

Internet de las Cosas como Bien Social

Gabriel M. Eggly¹, Mariano Finochietto², Matías Micheletto¹, Rodrigo Santos¹

¹ Dep. de Ing. Eléctrica y Computadoras - ICIC
Universidad Nacional del Sur - CONICET

² Universidad Nacional de Mar del Plata

Resumen Internet de las Cosas (IoT por su sigla en Inglés), se convirtió en los últimos años en un catalizador de aplicaciones y herramientas desarrolladas en distintos ámbitos de manera independiente como las redes de sensores, los sistemas ubicuos, la inteligencia ambiental o el manejo de grandes datos. En el concepto de IoT, se cristalizan entonces diferentes visiones relacionadas con la disponibilidad de información idealmente en todo tiempo y en todo lugar. Sin embargo, mientras el paradigma de IoT se va conformando, los desarrollos tecnológicos encuentran inconvenientes que no son sencillos de resolver y que en muchos casos llevan al planteo de soluciones propietarias, lo que en definitiva contraria el espíritu inicial de compartir la información. La información generada puede ser un elemento clave para mejorar la calidad de vida. En este trabajo se plantea entonces que IoT puede ser visto como una herramienta de desarrollo social que permita disminuir la brecha tecnológica entre los países desarrollados, en vías de desarrollo o no desarrollados.

Keywords: Internet de las Cosas, Protocolos de comunicación, infraestructura

1. Introducción

El devenir del siglo XXI introdujo nuevas oportunidades tecnológicas pero una de las más significativas es sin duda la utilización de la tecnología inalámbrica para el intercambio de información entre dispositivos móviles. Esta tecnología conocida como Wi-Fi en lenguaje coloquial se basa sobre las normas IEEE 802.11 en sus diversas variantes a, b, c, g, n [1]. La utilización de este tipo de interfaz permitió en primera instancia el trabajo en red dentro de edificios y espacios específicos para luego generalizarse y dar paso a puntos de conexión gratuitos en aeropuertos, centros comerciales, espacios públicos inclusive en plazas, parques y líneas de transporte urbano.

Los teléfonos celulares sin duda cambiaron el concepto de la comunicación entre las personas al punto que las mismas compañías telefónicas están retirando las líneas fijas y volcando todo el sistema a los móviles. Las sucesivas generaciones tecnológicas facilitan además el intercambio de datos y en la actualidad, los teléfonos se desenvuelven como centros de comunicación móviles en los cuales los usuarios concentran las aplicaciones de correo electrónico, redes sociales, manejo de archivos, aplicaciones multimediales entre otras. La introducción de

IPv6 [2] permitió finalmente saltar la limitación que tenía la versión anterior. Con 128 bits en el campo de direcciones, la cantidad de dispositivos que pueden ser identificados es muy alta, 2^{128} . En un mundo con diez mil millones de habitantes, da más de $3.4E24$ dispositivos por habitante. Con esta enorme capacidad de identificación de objetos se puede aventurar un mundo que pueda *conectar* las cosas dando lugar a la Internet de las Cosas, IoT.

La tecnología cruza entonces diversas actividades humanas y es factible preguntarse en este momento en qué medida afecta la calidad de vida de las personas y si constituye en sí misma un elemento superador que pueda resultar esencial para el desarrollo como son el acceso a los servicios públicos de agua, gas, electricidad y cloacas entre otros. Este punto resulta controversial ya que la tecnología por sí sola no representa conocimiento. Una persona puede tener el último teléfono móvil y no encontrarle ningún uso diferente al que le daría a otro mucho más sencillo. Sin embargo, la posibilidad de contar con un teléfono móvil que le brinde acceso a la red de datos puede significar el acceso al sistema de transporte público, al sistema de salud, poder tramitar documentos públicos de diversa índole, etc. El concepto e IoT entonces puede ser asociado a una mejora en la calidad de vida bajo estos conceptos.

Hay otro grupo de aplicaciones asociadas a IoT que no son necesariamente de interacción directa con personas pero que pueden modificar la calidad de vida de una ciudad y su sociedad. Así la utilización de redes de sensores que monitorean las condiciones ambientales pueden ser utilizadas para detectar puntos de contaminación por ejemplo. El conocimiento de estas situaciones puede impulsar el diseño de políticas públicas que regulen o mejoren el comportamiento industrial o social. No sólo la contaminación proviene de la industria, en verdad el tráfico provoca una contaminación muchas veces mayor. Poder actuar sobre la sincronización de los semáforos a fin de evitar las congestiones o disminuirlas, replantear la circulación del transporte público, organizar el estacionamiento o inclusive limitar el acceso de automóviles particulares en determinadas áreas, son políticas que se pueden mejorar sustantivamente con la información proveniente de los sensores.

