



Responsabilidad Corporativa y Sostenibilidad

# Cuaderno Red de Cátedras Telefónica



## Cátedra Telefónica Sostenibilidad en Comunicaciones Móviles de la UPM

INFORME TRIMESTRAL SENSORES & M2M. OCTUBRE-DICIEMBRE 2011.

Coordinador:  
D. José María Hernando Rábanos  
Director de la Cátedra

Enero 2012

## Biografía



**D. José María Hernando Rábanos**

Nacido en Madrid en 1940, es Ingeniero de Telecomunicación en 1967 y Doctor Ingeniero de Telecomunicación en 1970, ambos por la Universidad Politécnica de Madrid.

Entre 1967 y 1969 trabajó en el Laboratorio de I+D de Standard Eléctrica. De 1970 a 1977 fue Ingeniero de diseño y proyectos en la división de Telecomunicaciones de Iberia, ocupándose del proyecto e instalación de Redes Móviles de Pista, Sistemas TVCC y de Interfonía de Aeropuertos y Sistemas Móviles de Radiocomunicaciones Aire-Tierra de cobertura global (VHF y HF). De 1969 a 1976 fue profesor encargado del Laboratorio de Emisores y Receptores de la ETSIT UPM. Desde 1976 hasta 2010 ha sido Catedrático del Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de dicha Universidad. Actualmente es Profesor Emérito de la misma.

Ha impartido docencia de grado y postgrado en las áreas de Radiocomunicación y Comunicaciones Móviles. Ha dirigido 21 Tesis Doctorales y más de 200 Proyectos Fin de Carrera relacionados con estas áreas. Ha dictado cursos de postgrado y conferencias invitado por las Universidades del País Vasco, Politécnica de Cataluña, La Coruña, Valladolid, Madrid, Granada, Sevilla, Jaén, Valencia y Alcalá de Henares.

Su labor investigadora se ha desarrollado y prosigue en el campo de las Radiocomunicaciones y Comunicaciones Móviles. Ha dirigido numerosos proyectos de Sistemas de Radiocomunicaciones para empresas privadas y organismos públicos.

El profesor Hernando es autor de dos libros de texto: *Transmisión por Radio* (1998, 3ª ed.) y *Comunicaciones Móviles* (1997), y coautor de otros ocho: *Una Panorámica de las Telecomunicaciones* (Prentice Hall, 2001), *Comunicaciones Móviles de Tercera Generación UMTS* (Telefónica Móviles España, 2001, 2ª ed.), *Ingeniería de Sistemas Trunking* (Síntesis, 1999), *GPRS, Tecnología, Servicios y Negocios* (Telefónica Móviles España 2003), *Introduction to Mobile Communications Engineering* (Artech House, 1999), *Comunicaciones Móviles GSM* (Fundación Airtel, 1999), *Telecomunicaciones Móviles* (Marcombo, 1998) y *Tercera Generación en Comunicaciones Móviles, IMT-2000. UMTS* (Fundación Airtel/Vodafone, 2002). Ha publicado numerosos artículos en revistas internacionales (*IEEE Trans. on Antenas and Propagation*, *IEEE Trans. on Broadcasting*, *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, *IEEE Trans. on Communications*) y ponencias en congresos nacionales e internacionales (ver publicaciones).

## Índice

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 PUBLICACIONES DESTACADAS
  - 2.1 APLICACIONES
  - 2.2 ASPECTOS TÉCNICOS

### 1 INTRODUCCIÓN

En este número del informe sobre sensores y M2M, nos centraremos en diversos artículos aparecidos recientemente. Como suele ser habitual, los agruparemos en diferentes categorías, con el fin de ayudar a dar una visión integrada y de conjunto de las diferentes aportaciones de cada uno de los trabajos.

