

Análisis de los desafíos Arquitectónicos en IoT (Internet de las Cosas)

L.J. Saclier, J.M. Soto

Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
saclierl@frba.utn.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se analizará los desafíos que nos presenta IoT desde el punto de vista arquitectónico. Se partirá de una arquitectura inicial a una más compleja, a la cual se le definirán los atributos de calidad más importantes. Luego se definirá brevemente el impacto y la importancia de cada atributo, teniendo en cuenta que la interoperabilidad es un factor preponderante para el éxito de IoT. Este trabajo será el punto de partida para revisar patrones arquitectónicos de comunicación entre dispositivos y analizar cuál se adapta mejor a cada escenario.

1. Introducción

Internet de las Cosas (IoT) es un fenómeno que llegó para cambiar la forma en la que percibimos las “cosas” y acercarnos nuevos desafíos.

El avance de la tecnología nos lleva a una sociedad donde todo y todos estaremos conectados [1], donde IoT conecta el mundo real físico con el mundo virtual.

El número de dispositivos que se conectan a Internet crece día a día en gran número. La mayoría de los dispositivos móviles tienen sensores que nos permiten recolectar diferentes tipos de datos y procesarlos para luego poder tomar decisiones acertadas, transmitiendo la información generada a Internet para ser compartida. [2].

De esta manera podemos comprender que IoT se trata de dispositivos, sensores, redes de datos, procesamiento que interactúan entre sí para generar información que se utilizará para tomar acciones y decisiones, donde la nube es su lugar de interacción y de almacenamiento.

Estos dispositivos tienen diferentes tamaños, capacidades, nivel de procesamiento y soportan diferentes tipos de aplicaciones [3].

El avance de la tecnología nos permite disponer de dispositivos más potentes y pequeños, que consumen menor energía, donde la conectividad es muchas veces directa a Internet.

A partir de lo enunciado anteriormente podemos inferir que IoT presenta desafíos arquitectónicos profundos para que esta conjunción de elementos pueda interactuar en forma confiable y segura.

Es por ello que nos centraremos en los desafíos arquitectónicos a partir de los drivers de calidad que debe perseguir.

2. Principios Arquitectónicos de IoT

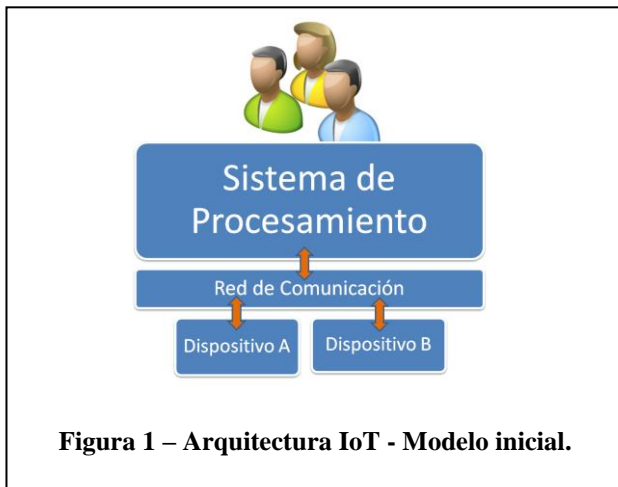
Una arquitectura inicial IoT se basa en tres simples capas [4] (Figura.1). Esta Arquitectura presenta un flujo simple que describiremos a continuación:

- 1) El dispositivo obtiene un valor de una variable física, lo convierte y lo transmite a un dispositivo de capa superior. Este valor puede estar asociado a una temperatura, humedad, presión, posición, movimiento, vibración o aceleración dependiendo del tipo de sensor. Un dispositivo con una combinación de diferentes sensores permite mayor cobertura.
- 2) El dispositivo que recibe el valor lo procesa y dispara una acción si es necesario. Este dispositivo envía esta información (valor y acción) a la capa superior.
- 3) El dispositivo de capa superior brinda servicios al usuario final. Estos servicios brindan el estado del sistema y el resultado de acciones que fueron invocadas por el usuario.

A partir de este simple flujo podemos comprender los diferentes niveles que tiene un sistema de IoT y la responsabilidad asociada a cada uno. Podemos también comprender que la comunicación entre los niveles toma un nivel preponderante para el éxito de este tipo de sistemas distribuidos. No importa que arquitectura pensemos, seguramente la comunicación esté apoyada en algún punto en la suite de protocolos TCP/IP que domina Internet desde sus inicios.

