

Simulación y análisis del rendimiento de un servidor

Práctica 6

1. Objetivo

En esta práctica el alumno debe combinar los conocimientos y los datos obtenidos empleando las dos técnicas de análisis vistas (medición y modelado analítico), para, utilizando la técnica de evaluación por simulación, enriquecer la representatividad del modelo del sistema con objeto de conseguir un mayor ajuste de las predicciones a los resultados observados. Empleando la técnica de simulación, se estudiará la respuesta del sistema ante condiciones de trabajo distintas a las medidas y de esta forma se obtendrá una idea aproximada de cómo respondería el sistema ante la carga propuesta.

En esta práctica se considerarán extensiones mediante simulación en los dos tipos de modelos de sistema desarrollados:

(1) En el modelo a nivel de sistema se introducirá una distribución estadística para el tiempo de servicio distinta de la exponencial, así como otras consideraciones orientadas a ajustar los resultados del modelo a los resultados medidos en todo el rango de medición.

(2) En el modelo a nivel de componentes se analizará el impacto en el sistema de una carga adicional, procedente de un origen distinto.

En ambos casos, deberán considerarse los problemas de eliminación del transitorio y determinación de la duración adecuada de la simulación empleando las técnicas que se consideren adecuadas.

En futuras prácticas sobre configuración, el alumno utilizará los modelos y la información obtenida a partir de ellos para configurar el servidor, por lo que se recomienda guardar cuidadosamente en disco toda la información manejada durante esta práctica.

2. Modificaciones a nivel de sistema

A nivel de sistema, una actuación que puede ayudar a mejorar la representatividad del modelo desarrollado es el uso de una distribución de tiempo de servicio diferente a la exponencial. En el modelado analítico tradicional sólo los sistemas con un reducido número de distribuciones son resolubles, por ese motivo para probar otro tipo de distribución será necesario acudir a la simulación.

En la práctica 3, a partir del histograma de tiempos de respuesta obtenido en el punto de pocos usuarios, se propuso una distribución para el tiempo de servicio del servidor. Se va a probar ahora el comportamiento del modelo con la nueva distribución propuesta. Para desarrollar este punto existen dos alternativas:

1. Construir una función en QNAP que implemente la función de probabilidad buscada (consultar anexo a esta práctica). Posteriormente en la parte correspondiente a la cláusula

/SERVICE/ se evaluaría inicialmente el valor correspondiente a la función y posteriormente se consumiría el tiempo utilizando la función CST.

2. En caso de que no se haya llegado a la propuesta de una distribución, o se haya propuesto una distribución empírica, se utilizarán directamente los datos del histograma. A partir de los datos obtenidos en el histograma de tiempos de respuesta para pocos usuarios, y con ayuda de la función HISTOGR, establecer una forma de cálculo del tiempo de servicio acorde con las frecuencias observadas. El consumo de tiempo se realizaría de nuevo utilizando la función CST. La función HISTOGR, recibe como parámetros dos listas de reales: los extremos de los intervalos, y la probabilidad de pertenecer a cada intervalo.

Valor:=HISTOGR((1.0, 2.0, 3.0, 4.0),(0.27, 0.33, 0.4));

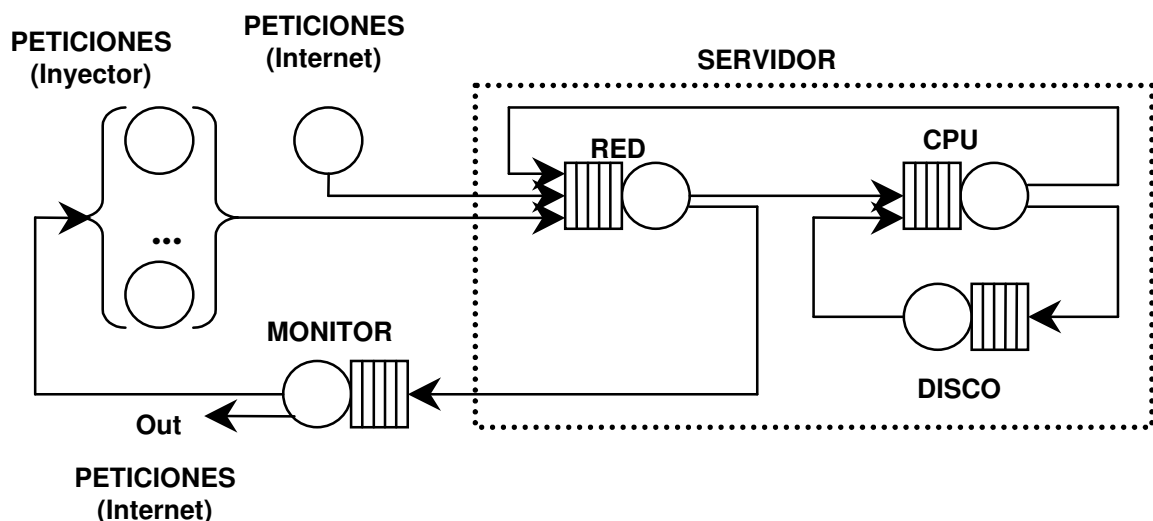
Desarrollar el modelo a nivel de sistema con la nueva distribución de tiempo de servicio en el servidor. Evaluar el comportamiento del modelo del sistema, considerando el problema del transitorio y la duración de la simulación.