Los artículos objeto de estudio han aparecido en el número de Noviembre de 2011 de la revista "IEEE Communications Magazine", en el que se dedica un apartado específico sobre la "Internet de las cosas" (IoT). Son los siguientes:

1. *Mobile crowdsensing: "current state and future challenges". R.K Ganti, F. Ye, H. Lei.*
2. *SPITFIRE: towards a semantic web of things. D. Pfisterer, K. Romer, D. Bimschas, O. Kleine, R. Mietz, C. Truong, H. Hasemann, A. Kröller, M. Pagel, M. Hauswirth, M. Kamstedt, M. Leggieri, A. Passant, R. Richardson.*
3. *M2M based metropolitan platform for IMS-based road traffic management in IoT. L. Foschini, A. Corradi, T. Taleb, D. Botazzi.*
4. *A Survey on facilities for experimental Internet of Things research. A. Gluhak, S. Krco, M. Nati, D. Pfisterer, N. Mitton, T. Razafindralambo.*
5. *Smart community: an Internet of Things application. X. Li, R. Lu, X. Liang, X. Shen, J. Chen, X. Lin.*

Los artículos 1, 3 y 5 se incluirán en una sección sobre aplicaciones, mientras que los 2 y 4 lo serán en otra sobre aspectos técnicos.

### 2 PUBLICACIONES DESTACADAS

De acuerdo con lo establecido en la introducción, se pasa a comentar cada uno de los artículos antes referenciados.

#### 2.1 APLICACIONES

Dentro de esta categoría traemos tanto ejemplos de aplicaciones como consideraciones relativas al estado del arte para su puesta en marcha, que no supongan un análisis técnico excesivamente profundo, artículos estos que se reservan para la otra sección.

En primer lugar, se considera el artículo 1, que podríamos clasificar como especialmente interesante, por cuanto constituye unos de esos trabajos que entran en la categoría como de "panorámica", en este caso de un aspecto de las aplicaciones M2M e IoT que venimos tratando con asiduidad en estos informes: el



uso de los sensores disponibles en los terminales móviles para desarrollar diferentes aplicaciones. Es un campo este que consideramos extremadamente interesante para los operadores móviles, por cuanto pone en sus manos una enorme cantidad de información que, adecuadamente procesada y manejada (no sólo desde el punto de vista técnico sino también del legal) puede ser fuente de interesantes servicios y con ello de ingresos.

El artículo hace un recorrido y una taxonomía de todos los posibles modos de utilizar este tipo de aplicaciones. Así, diferencia entre lo que podríamos llamar una captación personal (*personal sensing*), ligada a una sola persona, y una captación colectiva (*community sensing*), enfocada a un grupo más o menos extenso de personas. Y dentro esta última categoría distingue entre una captación participativa (*participatory sensing*) u oportunista (*opportunistic sensing*), siendo la primera la que implica una participación activa del usuario del terminal móvil (por ejemplo para informar de un atasco en una vía determinada), y la segunda en cambio la que asigna un papel más pasivo al mismo (como pueda ser el registro de la posición del móvil sin ninguna acción concreta por parte del usuario). En este sentido, los autores atribuyen el término "*mobile crowdsourcing (MCS)*" a toda la plétora de aplicaciones de captación colectiva de datos mediante sensores en el terminal móvil.

