

Internet de las Cosas (IoT) Retos para las Empresas en la era de la Industria 4.0 Internet of Things (IoT) challenges for Business in the Industry 4.0

F.J. Ávila-Camacho ^{a,*}, L.M. Moreno-Villalba ^b

^a División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, 55210, Ecatepec, Estado de México, México.

^b División de Ingeniería Informática, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, 55210, Ecatepec, Estado de México México.

Resumen

Los avances acelerados en tecnologías de la información combinados con los métodos de industrialización han estimulado el progreso en el desarrollo de nuevas generaciones en tecnologías de manufactura que hoy en día se vive el auge de la cuarta revolución industrial. La industria 4.0 demanda la aplicación de tecnologías emergentes que se originan de diferentes disciplinas incluyendo los sistemas físico-cibernéticos, el internet de las cosas, cómputo en la nube, integración industrial, arquitecturas orientadas a servicios, administración de procesos de negocios, integración de la información industrial, entre otros. La falta de herramientas sigue siendo un obstáculo para explotar el gran potencial de la industria 4.0, la cual presenta grandes retos para las empresas donde se requiere implementar métodos y sistemas formales para entrar a la industria 4.0. En esta investigación nos concentramos en los retos para la integración del Internet de las Cosas como una oportunidad para la manufactura sustentable en la Industria 4.0 y con ello generar nuevos servicios cualitativos los cuales representan una evolución del internet.

Palabras Clave: Internet de las Cosas, Industria 4.0, Arquitectura de Capas.

Abstract

Accelerated advances in information technologies combined with industrialization methods have stimulated progress in the development of new generations of manufacturing technologies that are currently experiencing the rise of the fourth industrial revolution. Industry 4.0 demands the application of emerging technologies that originate from different disciplines including physical-cybernetic systems, the internet of things, cloud computing, industrial integration, service-oriented architectures, business process management, industrial information integration, among others. The lack of tools remains an obstacle to exploit the great potential of Industry 4.0, which presents great challenges for companies where it is required to implement formal methods and systems to enter Industry 4.0. In this research we focus on the challenges for the integration of the Internet of Things as an opportunity for sustainable manufacturing in Industry 4.0 and thereby generate new qualitative services which represent an evolution of the internet.

Keywords: Internet of Things, Industry 4.0, Layer Architecture.

1. Introducción

El concepto de Internet de las Cosas (IoT) surge en 1982, con el diseño de una máquina expendedora de productos y bebidas principalmente, la cual fue conectada a Internet para obtener información sobre la cantidad de bebidas o refrescos que contenía la máquina y en qué momento las bebidas ya se encontraban frías (Daimler, 2020). Posteriormente, en 1991 Mark Weiser (Weiser, 2002) propone el concepto de computación ubicua que es el concepto que describe al paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de la red, comúnmente internet. La computación ubicua

puede ocurrir al utilizar cualquier dispositivo en cualquier ubicación y en cualquier formato (Poslad, 2009). Ya en 1999 Kevin Ashton propone el término “Internet de las Cosas” para describir un sistema de dispositivos interconectados (Ashton, 2009).

Para Doucek & Maryska (2018), la visión del futuro es un mundo inteligente donde los dispositivos también inteligentes se encuentran interconectados para ofrecer nuevos servicios y el Internet de las Cosas (IoT) juega un papel crucial en esta visión del futuro (Doucek & Maryška, n.d.). Los esquemas de comunicación de hoy en día se centran en las comunicaciones de persona a persona o de persona a dispositivo pero el Internet de las Cosas (IoT) advierte un futuro en donde el tipo de

*Autor para la correspondencia: fjacobavila@tese.edu.mx

Correo electrónico: fjacobavila@tese.edu.mx (Francisco Jacob Ávila-Camacho), leonardomv@tese.edu.mx (Leonardo Miguel Moreno-Villalba).

Historial del manuscrito: recibido el 21/06/2022, última versión-revisada recibida el 06/09/2022, aceptado el 12/09/2022, en línea (postprint) desde el 12/09/2022, publicado el 05/01/2023. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9516>



comunicaciones ahora se convertirá en comunicación máquina a máquina (M2M), una red global ubicua donde todas las personas y todos los dispositivos estarán conectados a través del Internet (U.Farooq, Waseem, Mazhar, Khairi, & Kamal, 2015).

En la actualidad, el IoT está en constante evolución y forma parte de los temas de investigación de gran interés para muchos académicos y empresarios, donde las oportunidades se vislumbran como infinitas ya que la única frontera estará en la imaginación. Algunas de las oportunidades para los académicos y empresarios son la creación de productos inteligentes donde los actores podrán participar como diseñadores, fabricantes, usuarios finales y operadores de reciclaje en el proceso de diseño de productos inteligentes (Hribernik, Ghrairi, Hans, & Thoben, 2011). Cada día, la cantidad de dispositivos que aprovechan los servicios de internet crece continuamente generando una fuente poderosa de información al alcance de todos o de muchos (Shen & Liu, 2011). La interacción que se establece entre máquinas inteligentes se considera como una tecnología de punta y emergente, sin embargo, las tecnologías que componen el IoT no necesariamente son tecnologías nuevas, pero permiten la convergencia de los datos que se obtienen desde diferentes fuentes constituidas por dispositivos o cosas hacia alguna plataforma en la nube, lo que presupone una innovación en la explotación de dicha información (Fallis, 2015).

