



E.T.S.I.I.T - Ingeniería de Telecomunicación
Redes Telefónicas - Curso 2009/2010

| | |
|----|--|
| P1 | |
| P2 | |

Examen de la convocatoria de septiembre
Problemas

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

El peso de esta parte en la nota del examen es del 70%. Los dos problemas valen lo mismo.

Problema 1. La Universidad de Lusitania dispone de un super-computador para que los diferentes grupos de investigación puedan mandar sus simulaciones más pesadas. Debido al volumen de datos necesarios, el servidor sólo dispone de memoria para almacenar una petición en espera cuando el procesador esté atendiendo otra. Si llegara una aplicación cuando el servidor y la memoria están ocupados, ésta se perdería.

Se supone que las llegadas al super-computador siguen una distribución de Poisson, con una tasa de $\lambda = 3$ peticiones/hora, y que el tiempo que tarda el procesador en finalizar las simulaciones se puede modelar como una variable aleatoria exponencial negativa de media $t_{\text{servidor}} \left(\frac{1}{\mu} \right) = 20$ minutos.

- (a) [2 puntos] Modelar el sistema con una cola de *Markov*. ¿Cuál es la probabilidad de que haya un trabajo esperando en el sub-sistema de memoria? ¿Cuál es la probabilidad de bloqueo?
- (b) [2 puntos] Obtener, aplicando la relación de *Little*, el tiempo medio de espera y el de estancia total en el computador (espera más procesador).

Con el objetivo de reducir el consumo que supone poner en marcha el procesador se decide hacer una modificación en el sistema, de manera que cuando llega una petición, se mantiene a la espera, pasando al procesador únicamente al recibir una segunda simulación. Al igual que antes, se asume que una petición se pierde si llega cuando tanto servidor como memoria están ocupados.

- (c) [3 puntos] Modelar el nuevo sistema, y calcular las probabilidades de espera y de bloqueo. *Nota: Para analizar esta alternativa, representar cada estado como (i, j) , donde i representa la ocupación del sub-sistema de espera y j la del procesador.*
- (d) [3 puntos] Volver a calcular el tiempo medio de espera, así como el de permanencia en el sistema, tras la modificación que se ha realizado. Comentar los resultados.

Redes Telefónicas - Convocatoria septiembre 2010

Apellidos:.....

Nombre:.....

Problema 2. Un operador de comunicaciones móviles quiere desplegar una red de telefonía en una zona rural, que se supone de tamaño lo suficientemente extenso. Para ello dispone de antenas omnidireccionales, con un alcance de 1.2 Km, y estima una densidad de usuarios inicial de $\alpha = 22.4$ habitantes/km².

- (a) **[3 puntos]** Si el tráfico por usuario es $\rho = 50$ miliErlangs, y pretende alcanzar un GoS del 96 %, ¿cuál es la capacidad total (número de canales) que necesita? Se asume que sólo hay interferencia co-canal y que se requiere una relación CIR mayor de 11 dB. Considerar que las células interferentes se encuentran a la distancia de reuso. Aplicar un exponente de pérdidas de propagación $\gamma = 4$.
- (b) **[1.5 puntos]** A la hora de poner en marcha el sistema, los ingenieros se percatan de que debido a la presencia de otros operadores en la zona hay una interferencia adicional de 2 dB. ¿Se podría seguir empleando la configuración inicial? ¿Qué alternativa habría (para ofrecer el mismo grado de servicio) si se mantuvieran las antenas omnidireccionales?
- (c) **[1.5 puntos]** Si la compañía pudiera utilizar antenas directivas de 180°, ¿cómo se podría satisfacer el grado de servicio requerido? Comparar las diferentes alternativas analizadas.

