

# Un Servicio de Descubrimiento Proactivo para la Web de las Cosas

Juan Alberto Llopis<sup>1</sup>[0000-0001-8422-712X], Javier Criado<sup>1</sup>[0000-0002-8035-5260],  
Luis Iribarne<sup>1</sup>[0000-0003-1815-4721], Antonio Jesús  
Fernández-García<sup>2</sup>[0000-0002-8718-9429]

<sup>1</sup> Grupo de Informática Aplicada, TIC-211, Universidad de Almería, Almería, España  
{jalbertollopis, javi.criado, luis.iribarne}@ual.es  
<sup>2</sup> Universidad Internacional de La Rioja, Logroño, España  
antoniojesus.fernandez@unir.net

**Resumen.** Un problema actual en el Internet de las Cosas (IoT) es la heterogeneidad de los dispositivos que, aún realizando la misma tarea, funcionan y se comunican de forma distinta. Esto supone que dispositivos con arquitecturas diferentes y con una alta variabilidad dependiente de información de contexto, espacio-temporal y de interacción con el entorno, tengan que coexistir para dar respuesta al usuario ante una necesidad. Por lo tanto, esto requiere de nuevos servicios de descubrimiento modernos que permitan buscar, registrar e interactuar con dispositivos que respetan arquitecturas diferentes y con una alta variabilidad. En este trabajo, se presenta un servicio de descubrimiento proactivo, capaz de adaptar los dispositivos IoT a una arquitectura común y de localizar los dispositivos desplegados en la misma red.

**Keywords:** Web of Things · Internet of Things · Discovery Service · Proactive · Thing Description.

## 1. Introducción

Cuando se habla de Internet de las Cosas (IoT) o de sistemas ciberfísicos (CPSs), se asocian los dispositivos a protocolos o fabricantes. Cada fabricante asocia su dispositivo a un protocolo y utiliza una arquitectura propia para su funcionamiento, provocando una alta variabilidad entre dispositivos IoT y CPSs. Debido a la variabilidad existente, dispositivos con funcionalidades similares tienen dificultades para coexistir, las arquitecturas no son compatibles y la comunicación se realiza a través de protocolos diferentes. La Web de las Cosas (WoT) es una capa de abstracción basada en tecnologías web que resuelve el problema de heterogeneidad en la comunicación entre dispositivos IoT [1]. El World Wide Web Consortium (W3C) gestiona esta iniciativa con una serie de recomendaciones [4]. Esta iniciativa es aplicada sobre los dispositivos IoT a través de la Thing Description (TD) [3], un documento que describe, siguiendo siempre el mismo esquema, las funcionalidades de los dispositivos, permitiendo la interacción entre dispositivos de distintos proveedores. Sin embargo, las recomendaciones de la

W3C aún están en desarrollo; la primera recomendación fue publicada en 2020, y el resto de las recomendaciones sigue estando en versión *draft* [5]. Por lo tanto, debido a que las recomendaciones de la WoT son recientes, no todos los dispositivos IoT están preparados para hacer uso de la tecnología WoT, existiendo en el mercado pocos dispositivos WoT disponibles [8]. Además, existe la posibilidad de que organizaciones decidan no implantar esta tecnología, dificultando la coexistencia de dispositivos con arquitecturas diferentes.

