

# Implementación del protocolo AODV en el simulador de redes Shawn

Fabián Favret<sup>a</sup>, Hernán Bareiro<sup>b</sup>, Diego Godoy<sup>c</sup>, Juan Bentiez<sup>d</sup>,  
Mauricio Selzer<sup>e</sup>, Anibal Correa<sup>f</sup>, Eduardo Sosa<sup>g</sup>

Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (C.I.T.I.C.)  
Departamento de Ingeniería y Ciencias de la Producción-Universidad Gastón Dachary  
Av. López y Planes 6519- Posadas, Misiones, Argentina. Teléfono: +54-376-4438677

{efabianfavret<sup>a</sup>, hbareiro<sup>b</sup>, diegodoy<sup>c</sup>, juan.benitez<sup>d</sup>}@citic.ugd.edu.ar;  
{maurichampy<sup>e</sup>, anibalfranciscocorrea<sup>f</sup>}@gmail.com; eososa@unam.edu.ar<sup>g</sup>

## Resumen

Las Wireless Sensor Network (WSN) conforman un tipo único de red que están formadas por un gran número de nodos con recursos limitados. Existe un interés creciente sobre la metodología y supuestos utilizados en la simulación de una WSN, hardware idealizado, protocolos simplificados y modelos de radios poco realistas que conducen a resultados erróneos. Es por ello que en este trabajo se propone la implementación del protocolo Ad hoc On demand Distance Vector (AODV) en el simulador de red Shawn [1].

**Palabras claves:** Protocolo Ad hoc On demand Distance Vector, Simulador Shawn, Wireless Sensor Network

## Contexto

El trabajo presentado en este artículo tiene como marco el proyecto de investigación denominado “Tecnologías para Desarrollos Sostenibles de Ciudades Inteligentes”, registrado actualmente en la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la Universidad Gastón Dachary (UGD) con el número Código IP A10002/19 y radicado en el Centro de Investigación

en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de dicha universidad.

El mismo fue incorporado como proyecto aprobado en el llamado a presentación interna de la UGD de proyectos de investigación N°10 mediante la Resolución Rectoral (R.R.) 44/A/2019 y es una continuidad de los Proyectos Simulación en las TICs: Diseño de Simuladores de Procesos de Desarrollo de Software Ágiles y Redes de Sensores Inalámbricos para la Industria y la Academia. R.R. UGD N° 07/A/17 y Simulación como herramienta para la mejora de los procesos de software desarrollados con metodologías ágiles utilizando dinámica de sistemas, R.R. UGD N° 18/A/14 y R.R. UGD N° 24/A/15.

Entre las líneas con mayores resultados dentro del proyecto referido, se encuentran: Construcción de una plataforma de gestión y simulación de datos de redes de sensores inalámbricos, una interfaz web para el simulador de WSN Shawn, sistemas de gestión de residuos de la ciudad de Posadas con tecnologías de Internet de la cosas, sistema de monitoreo de la temperatura en el proceso de secado del Té.

## Introducción

Las WSN se utilizan en varios campos del mundo real, estas son capaces de detectar de manera eficiente diferentes

magnitudes (temperatura, humedad, luminosidad, etc.) con alta precisión y con un consumo bajo de energía. Los avances y reducción de costos en dispositivos electrónicos y de comunicación inalámbrica, hicieron posible el desarrollo de estos dispositivos [2].

Esto conlleva a que el estudio de las WSN se ha convertido en un área de investigación de gran interés y de rápido desarrollo. Sin embargo, antes de cualquier despliegue de nodos o una optimización/modificación realizada a algún algoritmo de la WSN se debe evaluar el impacto de este cambio mediante la simulación. Esta proporciona un método rentable de evaluar la conveniencia antes de la implementación real.