En este trabajo se plantean entonces distintas acciones que se pueden impulsar desde la esfera pública, con información proveniente del IoT para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

2. Trabajos Previos

En [3] se abordan las cuestiones referidas al uso de una infraestructura que opera bajo el paradigma IoT para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones por parte de las autoridades gubernamentales con el fin de lograr un esquema de gobierno inteligente.

Redes de sensores a gran escala permiten la detección temprana de alertas de posibles catástrofes naturales, como es el caso que se presenta en [4] donde los autores proponen un modelo para predicción de inundaciones basando en una

red de sensores y algoritmos de procesamiento de grandes datos que corren sobre sistemas de computación de alto rendimiento.

En [5] se propone el uso de IoT para mejorar el el transporte público a demanda que se da en algunas ciudades de países en vías de desarrollo en donde colectivos muy pequeños o combis recorren la ciudad siguiendo la demanda de los pasajeros.

La interconexión de objetos y el procesamiento de la información recolectada por medio de la red posibilita una respuesta inmediata ante cuestiones referidas a la toma de decisión inteligente con el objetivo de lograr espacios comunes sustentables. Tal es el caso que se aborda en [6] donde se analiza el caso particular de un sistema de compartición de bicicletas, con el objetivo de maximizar la eficiencia de un medio de transporte sostenible.

Aún existe una gran cantidad de desafíos por resolver, desde cuestiones técnicas referidas a la implementación, limitaciones de velocidad y latencia de los sistemas de comunicación a esquemas de organización de redes o definición de protocolos y estándares o normas entre muchas otras [7].

3. Motivación

IoT es un paradigma de comunicación que se instaló con fuerza a partir del surgimiento de la versión 6 del protocolo de Internet (IPv6). La enorme disponibilidad de direcciones IP, (2^{128}), disponibles permite imaginar a un mundo en el que todas las cosas pudieran ser enumeradas y eventualmente identificadas por medio de ese número. Así descripto, IoT serviría para poder seguir a una vaca desde su nacimiento hasta que es vendida en la góndola de un supermercado trazando toda su vida. Sin embargo, en este caso, la vaca identificada no tendría inteligencia y no brindaría más información que la que se pudo recolectar en su camino. Si el sistema fuera inteligente, se podría interactuar con ella para determinar otra serie de información. El concepto de IoT fue cambiando con el transcurrir de los años a medida que se acrecentaba la disponibilidad de comunicación y la capacidad de los sensores para procesar datos y brindar información.

La disponibilidad de datos provenientes de múltiples tipos de sensores requiere de dos etapas adicionales imprescindibles para que puedan ser usados. La primera etapa consiste en darle contexto al dato para que pueda ser evaluado como información. Para esto es importante conocer la localización del sensor, la calidad del mismo, el instante en que el dato fue obtenido, entre otras. Luego esa información se transforma en conocimiento al ser correlacionada con otra información. Por ejemplo, un sensor de temperatura brinda un dato 20 grados centígrados, este dato en sí carece de un valor práctico si no se indica donde fue adquirido, en qué momento y cómo. Supongamos el dato proviene del exterior de una base antártica en el mes de junio. Se tiene la información asociada al dato pero el conocimiento dice que ese dato no es válido porque en el mes de junio no puede haber esa temperatura en la Antártida.

Hoy en día las ciudades cuentan con diversos tipos de sensores que permiten monitorear distintos aspectos de la vida urbana. Cámaras de seguridad, identificadores de patentes de autos, sistemas de transporte con medio único de pago, sistemas de parquímetros, seguimiento de unidades de transporte público como taxis, colectivos, trenes, subterráneos. Es común que al ingresar por una autopista se indique la demora estimada para llegar a diferentes lugares y el estado del tráfico. Sin embargo, estos sistemas actúan de manera independiente y no hay un mecanismo integral que permita detectar inconvenientes y modificar las condiciones para disminuir los tiempos necesarios para trasladarse por la ciudad. Aplicaciones como Waze o el navegador de Google utilizan la información que obtienen de los dispositivos móviles para determinar las rutas más rápidas de manera dinámica. Si además estos datos se fusionaran con otros provenientes de otras fuentes sería posible por ejemplo modificar los tiempos de los semáforos o incluso el modo en que se habilita la circulación en cruces de avenidas de doble mano y sendas peatonales. La frecuencia y eficacia del transporte público también podría ser ajustado de manera inteligente en función de las variaciones constantes que se manifiestan.

