

Recibido: 15.12.2022 • Aceptado: 18.02.2024

Palabras clave: IoT, WoT, thing description, web, internet

La Web de las Cosas: clave para cosas inteligentes del IoT

FRANCISCO EDGAR CASTILLO BARRERA
ecastillo@uaslp.mx
FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP

La Web de las Cosas (WoT, por sus siglas en inglés) es el nivel más sofisticado del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), el cual busca integrar objetos reales (dispositivos físicos) y virtuales (aplicaciones, páginas web, etcétera) no sólo en la red de Internet, sino también en la Arquitectura Web (aplicación) para su interoperabilidad. Su objetivo es conectar dispositivos de diferentes fabricantes y arquitecturas. Del mismo modo, resolver las brechas entre los diferentes estándares y protocolos de IoT. Con esta idea, se espera poder comunicarse a cualquier dispositivo utilizando protocolos web estándar.

La Web de las Cosas tiene como meta preservar y complementar los estándares y soluciones existentes para el internet de las cosas, con la intención de lograr la interoperabilidad entre las plataformas y dominios de aplicaciones. La WoT puede entenderse como la aplicación de protocolos y tecnologías web ya existentes para el intercambio de información dentro del paradigma del IoT, donde cada cosa o dispositivo físico se ve como un servicio web que puede solicitar y proporcionar información (principalmente generada o detectada por el mismo objeto).

El gran interés de los empresarios por poner dispositivos en el mundo del IoT los ha llevado a crear sus propios desarrollos y software, de este modo, las aplicaciones deben ser descargadas e instaladas por el cliente en los dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas, etcétera) para cada producto, aunque estos sean de la misma empresa. Ante el auge que ha tenido la Inteligencia Artificial en la actualidad, la necesidad de comunicar dispositivos inteligentes por medio del IoT, presenta un reto, ya que los fabricantes que hacen Software sin ofrecer bibliotecas de funciones (API) o servicios que puedan ser usados por otras aplicaciones, haciendo que esto impida que se dé la interoperabilidad.

Interoperabilidad

La Real Academia Española define la interoperabilidad como: "Capacidad de los sistemas de información, y por ende de los procedimientos a los que estos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos" (Real Academia Española, n.d.). Como un ejemplo de interoperabilidad entre sistemas en la vida cotidiana, lo tenemos al querer hacer operaciones bancarias en un cajero automático, el cual acepta el uso de tarjetas de diferentes bancos y permitir hacer operaciones con ellas, sin embargo también hay cajeros que solo aceptan tarjetas de un solo banco y por ende estos no cuentan con interoperabilidad entre sus sistemas de información.

Si la WoT logra la interoperabilidad entre "cosas inteligentes", permitirá que éstas adquieran conocimientos de otras, promoviendo el aprendizaje y llevando a la inteligencia artificial a un nivel donde prescinda de la intervención humana y muestre a las personas una nueva

forma de coordinación entre los sistemas y las cosas para hacer las tareas.

Para que se produzca la interoperabilidad entre dispositivos, la WoT debe considerar otros elementos para propiciar dicha comunicación. Uno de los aspectos más importantes es el hecho de que los dispositivos usan un protocolo para el envío y recepción de datos; existen diferentes protocolos populares en IoT como el HTTP, MQTT, CoAP y WebSockets. Además, es fundamental sanar la necesidad de un estándar para el intercambio de datos y contar con un intermediario, conocido como "cosa virtual de traductor de protocolos", entre dispositivos o cosas que emplean protocolos diferentes.

La WoT forma parte del World Wide Web Consortium (W3C), el cual es un comité que busca regular el desarrollo de la web mediante el establecimiento de estándares (recomendaciones) para su crecimiento. El W3C tiene un grupo de investigación en WoT llamado W3C WoT-Working Group; así mismo, el W3C ha formulado dos recomendaciones sobre la construcción de la WoT, que son: 1) Web of Things (WoT) Architecture (9 de abril de 2020) 2) Web of Things (WoT) Thing Description (23 de junio 2020) En la figura 1 se muestra la página principal del grupo W3C-WoT.

Capas y bloques de la WoT

El IoT y la WoT podemos concebirlas como capas superpuestas en una base que es la red de internet. La capa del IoT es la primera que se monta en la red y arriba de ella, de manera desacoplada, estaría la WoT. Como se muestra en la figura 2.

