



Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Programas de Maestría y Doctorado en Ingeniería Telemática  
Seminario de Investigación

## Firmware architecture to support Plug and Play sensors for IoT environment

Juan Pablo Ruiz Rosero  
Estudiante de Doctorado  
Junio 6 de 2015

### 1. Introducción

El Internet de las Cosas (IoT) es definido como: “Interconnection of **sensing and actuating devices** providing the ability to **share information** across platforms through a **unified framework**, developing a common operating picture for enabling innovative applications. This is achieved by seamless **ubiquitous sensing**, data analytics and information representation with Cloud computing as the unifying framework.” [1]

Las redes de sensores inalámbricas (WSN) dentro la IoT, ofrecen la capacidad de medir, inferir y entender las variables de ambientes urbanos, industriales, de transporte y hasta de seguridad nacional, entre otros [1]. Del mismo modo, gracias a las tecnologías inalámbricas abiertas como el Bluetooth, RFID, WiFi y las redes celulares; así como a los nodos sensores y actuadores conectados a estas redes; la IoT se encuentra al borde de transformar el actual Internet estático en un futuro Internet totalmente integrado [2].

Este auge de la IoT va de la mano con el crecimiento de dispositivos inalámbricos conectados. De acuerdo con un pronóstico de mercado actualizado de ABI Research, la base instalada de dispositivos inalámbricos conectados activos superará los 16 mil millones en 2014, un 20 % más que en 2013. Para el 2020 el número de dispositivos conectados llegará a los 40,9 mil millones [3]. De la misma manera, según IDC, el mercado mundial de soluciones de IoT crecerá de \$ 1,9 billones en 2013 a \$ 7,1 billones en 2020 [4].

La gran transformación que la IoT le dará al Internet y la fuerte inversión económica se viene ejecutando en esta área, demandan alternativas versátiles en arquitecturas firmware que permitan una reconfiguración rápida y ágil de los sensores conectados a la red. Es por esto, que el desarrollo de este tipo de arquitecturas le permitirá a la región ser líder en el desarrollo de soluciones reconfigurables para estos entornos.

### 2. Arquitectura dispositivos IoT

Los dispositivos IoT (ver Figura 1) constan de un microcontrolador, el cual se encarga de procesar la información de los sensores y organizarla en paquetes para ser enviada por un módulo

de transmisión inalámbrico. El sensor, es el transductor que convierte una variable física en una señal electrónica que puede ser analógica o digital. Por su parte el módem o módulo de transmisión inalámbrica, se encarga de transmitir la información a del dispositivo a Internet. Esta transmisión se puede realizar por diferentes protocolos, como lo son: WiFi, Bluetooth, ZigBee, LTE, entre otros.

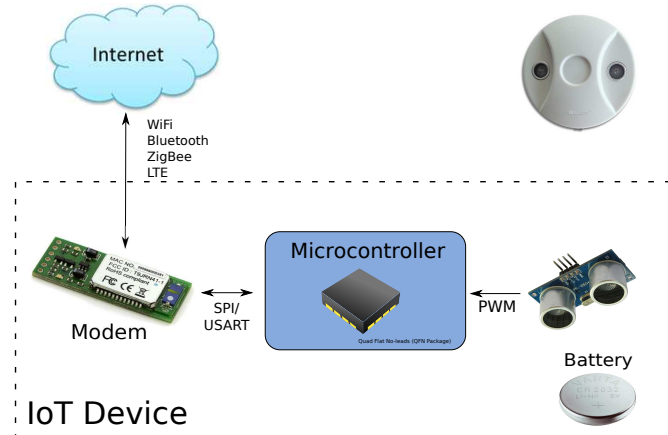


Figura 1: Arquitectura de un dispositivo IoT para parqueaderos

### 3. Investigación dentro del IoT

Gubbi [1], en su artículo titulado "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions (2013)" (cited by 335<sup>1</sup>), propone algunas iniciativas en el IoT, las cuales pueden jugar un papel vital en el desarrollo rápido de estas tecnologías:

- Architecture to overall IoT
- Energy efficient sensing
- Secure reprogramable networks an privacy
- New protocols
- Participatory sensing
- Data mining
- GIS<sup>2</sup> based visualization
- Cloud computing
- International activities

