

# Internet del Futuro y Ciudades Inteligentes

Eduardo O. Sosa<sup>(1,a)</sup>; Diego A. Godoy<sup>(2)</sup>; Raúl Neis<sup>(2)</sup>; Gabriel Motta<sup>(2)</sup>; Raúl Luft<sup>(2)</sup>; Darío Sosa<sup>(2)</sup>; Hernán Bareiro<sup>(2)</sup>; Paola Quiñones<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, UNaM

<sup>(2)</sup> Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (CITIC). Universidad Gastón Dachary

es@fceqyn.unam.edu.ar; diegodoy@citic.ugd.edu.ar, {raulneis, mottitag, raulluft, suedrosa, hernanbareiro, paola4280}@gmail.com

## Resumen

En este documento se presentan los avances de una serie de trabajos en proceso en el marco de proyectos de investigación desarrollados tanto en la Universidad Nacional de Misiones como en la Universidad Gastón Dachary relacionados con la Internet del Futuro y Ambientes Inteligentes. Los trabajos presentados son: Simulación de Redes de Sensores Remotos mediante interfaz basada en la Web, Contribución a la Gestión de Residuos Domiciliarios como una Aplicación en Ciudades Inteligentes y una Plataforma para la publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricos, orientada a la visión de la Internet de las Cosas.

**Palabras clave:** Internet del Futuro, Ciudades Inteligentes, Redes de Sensores Inalámbricos.

## Contexto

El trabajo presentado aquí se realiza en el marco de diversos proyectos de investigación en la Secretaría de Investigación y posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones sobre el tema “Internet del Futuro” e “Internet de las Cosas”, a saber: Proyecto 16Q457 “Hacia la Programación de Sensores Inalámbricos en la Forma web 2.0”, proyecto 16Q474 “Simulaciones de Sistemas Modernos de Comunicación” y el proyecto (en evaluación) “Ambientes Inteligentes. Una Mirada a Internet del Futuro”. Asimismo del proyecto de investigación denominado “Diseño de arquitecturas de soporte a la Internet del Futuro y Ambientes Inteligentes para Ciudades Inteligentes” que se ha formalizado por la resolución (19/A/12) de la Universidad Gastón

Dachary mediante el llamado al 5to Concurso de Proyectos de Investigación en 2012.

## Introducción

El continuo avance de la ciencia y la tecnología a lo largo del tiempo ha conllevado a un sinnúmero de innovaciones. Basta observar los avances que se han experimentado en la astronomía, basados en la mejora y evolución de las tecnologías de desarrollo de telescopios; como también los progresos a los largo de las últimas décadas en las ciencias médicas con todo lo referente al mundo microscópico. Cada una de estas innovaciones ha tenido que ver, indudablemente, con el desarrollo explosivo de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Hoy es posible realizar medidas y cálculos a partir de las imágenes obtenidas por unidades satelitales, utilizando avanzados algoritmos computacionales para el cálculo.

Mark Weiser, conocido como el padre de la computación ubicua, a principios de los años 1990 ha apostado a la mencionada teoría, la que debería evolucionar hasta interactuar con los diferentes usuarios de las tecnologías[1],[2]. Estos principios enunciados originalmente por Weiser han sido validados por diferentes investigadores y estudiosos, convirtiéndose en un escenario cierto en el futuro cercano.

Los entornos inteligentes -hogares, oficinas, escuelas, y por supuesto ciudades; etc.- representan entornos avanzados TIC's en las cuales interaccionan objetos de uso cotidiano en continua evolución para usuarios no experimentados. Los entornos inteligentes han surgido rápidamente como un paradigma nuevo y emocionante que tiende a incluir diferentes

campos de investigación de la computación ubicua, o pervasiva, y en red.

