

Grado en Ingeniería de Tecnologías de la
Telecomunicación
2016 - 2017

Trabajo Fin de Grado

“OneM2M, OM2M and OpenHAB”

Carlos de la Herrán Martín

Daniel Díaz Sánchez

Madrid, ... 2017



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

Agradecimientos

Abstract

Resumen

Índice

Índice

Índice de figuras

Índice de figuras

Índice de tablas

índice de tablas

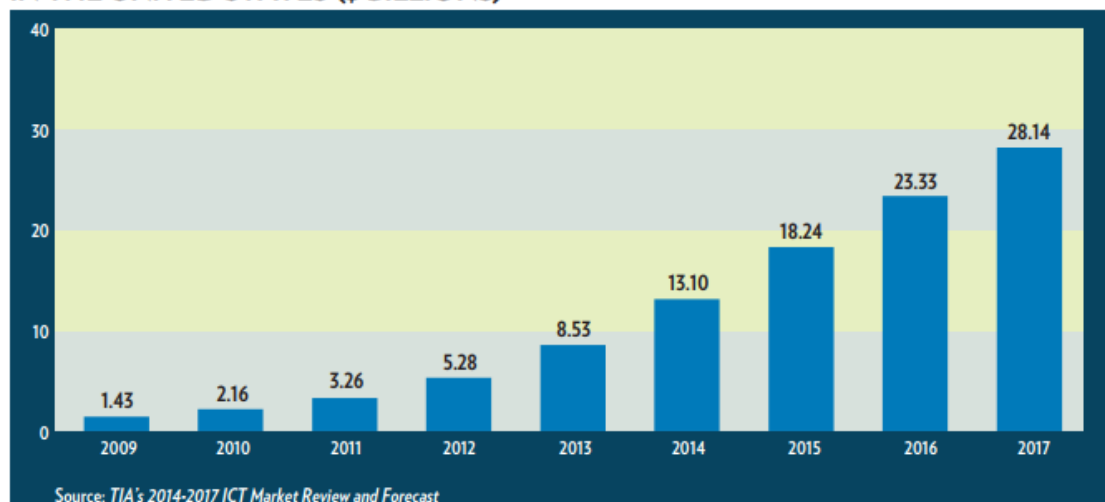
1. Introducción

1.1. Motivación del proyecto

En los últimos años, los avances tecnológicos y en telecomunicaciones nos hace predecir que una nueva revolución está a punto de aparecer en nuestras vidas: el Internet de las Cosas (**IoT – Internet of Things**). Este término expresa el hecho de que cualquier objeto de nuestra vida cotidiana, como una nevera, un coche, la calefacción de nuestra casa o incluso nuestras prendas de ropa sean dotados de cierta inteligencia (mediante sistemas embebidos) y estén conectados a Internet.

El rápido avance del Internet de las Cosas, y su gran popularidad, se debe a varios factores: la gran penetración actual de conexiones de banda ancha, el gran aumento de velocidad de las redes móviles y el aumento de la capacidad de computación de los microprocesadores, lo que permite desarrollar y fabricar dispositivos más pequeños y más baratos. Esto ha hecho posible la instalación de todo tipo de sensores en los dispositivos y las máquinas, cada vez más precisos y pequeños. Esto, unido a su conexión a Internet, nos lleva a un escenario en el que los consumidores y las empresas podrán obtener y analizar cantidades enormes de datos en tiempo real, permitiendo hacer decisiones para maximizar su eficiencia en tiempo y coste.

**MACHINE-TO-MACHINE SERVICES SPENDING
IN THE UNITED STATES (\$ BILLIONS)**



Además de los grandes cambios y transformaciones que puede suponer este nuevo paradigma en nuestra sociedad y en nuestra vida diaria, el **potencial económico** del Internet de las Cosas es enorme. En el año 2012 se estimó que un total de unos 8.700 millones de “cosas” estaban conectadas a Internet a lo largo del mundo, y las proyecciones estiman que este número crezca hasta los 50.000 millones en el año 2020, generando unos beneficios globales de 8.9 billones de dólares en el

proceso. Esto afectará principalmente al mercado de las tecnologías de la información y comunicación (TICs), sus fabricantes, proveedores y vendedores, pero también tendrá efectos secundarios positivos en todos los ámbitos de la economía mundial.

El último gran cambio social en nuestra especie se produjo durante los siglos XVIII y XIX, durante la **Revolución Industrial**, que produjo un punto de inflexión en todos y cada uno de los aspectos de la vida humana. Al sustituir la mano de obra humana y animal por maquinaria gracias a la introducción de nuevos avances técnicos, nuestra sociedad cambió para siempre. Cambiaron nuestros hábitos, nuestras costumbres; y mejoraron nuestra salud y nuestra calidad de vida. Como consecuencia, la población y la economía creció masivamente. Los avances tecnológicos del siglo XX, la llamada “Era Digital” pueden llegar a culminar con el Internet de las Cosas en el mayor cambio que se ha producido en nuestra sociedad desde entonces.

En este nuevo mundo de “cosas” conectadas, la mayoría de comunicaciones serán Máquina a Máquina (**M2M – Machine to Machine**), y habrá un continuo intercambio de información entre sensores, dispositivos y redes. Este término, M2M, es uno de los temas centrales de este trabajo y, aunque no se refieren a lo mismo, muchas veces es utilizado en distintos ámbitos como un sinónimo del IoT, ya que las fronteras entre ambos términos son difusas. Podemos definir la comunicación Máquina a Máquina como aquella comunicación en la que las “Máquinas” (o “cosas”) usan los recursos que les proporciona la red para comunicarse de forma automática entre ellas, con el propósito de su control o monitorización. Por lo tanto, la comunicación Máquina a Máquina es lo que provee al Internet de las Cosas de la capacidad de conexión que permite desarrollar su potencial. También se podría decir que ambos términos (IoT y M2M) se refieren al mismo concepto. La única diferencia residiría en que IoT estaría enfocado desde una perspectiva de un servicio en un mercado global, mientras que M2M se enfoca desde un punto de vista técnico de telecomunicaciones.

Las posibilidades del Internet de las cosas son enormes, y abarcan muchos y distintos campos de nuestra economía. Podemos hacer una división entre los diferentes campos en los que se están haciendo esfuerzos por implantar este nuevo paradigma, incluyendo varios ejemplos de implementación en cada uno de ellos:

- **Seguridad ciudadana:** sistemas de vigilancia, controles de acceso físico y sistemas de control medioambiental.
- **Redes eléctricas inteligentes:** producción y consumo de electricidad, gas y agua. Control de la producción según la demanda. También conocido con el término anglosajón “Smart Grids”.
- **Automoción:** gestión de flotas, seguridad al volante, navegación avanzada, información sobre el tráfico, pago automático de peajes y monitorización de la telemetría de los vehículos a distancia.

- **Pagos:** puntos de venta automatizados, cajeros y máquinas expendedoras conectadas.
- **Sanidad:** monitorización de las constantes vitales, ayuda para las personas mayores o minusválidos, diagnóstico remoto y acceso por web a profesionales médicos.
- **Control y mantenimiento remoto:** automatización industrial, sensores, iluminación, autodiagnóstico de fallos.
- **Dispositivos de consumo:** teléfonos móviles, tecnología vestible (relojes, pulseras o prendas inteligentes), ebooks. También incluimos aquí la domótica (automatización del hogar): automatización e interconexión de luces, sistemas de climatización, sensores de humos, etc.

