



E.T.S.I.I.T - Ingeniería de Telecomunicación  
Redes Telefónicas - Curso 2013/2014  
Examen de la convocatoria de febrero

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

Problemas

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

**Problema 1** (3.5 puntos). Un grupo de investigación utiliza un súper-computador para realizar dos tipos de análisis, para lo que reserva un procesador y capacidad de memoria suficiente para guardar un trabajo en espera. La llegada de ambos tipos de peticiones sigue un proceso de Poisson, con tasas  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$ , respectivamente. La ejecución de ambos tipos de análisis tiene una duración exponencial negativa, de media  $t = 30$  segundos. Se sabe además que las simulaciones de tipo 2 no pueden esperar.

- (a) [0.75 puntos] Modelar el sistema con una cadena de *Markov* y calcular las probabilidades de pérdida para ambos tipos de análisis, si  $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$  análisis por minuto.
- (b) [0.75 puntos] Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo medio de espera. ¿Cuál sería el tiempo medio de espera para los análisis del primer grupo? A partir de los resultados anteriores establecer la probabilidad de que un análisis del sistema pertenezca a uno u otro grupo.

Los ingenieros consiguen mejorar el diseño de la aplicación que se encarga del primer grupo de análisis, por lo que su tiempo medio de ejecución se reduce, pasando a ser  $t_1 = t/\alpha$  (con  $\alpha > 1$ ).

- (c) [1 punto] Modelar de nuevo el sistema, utilizando una cadena de *Markov*.  
*Sugerencia:* En este caso es recomendable que en los estados de la cadena se diferencie el tipo de análisis que se está ejecutando en el simulador.
- (d) [1 punto] El tiempo puede reducirse aún más si se establece que una petición del grupo 1 sólo puede esperar si la que está en el procesador también lo es. Modelar de nuevo el sistema con una cadena de *Markov*, y calcular la probabilidad de pérdida para ambos tipos de análisis, si se supone que  $\alpha = 2$ .



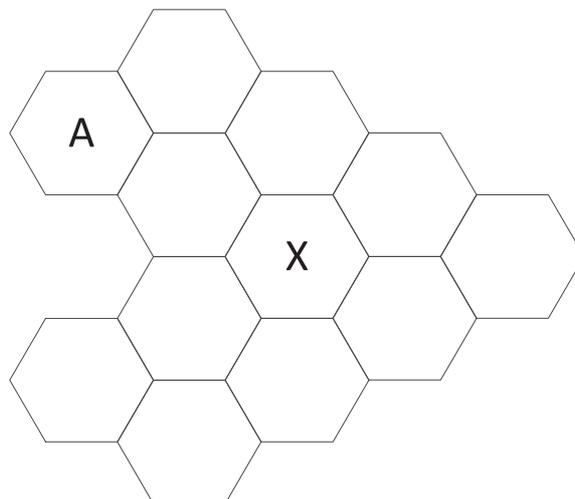
**Problema 2** (3.5 puntos). El operador de comunicaciones móviles **ClouT** quiere establecer una red celular en una zona rural, para lo que cuenta con antenas omnidireccionales con un alcance de  $R = 600\text{ m}$ . Los ingenieros radio determinan la posición de las estaciones base que deben desplegar para cubrir el terreno, dando lugar a la topología que se muestra en la figura. Por su parte, el departamento de planificación utiliza los siguientes datos para determinar la capacidad que **ClouT** adquiere para dar servicio en el área.

- Densidad de usuarios:  $\alpha = 14\text{ usuarios/km}^2$ .
  - Tráfico por usuario:  $\rho = 60\text{ mErlangs}$ .
- (a) [0.75 puntos] ¿Cuál es el factor de reuso máximo que puede utilizar el operador, si dispone de 20 canales [10 + 10 - ascendentes + descendentes] para dar el servicio y pretende ofrecer un *GoS* del 96% a sus clientes?
- (b) [0.75 puntos] Utilizando el factor de reuso calculado anteriormente, establecer la *CIR* del sistema en *dB*, suponiendo que el exponente de pérdidas de propagación es  $\gamma = 3.7$ .  
*Para el cálculo de la interferencia co-canal, considerar que las antenas interferentes están a la distancia de reuso y únicamente aquellas que pertenecen a la primera corona interferente. Utilizar para el cálculo la celda más penalizada por la interferencia co-canal y asumir que la celda 'A' pertenece a un cluster completo.*

