

# Conectividad WSN: Implementación de un Middleware WSN-IP-WWW

Benítez, Juan de Dios<sup>(1a)</sup>, Gloza, Gonzalo Martín<sup>(2b)</sup>, Eduardo Omar Sosa<sup>(3c)</sup>,  
Diego Godoy<sup>(4d)</sup>

<sup>(1,4)</sup> Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y  
Comunicaciones (CITIC). Universidad Gastón Dachary

<sup>(3)</sup> Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP). Facultad de Ciencias  
Exactas, Químicas y Naturales, UNaM

(a,d) juan.benitez, diegodoy@citic.ugd.edu.ar;(b) ggloza@gmail.com;(c)es@fceqyn.unam.edu.ar

## Resumen

En el paradigma de las WSN encontramos que una de las principales características es la reducción del tamaño de los dispositivos y la disminución de los costos, lo que da lugar a que cada nodo deba tener únicamente el hardware estrictamente necesario para realizar de manera eficiente la tarea que se le ha encomendado. Esto conlleva a situaciones en que la conectividad de los nodos sensores con redes existentes sea limitada o nula, requiriendo así entonces un elemento capaz de realizar las interacciones necesarias de interconexión, para así lograr una homogenización de los datos y hacerlos accesibles por ejemplo a través de internet. En Este trabajo se presenta un middleware WSN-IP-WWW para la integración de redes de sensores inalámbricos con la Web.

**Palabras clave:** Nodos Sensores, Internet, WSN, middleware.

## Contexto

El trabajo presentado aquí se realiza en el marco del proyecto de investigación denominado “Diseño de arquitecturas de soporte a la Internet del Futuro y Ambientes Inteligentes” que se ha formalizado por la resolución (19/A/12) de la U.G.D. mediante el llamado al 5to Concurso de Proyectos de Investigación en 2012, en dicho proyecto se encuentran trabajando 3 tesinas de grado un becario de investigación graduado y un ingeniero colaborador ad honorem de la ciudad de Córdoba. Asimismo se relaciona directamente con 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 proyecto (en evaluación) “Ambientes Inteligentes. Una Mirada a Internet del Futuro. Referente a este proyecto existen 2 tesinas de grado y 1 de posgrado en curso entre los participantes.

## Introducción

El desarrollo alcanzado por tecnologías de fabricación de circuitos integrados, tales como microcontroladores y dispositivos de lógica programable FPGA, han provocado el auge de las aplicaciones de sistemas embebidos. Las mismas se han convertido en la solución a gran número de problemas que anteriormente requerían de un sistema mucho más complejo, por ejemplo una PC.

Una aplicación de este tipo de sistemas es la interacción entre las WSN y las redes existentes, ya que la tendencia de los nodos de una WSN es la miniaturización de los nodos, lo que conlleva a la necesidad de limitar el hardware que puede llegar a contener cada nodo sensor, tanto por el tamaño como así también por la necesidad de bajos consumos de energía[1]. Así cada nodo contará únicamente con el hardware estrictamente necesario para poder realizar de manera eficiente la tarea que se le ha encomendado. Es así que la posibilidad de conectividad de cada nodo de la WSN juega un papel importante en esta miniaturización y en el consecuente uso de energía. De acuerdo a ello, podemos dividir la conectividad en a) entre nodos y b) con otras redes ya existentes como se puede ver en la Ilustración 1.

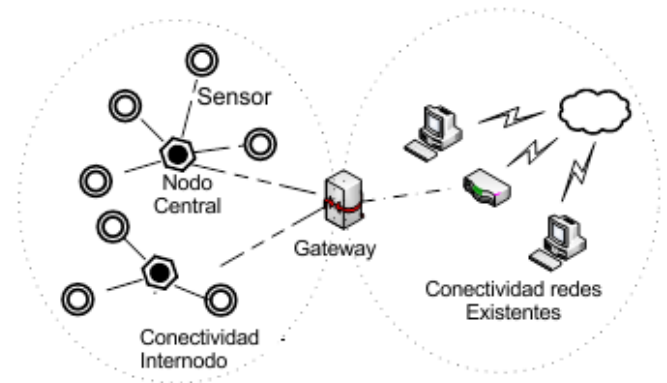


Ilustración 1. Conectividad en redes WSN

La necesidad de conectividad entre los nodos permite transferir información entre nodos vecinos, y además nos permite realizar un encaminamiento multi-salto de los paquetes de información, reduciendo así, la potencia de transmisión de cada nodo y con ello el consumo energético.

Sin embargo estos datos brindados por la WSN son poco útiles si no podemos tener un acceso de forma sencilla a ellos, para lo que es necesaria la conectividad de las WSN hacia las redes existentes, tanto locales como Metropolitanas. Considerando las capacidades limitadas de hardware de los nodos, no es común encontrar nodos sensores, capaces de realizar los dos tipos de conectividad, internodo y extra-nodo. Dentro de ellos encontramos a algunos con capacidad de manejo de paquetes IP[2].