La idea principal y básica del IoT es permitir y facilitar el intercambio de datos e información útil y autónoma entre dispositivos físicos del mundo real identificables de manera única e incrustados en diversos aparatos y alimentados por las tecnologías innovadoras en comunicaciones como el RFID (Radio Frequency IDentification) y la red de sensores inalámbricos (WSN) que son detectados por diversos sensores y procesados con la finalidad de realizar un análisis de datos y con ello tomar decisiones con el objetivo de ejecutar acciones de manera automatizada (U.Farooq et al., 2015). El número de dispositivos conectados a redes IP será mayor a tres veces la población mundial para 2023 (“Cisco Annual Internet Report - Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper - Cisco,” 2020).

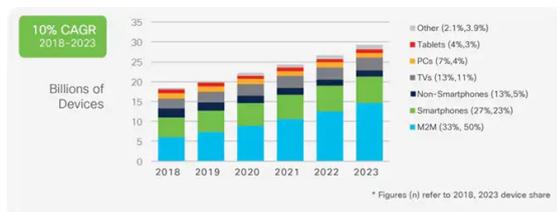


Figura 1. Crecimiento global en interconexión de dispositivos Source: Cisco Annual Internet Report, 2018–2023

Para poder entender la I4.0 o la 4RI se necesita entender conceptos originarios de múltiples disciplinas, relacionados con los servicios y plataformas en la nube, los sistemas inteligentes, la manufactura flexible y en lugares cercanos al usuario final, la interconexión de dispositivos, la geolocalización, el big data, la robótica, la impresión 3D o manufactura aditiva, entre varios conceptos adicionales, así como tecnologías emergentes, con tendencias hacia una fábrica inteligente. El objetivo es lograr una integración de los

procesos administrativos, operativos y de producción en las empresas empleando la información generada en tiempo real a través de sensores para realizar ajustes automatizados en los procesos, intercambiando información de forma autónoma entre los diferentes dispositivos interconectados (Jayaram, 2016).

El concepto de la fábrica inteligente que deriva en la Industria 4.0 fue desarrollado por el gobierno alemán en la Feria de Hannover de 2011 para describir como lograr que todos los procesos de una fábrica estén interconectados a través de internet (Rojko, 2017). La interacción entre la maquinaria, los equipos y todos los recursos de manufactura con los sistemas y los modelos de inteligencia artificial, habla de la digitalización inteligente de los procesos industriales que permitirá desarrollar modelos de negocio innovadores (Rozo-García, 2020)

La industria 4.0 requiere de la integración de varias disciplinas para lograr un abanico amplio de soluciones que impacten en el mercado y que permitan personalizar tanto los productos como los servicios que se ofertan a los clientes desde la fábrica inteligente (Rodríguez-Padilla, 1999). Este concepto describe entonces una digitalización de extremo a extremo, desde la producción hasta el consumo, incluyendo la fabricación automatizada, como una cadena de producción autónoma integrada con la distribución y entrega final, generando un nuevo concepto de organización y una cadena de valor innovadora e inteligente (Gilchrist, 2016).

Dentro de todo ese abanico de disciplinas necesarias para la integración de la fábrica inteligente, el internet de las cosas o IoT, por sus siglas en inglés, es el pilar para la automatización de varios procesos productivos a través de la interconexión de los dispositivos, equipos, maquinarias útiles para la implementación de los procesos.

El presente trabajo está organizado en 5 secciones, en esta primer sección se describió el panorama de la Industria 4.0 y el porqué de las tecnologías necesarias para la generación de los nuevos modelos de negocio, la sección 2 describe la visión principal del IoT, la sección 3 describe la arquitectura más común para el IoT, en la sección 4 se explican las tecnologías que conforman el IoT y en la sección 5 se concluye el trabajo describiendo los retos que enfrentan las empresas para incursionar en la Industria 4.0.

2. Visión Principal

La ubicuidad del internet ha llevado al mundo a una era de mayor conectividad en donde una gran variedad de aparatos y accesorios están y estarán, cada vez más, conectados a la red. Lo que convierte a esta era, en la era del Internet de las Cosas (Shen & Liu, 2011). Como se mencionó en la sección anterior, diversos autores han definido el término de diferentes formas (Vermesan et al., 2009) define al Internet de las Cosas como una simple interacción entre el mundo físico y el mundo digital a través de sensores y actuadores. Lo que constituye un paradigma en el cual el cómputo y las redes están incrustados o embebidos en los objetos y dispositivos (Peña, 2005).