La domótica, o smart-home, comprende varios enfoques, pero siempre tiende a una mejor calidad de vida de los habitantes. Los diversos enfoques van desde la mejora en la vida diaria, a permitir una vida más independiente para las personas mayores y los discapacitados. La tarea de los objetos inteligentes, implantados en artículos de uso diario, es detectar el entorno inmediato usando varios tipos de sensores, para luego procesar esta información. Esta función asigna un tipo de inteligencia artificial a los objetos comunes y bien conocidos y permite el procesamiento integral de información y la interconexión de casi cualquier tipo de objeto cotidiano[3].

La computación ubicua encuadra a un gran número de tecnologías y aplicaciones; desde dispositivos móviles utilizados diariamente, pasando por artefactos "inteligentes" para propósitos especiales (hornos, heladeras, etc.) y hasta a los juegos domiciliarios en red. 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 disponibles. 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 o 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.

La existencia de las numerosas y variadas simulaciones en los diversos campos de las ciencias son consecuencia del crecimiento exponencial de las propiedades y capacidades de los semiconductores que fueran

desarrollados por la industria en los últimos años. 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.

La convergencia de sistemas de computación ubicuos embebidos en objetos de todos los días, los cuales se comunican inalámbricamente, con interfaces de nueva generación, sensores de diversos tipos, agentes inteligentes, sistemas de personalización, etc., tienden a conformar una inteligencia ambiental que nos rodea potenciando nuestras capacidades cognitivas. En tales ambientes el objetivo es proporcionar servicios informáticos y de comunicación de una manera mucho más simple, cómoda, agradable y transparente, donde los usuarios puede acceder de forma remota y controlar la información y aplicaciones en su entorno utilizando los diversos servicios derivados de la cooperación integrada de objetos heterogéneos intercomunicados entre sí.

Los aparatos que compondrán este ambiente aprenderán de las necesidades de las personas y luego las anticiparán. Crearán un ambiente inteligente, a nuestra disposición. La Inteligencia Ambiental está centrada en la persona; basados en ordenadores emocionales, nano-tecnología, vida artificial, sistemas virtuales, ubicuidad, biometría, sistemas de personalización, agentes inteligentes, Papel Electrónico, Bioclimas activos, cientos de microcomputadoras embebidas en la ropa, en los muebles, sensores inalámbricos, etc.

La posibilidad de acceder a una gran cantidad de información y proceder al procesamiento de la misma implica la existencia de una gran cantidad de elementos distribuidos en un determinado entorno físico que constituyen redes entre ellos. Este proyecto

pretende proponer algunas herramientas que serán aplicables a los entornos inteligentes del futuro.

De la misma manera, la globalización tecnológica ha transformado el orden del conocimiento y la innovación a escala global en un período de tiempo increíblemente corto, provocando con ello nuevos desafíos y aparición de oportunidades. La única manera que las ciudades, como elemento organizado, puedan competir en este nuevo entorno, e siendo cada vez más innovadoras y capaces de responder de manera efectiva a las preferencias y necesidades de sus ciudadanos. El concepto de Ciudades Inteligentes está muy extendido en el contexto europeo y en algunos países de Asia, donde estas tecnologías se despliegan en el mundo real no solo con el fin de analizar su viabilidad, sino también para considerar su impacto socio-económico. Las ciudades conforman así, hace un buen tiempo, un tecnopaisaje urbano en nuestra sociedad. Con ello están dando paso a un nuevo modelo productivo basado en el conocimiento, y en la utilización del mismo como aporte de soluciones técnicas que se ocupan de una mejor calidad de vida y de la sustentabilidad. Sin embargo se observa escasa actividad incipiente en las ciudades latinoamericanas.

Cuando el objetivo de una acción es obtener información válida de algún entorno con el cual se interactúa, la más de las veces es prácticamente imposible establecer vínculos fijos permanentes (cableados normales). Para estos escenarios se ha establecido una nueva tecnología, basada en un nuevo paradigma para los sistemas de cómputo, que han venido a denominarse redes de sensores inalámbricos (WSN).

