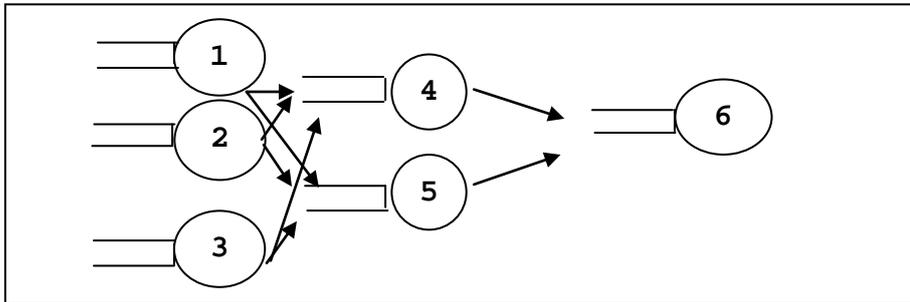


Herramientas y Técnicas de Simulación
NORMAS PARA EL TRABAJO DE SIMULACIÓN. CURSO 2015

Se deberá simular una red de colas de 3 etapas con la siguiente estructura:



y con las siguientes especificaciones:

1. El tiempo entre llegadas a las colas 1, 2 y 3 es exponencial con tasa de llegada $\lambda_1 = 0.9$, $\lambda_2 = 0.8$, $\lambda_3 = 0.7$ clientes/minuto respectivamente. A las demás colas no llegan clientes desde el exterior.
2. El tiempo de servicio de cada uno de los 6 servidores es:
 - a. Exponencial de media 1 minuto para los servidores 1, 2 y 3, 0.5 minutos ($\mu = 2$) para los servidores 4 y 5, y 0.2 minutos ($\mu = 5$) para el servidor 6.
 - b. Erlang de parámetro $\alpha = 3$ (suma de 3 exponenciales). El tiempo medio de servicio es de 1 minuto (con la notación habitual el parámetro $\beta = 3$) para los servidores 1, 2 y 3, 0.5 minutos ($\beta = 6$) para los servidores 4 y 5 y 0.2 minutos ($\beta = 15$) para el servidor 6.
3. La capacidad de las colas 1, 2, 3, 4 y 5 es infinita, la de la 6 finita. Si hay 8 clientes en la sexta cola se pierden los clientes que lleguen.
4. Los clientes que salen de los servidores 1, 2 y 3 van con probabilidad 1/2 a la cola 4, y con la misma probabilidad a la cola 5. Los clientes que salen de los servidores 4 y 5 van todos a la cola del servidor 6.
5. Cuando un servidor queda vacío selecciona al primer cliente que esté en cola. (Disciplina de cola FIFO).
6. Se deben simular 25 muestras independientes, y en cada muestra 10000 clientes servidos en el servidor 6 sin incluir el periodo transitorio. El periodo transitorio de cada muestra debe ser de 500 clientes servidos en el servidor 6.
7. Se debe calcular, para cada una de las opciones a) y b) del apartado 2:
 - a) Para el cuarto subsistema, la probabilidad de que tenga menos de dos clientes.
 - b) Para el sexto subsistema:
 - b.1) La probabilidad de que tenga 0, 1, ... , 9 clientes y de que se pierda un cliente.
 - b.2) El número medio de clientes en el subsistema, su intervalo de confianza al 90%, y el error relativo correspondiente.
 - b.3) El tiempo medio en el subsistema, su intervalo de confianza al 90% y el error relativo correspondiente. Compruébese que los resultados son coherentes con los obtenidos con las fórmulas de Little (no tienen que coincidir exactamente).
 - c) Para el sistema completo, el tiempo medio que un cliente pasa en el sistema desde que entra hasta que lo abandona.

8. Se debe **Verificar** el funcionamiento del programa comparando los resultados de la simulación con los resultados analíticos teniendo en cuenta que si **todas** las distribuciones de tiempo entre llegadas y tiempo de servicio son exponenciales, la red es de Jackson y:

- El cuarto subsistema es un sistema M/M/1 con tasa de llegadas $\lambda_4 = 1.2$ clientes/ minuto y tiempo medio de servicio 0.5 minutos ($\mu = 2$ c/m).
- El sexto subsistema es un sistema M/M/1/9 con tasa de llegada a la sexta cola es $\lambda_6 = 2.4$ clientes/minuto y tiempo medio de servicio 0.2 minutos ($\mu = 5$ c/m).
- Se puede obtener el valor analítico del apartado 7c y compararlo con el obtenido en la simulación (no tienen que coincidir exactamente).

Los programas se realizarán en lenguaje C. El trabajo constará, al menos, de las siguientes partes:

- Índice
 - Introducción, indicando brevemente los objetivos del mismo.
 - Documentación del programa.
 - Resultados analíticos obtenidos de la verificación del apartado 9 para el caso en que todas las distribuciones sean exponenciales. (Pueden obtenerse con el programa Qa.exe de WinQsb).
 - Resultados de la simulación con tiempo de servicio exponencial. Compararlos con los resultados analíticos. Es **imprescindible** (condición necesaria y suficiente para aprobar el trabajo) que los intervalos de confianza contengan al correspondiente valor analítico.
 - Resultados de la simulación con tiempo de servicio Erlang. Compararlos con los de tiempo de servicio exponencial, y explicar a qué se pueden deber las diferencias.
- Deberá entregarse por correo a jvillen@etsisi.eui.upm.es un fichero (Word o PDF) con la documentación anterior y un fichero (o dos) con los programas de simulación. Se recomienda utilizar el compilador DEV C++ que se puede obtener gratuitamente. Caso de utilizar otro compilador deberá entregarse, además, un ejecutable con tiempo de servicio exponencial y otro ejecutable con tiempo de servicio Erlang.

Recomendaciones:

Definir como constantes: nº de muestras, nº de clientes por muestra, nº de clientes del periodo transitorio, valor de t_{ω} , tasas de llegadas, tasas de servicio o parámetros de la Erlang y la capacidad del sistema. Utilizar punteros para manejar la lista de clientes que están en cola.

Plazos:

Los trabajos se podrán entregar hasta el 4 de noviembre, o bien hasta el día del examen (enero o julio). Este trabajo puede hacerse individualmente o en grupos de dos personas. El trabajo alternativo (2 colas en tandem) también puede hacerse individualmente o en pareja, aunque caso de hacerse en pareja tendrá una puntuación inferior.