Existen varios simuladores de redes ampliamente utilizados incluyendo: NS-2<sup>1</sup>, NS-3<sup>2</sup>, OPNET<sup>3</sup>, MATLAB<sup>4</sup> y OMNET++<sup>5</sup>, solo por nombrar algunos. La velocidad de procesamiento para redes grandes o pequeñas es limitada, aunque el aspecto funcional de los simuladores es importante, no se puede descuidar su velocidad de ejecución. Los sensores en un simulador se basan en operaciones independientes, y por lo tanto, un sensor usa un hilo de procesamiento. Por esta razón, un aumento en el número de nodos ralentiza significativamente la velocidad de simulación [3].

---

<sup>1</sup> NS-2 - The Network Simulator - <https://www.isi.edu/nsnam/ns/>

<sup>2</sup> NS-3 - Ns Network Simulator 3 is a open source software - <http://ns3-code.com/ns-network-simulator-3/>

<sup>3</sup> Opnet - Optimun Network Performance - <http://opnetprojects.com/>

<sup>4</sup> Matlab - MATrix LABoratory, <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>

<sup>5</sup> OMNeT++ - Discrete Event Simulato - <https://omnetpp.org/>

Una WSN está compuesta por una gran cantidad de nodos (cientos o miles), mientras que los escenarios futuros anticipan redes de varios miles de millones de nodos, lo cual compromete la elección del simulador. Una de las características más importantes que poseen los nodos en redes WSN es la habilidad de crear redes autónomas, donde todos los nodos son de gran importancia ya que se encargan del encaminamiento de todos los mensajes de control e información. Un nodo no solo monitorea y mide ciertos fenómenos, sino también entrega datos recopilados. Por lo tanto, cada nodo debe ser un enrutador inalámbrico además de ser un simple dispositivo de detección [4].

Debido al progreso dinámico en el campo de las WSN se están realizando importantes investigaciones con los protocolos de encaminamiento, ya que no todos nos ofrecen las mejores condiciones [5]. Específicamente el protocolo AODV es uno de los más investigados. En AODV la eficiencia energética es un problema crítico para los dispositivos móviles alimentados por batería en las redes. Donde el enrutamiento basado en parámetros relacionados con la energía se utiliza para extender la vida útil de la red [6].

La creciente complejidad y las limitaciones de baja potencia de las actuales WSN requieren metodologías eficientes para la simulación de redes y el análisis del rendimiento del software integrado de los nodos. En [7] la optimización del protocolo AODV realizado por los autores, utilizan el simulador OMNET++ en un escenario con pocos nodos debido a la problemática mencionada en los simuladores, debido al costo computacional que implica realizar las simulaciones y los requerimientos de hardware de alto rendimiento. Como es de esperar, existen muchos escenarios

donde estas redes consistirán en miles de nodos, por lo que un simulador debe ser capaz de operar con tantos nodos, para solucionar la problemática y lograr aumentar la velocidad de la simulación. El simulador Shawn propone la sustitución de modelos de bajo nivel con modelos abstractos e intercambiables, es decir, simular el efecto causado por un fenómeno y no el fenómeno en sí mismo, con este enfoque se logra simular una red grande en tiempos razonables. Shawn fue desarrollado con el objetivo de contar con una escalabilidad superior, donde es posible ejecutar con éxito simulaciones con más de 100.000 nodos en computadoras con hardware estándar [1]. Pero este simulador aún no cuenta con la implementación del protocolo AODV.

### **Línea de Investigación y Desarrollo**

En esta línea de investigación se propone implementar el protocolo de enrutamiento AODV en el motor del simulador Shawn.

Las simulaciones por computadora son un medio prometedor para abordar la tarea de la ingeniería de los algoritmos y protocolos para WSN. Hay varias herramientas de simulación disponibles que reproducen los efectos del mundo real dentro del entorno de simulación, tal como las propiedades de propagación de radio y las influencias ambientales. Estas herramientas disminuyen los esfuerzos necesarios, en comparación a las implementaciones en el mundo real y, por lo tanto, puede ayudar a aumentar el tamaño de la red, entre otras ventajas.