El W3C reconoce para la WoT cuatro bloques para su construcción:

- 1) WoT Thing Description (TD)
- 2) WoT Binding Template
- 3) WoT Scripting API
- 4) WoT Security and Privacy

El primer bloque es la entrada para la descripción de los datos de una cosa (Thing Description o TD) que comprende las funciones u operaciones disponibles, la forma de usarlos, el protocolo de comunicación y los



Figura 1. La W3C y la Web of Things (<https://www.w3.org/WoT/>)

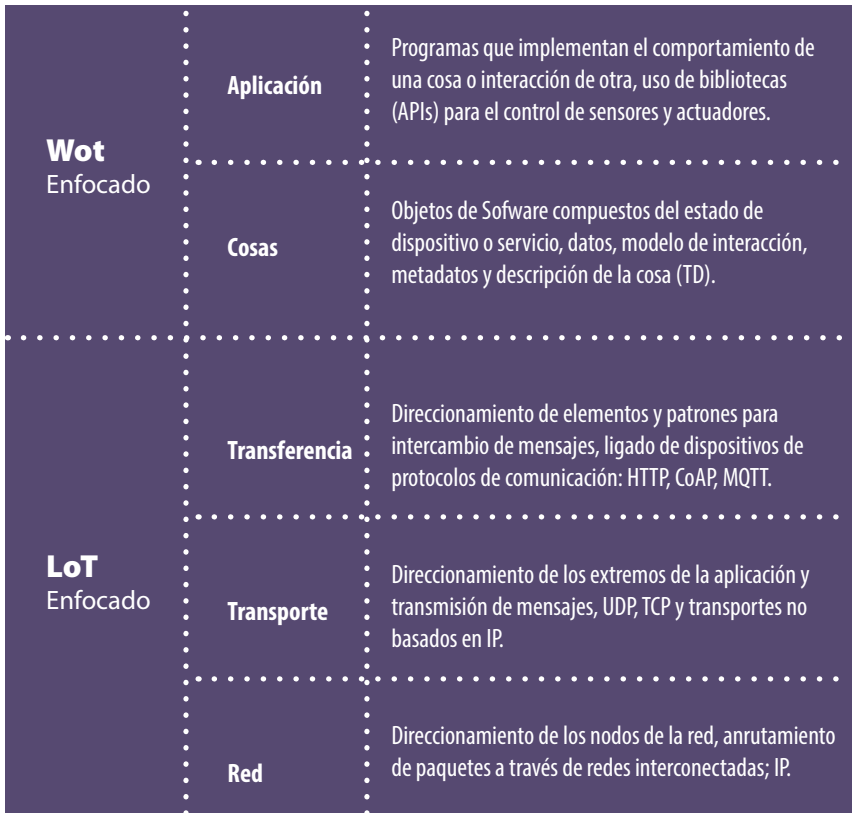


Figura 2. Las capas de la web de las cosas (WoT)

mecanismos de seguridad de una cosa virtual, la cual pretende integrarse a la capa de aplicación de la WoT. Esa descripción es normalmente un archivo en formato JSON-LD denominado Thing Description, el cual es necesario crear y validar para cada cosa que se quiera incorporar a la WoT. En la figura 2 se muestra la integración de varios tipos de cosas (virtuales o reales) a la WoT.

El segundo bloque es una plantilla de enlace (WoT Binding Templates) que es creada para un protocolo específico; ésta proporciona una guía de cómo un solicitante o cliente puede activar cada abstracción de una cosa para interactuar con ella por medio de la WoT.

Construcción de la WoT

En el tercer bloque WoT Scripting API se construye Interfaces de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés de Application Programming Interfaces) para establecer la comunicación entre dos aplicaciones, la cual puede ser hecha en el lenguaje de programación de JavaScript y se crea siguiendo la especificación de la descripción de una cosa (TD) en WoT. Por lo tanto, en esta parte se define la interfaz entre las implementaciones de comportamiento y el tiempo de ejecución en WoT basado en secuencias de comandos. Cabe mencionar que las implementaciones de WoT no se limitan a sólo secuencias de comandos; pues las API de lenguajes de programación como Java o C/C++ también pueden derivarse de las API de secuencias de comandos de la WoT.