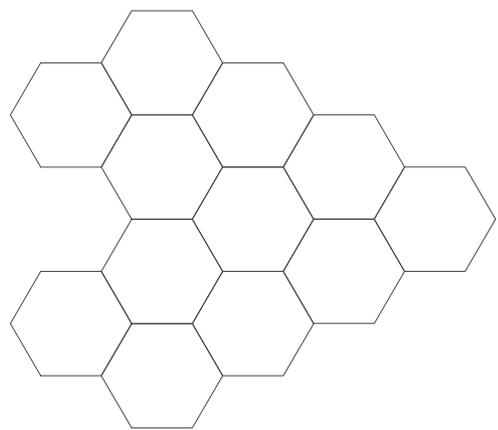
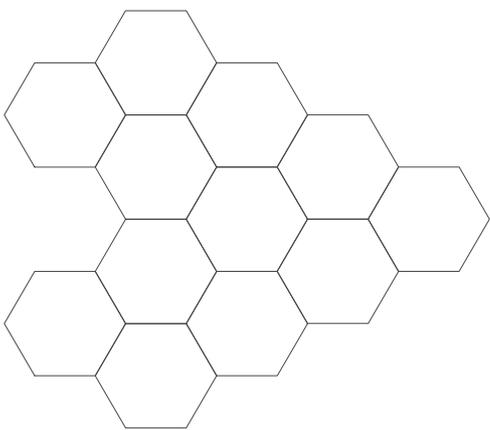
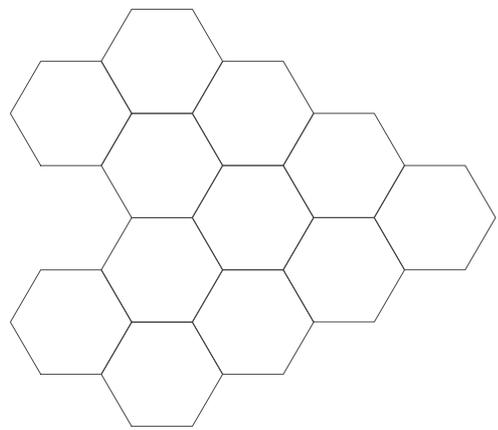
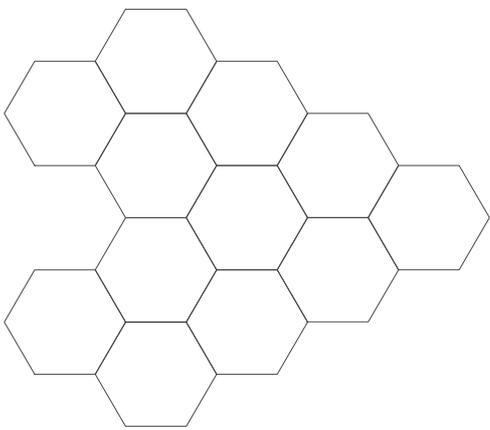
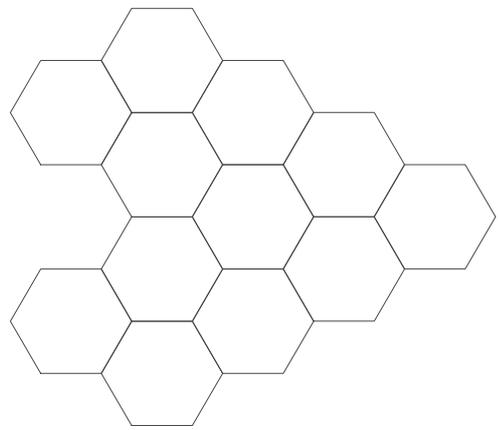
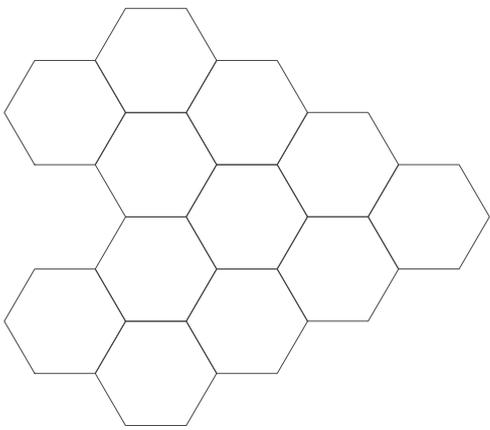
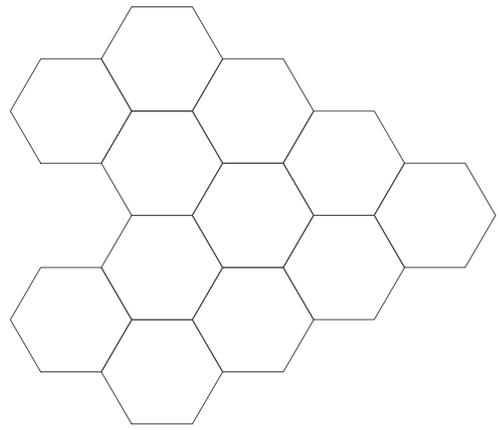
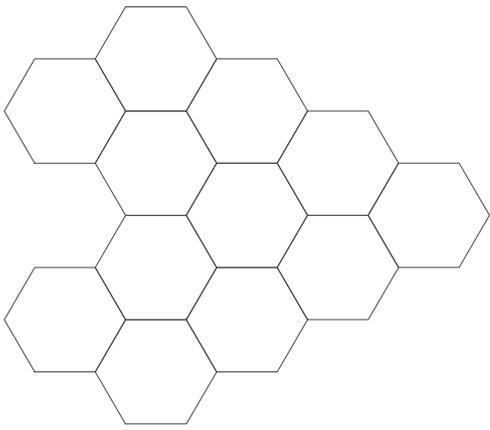
Tras la puesta en marcha del sistema, se detecta que la densidad de usuarios del núcleo de la población (celda *X* y las seis que la rodean) es mayor del inicialmente previsto (se incrementa hasta  $\alpha = 17.8\text{ usuarios/km}^2$ , por lo que **ClouT** decide desplegar una célula adicional (utilizando la misma estación base que la celda *X*), con una cobertura de 1.2 *Km*. El operador determina que el tráfico generado en el área cubierta por la nueva celda sea atendido, inicialmente, por ella y, solo si estuviera ocupada, se ofrecería a los recursos de la red original.

- (c) [1 punto] Calcular los canales que **ClouT** adquirirá para la nueva celda, si establece que la ocupación mínima de cada uno de ellos sea del 70%.  
*La ocupación de los canales se supone aleatoria.*
- (d) [1 punto] ¿Cuál es la probabilidad de bloqueo que tendría un usuario en la celda *X*? ¿Y en cualquiera de las otras 6 células del núcleo de la población? ¿Cuál es el *GoS* medio en el núcleo de la población?  
*Asumir independencia entre las ocupaciones de las dos infraestructuras de red 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 |