En términos comunes, el Internet de las Cosas hace referencia a un mundo diferente en donde casi todos los dispositivos y accesorios que se utilizan en el día a día, están conectados a la red y es posible utilizarlos colaborativamente para cumplir con tareas que incluso requiera de acciones inteligentes. Para lograr estas tareas inteligentes se requieren

además de los sensores y actuadores, procesadores y microcontroladores como en el caso de los sistemas ARM (Sethi & Sarangi, 2017). Es por ello que el internet de las cosas no se compone de una sola tecnología, es una integración de un conjunto de tecnologías que operan y trabajan juntas para conformar una solución (Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015).

En este sentido, la visión principal del Internet de las Cosas describe un ambiente en donde los objetos o las cosas son capaces de comunicarse, percibir el entorno a través de los diversos sensores y realizar acciones, dentro de ese entorno, utilizando actuadores. Los actuadores son dispositivos que convierten la energía en movimiento y que también se utilizan para aplicar fuerza, llevando a cabo acciones en el entorno. Los datos recolectados por los sensores son almacenados y procesados inteligentemente para ejecutar tareas o generar algún tipo de inferencia utilizando la máquina de aprendizaje automático o machine learning (Heath, 2012).

Las capacidades de almacenamiento y procesamiento de un objeto IoT están restringidas por los recursos disponibles los cuales son reducidos y acotados dadas las limitaciones en tamaño, energía, potencia y capacidad computacional del dispositivo, por lo que el procesamiento normalmente se realiza en algún servidor remoto y en los dispositivos se lleva a cabo un pre-procesamiento de dichos datos. Un tema importante de investigación es asegurar que se obtiene el tipo de dato correcto con el nivel de precisión deseado (Ray, 2018).

La comunicación entre los dispositivos IoT se lleva a cabo principalmente de forma inalámbrica dado que están instalados en lugares geográficamente dispersos, por lo que los canales de comunicación pueden generar ruido que distorsionan las señales y con ello parecer poco confiables. En este sentido, el problema es lograr obtener datos altamente confiables sin demasiadas retransmisiones, lo que también constituye un tema de estudio importante en los dispositivos IoT (Lee & Lee, 2015).

Luego del procesamiento de los datos recibidos, se deberán llevar a cabo algunas acciones como resultado de la inferencia generada. Estas acciones pueden ser varias, se puede modificar directamente el mundo físico a través de los actuadores, o se puede realizar una acción que implique enviar información a otros dispositivos inteligentes.

Efectuar un cambio en el mundo físico dependerá del estado del dispositivo en un tiempo dado, lo que se conoce como: conocimiento del contexto, cada acción se lleva a cabo tomando en cuenta el contexto, dado que cada aplicación puede reaccionar de manera distinta en diferentes contextos (Gilchrist, 2016).

Para establecer un framework o entorno de trabajo para el IoT, será necesario contar con una capa intermedia o middleware que permita conectar y administrar toda esa gama de dispositivos heterogéneos, por lo que se requiere una estandarización para este amplio espectro de dispositivos IoT (Dijkman, Sprenkels, Peeters, & Janssen, 2015).

Con las diversas aplicaciones del Internet de las Cosas en los sectores de salud, educación, entrenamiento, conservación de la energía, monitoreo ambiental, manufactura, sistemas de transporte, automatización de hogares, entre otros, lograrán reducir significativamente los esfuerzos humanos y mejorar la calidad de vida de las personas.

3. Arquitectura

No existe un consenso aún para definir una arquitectura formal que sea universalmente aceptada, varios autores han propuesto diferentes arquitecturas. Sin embargo, y como se muestra en la figura 1, para 2023 se esperan alrededor de 30 mil millones de dispositivos conectados a la red, lo cual representa una gran cantidad que indudablemente no podrá ser soportada por la arquitectura actual de Internet basada en el protocolo TCP/IP, por lo que será necesaria una arquitectura abierta que pueda soportar varios incidentes QoS (Quality of Services), así como el soporte a las aplicaciones actuales utilizando protocolos abiertos (An, Gui, & He, 2012). Adicionalmente, para asegurar la adopción del IoT también se deberá garantizar la seguridad y confiabilidad de la información, así como la privacidad de los datos (Lan, 2012).

Para soportar el desarrollo actual y futuro del IoT, se han propuesto diversas arquitecturas basadas en múltiples capas, Wang Chen (2013) propuso una arquitectura de tres capas mientras que Hui Suo et al. (2012) presenta una arquitectura de cuatro capas y Miao Wu (2010) propone una de cinco capas utilizando las características del modelo de administración de redes de telecomunicaciones (TNM por sus siglas en inglés) y de la misma forma, Minghui Zhang et al. (2012) propuso una arquitectura de seis capas basada en la estructura jerárquica de las redes que quizás ha sido la más implementada (W. Chen, 2013; Suo, Wan, Zou, & Liu, 2012; Wu, Lu, Ling, Sun, & Du, 2010; Zhang, Sun, & Cheng, 2012).

