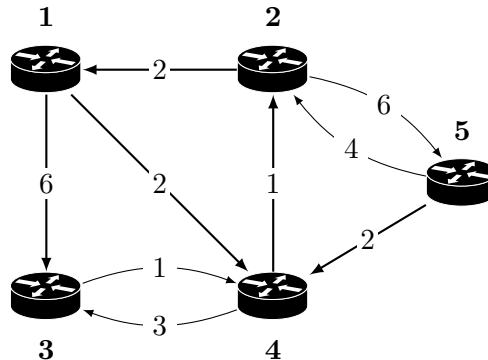


### Problemas

Para la resolución de los problemas puedes utilizar todo el material que tienes a tu disposición.

**Problema 1** (1.5 puntos). Considerar la red que se muestra en la figura.



- (a) **[0.4 puntos]** Utilizar el algoritmo de *Floyd-Warshall* para encontrar las rutas de coste mínimo desde 1 y 2 al resto de nodos de la red.
- (b) **[0.6 puntos]** El nodo 1 genera 20 paquetes por segundo, 8 dirigidos a 2, y el resto, repartidos de manera uniforme, a los otros tres nodos. ¿Cuál es el coste medio y la longitud media por ruta? Por su parte, el nodo 2 genera 100 paquetes por segundo, y se sabe que  $\gamma_{2,1} = \gamma_{2,5}$ , y que  $\gamma_{2,4} = 2 \cdot \gamma_{2,3}$ . Si el número medio de enlaces es  $\frac{5}{3}$ , ¿cuántos paquetes por segundo envía 2 a cada uno de los otros nodos?  
 *$\gamma_{i,j}$  son los paquetes por segundo que el nodo  $i$  envía al nodo  $j$*

Se asume ahora que la capacidad de cada enlace viene dada por  $p_{i,j} = 8 - c_{i,j}$ , siendo  $c_{i,j}$  el coste que se ha utilizado en los apartados anteriores.

- (c) **[0.5 puntos]** Establecer la red residual después de que el nodo 1 envíe 2 unidades de flujo al nodo 5, y el nodo 2 envíe 3 unidades de flujo al nodo 3, utilizando las rutas que se han establecido en el apartado (a).



E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de  
Tecnologías de Telecomunicación  
Redes de Comunicaciones - Curso 2019/2020  
Examen convocatoria mayo

Problemas

Para la resolución de los problemas puedes utilizar todo el material que tienes a tu disposición.

**Problema 2** (3 puntos). Un sistema de cálculo en la nube (SaaS) se configura con un procesador y capacidad para mantener en espera 2 peticiones. Éstas llegan al sistema (proceso de Poisson) a una tasa  $\lambda = 4$  análisis por minuto. Se asume que el tiempo de procesado se puede modelar con una variable exponencial negativa, de media  $\frac{1}{\mu} = 15$  segundos.

- (a) [0.7 puntos] Modelar el sistema con una cadena de Markov y calcular las probabilidades de pérdida y espera. Utilizar la relación de Little para calcular el tiempo medio de espera.
- (b) [0.4 puntos] ¿Qué porcentaje de los análisis que se procesan tienen que esperar? ¿Cuál sería el tiempo de espera de estos análisis?
- (c) [0.4 puntos] La compañía tiene un contrato de pago por uso:  $\frac{1}{3}$  de céntimo por minuto de uso del procesador, y  $\frac{1}{6}$  de céntimo por minuto de uso del sistema de espera (se contabilizan los minutos de espera de todas las aplicaciones que se procesan). ¿Cuánto sería el coste de 1 hora de operación del sistema?

Se modifica la operación del sistema, para reducir el tiempo medio de espera. Se mejoran las prestaciones del procesador, y se reduce la capacidad del subsistema de espera, de manera que únicamente se podría mantener un análisis en espera. La capacidad del procesador permite que el tiempo de procesado se reduzca hasta  $\frac{1}{\mu_s} = 7.5$  s, aunque si se tienen que procesar dos análisis de manera consecutiva, el segundo procesado sería tres veces más lento, debido a la gestión de las caché. Esto es, cuando llega un análisis estando el sistema vacío, se procesa con la capacidad máxima, mientras que si llega del buffer (tras completar otro análisis previo) el tiempo de procesado se triplicaría. Para evitar que haya muchos análisis que se procesen con la configuración lenta, se establece que, cuando se esté en esa situación, no se admitirían análisis en el buffer de espera.

