

# Simulaciones de Sistemas Modernos de Comunicación

Eduardo Omar Sosa<sup>1</sup>, Jorge Senn<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Secretaría de Investigación y Posgrado; Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales; Universidad Nacional de Misiones. Argentina

<sup>(2)</sup>Facultad de Artes; Universidad Nacional de Misiones. Argentina

eososa@fceqyn.unam.edu.ar<sup>1</sup>; senn@artes.unam.edu.ar<sup>2</sup>

## Resumen

Desde el mismo momento que las simulaciones por computadora se convirtieron en una herramienta común, se presenta sin solución de continuidad la discusión referida a la credibilidad de las mismas. La presión sobre la necesidad del traslado de los resultados teóricos-simulados en la evaluación de protocolos y sistemas distribuidos, aplicables a entornos físicos reales ha ido en aumento con el transcurso del tiempo.

En el presente trabajo se pretenden simular entornos de comunicación en boga actualmente en el ámbito de las TIC's, apuntando a una transición transparente entre los diferentes entornos de simulación de redes y sistemas operativos, para así limitar la necesidad de reutilización de protocolos. Existen tres técnicas de evaluación del rendimiento de sistemas y redes: modelos matemáticos, mediciones y simulaciones. Cada una de ellas posee sus ventajas y desventajas. En una simulación los procesos o sistemas del mundo real son imitados respecto al tiempo, siendo en el campo de las TIC's la simulación de eventos discretos la predominante.

Se instalaron y experimentaron en dos simuladores de libre disponibilidad: NS-3 (Network Simulator 3) y OMNeT++ (Objective Modular Network Testbed in C++); se simularon entornos de redes de sensores inalámbricos (WSN); analizando topología, rendimiento y escalabilidad.

**Palabras Clave:** Simuladores, eventos discretos, WSN

## Contexto

El presente trabajo de investigación se encuentra incentivado en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales bajo código 16Q474, aprobado por resolución 186/11 del Consejo Directivo de la Facultad de de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones. El proyecto está directamente relacionados con otros proyectos locales e internacionales a saber: a) *Programación de Sensores Inalámbricos en la forma web 2.0* (proyecto 16Q457 de la FCEQyN), b) *Towards the Internet of the Future*, proyecto evaluado y aprobado por el Servicio Alemán de Intercambio

Académico DAAD y c) *Desarrollo de un Sistema de Alertas Tempranas y Soporte de la Toma de Decisiones: Una adaptación al Cambio Climático Global y Planificación en la Reducción del Riesgo de Desastres*, proyecto conjunto entre las Universidad Nacional de Misiones y la Universidad de Ciudad del Cabo, presentado Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT) y el National Research Foundation de Sudáfrica (NRF).

## Introducción

Muchas investigaciones en el campo de las ciencias de la computación, y de la ingeniería eléctrica; se están llevando a cabo en el campo de los sistemas distribuidos y de las redes informáticas. Los temas involucrados incluyen el desarrollo de nuevos y mejores protocolos, aplicaciones, arquitecturas, seguridad y calidad de servicio, como para nombrar algunas líneas existentes. Un paso crucial en el diseño y la ingeniería de los sistemas de comunicación, protocolos, algoritmos y arquitecturas, es la estimación de su rendimiento, como también la comprensión y visualización del comportamiento de los sistemas y sus componentes. Típicamente, esto puede ser realizado mediante la aplicación de tres diferentes metodologías: 1) experimentos con sistemas reales y prototipos, 2) análisis matemático, y 3) simulaciones (1; 2). Las dos últimas metodologías son más importantes durante la fase conceptual, ya que la implantación de prototipos de estos sistemas normalmente está limitada por cuestiones financieras y técnicas. La simulación se utiliza en particular para los sistemas que son muy dinámicos y cuyas propiedades son difíciles de capturar de una manera matemática. A menudo, los métodos analíticos muestran el comportamiento límite de las características

del sistema indicando los límites superior e inferior para temas específicos de investigación.

Por el contrario, la simulación ofrece un ambiente de control en el que un sistema puede ser investigado con mayor detalle, pudiéndose analizar diferentes conjuntos de parámetros y escenarios con un esfuerzo menor. Por lo tanto, la simulación es mejor metodología para analizar y visualizar el comportamiento y desempeño de los sistemas y redes de comunicación considerando su potencia y versatilidad. En toda simulación se debe tener en cuenta que las simulaciones se llevan a cabo en "modelos del sistema" objeto de la investigación y no en el sistema en sí. Por ello el proceso de modelado es crucial para el proceso global de evaluación basado en las simulaciones.

Si bien es válido y vigente el axioma "Todas las acciones, eventos y propiedades tienen que ser modeladas con la mayor precisión y con tanto detalle tanto como sea posible", la practicidad indica que lo anterior está determinado por la calidad de los resultados requeridos. Las simulaciones son evaluadas de acuerdo a la calidad de los datos obtenidos por la experiencia, siendo sumamente importante conocer las técnicas aplicadas para así garantizar alta calidad, y repetitividad de los modelos implementados.

