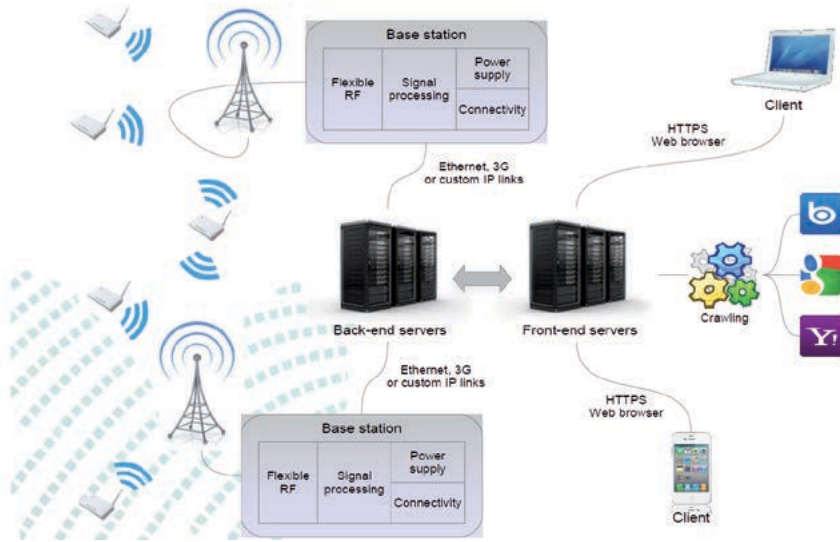


conocido como *Internet of Things*, que desplegará sus propios efectos en los próximos 5-10 años con todas sus implicaciones aún por descubrir, seguramente con algunos aspectos negativos pero con grandes oportunidades para las personas y las empresas que sepan aprovecharlas. Seguramente, solo como un

ejemplo, la persona que lee nuestro contador del gas desaparecerá (y esto representa un hecho negativo inmediato) pero mejorará la eficiencia del sistema creando nuevas oportunidades de trabajo. Cuando nos ocupamos de Internet of Things, el pensamiento corre inmediatamente a las redes wireless (2G/3G



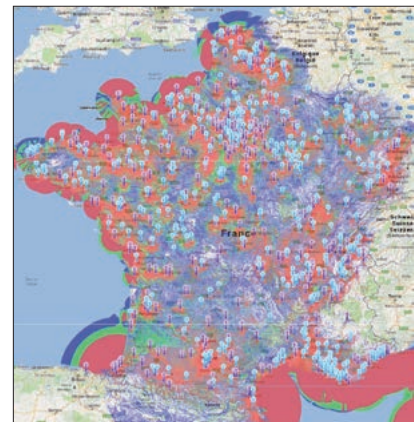
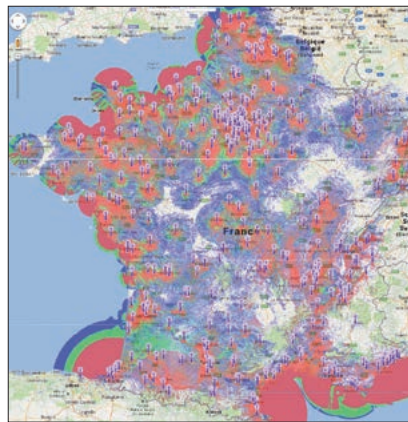
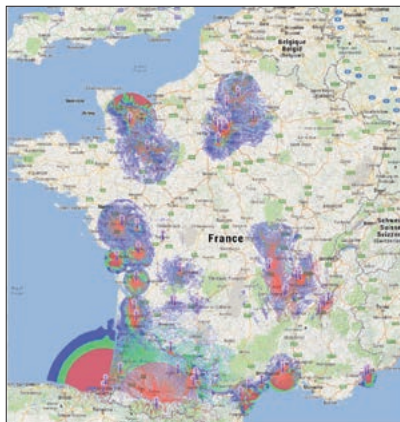
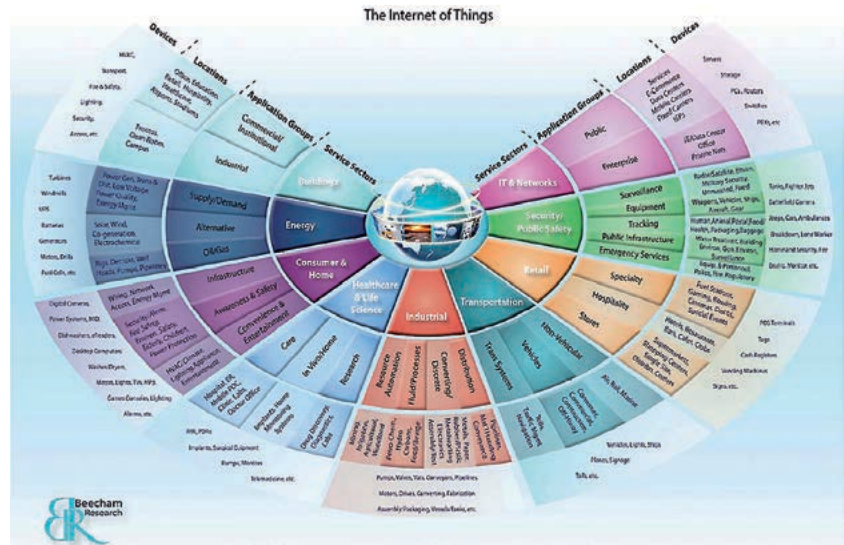
An example : SIGFOX network



