la anterior haya finalizado.

Se deciden adquirir procesadores en modalidad *SaaS*, de manera que el tiempo medio necesario para completar un análisis es de 10s. Para dimensionar el sistema, se lleva a cabo una simulación en la que se va incrementando el número de investigadores que pueden utilizar el sistema, y se establece la probabilidad de pérdida, para varias configuraciones posibles, generando la tabla que se muestra a continuación.

Proc.	$m=41$	$m=42$	$m=43$	$m=44$	$m=45$	$m=46$	$m=47$	$m=48$	$m=49$	$m=50$
6	0.0909	0.0976	0.1044	0.1114	0.1184	0.1256	0.1328	0.1401	0.1474	0.1548
7	0.0423	0.0465	0.0510	0.0556	0.0604	0.0654	0.0705	0.0758	0.0813	0.0868
8	0.0171	0.0194	0.0218	0.0244	0.0272	0.0301	0.0332	0.0365	0.0400	0.0436
9	0.0061	0.0071	0.0082	0.0094	0.0108	0.0122	0.0138	0.0156	0.0175	0.0195
10	0.0019	0.0023	0.0027	0.0032	0.0038	0.0044	0.0051	0.0059	0.0068	0.0077

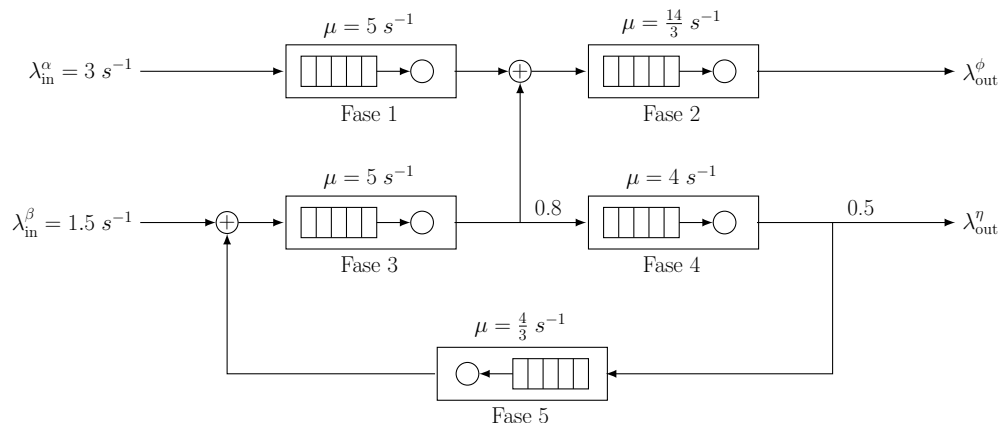
  

Proc.	$m=51$	$m=52$	$m=53$	$m=54$	$m=55$	$m=56$	$m=57$	$m=58$	$m=59$	$m=60$
6	0.1622	0.1696	0.1771	0.1845	0.1919	0.1993	0.2067	0.2140	0.2213	0.2285
7	0.0925	0.0983	0.1042	0.1102	0.1163	0.1224	0.1286	0.1349	0.1412	0.1475
8	0.0474	0.0513	0.0554	0.0596	0.0639	0.0684	0.0730	0.0777	0.0826	0.0875
9	0.0216	0.0239	0.0264	0.0289	0.0316	0.0345	0.0375	0.0406	0.0439	0.0472
10	0.0088	0.0099	0.0112	0.0126	0.0140	0.0156	0.0173	0.0191	0.0210	0.0231

- (a) **[0.2 puntos]** ¿Cuántos procesadores serían necesarios adquirir, asumiendo que el número de investigadores es  $m = 50$ , si se pretende que la pérdida sea inferior al 2%? ¿Cuál sería el número de investigadores que podrían utilizar el sistema, si se contrataran 8 procesadores?
- (b) **[0.4 puntos]** La empresa decide adquirir 10 procesadores. ¿Cuál sería la probabilidad de pérdida cuando utilizan el sistema  $m = 50$  investigadores? ¿Durante cuánto tiempo estarían todos los recursos ocupados simultáneamente, en una hora de observación? ¿Y si hubiera  $m = 58$  investigadores utilizando el sistema?
- (c) **[0.5 puntos]** Con la configuración del apartado anterior, y  $m = 55$  investigadores utilizando el sistema, se observan 30.0383 peticiones (en media) por minuto. ¿Cuál es la tasa por fuente libre? ¿Cuál sería la utilización de cada procesador en una hora?
- (d) **[0.4 puntos]** Con las condiciones del apartado anterior, ¿cuánto tiempo habría, al menos, 8 recursos libres en una hora de observación?

**Pista:** En un sistema  $M/M/s/s/m$ , con  $s \leq m$ , el tráfico cursado se puede calcular como  $TC = \sum_{i=0}^S ip_i$ , siendo  $i$  el estado correspondiente en la cadena de Markov. Además,  $TC = TO(1 - P_L)$ ,  $p_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^S \binom{m}{k} a^k}$ , y  $p_i = \frac{\binom{m}{i} a^i}{\sum_{k=0}^S \binom{m}{k} a^k}$

**Problema 4** (1.9 puntos). Considerar el sistema de la Figura.



- (a) **[0.4 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) **[0.3 puntos]** ¿Cuánto tiempo estaría cada uno de los nodos activo en una hora de observación? ¿Y los 5 nodos de manera simultánea?
- (c) **[0.5 puntos]** ¿Cuánto tiempo tardaría una petición en atravesar el sistema? ¿Cuánto sería ese tiempo para los dos tipos de peticiones,  $\alpha$  y  $\beta$ ?

Se decide modificar la operación del sistema, fijando que únicamente haya 5 peticiones en todo el sistema. Cuando una abandona el sistema, entraría la siguiente de manera automática.

- (d) **[0.3 puntos]** Representar el sistema como una Red de Jackson Cerrada. ¿Cuántos estados posibles habría?
- (e) **[0.4 puntos]** Se ejecuta el Algoritmo de Buzen, obteniendo la tabla que se muestra a continuación. ¿Cuánto tiempo (en una hora de observación) estaría la fase 5 vacía? ¿Durante cuánto tiempo habría exactamente una petición en cada fase?

$n$	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	0.6167	0.7833	1.0333
2	0.0400	0.1525	0.2553	0.3858	0.6442
3	0.0080	0.0461	0.0887	0.1530	0.3140
4	0.0016	0.0131	0.0279	0.0534	0.1319
5	0.0003	0.0036	0.0083	0.0172	0.0501

$$g_k(n) = g_{k-1}(n) + \rho_k \cdot g_k(n-1)$$

$$g_1(n) = \rho_1^n \quad n = 1 \dots N$$

$$g_k(0) = 1 \quad k = 1 \dots K$$

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

Algoritmo Recursivo de Buzen, con 'N' clientes y K nodos      Ocupación individual del nodo K-ésimo, a partir de los resultados del algoritmo de Buzen

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