



UNIVERSIDAD DE GRANADA

SIMULACIÓN DE SISTEMAS
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

PRÁCTICA 3

MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICOS Y DISCRETOS

Autor

Vladislav Nikolov Vasilev

Rama

Computación y Sistemas Inteligentes



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE
TELECOMUNICACIÓN

CURSO 2019-2020

Índice

1. MI SEGUNDO MODELO DE SIMULACIÓN DISCRETO	2
1.1. Método de incremento fijo del tiempo	2
1.2. Método de incremento variable del tiempo	4
1.3. Modelo dinámico discreto de m servidores con una única cola . . .	7

1. MI SEGUNDO MODELO DE SIMULACIÓN DISCRETO

En esta sección vamos a estudiar primero el comportamiento de un modelo de simulación de un servidor con una única cola, y después de m servidores con una única cola. Vamos a ver cómo distintos métodos de incremento del itempo pueden afectar al funcionamiento del sistema, y discutiremos cuál de ellos es mejor.

1.1. Método de incremento fijo del tiempo

El primer método de incremento del tiempo que vamos a estudiar es el incremento fijo. Como su propio nombre indica, el tiempo se va incrementando en una cantidad fija, tal como lo hace un reloj normal. Esta cantidad viene decidida por la persona que va a utilizar el sistema (pueden ser minutos, segundos, milésimas, horas, etc.).

Debido a la naturaleza de dicho incremento, la variable de tiempo debe ser tratada como una variable entera. Por tanto, aunque en el pseudocódigo proporcionado se generen las llegadas y el servicio utilizando valores reales, dichos valores obtenidos deben ser transformados a enteros, redondeándolos al entero más próximo. Además, si el valor que se obtiene al hacer las transformaciones correspondientes es 0, se debe devolver 1, ya que si no, se generaría un suceso en el tiempo actual y, al incrementar el tiempo en una unidad, ese suceso se quedaría en un tiempo anterior al nuevo actual, y por tanto, nunca se podría llevar a cabo.

Una vez dicho esto, vamos a experimentar con el sistema. Para ello, vamos a utilizar las siguientes unidades de tiempo: horas, medias horas, cuartos de hora, minutos, segundos, décimas de segundo y milésimas de segundo. En cada caso simularemos que se tienen que atender 10000 clientes, y repetiremos cada ejecución 100 veces. De ahí, podremos ver los valores obtenidos en cada simulación y los valores medios para el número medio de clientes en la cola y el porcentaje de tiempo de ocio del servidor. Además, veremos cuánto tarda cada simulación y el tiempo medio que han tardado todas las simulaciones, aunque en la tabla se reflejará solo este último valor. Vamos a pintar también en algunos de los casos gráficas para ver cómo van evolucionando los resultados que se obtienen en cada una de las 100 simulaciones, para ver si de verdad se parecen a los resultados medios. Los valores de `tlleg` y `tserv` son 9 y 6 minutos, respectivamente, aunque aparecerán reflejados según la unidad de tiempo correspondiente.

Una vez hechas todas las simulaciones, se han obtenido los siguientes resultados:

tlleg	tserv	Num. medio clientes cola	% medio tiempo ocio servidor	Tiempo ejecución medio
0.15	0.1	0.0262607	0.138175	0.000593755
0.3	0.2	0.21363	2.93386	0.000889945
0.6	0.4	0.550758	11.669	0.000932894
9	6	1.25962	31.5821	0.00104538
540	360	1.33738	33.3778	0.0119809
5400	3600	1.32336	33.4474	0.134477
54000	36000	1.344	33.1509	1.33758

Cuadro 1: Resultados obtenidos por el incremento de tiempo fijo.

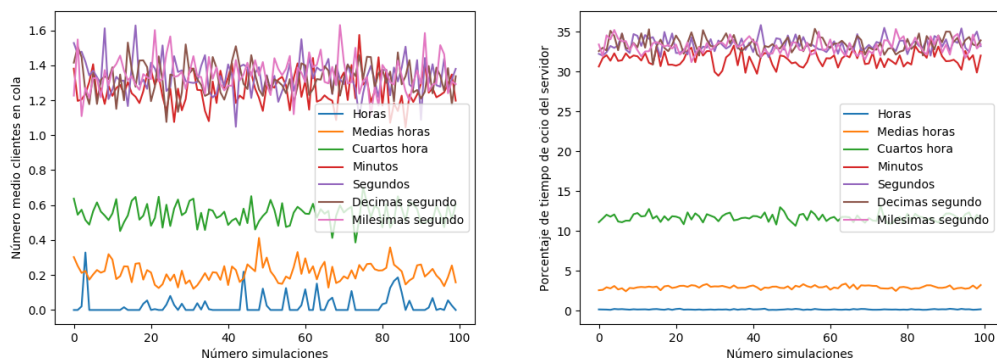
A primera vista podemos ver que a medida que **tlleg** y **tserv** usan unidades más pequeñas de tiempo (y por tanto, sus valores son más altos), los resultados obtenidos se van incrementando, hasta el punto en el que parece que se estabilizan. Lo que sucede es que cuando las unidades de tiempo son grandes, los valores de **tlleg** y **tserv** son menores que 0. Al llamar a los generadores, se producirán valores próximos a 0, y al redondearlos, estos pasan a valer 0. Como el generador no puede devolver 0, devuelve 1. Por tanto, lo que estamos haciendo en realidad es sobreestimar la duración de un suceso, por lo que los valores obtenidos no serán reales, ya que se va acumulando el error al haber sobreestimado. Este es un problema de los métodos de incremento fijo del tiempo, y a la vez es una fuerte desventaja, ya que dependiendo de la unidad de tiempo que se utilice, los valores obtenidos serán más o menos representativos de los que se podrían obtener de forma teórica.