Los datos provenientes de la red SIGFOX se ponen a disposición del usuario vía Internet (mediante PC, smartphone o tablet) según el siguiente esquema.

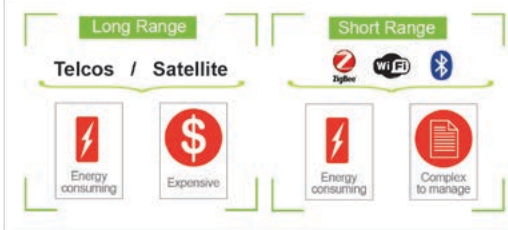
IoT y M2M, (pensemos por ejemplo en la gestión de flotas); existen todavía otras tantas aplicaciones en las que esta tecnología no es apropiada, especialmente cuando el objeto a conectar debe consumir poquísimos ya que es alimentado mediante batería, debe transmitir pocas informaciones y quizás deba tener un coste muy bajo. Pensemos por ejemplo en un detector de humo para sistemas contra incendio o en un sensor de temperatura y humedad de un invernadero; el detector de humo debe enviar un par de mensajes al día para decir que esta "vivo" y en el caso de incendio una señal de alarma.

y ahora también LTE/4G) que todos nosotros estamos habituados a utilizar para las llamadas normales, para el envío de SMS y cada vez más para la conexión a los servicios de Internet, desde el correo electrónico a la navegación, al archivo de documentos. Todo a través de terminales inteligentes, desde los smartphone a las tablet, a los PC dotados de conexión inalámbrica. Seguramente la tecnología móvil es indispensable y muy útil en múltiples aplicaciones en ámbito



La cobertura de Francia a través de la red SIGFOX ha sido realizada en un solo año: de izquierda a derecha la cobertura a principio de 2013, en agosto y al final del 2013.