Si bien el tránsito es un problema presente en todas las ciudades en la actualidad, hay otros inconvenientes de orden público que son también importantes como la recolección de la basura, el tratamiento de efluentes urbanos, sistemas inteligentes de iluminación, atención primaria de salud, seguridad, etc. En cada uno de los casos mencionados, la disponibilidad de información en tiempo real convenientemente procesada puede brindar beneficios importantes.

4. Internet de las Cosas como herramienta de mejora en la calidad de vida

Con el inicio del siglo XXI y la explosión de la Web como un medio de comunicación, negocios, publicidad y relaciones sociales, Internet se transformó en un aglutinador de cuestiones bien diversas. Con la incorporación de IPv6 las limitaciones en el número de dispositivos identificables prácticamente desapareció y es posible entonces hablar de IoT sin mayores inconvenientes.

En ciudades grandes, las personas parten de sus hogares temprano para regresar entrada la tarde. El tiempo de viaje es considerable y muchas veces una jornada de 12 horas o más tiene incluidas de 3 a 5 horas de transporte diario por diferentes medios. Poder disminuir estos tiempos constituye un incremento en la calidad de vida de miles de habitantes. Para lograr mejorar estos problemas se requiere avanzar en varios aspectos. El principal es el transporte público. Contar con el adecuado número de unidades en los horarios de mayor demanda y con recorridos que permitan optimizar el viaje de los pasajeros. En segundo lugar se debe brindar la infraestructura necesaria para que se pueda garantizar la circulación del transporte público libre de congestiones. Para esto se introducen zonas exclusivas para circulación de colectivos, se eliminan cruces a nivel entre autos y trenes quitando barreras entre otras acciones. A pesar de esto, en ciudades grandes del mundo desarrollado donde se han implementado las mejoras

de infraestructura y de transporte público, las congestiones continúan. IoT tiene la posibilidad de mejorar considerablemente esto. Cada unidad de transporte, vagón de tren o subterráneo, colectivo, taxi o remise tendrá un nodo que indique en todo momento la posición actual, hacia dónde se dirige y la cantidad de pasajeros que lleva. Las cámaras de seguridad ya dispuestas o en caso de ser necesario se deben agregar nuevas cámaras monitorean el flujo de autos y colectivos en las diferentes calles. Finalmente, la información proveniente de los propios usuarios que pueden con sus dispositivos móviles indicar también su posición y velocidad de desplazamiento. Todos estos elementos se utilizan para decidir la frecuencia de los semáforos y priorizar el flujo en las arterias con mayor congestión. El problema del tránsito es complejo y debe ser analizado con algoritmos de ruteo evitando transformar una calle sin congestión en una congestionada al derivarle un caudal de autos importante.

El estacionamiento es otro aspecto que influye en la vida de las ciudades. Habitualmente restringido en las zonas céntricas se desarrollan lugares para dejar los automóviles. Aquí nuevamente IoT puede brindar una herramienta para ayudar a los conductores a estacionar sin mayores problemas. Para esto los sitios de estacionamiento deben estar sensorizados, sea por cámaras o por detectores de ocupación, de modo de poder contabilizar los espacios libres. Esta información debe ser puesta en línea de manera que el conductor pueda saber hacia qué lugar dirigirse. Debido a que muchos buscan los mismos lugares, se debe considerar nuevamente la densidad de autos en una determinada zona o dirigiéndose a la misma para computar los espacios disponibles. De este modo un automovilista que inicia su viaje con 30 minutos de anticipación al llegar a la zona de estacionamiento encontrará una situación diferente a la presente al partir. Por este motivo el algoritmo de asignación de estacionamiento debe funcionar con características de tiempo real.

IoT puede impactar además en el sistema de salud. Las aplicaciones de *e-health* son comunes en la actualidad y varían su complejidad de acuerdo al nivel de desarrollo. Desde una historia clínica digital como elemento más sencillo a tratamientos ambulatorios con monitoreo remoto desde el centro de salud hay una gran cantidad de aplicaciones que pueden mejorar la calidad de vida de muchos pacientes y personas con un bajo costo. La utilización de sensores de caídas en adultos mayores como de apneas en chiquitos de menos de hasta un año de vida son algunas de las posibilidades con las que ya se cuenta en la actualidad. Sin embargo es posible también pensar en detectores de accidentes viables para la pronta atención de los accidentados, el seguimiento de pacientes cardíacos y más allá de personas con enfermedades neurológicas como Alzheimer o Parkinson entre otras. Enmarcado en un contexto más amplio, con una adecuada sensorización del hogar, un adulto mayor podría ser monitoreado en sus variables vitales en tiempo real y recurrir a la asistencia médica cuando las condiciones fueran desfavorables. Esto incluye además la administración de la climatización de los ambientes, la asistencia lumínica, el control del gas y de la electricidad. Los protocolos de comunicación para los sensores en este caso se podrían conectar utilizando redes pensadas para cortas distancias como