Finalmente, el cuarto bloque WoT Security and Privacy consta de las indicaciones de seguridad descritas en el TD de una cosa, en donde se establecen los mecanismos de seguridad que deben hacerse para la implementación y configuración segura de una cosa en la WoT, ahí también se establecen qué datos y funciones pueden ser usados por los clientes. Sin embargo, es importante notar que los sistemas, antes de ser integrados a la WoT, deben tener en su implementación y en su descripción de cosa (TD), mecanismos que garantizan la seguridad y privacidad en su uso.

En la figura 3 se muestran diferentes elementos integrados en la Web, tales como los clientes o usuarios humanos, dispositivos físicos y cosas virtuales como una página web.

Entre los esfuerzos actuales para lograr la construcción de todos los bloques, se han creado herramientas como Node-Red, la cual busca resolver el problema de conectar dispositivos y servicios llamados nodos que tienen diferentes protocolos de comunicación. También existe el proyecto Eclipse Webthing node-WoT, basado en Node.js, que es una multiplataforma que permite un tiempo de ejecución simultáneo de programas en JavaScript, la cual sigue las especificaciones de los cuatro bloques propuestos por el grupo de investigación del consorcio de la World Wide Web y la Web of Things. Arena Webhub es un marco de trabajo para conectar diferentes protocolos entre cosas de la WoT, siendo compatible con HTTPS, WebSockets y eventos enviados por el servidor. Es también un servidor web para el procesamiento de solicitudes de un navegador web.

Actualmente, la W3C y otras asociaciones como la IEEE, organizan congresos y eventos para consolidar la WoT, teniendo como meta que los participantes en ellos lleguen a tener acuerdos en los estándares, protocolos, arquitecturas y plataformas a usar, como se muestra en la figura 4.

¿Cuáles son los retos que enfrenta la WoT?

El desafío actual es consolidar los cuatro bloques de la Web de las Cosas cumpliendo con todas las especificaciones establecidas por el grupo de la W3C-WoT. Para lograrlo es necesario integrar completamente las cosas virtuales y los dispositivos inteligentes. Se debe resolver el problema de comunicación que existe debido a los diferentes protocolos de los dispositivos y, con base en la información de la descripción de cosa (TD), generar de manera automática una biblioteca de las funciones que ofrece el objeto y la información necesaria para que otras cosas o humanos puedan usarlos de acuerdo con los permisos y mecanismos de seguridad establecidos en ella. Además, se requiere la creación de repositorios para el almacenamiento de las descripciones de las cosas (TDs), así como de mecanismos para su clasificación, búsqueda y recuperación.

Otro reto importante es el tema de la seguridad y permisos de manipulación entre objetos virtuales e inteligentes con objetos reales (dispositivos físicos).

Sistema de seguridad con la WoT

Como ejemplo, considere una aplicación inteligente (como se muestra en la figura 5) que recibe la