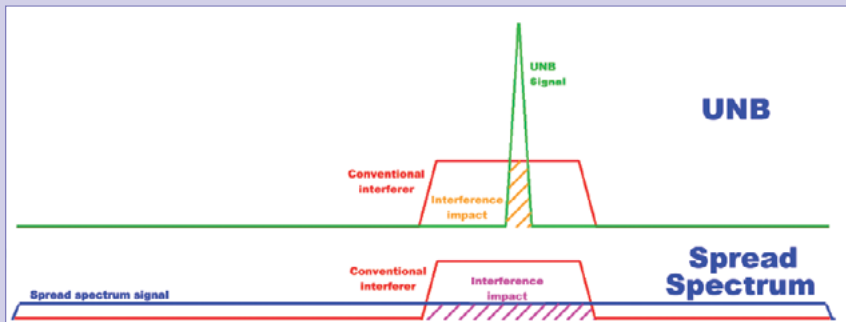
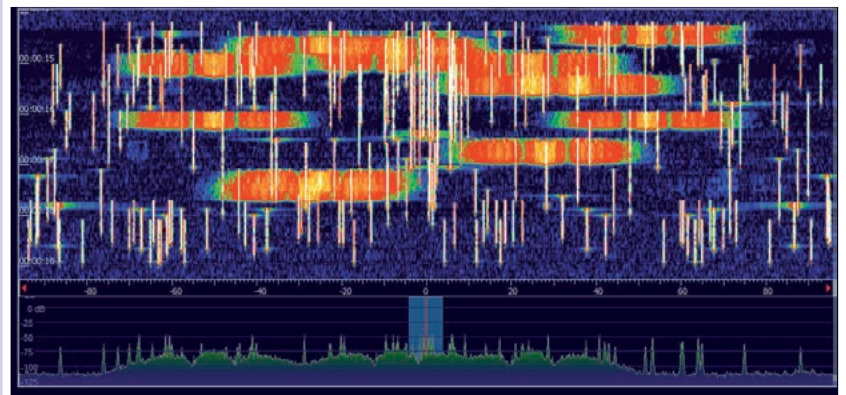
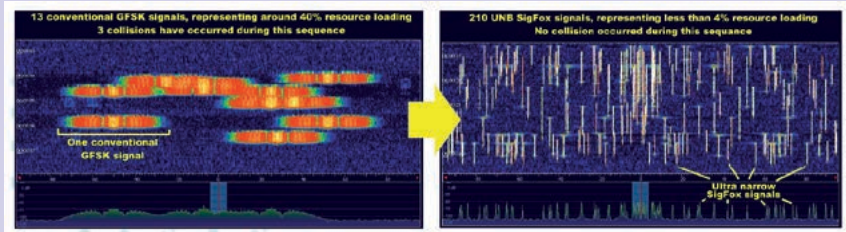
Las tecnologías Ultra Narrow Band y Spread Spectrum



Para objetos de este tipo, que representan una gran parte de las "Cosas" a poner en red, es seguramente más adecuada una red realizada ad hoc, fácilmente escalable y además fácilmente implementable: y seguramente mucho más económica que una red GSM. Sin embargo, para transferir en el mundo real esta visión es necesario que el alcance de la conexión radio sea del orden de 3-30 kilómetros: solo así la red dedicada podrá ser realizada en poquísimos tiempo y con recursos particularmente contenidos.

Ya, ¿pero cómo se garantiza alcances de este tipo (long-range) con consumos reducidos y potencias de transmisión también contenidas, quizás tan bajas como para permitir el uso de frecuencias que no necesitan de ninguna concesión o licencia como por ejemplo los 868 MHz en Europa y los 915 MHz en los Estados Unidos?

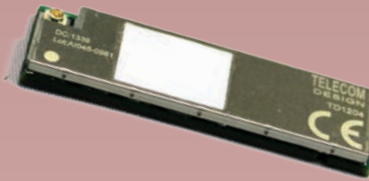
Las investigaciones en este sector han llevado en los últimos 3-4 años a resultados extraordinarios que permiten a un único (y muy sencillo) receptor gestionar más de un millón de transmisores dentro de un radio de acción que puede ir desde algún kilómetro (en las áreas densamente urbanizadas) a 15-30 kilómetros en las áreas rurales. Pioneros en este campo han sido las sociedades Semtech (www.semtech.com) y SigFox (www.sigfox.com) que han puesto a punto sistemas inalámbricos de bajo coste capaces de alcanzar estos increíbles resul-