Aparte de esto, si analizamos los resultados vemos que los tiempos medios de ejecución se van incrementando, debido a que se debe incrementar más veces el reloj hasta llegar a un suceso. El valor medio del número medio de clientes en cola, $Q(n)$, parece estabilizarse en torno a 1.33, y el valor medio del porcentaje de tiempo de ocio del servidor, $PTO(n)$ parece estabilizarse al final en torno al 33 %. Para unidades de tiempo superiores a los segundos los resultados obtenidos no son representativos, ya que se quedan demasiado lejos de los valores obtenidos al utilizar unidades de tiempo más pequeñas. Por tanto, parece ser que, en caso de utilizar generadores de incremento fijo, lo suyo sería utilizar unidades de tiempo más pequeñas (es decir, que los valores sean grandes), ya que de esta forma se cometerá menos error.

Ahora, pasemos a estudiar el comportamiento del sistema para cada simulación. Vamos a ver qué resultados se han obtenido para el número de medio de clientes en cola y para el porcentaje de tiempo de ocio del servidor. Vamos a estudiar dicha evolución con gráficas, tal y como se mencionó anteriormente, para ver si hay mucha discrepancia entre los valores medios obtenidos. Vamos a realizar un estudio

de todos los resultados de forma conjunta.

A continuación se pueden ver las gráficas mencionadas en el párrafo anterior:



(a) Número medio de clientes en la cola. (b) Porcentaje de tiempo de ocio del servidor.

Figura 1: Variación de los resultados a lo largo de las simulaciones.

Vemos que, tal y como habíamos dicho antes, para unidades de tiempo más grandes que los minutos, los valores de $Q(n)$ y $PTO(n)$ están bastante alejados del resto. En aquellos casos en los que se usa como unidad de tiempo una que es el minuto o inferior a ésta los resultados sí que están próximos, y parece que se aproximan a los valores medios obtenidos. Vemos que en todos los casos existe cierta variabilidad entre los resultados de una simulación o de otra. Por tanto, no podríamos fiarnos solo de los resultados obtenidos por una simulación, sino que, tal y como llevamos haciendo hasta ahora, habría que hacer algunas simulaciones y promediar.

Por tanto, como pequeña conclusión de esta parte, podemos sacar que es importante escoger una unidad de tiempo adecuada, ya que si no lo es, va a provocar que los resultados no sean del todo buenos. Si hemos escogido una unidad de tiempo adecuada, los resultados que obtengamos serán buenos, ya que estarán bastante relacionados entre sí, justo como ha pasado aquí.

1.2. Método de incremento variable del tiempo

El siguiente método de incremento del tiempo que vamos a estudiar es el incremento variable. En este caso, el tiempo no se va incrementando de manera fija como sucedía anteriormente, si no que se incrementa hasta el suceso más próximo de una. Por tanto, este método parece ser mucho más eficiente, ya que evita tener que pegar demasiados saltos y evita errores como los que se producían anteriormente.

Para ver como funciona este tipo de incremento, vamos a realizar los mismos experimentos que en la sección anterior, de forma que tengamos resultados comparables. A continuación se puede ver una tabla con los resultados:

tlleg	tserve	Num. medio clientes cola	% medio tiempo ocio servidor	Tiempo ejecución medio
0.15	0.1	1.32894	33.3767	0.000731009
0.3	0.2	1.32033	33.4927	0.000986358
0.6	0.4	1.335	33.3979	0.000692968
9	6	1.32356	33.5117	0.000969834
540	360	1.35058	33.1523	0.000713056
5400	3600	1.33727	33.3192	0.000690027
54000	36000	1.34364	33.2906	0.000895026

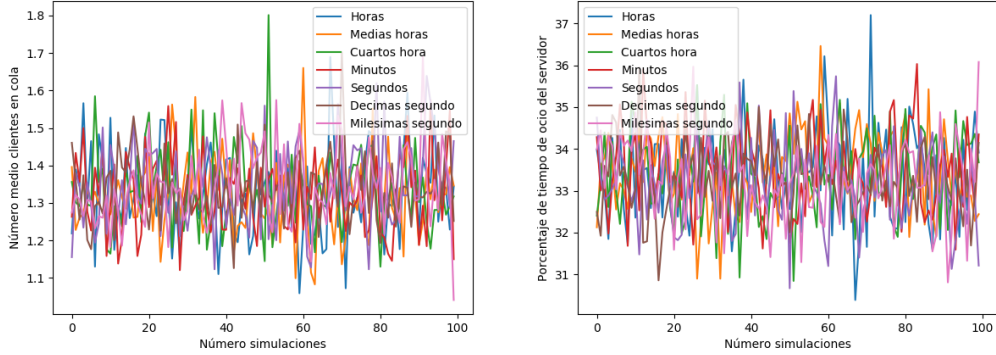
Cuadro 2: Resultados obtenidos por el incremento de tiempo variable.

