

## SIMULADOR DE SISTEMAS DE COLAS

M. A. GADEO, J. A. FERNÁNDEZ, J.E. MUÑOZ, L.R. LÓPEZ, F.J. TORRES.

Departamento de Electrónica. E.U. Politécnica. Universidad de Jaén. 23700-Linares. España.

*En este documento se describe una herramienta software propuesta como un instrumento para la realización de prácticas de laboratorio orientadas al dimensionamiento de redes de comunicaciones, mediante técnicas de modelado por simulación. Se trata de una aplicación dotada de un amigable interfaz de usuario, que facilita tanto la ejecución de los pasos recomendados en la metodología de trabajo como el posterior análisis de los resultados obtenidos.*

### 1. Introducción.

La simulación de sistemas reales mediante herramientas software comprende técnicas para su estudio cuantitativo, consistente en: definir el modelo matemático del sistema real, representar numéricamente la evolución del modelo durante un cierto periodo de tiempo, estimar las características de interés del sistema, a partir de los datos recogidos en el paso anterior. Técnicas que como ventajas [1] frente a otros métodos de estudio permiten abordar modelos más complejos que con métodos analíticos, así como suplir a la experimentación con sistemas reales, cuando ésta es imposible o muy costosa. Entre las desventajas [1] cabe señalar que generan estimaciones, no soluciones "exactas", así como requerir un software complejo y máquinas con elevada capacidad de proceso. Un campo importante de aplicación de estas técnicas es la simulación de redes de comunicaciones, tanto en el nivel físico como en niveles superiores.

En el presente trabajo se presenta una herramienta software desarrollada en C++ Builder [2], concebida para ser utilizada en las prácticas de la asignatura *Redes de Comunicaciones*, cursada en el tercer curso de *Ingeniería técnica de Telecomunicación*, especialidad *Telemática*.

Este documento se organiza de la siguiente manera, en la Sección 2 se presenta los objetivos que se pretenden alcanzar con el uso de esta herramienta de simulación. En la Sección 3 se muestra los beneficios que conlleva la utilización del simulador a la hora de realizar los distintos pasos a seguir en el método de simulación propuesto. En la Sección 4 se presentan un ejemplo práctico que intenta ilustrar la potencialidad de la herramienta. En la Sección 5 se aborda el tema de la aportación diferenciada que distingue a este simulador de algunos simuladores comerciales existentes para estos fines, así como las mejoras pendientes de introducir.

## 2. Objetivos perseguidos.

Se trata de un software educativo, orientado y diseñado para cubrir dos grandes objetivos:

1.- Facilitar al alumno el aprendizaje de las técnicas propias de modelado por simulación utilizadas para el dimensionamiento de redes de comunicaciones, sistemas con procesos comunicándose entre sí, y en general de todos aquellos sistemas reales que se pueden modelar mediante combinación de sistemas de espera. El método de simulación de sistemas, en el que se basan las técnicas citadas, comprende los siguientes pasos [1]:

- |  |   |
|--|---|
| 1.- Estudio del problema.                    | 6.- Verificación del programa resultante. |
| 2.- Recogida de datos sobre el sistema real. | 7.- Diseño de experimentos.               |
| 3.- Formulación de un modelo.                | 8.- Ejecución.                            |
| 4.- Validación del modelo.                   | 9.- Análisis de los resultados.           |
| 5.- Realización del modelo.                  |   |

La utilización del simulador propuesto facilita enormemente la realización de los puntos 5 a 9 sin necesidad de programar, gracias a un potente editor de bloques incorporado en su interfaz gráfico. Editor que permite la construcción del modelo mediante la inserción de los elementos funcionales de un sistema de espera (fuentes de tareas, colas, servidores, líneas de conexión) a voluntad, así como el ajuste de la configuración de los parámetros que rigen el comportamiento de cada uno de estos elementos.

2.- Facilitar al alumno el proceso de construcción del conocimiento [3]. Se trata de una herramienta que promueve en el alumno los mecanismos de selección, organización, elaboración y comprensión de la información. Al tiempo que intenta fomentar la creatividad, la capacidad de abstracción y síntesis, la reutilización de conocimientos adquiridos en otras asignaturas, la autoevaluación, así como suscitar la motivación y atención del alumno hacia las prácticas y el contenido teórico de la asignatura.

## 3. Metodología de trabajo.

En la metodología de trabajo propuesta, la utilización de este simulador facilita enormemente la *elaboración del modelo*, mediante la inserción en el área de trabajo de los bloques funcionales en la disposición adecuada y la configuración de los parámetros que rigen el funcionamiento de cada bloque (distribución estadística y valor medio para tiempo entre tareas y tiempo de servicio demandado por las tareas, capacidad de la cola, etc.), de forma rápida sin necesidad de programar. La *verificación del programa*, se realizará mediante la simple inspección visual del modelo. El *diseño de experimentos*, se facilita enormemente al permitir una ágil y rápida construcción y modificación de los modelos y las configuraciones. En cuanto a la *ejecución*, ofrece la posibilidad de una realización paso a paso, permitiendo visualizar los valores instantáneos tomados por los principales parámetros del modelo. Relativo al *análisis de los resultados* se facilita la visualización de la evolución gráfica y los valores medios de los principales parámetros de cada bloque funcional, lo que agilizará el proceso de extracción de conclusiones. Para facilitar su manejo se incluye una ayuda online que intenta ilustrar los aspectos más importantes para su manejo, figura 1.