Para aumentar el alcance de un sistema radio se pueden seguir dos caminos: aumentar la potencia del transmisor o mejorar la sensibilidad del receptor. En las aplicaciones IoT no es posible aumentar la potencia del TX que, al contrario, debe ser la más baja posible para reducir al mínimo los consumos energéticos. Desde este punto de vista, potencias del orden de 1-25 mW sobre frecuencias sub-1 GHz son aceptables. Con estas potencias y con una sensibilidad estándar del receptor del orden de -110 dBm (garantizada por la tecnología súper regenerativa o superheterodina) – el alcance, en cada caso, no supera los 30-300 metros. La sensibilidad de un receptor está fuertemente influenciada por el ruido intrínseco del dispositivo y por aquel presente en el éter. Para incrementar de manera significativa la sensibilidad (y por tanto el alcance del sistema), en los últimos años se han hecho notables pasos hacia adelante gracias al uso de dos tecnologías particulares: la denominada spread spectrum (utilizada en los dispositivos Lo-Ra di Semtech) y la Ultra Narrow Band utilizada por SigFox. En el caso

del UNB, el principal problema a resolver reside en la estabilidad de frecuencia del aparato mientras la desventaja es la banda de paso particularmente baja (en el caso de la tecnología SigFox los datos son transmitidos a 100 bit/segundo). Sin embargo, en el caso de aplicaciones IoT, los mensajes son mucho más breves para quien, incluso con esta velocidad, pueden ser enviados en un par de segundos. La otra gran ventaja reside en la posibilidad de gestionar por parte de un único receptor un número increíblemente alto de transmisores como demuestran los gráficos en los cuales se ven las emisiones de pocos TX convencionales (con ya algunas colisiones) equiparadas con las emisiones de 210 TX UNB sin ninguna colisión. De este gráfico se deduce que un receptor SigFox con tecnología UNB integrada con Cognitive SDR (además de garantizar una sensibilidad de incluso -126 dBm a la que corresponde un alcance de alrededor 1-10 km) es capaz de gestionar hasta 3 millones de dispositivos en el caso que cada uno de estos envíe 3 mensajes al día ocupando apenas el 8% del espectro del canal utilizado.

Device SigFox

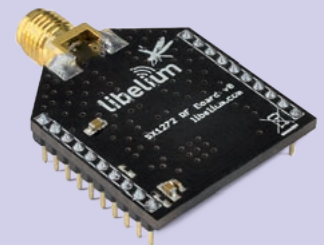


Desde su nacimiento, la red y el protocolo SigFox han sido soportados por dispositivos fabricados por la sociedad francesa Telecom Design que actualmente tiene en su catálogo los módulos TD1204, TD1205 y TD1208, gateway y transceptores operativos en la frecuencia europea ISM 868 MHz. A estos productos se han añadido los dispositivos Telit (LE51-868S, un gateway SigFox de 868 MHz) y el transceptor Silicon Labs Si446x capaz de trabajar entre 142 y 1050 MHz y por tanto funcionar tanto sobre la frecuencia europea ISM 868 MHz como sobre la americana de 915 MHz. A estas frecuencias, este compacto chip presenta una sensibilidad de -127 dBm y una potencia máxima de +16/+20 dBm (50-100 mW). Al lado de SigFox ha salido recientemente al terreno de juego Atmel, durante Electrónica 2014 ha anunciado y presentado el SoC ATA8520 que ha obtenido recientemente la homologación SigFox. El chip es capaz de trabajar entre 315 y 915 MHz y puede ser controlado a través de un interfaz SPI. El dispositivo – que contiene el stack SigFox y la correspondiente identificación unívoca de 32 bit, además del protocolo de seguridad AES – es capaz de asegurar un alcance comprendido entre 15 y 30 km, gracias a la elevada sensibilidad del receptor y a la potencia de salida de +14,5 dBm.

tados. La francesa SigFox (una start-up nacida en 2010) se ha comprometido principalmente en la creación de redes long-range que ya cubren naciones enteras, dejando a sociedades partner la producción de los dispositivos (chip y módulos) a utilizar para realizar los terminales; recientemente, a los productores de chip ya activos en este sector, se ha añadido Atmel que, con ocasión de la feria Electrónica 2014 presentó el primer SoC certificado SigFox, un dispositivo low-cost de dimensiones particularmente reducidas que seguramente dará un notable impulso a esta tecnología y a las redes en fase de realización.

