

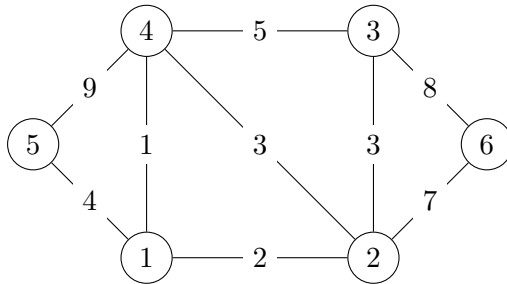


| | |
|----|--|
| P1 | |
| P2 | |
| P3 | |

Examen de la convocatoria de junio
Problemas

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

Problema 1 (1 punto). Considérese el grafo de la figura, \mathcal{G} .



- 1: for all (u,v) in L (in order)
- 2: if u & v belong to same tree
- 3: discard (u,v)
- 4: else
- 5: A = A U (u,v)

Algoritmo de *Kruskal*

- (a) **[0.5 puntos]** Utilizar el algoritmo de *Kruskal* para establecer el *Minimum Spanning Tree* (MST) de \mathcal{G} . Calcular el número de enlaces promedio que atravesarían los paquetes generados en el nodo 1 para llegar al resto de los nodos de \mathcal{G} utilizando dicho árbol.
- (b) **[0.5 puntos]** Se utiliza la solución del apartado anterior para enviar información a todos los nodos, a una tasa de 100 paquetes por segundo. Si la capacidad de todos los enlaces de la red es de 200 kbps y se asume que la longitud media de los paquetes es de 125 Bytes, ¿cuánto tiempo tardaría un paquete, en media, en llegar de 1 a 6?
Asumir que se dan las condiciones para modelar los enlaces como sistemas MM1.

$$\text{Tiempo transferencia (total) MM1: } T_t = \frac{T_s}{1 - \rho}$$

Problema 2 (3 puntos). Un nodo de comunicaciones cuenta con capacidad para mantener dos tramas en espera y una única interfaz, de capacidad $R_b = 1.6 \text{ Mbps}$. Se supone que las tramas llegan según un proceso de Poisson, a una tasa de 1 ms^{-1} , y que su longitud se puede modelar con una variable aleatoria exponencial negativa, de media 100 Bytes.

- (a) **[0.4 puntos]** Modelar el nodo con una cadena de Markov, y establecer la probabilidad de pérdida y de espera.
- (b) **[0.6 puntos]** Utilizar la relación de Little para establecer el tiempo de espera promedio. ¿Qué porcentaje de las tramas que se transmiten tienen que esperar?
- (c) **[0.3 puntos]** ¿Cuánto tiempo estaría activo el buffer de espera en un minuto de observación?

Para reducir el tiempo de espera, se plantean dos posibilidades:

Opción 1 Cuando llegue una trama se descartará con probabilidad $n \cdot \alpha$, siendo n el número de tramas en el nodo en ese momento.

Opción 2 Las tramas esperando pueden descartarse al expirar un temporizador, que se modela con una variable aleatoria exponencial negativa, de media $\gamma^{-1} \text{ ms}$.

- (d) **[0.4 puntos]** Modelar la Opción 1 con una cadena de Markov, y calcular el tiempo de espera promedio para $\alpha = 0.3$.
- (e) **[0.5 puntos]** ¿Cuál sería la probabilidad de pérdida total?
- (f) **[0.5 puntos]** Modelar la Opción 2 con una cadena de Markov, y calcular el tiempo de espera promedio, si $\gamma = 1 \text{ ms}^{-1}$.
- (g) **[0.3 puntos]** Calcular la probabilidad de rechazar una trama cuando llega al nodo en la Opción 2 y comentar el resultado, comparándolo con el del apartado (a). ¿Cómo se podría calcular la tasa de pérdida total?

