



Informe de Simulación

OVERLOAD 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 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 esperara 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 y algunas observaciones

Modelo

Eventos tomados en cuenta:

- ✓ El remolcador se dirige solo al puerto
- ✓ El remolcador lleva a un carguero al puerto (donde damos la salida del sistema)
- ✓ El remolcador lleva a un carguero al muelle
- ✓ El carguero comienza a cargar dependiendo de su tamaño

Variables

1. t : tiempo de la simulación (Tiempo)
2. N_{in} : llegadas al sistema (Contadoras)
3. N_{out} : salidas del sistema (Contadoras)
4. T : tiempo total de la simulación (Entrada-Salida)
5. $A(n)$: tiempo de llegada de un carguero n (Entrada-Salida)
6. $M(n)$: tiempo de llegada de un carguero al muelle (Entrada-Salida)
7. $L(n)$: tiempo de carga del carguero (Entrada-Salida)
8. $D(n)$: tiempo de salida del carguero (Entrada-Salida)

Variables de estado

SS = (n, m1, m2, m3, r, b1, l1, l2, l3, c1, c2, ... cp)

1. n cargueros en el sistema
2. m(i) carguero cargando en el muelle i
3. r representa al remolcador
4. b1 representa al carguero que está siendo remolcado
5. l(i) cargueros en la cola del puerto
6. c(i) los cargueros en la cola para entrar a un muelle

Casos de los eventos

- ✓ SS = (o, o, o, o, 1, o, o, o, o, o) caso inicial
- ✓ SS = (n, o, m2, m3, r, b1, l1, l2, l3, c1, c2, ... cp.), representa que el muelle i esta vacío (i=1)
- ✓ Si el remolcador estuviera ocupado r tendría o, tendría 1 y 2 si estuviera esperando en el puerto y muelle respectivamente

- ❖ t_a : arribo de un carguero
- ❖ t_p : tiempo del viaje del remolcador al puerto
- ❖ t_m : tiempo del viaje del remolcador al muelle
- ❖ t_i : tiempo de carga

Caso Inicial

$t = N_{in} = N_{out} = o$

$t_p = t_m := t_i = \infty$

SS = (o, o, o, o, 1, o, o, o, o, o)

Generar To y hacer $t_a = T_o$

Caso de llegada de un carguero

$t_a = \min (t_a, t_p, t_m, t_i) \wedge t_a < T$

$t = t_a$ (actualizar el tiempo de la simulación)

$N_{in} = N_{out} + 1$ (nuevo llegada al sistema)

Si SS = (n, m1, m2, m3, 1, 0, l1, l2, l3, c1, c2, ... ck):

(si el remolcador está esperando en el puerto)

- Hacer $SS = (n, m_1, m_2, m_3, o, Na, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$
(enviar al carguero hacia un muelle)
- Generar Y_1 y hacer $t_m = t + Y_1$

Si $SS = (n - 1, m_1, m_2, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_{k-1})$:

(si el remolcador está ocupado)

- Hacer $SS = (n, m_1, m_2, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_{k-1}, c_k)$:
(ponerlo en la cola)

Si $SS = (n - 1, m_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_{k-1})$:

(si el remolcador está esperando en los muelles, significa que todos los muelles están ocupados)

- Hacer $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_{k-1}, c_k)$:
(ponerlo en la cola)

Generar T_n y hacer $t_a = t + T_n$ (Generar el próximo arribo)

$A(Nin) = t$ (el tiempo de arribo del tanquero Nout es t)

Caso remolcador lleva tanquero al muelle:

$$t_a = \min (t_a, t_p, t_m, t_i) \wedge t_m < T$$

$$M(b_1) = t = t_a$$

Si $SS = (n, o, m_2, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge (m_2, m_3 \neq 0)$:

Si $SS = (n, m_1, o, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge (m_1, m_3 \neq 0)$:

Si $SS = (n, m_1, m_2, o, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge (m_1, m_2 \neq 0)$:

(Hay solo un muelle vacío)

- Si $l_1 \neq 0$, $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 0, l_1, l_2, l_3, 0, c_1, c_2, \dots c_k)$
(el primero de los que está en cola después de ser cargado regresa en el remolcador al puerto)

Generar Y_1 y hacer $t_P = t + Y_1$

(genero el tiempo en que llega el remolcador con un tanquero al puerto)

- Si $l_1 = 0$, $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$
(dejo el tanquero en el muelle y espero a que termine de cargar alguno)