Aunque el potencial del Internet de las Cosas en todos los ámbitos descritos anteriormente es muy grande, la mayoría de los primeros desarrollos e intereses en este entorno han tenido un enfoque vertical, es decir, con respecto a un mercado específico. Se ha llegado a desarrollar soluciones importantes y útiles de este modo, pero uno de los factores cruciales del IoT es la intercomunicación y la interoperatividad entre sistemas de diferentes mercados o industrias, y esto es imposible de conseguir con un enfoque vertical y con tecnologías “cerradas”. Para la correcta evolución del IoT necesitaremos alejarnos de este acercamiento vertical y de tecnologías cerradas para ir hacia un mundo de sistemas abiertos, basados en APIs y protocolos estandarizados en todos los niveles o capas.

Por lo tanto, para evitar un escenario adverso, es necesario desarrollar un entorno común con un enfoque horizontal, que pueda englobar todos los posibles casos de uso del Internet de las Cosas, que permita la intercomunicación entre todos los sistemas, seguido de aplicaciones específicas verticales cuando sea necesario para la resolución de problemas específicos. Alcanzar una uniformidad regulatoria y unos estándares comunes entre industrias que poco o muy poco tienen en común será sin duda muy complejo, y a veces imposible, pero maximizar los elementos que estas industrias tienen en común y en los que pueden converger será lo que libere el verdadero potencial de innovación del Internet de las Cosas.

El IoT continua confirmando su importante posición en el contexto de las TIC y del desarrollo de la sociedad. Sin embargo, es un campo todavía en plena maduración, particularmente debida a varios factores que limitan su plena explotación. Mientras que sus fundamentos básicos ya han sido elaborados y han conseguido una cierta madurez, todavía es necesario un gran esfuerzo para que el Internet de las Cosas pueda desarrollar todo su potencial. Estos esfuerzos resultarán en una mejor explotación del Internet de las cosas mediante una mayor interactividad entre todos los diferentes sectores de la industria, un mayor conocimiento del mundo que nos rodea y la utilización de un infinito espacio de resolución de problemas.

1.2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es estudiar el tipo de soluciones horizontales y para el Internet de las Cosas. El primer paso será realizar un estudio de los estándares, tecnologías y consorcios que han ido apareciendo a lo largo de la última década para potenciar y regular el IoT.

Con el paso de los años, ha surgido la necesidad de un estándar horizontal que sea implementado a lo largo de todas las diferentes industrias verticales, para asegurar la facilidad de uso de la tecnología Máquina a Máquina (M2M), la interoperatividad de los datos generados por las diferentes “cosas” conectadas y un desarrollo eficiente de los sistemas M2M. Con este objetivo, en el año 2012, siete de las más importantes Organizaciones de Desarrollo de Estándares (SDOs – Standards Development Organizations) formaron la iniciativa global **oneM2M** para la estandarización de la comunicación Máquina a Máquina. Su objetivo es estandarizar una capa común de servicios M2M para cualquier tipo de caso de uso dentro del Internet de las Cosas, con el objetivo de facilitar aplicaciones M2M multi-industria, es decir, para habilitar la interconexión entre sistemas que a priori no tienen nada que ver entre si para conseguir objetivos como las “Smart Grids” o las “Smart Cities”, ciudades inteligentes. El objetivo de la iniciativa es que esta capa de servicios común sea implementada en todos los diferentes componentes de hardware y de software de las diferentes industrias para asegurar que los dispositivos M2M puedan comunicarse a gran escala.

El primer objetivo de este trabajo será estudiar a fondo el funcionamiento y la arquitectura de las diferentes especificaciones de oneM2M. Después, se diseñará una red oneM2M con diferentes dispositivos, puntos de acceso y aplicaciones para el testeo de la misma, y de los principios básicos de la plataforma horizontal, así como las facilidades que aporta y los retos que puede llegar a suponer. Se implementará esta red usando la plataforma **OM2M**. OM2M es un proyecto de la Eclipse Foundation, que consiste en una implementación, en Java, de código abierto de una capa de servicios común para la interoperatividad Máquina a Máquina basada en las especificaciones de oneM2M.

Existe otra iniciativa de código abierto y de cierta perspectiva horizontal llamada **OpenHAB**, orientada únicamente a la automatización del hogar. Esta está basada en el proyecto Eclipse Smarthome, también de la Eclipse Foundation y también implementada en Java. OpenHAB es un software para integrar diferentes sistemas y tecnologías de domótica o automatización del hogar en una única solución que permite implementar reglas de interconexión y automatización entre todos los diferentes dispositivos, así como una interfaz gráfica común para controlarlos. Otro de

los objetivos de este trabajo será estudiar esta solución, sus ventajas y su facilidad de uso, así como su instalación. Por último, se intentará integrar de alguna manera estas dos soluciones horizontales para el Internet de las Cosas, oneM2M y OpenHAB.

Creo que los objetivos deberían estar mejor definidos, me gustaría mirarlo contigo.

1.3. Contenido de la memoria

La primera parte de la memoria consiste en un análisis del “estado del arte” del Internet de las Cosas y de las comunicaciones Máquina a Máquina. Se hará una descripción y análisis de los más importantes protocolos, plataformas y alianzas que tienen el propósito de hacer avanzar el IoT.

Posteriormente, se hará una descripción y análisis más detallado de las tecnologías que se van a utilizar en este proyecto: oneM2M (y su implementación de código abierto OM2M) y OpenHAB. Se describirá su propósito, funcionamiento, arquitectura y funcionalidades. Se analizará también objetivamente los puntos fuertes y débiles de cada uno, así como las facilidades que pueden dar para desarrollar aplicaciones o plug-ins para las mismas.

Después de este análisis se expondrá el diseño de la red oneM2M a implementar, así como los pasos para hacerlo y se explicará detalladamente su funcionamiento. Se expondrá de manera que la red sea fácilmente reproducible por cualquiera que quiera probarla por él mismo. Así mismo, se procederá a la instalación de openHAB, a la descripción de su funcionamiento y al testeo de la plataforma para comprender su funcionamiento.

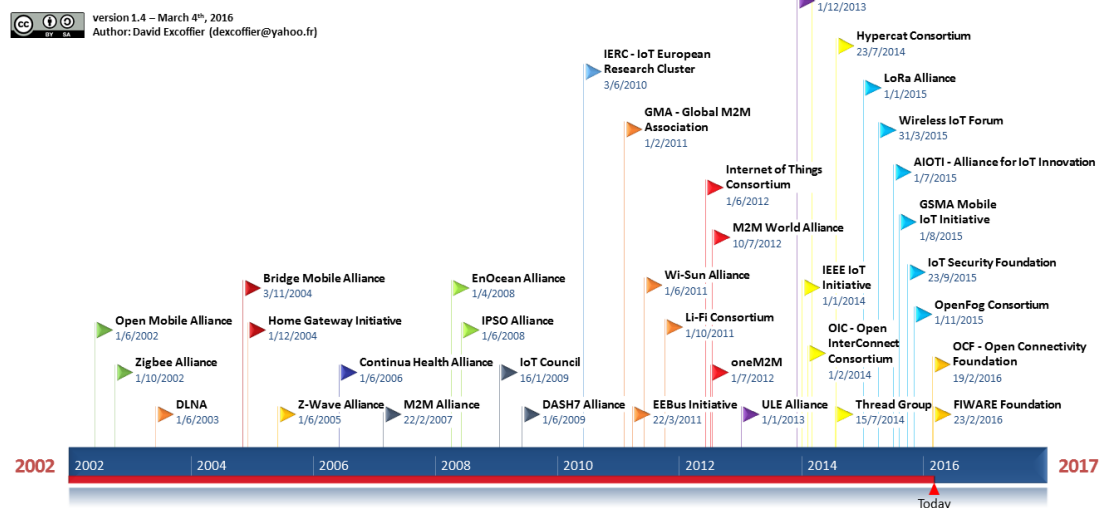
Por último, se estudiará la posibilidad de integrar el protocolo OneM2M como un “binding” de openHAB, para conseguir la interoperatividad entre ambos sistemas, de manera unidireccional o bidireccional.