La Figura 2 muestra una comparativa entre la arquitectura de 3 capas y la arquitectura de 5 capas.

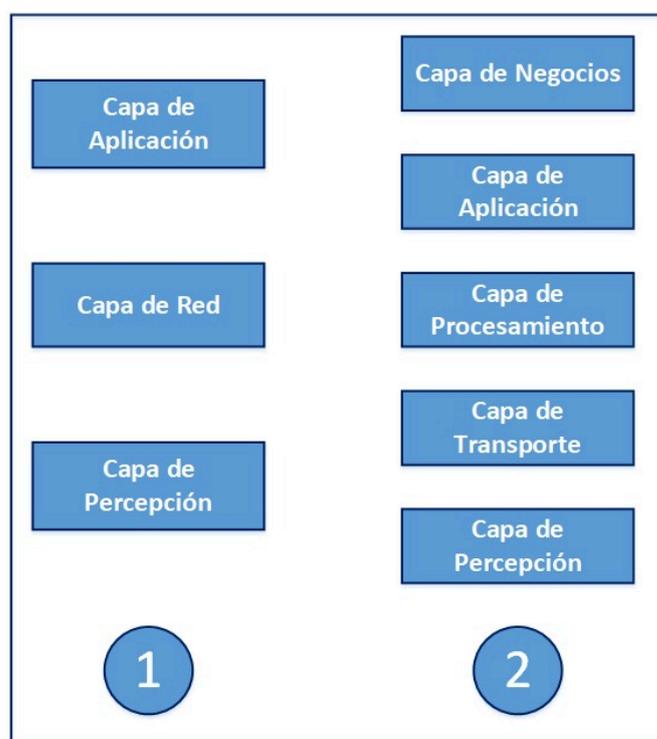


Figura 2. Arquitecturas IoT. (1) arquitectura de tres capas, (2) arquitectura de cinco capas (W. Chen, 2013)

En la arquitectura de tres capas (1) se muestran la capa de percepción, la capa de red y la capa de aplicación. Cuando surgió el concepto de IoT una de las primeras arquitecturas propuestas fue la arquitectura de tres capas (W. Chen, 2013).

La capa de entrada es la capa de percepción y es la capa donde se encuentran los sensores que perciben el entorno y recolectan la información leyendo parámetros físicos, en esta capa también se identifican los datos de otros objetos.

La siguiente capa es la capa de red la cual es responsable de la conexión con la red y otros dispositivos para procesar y transferir los datos que fueron recolectados por los sensores.

La capa de aplicación es la encargada de las aplicaciones que ofrecen o consumen servicios que utilizan los usuarios, servicios específicos que forman parte de la aplicación o uso, como diagnóstico médico, hogares inteligentes, ciudades inteligentes, manufactura inteligente, etc.

La arquitectura de tres capas no es muy específica o detallada, aunque describe la idea general del Internet de las Cosas, por ese motivo, provoca que surjan nuevas propuestas como la arquitectura de 5 capas, mostrada también en la figura 2, la cual agrega dos capas adicionales y divide la capa de red, las nuevas capas propuestas por la arquitectura de 5 niveles incluyen a la capa de procesamiento y la capa de negocios.

La capa de procesamiento es una capa intermedia que funciona como un middleware para almacenar y procesar los datos que recibe de la capa de transporte. Esta capa también puede manejar y proveer varios servicios desde y hacia las capas inferiores. Para ello, es capaz de utilizar varias tecnologías complementarias conectándose a servidores de bases de datos, a servicios de cómputo en la nube, servicios de big data, entre otros.

La capa de negocios gestiona el sistema IoT en su totalidad, ya que incluye aplicaciones, modelos y reglas de negocios, así como las reglas para la privacidad del usuario.

La capa de transporte es únicamente una capa que transfiere los datos de los sensores que provienen de la capa de percepción y se entregan a la capa de procesamiento. La capa de transporte utiliza un esquema de red e interconectividad para realizar esta tarea, el esquema de red puede ser inalámbrico, GSM, 3G o 4G, red cableada, Bluetooth, RFID o NFC.

Por otro lado, Ning & Wang (2011), proponen una arquitectura de seis capas, que se basa en el esquema de procesamiento del cerebro humano, que genera la capacidad en los seres humanos de pensar, recordar, sentir, tomar decisiones, etc. de acuerdo con las reacciones que provoca el entorno o ambiente físico. Esta arquitectura de seis capas está organizada en tres partes, la primera, análoga al cerebro humano, relaciona el procesamiento y la administración de los datos. La segunda parte es la espina dorsal, la cual es similar a una red de nodos que realizan un procesamiento distribuido y de gateways o compuertas inteligentes. La tercera es un sistema nervioso conformado por los componentes de la red incluidos los sensores (Ning & Wang, 2011).