ZigBee o Bluetooth [8,9]. Los adultos mayores sufren con los cambios de sus lugares habituales, por este motivo las internaciones en hogares geriátricos o peor hospitalarias son muchas veces causas de depresiones y de agravamiento de los cuadros. Sin embargo, muchas veces por su cuadro clínico están incapacitados para vivir sólo sin asistencia. Este tipo de sistemas contribuyen a prolongar la calidad de vida manteniendo a los mismos dentro del espacio que les es habitual.

El campo educativo es otra área en la cual IoT puede mejorar la calidad de vida. Si bien es cierto que en este caso hay ya muchas aplicaciones relacionadas en Internet por medio de las cuales los alumnos pueden estudiar siguiendo cursos virtuales y evitando tener que transportarse hasta los lugares en los que se dictan las clases, también es cierto que se pueden desarrollar nuevas herramientas y actividades en relación a esto utilizando para dispositivos móviles, cámaras de video, cuadernos digitales, libros digitales, etc.

Los servicios públicos como gas, agua y electricidad pueden ser monitoreadas y administrados digitalmente también por medio de medidores inteligentes que permitan detectar fallas cuando las hubiera y ayuden a controlar el consumo mejorando el rendimiento energético y por lo tanto globalmente el consumo masivo.

En la descripción anterior nos referimos a aplicaciones que mejoran la calidad de vida de las personas en zonas urbanas y en particular con una alta densidad poblacional. Sin embargo, podemos extender el modelo a la zona rural. En este caso las aplicaciones no tendrían que ver con los sitios de estacionamiento, las congestiones de tránsito o cualquiera de los problemas urbanos mencionados. En cambio los factores meteorológicos son importantes debido a que los caminos son por lo general de tierra y cuando llueve se anegan, las crecidas de río pueden sino se preven causar daños en animales y cultivos, la utilización de sistemas de apoyo productivo para la agrícola-ganadera de precisión aseguran procesos de riego controlado entre otras. Hay un sinnúmero de oportunidades además en documentación y trámites administrativos a nivel nación, provincia y municipio. Los automóviles podrían estar identificados digitalmente y la propiedad de los mismos evitando todos los trámites burocráticos asociados. La forma más básica de IoT está basada en la identificación de las cosas y en este campo podrían encontrarse también los documentos personales, laborales, etc.

5. Protocolos

En IoT es usual que la comunicación sea entre máquinas (M2M). En muchos casos, los dispositivos que conforman los nodos tienen baja capacidad de cómputo y memoria por lo que implementan protocolos que no les resulten complejos. En la capa de transporte se utilizan tanto UDP [10] como TCP [11] y por sobre ellos se usan tanto MQTT [12] como CoAP [13]. El primero de ellos utiliza un paradigma publicador/suscriptor sobre TCP y el segundo uno requerimiento/respuesta sobre UDP. En el caso de nodos más sencillos CoAP aparece como una opción más natural dado que el conjunto UDP/CoAP es más simple que TCP/MQTT.

El mayor desafío en cualquiera de los dos casos es lograr que los mensajes lleguen a destino con la menor demora posible pero además que los datos que transportan puedan ser interpretados por diferentes aplicaciones en un modo transparente a fin de poder obtener el mayor provecho de los mismos. Este punto es muy importante dado que las fuentes de información se multiplican rápidamente con el avance de IoT. Es fácil encontrar nuevas estaciones meteorológicas, cámaras de seguridad, lectores de patentes, sensores de estacionamiento, entre las más comunes. Dada la naturaleza de mejor esfuerzo presente en Internet, es necesario para dar coherencia temporal a los datos incorporar una estampilla de tiempo. Con la misma se puede computar la demora con que la información fue obtenida y descartarla cuando una más actualizada se obtenga.

En la capa de enlace y física hay una variedad muy amplia de posibilidades para conectar los eventuales nodos. Entre las más usadas están IEEE 802.11 [14] y sus derivados cuando es inalámbrica y IEEE 802.3 cuando es cableada. Estas dos constituyen las normas básicas para redes locales en la actualidad pero hay otras que permiten la conexión a distancia con bajo costo como son los casos de LoRA y SigFox [15–18]. En zonas urbanas cada vez es mayor la presencia de las redes 4G. A diferencia de todas las anteriores, estas tienen un costo directo sobre cada sensor que se incorpora a la red.

