



La amplificación del IoT para conectarlo todo

Ya en 1998, el U.S. National Intelligence Council incluía el Internet of Things como una de las “seis tecnologías civiles más disruptivas” con impactos potenciales más allá de 2025. Desde entonces, muchas son las previsiones que se han manejado para la explosión de esta hiperconectividad de objetos, la automatización de procesos que trae aparejada y la generación de nuevos datos procedentes de estos sensores.

Gartner estima que habrá 20.400 millones de objetos inteligentes en funcionamiento para finales de la década. A su vez, la GSMA estima un mercado global del internet de las cosas valorado en más de un 1,1 billón de dólares para el año 2025. La razón de semejante volumen de negocio (1,1 trillion en nomenclatura anglosajona) radica en el paso del interés de negocio desde la conectividad pura y dura a las plataformas, aplicaciones y servicios.

Y es que, a medida que la cantidad de dispositivos y máquinas conectadas crezca rápidamente, el ecosistema de IoT evolucionará para pasar de conectar dispositivos a abordar sectores específicos con soluciones personalizadas -como la salud en remoto, la movilidad inteligente, la gestión de las smart cities o la industria 4.0. Una revolución desde lo más pequeño que permitirá que los datos caigan por su propia gravedad en el extremo de la ecuación, mejorando la economía digital en tiempo real y abriendo un nuevo abanico de oportunidades que, posibilitadas por la inteligencia artificial y la 5G, no podemos apenas imaginar.

Para tener una idea más cercana a lo que es en este momento el estado del arte de la tecnología (o más correctamente, de las tecnologías que inciden en IoT), la Universidad Carlos III de Madrid reunió a un grupo de cinco expertos, profesores e investigadores, en diversas áreas. Y la primera conclusión que aflora es la necesidad de utilizar tecnologías con las que no se contaba en 1998, en las primeras aproximaciones conceptuales al IoT.

El enorme volumen de datos que genera la multiplicación de sensores y sistemas de captación requiere sistemas capaces de gestionarlos e interpretarlos de manera masiva.

Miguel A. Patricio del Grupo de Inteligencia Artificial Aplicada (GIAA) UC3M, integrado en el proyecto 'Técnicas de Aprendizaje Automático para la Optimización de Procesos de Negocio en entornos basados en Internet de las Cosas', subraya que su grupo, dedicado específicamente a la IA, se acerca al IoT por una pura necesidad funcional empresarial.

Al crear un antiguo profesor del grupo la plataforma Thinger.io para organizar los flujos de datos, recuperar la información y controlar los dispositivos, se hizo patente la necesidad de usar la inteligencia, estableciéndose una colaboración entre el grupo investigador y esta plataforma.

"La IoT de ahora no tiene nada que ver con la de hace 10 años, ni con la de hace dos", advierte Patricio, señalando que los actuales recursos disponibles de infraestructura, para aprovechar



algoritmos IA que ya eran conocidos, permiten ahora sustentar sistemas de redes profundas y tecnologías de comunicación, como el 5G, que permiten hacer "más cosas".

En este caso concreto se está creando una metodología de "detección de anomalías", para resolver problemas asociados al aprendizaje automático, estableciendo una orquestación desde la computación en la nube.

Es una fórmula para desplegar los sistemas de múltiples dispositivos, que al conectarse a un servidor pueden encontrarse "un cuello de botella", por falta de capacidad para dar "respuesta escalada" a toda esa información.

El objetivo es encauzar y distribuir de manera adecuada la información masiva, para lo que en la actualidad cabe recurrir al Edge Computing, la computación de proximidad, para resolver problemas, tener capacidad de cómputo y toma de decisiones sobre lo que se está monitorizando.

"El Edge Computing antes era para no tener que enviar toda la información, porque las comunicaciones puntuales no eran idóneas", precisa Patricio. "Ahora sí tenemos [ancho de banda] y además los dispositivos cada vez tienen mayor capacidad de cómputo, para procesos de detección de anomalías algo más inteligentes y que puedan ser todos orquestados desde un sistema central".

Las muchas opciones de comunicaciones

En materia de comunicaciones, esencial para el IoT, **Máximo Morales**, precisamente **del Grupo de Comunicaciones de UC3M**, aclara que hay muchas opciones. Algunas son bastante específicas para el control de dispositivos, como los "sistemas tradicionales" LoRa [tecnología inalámbrica de largo alcance y baja potencia] y Sigfox [red de bajo consumo, independiente, específica para IoT].

