

Proyecto de Simulación

“OVERLOADED HARBOR”

Orden del Problema

2. Puerto Sobrecargado (Overloaded Harbor)

En un puerto de supertanqueros que cuenta con 3 muelles y un remolcador para la descarga de estos barcos de manera simultánea se desea conocer el tiempo promedio de espera de los barcos para ser cargados en el puerto.

El puerto cuenta con un bote remolcador disponible para asistir a los tan-queros. Los tanqueros de cualquier tamaño necesitan de un remolcador para aproximarse al muelle desde el puerto y para dejar el muelle de vuelta al puerto.

El tiempo de intervalo de arribo de cada barco distribuye mediante una función exponencial con $\lambda = 8$ horas. Existen tres tamaños distintos de tanqueros: pequeño, mediano y grande, la probabilidad correspondiente al tamaño de cada tanquero se describe en la tabla siguiente. El tiempo de carga de cada tanquero depende de su tamaño y los parámetros de distribución normal que lo representa también se describen en la tabla siguiente.

Tamaño	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Carga
Pequeño	0.25	$\mu = 9, \sigma^2 = 1$
Mediano	0.25	$\mu = 12, \sigma^2 = 2$
Grande	0.5	$\mu = 18, \sigma^2 = 3$

De manera general, cuando un tanquero llega al puerto, espera en una cola (virtual) hasta que exista un muelle vacío y que un remolcador esté disponible para atenderle. Cuando el remolcador está disponible lo asiste para que pueda comenzar su carga, este proceso demora un tiempo que distribuye exponencial con $\lambda = 2$ horas. El proceso de carga comienza inmediatamente después de que el barco llega al muelle. Una vez terminado este proceso es necesaria la asistencia del remolcador (esperando hasta que esté disponible) para llevarlo de vuelta al puerto, el tiempo de esta operación distribuye de manera exponencial con $\lambda = 1$ hora. El traslado entre el puerto y un muelle por el remolcador sin tanquero distribuye exponencial con $\lambda = 15$ minutos.

Cuando el remolcador termina la operación de aproximar un tanquero al muelle, entonces lleva al puerto al primer barco que esperaba por salir, en caso de que no exista barco por salir y algún muelle esté vacío, entonces el remolcador se dirige hacia el puerto para llevar al primer barco en espera hacia el muelle vacío; en caso de que no espere ningún barco, entonces el remolcador esperará por algún barco en un muelle para llevarlo al puerto. Cuando el remolcador termina la operación de llevar algún barco al puerto, este inmediatamente lleva al primer barco esperando hacia el muelle vacío. En caso de que no haya barcos en los muelles, ni barcos en espera para ir al muelle, entonces el remolcador se queda en el puerto esperando por algún barco para llevar a un muelle.

Simule completamente el funcionamiento del puerto. Determine el tiempo promedio de espera en los muelles.

Principales ideas

Las principales ideas seguidas para la solución de este problema fueron:

- Identificar, a partir de los datos brindados por el problema, cual modelo de simulación de eventos discretos emplear.
- A partir de la orden del problema, identificar cuáles son las variables que se deben almacenar durante la simulación.
- Al obtener el modelo a utilizar, definir que variables temporales se deben emplear para mantener el correcto funcionamiento de la simulación, así como definir las relaciones que hay entre estas.
- Definir las variables u objetos que representen diferentes estados del sistema.
- Identificar e implementar los distintos métodos para la generación de variables aleatorias a utilizar.

Modelo de Simulación de Eventos Discretos usado para resolver el problema

Modelo:

Con el fin de resolver el problema descrito en la orientación se utilizó el modelo de servidores en paralelo estudiado en clases. Los muelles son vistos como los servidores en paralelo en este caso; mientras el remolcador es considera un servidor “especial” ya que además de poseer los estados de ocupado o no, posee los estados de ubicación, ya sea muelle o puerto, y acción, que describe si este se encuentra en espera o realizando una tarea. Por lo tanto, siendo consecuente con el modelo estudiado en clases, se utilizó una variable de tiempo por cada uno de los servidores, que representarían los momentos en que estos cambian de estados, y otra para representar el momento del próximo arribo. El próximo evento o cambio de estado a ocurrir se decide eligiendo el menor de estos tiempos y realizando la acción que corresponda en cada caso, con lo cual se actualizan los tiempos y se puede elegir al próximo a ocurrir después.

Mientras todo esto se realiza se van actualizando las variables que representan los parámetros a medir, para al final de la simulación obtener los valores que deseamos.

Implementación:

Para la implementación del modelo descrito anteriormente se utilizan una cola de arribos(arribos), una cola de salidas(salidas), una lista que representa el estado de ocupación de los muelles(muelles), un objeto que representa los estados del remolcador(Remolcador1), unos objetos que representan los barcos con el fin de almacenar información estadística (class Barco) y las variables temporales (Tiempoarribo, TiempoMuelle1, TiempoMuelle2, TiempoMuelle3 y TiempoRemolcador).

Estas son modificadas dependiendo de cuál de las variables temporales es menor, como ya se dijo anteriormente, y atendiendo a la orden del problema en cada uno de estos casos con lo cual se logra mantener un estado congruente de la simulación durante su ejecución.

Consideraciones obtenidas a partir de la ejecución de las simulaciones del sistema

La simulación es mantenida hasta que se alcancen una cantidad N de salidas del puerto, cuyo valor por defecto es 30, y es realizada una cantidad M de veces, por defecto 100. En la simulación se obtienen 3 resultados, el tiempo de espera desde que el barco arriba al puerto hasta que sale del puerto (tiempo de espera para ser cargado en el puerto), el tiempo de espera del barco desde que termina de cargar en el muelle hasta que el remolcador lo recoge para llevarlo al puerto (tiempo de espera en el muelle) y la cantidad de barcos que arribaron. Luego estos resultados son promediados con los resultados de todas las M simulaciones que se realizan obteniéndose el resultado final.

Para una simulación con $N = 30$, $M=100$ se obtiene:

- Promedio de espera total: 92.25289401763783
- Promedio de espera en el muelle: 0.2811463080696592
- Promedio de arribos: 1365.79

Al observar el excesivo número de arribos se puede notar que el puerto tal como dice el nombre del problema se “sobrecarga” por lo cual sería de interés tratar de “limitar” la entrada de barcos para obtener una mejor calidad de servicio a los barcos, lo que en este caso se interpreta como el promedio de espera total.

Luego de varios intentos se obtuvo que al sustituir el $\lambda = 8$ horas de la distribución exponencial que representa los tiempos de arribo por $\lambda = 1/8$ horas se alcanza un valor casi óptimo en cuanto al promedio de espera total con el cual para una simulación con $N = 30$, $M=100$ se obtiene:

- Promedio de espera total: 25.425818329394506
- Promedio de espera en el muelle: 3.4132154171182343
- Promedio de arribos: 32.76

Tal como se observa con este límite a la entrada de barcos se mejora apreciablemente el valor del tiempo promedio de espera total ya que los barcos se demoran mucho menos esperando en la cola de arribos por ser atendidos por lo cual esta constituiría una alternativa para los directivos del puerto en aras de mejorar el servicio del mismo.

Enlace a GitHub

<https://github.com/Al3ERT/Overloaded-Harbor>