

Simulación basada en Eventos Discretos

Eric Martín García

Grupo C411

E.MARTIN@ESTUDIANTES.MATCOM.UH.CU

Tutor(es):

1. Problema Asignado

Happy Computing es un taller de reparaciones electrónicas se realizan las siguientes actividades (el precio de cada servicio se muestra entre paréntesis):

1. Reparación por garantía (Gratis).
2. Reparación fuera de garantía (\$350).
3. Cambio de equipo (\$500).
4. Venta de equipos reparados (\$750).

Se conoce además que el taller cuenta con 3 tipos de empleados: Vendedor, Técnico y Técnico Especializado.

Para su funcionamiento, cuando un cliente llega al taller, es atendido por un vendedor y en caso de que el servicio que requiera sea una Reparación (sea de tipo 1 o 2) el cliente debe ser atendido por un técnico (especializado o no).

Además en caso de que el cliente quiera un cambio de equipo este debe ser atendido por un técnico especializado. Si todos los empleados que pueden atender al cliente están ocupados, entonces se establece una cola para sus servicios. Un técnico especializado sólo realizará Reparaciones si no hay ningún cliente que desee un cambio de equipo en la cola. Se conoce que los clientes arriban al local con un intervalo de tiempo que distribuye poisson con $\lambda = 20$ minutos y que el tipo de servicios que requieren pueden ser descrito mediante la tabla de probabilidades:

Tipo de Servicio	Probabilidad
1	0.45
2	0.25
3	0.10
4	0.20

Además se conoce que un técnico tarda un tiempo que distribuye exponencial con $\lambda = 20$ minutos, en realizar una Reparación Cualquiera. Un técnico especializado tarda un tiempo que distribuye exponencial con $\lambda = 15$ minutos para realizar un cambio de equipos y la vendedora puede atender cualquier servicio en un tiempo que distribuye normal $N(5 \text{ min}, 2\text{min})$.

El dueño del lugar desea realizar una simulación de la ganancia que tendría en una jornada laboral si tuviera 2 vendedores, 3 técnicos y 1 técnico especializado.

2. Principales Ideas

Para resolver este problema, se separó el flujo de llegada de los clientes y el trabajo de cada uno de los dependientes, creando distintas colas por las que el cliente iba pasando. En un principio el cliente llega al taller y automáticamente pasa a la cola de los vendedores, ya que el primer trabajador que atiende a los clientes siempre es un vendedor. Este vendedor hace función de organizador y envía al cliente a la cola correspondiente dependiendo el servicio que este desee. De esta forma, cada tipo de trabajador (vendedor, técnico y técnico especializado) sabe exactamente cuáles son los clientes que debe atender.

Como el tiempo de simulación es pequeño se realizó esta de minuto en minuto para darle un aspecto mas realista y poder describir detalladamente los eventos en el tiempo exacto en el que estos ocurren, brindando la posibilidad de simular el proceso en tiempo real (o a una escala menor, por ejemplo: $1\text{min} = 1\text{seg}$) // Se añade la posibilidad de controlar la cantidad de vendedores, técnicos y técnicos especializados para realizar la simulación.

2.1 Variables de la Simulación

Los clientes se identifican por una tupla compuesta por la siguiente información:

Tiempo de Llegada, Tipo de servicio, No. de Cliente, En Espera

Variable de Tiempo (*time*): Describe el tiempo transcurrido hasta el momento en la simulación

Variable Contadora (*report*): Total de clientes atendidos, cantidad de reparaciones con garantía, cantidad de reparaciones sin garantía, cantidad de cambio de equipos, cantidad de equipos vendidos.

Variables de Estado:

clients_queue: Contiene la cola de los clientes que han llegado y no han sido atendidos.

sellers_queue: Contiene el estado de los clientes que estan siendo atendidos por los vendedores.

engineers_queue: Contiene el estado de los clientes que estan siendo atendidos por los técnicos.

engineers_exp_queue: Contiene el estado de los clientes que estan siendo atendidos por los técnicos especializados.

Variables de Salida:

gain: Ganancia obtenida por el dueño del negocio al final de la jornada laboral.

2.2 Variables Aleatorias presentes en la Simulación

El comportamiento del tiempo de llegada y de atención a los clientes viene dado por un conjunto de diversas variables aleatorias.

1. Tiempo de arribo del cliente al taller: $T_0 \sim Poi(20)$
2. Tiempo de atención de un vendedor: $T_v \sim N(5, 2)$
3. Tiempo de atención de un técnico cualquiera en una reparación (1, 2): $T_r \sim Exp(20)$
4. Tiempo de atención de un técnico especializado en cambiar equipos: $T_c \sim Exp(15)$

Para generar una variable aleatoria exponencial para poder describir el comportamiento de los diversos sucesos se emplea el método de la inversa:

- 1: Generar un número aleatorio U
- 2: Hacer $X = -\frac{1}{\lambda} \log(U)$
- 3: Retornar X

En el caso de la variable normal primero se genera $Y \sim N(0, 1)$ y luego se aplica: $X = \mu + Y\sigma$. Finalmente para determinar si un avión sufrirá una ruptura o no se emplea:

$$p(X = x_j) = p\left(\sum_{i=0}^{j-1} p_i \leq U < \sum_{i=0}^j p_i\right) = p_j$$

Donde U distribuye uniforme de 0 a 1.

3. Modelo de Simulación de Eventos Discretos Desarrollado para resolver el problema

En este problema se pueden ver representados varios modelos de simulación basada en eventos discretos. Están presentes clientes que son atendidos:

- i) Vendedor en caso de querer comprar equipos (Un servidor)
- ii) Vendedor-Técnico en caso de querer realizar reparaciones (Dos Servidores en Serie)

- iii) Técnico y Técnico Especializado si no hay clientes que requieran cambio de equipos en cola (Dos Servidores en Paralelo)

4. Consideraciones

1. La unidad de tiempo utilizada es: minutos.
2. La jornada laboral es de 8 horas. (480 minutos)
3. Los tiempos de reporte fueron llevados a un horario entre 8:00 - 16:00 para hacer más realista la simulación.
4. Todos los clientes que llegaron antes de las 16:00 serán atendidos, aunque esto suponga un alargue de unos minutos a la jornada laboral.

Los resultados obtenidos luego de una simulación de ejemplo con 2 vendedores, 3 técnicos y 1 técnico especializado son los siguientes:

Tipo de Servicio	Cantidad	Ganancia
Reparaciones con Garantía	15	0
Reparaciones sin Garantía	6	2100
Cambio de Equipos	2	1000
Venta de Equipos	5	3750
TOTAL	28	6850

5. Repositorio

<https://github.com/ericmg97/sim-happy-computing>

References

- [1] Donald E. Knuth. *The Art of Computer Programming*. Volume 1: Fundamental Algorithms (3rd edition), 1997. Addison-Wesley Professional.
- [2] Kurt Gödel. *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I*. Monatshefte für Mathematik und Physik 38.