Continúa el trabajo presentando diversas aplicaciones de MCS, clasificadas en tres clases: ambientales, de infraestructura y sociales. En el caso de la primera, se citan proyectos como *Common Sense*, dedicados a medir niveles de la contaminación del aire, basado en dispositivos medidores que se comunican con los terminales móviles vía Bluetooth, o *CreekWatch*, enfocado a medir la calidad del agua en ríos y riachuelos, y que hace uso de informes enviados a través del terminal móvil por personal dedicado a ello. En las aplicaciones de infraestructura se citan proyectos como CarTel o Nericell. El primero desarrollado por el MIT y basado en dispositivos a bordo de coches que miden su velocidad y la transmiten vía los hotspots Wifi que haya por el camino. El segundo, una iniciativa de Microsoft, utiliza los móviles no sólo para saber de la velocidad promedio o los embotellamientos de tráfico, sino también de la contaminación acústica por los bocinazos (parece que esto es de especial interés en países como India). También se mencionan aplicaciones como ParkNet, pensada para detectar plazas libres de aparcamiento mediante el uso de sensores ultrasónicos a bordo de los coches, comunicados con smartphones. Finalmente, en la categoría social, se mencionan iniciativas como BikeNet, donde diversos individuos comparten información sobre sus rutas de bicicleta, que evalúan conforme una serie de parámetros (nivel de CO<sub>2</sub>, facilidad para el pedaleo...), con el fin de establecer las mejores de todas ellas. DietNet hace algo similar pero con la comida; al parecer esto resulta de utilidad para comunidades como las de diabéticos, que tienen restricciones en su dieta, y siempre aprecian contribuciones creativas. De todos los proyectos se proporcionan referencias en el artículo.

No obstante todo lo anterior, la parte más interesante del artículo la constituye el análisis que hace en cuanto a las ventajas y retos del MCS. Entre las primeras, la mayor potencia de procesamiento, variedad de sensores y almacenaje de los terminales móviles frente a las "motas" sensoras, así como su ubicuidad sin necesidad de un despliegue ad hoc como es el caso de las típicas redes de sensores estáticos. Por el

contrario, no deja de ser cierto también que los datos producidos, así como su calidad, retardo o fiabilidad son mucho más variables que en las redes tradicionales, siendo crucial y especialmente compleja la cuestión de qué dispositivos activar y cómo instruirlos para captar los datos adecuados con la calidad adecuada. Todo ello teniendo presente un aspecto típicamente humano: los incentivos a los usuarios para poner su tiempo, energía (la suya o la de sus baterías) y hasta dinero a disposición de la o las aplicaciones. El artículo señala además algo que ya hemos venido enfatizando en números anteriores de estos informes: la necesidad de toda una analítica de datos que los procese, puesto que los originados en bruto no son útiles por sí las más de las veces. Parte de ella ha de realizarse muchas veces localmente, tanto al efecto de suprimir información no necesaria y ahorrar así ancho de banda, como para ahorrar procesamiento al centro de análisis de destino final. E incluirá la supresión de información superflua o falsa, de ruido o la interpolación de huecos, pero también abarcará lo que el trabajo denomina la “inferencia del contexto”; esto es, la obtención de conclusiones sobre el contexto del usuario y de la medida, que permitan obtener datos útiles para la aplicación (por ejemplo, si un usuario se ha parado a ver un escaparate).

Por lo que al centro de análisis de datos se refiere, conviene mencionar las consideraciones del trabajo a favor de una arquitectura unificada entre las aplicaciones, que evite tener que desarrollar toda una columna independiente de procesamiento para cada aplicación, arquitectura esta que no resulta ni eficiente (puede llevar a duplicar tareas en los terminales, por cuanto una aplicación no sabe de las otras ni de si puede aprovechar sus datos o a “reinventar la rueda” cada vez que se programa una nueva aplicación), ni escalable.

Entre los retos más inmediatos que plantean este tipo de aplicaciones MCS, se señalan el manejo de una gran variedad de dispositivos sensores, tanto en sus capacidades como en su disponibilidad, lo que supone una dificultad añadida a la hora de hacer estimaciones sobre la energía y el ancho de banda necesarios, o a la de gestionar la planificación de funcionamiento de los dispositivos. Especialmente interesante es la reflexión que se hace sobre la necesidad de organizar bien el uso de los dispositivos sensores en los terminales por diferentes aplicaciones, con el fin de evitar redundancias y consumos innecesarios de energía, señalando la priorización de aplicaciones como una herramienta útil. Finalmente, y como no podía ser de otra manera, se consideran los requisitos de privacidad, seguridad e integridad de los datos. De nuevo se hace una interesante aportación, en el sentido de proponer la técnica del adición de ruido a la información captada, antes de su envío, como método para conseguir el anonimato de los datos sin necesidad de recurrir a una excesiva potencia de procesamiento (como puede ser el caso del uso de encriptación).