Otro aspecto importante en las simulaciones tiene que ver con la posibilidad de comparación de los enfoques, tales como los protocolos y algoritmos. La comparación de simulaciones en sistemas de comunicación no es muy frecuente toda vez que la mayoría de los modelos son altamente específicos que son realizados sobre investigaciones puntuales. A menudo, los modelos están elaborados de acuerdo a distintos contextos por lo que no son compatibles ni comparables. Por ello es dable destacar que una comparación razonable entre investigaciones llevadas a

cabo por las distintas entidades es prácticamente imposible.

A menudo resulta tan necesario vigilar el medio ambiente, como el recoger la información que se genera en ese ámbito. En situaciones como éstas es difícil e incluso costoso realizar la vigilancia utilizando un sistema de cableado entre los sensores. Para este tipo de situaciones se establece en el ambiente una WSN. Ésta consiste en una serie de dispositivos repartidos en un área geográfica dada. Cada nodo tiene la capacidad de comunicación inalámbrica, de procesamiento de la información obtenida, y fundamentalmente, son capaces de establecer una red de datos eficiente. Las aplicaciones típicas de WSNs incluyen a la medición, monitoreo y control.

Ejemplos importantes de aplicación de WSNs incluyen el establecimiento de la comunicación que asegure la supervivencia en situaciones de emergencia o en ocasiones especiales de rescate en presencias de desastres, en las cuales debe practicarse necesariamente las actividades de socorro.

Éstas son redes descentralizadas donde los nodos se comunican entre sí sin ningún tipo de administración centralizada. Cada nodo que participa en la red es a la vez host y encaminador, por lo tanto debe ineludiblemente ser capaz de enviar paquetes de otros nodos (3). Por ello cada nodo debe tener lógica adicional para tomar las decisiones de encaminamiento. La topología de este tipo de redes es dinámica, dado que el número de host conectados puede variar sin aviso.

La investigación en el tema han convertido a las redes ad hoc inalámbricas en una tecnología insustituible en materia de infraestructuras de comunicación y en un nuevo y muy activo campo de investigación. (4; 5; 6).

La ausencia de control centralizado y la reducida capacidad de comunicación de los nodos de bajo ancho de banda requieren el desarrollo de nuevas ideas algorítmicas capaces de combinar métodos de computación distribuida y protocolos de red descentralizados, con aquellos desarrollados para redes tradicionales (7; 8).

El desarrollo de algoritmos para WSN es una tarea compleja, por la sencilla razón que son numerosos ítems que deben ser tenidos en cuenta, tales como eficiencia energética, recursos limitados, colaboración descentralizada, tolerancia a fallas, y el estudio del comportamiento global que surge de las interacciones locales. Por todo ello los métodos analíticos no alcanzan a demostrar o suplir los detalles complejos requeridos.

El experimentar con una red real de sensores es la manera práctica de alcanzar objetivos determinados bajo condiciones del mundo real. Sin embargo, este enfoque plantea la dificultad que dichos sistemas son difíciles de manejar y depurar. En esto tiene que ver muchísimo el hecho que han sido desplegadas un reducido número de este tipo de redes, y que los sistemas del mundo real suelen consistir generalmente en una docena de nodos sensores, mientras que se prevén escenarios futuros que anticipan la instalación de redes de varios miles, hasta millones, de nodos (5).

Por lo general se está interesado en la calidad de la solución que se obtiene mediante un algoritmo específico, siendo necesaria la ejecución de algoritmos que prueben nuevas configuraciones y protocolos. La simulación provee los mismos resultados que una experiencia práctica; pero de una forma más rápida y eficiente que una WSN en el mundo real.

Las herramientas de simulación posibilitan aumentar el número de nodos en una red simplemente cambiando los parámetros de magnitud

de la misma. La simulación, además, permite el diseño, el análisis y la comprensión de redes inalámbricas obteniendo resultados a bajos costos y con mínimos recursos (9; 10). Así se puede dimensionar y obtener una visión global de la red estudiada, detectando así nuevas funcionalidades que pueden ser adicionadas a los sensores individualmente, obteniendo resultados que se adaptan a las necesidades planteadas.

Por todo lo anterior, podemos concluir que la utilización de herramientas para la simulación WSN se ha vuelto un instrumento valioso e indispensable en el estudio de este tipo de redes.

### Líneas de Investigación y Desarrollo

Se ha trabajado en las siguientes líneas de investigación y desarrollo: a) Formulación del escenario, b) Modelado conceptual, c) Recopilación y análisis de entrada/salida de datos d) Representación e) Verificación y validación y f) Experimentación.