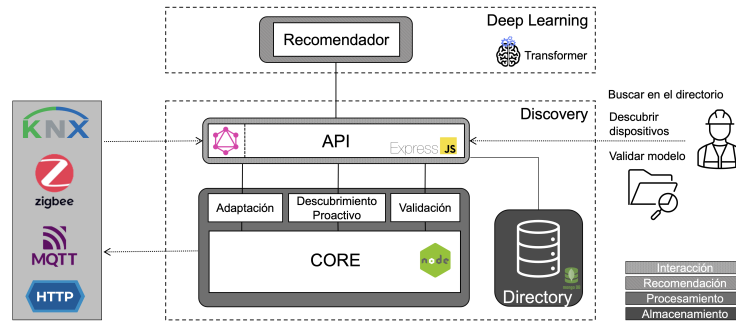
En este trabajo, se presenta un servicio de descubrimiento, basado en la recomendación de W3C, que da soporte a dispositivos WoT y a dispositivos IoT de distintos fabricantes. El servicio de descubrimiento adapta los dispositivos IoT encontrados a la WoT, permitiendo la coexistencia de dispositivos WoT y dispositivos IoT que utilicen arquitecturas diferentes. Esta adaptación es sobre los dispositivos IoT que hacen uso del protocolo MQTT. La información publicada en el bróker MQTT [2] es analizada, y a partir de la información obtenida del análisis se crea una TD asociada al dispositivo. Además, el servicio de descubrimiento es capaz de buscar y registrar dispositivos IoT y WoT desplegados en la subred de manera reactiva (modelo *push*) y proactiva (modelo *pull*), adaptándose a la variabilidad espacio-temporal de los CPSs.

## 2. Propuesta

La Figura 1 muestra la arquitectura del modelo propuesto, formada por cuatro capas, la capa de interacción, compuesta por una API RESTful que funciona de intermediaria entre las entidades externas; la de recomendación, que mediante un servicio de deep learning realiza recomendaciones en las búsquedas; la de procesamiento, que incluye la adaptación, el descubrimiento proactivo, la validación y el núcleo o Core del modelo donde se ejecutan todas las funcionalidades; y la de almacenamiento, donde se guardan las TD de los dispositivos que se descubren. Las cuatro capas propuestas interactúan entre ellas para, además de dar soporte a dispositivos con distintas arquitecturas, facilitar la interacción y el descubrimiento de los CPSs desplegados.

La primera capa, la capa de interacción, está formada por la API, desplegada utilizando Express.js. La API funciona como un sistema de seguridad o de control de acceso, obligando a entidades externas a hacer uso de las funciones disponibles en la API para poder llamar al resto de las capas. Además, la API trabaja en conjunto con un sistema GraphQL [6] para permitir la construcción de consultas complejas sobre el directorio de dispositivos.

La segunda capa, la capa de recomendación, forma parte de un servicio de deep learning que apoya en el descubrimiento de dispositivos de la arquitectura. Esta capa está desplegada de manera *offline*, utilizando técnicas de deep learning y el algoritmo Transformer [7]. Se ha creado un modelo que actúa como recomendador en las búsquedas de dispositivos. El servicio de deep learning se ha separado del proceso de Discovery para permitir la incorporación nuevas características o capacidades en la arquitectura, como por ejemplo, un sistema recomendador para búsqueda en sistemas federados.



**Figura 1.** Arquitectura del modelo de descubrimiento.

La tercera capa, la capa de procesamiento, gestiona la funcionalidad de la arquitectura. La capa de procesamiento hace uso de la tecnología Node.js y está formada por la adaptación, el descubrimiento proactivo, la validación y el resto de funcionalidades o Core. La adaptación de dispositivos IoT a WoT se realiza mediante la construcción automática de TD asociadas a los dispositivos IoT, adaptando la arquitectura de los dispositivos a una arquitectura común. Para poder construir una TD asociada a un dispositivo IoT es necesario que el dispositivo funcione bajo el protocolo MQTT y que su información esté publicada en un bróker MQTT. La construcción de la TD se realiza una vez que el bróker ha sido encontrado por el servicio de descubrimiento y sus *topics* han sido extraídos. La Figura 2 muestra un ejemplo de construcción de una TD a partir de la información extraída del bróker MQTT.

El descubrimiento de los dispositivos a través del servicio propuesto se realiza siguiendo un modelo *push* y un modelo *pull*. Usando el modelo *push* entidades externas registran los dispositivos a través de la API del sistema. Mediante el modelo *pull* dispositivos desplegados en la misma subred pueden ser descubiertos proactivamente, sin intervención humana. El descubrimiento proactivo funciona bajo los protocolos HTTP y MQTT. En el caso de HTTP se comprueba la ruta raíz de los dispositivos desplegados en el puerto 80 o 443. Si hay una TD disponible en la ruta raíz, el servicio de descubrimiento registra el dispositivo en el directorio. Para los dispositivos que utilizan MQTT, se buscan servicios que hagan uso de los puertos 1883 o 8883. Estos puertos corresponden a los puertos utilizados por los bróker MQTT.