Merece ser destacado aquí, por similitud operativa, la tecnología de identificación por

radio frecuencia (RFID), que consiste en un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos, utilizados por transponders<sup>1</sup> RFID. Con éste sistema, se transmite radialmente la identidad determinada de un objeto por medio de un código y/o número de serie. Los elementos necesarios para ello son las etiquetas y los lectores. Los últimos, son los que detectan e identifican a determinado objeto físico, y que el mismo pueda ser controlado e inventariado en un sistema de cómputos al efecto.

Las etiquetas RFID se diferencian entre las pasivas y las activas. Las primeras carecen de una fuente de energía, pero son capaces de ser energizadas desde el dispositivo que realiza la consulta. Los RFID activos son dispositivos provistos de alguna fuente de energía, guardando una relación con pequeños nodos integrados de WSN[5]. Recientemente han sido desarrollado dispositivos RFID clase 4 y 5, los que son capaces de establecer entornos de seguimiento, ubicación, red y seguridad.

El deseo de mejorar el rendimiento de los servicios de las cadenas de provisión globalizadas ha impulsado el desarrollo de los sistemas RFID, pero su implementación ha sido problemática[5], en primer lugar por los costos de manufactura de las etiquetas y, fundamentalmente, por invasión de la privacidad de los usuarios adquirentes de productos etiquetados con RFID.

De estudios realizados en diferentes trabajos y publicaciones, se infiere el éxito de la computación ubicua; basado fundamentalmente en la adopción de las implementaciones de WSN y RFID. La ilustración 1 muestra la

superposición existente entre las tecnologías RFID y las WSN.

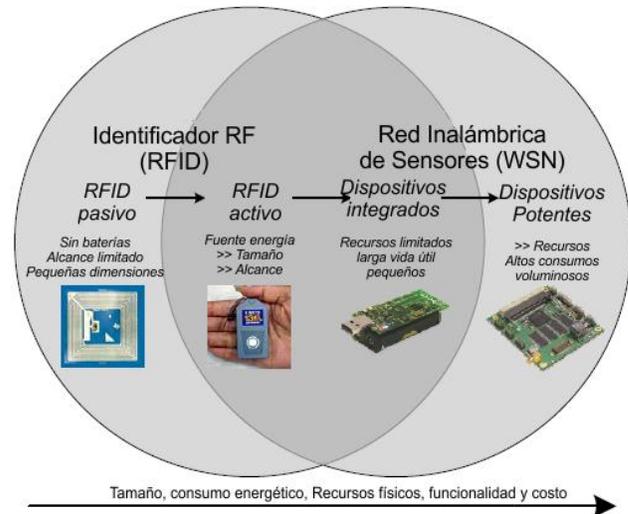


Ilustración 1. Intersección de tecnologías RFID y WSN

Una red de sensores inalámbricos 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.

Las WSN 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]

## Líneas de investigación y desarrollo

Se avanza en diversas líneas, caracterizadas por las iniciativas de los estudiantes a graduarse, con la orientación de docentes e investigadores de la Universidad de Misiones y

<sup>1</sup> Dispositivos electrónicos para comunicaciones inalámbricas; fusión de transmisor-responder

las Universidad Gastón Dachary. Detallando las líneas de investigación y desarrollo se deben mencionar:

1) *Simulación de Redes de Sensores Remotos mediante interfaz basada en la Web*; cuyo objetivo principal es desarrollar un prototipo de Interfaz de simulación de WSN basado en la Web. La simulación por computadora ha permitido a los científicos e ingenieros experimentar fácilmente con ambientes virtuales, alcanzando un nuevo nivel de detalle el análisis de las aplicaciones naturales y artificiales; que fuera desconocido en las primeras etapas del desarrollo científico. Además proporciona una gran ayuda en el diseño y análisis de aplicaciones complejas.

Es conocida la dificultad 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 [7], 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, comprometiendo seriamente con ello la credibilidad de las simulaciones.