4. Tecnologías

El IoT fue inspirado inicialmente por los miembros de la comunidad RFID (Radio Frequency Identification) quienes consideraban la posibilidad de descubrir información sobre objetos etiquetados al explorar direcciones de internet o

entradas en una base de datos relacionadas con tecnologías RFID o NFC en particular (Want, 2006).

Dada la ubicuidad de la computación donde los objetos digitales pueden ser identificados de manera única y además son capaces de interactuar con otros objetos para recolectar datos y automatizar acciones que requieren una combinación de tecnologías, entre las cuales, la tecnología clave es el RFID que permite crear objetos identificables de manera única, adicionalmente, dado su tamaño y su costo, hace factible integrable o incrustable en los objetos (Khoo, 2011).

La arquitectura definida en el IoT basada en una arquitectura orientada a servicios (SOA) permitirán definir cada una de las diferentes tecnologías que son utilizadas dentro de cada capa una de las 4 capas definidas en el IOT para entender cómo se relacionan las tecnologías habilitadoras y las dificultades en cada una de las capas.

La capa de percepción en SWoT se comporta como cinco órganos sensoriales para las arquitecturas IoT y SWoT. La capa de percepción detecta, recopila información y envía la información recopilada a la capa de aplicación superior para el procesamiento inteligente a través de Internet u otras redes transmitidas. La capa de percepción es necesaria para recopilar datos y comunicarse con sus capas asociadas. Consta de tres componentes; sensores, etiquetas RFID y actuadores. La capa de percepción recopila información ambiental y se comunica con la red. Los datos que faltan se comprimen, predicen, recuperan, y estimada en la capa de percepción (Afzaalid & Shoaib, 2021).

Hay varias tecnologías que se utilizan para definir IOT, pero las cuatro tecnologías principales son las siguientes (Atzori, Iera, & Morabito, 2010):

1. (RFID) Radio Frequency Identification
2. (NFC) Near Field Communication
3. (MtoM) Machine to Machine Communication
4. (VtoV) Vehicle to Vehicle Communication

4.1. (RFID) Radio Frequency Identification

Las funciones de RFID son recolectar energía de RF del interrogador con su antena, ya sea de frecuencia ultra alta (UHF) o de alta frecuencia (HF), activar el chip RFID en la etiqueta y transmitir un código de identificación al interrogador. donde el código ID es un número fijo utilizado como identificador único de una "cosa". Las características de las "cosas" correspondientes a sus identidades pueden guardarse en una base de datos y actualizarse en tiempo real para que la gestión de datos satisfaga las necesidades de diferentes aplicaciones (Cui, Zhang, Gao, Meng, & Li, 2019).

La mayoría de los sistemas RFID consisten en etiquetas que se adhieren a los objetos que se requieren identificar. Las etiquetas pueden ser de solo lectura o de reescritura de acuerdo con la memoria interna que poseen y el tipo de aplicación para la que se concibe. En la etiqueta se puede almacenar información de un producto, como el número de serie, la fecha de fabricación o algún otro dato importante para el producto.

Un lector RFID funciona generando campos electromagnéticos de alta frecuencia con un alcance que permite activar las etiquetas de los objetos ubicados dentro de ese rango. Como resultado, se establece la comunicación entre

los componentes principales del sistema, es decir, las etiquetas y el lector. Esto genera grandes cantidades de datos que son controlados a través de filtros que utilizan las empresas de la cadena de suministro para enrutar a los sistemas de información de back-end (Ajami & Rajabzadeh, 2013).

4.2. (NFC) Near Field Communication

La tecnología NFC es una comunicación semidúplex de corto alcance, que fue desarrollada por Philips y Sony a finales de 2002 para establecer enlaces de comunicaciones sin que exista contacto entre el emisor y el receptor. NFC utiliza el principio de acoplamiento inductivo entre el transmisor y el receptor, y difiere de la comunicación RF de campo lejano, que se utiliza para aplicaciones inalámbricas de mayor alcance.

Hay tres tipos de dispositivos NFC que intervienen en la comunicación: teléfonos inteligentes, etiquetas NFC y lectores NFC. La forma de interacción entre los dispositivos NFC proporcionan tres modos operativos diferentes, como se muestra en la Figura 3: el modo operativo de lector/escritor, el modo operativo punto a punto y modo operativo con emulación de tarjeta que permite establecer una comunicación entre un teléfono inteligente y una etiqueta NFC, o con un teléfono inteligente y un lector NFC (Coskun, Ozdenizci, & Ok, 2015a).