2. Estado del arte

2.1. Alianzas, consorcios y grupos de trabajo

Gracias al gran avance en varios campos de la tecnología, como las comunicaciones móviles, han hecho posible que empecemos a pensar en el Internet de las Cosas como en una realidad muy cercana y prometedora, aunque todavía son necesarios grandes esfuerzos para que se convierta en realidad. A lo largo de la última década los grandes actores de varias industrias orientadas hacia el IoT; fabricantes, desarrolladores, organizaciones de estandarización, organizaciones gubernamentales, etc. se han dado cuenta de la necesidad de estándares consistentes y de la necesidad de cooperación en el desarrollo de los mismos para hacer del IoT un ecosistema realmente conectado, y permitir la interoperatividad entre diferentes sectores verticales.

Internet of Things Alliances & Consortia timeline



A continuación, se procederá a hacer una enumeración y análisis de las alianzas y consorcios de IoT más importantes en la actualidad

2.1.1. AIOTI

La Alianza para la Innovación del Internet de las Cosas (Alliance for Internet of Things Innovation) es una iniciativa iniciada en el año 2015 como resultado del desarrollo europeo y global de la tecnología y mercados del IoT. Su objetivo es crear y mantener ecosistemas de innovación dentro de la Unión Europea en el entorno global para poder afrontar los retos de estandarización, interoperatividad y legislación que supone este nuevo paradigma.

El trabajo de preparación de esta alianza se inició en el el IoT European Research Cluster (IERC), en el año 2014, y fue seguido de una reunión de alto nivel en la Comisión Europea en Bruselas en febrero de 2015. Esta reunión congregó a varios altos cargos de toda la cadena de valor del Internet de las Cosas: fabricantes de semiconductores y microelectrónica, operadores de red, teleoperadoras, proveedores de plataformas “en la nube”, proveedores de seguridad, así como varios representantes de diferentes industrias como la energética, la automoción, iluminación, sanidad, etc. En esta reunión, se redactó la declaración “Momentum”, que define los pilares básicos de la AOITI, que son los siguientes:

- La Unión Europea tendrá el ecosistema y la industria industria de IoT más dinámico y ágil de todo el mundo, que transformará la vida de las personas, traerá empleo y crecimiento económico y supondrá varios desafíos sociales.
- Serán necesarias actividades de colaboración en innovación para conseguir un desarrollo satisfactorio del IoT.
- Entendiendo el potencial de las “cosas conectadas”, su inteligencia y datos que aportan, apoyamos la creación de un ecosistema para el IoT que apoye la creación de valor, escalabilidad, sostenibilidad, coexistencia y apertura.
- Los principios esenciales serán la cooperación y el compartimiento de conocimientos entre los actores existentes y nuevos dentro de la industria, y hacer posibles acuerdos flexibles con el objetivo de la convergencia, interoperatividad y estandarización.
- Serán necesarios modelos de referencia comunes y proyectos piloto de IoT a gran escala para hacer avanzar al IoT estimulando la creación, aceptación y lanzamiento de servicios , desde los puntos de vista del creador y del usuario de los mismos.

Hasta la fecha, la AIOTI se ha centrado en elaborar recomendaciones generales sobre temas como la privacidad y la seguridad. La AIOTI deberá facilitar la adopción de estas recomendaciones a sus miembros y asegurarse de ser el órgano de recomendación y consulta más importante para los mandatarios de los diferentes países en temas de IoT. En el año 2016 fue establecida como una organización sin ánimo de lucro por sus miembros fundadores.

Algunos de sus miembros son: ARTEMISIA, Arthur's Legal, ATOS, Bosch, BT, CNH Industrial, Digital Catapult, Engineering LOI, GRADIANT, Huawei, IBM, Infineon Technologies, John Deere, Nokia, Philips Lighting, Samsung, Schneider Electric, Siemens, STMicroelectronics, Telit Communications y Vodafone.

2.1.2. AllSeen Alliance

La alianza AllSeen fue fundada en el año 2013 por varias de las más importantes empresas de tecnología de consumo en el mundo, incluyendo a Qualcomm, Microsoft, Panasonic, Sony y LG. Su objetivo es permitir la interoperatividad estandarizada entre diferentes productos de diferentes fabricantes, mediante un entorno o “framework” común.

Con este objetivo, los miembros de esta alianza empezaron a desarrollar el entorno de desarrollo “AllJoyn”, un protocolo de código abierto que facilita la comunicación entre aplicaciones y/o dispositivos, para que los desarrolladores de software sean capaces de comunicarse y operar entre sí sin tener que preocuparse del fabricante del dispositivo o de la capa física de transporte a usar. AllJoyn está ideado para funcionar en redes locales, y da a los dispositivos y aplicaciones la capacidad para encontrarse los unos a los otros dentro de la red y establecer comunicación. Su primera versión estable fue lanzada a finales de 2016 y da soporte a varios lenguajes de programación (C, C++, Objective-C y Java), a varias capas de transporte (Wi-Fi, Ethernet y PLC) y a múltiples plataformas (RTOS, Arduino, Linux, Android, iOS, Windows y Mac).

En octubre de 2016 la alianza AllSeen anunció su fusión con la Open Connectivity Foundation (**OIF**), bajo este mismo nombre, para acelerar el desarrollo del Internet de las Cosas. Esta organización fue creada por Intel, Broadcom y Samsung Electronics, con un objetivo muy similar al de la alianza AllSeen. También ellos han desarrollado un framework para la interoperatividad similar a AllSeen llamado IoTivity. A partir de ahora, ambos proyectos trabajarán de la mano para implementar las futuras especificaciones de la OIF en una única implementación de IoTivity que aglutine lo mejor de ambas plataformas.

2.1.3. IPSO Alliance

La alianza IPSO (Internet Protocol – Smart Object) es una organización sin ánimo de lucro fundada en el año 2008 por miembros de la industria tecnológica, de las telecomunicaciones y compañías energéticas. Como las anteriores, su objetivo es permitir que dispositivos IoT se comuniquen entre sí permitiendo una interoperatividad global a través de estándares abiertos. Apoya un enfoque basado en IP (Internet Protocol) para conectar objetos inteligentes.

Su principal aportación es la definición del Smart Object Model.

-----> **Obtener más info**

Algunos de sus miembros son: ARM, BOSCH, Dust Networks, EATON, Ericsson, greenWAVE systems, intel, ST, Atmel and Sun Microsystems.

“The IPSO Alliance provides a foundation for industry growth by fostering awareness, providing education, promoting the industry, generating research, and creating a better understanding of IP and its role in the Internet of Things.”

2.1.5. IIC

El Industrial Internet Consortium es un programa global fundado en el año 2014 por AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel, que promueve el crecimiento acelerado del Industrial Internet of Things mediante la coordinación de iniciativas de ecosistemas para conectar, controlar e integrar de manera segura sistemas de la industria con las personas que los utilizan. Promueven el uso de arquitecturas comunes, interoperatividad y estándares abiertos para transformar la industria y obtener beneficios sociales en la misma y en las infraestructuras públicas.