Sin embargo, las simulaciones detalladas de estos sistemas pueden requerir una cantidad excesiva de tiempo de Central Processing Unit (CPU). Por ejemplo, no es inusual que en las simulaciones de grandes redes se

requiere cientos de horas o incluso días para obtención de resultados finales. Como consecuencia, el desarrollo de métodos para acelerar las simulaciones ha recibido recientemente un gran interés. La creciente demanda de simulación de sistemas grandes y complejos provocó nuevos desafíos en la comunidad de simulación de eventos discretos paralelos y distribuidos. Que requieren no solo la extensión y avance en las metodologías actuales de simulación paralela y distribuida, sino también el descubrimiento de enfoques y técnicas innovadoras para hacer frente a las expectativas de rápida expansión de los diseñadores de redes inalámbricas[8].

### **Simulador Shawn**

Shawn es un simulador de eventos discretos, de código abierto, para WSN escrito en el lenguaje de programación C++. Brinda soporte para el desarrollo y prueba de algoritmos de alto nivel, así como los protocolos de red distribuidos. El objetivo principal de éste simulador es reemplazar los efectos a bajo nivel de una red, con modelos abstractos intercambiables de manera que se pueda utilizar en la simulación de grandes redes dentro de un tiempo razonable. Es por ello que un aspecto crítico en el diseño de Shawn es el de poder realizar exitosamente simulaciones de una red con más de 100.000 nodos.

El significado del término “simulación” puede variar en gran medida entre investigadores y publicaciones científicas. Es importante distinguir los distintos enfoques. El primer enfoque proporciona una imagen precisa de lo que ocurre en las redes reales y cómo los protocolos interactúan entre sí a costa de los recursos que demandan su simulación, lo que lleva a problemas de escalabilidad. Dicho de otra manera, se basan en la simulación de fenómenos físicos, tales como características de propagación de señal de radio y

protocolos de capa Open System Interconnection (OSI), por ejemplo, control de acceso al medio. El segundo enfoque se centra en los aspectos de los algoritmos realizando abstracciones de las capas de bajo nivel. Emplea modelos abstractos del mundo real, en lugar de simular hasta el nivel de bits. Su propósito es el análisis de la estructura de la red, así como el diseño y evaluación de algoritmos (y no de los protocolos) [1].

El enfoque central de Shawn es el segundo mencionado anteriormente, es decir, simular el efecto causado por un fenómeno, no el fenómeno en sí. Dado su diseño en la mayoría de los aspectos en Shawn, se puede elegir entre una implementación de modelo abstracto, simplificado o realista [1]. Un ejemplo de esto es, que en lugar de simular una capa MAC completa que incluye un modelo de propagación de radio, en Shawn únicamente se modelan sus efectos, es decir, la pérdida de paquetes y la corrupción. Un usuario puede seleccionar la granularidad y el comportamiento y, por lo tanto, puede adaptar la simulación a sus necesidades específicas.

Este tipo de modelado se adapta específicamente al paradigma de una WSN, donde el foco de la investigación de un problema de software está en entender la estructura fundamental de la red. Una tarea que a menudo está a un nivel por encima de los detalles técnicos referentes a los nodos individuales y los efectos de bajo nivel.

Shawn difiere de otras herramientas de simulación, en que no compite con estas en el área de simulación de pila de red. El objetivo principal es apoyar los pasos necesarios para lograr una implementación completa de protocolos o algoritmos. Brindando un comportamiento de red que permita obtener rendimiento y velocidad de desarrollo [1].

## Arquitectura de Shawn

La arquitectura de Shawn se puede dividir en tres partes principales:

- los modelos,
- el secuenciador, y el
- ambiente de simulación

Todas las partes de Shawn son influenciadas por uno o más modelos, que son la clave de su flexibilidad y escalabilidad. Shawn hace una distinción entre lo que es un modelo y su respectiva implementación.