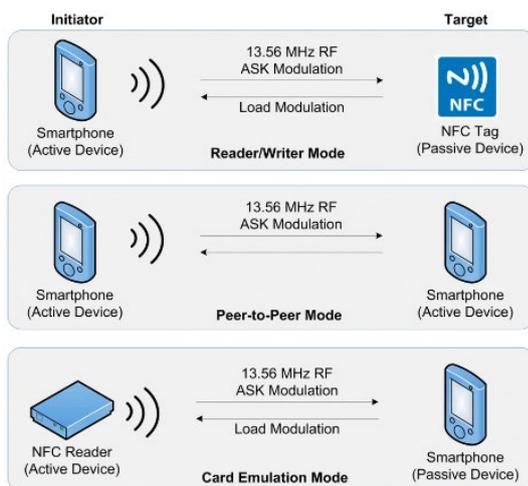


Figura 3 Estilos de interacción y modos de funcionamiento de NFC (Coskun, Ozdenizci, & Ok, 2015b)

Existen 3 modelos de comunicación para dispositivos NFC

1. Modelo de comunicación Lectura/Escritura.
2. Modelo de Comunicación Punto a punto.
3. Modelo de Comunicación por tarjeta.

4.3. Modelo de comunicación Lectura/Escritura

En el modo operativo de comunicación lectura/escritura, un dispositivo IoT inicia la comunicación como un dispositivo activo y puede leer y escribir en una etiqueta NFC. Las etiquetas NFC son un tipo de etiqueta RFID pasiva.

4.4. Modelo de comunicación Punto a Punto

En el modo de comunicación punto a punto, los dispositivos IoT intercambian datos a través de una conexión bidireccional. De esta forma, los dispositivos intercambian datos recolectados que provienen de los sensores.

4.5. Modelo de comunicación por tarjeta

En el modelo de comunicación por emulación de tarjeta, el dispositivo se acerca a un lector NFC y este se comporta como si fuera una tarjeta inteligente con la etiqueta NFC logrando una interacción con el SE.

4.6. Modelo de comunicación Máquina a Máquina (M2M)

Típicamente, el modelo de comunicación máquina a máquina (M2M) se refiere a las comunicaciones entre computadoras, dispositivos móviles, procesadores integrados, sensores inteligentes y actuadores con o sin intervención de alguna persona. La lógica detrás de las comunicaciones M2M se basa en dos observaciones:

- 1) Una máquina en red es más valiosa que una aislada;
- 2) El precepto de que cuantas más máquinas interconectan, más aplicaciones autónomas e inteligentes son generadas.

Los impactos de las comunicaciones M2M aumentarán continuamente en esta década según predicciones anteriores (M. Chen, Wan, & Li, 2012).

En términos generales las comunicaciones M2M, consisten en una nube, infraestructura y un enjambre de máquinas (u océanos de máquinas, término que se usa para representar una gran cantidad de máquinas). La creación de redes en la nube, que normalmente se realiza mediante un mecanismo de red óptico/alámbrico de alta velocidad, conecta centros de datos, servidores para aplicaciones y servicios, y puertas de enlace hacia/desde la nube. La infraestructura interconecta la nube y el enjambre/océano de máquinas, que pueden ser cableados o inalámbricos (K. C. Chen & Lien, 2014).

4.7. Vehicle to Vehicle Communication (VtoV)

La tecnología V2V consiste en transmisiones inalámbricas de datos entre vehículos automotores. El objetivo principal de esta comunicación es prevenir posibles accidentes, permitiendo que los vehículos en tránsito transfieran datos sobre su posición y su velocidad dentro de una red mallada ad-hoc. Este último utiliza un sistema de conexión descentralizado, que puede proporcionar una topología de malla totalmente conectada o una topología de malla parcialmente conectada. En el primer caso, cada nodo está conectado directamente a otros en la red. En el segundo caso, algunos nodos se pueden conectar a todos los demás, mientras que los restantes se adjuntan solo a aquellos con los que intercambian la mayor parte de los datos con frecuencia. Al explotar esta topología de red, los nodos de una red en malla pueden intercambiar mensajes e información con los nodos vecinos a los que están conectados directamente (un solo salto, en el caso de una red totalmente conectada), o pueden elegir una de las diferentes rutas disponibles. para llegar al destino (múltiples saltos, en el caso de una red parcialmente

conectada). Esta topología también aumenta la robustez de la estructura de la red. De hecho, en caso de colapso o mal funcionamiento temporal de un nodo, las rutas se recalculan dentro de las tablas de reenvío para llegar a todos los destinos (Arena & Pau, 2019).

5. Conclusión

Las tecnologías descritas en el punto anterior se enmarcan principalmente en las primeras capas de cualquiera de las arquitecturas, si no es que pertenecen a la capa de percepción únicamente, pero en el sentido de definir conceptos más amplios o detallados sería necesario adoptar la arquitectura de 5 capas y en ella ubicar elementos que en muchas ocasiones se traslapan con otras capas. Por lo que en términos generales se puede concluir que con la arquitectura de 3 capas es suficiente para desarrollar dispositivos IoT factibles en la industria, tomando en cuenta esquemas de seguridad y protección de datos.

En ese sentido, se presenta la arquitectura propuesta por (An et al., 2012) la cual es una arquitectura de 5 capas, pero con el sentido hacia la industria 4.0 integrable en cualquier red para la nueva generación de redes inteligentes de información. La figura 4 muestra esta arquitectura, la cual propone un esquema abierto, es decir una arquitectura abierta utilizando protocolos abiertos para soportar una gran variedad de aplicaciones de red existentes (An et al., 2012).