La simulación de procesos se inicia con un problema práctico que se quiere resolver o entender. Pretendemos analizar diferentes alternativas de soluciones mediante la investigación de otros resultados previamente existentes respecto a problemas similares. La solución más aceptable debe ser elegida ya que el omitir esta etapa podría hacer que la selección de una solución sea costosa o no sea la adecuada. Durante el modelado conceptual pretendemos construir una descripción de alto nivel de la estructura y comportamiento del sistema y la identificación de todos los objetos con sus atributos y las interfaces. La recopilación y análisis de entrada/salida de datos de la fase, tenemos que estudiar el sistema para obtener dichos datos. En la fase de modelado, se construye una representación detallada del sistema basado en el modelo conceptual y en los

datos recogidos de entrada y salida. Aquí se desarrollan cada uno de los modelos necesarios para la simulación del sistema de comunicación a implementar. La verificación tiene que ver con la coherencia interna entre los tres modelos. La validación se centra en la correspondencia entre el modelo y la realidad. Durante la experimentación se ejecuta el modelo de simulación, para analizar los resultados de la simulación a fin de comprender el comportamiento del sistema.

### Resultados y Objetivos

El objetivo general es simular una red de sensores inalámbricos para obtener resultados de diferentes configuraciones sobre un ambiente determinado y determinar la concordancia de los resultados obtenidos de las simulaciones con los obtenidos en un ambiente real. Los objetivos específicos del presente proyecto son : a) definir un escenario a simular y determinar condiciones ambientales, b) evaluar diferentes simuladores de redes inalámbricas y establecer el simulador a utilizar, c) modelar y programar condiciones topográficas y ambientales como también eventos discretos en una red de sensores inalámbricos para un determinado ambiente, d) Programar una aplicación para los nodos de sensores, compilarla para el simulador y ejecutarla sobre el simulador e) recolectar y analizar información relacionada al desempeño de la red y sus nodos y e) contrastar los datos obtenidos en la simulación con los datos de la vida real, realizando un análisis y evaluación de los mismos.

Se instalaron simuladores NS-3y OMNeT++ Una de las razones fundamentales de la utilización de NS-3 tiene que ver con la mejora en cuanto al realismo de los modelos, logrando que los mismos sean muy aproximados a las implementaciones que representa. Se han experimen-

tado con modelos: a) para nodos de red representando a PC's de escritorio, laptops, routers, hubs y conmutadores; b) simples dispositivos de red Ethernet hasta dispositivos IEEE 802.11 más complejos; c) Canales de comunicación, que representan el medio para enviar la información entre dispositivos d) protocolos de comunicación modelando las RFC's y otros protocolos aun o estandarizados. Avanzaremos en experimentar con modelos de simulación sobre encabezados y paquetes.

OMNeT++ es normalmente referido como un simulador de red, cuando en realidad no lo es. Incluye todos los elementos necesarios para la simulación, pero no posee componentes específicos para redes de computadoras, colas u otros. Las simulaciones de red se realizan utilizando otros entornos, en nuestro caso Castalia (11). OMNeT++ está formado por un núcleo en C++ y una librería de clases para el compilado de los módulos de simulación, de los cuales se ha experimentado en tanto en entorno gráfico (Eclipse) como en consola (Shell) sobre análisis de topología y encaminamiento en WSN, BAN y redes de dispositivos incorporados de baja potencia. Se pretende utilizarlo en simulaciones para el análisis de canales inalámbricos y modelo radial.

## Formación de Recursos Humanos

Se encuentran afectados dos profesores-investigadores y se desarrollan una tesis de Maestría y 2 tesinas de grado en el marco del proyecto.

## Trabajos Citados

1. *Shawn: A new approach to simulating wireless sensor networks*. **Kroller, A., Pfisterer, D., Buschmann, C., Fekete, S. P., y Fischer, S.**

s.l.: Proceedings of Design, Analysis, and Simulation of Distributed Systems (DASD05), 2005, págs. 117-124.

2. **Sosa, E.** Contribuciones al Establecimiento de una Red Global de Sensores Inalámbricos - Tesis Doctoral. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata, 2011.

3. **Li, Xiang-Yang.** *Wireless Ad Hoc and Sensor Networks - Theory and Applications*. Illinois Institute of Technology: Cambridge University Press, 2008. ISBN:9780521865234.

4. **Universidad de Braunschweig.** Swarmnet. [En línea] [Citado el: 15 de Oct de 2011.] <http://www.swarmnet.de>.

5. **WISEBED.** Wireless Sensor Networks Testbed. [En línea] [Citado el: 20 de Ene de 2012.] <http://www.wisebed.eu>.

6. **IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee.** IEEE 802 Working Group. [En línea] [Citado el: 10 de Feb de 2012.] <http://grouper.ieee.org/groups/802/dots.shtml>.

7. **Holger Karl, Andreas Willig.** *Protocols and architectures for wireless sensor networks*. s.l.: John Wiley and Sons, 2005.

8. **Pfisterer, Dennis.** Comprehensive Development Support for Wireless Sensor Networks - Tesis Doctoral. Lübeck: s.n., 2007.

9. *Shawn: The fast, highly customizable sensor network simulator*. **Fekete S., Kröller A., Fischer S., Pfisterer D.** s.l.: Proceedings of the Fourth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS 2007), 2007.

10. *Simulation Tools for Wireless Sensor Networks*. **Egea-López, E., y otros.** 2005. Summer Simulation Multiconference - SPECTS 2005. págs. 1-9.

11. Castalia 3.0. [En línea] <http://omnetpp.org/component/content/article/9-software/3679-castalia-30-released>.