En suma este trabajo nos parece sumamente interesante y útil para aquellos que deseen iniciarse en los aspectos más relevantes del MCS y conocer algunos proyectos al respecto.

En otra onda se mueve el artículo 3, que describe una solución para la gestión del tráfico en Bolonia, basada en redes de sensores, en cuya cima se sitúa un IMS. Y ello por varias razones: el uso por el Ayuntamiento de Bolonia de este sistema para la provisión de otros servicios, la madurez del mismo y la

facilidad para formar al personal sobre él. En concreto, el artículo hace un estudio detallado de la gestión de bolardos retractables, en la cual los automóviles portan un dispositivo RFID que es detectado y leído por un sensor en el bolardo, que se comunica vía 3G con un servidor M2M en el IMS, de suerte que el sistema verifica la identificación y autorización del vehículo para dejarlo pasar o no, activando el bolardo en consecuencia. Sin descender a los detalles técnicos, el trabajo muestra que la inserción del IMS, y en concreto del servidor M2M, permite optimizar apreciablemente el trabajo de los sensores, sacando un notable partido a los mismos, de manera que es posible servir los requisitos de la hora más cargada en la ciudad, a pesar de que plantea a priori una carga de tráfico al borde de la capacidad de los sensores. En definitiva, nos parece que este es un artículo siempre interesante para un operador móvil, tanto por el uso del IMS como de las redes celulares, así como por la aplicación en sí, susceptible de plantearse a un Ayuntamiento español.

En tercer lugar, dentro de este apartado queremos referirnos al artículo número 5, que plantea una arquitectura y una aplicación para entornos residenciales, en las que se proporcionan servicios como detección de intrusiones en el entorno o envío de información sobre parámetros médicos de los residentes, para su cuidado a distancia desde un centro médico. El sistema define tres dominios: el del hogar, donde una pasarela residencial centraliza los datos de los diversos dispositivos disponibles en la casa, el de la comunidad, formado por la red de pasarelas del hogar de los diferentes domicilios más un servidor comunitario para almacenamiento y procesamiento de datos, y el de servicio, donde reside la aplicación concreta, gestionada por un tercero (la policía o un hospital, por ejemplo). Quizá lo más interesante de este trabajo provenga de las consideraciones que en él se hacen sobre algunos aspectos de seguridad del sistema, como son el filtrado de tráfico falso o malintencionado, que intente engañar al sistema, haciendo creer que se trata de tráfico generado por los sensores, cuando proviene de terceros malintencionados, y también el descarte de pasarelas que por una u otra razón se consideren no fiables, de manera que se excluyen de la red. Asimismo, contiene un pequeño análisis sobre la encriptación de información, necesaria en aplicaciones como la del envío de datos médicos. El artículo contiene también unas interesantes consideraciones sobre lo que antes denominábamos como “inferencia del contexto” (aunque aquí no se utiliza esta expresión como tal), al hilo de la aplicación de detección de intrusiones, puesto que en este caso suele ser necesario combinar los datos de diferentes domicilios (por ejemplo si el intruso está en una zona detectable desde varios de ellos), e inferir conclusiones sobre su ubicación o existencia real.

A modo de resumen, podemos decir que, a pesar de que el artículo 5 pueda a priori dar la impresión de ser uno más de los que describe una aplicación de sensores para una zona residencial quizá algo manida ya, posee un interés más allá de dar a conocer la misma, que nace del análisis de las cuestiones sobre seguridad, integridad y privacidad de los datos manejados por el sistema, sobre los que se hacen algunas aportaciones nuevas e interesantes.



