

Hacia una Red Global de Sensores Inalámbricos Interconectados

Eduardo Omar Sosa¹, Francisco Javier Díaz², Luis Armando Marrone²

⁽¹⁾Secretaría de Investigación y Posgrado; Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales; Universidad Nacional de Misiones.

⁽²⁾Laboratorio de Nuevas Tecnologías Informáticas (LINTI), Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata

eososa@fceqyn.unam.edu.ar; {javierd, lmarrone}@linti.unlp.edu.ar

Resumen

Las redes de sensores inalámbricos (WSN) son una de las tecnologías fundamentales en la Internet del futuro, y representa la expansión de Internet al mundo real, permitiendo acceder a indicadores que pueden ser consultados en tiempo real. Si a estos sensores que reportan información valiosa para nuestras actividades, les añadimos la capacidad de comunicación inalámbrica y la habilidad de formación de redes ad hoc, estamos en presencia de una WSN.

El objetivo principal de este proyecto es instalar una red de sensores en nuestro país, para interactuar con instalaciones similares en Europa.

Analizar el comportamiento de una gran cantidad de sensores, precisa ineludiblemente de simulaciones, resultando esta herramienta adecuada para el análisis de escalabilidad y cuestiones de performance; parámetros de difícil determinación en campo.

Como plataforma base para el proyecto se han utilizado equipos con un módulo principal

iSense (1), equipos que se proporcionan junto a un firmware operativo y de red, permitiendo la generación rápida de aplicaciones pequeñas pero muy completas.

Palabras clave: Redes de Sensores, WSN, simulaciones

Contexto

Como fruto de visitas a Institutos de Investigación de Alemania durante los años 2002 y 2007, se fijaron tres iniciativas concretas: 1) firma de una carta de intención de cooperación mutua entre las Universidad Nacional de Misiones y el Instituto de Telemática de la Universidad de Lübeck, 2) Desarrollo de un proyecto conjunto de establecimiento en nuestro país de una Red de Sensores Inalámbricos como herramienta para la investigación y desarrollo en el tema de las WSN, y 3) Realización de un trabajo de tesis de doctorado en la Universidad Nacional de La Plata sobre el tema “Redes Inalámbricas Ad Hoc y de sensores”.

Introducción

Mark Weiser, el creador del término “Ubiquitous Computing” ha predicado que el método de investigación a ser aplicado para esta rama de la telemática es el método científico estándar de experimentación computacional **(2)**, es decir: construir modelos prototipos de una infraestructura en suficiente cantidad para ir corrigiendo y modificando la viabilidad del sistema. Con ello nos utilizamos a nosotros mismos como conejillos de indias.

Los avances alcanzados en la tecnología de las redes inalámbricas, nos han colocado en la puerta de una nueva era, en la cual pequeños equipos inalámbricos nos proveerán acceso a la información en cualquier momento y en cualquier lugar, permitiéndonos asimismo participar activamente en la creación de “*espacios inteligentes*” **(3)**.

La computación ubicua tiene que ver, y está íntimamente relacionada, con la evolución de los dispositivos electrónicos. Esta revolución se materializa a través de la miniaturización de los dispositivos y la mayor sociabilización de los contenidos en red. Así, hoy es posible realizar simulaciones numéricas para estudiar y analizar fenómenos utilizando métodos computacionales, los que se volverían prohibitivos si se pretendiera realizarlos por métodos empíricos. De esta manera encuadra a un gran número de tecnologías y aplicaciones, desde dispositivos móviles, artefactos “inteligentes” para propósitos especiales (hornos, heladeras, etc.), hasta los juegos domiciliarios en red.

El advenimiento de las numerosas y variadas simulaciones en los diversos campos de las ciencias se han producido como consecuencia del crecimiento exponencial de las propiedades y capacidades de los semiconductores que fue-

ran desarrollados por la industria en los últimos años. De acuerdo a la ley de Moore, el número de transistores, y por ende la capacidad de almacenamiento y cálculo de un circuito; se duplica cada uno ó dos años **(4)**. Por ello, en la actualidad, es un desafío establecer y orientar los estudios hacia las regiones del conocimiento donde las TICs, convergen apuntalando a las ciencias.

Hoy se está experimentando en las TICs los efectos del vasto número de objetos heterogéneos existentes en una red descentralizada, fundamentalmente en los efectos de escala en la interacción entre hardware, software, algoritmos y datos **(5)**; donde la mayoría de los fenómenos ocurren sorpresivamente y no como una definición del diseño.

Una WSN consiste en una serie de dispositivos distribuidos desordenadamente en un área geográfica dada. Cada nodo posee capacidad de comunicación inalámbrica, de procesamiento de la información obtenida y fundamentalmente, cada uno de los nodos es capaz de promover el establecimiento de una red de datos eficiente. Estas han trascendido el ámbito académico-científico, habiéndose vuelto una realidad en cuanto a la utilidad práctica de la tecnología. El alcance y diversidad de las aplicaciones de las redes de sensores, los requerimientos, diseños y plataformas son virtualmente ilimitados **(6)**.

