

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLATAFORMA INALÁMBRICA PARA LA  
WEB FÍSICA

GRADO EN INGENIERÍA DE  
TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

JOSÉ ANTONIO YÉBENES GÁLVEZ  
MÁLAGA, 2017



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN  
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación**

Reunido el tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

D./D<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_

D./D<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_

D./D<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_

para juzgar el Trabajo de Fin de Grado titulado:

**Plataforma inalámbrica para la web física**

del alumno D./D<sup>a</sup>. *JOSÉ ANTONIO YÉBENES GÁLVEZ*

dirigido por D./D<sup>a</sup>. *Ignacio Herrero y José Manuel Cano*

ACORDÓ POR \_\_\_\_\_ OTORGAR LA

CALIFICACIÓN DE \_\_\_\_\_

y, para que conste, se extiende firmada por los componentes del tribunal, la presente diligencia.

Málaga, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

El Presidente:

El Vocal:

El Secretario:

Fdo.: \_\_\_\_\_ Fdo.: \_\_\_\_\_ Fdo.: \_\_\_\_\_



Universidad de Málaga  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de  
Telecomunicación

# PLATAFORMA INALÁMBRICA PARA LA WEB FÍSICA

**REALIZADO POR**  
JOSÉ ANTONIO YÉBENES GÁLVEZ

**DIRIGIDO POR**  
Ignacio Herrero y José Manuel Cano

**Dpto. de:** Tecnología Electrónica (DET)

**Palabras clave:** IOT, web, red, sensores, inalámbrica, física, objetos, internet

**Titulación:** Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación

**Resumen:** Aquí se explica un breve resumen del proyecto, en qué consiste, cuál es su propósito, etc.

Puede usarse más de un párrafo si es necesario.

Málaga, 14 de octubre de 2017



A mi familia,  
por permitirme cumplir mis objetivos.  
A Lucía,  
por aguantarme.

*El autor*





# Acrónimos

<b>API</b>	<i>Application Programming Interface</i>
<b>APL</b>	<i>Application</i>
<b>BLE</b>	<i>Bloetooth Low Energy</i>
<b>ETSIT</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación
<b>H2M</b>	<i>Human-to-Machine</i>
<b>HP</b>	<i>Hewlett-Packard</i>
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
<b>IOT</b>	<i>Internet Of Things</i>
<b>ISM</b>	<i>Industrial, Scientific and Medical</i>
<b>M2M</b>	<i>Machine-to-Machine</i>
<b>MAC</b>	<i>Medium Access Control</i>
<b>NWK</b>	<i>Network</i>
<b>PHY</b>	<i>Physical</i>
<b>QR</b>	<i>Quick Response</i>
<b>RF</b>	Radiofrecuencia
<b>TFG</b>	Trabajo Fin de grado
<b>UMA</b>	Universidad de Málaga
<b>URL</b>	<i>Uniform Resource Locator</i>
<b>Wavenis-OSA</b>	Wavenis Open Standard Alliance
<b>WSN</b>	<i>Wireless Sensor Networks</i>



# Índice

<b>Acrónimos</b>	<b>IX</b>
<b>Prólogo</b>	<b>1</b>
<b>I Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Introducción y visión general</b>	<b>5</b>
Objetivo . . . . .	6
Estado del arte . . . . .	6
Metodología y directrices seguidas . . . . .	10
Estructura del documento . . . . .	10
Ámbito de aplicación . . . . .	10
<b>II Desarrollo del proyecto</b>	<b>11</b>
<b>1 Plataforma de desarrollo <i>TI 15.4-Stack</i></b>	<b>13</b>
Visión General . . . . .	14
El Nodo . . . . .	14
<b>Bibliografía</b>	<b>15</b>



# Índice de figuras

1	Logo de la web física . . . . .	6
2	Ejemplos de comunicación cercana . . . . .	7



# Índice de Tablas





# Prólogo



# Parte I

## Introducción



# Introducción y visión general

## Contenido

---

Objetivo . . . . .	6
Estado del arte . . . . .	6
Metodología y directrices seguidas . . . . .	10
Estructura del documento . . . . .	10
Ámbito de aplicación . . . . .	10

---

## Sinopsis

En esta primera parte, recorreremos ...