Si $SS = (n, 0, 0, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$:

Si $SS = (n, m_1, 0, 0, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$:

Si $SS = (n, 0, m_2, 0, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$:

(Hay al menos 2 muelles vacíos)

- Si $l_1 \neq 0$, $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 0, l_1, l_2, l_3, 0, c_1, c_2, \dots c_k)$
(el primero de los que está en cola después de ser cargado regresa en el remolcador al puerto)

Generar Y_1 y hacer $t_P = t + Y_1$

(genero el tiempo en que llega el remolcador con un tanquero al puerto)

- Si $l_1 = 0$, $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$
(dejo el tanquero en el muelle y regreso al puerto)

Generar Y_2 y hacer $t_P = t + Y_2$

(genero el tiempo en que llega el remolcador al puerto solo)

Generar L_1 y hacer $t_i = t + L_1$

(generar el tiempo de carga del barco)

$L(b_1) = t_p$

(guardo el tiempo en que termina de cargar el barco)

Caso remolcador llega al puerto:

$t_p = \min (t_a, t_p, t_m, t_i) \wedge t_p < T, \quad t = t_p$

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge c_1 \neq 0 :$

(llega al puerto con un tanquero y hay otro en cola esperando)

- $D(b_1) = t$

(guardo el tiempo en que el tanquero salió del sistema)

- Generar Y_1 y hacer $t_m = t + Y_1$

(genero el tiempo que demora en llevar al tanquero al muelle)

- $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, c_1, l_1, l_2, l_3, c_2, \dots c_k)$

(llevo al muelle al primero que este en la cola esperando)

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$

(llega al puerto con un tanquero y no hay otro en cola)

- $D(b_1) = t$ (guardo el tiempo en que el tanquero salió del sistema)

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge c_1 \neq 0 :$

(llega al puerto solo y hay algún barco en cola esperando)

- Generar Y_1 y hacer $t_m = t + Y_1$

(genero el tiempo que demora en llevar al tanquero al muelle)

- $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, c_1, l_1, l_2, l_3, c_2, \dots c_k)$

(llevo al muelle al primero que este en la cola esperando)

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$:

(si el remolcador llego vacío y no hay nadie esperando en la cola)

- $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 1, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$

(el remolcador se queda esperando a que llegue algún tanquero)

Caso carguero termina de cargar:

$$t_i = \min (t_a, t_p, t_m, t_i) \wedge t_i < T, t = t_i$$

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$:

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 1, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$:

(el remolcador está moviendo un tanquero o está en el puerto)

$$\text{Si } L(m_1) = t_i$$

(si termino el remolcador en el muelle 1, esto mismo se aplica para todos los tanqueros que están en muelles)

$$\text{Si } l_1 = 0:$$

$$^* SS = (n, m_1, m_2, m_3, r, b_1, m_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$$

$$\text{Si } l_1 \neq 0 \wedge l_2 = 0:$$

$$SS = (n, m_1, m_2, m_3, r, b_1, l_1, m_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$$

$$\text{Si } l_1 \neq 0 \wedge l_2 \neq 0:$$

$$SS = (n, m_1, m_2, m_3, r, b_1, l_1, l_2, m_3, c_1, c_2, \dots c_k)$$

(el remolcador que termino de cargar se pone en cola para volver al puerto)

Tiempo	5 años	60 años	150 años
--------	--------	---------	----------

Si $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$

(el remolcador está en el puerto esperando)

Si $L(m_1) = t_i :$

$SS = (n, 0, m_2, m_3, 0, m_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$

Si $L(m_2) = t_i :$

$SS = (n, m_1, 0, m_3, 0, m_2, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$

Si $L(m_3) = t_i :$

$SS = (n, m_1, m_2, 0, 0, m_3, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$

(si termino el remolcador en el muelle i, el remolcador comienza a llevarlo al puerto)

Conclusiones

Estos son los datos simulados, tomando en cuenta que el tiempo de espera de un carguero es desde que el carguero termina de cargar hasta que el remolcador lo saca del muelle años

Tiempo	43800 horas	525600 horas	1314000 horas
Desde que llega al puerto hasta que el remolcador lo regresa al puerto	69.93701514697221	70.21183957513998	81.44698075127432
Desde que termina de cargar hasta que el remolcador lo saca del muelle	51.35390896541129	51.614703075225364	62.79157484435037