### 2.2 ASPECTOS TÉCNICOS

Este apartado incluye un par de trabajos de contenido más técnico y por tanto sobre los que no vamos a incidir con el mismo detalle que se ha hecho con los artículos del apartado anterior. No obstante, consideramos que resulta conveniente dejar constancia de ellos, por cuanto su lectura detallada por parte de los especialistas en el campo que tratan puede aportarles información útil.

En primer lugar traemos aquí el artículo 2, que describe una arquitectura mediante la cual desplegar y gestionar aplicaciones semánticas de servicios basados en redes de sensores, con una filosofía similar, por lo sencillo y conocido, a la de la construcción, consulta y acceso a páginas web. La propuesta es aplicable a lo que se conoce como una red semántica de sensores, donde estos se encuentran conectados a Internet, y donde hay diferentes máquinas que pueden descubrir el contenido (semántica) de los datos generados por dichos sensores, y existen medios técnicos para identificar los sensores que proporcionan unos datos concretos. Aparte del valor de la propuesta en sí, el artículo nos parece merecedor de mencionarse aquí por la panorámica que aporta en lo relativo al estado del arte de las redes web semánticas de sensores.

Realmente, la solución que propone el artículo nace de un proyecto europeo (SPITFIRE) y el artículo lo que hace es describir su propuesta. A los efectos de este informe, semejante descripción, siquiera muy resumida, resulta imposible sin incurrir en detalles técnicos que sobrepasan claramente el ámbito de este documento, por lo que no vamos a entrar en ello. Simplemente señalaremos la principal ventaja que los autores le atribuyen, como es el hecho de que constituye un paso evolutivo desde las redes web semánticas de sensores, hacia las de “las cosas”, pasando de la gestión web de redes de sensores a las de IoT. Básicamente, se está hablando con ello de conseguir una arquitectura más potente y versátil que lo hasta ahora existente, capaz de manejar la mayor cantidad de información y estados que “las cosas” suponen frente a los puros sensores. Como decimos, se trata de un trabajo muy técnico, difícil de resumir aquí, y del que intentamos dejar una breve reseña, que pueda inducir a una mayor profundización a aquellos que trabajen en este campo.

En segundo y último lugar, se incluye aquí el artículo 4, que, a un nivel también bastante técnico, comparte con el 1 el carácter de “panorámica”. En este caso, al analizar y clasificar las diferentes soluciones existentes en lo que a plataformas de prueba de aplicaciones y redes basadas en el concepto IoT. Aunque el campo que trata es muy especializado, no cabe duda que es de indudable interés para un operador móvil, por cuanto toca un aspecto como es de las maquetas de prueba de estas redes. Algo siempre útil con vistas tanto a probar la viabilidad y escalabilidad de un servicio, como el funcionamiento como tal de los dispositivos que integran la red.

A la hora de analizar y evaluar las diferentes soluciones se consideran diversos parámetros, como son la heterogeneidad de dispositivos soportados, la repetitividad (independencia de la plataforma, que permita replicar la prueba en otra), federación con otras plataformas, concurrencia (simultaneidad) de diferentes usuarios y pruebas, capacidad para ejecutarse en entornos reales, el soporte de la movilidad, y la

capacidad para tener en cuenta la intervención humana de los usuarios y su impacto en la prueba. Verdaderamente el artículo hace una recopilación muy extensa de las plataformas existentes, así como una valoración de las mismas conforme los criterios antes expuestos, resumida con un interesante diagrama “radar” en su figura 5. Adicionalmente, hace una serie de consideraciones sobre las que aquí simplemente llamamos la atención - so pena de extendernos en exceso sobre aspectos técnicos - concernientes a aspectos de arquitectura y hardware.

En definitiva, nos parece que este artículo, si bien es de interés para un conjunto muy concreto de especialistas, sí que merece estar aquí, por cuanto constituye una excelente recopilación y análisis sobre el estado del arte en lo que se refiere a plataformas de prueba de redes IoT.