Para aumentar el alcance de un sistema radio es posible actuar sobre la potencia del transmisor, sobre la sensibilidad del receptor o sobre ambos aspectos. En el caso de las aplicaciones para IoT la potencia emitida no puede superar los 10-25 mW para estar dentro de las normas que regulan el uso de las frecuencias ISM, pero sobre todo para contener los consumos. Es también verdad que, por volver al ejemplo del detector de humo, el transmisor permanece en funcionamiento durante unos pocos segundos al día, después de esto va en modo sleep consumiendo no más de algún nanoamperio, pero debemos considerar que en muchos casos la batería

La tecnología Lo-Ra (Long Range), desarrollada por la sociedad Semtech (www.semtech.com), ofrece sustancialmente las mismas prestaciones de la tecnología SigFox, siendo capaz de realizar una conexión inalámbrica de larga distancia (15 km en ambiente rural, 3 km en ambientes urbanos de alta densidad) para el envío de datos a baja velocidad. Sin embargo, al contrario de SigFox, que además de haber puesto a punto el protocolo y realizado una red que cubren ya algunas naciones, Semtech es un productor de silicio y no un distribuidor de servicios. Por tanto las redes IoT con tecnología Semtech serán realizadas por proveedores independientes; actualmente las sociedades que más han hecho desde este punto de vista son Kerlink, IMST, Multitech, Cisco y Link-Lab. Sin embargo en lo que se refiere a la gestión de la infraestructura de red, recientemente se ha movido IBM con su centro de investigaciones de Zúrich que ha puesto a punto el sistema LRSC (IBM Long-Range Signaling And Control) y ha creado una serie de rededemo. La infraestructura IT creada por IBM es muy eficiente en términos de dispositivos soportados: es escalable desde pocos a un gran número de dispositivos y esta optimizado para requerir la menor potencia posible permitida por la aplicación con las comunicaciones protegidas por un motor criptográfico.



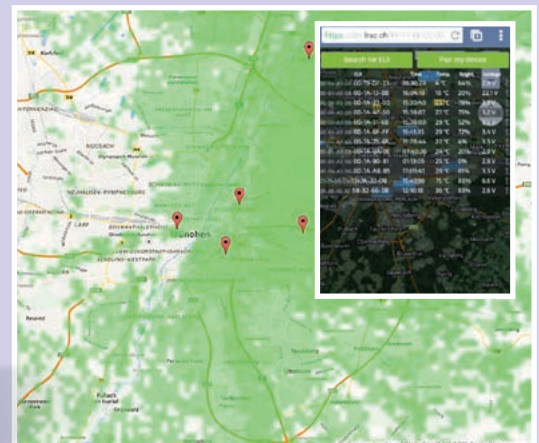
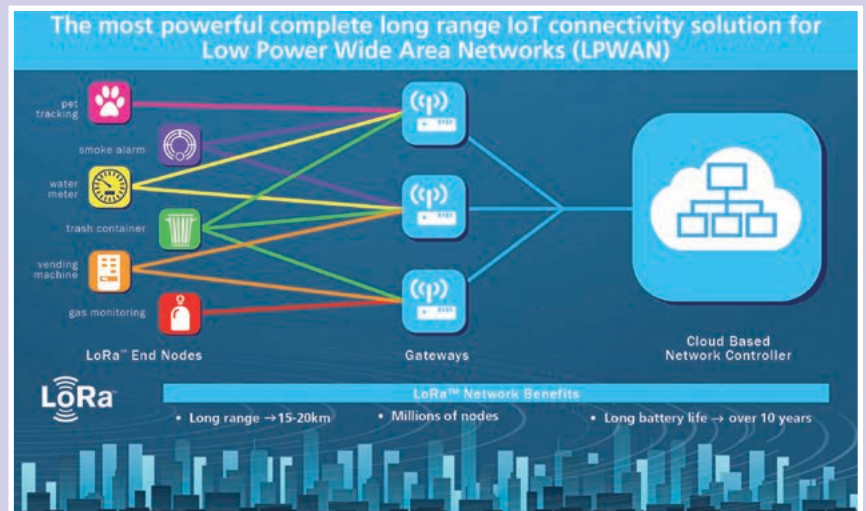
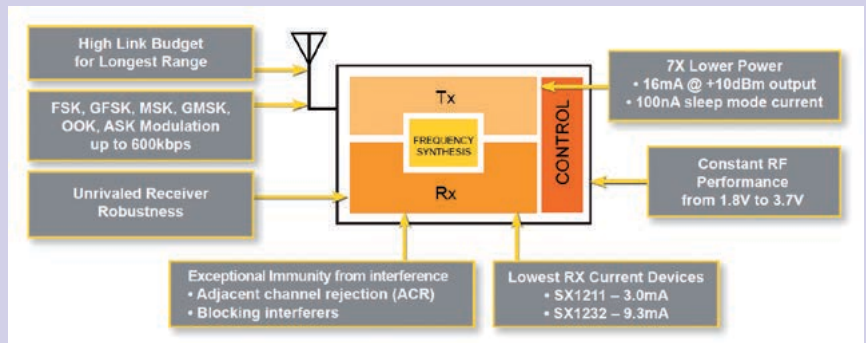
debe garantizar una autonomía de 10-20 años. Por este motivo no es posible ir más allá de los valores de potencia citados. A este propósito hay que observar también que sobre las frecuencias ISM no es posible transmitir continuamente, ha de ser con