6LoWPAN[3] brinda un estándar a las WSN con fragmentación y compresión de las cabeceras de los paquetes IPv6 para ser transmitidos por 802.15.4. Esto no les permite la conexión directa a las redes, lo que hace necesaria la utilización de una puerta de enlace capaz de direccionar los paquetes IPv6 de la

WSN hacia el exterior. Si bien Existen variadas aplicaciones que brindan la posibilidad de publicar y manejar los datos de una WSN, requieren en todos los casos una infraestructura para el envío de datos [4].

La arquitectura propuesta se puede ver en la Ilustración 2.

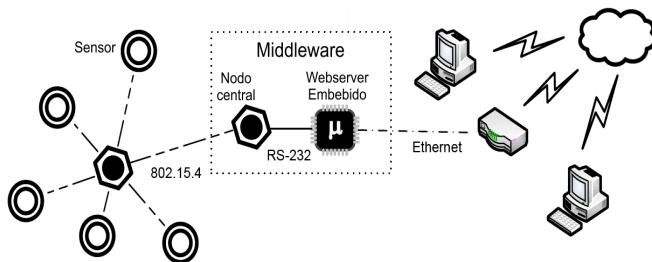


Ilustración 2. Arquitectura Middleware Propuesta

El middleware propiamente dicho está compuesto por un nodo sensor de la WSN, conformado por un nodo iSense [5] (Ilustración 3), con procesador Jennic JN5139, un sistema radial de 2,4 GHz compatible con normas IEEE 802.15.4, con ancho de banda estimado de 250kbit/s, sistema de encriptación por hardware AES, capacidad de cálculo de tiempo de vuelo (ToF) para cálculo de distancias entre nodos, 192kB de ROM, 96kB of RAM, como una variada posibilidad para la utilización de periféricos analógicos y digitales.

Por medio de un vínculo RS-232 se encuentra interconectada a una plataforma compuesta por un microprocesador ARM Cortex M4[6], donde el acceso desde/hacia redes TCP/IP es realizado mediante un servidor web embebido en dicha plataforma. La conectividad TCP/IP se logró implementando la librería uIP, la cual es una aplicación *open source* en lenguaje C para micro controladores de la pila de protocolos TCP/IP, cuya principal

particularidad es la minimización de la memoria utilizada. Ésta soporta los protocolos TCP, UDP, IP, ICMP y ARP.



Ilustración 3. Módulo principal iSense

La librería uIP provee una interfaz de programación de aplicación (API) que define como las aplicaciones interactúan con la pila TCP/IP. Dicha API se denomina “protosockets”, la cual es muy similar a la API de sockets Berkeley[7] pero sin la sobrecarga de los entornos multitareas. Ciertas modificaciones se realizaron para portar la stack uIP de manera adecuada a la arquitectura ARM, para evitar incompatibilidades en cuanto a los tipos de datos y temporizadores requeridos en la implementación.

Mientras que la librería uIP proporciona conectividad TCP/IP, las funcionalidades de la capa de enlace de datos se implementó mediante el controlador Ethernet ENC28J60 de Microchip, añadido como periférico al procesador Cortex M4 conectados mediante un bus SPI. Por otra parte la integración con la WSN se lleva a cabo a través de un nodo sensor de la red utilizado como concentrador de datos, donde allí por medio de un enlace 802.15.4 intercambia información desde y hacia la WSN, pudiendo determinar por medio de simple

direccionamiento MAC desde que sección de la red provienen los datos o hacia que sección enviar los mismos. La comunicación con el micro controlador se realiza por medio del protocolo RS-232, proveyendo un enlace bidireccional a ambos dispositivos para el intercambio de datos.

## Líneas de investigación y desarrollo

Para la implementación del servidor web se utilizó una placa de desarrollos Stellaris Launchpad de Texas Instrument® [8].

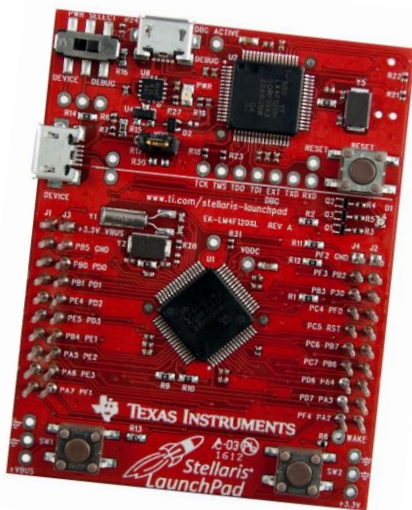


Ilustración 4. TI Stellaris Launchpad

La placa está conformada por un micro controlador ARM Cortex M4 - LM4F120H5QR- con punto flotante, capacidad de trabajo de hasta 80MHz, 256Kb de memoria Flash, 32Kb de SDRAM, 8 transceptores asíncronos universales (UART), 4 buses de intercomunicación en serie I<sup>2</sup>C, 4 interfaces seriales periféricas, 27 Timers, interfaz USB para ICDI (In Circuit Debug Interface), Micro B USB para debug, Micro B USB para

conexión con aplicaciones, 2 botones para aplicaciones de usuario, botón de reset y RGB LED (Ilustración 4).