Las redes de sensores inalámbricos son una de las tecnologías fundamentales en la Internet del futuro, y representa la expansión de Internet al mundo real. Un aspecto sobresaliente de “Internet del Futuro” es la utilización de tecnología sumamente compleja, entre las que se puede establecer la utilización de una red de sensores de una manera totalmente transparente al usuario. Con ellos tiende a favorecer la integración de las redes fijas a las nuevas tecnologías de “conectividad móvil”.

WISEBED (7). forma parte de la “Estrategia Europea para Internet del Futuro”, la que se está discutiendo a nivel nacional en Alemania y respaldada en su accionar, por la Sociedad Alemana de Informática.

La génesis de las WSN se ha basado en el desarrollo de una serie de nodos por parte de la UCB en California. Los primeros equipos se denominaron nodos Mica (8). Por razones operativas, y debido a partes del hardware poco confiables en estos equipos, los mismos evolucionaron a los nodos Mica2 (9), Mica2Dot y MicaZ (10). El Mica2, como sucesor de los nodos Mica, proporciona una mejor interfaz de radio y diseño. El nodo Mica2Dot es bastante más pequeño que Mica2 y bastante más accesible en cuanto a precio. El nodo MicaZ se caracteriza porque reemplaza el sistema de radio propietario por otro compatible del tipo IEEE 802.15.4. Como nodo sucesor de Mica2 aparece el Telos (11), (12) en 2004. Teniendo en cuenta la disponibilidad de equipamiento, se ha adoptado para el proyecto la plataforma iSense.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo, prueba, configuración y puesta en marcha de una infraestructura de red de sensores inalámbricos. Esta infraestructura, a nivel piloto, ha sido pensada para ser utilizada para fines de investigación orientada a una visión interdisciplinaria que abarque los aspectos del hardware, software, algoritmos y datos. Una vez que la red se encuentre operativa, se integraría al consorcio WISEBED como la primera WSN no europea.

Se pretende demostrar que la heterogeneidad de dispositivos de pequeñas dimensiones y instalaciones piloto existentes, pueden unirse para formar estructuras a gran escala bien organizadas; diferentes de las grandes redes actuales, permitiendo una investigación cualitativa y cuantitativa a una escala mucho mayor, afron-

tando los cambios dinámicos de escenarios, infraestructura y composición de nodos.

Actualmente, no existe en nuestro país una red de sensores establecida que pueda servir como estación piloto para alguna inquietud de investigación y/o desarrollo. Como consecuencia de este trabajo, se establece una red básica de sensores, la cual servirá para el desarrollo e investigación de distintos grupos dedicados al tema en nuestro país.

Se aportan elementos al establecimiento de una red global de sensores donde los humanos (agentes inteligentes), y computadoras potentes interactúan con las WSN piloto, distinguiéndose tres subdominios en la red global: Una red superior ya existente, donde los distintos nodos ejecutan las aplicaciones en potentes computadoras que pueden interconectarse vía Internet u otras redes globales; los dispositivos sensores que forman una red piloto y se comunican entre sí por medio inalámbrico; y un portal de servidores, formado por nodos que controlan las redes piloto, y permiten la interacción entre los nodos de la red superior y los dispositivos de la WSN.

La simulación por computadora ha permitido en este proyecto experimentar fácilmente con ambientes virtuales, alcanzando un nuevo nivel de detalle el análisis de las aplicaciones naturales y artificiales. Además proporciona una gran ayuda en el diseño y análisis de aplicaciones complejas.

Se conoce de la complejidad de modelar analíticamente a las WSN, dado que se tiende a realizar análisis simplificados. Toda simulación requiere de un modelo apropiado basado en fundamentos teóricos, y sobre todo, de fácil implementación práctica (13), dado que los resultados de la simulación se extrapolan del escenario particular de análisis, con determinadas presunciones, que ciertas veces no encierran

al comportamiento real de las WSN. Con ello se compromete seriamente la credibilidad de las simulaciones.

Hoy en día, existen una gran cantidad de herramientas para simular WSNs. El más reconocido de ellos es el Network simulator-2 (Ns-2) (14). El objetivo de estas herramientas de simulación es ser lo más "realista" posible simulando efectos físicos, datos y codificación de mensajes, efectos de la interferencia inalámbrica, las limitaciones del procesador, etc. Sin embargo, una alta precisión produce tiempos más prolongados en la tarea de simulación. Por otra parte, el gran número de factores que influyen en el comportamiento de la red en su conjunto hace que sea casi imposible aislar a un parámetro específico de interés.

En este proyecto hemos avanzado creando una red prototipo de sensores tanto para aprender sobre las implicaciones prácticas de la tecnología aplicada, como también avanzar en este campo de las TICs, presentándola como uno de los desafíos de la Internet del futuro.

Líneas de investigación y desarrollo

En el marco del proyecto se pretenden articular las siguientes temáticas: a) Modelado y simulación; b) Transferencia de Tecnología, c) Transferencia del Know-how d) Formación de grupo de trabajo; e) Cooperación Internacional.