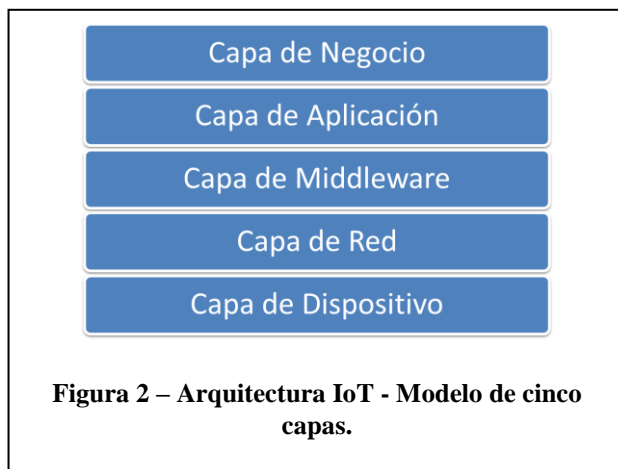
Si repasamos lo definido hasta el momento podemos inferir que IoT se enmarca dentro de los Sistemas de Tiempo Real (RTS), ya que es un sistema que interactúa con su entorno físico y da una respuesta en un tiempo determinado [5].

Luego que comprendimos la arquitectura inicial, el flujo de datos que esta conlleva y su vínculo con los RTS



podemos pensar en una arquitectura más general para IoT [6,7].

Esta arquitectura está dividida en cinco capas (Figura 2).



Estas capas serán enumeradas y descritas a continuación:

- 1) *Capa de Dispositivo*. Consiste de los dispositivos físicos y los sensores asociados a cada uno. Dependiendo el tipo de sensor el valor puede estar asociado a una temperatura, humedad, presión, posición, movimiento, vibración, aceleración. Los valores son enviados a la capa de Red para asegurar su correcta transmisión.
- 2) *Capa de Red*. Esta capa transmite en forma segura los datos desde los sensores a la capa de procesamiento para obtener información. El medio puede ser cableado o inalámbrico, utilizando estándares como Ethernet, 3G, 4G, WiFi, Bluetooth, infrarrojo dependiendo de las características del dispositivo.
- 3) *Capa de Middleware*. Cada dispositivo de IoT está pensando para un fin diferente por lo que se debe conectar un servicio específico para ese

fin. Este servicio procesará los valores recibidos y los almacenará mediante alguna estrategia de persistencia.

- 4) *Capa de Aplicación*. Esta capa se basa en la información generada en la capa anterior y es la encargada de interactuar con el usuario final a partir de diferentes plataformas. La aplicación será generada con un propósito específico, por ejemplo salud, seguridad, entretenimiento.
- 5) *Capa de Negocios*. Es la capa de nivel superior que se nutre de la información generada en las diferentes aplicaciones y permite entender el comportamiento de los usuarios para generar nuevos modelos de negocios y mejorar los existentes.

3. Desafíos Arquitectónicos de IoT

La arquitectura IoT propuesta presenta diferentes desafíos. Para analizarlos debemos definir cuáles son los drivers de calidad que persigue IoT. Un driver de calidad es un atributo relevante para cumplir los objetivos establecidos para el sistema. Esta relevancia puede estar dada por el negocio o por la complejidad técnica que representa su implementación [8].

Los atributos de calidad que deben contemplarse en una arquitectura para IoT son los siguientes:

- 1) Confiabilidad
- 2) Eficiencia
- 3) Escalabilidad
- 4) Interoperabilidad
- 5) Mantenibilidad
- 6) Performance
- 7) Seguridad
- 8) Usabilidad

Como podemos ver estamos enumerando un gran número de atributos, pero si pensamos en eliminar alguno de ello por considerarlo menos importante no sabríamos por cual comenzar.

A continuación desarrollaremos uno a uno y analizaremos el motivo de su importancia y en qué capa de las antes mencionadas debería contemplarse.

- 1) *Confiabilidad*. Los dispositivos vinculados a IoT deben ser autosuficientes por lo que la confiabilidad es un factor predominante. Esta capacidad debe presentarse a lo largo de todo el modelo de capas. En la capa inferior los dispositivos deben tener la capacidad de recuperarse ante fallos y no generar inconvenientes severos en el sistema. En las capas superiores se puede pensar en utilizar mecanismos existentes, como utilizar TCP en la capa de Red y

clusters de alta disponibilidad en la capa de Middleware. Si bien disponibilidad y confiabilidad no son lo mismo, siempre es importante que el sistema esté disponible y que ante un fallo la recuperación sea inmediata y sin pérdida de datos (confiabilidad).