Ahora se añaden también sistemas móviles, como el 4G LTE, con una evolución específica para IoT llamada "narrow band LTE" que, según el experto, "funciona muy, muy bien".

Se adivina un futuro muy prometedor para el uso de 5G en este campo específico de la conexión de dispositivos, aunque "hoy en día tenemos un montón de herramientas que podemos explotar y podemos utilizar en los ámbitos prácticos".

El Grupo de Comunicaciones está explorando y desarrollando otra tecnología basada en las "variaciones de la luz". Es un tipo de comunicación sin cable que, utilizando luz visible o infrarroja, puede transmitir la información. El desarrollo industrial en marcha lo está utilizando para recibir datos desde el interior de un túnel en construcción.

Sensorización y emergencias

En cuanto a los datos, es decir los dispositivos que generan datos en el punto de origen, ¿para qué se pueden utilizar?, ¿qué información pueden aportar?



Carlos J. Bernardos, del **Grupo Network Technologies UC3M**, habla sobre sensorización conectada para emergencias, fábricas, sistemas de transporte... En la actividad concreta de su grupo, se está desarrollando una colaboración específica con el sistema de emergencias 112 de Madrid, con el objetivo de "intentar activar la emergencia sin la participación de un testigo humano".

Describe el 112 como "un servicio básicamente telefónico en el que tiene que llamar un humano, para comunicar que ha pasado algo". Entonces se produce una interacción con la sala de emergencias, cuya primera prioridad es localizar dónde y qué tipo de problema se está produciendo. Eso implica un consumo de tiempo.

La sensorización puede facilitar otro tipo de alertas, identificando automáticamente una emergencia que afecta a una persona: un accidente, un paro cardíaco, una subida de azúcar...

El grupo trata de establecer un protocolo de funcionamiento que pueda estandarizarse incluso a nivel de la Unión Europea. Para ello hace falta tener una red de comunicaciones que alcance al punto donde se produce la emergencia y un soporte adicional a la red para dar respuesta.

El plan incluye la idea de dar soporte de realidad aumentada a un equipo de emergencias, para atender a un paciente de manera remota. Esto supone la necesidad de comunicaciones con muy baja latencia y capacidad de computación en proximidad.

La idea de alertas remotas mediante dispositivos IoT entronca con el concepto de la fábrica conectada y con la nueva normativa sobre seguridad en los automóviles, que obligará a tener una señalización con geolocalización en 2026. Desde 2018, los coches que se homologan en la UE deben llevar el sistema eCall, para avisar automáticamente al 112 en caso de accidente.

"Pero es muy limitado", indica Bernardos. Funciona por línea telefónica y da muy poca información adicional. "La gente del 112 quiere cambiarlo", dice. El automóvil es un sistema "supersensorizado", que podría aportar muchos datos sobre la causa del accidente. Y utilizar, para la comunicación, "un mecanismo de datos".

Protocolos de datos

Sobre la forma de transmitir los datos, desde un plano más teórico, **Tobias Koch**, investigador del **Grupo de Tratamiento de la Señal y Aprendizaje (GTSA) UC3M**, aporta un enfoque más teórico en busca de la corrección de errores "para que los protocolos puedan asumir que se envían paquetes sin errores de un lado al otro".

Respecto al IoT, remarca algunos retos, porque que de momento los códigos en uso son muy largos. Si se requiere una latencia muy baja, también "hay que diseñar nuevos códigos, más cortos para corregir menos errores". Cuanto más largo es el paquete de datos, más largo ha de ser el código para corregir errores. Y si la latencia es relevante, se aprovecha mejor con paquetes más cortos.



Otro reto sometido a estudio es el acceso masivo a la red de dispositivos, comunicándose entre ellos, lo que genera mucha interferencia. Tobias Koch cita el protocolo LoRa (largo alcance, por radio), que en caso de "colisión" reenvía, "pero si el número de usuarios es muy grande, ya no funciona muy bien".

Su grupo de trabajo desarrolla un "modelo probabilístico", para analizar cómo se produce una comunicación para buscar la optimización. "Si está todo ordenado, se puede coordinar, como se ha hecho, con el 3G. Con el IoT eso va a cambiar un poquito y estamos estudiando teóricamente qué es lo mejor que se puede hacer", sentencia.