LoRa™, la tecnología de Semtech

En lo que se refiere a los terminales, Semtech proporciona chip e IP a numerosas empresas que están desarrollando módulos y aplicaciones. Durante la reciente edición de Electrónica 2014 en Mónaco han sido numerosas las empresas que han presentado productos basados en esta tecnología, algunas para realizar dispositivos para conexiones punto-punto como la italiana Aurel, otras para realizar módulos para integrar en redes más o menos extendidas (Libelium, Microchip, etc.). Siempre en Mónaco, durante los cuatro días de la muestra, Microchip, IBM y Semtech han activado una estructura de test para el nuevo módulo con tecnología Lo-Ra que Microchip se prepara para lanzar al mercado dentro de algunos meses.

Nosotros hemos estado entre los beta-tester del nuevo módulo Microchip alimentado con batería: durante los días de la muestra hemos podido comprobar cómo, a pesar de la baja potencia RF, la alimentación con batería y el bajísimo consumo, el sistema era capaz de detectar correctamente la señal a muchos kilómetros de distancia en ambiente urbano recibiendo correctamente el dato de temperatura (el dato enviado era el proporcionado por el sensor de temperatura de la placa).

Entre los chip producidos por Semtech, el más utilizado es el transceptor SX1272 que es capaz de trabajar entre 862 y 1020 MHz (y por tanto puede ser utilizado para ambas bandas libres, la europea y la americana); el dispositivo utiliza la tecnología spread spectrum con un algoritmo propietario que es capaz de garantizar una sensibilidad (con el más bajo data-rate de 0,3 kHz) de incluso -138 dBm mientras el transmisor puede proporcionar como máximo + 20 dBm (100 mW). La expansión de espectro (que en el caso de este chip puede estar comprendido entre 6 y 12 veces) se basa en la relación existente entre la banda de la señal, su módulo y su contenido energético; lo objetivo principal es el de mejorar la relación señal/ruido eliminando el mayor número de interferencias y permitiendo el uso a la vez de la misma gama de frecuencia a más usuarios. Utilizando un algoritmo particularmente valido (como el de Lo-Ra) es posible alcanzar sensibilidades que son increíbles como, justamente, los -138 dBm del chip SX1272.



un "active time" limitado; esto es también uno de los motivos por los que SigFox ha elegido un máximo de 140 mensajes al día por objeto. Volviendo al sistema radio, solo queda por tanto actuar sobre la sensibilidad del receptor y para hacer esto es po-

sible seguir caminos diferentes: SigFox ha elegido la tecnología Ultra Narrow Band y Semtech por el Spread Spectrum. Ambas tecnologías tienen el objetivo de reducir el ruido (producido localmente y/o captado por el ambiente circundante) de ma-

nera que incrementa la sensibilidad. Con estas tecnologías y con particulares algoritmos software, ha sido posible alcanzar sensibilidades comprendidas entre -126 dBm y -138 dBm, prestaciones ligadas también a la bajísima velocidad de transmisión de los

El nuevo chip ATA8520



Derivado de la familia de los transceptores sub-GHz de Atmel, el nuevo ATA8520 está especialmente estudiado para funcionar con la red SigFox en cuanto implementa el stack además del ID unívoco de 32 bit que identifica todos los terminales conectados a la red SigFox.