Resultados y Objetivos

El proyecto *“Hacia una Red Global de Sensores Inalámbricos Interconectados. Un ensayo experimental Argentino-Alemán”*, presentado al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (MINCYT) y al Bundesministerium für

Bildung und Forschung (BMBF) de Alemania como un proyecto del Programa de Cooperación Científico-Tecnológico entre ambos países ha sido aprobado bajo el código AL0807 y a la fecha se encuentra operativo.

Los objetivos planteados con las líneas de investigación y desarrollo son: **a) Modelado y simulación:** análisis de sistemas complejos que requieren estudios previos a la instalación física ó a la modificación de una instalación existente por medio de construcción de modelos donde se realiza el estudio para obtener conclusiones aplicables al sistema real; ensayando un conjunto de alternativas, **b) Transferencia de Tecnología,** fundamentalmente para i) Transferir conocimiento y habilidades, ii) Impulsar el desarrollo, formación y capacitación de los integrantes iii) Incrementar el interés por las actividades de investigación y formación académica, iv) generar nuevos en las áreas de innovación tecnológica, **c) Transferencia del Know-how:** Transferencia del Know-how por parte de la contraparte alemana del proyecto en lo referente a la tecnología a ser utilizada. Estas tareas se realizaran con el fin de: i) Comprender e interpretar la arquitectura del hardware, como el software necesario en los nodos sensores de la red a instalar, ii) Transmitir experiencias como las prevenciones necesarias para la operación de esta tecnología en el ámbito de operación, iii) Capacitar de los participantes argentinos en el desarrollo de aplicaciones para los nodos iv) actividades presenciales, prácticas y virtuales (teleconferencias), **d) Formación de grupo de trabajo:** Formación y capacitación de un grupo de trabajo sobre la temática de las WSN y **e) Cooperación Internacional:** entre Alemania y Argentina propendiendo a un desarrollo conjunto en el área de las WSN.

Formación de Recursos Humanos

El grupo de trabajo dedicado al proyecto esta constituido por dos docentes-investigadores de la Universidad de La Plata, uno de la Universidad de Misiones y dos de la Universidad de Lübeck. Se ha producido una tesis doctoral en Ciencias Informáticas, la que actualmente está siendo evaluada por el jurado correspondiente.

Trabajos citados

1. Bridging the gap between virtuality and reality [Online] 2010. [http://www.coalesenses.com/index.php?page=isense-solar-system.
2. *The world is not a desktop*. **Weiser, Mark**. 1, Enero 1994, Interactions, Vol. 1, pp. 7-8.
3. *A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models*. **S. Tilak, N. Abu-Ghazaleh, and W.Heinzelman**. 2, s.l. : ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R), 2002, Vol. 6. S. Tilak, N. Abu-Ghazaleh, and W..
4. *Overview of sensor networks*. **D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava**. August 2004, IEEE Computer, pp. 37(8):41–49.
5. **Georgios Tselentis, Alex Galis, Anastasius Gavras, Srdjan Krco, Volkmar Lotz, Elena Simperl, Burkhard Stiller, Theodore Zahariadis, [ed.]**. *Towards the Future Internet - Emerging Trends from European Research*. 2010. Hamburg Vol. 1. 978-1-60750-538-9.
6. *A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks*. **Arampatzis, Th., Lygeros, J. and Manesis, S.** s.l. : Intelligent Control, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation. . pp. 719-724.
7. **WISEBED**. Wireless Sensor Network Testbeds. [Online] 2008. <http://www.wisebed.eu/>.
8. *Mica: A Wireless Platform for Deeply Embedded Networks*. **Hill, J. and Culler, D.** Berkeley, CA : s.n., 2002, IEEE Micro, pp. 12-24.
9. **Crossbow**. Crossbow MICA2 868, 916 MHz. [Online] <http://www.xbow.com/Products/productdetails.aspx?sid=174>.
10. **Crossbow**. Crossbow MICAz 2.4GHz. [Online] [Cited: Mayo 2010, 15.] <http://www.xbow.com/Products/productdetails.aspx?sid=164>.
11. **Crossbow**. Crossbow TelosB. [Online] <http://www.xbow.com/Products/productdetails.aspx?sid=252>.
12. **Polastre, J., Szewczyk, R. and Culler, D.** Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research. [Online] Computer Science Department - University of California, Berkeley, 2005. <http://www.polastre.com/papers/spots05-telos.pdf>.
13. *Simulation Tools for Wireless Sensor Networks*. **Egea-López, E., et al.** 2005. Summer Simulation Multiconference - SPECTS 2005. pp. 1-9.
14. *A Visualization and Analysis Tool for NS-2 Wireless Simulations: iNSpect*. **S., Kurkowski, et al.** Washington D.C. : IEEE Computer Society, 2005. Proc of the 13th IEEE international Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems. MASCOTS. pp. 503-506.