3. Modificaciones a nivel de componentes

Una vez desarrollado el modelo de simulación para el sistema se va a proceder a realizar el análisis del comportamiento del sistema bajo unas condiciones de carga diferentes a las medidas.

Se comenzará construyendo el modelo de simulación para la representación del sistema a nivel de componentes realizada en la práctica previa de modelado analítico, con el fin de comparar los resultados. Posteriormente modificaremos la configuración del sistema y veremos cómo se puede utilizar el modelado por simulación para tener información sobre el impacto de los cambios previstos.

El cambio de configuración va a consistir en que supondremos que nuestro sistema, aparte de recibir peticiones del inyector, recibe también peticiones enviadas desde otros computadores a través de Internet. Las peticiones son análogas a las enviadas por el inyector, con lo cual recibirán el mismo procesamiento en el servidor. El modelo conceptual de colas a representar será:



Se construirá el modelo de simulación para este sistema, incorporando las modificaciones necesarias para obtener las métricas de prestaciones a nivel global y por tipo de petición (productividad y tiempo de respuesta).

4. Presentación de resultados

1. Para el estudio a nivel de sistema:

- Construir un primer modelo de simulación del sistema utilizando como distribución de tiempo de servicio la misma que se empleo en el modelado analítico. Con esto modelo debes realizar lo siguiente:
 - a) **Determinación del transitorio y el criterio de parada.-** En los puntos donde se realizó el análisis detallado en la práctica 3 (punto de pocos usuarios y punto nominal) se va a realizar un estudio del comportamiento del transitorio y la determinación del tiempo de simulación. Realiza las simulaciones obteniendo los valores del tiempo medio de respuesta, la productividad media, y el número medio de clientes en el servidor (estos cálculos se facilitan haciendo uso de las sentencias de control de QNAP PERIOD y TEST). Representa los valores obtenidos respecto al tiempo de simulación y determina en ambos casos cuánto debería durar el transitorio. En el experimento de simulación calcula también cuánto debería durar la simulación para que la variable de control entre en el intervalo de variación establecido. Especifica claramente cuáles son los valores de duración del transitorio y duración de la simulación que has obtenido en cada caso, y los valores utilizados en el experimento de medición.
 - b) **Histogramas en los puntos de control.-** Utilizando la simulación, vas a construir los histogramas de los tiempos de respuesta para las peticiones en los dos puntos de análisis detallado (punto de pocos usuarios y punto nominal). Realiza la simulación en los dos puntos anteriores, recoge la duración de cada petición y construye los histogramas de los tiempos de respuesta. Compara los histogramas obtenidos por medición y simulación para cada punto en sendas gráficas. **Es importante que el número de medidas realizadas en simulación sean al menos tantas como las realizadas en medición. Los histogramas han de ser relativos para poder realizar la comparación. Presta por tanto atención a la duración de los experimentos y/o número de réplicas necesarias.**
 - c) **Comparación de sistemas.-** Teniendo en cuenta los cálculos realizados para el transitorio y la duración de la simulación, y los empleados en la evaluación por medición, realiza la simulación del sistema en todos los puntos en los que se han realizado medidas. Representa gráficamente la evolución del tiempo de respuesta y de la productividad. En cada gráfica deben aparecer las líneas correspondientes a los valores de medición, modelado analítico y simulación.
- Modifica el modelo de simulación sustituyendo la distribución del tiempo de servicio empleada, por la estimada en la práctica de medición, o en su defecto por la generada a partir del histograma de pocos usuarios como se ha descrito en el punto 2 de esta práctica. Con el modelo modificado, realizar las siguientes tareas:
 - a) **Ajuste de los parámetros de la distribución.-** Realiza la simulación con este nuevo modelo en todos los puntos donde has realizado mediciones. Compara gráficamente los valores obtenidos por ambos métodos, para el tiempo medio de respuesta y productividad. Intenta modificar adecuadamente los parámetros de la distribución del tiempo de servicio, para obtener un ajuste aceptable entre los resultados obtenidos por ambos métodos. Explica los pasos que has realizado para realizar el ajuste y qué criterio has seguido para dar esos pasos (a priori, el método de prueba y error debería estar descartado).