	Atmel ATA8520
Sigfox protocol handling	Device internal
TX output power (max)	14.5dBm
Power supply	1.9-3.6V
Current consumption - TX active	32.7mA
Current consumption - OFF mode	5nA
BOM	1xQ, 2xL, 7xC
Control I/F	SPI @ 500kHz
ESD protection (HBM)	4kV

datos, comprendida entre cerca de 100 y 300 bit por segundo. Para la mayor parte de las aplicaciones esta baja velocidad no influye sobre las prestaciones de la red.

En este artículo nos ocuparemos de manera específica de la tecnología y de la red SigFox por dos motivos principales: la disponibilidad de una cobertura bastante amplia a nivel europeo con los primeros gateway y la disponibilidad de chip low-cost (como el de Atmel) con los cuales realizar las primeras aplicaciones interesantes.

One Network A billion dream

Es este el eslogan de SigFox, la joven sociedad francesa que primero ha creído en una red destinada específicamente a los objetos. Una red simple, económica, escalable y rápidamente implementable. En la segunda página de este artículo vemos la configuración de esta red con una serie de gateway de radio capaces de dialogar con los objetos (un millón y más para cada gateway) que se encuentra en el área de cobertura radio. Los datos recibidos son enviados vía GSM o red fija a un sistema central de memoria

y elaboración y “distribuidos” a los Clientes mediante API de Internet capaces de automatizar la gestión de los dispositivos e implementar la integración de los datos.

La infraestructura es así de simple y poco costosa que, como se ve siempre en los mapas, la cobertura del territorio francés entero ha sido realizada en poco más de un año. Utilizando socios locales, SigFox ha completado la cobertura también en Holanda, España, Reino Unido y parte de Rusia y está firmando acuerdos con otras numerosas sociedades capaces de realizar infraestructuras en toda Europa y también en algunas zonas de los Estados Unidos.

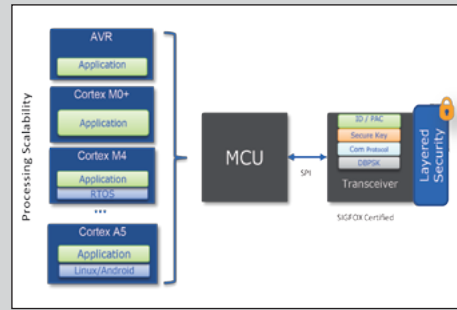
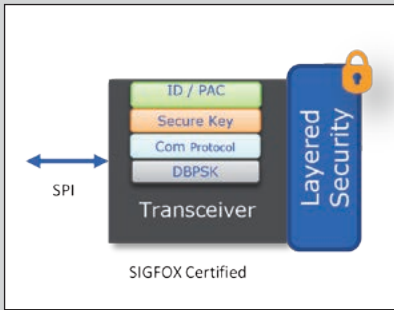
Como último análisis, por tanto, una red dedicada destinada al IoT debe presentar las siguientes características:

- Consumo de energía de los terminales muy bajo
- Elevado alcance de la conexión de radio para reducir el número de gateways
- Económica y fácilmente integrable y escalable
- Segura y fiable para evitar vulnerabilidad



Todos estos requisitos están plenamente garantizados por los dispositivos y por la infraestructura SigFox. Para la cobertura de Francia, por ejemplo, han bastado con menos de mil gateways. La posibilidad de disponer de una infraestructura dedicada para dar conectividad a cualquier objeto físico permite una multitud de oportunidades, desde la optimización de procesos existentes hasta la creación de negocios completamente nuevos.