Por último, la validación realiza comprobaciones sobre las TD obtenidas para garantizar que todos los documentos almacenados sigan el mismo esquema. Además, permite validar el modelo utilizado por el recomendador para entrenar y utilizar el modelo de deep learning.

La última capa de la arquitectura es la capa de almacenamiento, esta capa guarda, en una base de datos MongoDB y siguiendo un esquema JSON, la información de todos los dispositivos descubiertos. La información almacenada es validada previamente para garantizar que todos los dispositivos se definan de una manera común.

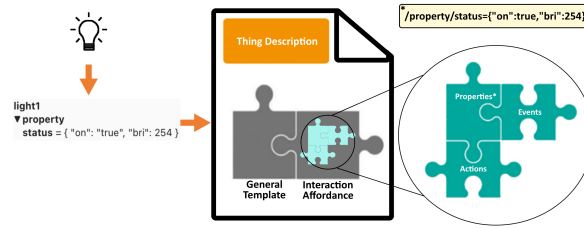


Figura 2. Construcción de la Thing Description de *Light1*.

### 3. Conclusiones

En este trabajo, procedente de la investigación de una tesis doctoral en progreso, se ha presentado una arquitectura de servicio de descubrimiento capaz de adaptar dispositivos IoT a la WoT, permitiendo el uso de soluciones WoT sobre dispositivos con distintas arquitecturas. Además, el servicio de descubrimiento es capaz de descubrir, siguiendo un modelo *pull*, los dispositivos IoT y WoT desplegados en la misma subred. De esta manera, el proceso manual de descubrir dispositivos y de adaptar dispositivos IoT a la WoT se ha automatizado, dando soporte a CPSs con distintas arquitecturas, y reduciendo la carga de trabajo.

Como trabajo futuro, se incluirán políticas de seguridad de acceso a la API. Además, se estudiarán soluciones a problemas existentes, como el descubrimiento de dispositivos durmientes o inactivos, o el descubrimiento de dispositivos que no tengan pública su dirección IP. Por último, se mejorará la construcción de TDs para adaptar a la WoT dispositivos que usen otros protocolos de comunicación.

**Agradecimientos:** Proyecto PAIDI UrbanITA (P20.00809), Sistema Andaluz del Conocimiento, Junta de Andalucía. Beca FPU19/00727 (Juan Alberto Llopis).

### Referencias

1. Guinard, D., Trifa, V., Wilde, E.: A resource oriented architecture for the web of things. In: 2010 Internet of Things, IoT 2010. pp. 1–8 (2010)
2. Hillar, G.C.: MQTT Essentials-A lightweight IoT protocol. Packt Pub. Ltd (2017)
3. Kaebisch, S., Kamiya, T., McCool, M., Charpenay, V., Kovatsch, M.: Web of Things (WoT) Thing Description, W3C Recommendation (Oct 2020)
4. Kovatsch, M., Matsukura, R., Lagally, M., Kawaguchi, T., Toumura, K., Kajimoto, K.: Web of Things (WoT) Architecture, W3C Recommendation (Oct 2020)
5. Lagally, M., McCool, M.: IoT Interoperability with W3C Web of Things. In: 2022 IEEE CCNC. pp. 1–5. IEEE (2022)
6. Porcello, E., Banks, A.: Learning GraphQL: declarative data fetching for modern web apps. O’Reilly Media, Inc. (2018)
7. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, L., Polosukhin, I.: Attention Is All You Need (2017)
8. Yu, J., Bang, H.C., Lee, H., Lee, Y.S.: Adaptive Internet of Things and Web of Things convergence platform for Internet of reality services. The Journal of Supercomputing **72**(1), 84–102 (2016)