- d) **Comparación de histogramas.-** Una vez ajustado el modelo con la nueva distribución, obtén los histogramas para los dos puntos considerados (punto de pocos usuarios y punto nominal). Compara en sendas gráficas los histogramas obtenidos por medición y por simulación para cada punto. **Es importante que el número de medidas realizadas en simulación sean al menos tantas como las realizadas en medición. Los histogramas han de ser relativos para poder realizar la comparación. Presta por tanto atención a la duración de los experimentos y/o número de réplicas necesarias.**
- b) **Comparación de sistemas.-** Realiza la simulación del sistema para todos los puntos en los que has realizado mediciones y representa gráficamente la evolución del tiempo medio de respuesta y la productividad. En cada gráfica aparecerán tres líneas correspondientes a la medición, el modelado analítico y la simulación. En el caso del tiempo medio de respuesta, se añadirán también las líneas del 90-percentil para las mediciones y para la simulación.

2. Para la parte de componentes:

- Construye un modelo de simulación del sistema a nivel de componentes. El modelo debe incorporar el código relativo a la eliminación del transitorio y duración adecuada de la simulación. Con este modelo realizar la simulación en todos los puntos en los que se han realizado mediciones. Compara gráficamente los resultados obtenidos para el tiempo de respuesta medio, la productividad y la utilización de los recursos, en cada gráfica deben aparecer tres líneas correspondientes a las tres técnicas de evaluación. En el caso de las utilizaciones puedes comparar por separado la utilización del uso de recursos a fin de evitar el exceso de líneas.
- Modifica el modelo de simulación para estudiar el cambio de configuración. Añade las estaciones necesarias para inyectar las peticiones procedentes de *Internet*, y el encaminamiento final. Con este nuevo modelo debes realizar lo siguiente:
 - a) **Impacto del nuevo servicio.-** Suponiendo que las peticiones de *Internet* llegan siguiendo una distribución exponencial a razón de 5 peticiones/seg, obtener el impacto de esta nueva carga en el sistema. Para ello se simulará el nuevo modelo en todos los puntos en los que se han realizado mediciones y se mostrará gráficamente el tiempo medio de respuesta, la productividad y el uso de recursos. En cada gráfica aparecerán las líneas correspondientes a la simulación y a los resultados de medición.
 - b) **Reparto de la influencia de cada tipo de carga.-** En el punto anterior se han usado las medidas globales del sistema. Ahora lo que se pretende es ver cómo influyen en esos tiempos finales cada tipo de carga. Obtén del modelo los valores necesarios para rellenar la siguiente tabla:

	Tpo. Respuesta	Productividad	% Uso CPU	% Uso Disco	% Uso de Red
<i>Internet</i>					
Local					
Total					

Para obtener los valores de cada tipo de carga puede hacer uso de la definición de clases en el modelo, y con ello de la obtención de valores por clases. Por ejemplo: MBUSYPCT(CPU, LOCAL) devolvería el uso de una estación llamada CPU, achacable a una clase de tareas llamada LOCAL.

Conservar los programas desarrollados en esta práctica, pues se hará uso de ellos en prácticas sucesivas.

Anexo: Generación de funciones de distribución

Para obtener valores que sigan otras distribuciones estadísticas diferentes a la uniforme se puede utilizar el método de la transformación inversa. Este método permite generar variables aleatorias a partir de los valores obtenidos en el intervalo $[0, 1]$ de forma uniforme. Para ello supone que se quiere generar una variable aleatoria X que es continua y que tiene una función de distribución F que es continua y estrictamente creciente en el intervalo $(0, 1)$, esto es, si se cumple que $x_1 < x_2$ y que $0 < F(x_1) \leq F(x_2) < 1$ entonces $F(x_1) < F(x_2)$. Si se denota por F^{-1} a la inversa de la función F , entonces un algoritmo para generar la variable aleatoria X con función de distribución F es el siguiente:

1. Generar U que siga una distribución uniforme en $(0,1)$.
2. Retornar $X = F^{-1}(U)$.

Se sabe que $F^{-1}(U)$ siempre estará definida porque $0 \leq U \leq 1$ y el rango de F es $[0, 1]$.