El uso de objetos conectados no es ciertamente una novedad, pero el crecimiento del sector está acelerando rápidamente: se calcula que el IoT generará ingresos de 1200 millones para 2020 respecto a los 200 millones de hoy. Los objetos conectados son habitualmente muy simples, aislados y que funcionan con batería, con sensores que detectan determinados eventos o informaciones una decena o centena de veces al día y los envían a un sistema informático centralizado. Las informaciones pueden referirse a cualquier cosa, desde el consumo de energía, a la temperatura, humedad, posición, presencia, datos sanitarios y tantas otras más. El reto para



Los recursos internos del dispositivo ATA8520 no son accesibles al usuario en cuanto ID/PAC, Secure Key, protocolo y modulación SPBSK son programados en fábrica. El sistema es escalable y puede ser controlado mediante diferentes procesadores en función también de las prestaciones que se quieren obtener.

los proveedores tradicionales de conectividad de red está en su capacidad de proporcionar soluciones adecuadas a estos productos que habitualmente las tecnologías existentes no pueden proporcionar, tanto a lo que se refiere los consumos energéticos como lo que concierne a costes. Hoy en día resulta evidente que las aplicaciones ligadas a Internet of Things tienen requisitos muy distintos respecto a los móviles y los smartphone; en este último caso, se va hacia el camino de mayor ancho de banda y una mayor capacidad de procesamiento a expensas de la duración de la batería y de costes que resultan en cualquier caso elevados, impensables para infraestructuras con millones de objetos conectados. La otra posibilidad, la conectividad satélite, presenta los mismos problemas con costes elevados y consumos energéticos incompatibles con el desarrollo de redes extendidas low-cost. También las soluciones de conectividad de corto radio (Wi-Fi, ZigBee, etc.) presentan un elevado consumo energético y son muy complejas de gestionar. La conectividad Wi-Fi, por ejemplo, requiere la configuración de cada objeto mientras infraestructuras como

ZigBee requieren un elevado número de concentradores, con la consiguiente complejidad de instalación y mantenimiento e incluso mayor consumo energético. En conclusión, por tanto, se vuelve a las características de la red SigFox y más en general de los sistemas "low power long range" o LPWA (Low Power Wide Area) que resultan los más adecuados para un rápido desarrollo de infraestructuras IoT. Técnicamente también un sistema móvil GSM/GPRS/LTE podría ser definido long range, pero seguramente no es low power. Sin considerar el hecho que al contrario de los sistemas GSM y satélite, los dispositivos LPWA trabajan con frecuencias radio libres y no sujetas a concesión gubernamental. El rápido despliegue de soluciones destinadas al Internet of Things requiere por tanto infraestructuras dedicadas, con elevado alcance pero con consumos reducidos, del orden (en transmisión) de pocos milivatios para garantizar muchos años de funcionamiento sin mantenimiento de ningún tipo. Se calcula que un terminal SigFox con chip de última generación alimentado con dos baterías de 2.700 mA sea capaz de

funcionar alrededor de 20 años enviando 140 mensajes al día. Desde el punto de vista técnico, la red SigFox prevé el envío de un máximo de 140 mensajes por objeto conectado al día. Cada mensaje está formado por una carga útil de 12 byte; en el caso de datos más largos, los mismos se subdividen en más mensajes de manera que respeten los 12 byte previstos. Cada dispositivo es identificado por un ID de 32 bit y por PAC utilizable una sola vez para registrar el ID SigFox. Los nuevos dispositivos Atmel, y en particular el chip ATA8520, integra un TX de bajo consumo tanto en transmisión (apenas 32,7mA) como en modo OFF (apenas 5 nA); el chip puede funcionar con una tensión comprendida entre 1,9 y 3,2 V y es capaz de entregar una potencia RF de +14,5 dBm. Además el dispositivo integra el stack SigFox, el ID, el PAC y está preparado para un sistema criptográfico AES capaz de garantizar la máxima seguridad desde este punto de vista. La comunicación se produce a través de un puerto SPI y el chip requiere alrededor de 10 componentes externos para funcionar. En la configuración típica este dispositivo se controla con un micro AVR a 8 bit (ATmega328P). Son estos los componentes que utilizaremos en los próximos proyectos IoT long-range que tenemos en fase de diseño.

!Permanece atento!

(191022)