

# GW-CIAA-IoT: Gateway con CIAA para red inalámbrica de IoT

Carlos Taffernaberry, Gustavo Mercado

GridTICs – Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones /  
Departamento de Electrónica / Facultad Regional Mendoza / Universidad  
Tecnológica Nacional

Rodríguez 273 Capital – Mendoza, +54 261 5244563  
{gustavo.mercado, carlos.taffernaberry}@gridtics.frm.utn.edu.ar

## Resumen

La comunicación autónoma entre objetos sin la participación de un ser humano se conoce hoy como la Internet de las Cosas (IoT). Estas *cosas* son dispositivos electrónicos embebidos dentro de objetos de uso cotidianos permitiendo su conexión a Internet para lograr el acceso remoto a los datos generados, o el accionamiento de actuadores a distancia.

Son implementados generalmente con microcontroladores con bajo poder de procesamiento, poseen comunicación inalámbrica y sensores, permitiendo obtener valores de parámetros del medio ambiente tales como temperatura, humedad, posición, etc. Estos objetos normalmente pueden interactuar con cualquier otro dispositivo conectado a Internet.

El presente proyecto pretende evaluar los distintos protocolos de comunicación de la Internet de las Cosas y aplicarlos a una red de sensores existente, llamada SIPIA implementada en el ámbito del sector agrícola como la agricultura de precisión.

Para llevar a cabo la implementación se utilizará la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA), que es una plataforma electrónica libre y gratuita

preparada especialmente para trabajar en aplicaciones industriales. Fue desarrollada por medio del trabajo colaborativo, transdisciplinario entre instituciones, academias y empresas de la Argentina.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas, Red SIPIA, Redes de sensores, CIAA, Computadora Industrial Abierta Argentina, 6lowPAN, IEEE 802.4.15,

## Contexto

Este trabajo está inserto en el proyecto de investigación y desarrollo tecnológico denominado "RED SIPIA-LP: Estudio de mecanismos de bajo consumo energético para aplicar a una red de sensores inalámbricos en el ámbito de agricultura de precisión", homologado y financiado con el código UTI3646TC por Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional [1].

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, a través de la Subsecretaría de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, convocó a la presentación de propuestas destinadas a la adjudicación de "Proyectos de Innovación a partir de la adopción de la Computadora Industrial Abierta Argentina en productos y procesos industriales". El presente trabajo fue presentado, aprobado y financiado

por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, de acuerdo a la resolución 613/2015 [2]

## **Introducción**

Gracias a los avances y reducción de costos en dispositivos electrónicos y de comunicación inalámbrica, es posible en la actualidad construir dispositivos sensores multifuncionales y multipropósito de bajo costo que operan con poca energía, pequeño tamaño, y con capacidad de comunicación a corta distancia. Estos dispositivos, denominados comúnmente motes, constan de una unidad de procesamiento con un poder de cómputo mínimo, memoria, un módulo de comunicación inalámbrica y uno o varios dispositivos de sensado que capturan parámetros como temperatura, aceleración, humedad, etc. Un conjunto de motes comunicados entre sí es lo que se conoce como una red de sensores inalámbrica (Wireless Sensor Network o WSN) [3].

Debido a las WSN, en los últimos años, han surgido nuevas tendencias en el sector agrícola como la agricultura de precisión. Esta disciplina cubre múltiples prácticas relativas a la distinta toma de datos para aplicar en la gestión y toma de decisiones de cultivos y animales. Por medio de sensores estratégicamente situados, se puede realizar un monitoreo permanente de parámetros ambientales como la temperatura y/o humedad relativa, con el fin de proveer de gran cantidad de datos confiables para la investigación agronómica.

En ese sentido el grupo GridTICS en conjunto con UNCuyo, desarrollo el proyecto SIPIA (proyecto homologado Código C&T UTN UTI1737) que permitió desarrollar un prototipo de red basado en la norma IEEE 802.15.4 [4]

para las capas física y de enlace. Para las capas superiores en lugar de utilizar estándares, se prefirió realizar un desarrollo propio, tomando como prioridad la optimización de la energía, debido a que los motes sensores fueron alimentados con baterías. No se diseñó algoritmo alguno de enrutamiento de datos, pues la topología que se adoptó fue estrella, siendo el centro de la misma un mote coordinador. Se implementó y ensayó un protocolo de propagación de sincronismo, determinando la mejor relación entre el bajo consumo y el menor error admisible. Se optó por un esquema centralizado, en el cual se resincronizaba la red de manera pasiva, habiendo determinado de manera experimental la cantidad mínima de tiempo necesaria entre sincronizaciones sucesivas.

Se diseñó e implementó un sistema de gestión que permitió obtener periódicamente los valores sensados, y también prever y determinar el tiempo de agotamiento de baterías para cada mote en particular. El software fue instalado en una computadora ubicada en la red local en la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo), cercana al viñedo donde se ubicó la WSN. Como vinculación entre ambos tipos de redes se debió diseñar y construir un dispositivo que denominamos Gateway.