Problema 3 (3 puntos). Se pretende desplegar una red de comunicaciones móviles para dar servicio en un área determinada, utilizando antenas omnidireccionales, con cobertura de 700 m, según se muestra en la Figura (a). El exponente de pérdidas de propagación es $\gamma = 2.8$. La compañía cuenta con 24 + 24 canales (ascendentes + descendentes), y utiliza los siguientes datos para estimar la demanda de tráfico:

- Densidad de usuarios: $\alpha = 15.7 \text{ u/km}^2$.
- Tráfico por usuario: $\rho = 75 \text{ mErlangs}$.

- (a) **[0.5 puntos]** Calcular la CIR del sistema, si se pretende que la probabilidad de bloqueo sea inferior al 5%, asumiendo que las antenas interferentes se encuentran a la distancia de reuso del punto de cálculo.
- (b) **[0.5 puntos]** El operador determina que el área cubierta por las BS 4, 7, 10, está despoblada, por lo que decide eliminarlas. ¿Cuál sería la CIR exacta del sistema, si se mantiene el resto del despliegue del apartado anterior? Comparar dicho valor con la que resultaría al considerar que las BS interferentes se encuentran a la distancia de reuso.
- (c) **[0.3 puntos]** A la hora de analizar el comportamiento del sistema el operador se percató que la densidad de usuarios en las celdas 8, 9, 11 es algo menor: $\alpha^\dagger = 8.3 \text{ u/km}^2$. ¿Cuál sería el GoS promedio del sistema si se deciden utilizar todos los recursos disponibles?

Considerando los datos de mercado actualizados, y teniendo en cuenta la existencia de diferentes interferencias adicionales en el área, el operador se plantea un diseño alternativo, en el que elimina la CIR co-canal, sin incrementar el número de canales.

- (d) **[0.4 puntos]** Teniendo en cuenta que decide situar el mismo número de recursos en cada celda, ¿cuál sería el GoS promedio del sistema?

Para mejorar el GoS de la red, el operador decide flexibilizar el requisito de la CIR, y plantea la instalación de una BS adicional, con un patrón de radiación de 120° y un alcance de 2.1 Km, para tratar de paliar la elevada probabilidad de bloqueo de las celdas con mayor densidad de usuarios (1,2,3,5,6). El operador no adquiere nuevos recursos, y decide utilizar 3+3 canales en dicha BS, cuya potencia de transmisión es el triple que la correspondiente a las BS omnidireccionales.

- (e) **[0.6 puntos]** Plantear un diseño de red apropiado, identificando la posición del mástil para la nueva BS, así como los recursos (canales) que utilizará. Calcular la CIR del sistema. ¿Habría alguna otra alternativa que se podría haber considerado en cuanto a la asignación de canales?
- (f) **[0.7 puntos]** Se decide que en las áreas cubiertas por la nueva BS las llamadas se ofrecerán inicialmente a ella y, cuando no tuviera recursos disponibles, desbordarían a la red original. Calcular el GoS promedio para las celdas con mayor densidad y el de toda la red.

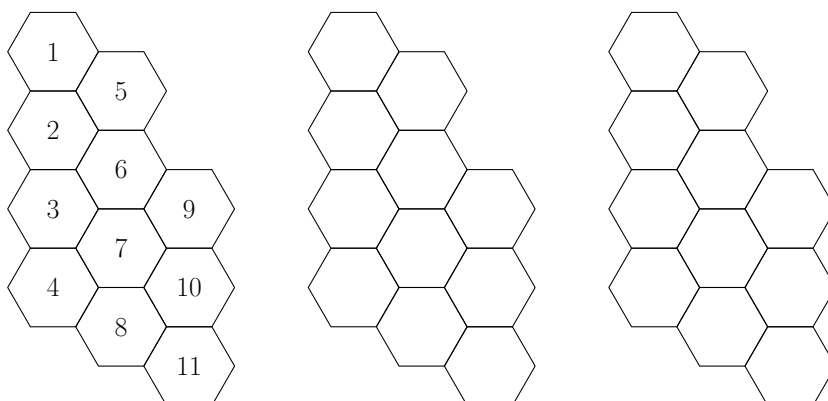


Figura (a)

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

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

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 |