El objetivo principal del IIC es acelerar el llamado “Internet Industrial”, apoyando la innovación mediante diferentes acciones:

- Utilizando los casos de uso del IoT existentes en la industria y creando otros nuevos que sirvan como proyectos de incubación para su posterior aplicación en el mundo real.
- Proveyendo a la industria de arquitecturas de referencia, casos de estudio y definición de estándares para facilitar el despliegue de tecnologías conectadas.
- Influenciando el proceso de desarrollo de estándares globales para Internet y sistemas industriales.
- Facilitando foros globales y abiertos en los que los actores del IoT y de la industria puedan compartir e intercambiar ideas, prácticas, lecciones y detalles.

2.1.6. oneM2M

La iniciativa global oneM2M es una asociación internacional creada con el objetivo de elaborar una serie de especificaciones para conseguir una capa de servicios M2M aplicable globalmente y que sea independiente de la o las tecnologías utilizadas, que permitan el fácil despliegue de aplicaciones M2M entre sistemas heterogéneos. Con esto pretenden facilitar aplicaciones IoT multi-industria como las “Smart Grids” o las “Smart Cities”. Esta capa de servicios M2M común está ideada para ir embebida en varios componentes de software y de hardware para asegurar que los dispositivos del Internet de las Cosas puedan comunicarse a escala global.

Esta iniciativa fue iniciada en el año 2012 por siete de las más importantes organizaciones de normalización y estandarización a nivel mundial: la “Association of Radio Industries and Businesses” (**ARIB**) y el “Telecommunication Technology

Committee” (**TTC**), de Japón; la “Alliance for Telecommunications Industry Solutions” (**ATIS**) y la “Telecommunications Industry Association” (**TIA**), de Estados Unidos; la “China Communications Standards Association” (**CCSA**), de China; el “European Telecommunications Standards Institute” (**ETSI**), de Europa; y la “Telecommunications Technology Association” (**TTA**), de Corea del Sur.

El principal objetivo de esta alianza es minimizar la fragmentación de los estándares de capas de servicios M2M, muchos de ellos elaborados por las diferentes alianzas que se han mencionado anteriormente, consolidando los estándares existentes actualmente y intentando juntar lo mejor de cada uno de ellos es un estándar global.

oneM2M planea aportar los siguientes beneficios al ecosistema M2M:

- Acelerando las economías de escala y recortando el tiempo de salida al mercado de productos M2M mediante la eliminación de la necesidad de desarrollar nuevos estándares.
- Simplificando el proceso de desarrollo de aplicaciones aportando un conjunto común de Interfaces de Programación de Aplicaciones (APIs).
- Haciendo uso de las redes globales existentes para el mayor potencial de los servicios M2M y para expandir las oportunidades de negocio basadas en estándares interoperables.
- Aportando evolución, desarrollo e interoperatividad de la capa de servicios M2M común y de sus funciones.

2.1.7. Eclipse IoT

El grupo de trabajo Eclipse IoT es una iniciativa amparada bajo la Fundación Eclipse, que apoya la colaboración entre organizaciones y desarrolladores individuales que comparten la meta de crear un entorno abierto, de software libre, para el Internet de las Cosas. Esta colaboración se centra en el desarrollo, promoción y adopción de tecnología de software libre para IoT.

Bajo el amparo de esta iniciativa se han desarrollado varias soluciones de software libre para el Internet de las Cosas. A continuación enumeraremos algunos de ellos:

- **Eclipse Edge:** para asegurar la portabilidad del software, es necesario que un dispositivo IoT incluya una capa de software que permita el acceso a las funcionalidades de hardware del microprocesador del dispositivo. Eclipse Edge aporta un API de alto nivel para acceder a estos recursos de hardware

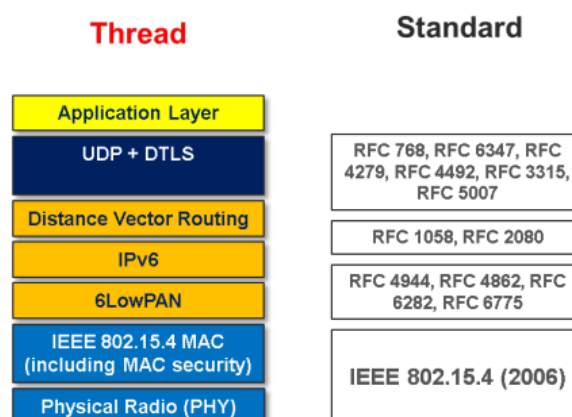
(GPIO, ADC, MEMS, etc.), que puede ser conectada directamente a las capas de software de bajo nivel aportadas por el fabricante del dispositivo.

- **Eclipse Paho:** este proyecto provee a los desarrolladores de una implementación fiable de código abierto del protocolo MQTT.
- **Eclipse Leshan:** consiste en una implementación en Java de código abierto del protocolo OMA Lightweight M2M (LWM2M).
- **Eclipse Smarthome:** aporta una plataforma para gateways IoT especialmente enfocadas en la automatización del hogar. Consiste en un entorno que permite diseñar soluciones de domótica en entornos heterogéneos. Es decir, soluciones que tienen que enfrentarse a la integración de diferentes protocolos y estándares para poder controlar todos los dispositivos desde un punto central. Consiste en un sistema operativo, un contenedor de aplicaciones OSGi y aporta los servicios de conectividad entre dispositivos, almacenamiento y mensajería de los datos obtenidos de los mismos y su manejo remoto. OpenHAB, una de las tecnologías centrales que usaremos posteriormente en este proyecto, está basado en Eclipse Smarthome.
- **Eclipse OM2M:** consiste en una implementación en Java y en código abierto de las especificaciones de oneM2M. Aporta una Entidad de Servicios Común (CSE – Common Service Entity) que puede ser desplegada en gateways, servidores y dispositivos, y que aporta varios servicios comunes.

Algunos de los miembros de este grupo de trabajo son: Bosch Software Innovations, Eurotech, Red Hat Inc., Canonical, Deutsche Telekom, Siemens y Huawei, entre otros muchos.

2.1.8. Thread group

El grupo Thread fue creado en el año 2014, con la intención de elaborar un protocolo de comunicación (thread) que permita conectar y controlar todos los dispositivos del hogar de la manera más sencilla posible. El grupo fue establecido por varias empresas y organizaciones que no podían encontrar un protocolo de red inalámbrico que pudiese satisfacer sus necesidades en materia de automatización del hogar. Los siete miembros fundadores de esta iniciativa son ARM, Bigass Fans, freescale semiconductor, nest, Samsung, Silicon Labs y la Universidad de Yale.



Este grupo a desarrollado un protocolo de comunicación inalámbrica peer-to-peer usando estándares de red ya existentes, como podemos ver en la figura. Todas las capas menos la de aplicación se basan en estos estándares abiertos, siendo esta última propietaria y cerrada. El protocolo está diseñado para el hogar, con el objetivo de hacer converger diferentes proyectos de automatización del mismo. Está diseñado para soportar varios tipos de productos para el hogar como termostatos, electrodomésticos, iluminación, sistemas de entretenimiento, seguridad, etc.