Como se mencionó anteriormente, la arquitectura también debe soportar la escalabilidad, la seguridad y la integración con internet.



Figura 4. Arquitectura propuesta de 5 capas (An et al., 2012)

Para esta arquitectura de 5 capas, la capa de percepción seguirá siendo una capa de censado y control que establece las bases fundamentales del desarrollo y aplicación del IoT y donde se incluyen los lectores RFID, nodos de sensores

inteligentes y elementos de acceso tipo gateways para la recolección de datos desde internet.

La capa de red es la responsable de la integración a los distintos esquemas de red como se describió anteriormente, pero además ofreciendo un ruteo, así como la conversión de formatos y direccionamiento (An et al., 2012).

En la capa de administración de recursos se ofrecerá la inicialización de los recursos, el monitoreo de las operaciones de esos recursos y la coordinación del trabajo entre los distintos recursos. En la capa de procesamiento de información establece el razonamiento y el entendimiento semántico de los datos recolectados por los sensores, así como consulta de datos, almacenamiento, análisis tipo minado, entre otras operaciones. El cómputo en la nube es el que podría ofrecer una excelente plataforma para el análisis y minado de datos, por lo que sería el principal componente de esta capa de procesamiento de la información (Z. Chen et al., 2015).

Ya en la capa de aplicación, posterior al procesamiento y el análisis de los datos procesados y provenientes de los sensores ofrecerá a los usuarios una gran variedad de servicios dependiendo del tipo de industria en la que se va desarrollando.

Adicionalmente, toda la aplicación IoT deberá incluir también el soporte de seguridad en las redes, mecanismos de tolerancia a fallas y control de calidad para todos los niveles (Z. Chen et al., 2015).

Con todo ello en mente, los principales retos para la industria en la era de la cuarta revolución industrial, industria 4.0 se tienen sobre todo el dominio de las tecnologías claves para el IoT como IPv6 y RFID para identificar los objetos, tecnologías de sensores para el censado dinámico de la información, incluyendo el procesamiento inteligente de dicha información.

El Internet de las Cosas proporciona una gran oportunidad para la industria, sin embargo, existen varios problemas a resolver entre los que se podrían mencionar, además del dominio de las tecnologías clave, construir aplicaciones de gran escala basados en los estándares y la arquitectura de protocolos, lo cual permitirá crear un nuevo e innovador modelo de negocios que soporte la operación de los sistemas de IoT.

Las aplicaciones futuras del IoT, no estarán limitadas a un área específica y podrán integrarse con productos cruzados entre distintas industrias.

6. Trabajos Futuros

Una arquitectura estandarizada y fácil de implementar con las tecnologías clave que servirán a las empresas como factores de integración tipo plug and play. El internet de las cosas tendrá éxito en los nuevos modelos de negocios y estos son los retos para el desarrollo de nuevas investigaciones.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a nuestros revisores por sus valiosos comentarios y retroalimentación que nos permite mejorar en los temas desarrollados a través de la revisión bibliográfica y la investigación, así como al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Referencias