## Objetivo

El objetivo de este trabajo se basa en implementar una red inalámbrica usando el microcontrolador CC1350 de Texas Instruments y el protocolo Simplelink Ti15.4 basado en el IEEE 802.15.4. Cada nodo de esta red emitirá paquetes bluetooth compatibles con la tecnología de Physical Web.

Toda la red estará gestionada desde una plataforma web, desde donde se recibirá información del estado de la red y se podrán enviar comandos. Como ejemplo de aplicación de esta tecnología se hará una demostración de una posible Smart City que tendrá dos tipos de nodos distribuidos:

**Nodo simple** Este nodo se utilizará en puntos donde se quiera enviar información a los usuarios sin ninguna interacción más. Por ejemplo un punto turístico o una parada de bus.

**Nodo aparcamiento de bicicletas** Este nodo simulará que gestiona un aparcamiento de bicicletas alquilables, donde el usuario recibe la dirección web por bluetooth y desde la web selecciona la bicicleta y la red se encarga de abrir el candado de la bicicleta seleccionada.

## Estado del arte

### Web Física

El primer concepto que hay que conocer para afrontar el proyecto es el de Web Física. La Web Física es un término que describe el proceso de presentar objetos cotidianos en internet[1]. Este enfoque ofrece a los usuarios móviles la posibilidad de gestionar sus tareas diarias en el uso de objetos cotidianos. Los objetos comienzan a ser inteligentes y remotamente controlables. Este modelo permite a los usuarios móviles navegar y controlar los objetos físicos que rodean al dispositivo móvil. Además, esto ayuda al desempeño de tareas diarias dependiendo de los objetos cercanos [2].

Podemos mencionar en este contexto a los conocidos códigos *Quick Response* (QR), los códigos QR son un código de barras en dos dimensiones, a menudo utilizados para mapear *Uniform Resource Locator* (URL) con objetos físicos [3].



Figura 1: Logo de la web física

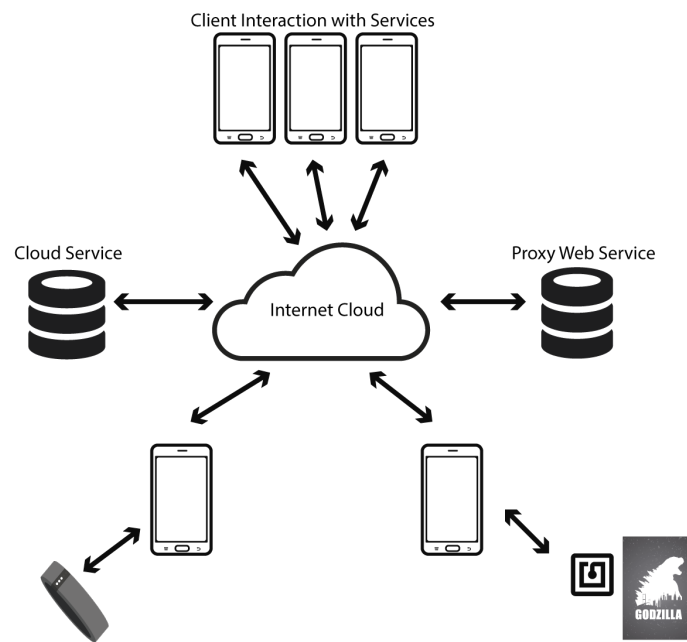


Figura 2: Ejemplos de comunicación cercana

Las etiquetas inalámbricas son uno de los enfoques más utilizados para el marcado de objetos físicos. Las etiquetas inalámbricas pueden soportar protocolos como *Bluetooth Low Energy* (BLE) y *WiFi*. Los protocolos mencionados son soportados por la mayoría de los teléfonos móviles modernos.