2.1.9. Zigbee Alliance

La alianza Zigbee es una organización abierta y sin ánimo de lucro que fue establecida en el año 2002, con el objetivo de desarrollar los estándares necesarios para la comunicación inalámbrica de bajo consumo, para aplicaciones de control, monitorización o sensores implementados en dispositivos de pequeño tamaño que puedan funcionar con baterías durante meses e incluso años. Esta alianza es la responsable del protocolo de comunicación Zigbee, del que se darán más detalles en el siguiente apartado.

2.1.10 Z-Wave Alliance

“Established in 2005, the Z-Wave Alliance is comprised of industry leaders throughout the globe that are dedicated to the development and extension of Z-Wave as the key enabling technology for 'smart' home and business applications.”

→ [buscar más info](#)

2.1.11 LoRa Alliance

La alianza LoRa es una alianza abierta, sin ánimo de lucro, iniciada por varios actores de la industria con la misión de estandarizar las redes de área amplia de bajo consumo (LPWAN - Low Power Wide Area Networks) y su despliegue a lo largo del mundo para fortalecer el IoT, M2M, las “Smart Cities” y las aplicaciones industriales de este tipo de redes. Algunos de sus miembros son Orange, Swisscom, FastNet, proximus, SK telecom y Gemtek.

Ha creado la especificación de red de área amplia LoRaWAN, para su uso en redes de IoT con dispositivos alimentados por batería en un ámbito regional, nacional o global. Permite una comunicación bidireccional y servicios de movilidad y localización de los dispositivos, y promete una interoperatividad continua entre las “cosas inteligentes” sin la necesidad de complejas instalaciones locales y devolver la libertad a los usuarios, desarrolladores y fabricantes para acelerar la implementación del Internet de las cosas.

Handbook: Internet of Things Alliances and Consortia



Creo que aquí debería incluir una conclusión sobre el gran número de alianzas que hay ahora mismo en el IoT, que los objetivos de las mismas son parecidos y que muchas veces se está haciendo el mismo trabajo, que quizás debería haber unir sus fuerzas en una iniciativa como oneM2M.

2.2. Protocolos de IoT y M2M

Hacer una introducción a esta parte, de como los protocolos de capa física y de aplicación permiten la comunicación entre dispositivos, que cada uno tiene sus características determinadas y por lo tanto, ventajas e inconvenientes para cada caso de uso del M2M.

2.2.1. Protocolos de capa física

2.2.1.1. Wi-Fi

Falta

2.2.1.2 Bluetooth / Bluetooth Low Energy

Falta

2.2.1.3 RFID

RFID, o Identificación por Radio Frecuencia (Radio Frequency Identification) es una tecnología que se vale de los campos electromagnéticos para identificar y localizar objetos. Para ello, se usan etiquetas o “tags”, que se adhieren a los objetos y que contienen información almacenada de forma electrónica. Estas etiquetas suelen ser pasivas, no están alimentadas, y cuando un lector activo emite ondas, estas interactúan con la etiqueta receptora obteniendo así la información almacenada en ella.

El concepto de RFID conglomerar a muchas tecnologías diferentes con el mismo propósito, habiendo unos 140 estándares ISO con una amplio rango de diferentes aplicaciones de esta tecnología. La distancia de detención varía en rango de unos pocos centímetros a varios metros, siendo estas últimas las que utilizan etiquetas activas para poder abarcar una mayor distancia. Así mismo, las diferentes tecnologías de RFID pueden operar en un rango de frecuencias muy amplio.

Banda de frecuencias	Descripción	Rango
125 kHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 50 cm.
13,56 MHz	HF (Alta Frecuencia)	De 8 cm.
400 MHz – 1.000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m.
2,45 GHz – 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m.

Sus usos más comunes son el control y seguimiento de objetos en varias situaciones, como en almacenes, procesos de envío o sistemas de identificación y anti-robo en comercios y grandes superficies.

2.2.1.4. NFC

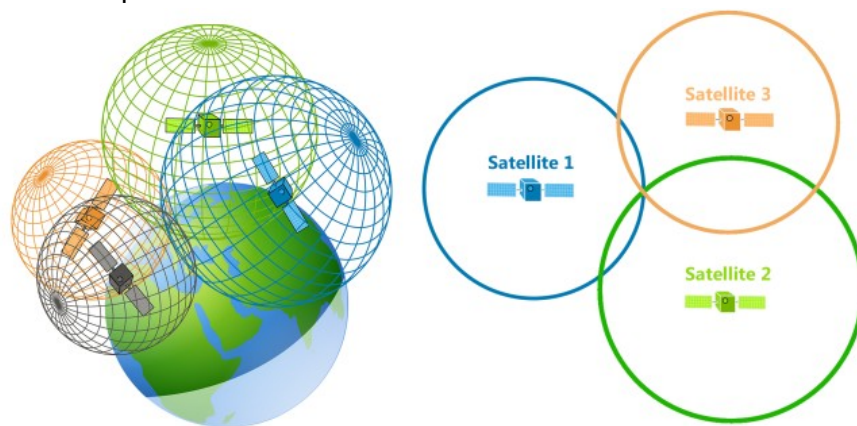
NFC (Near Field Communication) es una de las múltiples tecnologías de RFID. Su especificación engloba un conjunto de estándares desarrollados y promovidos por el NFC Forum, compuesto por empresas del sector de la electrónica de consumo y de la banca, que incluyen a MasterCard International, Microsoft, Motorola, NEC, Nokia, Panasonic, Philips, Renesas, Samsung Electronics, Sony, Texas Instruments y a Visa.

Permite la comunicación entre dos dispositivos que se encuentren muy cercanos el uno al otro, normalmente a unos 4-6 cm de máxima distancia entre ellos. Esta distancia es así de corta por motivos de privacidad y seguridad. El dispositivo necesita incluir un módulo NFC para poder realizar la comunicación. Normalmente estos módulos son activos, lo que permite una comunicación bidireccional, pero en algunos casos el módulo del receptor puede ser pasivo y alimentarse del campo electromagnético generado por el emisor en la comunicación. Opera en la banda de 13.56 Mhz y alcanza velocidades de transmisión desde 106 kbit/s hasta 424 kbit/s.

Su uso ha ganado gran popularidad el los llamados “smartphones”. Hoy en día casi todos los teléfonos móviles lanzados al mercado incluye un módulo NFC. Por eso, las aplicaciones de está tecnología más populares actualmente son el pago por móvil, juegos e identificación. También es popular su uso como forma de establecimiento de otro tipo de conexiones, como Wi-Fi y Bluetooth, sustituyendo a otros métodos como claves, ya que aporta seguridad al tener que estar ambos objetos muy cercanos entre sí para establecer la conexión.

2.2.1.5. GPS

GPS (Global Positional System) es un sistema de posicionamiento global creado por Estados Unidos inicialmente para aplicaciones militares que comenzó su despliegue en el año 1978. A partir de 1983 se abrió su uso para aplicaciones civiles, aunque con una menor precisión.

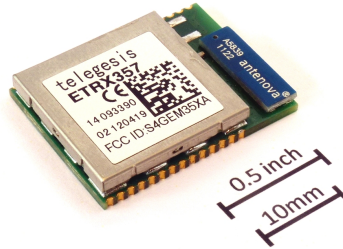


Consiste en una constelación de unos treinta satélites situados en seis planos orbitales diferentes de la órbita media terrestre (MEO), a unos 20.180 km de altitud con respecto a la Tierra. Permite la localización de cualquier dispositivo que disponga de un receptor GPS mediante la comunicación únicamente en sentido descendente entre los satélites que forman la constelación y el receptor. Para que el receptor pueda determinar su posición, necesita recibir la señal de al menos cuatro satélites diferentes. Al saber la posición exacta de estos cuatro satélites sobre la tierra y su distancia a los mismos, puede resolver la ecuación que determina sus coordenadas en la superficie terrestre, con un margen de error de 5 m para aplicaciones civiles. Este proceso se conoce como triangulación. El sistema utiliza varias bandas de alta frecuencia, como la de 1575.42 Mhz, la de 1227.60 Mhz o la de 1176.45, para cada uno de los tipos diferentes de satélites de los que está compuesta la constelación.