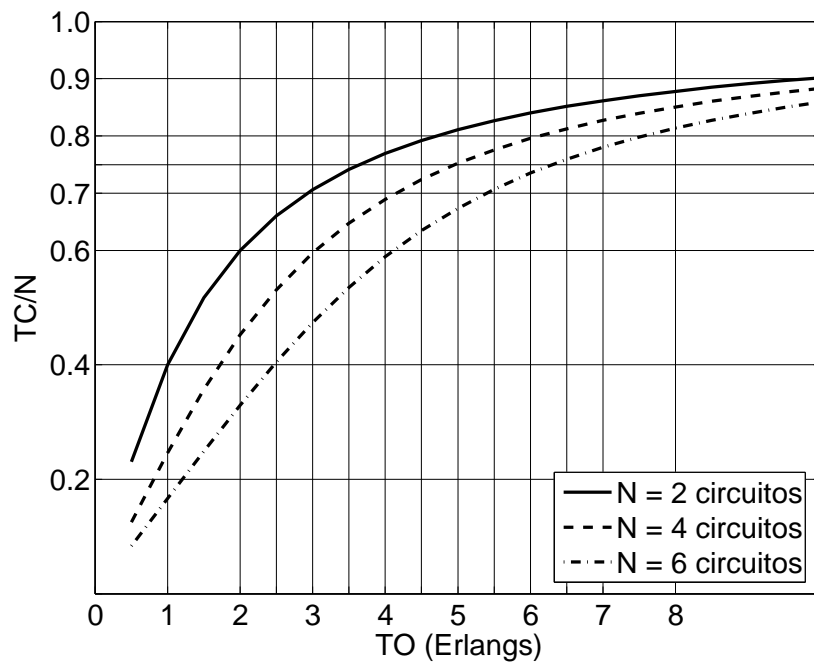
En las condiciones del apartado (b), el operador no puede disponer de la capacidad adicional necesaria, por lo que se tiene que plantear una alternativa diferente para garantizar un servicio adecuado a sus usuarios. Para ello contacta con un Access Broker para alquilar recursos. Teniendo en cuenta que el precio a pagar es elevado, el operador decide que las llamadas sean inicialmente atendidas por los canales alquilados y, cuando estén ocupados, se ofrezcan al despliegue propio y que, además, la ocupación mínima de un canal alquilado al Access Broker sea del 75 %.

- (d) **[1 punto]** Si el Access Broker ofrece grupos de canales de $M \cdot [2 + 2]$ (ascendentes + descendentes), ¿cuántos grupos necesitará alquilar el operador por cluster? Suponer que la ocupación de canales es aleatoria.
- (e) **[1 punto]** Establecer el nuevo grado de servicio. Asumir independencia entre las ocupaciones de las canales alquilados al Access Broker y el despliegue original de red y que el tráfico desbordado sigue una distribución de Poisson.
- (f) **[2 puntos]** Repetir los dos anteriores apartados si se produce, además, un incremento en la densidad de usuarios, que pasa a ser de $\alpha = 32$ habitantes/km².

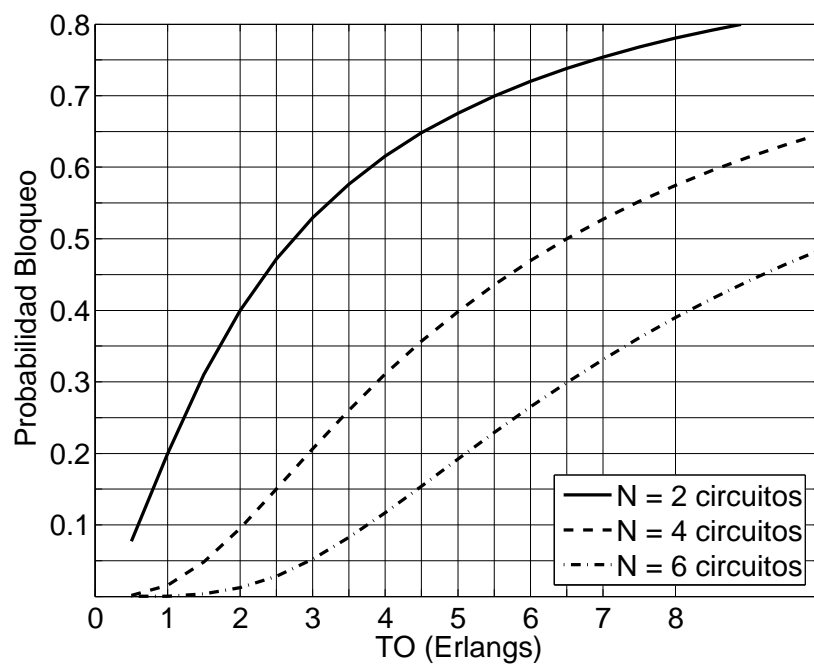
$$\text{Ayuda: } A_{\text{hexágono}} = \frac{3\sqrt{3}}{2}R^2$$

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 |



Eficiencia en un sistema de pérdida pura con ocupación aleatoria



Probabilidad de bloqueo en un sistema de pérdida pura