Contenedores embarcados

Una visión muy sobre el terreno, o mejor dicho, sobre las aguas, del uso activo de tecnologías IoT la ofrece **Eva Rajo**, del Grupo de **Tecnologías Radio y Aplicaciones** UC3M. Su trabajo es el diseño de antenas y componentes. "La capa física", dice, no necesariamente orientada a aplicaciones IoT, pero que han llevado al grupo a un par de proyectos prácticos.

Han participado en la construcción de un sistema IoT marítimo que "está instalado y funcionando en un montón de barcos de la compañía MSC". Es un sistema patentado, "un negocio", en el que participan con sus antenas y "como una especie de consultores para cuando tienen algún problema en escenarios donde hay dificultades para la parte de transmisión y recepción".

Lo que hace el sistema es monitorizar continuamente los contenedores embarcados. Son cargueros que transportan muchísimos contenedores, apilados con muchas plantas, "y es todo metálico". Hay notables complicaciones para mantener la comunicación individualizada con cada contenedor.

El control remoto es muy importante, por ejemplo, si llevan un alimento prácticamente congelado a temperatura muy baja, que conviene elevar paulatinamente a medida que se acercan a la costa.

En medio del mar no se pueden utilizar directamente las redes de comunicaciones 3G, 4G, 5G. Sólo cabe usar una señal por satélite, pero no es viable conectar cada contenedor con el satélite.

Para eso se ha creado un sistema con una estación base dentro del barco, que se comunica con los contenedores y con el satélite, del que puede recibir eventuales instrucciones.

El papel del grupo de Rajo fue resolver las dificultades de comunicación inalámbrica interna, dentro del propio navío, donde hay zonas a las que la señal llega muy débil y con gran dificultad. Para ello diseñaron unas "antenas a medida para la estación base", no para los sistemas de comunicación incluidos en cada contenedor. Al llegar lo bastante cerca de la costa, explica, cada contenedor puede empezar a conectarse individualmente a las redes disponibles.

El otro proyecto empresarial en el que ha participado está en el ámbito de la ganadería extensiva. Se trata del control de los animales que está monitorizados a través de un collar sensorizado, conectados



a la red SigFox. Ese control, con ganado que puede moverse libremente por un área muy amplia, sirve para controlar la temperatura del animal, cuándo se acerca a comer... y si pasa un cierto tiempo sin moverse, es que claramente debe tener un problema.

La red utilizada emplea señales muy débiles "y no tenían siempre buena cobertura". La tarea consistió en mejorar la cobertura del sensor, en este caso no de la estación base, con una antena diseñada a medida. "No podíamos tocar nada de la caja, ni la batería ni nada", explica Rajo. Así que debían conseguir mayor alcance con la misma batería y la misma potencia.

El corolario es que "no hay unas antenas específicas para IoT. Son muy dependientes de la casuística particular". Una conclusión que puede extenderse, en realidad, a todo lo referido al estado del arte del Internet de las Cosas.

Hay determinados recursos bastante estandarizados, como las redes de comunicación LoRa y SigFox, y ciertos protocolos de transmisión de datos como MQTT, que cita Morales, "más sencillo que TCP IP", que transmite un dato asociado directamente a "un topic", o una etiqueta concreta.

También hay capacidad para utilizar recursos de ámbito general, como el 4G, y grandes esperanzas en las capacidades que aportará el despliegue del 5G en banda milimétrica para determinados casos de uso.

Y esa parece ser, en definitiva, la clave del momento: se puede considerar que el IoT, en plena expansión, evoluciona simultáneamente a medida que lo va haciendo la tecnología y los casos de uso que se presentan, requiriendo soluciones ad hoc. Ni hay reglamentaciones concretas, ni cortapisas, ni límites a la capacidad de innovación.

ODS implicados: 3, 5, 8, 9,11,12,17

Más información de interés para innovar juntos:

Grupos de Investigación participantes en la validación de este reto:

- [Network Technologies](#)
- [Grupo de Tecnologías Radio y Aplicaciones](#)
- [Grupo de Comunicaciones](#)
- [Grupo de Inteligencia Artificial Aplicada \(GIAA\)](#)
- [Grupo de Tratamiento de la Señal y Aprendizaje \(GTSA\)](#)



Startups y Spinoffs del programa de Incubación de la UC3M relacionadas:

- [Plantae](#)
- [UTW](#)

Laboratorios del Parque Científico UC3M relacionados:

- [Laboratorio de Antenas](#)
- [Autonomous Mobility and Perception Lab](#)