Su implantación en numerosos dispositivos de electrónica de consumo les permite saber en todo momento su localización exacta, por lo que se usa para seguimiento de personas o de flotas, navegación por carretera, aérea o marítima, etc. Existen en el mundo sistemas de posicionamiento mediante constelaciones de satélites similares, desarrollados por otras grandes potencias mundiales como GLONASS de Rusia, BeiDou de China o Galileo de la Unión Europea.

2.2.1.6 Zigbee

Zigbee es la especificación de un conjunto de protocolos, desarrollada por la Zigbee Alliance, para la comunicación inalámbrica de bajo consumo, para pequeños dispositivos que requieren una tasa baja de envío de datos y la mayor duración de sus baterías posibles. La especificación se aprobó en el año 2004 y se basa en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal.



Se ideó con el objetivo de llenar el vacío dejado por otros tipos de redes de área personal, tales como el WiFi o el Bluetooth, ya que está diseñado para cumplir funciones que no permiten estos dos últimos. En la siguiente tabla se comparan algunas de sus diferencias:

Estándar	Tasa de transmisión	Consumo de potencia
Wi-Fi	2 Mbps – 1.3 Gbps	400 mA transmitiendo y 20 mA en reposo (aprox.)
Bluetooth	0.7 Mbps – 3 Mbps	40 mA transmitiendo y 0.2 mA en reposo (aprox.)
Zigbee	250 kbps	30 mA transmitiendo y 3 mA en reposo (aprox.)

Como podemos ver en la tabla, la principal ventaja de Zigbee es su menor consumo frente a los otros dos, sobre todo en reposo, lo que permite a los dispositivos que utilicen este protocolo de transporte un consumo medio bastante menor. Otra ventaja es que permite varias topologías de red diferentes, como la topología en forma de estrella con un nodo central por el que pasan todas las comunicaciones, topología en árbol o la topología en malla, que es la más utilizada. Esta permite una comunicación peer-to-peer entre los diferentes nodos y una comunicación multisalto, por lo que un nodo de la red puede mandar información a cualquiera de los otros nodos, sea cual sea la distancia entre ellos, a través de la retransmisión de mensajes. Este tipo de redes pueden estar formadas por hasta unos 1000 nodos diferentes.

2.2.1. Redes Móviles

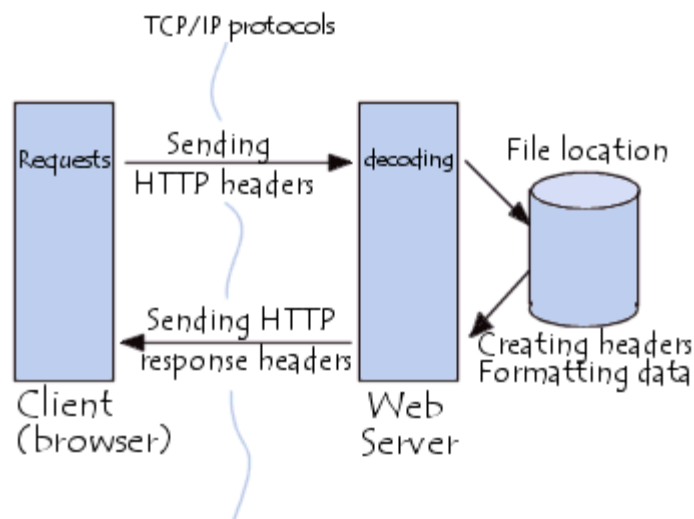
Las redes móviles agrupan los diferentes generaciones estándares de transmisión (2G, 3G y 4G) que utilizan el aire como medio de transmisión y la infraestructura de redes celulares ya existentes para la telefonía móvil. En un principio ideada sólo para esta última, para su uso en teléfonos móviles, en la actualidad se utilizan para dotar de conexión a Internet a varios tipos de dispositivos, como ordenadores o pequeños componentes del IoT como sensores o gateways. Es de gran utilidad sobre todo en zonas rurales y alejadas de los grandes núcleos urbanos en los que no existe una infraestructura de internet fija que cumpla sus necesidades, como las conexiones de fibra óptica.

2.2.2. Protocolos de capa de aplicación

2.2.2.1. HTTP

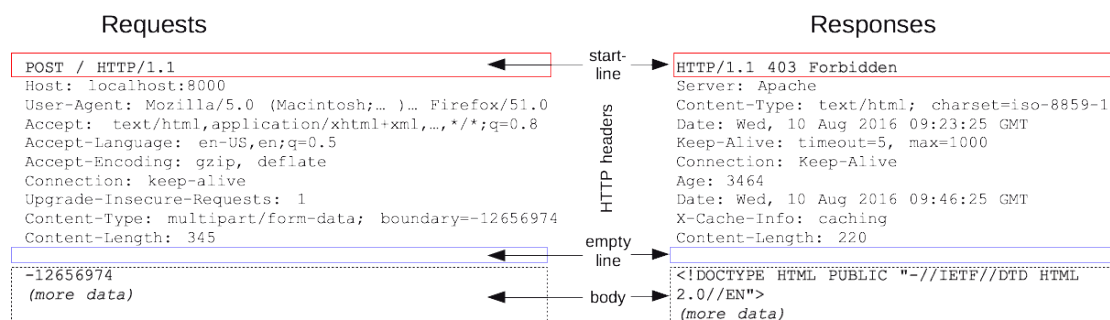
HTTP (Hypertext Transfer Protocol) es un protocolo de red a nivel de aplicación que fue el origen de lo que hoy conocemos como “la Web”. Su desarrollo empezó en el año 1989 y fue guiado por el Internet Engineering Task Force (IETF) y el World Wide Web Consortium (W3C). La versión más utilizada de este estándar hoy en día es la HTTP/1.1, que fue definida en el año 1997 en la RFC-2068 y recibió varias correcciones en los años 1999 y 2014 en las RFC-2616 y RFC-7290. Una versión posterior, la HTTP/2, fue estandarizada en el año 2015, y empieza a ser soportada por la mayoría de servidores Web.

HTTP permite la obtención de recursos o archivos, a través de la red, con el principal objetivo de conseguir los archivos necesarios para componer una página web, aunque también se utiliza para componer otros tipos de recursos. Los clientes se comunican con uno o varios servidores HTTP mediante el intercambio de mensajes individuales. Los mensajes que van en el sentido cliente-servidor se llaman **peticiones** y los que van en el sentido servidor-cliente se llaman **respuestas**. Entre una petición y una respuesta puede haber varias entidades por las que pase el mensaje, llamadas proxies, que pueden tener varias funciones como la re-dirección de los mensajes o su cacheo.