En la Web Física, personas, lugares y objetos tienen páginas web que proveen información y mecanismos de interacción. Sin embargo, es la amplitud y la profundidad de la pila que rodea a la web, que hacen de esta una atractiva visión para la evolución del *Internet Of Things* (IOT).[1]

Las páginas web son una fantástica tecnología para interacción *Human-to-Machine* (H2M), pero muchos de los casos de uso del IOT son interacciones *Machine-to-Machine* (M2M). Los formatos de datos usados por **Schema.org** y otros, permiten a los agentes de usuario y servicios en la nube analizar los datos para eventos, organizaciones, personas, lugares, productos y así sucesivamente, acutando sobre ellos de forma interactiva y proactiva. [1]

Uno de los primeros proyectos en fomentar esta idea fue *Hewlett-Packard* (HP) con *Cooltown*, que usaba balizas infrarrojas para transmitir URLs. Más recientemente, BLE proporciona una similar baliza de bajo consumo que puede emitir URL en paquetes periódicos ([www.uribeacon.org](http://www.uribeacon.org)). [1]

## Redes inalámbricas e internet de las cosas

El futuro de internet tiene como meta integrar diferentes tecnologías de comunicación, cableadas e inalámbricas, con el objetivo de contribuir sustancialmente a mejorar el concepto de IOT [4]. Aunque hay muchas maneras de describir el IOT, podemos definirlo como una red con objetos interconectados con direcciones únicas, basadas en un protocolo estándar de comunicación.[5]

Los sensores de bajo costo han facilitado la proliferación de *Wireless Sensor Networks* (WSN) en muchos escenarios como monitorización medioambiental, agricultura, salud, y construcciones inteligentes. WSN están caracterizadas por una alta heterogeneidad porque están basadas en diferentes soluciones, propietarias y no propietarias. Este gran rango de soluciones está retrasando actualmente desarrollos a gran escala de estas tecnologías a fin de que se obtenga una gran red virtual de sensores que permita integrar todos las existentes redes de sensores.[6]

Las redes de sensores basadas en sistemas cerrados o propietarios son islas conectivamente hablando, con limitadas comunicaciones con el mundo exterior. Por lo general, es necesario usar *gateways* con conocimiento específico de la aplicación para exportar los datos de la WSN a otros dispositivos conectados a Internet. Además, no hay comunicación directa entre diferentes protocolos a menos que se implementen complejas conversiones específicas para la aplicación en los *gateways* o *proxies*.

### Visión general de las soluciones existentes

En este apartado presentaremos una rápida visión general de las principales tecnologías usadas para WSN [7]. Analizaremos las soluciones que no están basadas en los protocolos de internet.

**ZIGBEE** ZigBee es una tecnología de red inalámbrica desarrollada por la ZigBee Alliance para baja tasa de transmisión de datos y aplicaciones de corto alcance [8]. La pila de protocolos ZigBee está compuesta por 4 principales capas: la capa *Physical* (PHY), la capa *Medium Access Control* (MAC), la capa *Network* (NWK) y la capa *Application* (APL). PHY y MAC de ZigBee están definidas por el estándar *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.15.4, mientras el resto de la pila está definida por la especificación ZigBee.

Esta versión inicial del IEEE 802.15.4, en la que ZigBee está basado, funciona en la bandas de 868 MHz (Europa), 915 MHz (Norteamérica) y 2.4 GHz (global).

Una nueva especificación de ZigBee es RF4CE [9], que tiene una simplificada pila de red para topologías en estrellas solamente, ofreciendo una solución simple para el control remoto de electrónica de consumo.



**Z-WAVE** Z-Wave es un protocolo inalámbrico desarrollado por ZenSys y promovida por la Z-Wave Alliance para automatizaciones residenciales y pequeños entornos comerciales. El principal objetivo de permitir transmisiones seguras de cortos mensajes desde una unidad de control hasta uno más nodos en la red [10]. Z-Wave esta organizado de acuerdo a un arquitectura cumpuesta por 5 capas principales: PHY, MAC, transferencia, enrutado y capas de aplicación.