- 2) *Eficiencia*. Este atributo de calidad se debe dar haciendo hincapié en lo energético. Los avances tecnológicos nos permiten mismos niveles de procesamiento a menor consumo de energía. Esto además debemos reforzarlo desde los estándares y protocolos de comunicación. Desde el software debemos analizar los módulos que permanecerán activos y con qué periodicidad se activarán.
- 3) *Escalabilidad*. Es una cualidad que siempre se espera de algo que se piensa que puede crecer en forma exponencial. Si todos los dispositivos tienden a conectarse en forma directa a Internet el direccionamiento con IPv6 nos acerca una solución escalable. Recordemos que IPv6 soporta 2^{128} direcciones, siendo un total de 340 sextillones de direcciones IP. Esto nos asegura parte de la escalabilidad en la capa de Red. Debemos comprender que la escalabilidad en la capa de Red dependerá del patrón de comunicación que se seleccione entre los dispositivos. También debemos comprender que IoT generará grandes volúmenes de datos que serán necesarios en la capa de Negocio para la toma de decisiones, por lo que IoT estará estrechamente vinculado con BigData.
- 4) *Interoperabilidad*. Los sistemas deben tener la capacidad de integrarse por lo que IoT tiene el desafío de la estandarización de mensajes y protocolos para que los dispositivos de diferentes fabricantes puedan convivir en un mismo mundo. Esta capacidad se puede abordar en la capa de Red pensando en protocolos estándares (MQTT, CoAP) o bien en la capa superior donde la integración será a un nivel mayor. Esta decisión es clave ya que cuanto más alto sea el nivel de integración mayor son los tiempos de latencia entre dispositivos.
- 5) *Mantenibilidad*. Este atributo es vital en todas las capas, pero en muchas de ellas los estándares y la ingeniería de software establece métricas y metodologías apropiadas, pero debemos analizar que sucede a nivel dispositivo. Se debe contemplar cómo se actualizará el software

(firmware) de esos dispositivos, para la disminución de errores, aceptación de nuevos estándares, agregado de nuevas funcionalidades sea de una manera dinámica y garantizando el funcionamiento de los dispositivos.

- 6) *Seguridad*. El gran número de dispositivos distribuidos, tiende a generar nuevas puertas de acceso a intrusos. Esto puede generar daños físicos, fallos en el sistema o comportamientos no esperados. La intrusión y la seguridad no son tópicos específicos de IoT pero cuando juntamos el mundo real (físico) y el virtual debemos tener aún más cuidado. Se debe trabajar con la seguridad desde la primera capa del modelo, siempre considerando que técnicas como encriptación generan un mayor procesamiento (pérdida de performance) y un mayor consumo de energía (pérdida de eficiencia energética). La seguridad siempre entra en conflicto con atributos como performance, eficiencia y usabilidad es por ello que se debe encontrar un equilibrio entre ellos.
- 7) *Performance*. Este atributo recorre todas las capas pero tenemos que verlo asociado cuando pensamos al IoT como un RTS. El tiempo de respuesta puede ser de importancia por ejemplo al tratar de abrir un portón desde un dispositivo móvil, si el tiempo es mayor el esperado por el usuario carece de practicidad. Esta necesidad entra en conflicto con la seguridad como mencionamos anteriormente.
- 8) *Usabilidad*. Si bien este término se relaciona con la facilidad de usar el sistema y pensaríamos vincularlo solamente con la capa de Aplicación, tenemos que considerar también en la facilidad de configuración de los dispositivos, por lo que la solución debe ser integral. Se debe enfocar a que la inclusión de nuevos dispositivos a un sistema IoT sea simple, esto permitirá desarrollar el negocio de una manera más rápida.

4. Conclusión

En el presente trabajo se efectuó el análisis de los desafíos arquitectónicos que nos presenta IoT. Se describió una arquitectura simple y luego se analizó una de cinco capas, a la cual se le definieron los drivers de calidad.

El éxito de IoT dependerá de muchos factores y la arquitectura es uno de ellos. La interoperabilidad entre dispositivos la consideramos un factor preponderante para la estandarización de protocolos. El próximo paso es revisar los patrones de comunicación entre dispositivos y analizar cuál se adapta mejor a cada escenario de IoT.

5. Referencias

- [1] J. Zheng, D. Simplot-Ryl, C. Bisdikian, and H. Mouftah, "The Internet of Things," in IEEE Communications Magazine, Volume:49 , Issue: 11,pp:30-31, 2011.
- [2] Q. Zhou and J. Zhang, "Research Prospect of Internet of Things Geography," in 19th International Conference on Geoinformatics, 2011.
- [3]T. Fan, Y. Chen, "A Scheme of Data Management in the Internet of Things," in 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, 2010.
- [4]L. Tan, N. Wang, "Future Internet: The Internet of Things," in 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010.
- [5] Phillip A. Laplante, Seppo J. Ovaska, "Real-Time Systems Design and Analysis", 4° Edición, Wiley, 2012.
- [6]M. Wu, T. Lu, F. Ling, J. Sun, and H. Du, "Research on the Architecture of Internet of Things," in 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010.
- [7] Gazis V., Goertz M., Huber M., "IoT: Challenges, Projects, Architectures", 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks, 2015.
- [8] Clements, P., Kazman, R. and Klein, M., "Software Architecture in Practice Third Edition", Addison-Wesley, 2012.