- Afzaalid, R., & Shoaib, M. (2021). Data recoverability and estimation for perception layer in semantic web of things. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245847>
- Ajami, S., & Rajabzadeh, A. (2013). Radio Frequency Identification (RFID) technology and patient safety. In *Journal of Research in Medical Sciences*.
- An, J., Gui, X.-L., & He, X. (2012). Study on the Architecture and Key Technologies for Internet of Things.
- Arena, F., & Pau, G. (2019). An Overview of Vehicular Communications. *Future Internet* 2019, Vol. 11, Page 27, 11(2), 27. <https://doi.org/10.3390/FI11020027>
- Ashton, K. (2009). "That 'Internet of Things' Thing". Retrieved October 28, 2020, from RFID Journal website: [http://www.itrc.jp/libraries/RFIDjournal-That Internet of Things Thing.pdf](http://www.itrc.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf)
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Chen, K. C., & Lien, S. Y. (2014). Machine-to-machine communications: Technologies and challenges. *Ad Hoc Networks*, 18, 3–23. <https://doi.org/10.1016/J.ADHOC.2013.03.007>
- Chen, M., Wan, J., & Li, F. (2012). Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications. *KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS*, 6(2). <https://doi.org/10.3837/tiis.2012.02.002>
- Chen, W. (2013). An IBE-based security scheme on Internet of Things. *Proceedings - 2012 IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems, IEEE CCIS 2012*, 3, 1046–1049. <https://doi.org/10.1109/CCIS.2012.6664541>
- Chen, Z., Wen, Y., Cao, J., Zheng, W., Chang, J., Wu, Y., ... Peng, G. (2015). A survey of bitmap index compression algorithms for Big Data. *Tsinghua Science and Technology*, 20(1), 100–115. <https://doi.org/10.1109/TST.2015.7040519>
- Cisco Annual Internet Report - Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper - Cisco. (2020). Retrieved October 28, 2020, from Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper website: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- Coskun, V., Ozdenizci, B., & Ok, K. (2015a). The Survey on Near Field Communication. *Sensors* 2015, Vol. 15, Pages 13348–13405, 15(6), 13348–13405. <https://doi.org/10.3390/S150613348>
- Coskun, V., Ozdenizci, B., & Ok, K. (2015b). The Survey on Near Field Communication. *Sensors* 2015, Vol. 15, Pages 13348–13405, 15(6), 13348–13405. <https://doi.org/10.3390/S150613348>
- Cui, L., Zhang, Z., Gao, N., Meng, Z., & Li, Z. (2019). Radio Frequency Identification and Sensing Techniques and Their Applications—A Review of the State-of-the-Art. *Sensors* 2019, Vol. 19, Page 4012, 19(18), 4012. <https://doi.org/10.3390/S19184012>
- Daimler, E. A. (2020). A study of Food Consumption by Carnegie Mellon 's Computer Science department (: observations of Bagel decay). 1–4.
- Dijkman, R. M., Sprenkels, B., Peeters, T., & Janssen, A. (2015). Business models for the Internet of Things. *International Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.07.008>
- Doucek, P., & Maryška, M. (n.d.). Internet of Things. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2018-01-018>
- Fallis, D. (2015). What Is Disinformation? *Library Trends*. <https://doi.org/10.1353/lib.2015.0014>
- Gilchrist, A. (2016). Industry 4.0. *THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>
- Heath, N. (2012). What the Internet of Things means for you - TechRepublic. Retrieved October 29, 2020, from European Technology website: <https://www.techrepublic.com/blog/european-technology/what-the-internet-of-things-means-for-you/>
- Hribernik, K. A., Ghairi, Z., Hans, C., & Thoben, K.-D. (2011). Co-creating the Internet of Things. First experiences in the participatory design of Intelligent Products with Arduino. 2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising, 1–9.
- Jayaram, A. (2016). Lean six sigma approach for global supply chain management using industry 4.0 and IIoT. *Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016*, 89–94. <https://doi.org/10.1109/IC3I.2016.7917940>
- Kho, B. (2011). RFID As an enabler of the internet of things: Issues of security and privacy. *Proceedings - 2011 IEEE International Conferences on Internet of Things and Cyber, Physical and Social Computing, IThings/CPSCOM 2011*, 709–712. <https://doi.org/10.1109/iThings/CPSCOM.2011.83>
- Lan, L. (2012). Study on security architecture in the internet of things. *Proceedings of 2012 International Conference on Measurement, Information and Control, MIC 2012*, 1, 374–377. <https://doi.org/10.1109/MIC.2012.6273274>
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Ning, H., & Wang, Z. (2011). Future internet of things architecture: Like mankind neural system or social organization framework? *IEEE Communications Letters*, 15(4), 461–463. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2011.022411.110120>
- Peña, A. (2005). ITU Internet Report 2005: The Internet of Things. International Telecommunication Union.
- Poslad, Stefan. (2009). Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions. In *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470779446>
- Ray, P. P. (2018). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>
- Rodríguez-Padilla, V. (1999). Impacto de la reforma económica sobre las inversiones de la industria eléctrica en México: el regreso del capital privado como palanca de desarrollo.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*. <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>
- Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177–191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2017/9324035>
- Shen, G., & Liu, B. (2011). The visions, technologies, applications and security issues of internet of things. 2011 International Conference on E-Business and E-Government, ICEE2011 - Proceedings, 1867–1870. <https://doi.org/10.1109/ICEBEG.2011.5881892>
- Suo, H., Wan, J., Zou, C., & Liu, J. (2012). Security in the internet of things: A review. *Proceedings - 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, ICCSEE 2012*, 3, 648–651. <https://doi.org/10.1109/ICCSEE.2012.373>
- U.Farooq, M., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications*. <https://doi.org/10.5120/19787-1571>
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... Pat, D. (2009). Internet of Things Strategic Research Roadmap. Internet of Things Strategic Research Roadmap. https://doi.org/http://internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2011.pdf
- Want, R. (2006, January). An introduction to RFID technology. *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 5, pp. 25–33. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2006.2>
- Weiser, M. (2002). The computer for the 21st Century. *IEEE Pervasive Computing*, 1(1), 19–25. <https://doi.org/10.1109/mprv.2002.993141>
- Wu, M., Lu, T. J., Ling, F. Y., Sun, J., & Du, H. Y. (2010). Research on the architecture of Internet of Things. *ICACTE 2010 - 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Proceedings*, 5. <https://doi.org/10.1109/ICACTE.2010.5579493>
- Zhang, M., Sun, F., & Cheng, X. (2012). Architecture of Internet of Things and its key technology integration based-on RFID. *Proceedings - 2012 5th International Symposium on Computational Intelligence and Design, ISCID 2012*, 1, 294–297. <https://doi.org/10.1109/ISCID.2012.81>