El Gateway debió conectarse a ambas redes, por un lado a la WSN, limitando su ubicación a un área del viñedo próxima a la WSN, debido al escaso alcance de los enlaces de la norma IEEE 802.15.4 usada. Por otro lado, se conectó a la red local utilizando un enlace WiFi (IEEE 802.11); debido a la exigencia de energía de este último protocolo, el Gateway debió ser alimentado por medio de la red eléctrica.

El software embebido en el Gateway permitió que los datos provenientes de la

red de sensores, sean interpretados, convertidos, almacenados y luego transmitidos hasta la computadora que alberga el software de gestión.

Por otro lado, hace 20 años, Internet se usaba principalmente como herramienta para acceder a información. En los últimos 10 años hemos vivido una nueva forma de uso de Internet, donde todo se ha convertido en social, transaccional y móvil. En la actualidad estamos sufriendo una nueva transformación, en la que cada objeto tiene una identidad virtual propia y es capaz de integrarse e interactuar de manera independiente con cualquier otro objeto, sistema, o humanos. De esta forma estamos en presencia de un nuevo cambio en nuestra forma de vida, creándose nuevos modelos de negocio, productos y compañías, denominándose a esto la Internet de las Cosas (IoT) [5]. Este desarrollo no sería posible sin el soporte del nuevo protocolo de red de internet, llamado IPv6 [6], que permite contar con direcciones de red suficientes como para dotar a cada uno de los componentes de una red de sensores de una dirección pública IPv6.

Puntualmente, el ámbito de las WSN ha despertado un interés especial para lograr asociar a cada uno de los motes que la componen a la IoT. Contemplando los requerimientos de la IoT y las WSNs de área personal (PAN), un grupo de trabajo de la IETF desarrolló el protocolo 6LoWPAN [7] que brinda soporte a redes LowPAN para el protocolo IPv6.

Por medio de este protocolo, como se puede observar en el Gráfico 1, 6LoWPAN habilita la interacción de los nodos de sensores con el backbone de Internet, permitiendo una comunicación de pares (p-2-p) de cada sensor y cualquier host en cualquier lugar del mundo.

Para permitir extender el alcance de una WSN, debido a que no siempre todos los nodos tienen alcance entre sí, se creó otro grupo de trabajo de la Task Force de la IETF llamado ROLL (Routing Over Low power and Lossy Networks) para evaluar problemas de encaminamiento dentro de dichas redes y proponer soluciones.

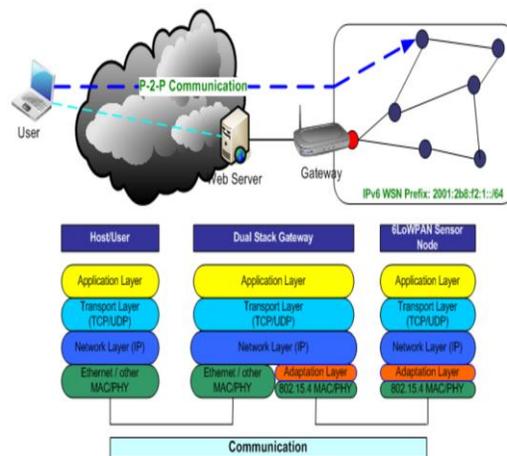


Gráfico 1

El objetivo del grupo de trabajo fue el diseño de un protocolo de enrutamiento para LLN (Low power and Lossy Networks) llamado RPL [8], con soporte de una variedad de capas de enlace (IEEE 802.15.4, IEEE 802.15.4g o Powerline Communication), que comparten características comunes, como ser bajo ancho de banda, alta tasa de pérdidas y baja potencia.

De lo expuesto anteriormente, se puede observar que el proyecto SIPIA tiene algunas limitaciones tecnológicas, detalladas a continuación:

- Limitación referida a la máxima extensión territorial de la WSN: estará limitada por el área de cobertura de las transmisiones IEEE 802.15.4, por no implementar protocolos de ruteo entre los motes, dentro de la misma red.

- Limitación de conversión de protocolos: es debido al uso de tecnologías de capa de

red distintas en ambos tipos de redes. Por un lado un protocolo propietario en la WSN, y por otro lado protocolo IPv4 en la red Lan.

- No existe una comunicación end-to-end entre la aplicación de gestión y la aplicación que se ejecuta en los motes.

Estos y otros problemas son los que motivaron a convertir la red de sensores SIPIA a una red que utilice los protocolos de la Internet de las Cosas, permitiendo sortear las limitaciones previamente expuestas.

Para ello, se propone utilizar la CIAA [9] para diseñar e implementar un nuevo Gateway entre ambas redes, y un reemplazo de los motes por nuevos que soporten los protocolos de IoT.