En zonas rurales en donde es difícil conseguir acceso a las redes de datos, la utilización de LoRa es una alternativa de bajo costo que permite transmitir mensajes a distancias grandes con una baja densidad de nodos intermedios. La implementación de sistemas de apoyo al mejoramiento en la calidad de vida podría entonces extenderse también a las zonas rurales con baja densidad poblacional.

De igual modo, poder acceder de manera simple a centros de atención primaria sin largas esperas brindan a los ciudadanos una mejora que se manifiesta claramente. Todo esto son solamente algunos puntos en los cuales se observa que IoT en un correcto uso de los datos sin violación de la privacidad o la seguridad de las personas puede significar una mejora que se traduce en un bien social.

6. Conclusiones

IoT irrumpió en la vida cotidiana de una manera que está cambiando muchos aspectos de la vida cotidiana. En algunos casos, las aplicaciones que se desarrollen sobre IoT podrían implicar una mejora significativa en la calidad de vida de las personas. En este trabajo hemos argumentado que muchas de las áreas en las cuales se podría influir tienen como objetivo mejorar sustancialmente la movilidad, el acceso a la salud, la educación, la seguridad, la documentación, el monitoreo medioambiental entre otras. Cuestiones que sin ser primordiales como el acceso a los servicios públicos elementales (agua, gas, electricidad, cloacas) impactan directamente en la vida cotidiana y en última instancia en la productividad económica.

Referencias

1. "Ieee standard for information technology–telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks–specific requirements part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications," *IEEE Std 802.11-2012 (Revision of IEEE Std 802.11-2007)*, pp. 1–2793, March 2012.
2. S. Deering and R. Hinden, "Internet protocol, version 6 (ipv6), specification."
3. B. W. Wirtz, J. C. Weyerer, and F. T. Schichtel, "An integrative public iot framework for smart government," *Government Information Quarterly*, vol. 36, no. 2, pp. 333 – 345, 2019.
4. S. K. Sood, R. Sandhu, K. Singla, and V. Chang, "Iot, big data and hpc based smart flood management framework," *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 20, pp. 102 – 117, 2018.
5. G. M. Eggly, M. Finochietto, E. Dimogerontakis, R. M. Santos, J. Orozco, and R. Meseguer, "Real-time primitives for coap: Extending the use of iot for time constraint applications for social good," *Proceedings*, vol. 2, no. 19, 2018.
6. L. Liu, "Iot and a sustainable city," *Energy Procedia*, vol. 153, pp. 342 – 346, 2018. 5th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2018, 23-27 July 2018, Prague, Czech Republic.
7. A. Čolaković and M. Hadžialić, "Internet of things (iot): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues," *Computer Networks*, vol. 144, pp. 17 – 39, 2018.
8. J. A. Gutierrez, E. H. Callaway, and R. Barrett, *IEEE 802.15.4 Low-Rate Wireless Personal Area Networks: Enabling Wireless Sensor Networks*. New York, NY, USA: IEEE Standards Office, 2003.
9. M. Dideles, "Bluetooth: A technical overview," *Crossroads*, vol. 9, no. 4, pp. 11–18, 2003.
10. "User Datagram Protocol." RFC 768, Aug. 1980.
11. "Transmission Control Protocol." RFC 793, Sept. 1981.
12. G. R. Banks, A., "Mqtt version 3.1.1," October 2014.
13. Z. Shelby, K. Hartke, and C. Bormann, "The Constrained Application Protocol (CoAP)." RFC 7252, 2014.
14. "Ieee standard for information technology–telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks–specific requirements part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications," *IEEE Std 802.11-2012 (Revision of IEEE Std 802.11-2007)*, pp. 1–2793, March 2012.
15. D. Ismail, M. Rahman, and A. Saifullah, "Low-power wide-area networks: Opportunities, challenges, and directions," in *Proceedings of the Workshop Program of the 19th International Conference on Distributed Computing and Networking, Workshops ICDCN '18*, (New York, NY, USA), pp. 8:1–8:6, ACM, 2018.
16. A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, "A study of lora: Long range & low power networks for the internet of things," *Sensors*, vol. 16, no. 9, 2016.
17. D. Dragomir, L. Gheorghe, S. Costea, and A. Radovici, "A survey on secure communication protocols for iot systems," in *2016 International Workshop on Secure Internet of Things (SIoT)*, pp. 47–62, Sept 2016.
18. K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, and F. Meyer, "A comparative study of lpwan technologies for large-scale iot deployment," *ICT Express*, 2018.