En el trabajo se fijaron los siguientes objetivos específicos: a) Estudiar el estado del arte en la simulación de redes de sensores remotos basado en la web, b) Analizar las propiedades y eventos necesarias para reproducir el comportamiento de una Red de Sensores Remotos c) Diseñar la interfaz Web de obtención de parámetros, incorporación de los archivos particulares del proyecto y visualización de los resultados de simulación, d) Diseñar una solución del lado del servidor Web para procesamiento de los datos colectados y generación de los resultados de

simulación e) Desarrollar un prototipo de interfaz de simulación de WSN basado en la Web que a través de una interfaz pueda obtener parámetros de simulación, incorporar archivos particulares del proyecto, procesar los datos ingresados y generar los resultados de la simulación, f) Realizar pruebas para comprobar el funcionamiento correcto del sistema. La justificación para la realización de éste trabajo de investigación, es ofrecer una sistema que permita fácilmente tener un entorno de simulación disponible para múltiples usuarios. Esto permitirá abstraer a los usuarios de la complejidad del funcionamiento del sistema de simulación en sí, haciendo más amigable su uso. Integrando todo potencial de la herramienta de simulación Shawn[8] con todas las ventajas de los sistemas basados en la Web se permitirá simplificar el uso del simulador y disminuir los tiempos asociados a la instalación. Además dado que el procesamiento de la simulación se realizará en un servidor, esto permitirá que se creen luego nuevas formas de procesar los datos. Se podrá por ejemplo incrementar la capacidad del servidor realizando el procesamiento en un cluster de computadoras.

2) *Contribución a la Gestión de Residuos Domiciliarios como una Aplicación en Ciudades Inteligentes*, cuyo objetivo principal es diseñar un prototipo basado en redes de sensores inalámbricas para la detección de contenedores de residuos domiciliarios llenos, como una aplicación en ciudades inteligentes. En muchos campos, las diferentes redes de sensores inalámbricos[9] han desarrollado aplicaciones para resolver problemas de gestión con implementaciones inteligentes. Uno de los casos de éxito tiene que ver con la gestión de los residuos sólidos. En este trabajo se propone con el objetivo de

mejorar el manejo en el lugar y la optimización de transferencia en el proceso de gestión de residuos.

Como objetivos específicos se han fijado: a) analizar bibliografía sobre Ciudades Inteligentes, Internet del Futuro y Redes de Sensores Inalámbricas, b) Definir componentes de una red de sensores inalámbricas, detallando las características y funcionalidad de cada uno de sus elementos, c) Desarrollar un prototipo de software para dotar de funcionalidad a los sensores, d) Diseñar una interfaz para visualización de ruta óptima, e) Realizar pruebas en laboratorio, con hardware real, con el fin de validar la arquitectura propuesta.

Las áreas urbanas crecen con gran velocidad. Más de la mitad de la población mundial vive ya en ciudades. La previsión que maneja Naciones Unidas señala que el 70% de los seres humanos habitarán en centros urbanos en 2050. Este organismo advierte de que el aumento de la población de las ciudades puede convertirse en un auténtico problema, a no ser que se logre mantener la armonía entre los aspectos espacial, social y ambiental de las localidades, así como entre sus habitantes. En este nuevo escenario sociológico y demográfico, con claros efectos económicos, políticos y medioambientales, cobra fuerza el concepto de ciudad inteligente. Una ciudad inteligente es aquella que hace uso de los avances tecnológicos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Son aquellas donde la inteligencia "se pone al servicio del ciudadano" a fin de gestionar de la mejor forma los recursos.

3) *Plataforma para la publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricas, orientada a la visión de la Internet de las Cosas*, cuyo objetivo principal es diseñar una plataforma para la captura, almacenamiento y publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricas,

orientada a la visión de Internet de las Cosas, persiguiendo a) Estudiar las tecnologías WSN y establecer el estado del arte de las mismas, b) Evaluar las alternativas existentes para la publicación de datos de WSN útiles para la visión de la IoT, c) Diseñar un prototipo de *plataforma* que permita la captura, almacenamiento y publicación de los datos obtenidos de la WSN, d) Probar el prototipo en un escenario donde se verifiquen las posibilidades de la plataforma.