Un modelo es una interfaz que utiliza Shawn para controlar el proceso de simulación sin ningún tipo de conocimiento de cómo puede ser la implementación para un propósito específico. Shawn posee un repositorio de implementaciones de modelos básicos, que se pueden utilizar en la simulación general, para generar un comportamiento específico.

El secuenciador de Shawn es el encargado de controlar la simulación en general, prepara el mundo en el que viven los nodos simulados, crea instancias y parámetros para la implementación los modelos según las entradas de configuración.

El ambiente de simulación es el mundo virtual en el cual todos los objetos de la simulación residen. Dos de esos objetos que son de principal interés para el usuario son los nodos y los procesadores. Los usuarios pueden desarrollar sus propias implementaciones y utilizar los procesadores a tal fin.

Un nodo puede contener  $n$  procesadores, permitiendo de esta manera que múltiples aplicaciones puedan ser combinadas en una sola corrida de simulación, sin cambiar sus implementaciones internas. Por ejemplo, un procesador podría implementar un protocolo específico,

mientras que otro procesador recopila datos estadísticos.

## Resultados y objetivos

### Objetivo General

Implementar el protocolo de ruteo AODV para ser utilizado con el motor de simulación Shawn.

### Objetivos específicos

- Comprender el funcionamiento interno del protocolo de ruteo AODV y del simulador Shawn,
- Modelar e implementar protocolo de ruteo AODV en Shawn a nivel de usuario o capa de aplicación.
- Validar el funcionamiento de la implementación teniendo en cuenta el Request for Comments (RFC) 3561<sup>6</sup>.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo se encuentra formado por tres investigadores, un Doctor en Tecnologías de la Información; un Maestreado en Tecnologías de la Información, un Ingeniero en Informática y ocho estudiantes en período de realización de trabajos finales de grado de Ingeniería en Informática en la UGD. Actualmente, el número de tesinas de grado aprobadas en el contexto de este proyecto, es de dos, y otras dos en proceso de desarrollo.

## Bibliografía

- [1] S. F. A. Kroeller, D. Pfisterer, C. Buschmann, S. Fekete, "Shawn: A new approach to simulating wireless sensor networks," *arXiv preprint cs/0502003*, 2005.
- [2] A. G. G. Mercado, R. Borgo, "RED SIPIA: Red de Sensores Inalámbricos para Investigación Agronómica," pp. 37–41, 2011.
- [3] A. N. Kang, H.-W. Kim, L. Barolli, and Y.-S. Jeong, "An Efficient WSN Simulator for GPU-Based Node Performance," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 9, no. 10, p. 145863, Oct. 2013, doi: 10.1155/2013/145863.
- [4] P. Z. B. Musznicki, "Survey of Simulators for Wireless Sensor Networks," *International Journal of Grid and Distributed Computing*, vol. 5, no. 3, pp. 23–50, 2012.
- [5] S. Medina, "Comparativa de los protocolos AODV y OLSR con un emulador de redes Ad hoc," *Univ. Politec. Cataluña*, 2006.
- [6] M. J. L. X. Jing, "Energy-aware algorithms for AODV in ad hoc networks," *Proceedings of Mobile Computing and Ubiquitous Networking*, pp. 466–468, 2004.
- [7] H. B. J.D. Benitez, F. Favret, D. Godoy, "Ampliando la vida útil de las WSN por medio de los protocolos de ruteo, modificación de AODV," *Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI)*, pp. 152–157, 2017.
- [8] J. O. L. Barriere, P. Fraigniaud, L. Narayanan, "Robust position-based routing in wireless ad hoc networks with irregular transmission ranges," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 3 Nro 2, pp. 141–153, 2003.

---

<sup>6</sup> IETF - Internet Engineering Task Force - <https://tools.ietf.org/html/rfc3561>