Los mensajes que intercambian cliente y servidor están compuestos por información codificada en ASCII y pueden ocupar varias líneas, siempre separadas por una retorno de carro y un salto de línea. Las peticiones y las respuestas comparten una estructura similar, y están compuestas por:

- **La línea inicial:** la primera línea del mensaje. En el caso de las **peticiones**, contiene el método de petición, seguido del identificador (URI) del recurso y de la versión de HTTP que soporta el emisor del mensaje. Los métodos de petición son verbos que definen las diferentes acciones que el cliente puede requerir a un servidor. Los más importantes son HEAD, GET, POST, PUT y DELETE. En el caso de las **respuestas**, la primera línea incluye la versión de HTTP que utiliza y el código de respuesta asociado a la petición. Los códigos de respuesta son muy variados y se agrupan en cinco categorías. Por ejemplo, las respuestas con formato 2xx corresponden a respuestas correctas, mientras que los que tienen formato 4xx corresponden a respuestas con errores causados por el servidor.
- **Cabeceras:** sirven para hacer más específica la petición o para describir mejor el cuerpo del mensaje. Se pueden agregar una o varias cabeceras a un mensaje, cada una formada por un valor y su nombre, con el formato Nombre: Valor, y cada una contenida en una nueva línea.
- **Cuerpo del mensaje:** como su propio nombre indica, esta parte está formada por el contenido del mensaje. El cuerpo del mensaje es opcional, algunos tipos de mensajes pueden llevar esta parte vacía ya que no les es necesaria.



HTTP se apoya sobre los protocolos TCP/IP, ya sea con o sin TLS (Transport Layer Security). Hay una versión segura del protocolo, llamada HTTPS, que utiliza un

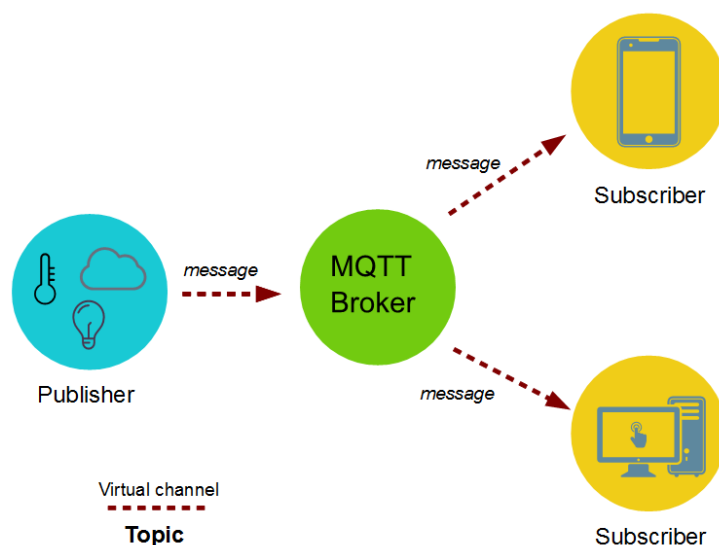
cifrado basado en SSL/TLS para crear un canal cifrado entre el servidor y cliente, en el que el contenido de los mensajes es cifrado. Por lo tanto, su uso está pensado para el intercambio de información sensible o secreta.

→ hablar sobre REST

2.2.2.2. MQTT

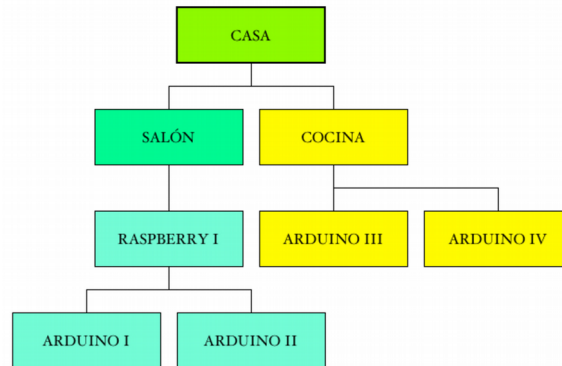
MQTT (Message Queue Telemetry Transport) es un protocolo de capa de aplicación ideado por IBM en el año 1999, diseñado para la transmisión de datos en redes de bajo ancho de banda y alta latencia. Su uso está orientado hacia sensores y dispositivos de pequeño tamaño, ya que consume pocos recursos, de procesamiento y de memoria. Está estandarizado en la norma ISO/IEC PRF 20922.

Este protocolo se basa en la idea de la publicación de mensajes en la red y de la subscripción a los diferentes “topics” o temas. Varios clientes se conectan a un servidor central, llamado “broker”, y se suscriben a los “topics” en los que están interesados. Los clientes pueden enviar mensajes al “broker” y publicar mensajes en un determinado “topic”, que el broker reenviará a todos los clientes que se hayan suscrito al mismo. Este método de comunicación permite que la comunicación sea de los tipos uno a uno o uno a muchos, sin que el cliente tenga que preocuparse por este hecho, ya que es el servidor el que se encarga de la retransmisión de los mensajes. Por lo tanto, el “broker”, junto con el propio protocolo MQTT, actúan como interfaz común que permite a los clientes enviar y recibir mensajes de forma sencilla.



Los “topics” o temas están estructurados en forma de árbol, lo que permite establecer una jerarquía entre ellos. Por lo tanto, permite establecer relaciones padre-hijo, lo que hace posible que al suscribirnos a un tema recibiremos los mensajes asociados a ese tema junto con los mensajes asociados a sus temas hijo. A la hora de representar la jerarquía del árbol de temas, se utiliza el carácter “/” para separar los

temas padre-hijo. Por ejemplo, en la siguiente figura, un cliente que quiera suscribirse al tema “Salón” debería hacerlo a CASA/SALÓN, y empezaría a recibir todos los mensajes publicados en dicho tema, así como los de sus hijos, CASA/SALÓN/RASPBERRY I, CASA/SALÓN/ARDUINO I y CASA/SALÓN/ARDUINO II. También tiene la posibilidad de suscribirse directamente al tema CASA para recibir los mensajes publicados a lo largo de toda la jeraquía de temas, ya que CASA es el tema raíz en el árbol jerárquico.



MQTT tiene funcionalidades de Calidad de Servicio (Quality of Service – QoS). El protocolo define tres niveles de QoS que representan el esfuerzo que deberán hacer el servidor y el cliente para asegurarse de que los mensajes son recibidos correctamente por los suscriptores. Esta diferenciación de QoS se puede hacer a nivel de mensajes individuales o a nivel de suscripción. Un nivel más alto de QoS significa un mayor número de retransmisiones del mensaje. A más alto nivel de QoS la comunicación es más fiable, pero conlleva una latencia mayor y un mayor uso del ancho de banda.

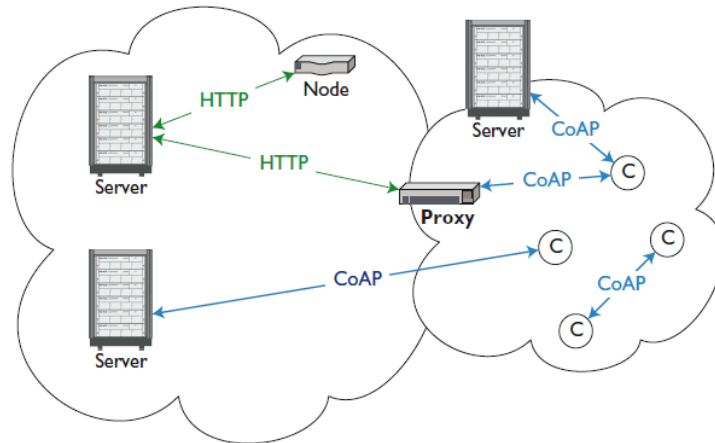
La capa de red sobre la que funciona el protocolo MQTT debe aportar una comunicación ordenada, bidireccional y sin pérdidas, pero no está definida específicamente por el estándar. En la práctica, se han desarrollado varias implementaciones basadas principalmente en uno o varios de los protocolos siguientes:

- TCP/IP.
- TCP/IP con Seguridad a Nivel de Transporte (Transport Level Security – TLS).
- WebSocket.