El término Internet de las Cosas se refiere a una visión en la que la Internet se extiende conectando los objetos cotidianos a la red, permitiéndoles conectarse entre sí y cooperar unos con otros, en forma ubicua, en cualquier momento, basados en la afirmación que se hiciera Mark Weiser, "*las tecnologías más exitosas son las que desaparecen, se entretienen con la trama de la vida cotidiana hasta que no se distinguen de ella*" [1]. Cabe remarcar que la IoT es una visión de la Internet del Futuro (FI, Future Internet) y como tal, es un campo aún en desarrollo. No existe una implementación concreta que pueda llamarse IoT, sino que es un conjunto de tecnologías de internet que permitirán, en el futuro, concretar la visión de la interconexión de los objetos cotidianos a la red.

Se observa de los lineamientos expresados, la pretensión de desarrollar e implementar algunas aplicaciones prototipo para ver el impacto producido sobre ambientes válidos en el entorno de ejecución del proyecto, y sobre todo si es factible su implementación práctica a escala macro. Se pretenden abordar cuestiones relativas a la conexión entre las tecnologías y aplicaciones inteligentes para los distintos ambientes, realizando análisis y evaluación de la gestión del tráfico, soluciones para el estacionamiento diario de los ciudadanos,

manejo de residuos domiciliarios, control de la contaminación de agua y aire, la calidad del agua superficial, la eficiencia del alumbrado público, control del ruido y sonidos urbanos, transporte público, etc. Así se deberían identificar a las aplicaciones pertinentes para los distintos ambientes. Las aplicaciones y prototipos más prometedores serán seleccionados, y aplicados en el entorno real.

## Formación de Recursos Humanos

Relacionados a este proyecto existen 6 tesinas de grado en el tema de Internet de las cosas e Internet del Futuro, en trámite de evaluación en a UGD, como también trabajos de interacción con la industria del Té, de manera de mejorar la medición de parámetros en el proceso de fermentación en industrias de la Provincia de Misiones. Un trabajo de Especialización en Ingeniería del Software, UNLP, se encuentra en fase de evaluación de trabajo final. El grupo de trabajo está liderado por un doctor en ciencias informáticas, un ingeniero en sistemas y un ingeniero en Telecomunicaciones.

La Universidad Gastón Dachary, como soporte a la resolución 19/A/12, y apoyando a los proyectos de investigación en la UGD, ha asignado recursos suficientes para que varios alumnos en etapa de preparación de sus tesis de grado sean asimilados como becarios, los que son solventados con fondos propios.

## Referencias

- [1] Mark Weiser, "The computer for the 21st century," vol. 265, pp. 66-75, Septiembre 1991.
- [2] Satyanarayanan Mahadev, "Pervasive computing: Vision and challenges," *IEEE Personal Communications*, vol. 8, Agosto 2001.
- [3] S. Dengler, A. Awad, and F. Dressler, "Sensor/Actuator Networks in Smart Homes for Supporting Elderly and Handicapped People," in *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, vol. 2, 2007, pp. 863-868.
- [4] D. Estrin, and M. Srivastava D. Culler, "Overview of sensor networks," *IEEE Computer*, pp. 37(8):41-49, August 2004.
- [5] M., Kranenburg, R. Ward and G. Backhouse, "RFID: Frequency, standards, adoption and innovation," Department of Design, Goldsmiths College, University of London, London, 2006.
- [6] Th. Arampatzis, J. Lygeros, and S. Manesis, "A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks," in *Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation.*, 2005, pp. 719-724.
- [7] E. Egea-López and et al., "Simulation Tools for Wireless Sensor Networks," in *Summer Simulation Multiconference - SPECTS 2005*, 2005, pp. 1-9.
- [8] S.P. Fekete, A. Kroller, S. Fischer, and D. Pfisterer, "Shawn: The fast, highly customizable sensor network simulator," , Braunschweig, 2007, pp. 299 - 299.
- [9] S. Longhi et al., "Solid Waste Management Architecture Using Wireless Sensor Network Technology," in *5th International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, 2012, pp. 1-5.