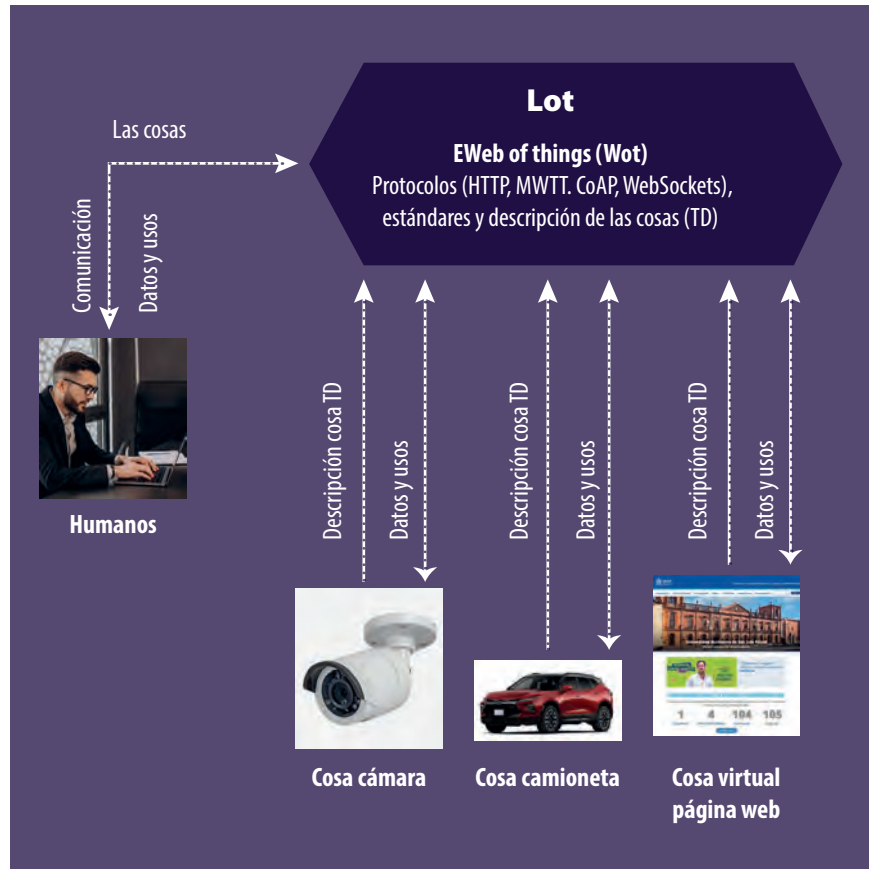


Figura 3. Integración del IoT a la WoT

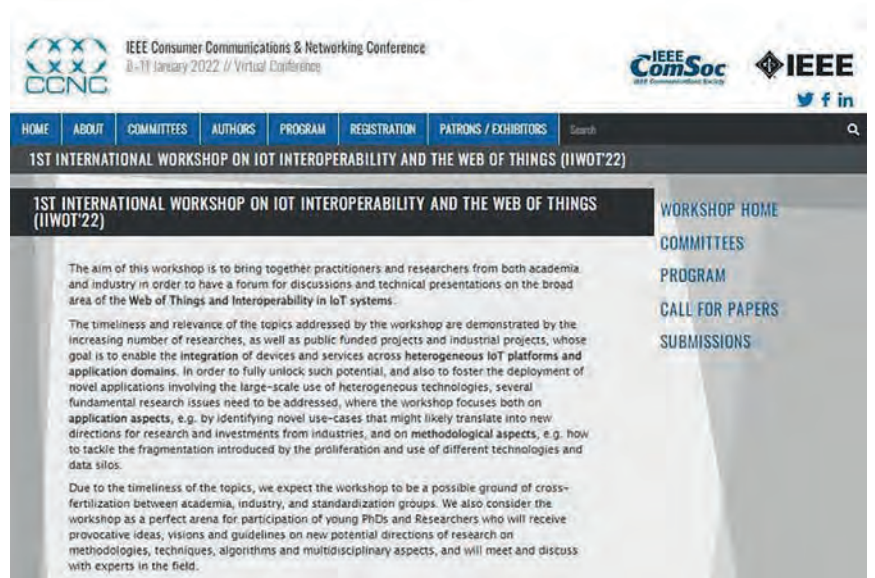
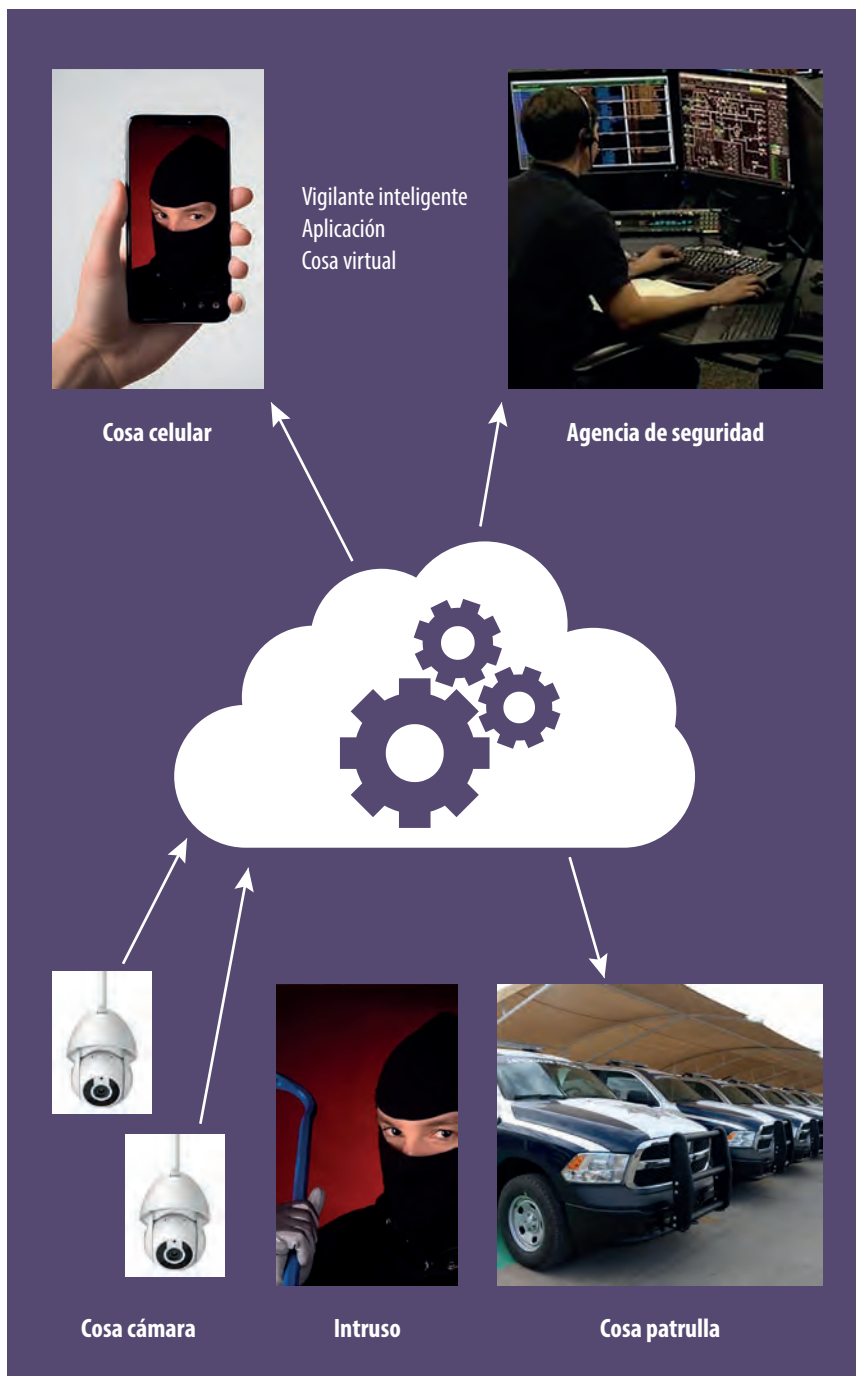