- (d) [1 punto] Modelar el sistema con una cadena de Markov y establecer las probabilidades de pérdida y de espera. ¿Cuánto sería el tiempo medio de espera?  
*Sugerencia: identificar la configuración del procesador en los estados correspondientes.*
- (e) [0.5 puntos] ¿Cuál debería ser la capacidad del procesador (tiempo de procesado) en esta configuración para que la probabilidad de pérdida fuera la del sistema inicial? *Se sigue asumiendo que la capacidad del mismo cuando se procesa un análisis que venga del buffer es tres veces menor.*

### Problemas

Para la resolución de los problemas puedes utilizar todo el material que tienes a tu disposición.

**Problema 3** (2.5 puntos). Un operador de comunicaciones móviles quiere desplegar una red para dar servicio en un área determinada, caracterizada por un exponente de pérdidas de propagación  $\gamma = 3.62$ . Se plantea utilizar antenas omnidireccionales, con una cobertura  $R = 700$  metros, según el despliegue que se muestra en la Figura (a). Además, cuenta con 20 + 20 canales (ascendentes + descendentes), y el estudio previo de mercado establece los siguientes datos:

- Densidad de usuarios:  $\alpha = 24.5 \text{ km}^{-2}$
- Tráfico por usuario:  $\rho = 80 \text{ mErlangs}$

- (a) **[0.6 puntos]** Calcular la CIR del sistema, si el operador pretende ofrecer un GoS del 97% a sus clientes.

*Para el cálculo de la CIR asumir que las BS interferentes se encuentran a la distancia de reuso.*

Debido a la expansión del núcleo urbano se percibe un incremento de la población en varias celdas (4, 7, 8, 9, 10, 11), cuya densidad pasa a ser  $\alpha_{\uparrow} = 31.4 \text{ km}^{-2}$ .

- (b) **[0.3 puntos]** Calcular el GoS promedio en toda la red, si no se modificara el diseño de la misma.
- (c) **[0.5 puntos]** El operador se plantea añadir un canal adicional en cada una de las BS del núcleo urbano para hacer frente a ese incremento de la población. ¿Cuántos canales debería adquirir? ¿Cuál sería el GoS promedio? ¿Cambiaría la CIR del sistema?

En un segundo diseño (sin adquirir nuevos canales) el operador se plantea incorporar dos BS, con patrón de radiación  $60^\circ$ , y cobertura  $3R$ , situadas según se muestra en la Figura (b). En las zonas cubiertas por el nuevo despliegue de red, las llamadas serán ofrecidas inicialmente a la nueva BS. En caso de que no tuviera recursos, desbordaría al despliegue original.

- (d) **[0.5 puntos]** ¿Cuál sería la CIR correspondiente a esta infraestructura de red? ¿Se podría plantear alguna modificación para mitigar el impacto de la CIR?
- (e) **[0.6 puntos]** ¿Cuál sería el GoS promedio en el área urbana? ¿Y en toda la red?

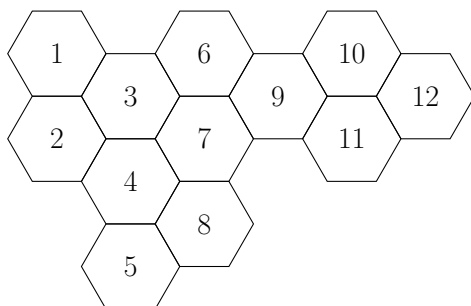


Figura (a)

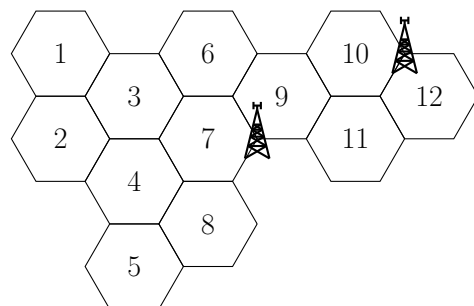


Figura (b)