## **Líneas de investigación y desarrollo**

El grupo de Redes de Sensores Inalámbricos, perteneciente al grupo UTN GridTICS, se forma por iniciativa de algunos de sus miembros en el año 2008 y comienza con el estudio de la tecnología para la capacitación y luego la adquisición de elementos y dispositivos para la conformación del laboratorio de WSN. El grupo ha realizado publicaciones, presentación en congresos, cursos de grado y posgrado y asistencia a tesinas de grado y tesis de posgrado en curso.

El grupo de tecnología IPv6, perteneciente al grupo UTN GridTICS, se constituye en 2005 y ha tenido una vasta actividad y experiencia y es reconocido como uno de los grupos pioneros en IPv6 de la región. El grupo ha realizado publicaciones, presentación en congresos, cursos de grado y posgrado y asistencia a tesinas de grado y tesis de posgrado. Además de participar activamente en las

iniciativas de ISOC y de LANIC para la promoción y difusión de IPv6, siendo también socio activo de la IPv6 Task Force Argentina.

## **Resultados y Objetivos**

El objetivo principal es:

- Diseñar, ensayar e implementar una mejora de un sistema de redes inalámbricas agrícolas aplicadas, usando tecnología CIAA.

Mientras que se detallan los objetivos específicos a continuación:

- Análisis y estudio de protocolos de comunicación de la IoT aplicado a WSN.

- Diseño y desarrollo de hardware de Gateway de red SIPIA de WSN utilizando CIAA.

- Evaluación y selección de sistema operativo embebido aplicable a CIAA con soporte de protocolos IoT.

- Diseño y desarrollo de software de Gateway de red SIPIA de WSN utilizando CIAA.

- Evaluación, selección e Implementación de motes de WSN con soporte de IoT.

- Aportar al proyecto libre y colaborativo CIAA de las siguientes tecnologías:

- Hardware y software específico de protocolo IEEE 802.15.4 de WSN
- Implementación de Software específico de protocolo IETF 6LowPan de WSN
- Implementación de Software específico de protocolo IETF RPL de WSN

- Capacitación y difusión de los conocimientos adquiridos, como compromiso social en el ámbito empresarial y académico.

## Formación de Recursos Humanos

Desde la creación del GridTICs, uno de los objetivos a realizar fue la capacitación de los recursos humanos tanto del grupo como externos. Esta actividad de formación se viene cumpliendo desde el comienzo, junto a la divulgación de las tecnologías de redes de sensores.

La meta como investigadores es fortalecer la capacidad para realizar investigación científica, generar conocimientos y facilitar la transferencia de tecnología que permita el desarrollo humano.

El camino para lograr este objetivo lleva a aumentar el número de científicos dedicados a la investigación en el país, incrementar la productividad científica e integrar a la comunidad científica con el sector productivo y con el sector social. Por tanto es importante el desarrollo de infraestructura y el capital humano de ciencia y tecnología.

Para lograr estos objetivos se desarrollarán:

- Dictado de Cursos, Seminarios y Conferencia para público especializado de la región.

- Promoción, coordinación y asistencia técnica de tesis de grado para alumnos de Ingeniería de Sistemas de Información e Ingeniería Electrónica de la FRMza

- Promoción, coordinación y asistencia técnica a pasantes alumnos, cursantes de carreras de grado y de pre-grado en el ámbito de la UTN FRMza

- Promoción, coordinación, dirección y asistencia técnica a Tesis doctorales, postgrado y/o maestría.

- Presentación de Trabajos en Congresos y Reuniones Técnicas/Científicas.

- Publicación de Trabajos en revistas con/sin referato.

## Referencias

[1] <http://sicyt.scyt.rec.utn.edu.ar/sicyt/proyectos/RESUMENF.ASP?VAR1=3646>

[2] <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/042/0000042058.pdf>

[3] Akyildiz, Ian F., and Mehmet Can Vuran. *Wireless sensor networks*. Vol. 4. John Wiley & Sons, 2010.

[4] MOLISCH, Andreas F., et al. *IEEE 802.15. 4a channel model-final report*. IEEE P802, 2004, vol. 15, no 04, p. 0662.

[5] CONNER, Margery. *Sensors empower the "Internet of Things"*. EDN (Electrical Design News), 2010, vol. 55, no 10, p. 32.

[6] HUITEMA, Christian. *IPv6: the new Internet protocol*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 1996.

[7] KUSHALNAGAR, Nandakishore, et al. *IPv6 over low-power wireless personal area networks (6LoWPANs): overview, assumptions, problem statement, and goals*. RFC 4919 (Informational), Internet Engineering Task Force, 2007.

[8] VASSEUR, J., et al. *RPL: The IP routing protocol designed for low power and lossy networks*. Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) Alliance, 2011, vol. 36.

[9] <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>