2.2.2.3. CoAP

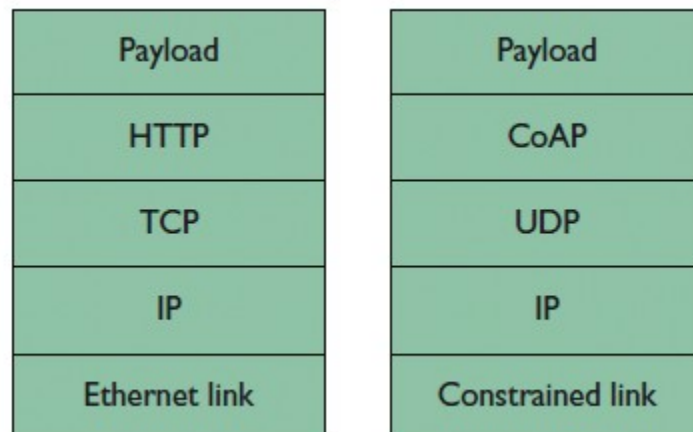
CoAP es un protocolo de comunicación web especializado para su uso en dispositivos con recursos limitados, como sensores, interruptores y similares, con el objetivo de permitir la comunicación entre ellos a través de las redes estándares de Internet. Está diseñado para aplicaciones M2M tales como la automatización del hogar. Fue definido en el año 2014 en la RFC 5741.

Este protocolo es bastante similar en arquitectura y funcionamiento a HTTP, ya que está basado en este protocolo. La comunicación sigue el modelo petición-respuesta de HTTP entre servidor y cliente, además de soportar el modelo REST, identificar los recursos mediante URLs y soportar los principales tipos de petición de HTTP como GET, PUT, POST y DELETE. CoAP, por lo tanto, está diseñado para que pueda haber una correspondencia directa entre ambos protocolos, lo que permite por ejemplo acceder a recursos CoAP mediante peticiones HTTP de manera uniforme, mediante una interfaz “traductora” entre ambas redes.



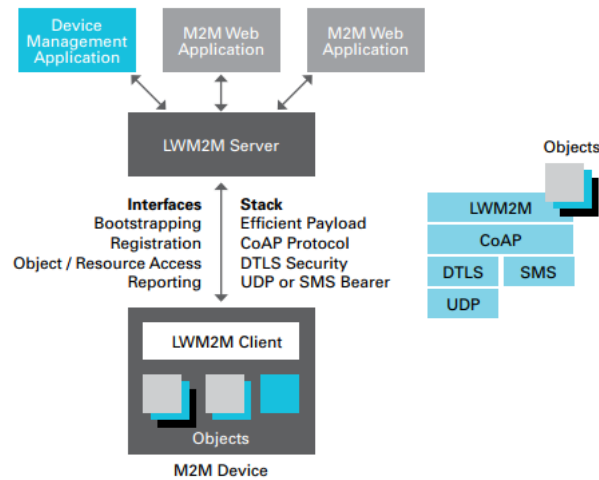
Sin embargo,

CoAP presenta varias diferencias importantes con respecto a HTTP con el principal objetivo de consumir menos recursos de red y energéticos que este, para su uso en dispositivos limitados. Una de sus principales diferencias son que CoAP funciona sobre UDP (User Datagram Protocol), que es mucho más ligero en cuanto a recursos que TCP, pero no proporciona control de errores, por lo que algunos paquetes de información son perdidos. Para mitigar esto, CoAP proporciona un mecanismo de ACK (Acknowledgment), una confirmación de la correcta recepción de cada mensaje a nivel de aplicación. Otra gran diferencia es que además del modelo de comunicación basado en petición-respuesta entre cliente y servidor, CoAP también soporta un modelo de suscripción a temas y publicación de mensajes en estos grupos, parecido al de MQTT.



2.2.2.4. OMA LWM2M

LWM2M (Lightweight Machine to Machine) es un protocolo diseñado por la Open Mobile Alliance. Es un protocolo de administración y control de dispositivos M2M diseñado para redes de sensores y de dispositivos sencillos de bajos recursos. Se basa en el principio REST y corre por encima de una capa de aplicación CoAP. Hay disponibles varias implementaciones de este protocolo para múltiples plataformas y dispositivos, como Eclipse Leshan de la Eclipse Foundation.



Su propósito es aportar una capa de servicios horizontal que permita la interoperatividad mediante su despliegue entre múltiples plataformas de sectores verticales, de manera similar a oneM2M. Pero, a diferencia de este último, LWM2M se centra solo en ofrecer servicios comunes para la administración de los dispositivos, incluyendo funciones como:

- Seguridad entre los servidores de administración (servidores LWM2M) y los dispositivos o clientes.
- Control de acceso que permite definir diferentes grupos y privilegios para la administración de los dispositivos.
- Obtención de toda la información asociada a cada dispositivo específico.
- Actualización del firmware de los dispositivos.
- Monitorización del estado de la conexión de los dispositivos y obtención de datos estadísticos de la misma.

3. Desarrollo

Dependiente del proyecto, 3 o 4 capítulos, y nunca más de 30 páginas por capítulo.

Conviene incidir en:

- > Arquitectura de los programas realizados*
- > Estructuración en módulos o paquetes*
- > Descripción de las interfaces*
- > Estructuras de datos fundamentales*
- > Desarrollos algorítmicos no triviales*

Conviene plantearse esta parte pensando en otro ingeniero de capacidad y formación semejante al proyectista, que se encuentra años más tarde en la tesitura de modificar el trabajo hoy realizado. Este hipotético sujeto de la fase de mantenimiento no es tonto, no necesita que le expliquen lo que puede leer en el listado de los programas. Lo que necesita es que le pongan encima de la mesa un plano para que sepa dónde y qué buscar, así como explicaciones de aquellos puntos del programa que no son obvios.

Creo que esta parte debería empezar con una descripción detallada de oneM2M, funcionamiento, arquitectura, etc. Me he leído un montón de documentos, seminarios y especificaciones este verano, así que ya lo tengo bastante claro. Así mismo, también incluiría una descripción de la arquitectura y los conceptos de Eclipse Smarthome (framework en el que se basa openHAB). También me parece que habría que hablar sobre es una capa sobre Java que permite crear módulos que pueden interactuar entre sí en tiempo de ejecución, ya que ambas plataformas están basadas en este modelo y el binding que desarrolle lo tendrá que seguir. Esta parte espero tenerla redactada a principios de la próxima semana.

A parte de esto que llevo escrito de memoria, ya tengo preparado el entorno de desarrollo y lo tengo todo bastante claro. He montado una red OM2M con un servidor en la nube en una máquina de AWS que se conecta a dos gateways (con raspberrys) que tengo instaladas en casa. En ellas tengo bombillas y un ventilador emulados por software (de los ejemplos de OM2M) que se pueden controlar a través del servidor, y con ello he estado haciendo varias pruebas del api REST y tengo varias ideas y dudas para implementar el binding, me gustaría consultarlo contigo.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Harán referencia a los resultados de la investigación planteada en relación a los objetivos. Es conveniente que aparezcan numeradas.

Bibliografía