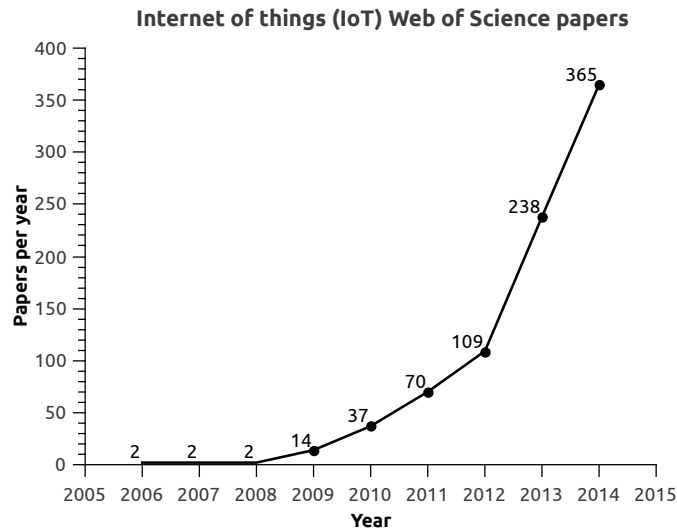


Figura 2: Crecimiento de artículos indexados sobre IoT

En donde las arquitecturas IoT, la eficiencia energética y los nuevos protocolos juegan un papel relevante dentro de este proyecto. Por su parte, se encuentra un crecimiento exponencial desde el 2006 hasta la fecha sobre artículos indexados que tratan temáticas del IoT (ver Figure 2).

Del mismo modo, existe un crecimiento de artículo indexados que tratan diversos temas sobre arquitecturas en ambientes IoT (ver Figura 3)).

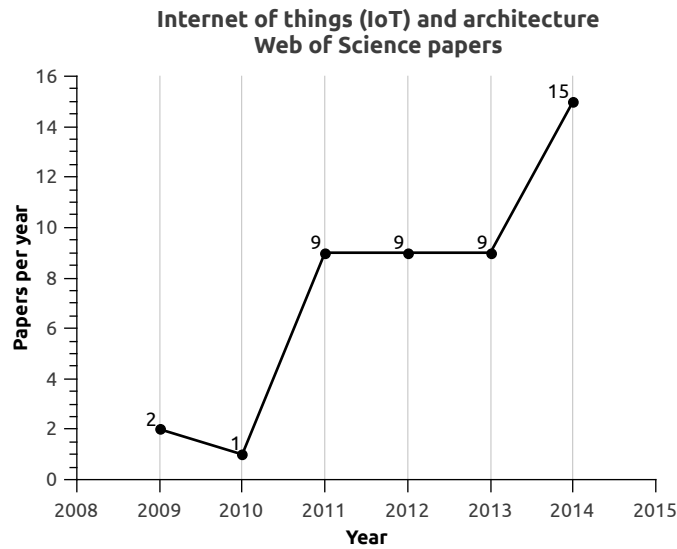


Figura 3: Artículos indexados sobre arquitecturas IoT

Sin embargo no son muchas las publicaciones indexadas que existen a la fecha sobre reconfiguración e IoT (ver Figura 4).

---

<sup>1</sup>Google Scholar 2015

<sup>2</sup>Geographic Information Systems

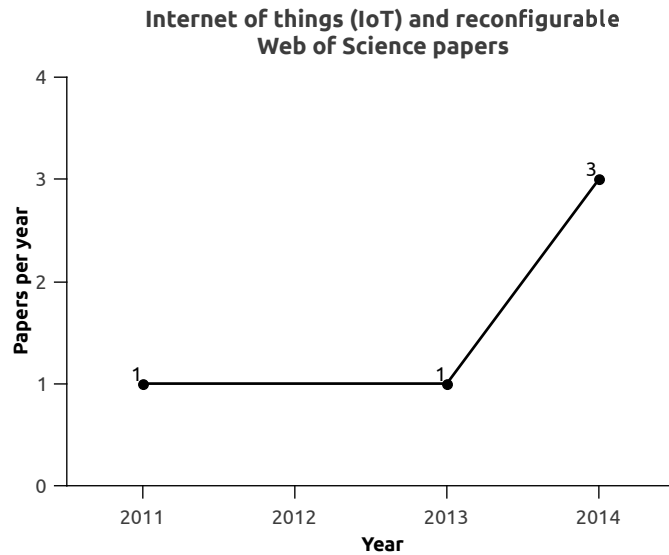


Figura 4: Artículo indexados sobre IoT y Reconfiguración

#### 4. Estándar IEEE1451

La norma IEEE1451 es una especificación independiente de la red de transductores inteligentes (sensores o actuadores) que proporciona: [5]