La implementación consistió de tres etapas. La primera de ellas fue la implementación de un nodo WSN sumidero, el cuales el responsable de capturar todas las comunicaciones de la red WSN. La segunda parte del trabajo consistió en la implementación del servidor web sobre la plataforma Stellaris Launchpad, capaz de generar contenido dinámico a partir de la incorporación de llamadas a funciones en lenguaje C desde el código de las páginas web.

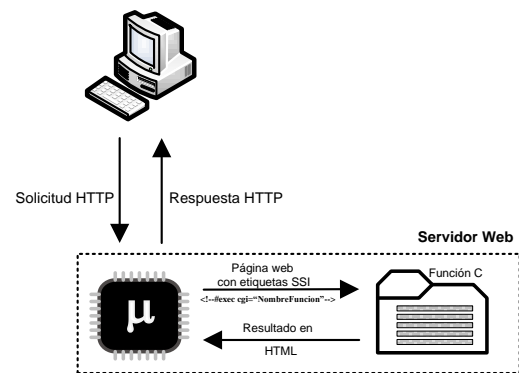


Ilustración 5. Servidor http

La inserción dinámica de contenido en una página solicitada del servidor web (ilustración 5) es posible mediante el conjunto de directivas SSI (Server Sides Includes), siendo capaz de procesar solicitudes de códigos html, css y shtml, siendo esta ultima la extensión asociada a páginas con contenido dinámico, como imágenes en formato jpg, gif y png.

La tercera etapa del trabajo consistió en lograrla interacción de los dos sistemas antes explicados. La comunicación entre las plataformas se llevó a cabo a través de una



conexión por puerto serie con el protocolo RS-232.

El nodo sensor sumidero recolecta la información proveniente de la WSN y por medio del direccionamiento MAC podrá determinar desde que sección de la WSN fue recibido el paquete de datos, una vez recibido el paquete, se extraerá la información y se lo identificará dentro de un paquete nuevo para ser enviado hacia el servidor web por medio del enlace RS-232.

## Resultados y Objetivos

En este trabajo se presenta un modelo de interoperabilidad middleware para la Integración de Redes IP y la Web con Redes de Sensores Inalámbricos con el fin de generar agentes con capacidades para percibir el mundo, tomar decisiones y actuar sobre el entorno.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo se encuentra formado por un Doctor en Ciencias Informáticas, Un Doctorado en Ingeniería Telemática, un auxiliar de investigación graduado, un auxiliar de investigación graduado residente en la ciudad de Córdoba Capital, y ocho auxiliares (Resolución rectoral 21/I/12) de investigación en período de realización de trabajos finales de grado. El número de tesinas de grado en curso con proyecto aprobado es tres y el número de trabajo de especialidad en curso con proyecto aprobado es uno. Los proyectos de grado se titulan “Plataforma para la publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricos, orientada a la visión de la Internet de las Cosas, Ambientes Inteligentes y Mashups”, “Diseño de un prototipo para monitoreo eficiente de iluminación basado en WSN utilizando

HTML5” y “Contribución a la Gestión de Residuos Domiciliarios como una Aplicación en Ciudades Inteligentes”. El Trabajo de Especialidad se titula “Plataformas para la creación de Mashups Sensibles al Contexto en Entornos de Inteligencia Ambiental”

## Trabajos citados

- [1] Eduardo Sosa, "Tesis Doctoral: "Contribuciones al Establecimiento de una Red Global de Sensores Inalambricos Interconectados", La Plata, 2011.
- [2] T. Teubler, M. Hail, and H. Hellbruck, "Transparent Integration of Non-IP WSN into IP Based Networks," in *IEEE 8th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems*, 2012, pp. 353-358.
- [3] Internet Engineering Task Force (IETF). (2013) IPv6 over Low power WPAN (6lowpan). [Online]. <http://goo.gl/eMyk1>
- [4] E. O. SOSA, S. FISCHER, and F. J. DIAZ, "Twitter, Soporte de una Red de Sensores Inalámbricos," in *XII REUNIÓN DE OTOÑO DE POTENCIA, ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN, ROPEC, IEEE*, Colima, Mexico, 2010.
- [5] Coalesenses GmbH. (2013) Bridging the gap between virtuality and reality. [Online]. <http://www.coalesenses.com/>
- [6] ARM. (2013) The Architecture of the Digital World: Cortex-M4 Processor. [Online]. <http://tiny.cc/h9nftw>
- [7] University of Princeton. Berkeley sockets. [Online]. <http://goo.gl/Z4GwL>

- [8] Texas Instruments. Stellaris LM4F120 LaunchPad Evaluation Kit. [Online]. <http://www.ti.com/tool/ek-lm4f120xl>
- [9] coalesenses GmbH. Bridging the Gap Between Virtuality and Reality. [Online]. <http://www.coalesenses.com>