#### 4. Ejemplo práctico.

Una vez construido el modelo, la realización de los experimentos se puede realizar paso a paso, con 1000 iteraciones seguidas o indefinidamente hasta pararlo. Concluida la ejecución del experimento, seleccionando cada bloque funcional del modelo se puede visualizar la evolución gráfica, los valores medios y finales de sus parámetros característicos. Como ejemplo, se presenta un modelo construido para realizar el dimensionamiento de los elementos (buffers de memoria, velocidad del procesador, etc) de un *equipo de conmutación de paquetes trilateral* (router o encaminador) [4], mediante las técnicas de modelado por simulación, figura 2.

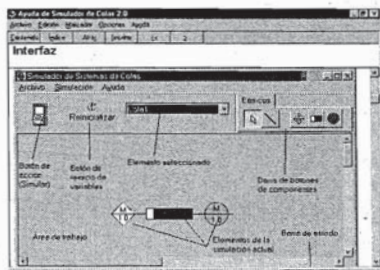


Figura 1: Aspecto de la ayuda online.

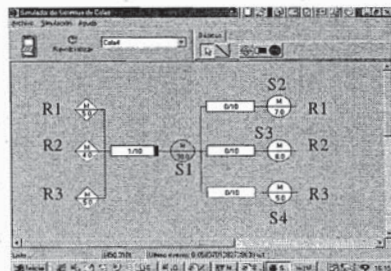


Figura 2: Modelo completo del router.

Realizando la aproximación de que el procesamiento de encaminamiento, realizado por el servidor S1, no modifica la distribución de tiempo entre aparición de paquetes para cada uno de los tres procesos de salida, modelados por los servidores S2, S3 y S4, el modelo completo del router, se puede dividir en cuatro partes diferenciadas, una para los procesos de entrada, figura 3, y otras tres para los procesos de salida, (en figura 4 proceso de salida S2).

Red origen	Red destino	Paquetes / seg.
R1	R2	4
R1	R3	1
R2	R1	2
R2	R3	2
R3	R1	3
R3	R2	2

Tabla 1. Velocidad media de aparición de paquetes.

Red de destino	BW disponible (p/s)
R1	7
R2	8
R3	5

Tabla 2. Velocidad media de inserción de paquetes.

Los datos a tener en cuenta para realizar la simulación son:

El router encamina los paquetes con una velocidad que sigue una distribución exponencial de valor medio 30 p / s. El tamaño de los paquetes presenta una distribución exponencial de valor medio 128 octetos por paquete (p), el tiempo entre paquetes sigue una distribución exponencial con valores medios dados en la tabla 1. El ancho de banda disponible en cada

una de las redes sigue una distribución exponencial que toma los valores medios dados en la tabla 2. El tamaño de cada buffer es de 1280 octetos (10 paquetes).

Realizando la simulación para 1000 instantes de tiempo se obtienen los resultados que se presentan en las figuras 4 y 5. Valores que tras su análisis nos servirán para determinar la idoneidad del dimensionamiento del elemento simulado.

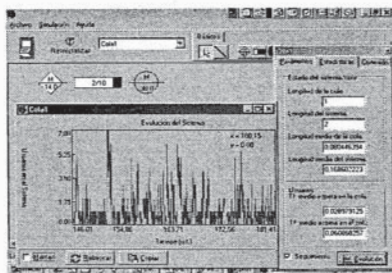


Figura 4. Modelo del proceso de entrada.

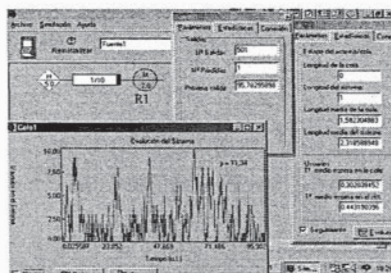


Figura 5. Modelo para un proceso de salida.

## 5. Conclusiones.

Este software orientado a la simulación de redes de comunicaciones presenta la particularidad y la originalidad de permitir modelar cada elemento del conjunto como un sistema de espera (con su fuente de tareas, su cola y su centro de servicio), a diferencia de otros paquetes de simulación de redes de comunicaciones como COMNET, BONES u OPNET, en los que los bloques funcionales más pequeños, ya incorporan el conjunto de elementos de los sistemas de colas. Se trata por tanto de un simulador con bloques funcionales de menor nivel de complejidad, lo que lo convierte en una herramienta más versátil, que permite un mayor grado de libertad a la hora de construir modelos. Todo ello exige al alumno una mayor creatividad y capacidad de abstracción, con lo que se intenta facilitar la adquisición de los objetivos enunciados en el segundo punto. En cuanto a las mejoras pendientes de introducir cabe destacar la inclusión en cada tarea de un campo indicador de servidor de destino, así como permitir establecer la situación inicial de los parámetros característicos de la simulación y el tiempo de transitorio inicial, a partir del cual se calcularán los valores de los parámetros en régimen permanente.

## 7. Bibliografía.

- [1] A.M. Law, W.D. Kelton, "Simulation Modeling and Analysis". McGraw-Hill, (1991).
- [2] F. Charte, "Programación avanzada con C++ Builder 4". Anaya Multimedia (1999).
- [3] J. Ruíz, "Aprender y enseñar en la Universidad. Iniciación a la docencia universitaria. Servicio de publicaciones de la Universidad de Jaén. (2000).
- [4] A. Tanenbaum, "Redes de ordenadores". Prentice Hall, (1994).