Podemos ver que en general los resultados obtenidos en todos los casos son más o menos iguales, tanto para los valores de $Q(n)$ como de $PTO(n)$. Además, los tiempos de ejecución son casi los mismos en todos los casos, por lo tanto son independientes de la unidad de tiempo utilizada, a diferencia del caso anterior. Aquí los tiempos son casi constantes, ya que existe poca o muy poca variación entre éstos. Observando los tiempos de la tabla 1, vemos que, a medida que usamos medidas de tiempo más pequeñas, los tiempos medios se van haciendo más grandes, experimentando lo que parece ser un crecimiento lineal, ya que el número de veces que se incrementará el reloj aumenta. Aquí, los incrementos solo dependen del número de sucesos, mientras que en el caso anterior dependían de la unidad de medida de tiempo. Por tanto, de aquí podemos concluir que, efectivamente, el incremento variable del tiempo es muchísimo más eficiente que el incremento fijo del tiempo, ya que el primero es constante, independientemente de la unidad de medida utilizada, mientras que el segundo es lineal, ya que en función de la unidad de medida del tiempo utilizada tardará más o menos (será más rápido para las unidades más grandes).

Si comparamos la calidad de los resultados, vemos también que en general son mucho mejores. Vemos que incluso utilizando unidades de tiempo grandes, como por ejemplo horas, los valores medios obtenidos son muy parecidos a los que se obtienen con unidades más pequeñas, como por ejemplo las décimas de segundo. Esto es completamente lo opuesto a lo que sucedió anteriormente, ya que los resultados eran muy dispares. Por tanto, parece que el incremento de tiempo variable es independiente de la unidad de medida usada, a diferencia del incremento fijo del tiempo.

Si observamos los resultados obtenidos en cada una de las simulaciones, nos

encontramos con lo siguiente:



(a) Número medio de clientes en la cola. (b) Porcentaje de tiempo de ocio del servidor.

Figura 2: Variación de los resultados a lo largo de las simulaciones.

Tal y como pasaba antes, vemos que existen variaciones entre los resultados obtenidos para cada simulación. No obstante, vemos que son bastante parecidos en general. Parece que oscilan en torno a la media, tal y como pasaba antes. De nuevo, si hubiésemos tomado el resultado de una única simulación como el correcto, nos hubiésemos equivocado ya que, tal y como hemos visto, existe una ligera variación en los resultados.

Ahora que hemos visto los dos modelos, podemos hacer una comparación de cómo de buenos son los resultados ofrecidos. Para ello, nos podemos servir de las expresiones teóricas. Para hacer los cálculos, vamos a utilizar los tiempos expresados en minutos, para facilitar el cómputo. Primero tenemos que calcular ρ :

$$\rho = \frac{t_{serv}}{t_{lleg}} = \frac{6}{9} = \frac{2}{3} = 0.\hat{6} \quad (1)$$

Ahora, podemos calcular el valor teórico de $Q(n)$:

$$Q(n) = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)^2}{1 - \frac{2}{3}} = \frac{\frac{4}{9}}{\frac{1}{3}} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3} = 1.\hat{3} \quad (2)$$

Y también el de $PTO(n)$:

$$PTO(n) = 100 \cdot (1 - \rho) = 100 \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\right) = 100 \cdot \frac{1}{3} = \frac{100}{3} = 33.\hat{3} \quad (3)$$

Si comparamos los resultados de la tabla 1 con los teóricos, vemos que el incremento fijo de tiempo solo ofrece resultados parecidos a los teóricos cuando las unidades de tiempo utilizadas son pequeñas. A partir de los segundos podríamos decir realmente que son resultados correctos. A excepción de los minutos, que ofrecen unos resultados aproximados aunque con cierto error, las medidas de tiempo más grandes nos ofrecerían valores con demasiado error como para considerarlos válidos.

En cambio, todos los resultados medios obtenidos por el incremento variable del tiempo, tal y como se pueden ver en la tabla 2, son muy próximos, por no decir casi iguales, a los resultados teóricos, independientemente de la unidad de medida del tiempo utilizada. Por tanto, la calidad de los resultados ofrece el incremento variable del tiempo es muy superior a la del incremento fijo del tiempo.

Como conclusión, podemos decir que, tras estudiar los dos casos, hemos visto que el incremento variable del tiempo es órdenes de magnitud más eficiente que el incremento fijo del tiempo, y además, permite obtener unos resultados de mayor calidad, independientemente de qué medida del tiempo se use.

1.3. Modelo dinámico discreto de m servidores con una única cola

En esta sección vamos a estudiar un modelo algo más complejo que el anterior, en el cuál tenemos m servidores con una única cola.