Así, por ejemplo, para generar una variable X que siga una distribución exponencial de media β , se haría del siguiente modo. La función de distribución de una exponencial es la siguiente:

$$F(X) = \begin{cases} 1 - e^{-X/\beta} & \text{si } X \geq 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

por lo tanto para encontrar F^{-1} , hacemos $U = F(X)$ y despejamos X , con lo que se obtiene lo siguiente:

$$X = F^{-1}(U) = -\beta * \ln(1 - U)$$

Por lo tanto, para generar la variable aleatoria deseada X se genera primero U , distribuida uniformemente en $(0,1)$ y entonces se hace $X = -\beta * \ln(U)$.

Se ha sustituido $(1-U)$ por U porque ambas variables siguen la misma distribución $U(0,1)$. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esto provoca que haya una correlación negativa de las X s respecto a las U s.

En la siguiente tabla se muestran las transformaciones que hay que realizar sobre una distribución uniforme en el intervalo $(0,1)$, esto es, $U(0,1)$ que se denotará por U , para poder obtener diferentes distribuciones estadísticas siguiendo el método de la transformación inversa:

Distribución Estadística	Modo de obtenerla
Uniforme en $[A, B]$	$X = A + U * [B - A]$
Exponencial (β)	$X = -\beta * \ln(U)$
Weibull (α, β)	$X = \beta * [-\ln(U)]^{(1/\alpha)}$
Pareto (α)	$X = 1/U^{1/\alpha}$

Para obtener valores que sigan una **distribución normal de media μ y desviación típica σ** , esto es, $N(\mu, \sigma^2)$, se puede utilizar la función que proporciona QNAP a tal efecto, o se puede calcular a partir de la $U(0,1)$, utilizando transformaciones más complejas que para el resto de distribuciones. En primer lugar se debe trasladar la distribución uniforme a una distribución normal

de media 0 y desviación típica 1, $N(0, 1)$, y, posteriormente, se realizaría la siguiente operación para llevar ese valor a una $N(\mu, \sigma^2)$:

$$N(\mu, \sigma^2) = \mu + \sigma * N(0, 1)$$

Se debe tener en cuenta que la distribución normal lleva como parámetro la varianza, σ^2 , que es el cuadrado de la desviación típica σ .

Para obtener el valor de la distribución $N(0,1)$ se deberían seguir los siguientes pasos:

En primer lugar, se deberían obtener dos valores aleatorios distribuidos uniformemente en el intervalo (0,1), que se denotarán como U_1 y U_2 . Es importante tener en cuenta que se deben utilizar semillas diferentes para obtener los dos valores, ya que sino el segundo valor sería dependiente del primero, y entonces este método no sería válido.

A partir de los dos valores U_1 y U_2 se pueden obtener dos valores de la distribución $N(0,1)$ aplicando las siguientes operaciones:

$$\text{Valor_1} = \sqrt{-2 * \ln(U_1)} * \cos(2 * \pi * U_2)$$

$$\text{Valor_2} = \sqrt{-2 * \ln(U_1)} * \sin(2 * \pi * U_2)$$

Para obtener valores que sigan una **distribución lognormal** de media μ y desviación típica σ , $LN(\mu, \sigma^2)$, se deben obtener previamente valores que sigan una distribución normal de media μ_1 y desviación típica σ_1 , $N(\mu_1, \sigma_1^2)$, donde μ_1 y σ_1 se calculan a partir de μ y σ del siguiente modo:

$$\mu_1 = \ln(\mu^2 / \sqrt{\sigma^2 + \mu^2})$$

$$\sigma_1^2 = \ln[(\sigma^2 + \mu^2) / \mu^2]$$

Una vez obtenidos los valores de la $N(\mu_1, \sigma_1^2)$, que denotamos por Y , se les aplican las siguientes transformaciones para obtener los valores que pertenecen a la distribución $LN(\mu, \sigma^2)$:

$$LN(\mu, \sigma^2) = e^Y$$

Se pueden obtener valores que sigan muchas más distribuciones estadísticas realizando transformaciones de este tipo sobre los valores de la distribución $U(0, 1)$.