- Un lenguaje común independientemente del protocolo utilizado.
- Los diferentes perfiles de aplicación:
  - Ambiental (vigilancia del clima, los gases de invernadero, y otros productos químicos sensores)
  - Meteorología inteligente (agua monitor, gas, o el consumo de electricidad)
  - La asistencia sanitaria artículo (monitorear el cuerpo por medio de sensores externos o implantables)
  - Automatización inteligente hogar e industrial (sensores de monitoreo, confort, y vigilancia de tuberías)
- Proporciona información sobre la identificación del transductor, operación, calibración, fabricante, etc.

Desafortunadamente, el estándar IEEE1451 ha tenido una penetración limitada en las aplicaciones de la IoT fuera del campo de la instrumentación electrónica [5]. Debido a limitaciones de hardware compatible disponible, no hay redes de sensores inalámbricos comerciales considerables, pues la complejidad de esta norma hace que su implementación sea costosa, debido al detalle excesivo en los aspectos electrónicos que no son de uso general.

## 5. Microcontroladores de bajo consumo

Actualmente en el mercado existen microcontroladores de bajo consumo diseñados para dispositivos IoT (ver Cuadro 5).

Manufacturer	Reference	Core	ROM	RAM	Sleep RTC	IDLE 4MHz	Price 1/1000
Microchip	PIC24FJ32	PIC 16bits	32KB	8KB	0.5uA	1.1mA	\$2.66
NXP	LPC11E68JB	Cortex M0+	256KB	36KB	1.5uA	1mA	\$2.57
Freescale	MKL43Z25	Cortex M0+	256KB	32KB	1.96uA	0.8mA	\$2.82
Atmel	ATSAMD20	Cortex M0+	256KB	32KB	0.18uA	0.074mA	\$2.64
STM	STM32L051	Cortex M0+	64KB	8KB	0.46uA	0.45mA	\$1.79

Cuadro 1: Microcontroladores de bajo consumo y sus características

Este tipo de microcontroladores permiten que un dispositivo IoT esté activo hasta por 76 años con una batería tipo moneda CR2032.

## 6. Protocolos y Sistemas Operativos para IoT

### 6.1. Communication Things Protocol (CTP)

Asensio et al., propone un protocolo basado en los estándares IEEE1451 y ZigBee, CTP (Communication Things Protocol) como una especificación de protocolo para permitir la interoperabilidad entre las cosas con diferentes estándares de comunicación [5].

### 6.2. Google Brillo OS

Google presenta en el 2015 un nuevo sistema operativo diseñado para dispositivos IoT. Este sistema operativo cuenta con un Kernel basado en Android pero mucho más liviano para soportar una gran gama de boards IoT. De igual modo cuenta con funciones HAL (Hardware Abstraction Layer) para acceder desde un alto nivel a los periféricos hardware (ver Figura 5).

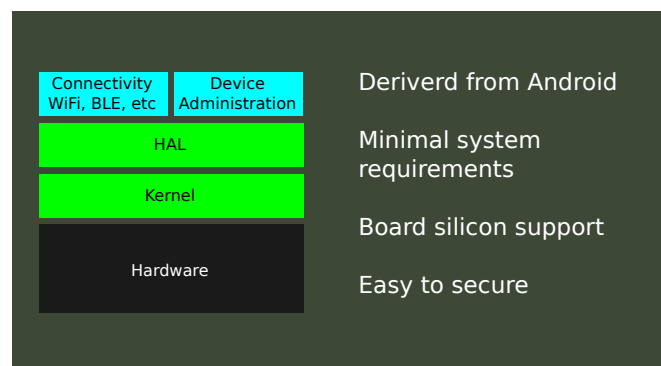


Figura 5: Arquitectura Google Brillo OS

### 6.3. Contiki, sistema operativo para el IoT

De igual modo, en la actualidad existen alternativas libres como sistemas operativos para el IoT. Este es el caso de Contiki, un sistema operativo basado en protothreads que cuenta con las siguientes características:

- Capa de red.
- Low power operation.
- Simulador de redes.
- Protothreads modelo de programación.

