

Proyecto Eventos Discretos

Overloaded Harbor

ALEJANDRO CAMPOS. C-411

Facultad de Matemática y Computación
Universidad de la Habana
2021

I. INTRODUCCIÓN

La simulación por eventos discretos es una técnica de modelado dinámico de sistemas. Esta se caracteriza por un control en la variable del tiempo que permite avanzar a este a intervalos variables, en función de la planificación de ocurrencia de tales eventos a un tiempo futuro. Un requisito para aplicar esta técnica es que las variables que definen el sistema no cambien su comportamiento durante el intervalo simulado.

El problema de eventos discretos seleccionado para su resolución es Overloaded Harbor, cuya orden se detalla a continuación:

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 tanqueros. 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.

El objetivo de este informe es explicar el método de resolución utilizado para resolver el problema anterior, cuya implementación se encuentra este [enlace](#). Además abordaremos el modelo de eventos discretos utilizado y como se adaptó a este problema en particular. Por último, haremos un análisis de los resultados obtenidos a partir de la ejecución de las simulaciones del problema.

II. IDEAS PRINCIPALES PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Para tratar este problema se siguieron las indicaciones de conferencia y del libro "Temas de simulación", capítulo 3. Estos indican, en forma de resumen, que los elementos básicos de una simulación basada en eventos discretos son las variables y los eventos. Luego cuando ocurra un evento los valores de las variables se actualizan y se genera el tiempo de ocurrencia del próximo evento. Posteriormente se selecciona para ejecutar el evento cuyo tiempo sea el menor.

En el caso de este problema, cuando un tanquero arriba al puerto se genera el tiempo del próximo arribo y se inserta en la lista de espera para ser movido a un muelle. Esta lista está ordenada por el tiempo en que el tanquero ejecutará su próximo evento, el siguiente evento a ejecutar será aquel cuyo tiempo sea menor y se pueda ejecutar según las condiciones del problema, ya que cada tanquero para moverse debe esperar por que el remolcador esté disponible, y que haya algún muelle vacío, en caso de que el tanquero esté en el puerto. La forma de escoger el siguiente evento a procesar evita que un barco espere más del tiempo que debía y evita, además, que un barco se quede esperando eternamente. Una vez que se pueda trasladar el barco hacia un muelle, se genera el tiempo del próximo evento, que sería la llegada del tanquero al muelle y comenzar la carga. De esta forma cada evento determina el tiempo del siguiente hasta que el tanquero abandona la simulación, guardando el tiempo de estancia desde su llegada hasta su partida antes de partir. Se tienen entonces los siguientes eventos a simular:

1. Llegada de un tanquero al puerto.

2. Traslado de un tanquero a un muelle si hay alguno disponible y el remolcador no está ocupado.
3. Llegada de un tanquero al muelle e inicio de la carga.
4. Momento en que un tanquero termino de cargar y está listo para regresar al puerto cuando el remolcador esté disponible.
5. Traslado de un tanquero del muelle al puerto.
6. Llegada del tanquero al puerto y partida de este.

Podemos mencionar, además, como evento adicional pero no correspondiente a los tanqueros, el movimiento del remolcador vacío hacia o desde los muelles en caso de que no hayan barcos esperando en el lugar donde se encuentra.

Por otro lado, debemos tener en cuenta a lo largo de la simulación: el tiempo general de esta, el tiempo de arribo y de partida de cada tanquero y el tiempo del próximo evento de este, constituyendo estas nuestras variables de tiempo. Las variables de estado, que describen el estado del puerto en el tiempo t , serían la localización del remolcador (en el puerto, en el muelle o en movimiento) y la cantidad de muelles libres. Por último la cantidad de arribos y la lista de los tiempos que los tanqueros han estado en el puerto constituyen nuestras variables contadoras.

Las variables anteriores constituyen la base de la simulación implementada, su uso concreto en el código se verá con mejor detalle en la sección IV del presente informe.

III. MODELO DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Para simular el problema se usó como base el modelo de eventos discretos de n servidores en paralelo, o sea, cuando llega un cliente, si hay un servidor vacío se atiende a este, si todos están llenos, se pone en la cola a esperar que uno se vacíe. En este problema los clientes serían los tanqueros y los servidores los muelles.

En este caso los clientes deben ser desplazados, por orden de llegada, a los servidores. Esta operación debe realizarse de uno en uno, puesto que solo se cuenta con un remolcador. Los clientes son atendidos por los servidores y posteriormente deben ser trasladados, también de uno en uno, hacia la salida. Solo puede existir a lo sumo un cliente desplazándose en el mismo intervalo de tiempo. El orden en que son desplazados a la salida depende del tiempo que demoren en llegar al servidor y que demore el servidor en atenderlos (cargando el tanquero).

La estancia de cada cliente en el sistema se calcula como la diferencia entre el tiempo de salida y el de llegada. Una vez concluida la simulación, la media del tiempo de todos los barcos sería la suma de sus tiempos dividido entre la cantidad de clientes que atendió el sistema.