Figura 4. Taller internacional en interoperabilidad del IoT y la WoT <https://ccnc2022.ieee-ccnc.org/workshop/iivot22>



FRANCISCO EDGAR CASTILLO BARRERA

Es doctor en tecnologías de la información por el Centro de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UASLP y pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel I.



información de cámaras de seguridad y una cosa virtual que funciona como un vigilante que toma decisiones con base en la información recibida de las cámaras. Puede activar una alarma y comunicarse con otras cosas. La cámara, como cosa, deberá determinar a qué otras cosas y usuarios autoriza su uso y el compartir sus imágenes o videos. De la misma manera, el vigilante también tendrá que determinar a qué cosas (agencias de seguridad, patrullas, relojes inteligentes, etcétera) deberá mandar una alerta o pedir realizar alguna acción (activar la alarma, solicitar a las patrullas cercanas su presencia, etcétera). Cabe mencionar que en este escenario también se debe considerar la intervención humana de usuarios autorizados para mover de posición la cámara o cancelar una acción solicitada por la cosa vigilante. ¹⁹

Referencias bibliográficas:

Eclipse thingweb. (n.d.). Eclipse. <https://projects.eclipse.org/projects/iot.thingweb>
Guinard, D. D., y Trifa, V. M. (2016). Building the web of things: with examples in node.js and raspberry pi. Simon and Schuster.
Raggett, D. (n.d.). Arena webhub. GitHub. <https://github.com/draggett/arena-webhub>
Real Academia Española. (n.d.). Interoperabilidad. <https://dpej.rae.es/lema/interoperabilidad>
Sciullo, L., Gigli, L., Montori, F., Trotta, A., y Felice, M.D. (2022). A Survey on the Web of Things. IEEE Access, 10, 47570-47596. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3171575.
World Wide Web Consortium (W3C). (n.d.). Web of Things (WoT). <https://www.w3.org/WoT/>

Figura 5:
Interacción de cosas en la WoT para seguridad y vigilancia