### Planteamiento del problema

Hoy en día dentro de las aplicaciones del IoT, las redes de sensores inalámbricas (WSN) ofrecen la capacidad de medir, inferir y entender las variables de diversos ambientes[1]. Los sensores empleados en éstas redes entregan el resultado de la medición de las diferentes variables en salidas análogas o digitales [6]. Estas salidas son procesadas por un microcontrolador el cual se encarga de decodificarlas y multiplexarlas [7]. Dicha decodificación se realiza mediante una serie de librerías específicas, previamente cargadas en un firmware, para cada uno de los sensores utilizados.

En la actualidad es necesaria una librería específica para cada tipo y/o maraca de sensor. A pesar de que existen estándares internacionales como IEEE 1451 para conectar diferentes transductores (sensores y actuadores) bajo un mismo protocolo [8], no existe una gran cantidad de productos comerciales que se ajusten completamente a éste estándar, debido a que éste protocolo requiere un hardware más potente dentro del sensor para su implementación [9], [5]. Debido a esto, se hace necesario modificar el firmware de un microcontrolador para que éste pueda manejar un nuevo sensor, lo cual puede demandar una gran trabajo [10]. Por esta razón en ésta propuesta busca diseñar una aproximación para el desarrollo de firmware con capacidad de conectar sensores Plug and Play para entornos IoT.

## 7. Objetivos

### 7.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una arquitectura de firmware con capacidad de conectar sensores Plug and Play para dispositivos de bajo consumo en ambientes IoT.

### 7.2. Objetivos específicos

- Establecer una línea de base sobre sensores de bajo consumo de energía tanto analógicos como digitales para definir los criterios para dispositivos Plug and Play en un contexto de la IoT.
- Proponer una arquitectura para el firmware de la IoT con capacidades Plug and Play.

- Desarrollar un sistema de gestión para manejar las librerías de sensores en los dispositivos IoT.
- Implementar la arquitectura propuesta y el sistema de gestión para generar capacidad de Plug and Play para un conjunto de sensores analógicos y digitales en dispositivo IoT de bajo consumo.
- Validar la arquitectura desarrollada en un entorno piloto IoT.

## Bibliografía

- [1] Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, and Marimuthu Palaniswami. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7):1645–1660, 2013.
- [2] Lu Yan, Yan Zhang, Laurence T Yang, and Huansheng Ning. *The Internet of things: from RFID to the next-generation pervasive networked systems*. CRC Press, 2008.
- [3] ABIresearch. The internet of things will drive wireless connected devices to 40.9 billion in 2020. <https://www.abiresearch.com/press/the-internet-of-things-will-drive-wireless-connect>, 2014.
- [4] Carrie MacGillivray, Vernon Turner, and Denise Lund. Worldwide internet of things (iot) 2013–2020 forecast: Billions of things, trillions of dollars. IDC, <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=243661>, 2013.
- [5] Ángel Asensio, Álvaro Marco, Rubén Blasco, and Roberto Casas. Protocol and architecture to bring things into internet of things. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2014, 2014.
- [6] J.G. Webster and H. Eren. *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, Second Edition: Spatial, Mechanical, Thermal, and Radiation Measurement*. Measurement, instrumentation, and sensors handbook. Taylor & Francis, 2014.
- [7] W. Dargie and C. Poellabauer. *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*. Wireless Communications and Mobile Computing. Wiley, 2010.
- [8] E.Y. Song and K. Lee. Understanding ieee 1451-networked smart transducer interface standard - what is a smart transducer? *Instrumentation Measurement Magazine, IEEE*, 11(2):11–17, April 2008.
- [9] C Emmanouilidis, S Katsikas, and C Giordamalis. Wireless condition monitoring and maintenance management: A review and a novel application development platform. In *Proceedings of the 3rd World Congress on Engineering Asset Management and Intelligent Maintenance Systems Conference (WCEAM-IMS 2008)*, pages 27–30, 2008.
- [10] A. El Kouche, H.S. Hassanein, and K. Obaia. Wsn platform plug-and-play (pnp) customization. In *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), 2014 IEEE Ninth International Conference on*, pages 1–6, April 2014.