Z-Wave opera principalmente en la banda de 900 MHz (868 MHz en Europa y 908 MHz en Estados Unidos) y 2.4 GHz. Z-Wave permite tasas de transmisión a 9.6 kb/s, 40 kb/s y 200 kb/s.

**INSTEON** INSTEON [?] es una solución desarrollada por SmartLabs y promovida por la INSTEON Alliance. Una de las distintivas características de INSTEON es el hecho de como define una topología de red compuesta de Radiofrecuencia (RF) y *power line links*. Los dispositivos pueden ser RF, *power-line*, o pueden soportar ambos tipos de comunicación.

INSTEON opera a 904 MHz como frecuencia central, con una tasa de datos bruta de 38.4 kb/s.

Los dispositivos INSTEON son parejas, lo que significa que cualquiera de ellos pueden tener el rol de emisor, receptor o repetidor. La comunicación entre ambos dispositivos que no estén en el mismo rango se logra mediante un enfoque «multisalto» que usa los repetidores en un esquema de sincronización temporal.

**WAVENIS** Wavenis es un protocolo inalámbrico desarrollado por Coronis System para el control y monitorización de aplicaciones en entornos exigentes, incluida la domótica y la automatización de edificios. Wavenis actualmente está promovida y gestionada por la Wavenis Open Standard Alliance (Wavenis-OSA). Está definido por la funcionalidad de las capas física, de enlace y de red [11]. Los servicios de Wavenis pueden ser accedidos desde capas superiores mediante una *Application Programming Interface* (API).

Wavenis opera principalmente en las bandas de 433 MHz, 868 MHz y 915 MHz, que son bandas reservadas para *Industrial, Scientific and Medical* (ISM) en Asia, Europa y Estados Unidos. Algunos productos también operan en la banda de 2.4 GHz. Las tasas de transmisión mínimas y máximas dadas por Wavenis son 4.8 kb/s y 100 kb/s, respectivamente, con 19.2 kb/s como valor típico.

## TI 15.4-STACK

Metodología y directrices seguidas

Estructura del documento

Ámbito de aplicación

# Parte II

## Desarrollo del proyecto



# Capítulo 1

## Plataforma de desarrollo *TI* *15.4-Stack*

### Contenido

Visión General . . . . .	14
El Nodo . . . . .	14

### Sinopsis

Sinopsis

**Visión General**

**El Nodo**

# Bibliografía

- [1] Roy Want, Bill N. Schilit, and Scott Jenson. Enabling the internet of things. *Computer*, 2015.
- [2] Dmitry Namiot and Manfred Sneps-Sneppe. The physical web in smart cities. *Advances in Wireless and Optical Communications*, 2015.
- [3] Yue Liu, Ju Yang, and Mingjun Liu. Recognition of QR code with mobile phones. In *Control and Decision Conference*.
- [4] Gerd Kortuem, Fahim Kawsar, and Vasughi Sundramoorthy. Smart objects as building blocks for the internet of things. *IEEE Internet Computing*, 2009.
- [5] Luca Mainetti, Luigi Patrono, and Antonio Vilei. Evolution of wireless sensor networks towards the internet of things: A survey. *Telecommunications and Computer Networks*, 2011.
- [6] Michele Zorzi, Alexander Gluhak, and Sebastian Lange. From today’s intranet of things to a future internet of things: a wireless and mobility-related view. *IEEE Wireless Communicationss*, 2010.
- [7] Carles Gomez and Josep Paradells. Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies. *IEEE Communications Magazine*, 2010.
- [8] Zigbee Alliance. Zigbee home automation public application profile. Technical report, Zigbee Alliance, 2007.
- [9] Zigbee Alliance. The zigbee rf4ce standard. Technical report, Zigbee Alliance, 2009.
- [10] Z-Wave. Z-wave protocol overview. Technical report, Z-Wave, 2007.
- [11] Ana Belén García Hernando, José Fernán Martínez Ortega, Juan Manuel López Navarro, Aggeliki Prayati, and Luis Redondo López. *Problem Solving for Wireless Sensor Networks*. Springer, 2008.

