

Aplicación de las Redes de Sensores en el entorno vehicular

Alberto Los Santos Aransay, albertolsa@gmail.com

Abstract—La investigación en pos de lograr el entorno inteligente tiene uno de sus puntos fundamentales en la captación de información sobre los sistemas, usuarios y entornos. Así, las redes de sensores permiten recoger esta información, y transmitirla de forma eficiente. Con la evolución de la tecnología, la aplicación de los sensores en nuevos ámbitos es posible, dando lugar a nuevos servicios. En este trabajo, se estudia la presencia de los sensores en el ámbito vehicular, describiendo primero las características de estas redes y posteriormente ofreciendo una revisión de sus aplicaciones en proyectos y desarrollos ITS.

Index Terms— Agents, Intelligent Transport Systems, Wireless Sensor Networks

I. INTRODUCCIÓN

Las redes de sensores son un campo de estudio actualmente en auge, que evoluciona rápidamente debido al gran interés suscitado. Son un concepto relativamente nuevo dentro de la adquisición y tratamiento de datos, relacionado con el paradigma de los agentes inteligentes en busca del “entorno inteligente”, con muy diversas aplicaciones como la automatización de las instalaciones industriales, comerciales, agrícolas, residenciales, transporte, etc.

Si observamos la tendencia seguida por las tecnologías de la información y de las comunicaciones, podremos constatar una constante evolución hacia dispositivos embebidos, cada vez más pequeños y de menor consumo, dotados con mayor potencia de proceso, capacidad de almacenamiento y facilidad para las comunicaciones.

De forma simultánea, la tecnología de sensores ha evolucionado siguiendo esta misma tendencia, asimilando características de los sistemas embebidos hasta el punto de proporcionar dispositivos que difícilmente pueden diferenciarse de los nodos computacionales, incorporando capacidades cognitivas y de comunicación con las que llegan a establecer verdaderas redes semánticas de información. Además, en base a estos avances tecnológicos, las características de las redes han ido variando, pasando de estar compuestas por un número limitado de nodos conectados de forma cableada a un equipo central, a ser mecanismos distribuidos, más pequeños, baratos, de menor consumo, capaces de procesar información localmente y transferirla de forma inalámbrica.

Desde los años 90, las redes han proporcionado la forma en que las personas pueden intercambiar información, y coordinar procesos; por otra parte, los sensores posibilitan la medición del entorno que nos rodea, capturando los datos y enviándolos para su procesado.

Así mismo, la investigación relacionada con el entorno vehicular y los Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) está concentrando muchos esfuerzos durante los últimos años para intentar lograr nuevos servicios que reduzcan el número de accidentes y muertes, mejoren el confort de los conductores y pasajeros, anticipen posibles problemas en la ruta y/o provean contenidos multimedia durante la marcha. Muchos de estos servicios hacen uso de sensores y redes de sensores incorporadas a los vehículos e infraestructuras a lo largo de la carretera, para captar la información necesaria y hacer uso de la misma.

En el presente trabajo revisaremos las principales características de las redes de sensores, su arquitectura y profundizaremos en las aplicaciones relacionadas con el entorno vehicular. Por tanto, después de esta introducción, veremos en la siguiente sección la definición y evolución de las redes de sensores, y las redes inalámbricas de sensores. En el capítulo III, las principales características de las mismas son nombradas y descritas. En el capítulo IV, se intenta describir la arquitectura genérica hardware y software de estas redes, primero de los sensores de forma aislada y después de la forma en que se coordinan. En el capítulo V se trata la aplicación de los mismos en el entorno escogido para este documento, el vehicular, intentando hacer una revisión de las distintas posibilidades que ofrecen. Por último, en el capítulo VI se encuentran las conclusiones.

II. REDES DE SENSORES: DEFINICIÓN Y EVOLUCIÓN

Las redes de sensores están formadas por un grupo de nodos o motas, con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación. Una red de sensores puede ser descrita como un grupo de motas distribuidas que se coordinan para llevar a cabo una aplicación específica. Al contrario que las redes tradicionales, las redes de sensores llevarán con más precisión sus tareas dependiendo de lo denso que sea el despliegue y lo coordinadas que estén.

A. Aparición de las redes de sensores

Estas redes, como muchos aspectos en el ámbito tecnológico, nacieron a partir de aplicaciones de carácter

militar [1]. La primera de estas redes fue desarrollada por Estados Unidos durante la guerra fría, para intentar desvelar la posición de los silenciosos submarinos soviéticos mediante el despliegue de sensores acústicos en el fondo del mar. El nombre de esta red era SOSUS (Sound Surveillance System). Paralelamente EE.UU. desplegó una red de radares aéreos a modo de sensores que han ido evolucionando hasta dar lugar a los famosos aviones AWACS (Airborne Warning and Control System), que en definitiva son sensores aéreos. A su vez, SOSUS ha evolucionado hacia aplicaciones civiles para control sísmico y biológico.

A partir de 1980, la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) comienza un programa centrado en el desarrollo de aplicaciones sobre sensores denominado DSN (Distributed Sensor Networks). Gracias a él se crearon sistemas operativos (Accent) y lenguajes de programación (SPLICE) orientados de forma específica a las redes de sensores, dando lugar a nuevos sistemas militares como CEC (Cooperative Engagement Capability) consistente en un grupo de radares que comparten toda su información obteniendo finalmente un mapa común con una mayor exactitud, además de otros desarrollos como: FDS (Fixed Distributed System), UGD (Unattended Ground Detection), ADS (Advanced Deployable System), REMBASS (Remote Battlefield Sensor System) y TRSS (Tactical Remote Sensor System).

Estas primeras redes de sensores para fines militares, aún no satisfacían algunos requisitos de gran importancia en este tipo de redes tales como la autonomía y el tamaño, que serán revisados posteriormente en el documento.

B. Evolución

Entrados en la década de los 90, de nuevo DARPA lanzó un programa enfocado en las redes de sensores llamado SensIt. Pretendía mejorar aspectos relacionados con la velocidad de adaptación de los sensores en ambientes cambiantes y en cómo hacer que la información que recogen los sensores sea fiable.

Es a finales de los años 90 cuando los sensores han empezado a coger una mayor relevancia en el ámbito civil, decreciendo en tamaño e incrementando su autonomía. Compañías como Crossbow [2] han desarrollado nodos sensores de tamaño reducido con la tecnología necesaria para cumplir su cometido funcionando con pilas que les hacen tener una autonomía razonable y una independencia inédita.

En el futuro, podremos ver nuevas aplicaciones basadas en la evolución de los sensores. Por ejemplo, la compañía llamada Dust Inc [3] ha creado nodos de un tamaño inferior al de un guisante, permitiendo idear y desarrollar nuevos servicios sobre los mismos.

La evolución también ha cambiado la arquitectura y diseño de las redes de sensores. Inicialmente estaban formadas por un pequeño número de nodos conectados por cable a una estación central de procesamiento de datos. Hoy en día, sin embargo, las investigaciones se centran en redes de sensores distribuidas e inalámbricas. Cuando la localización de un fenómeno físico es

desconocida, este modelo permite que los sensores estén mucho más cerca del evento de lo que estaría un único sensor. Además, en muchos casos, se requieren muchos sensores para evitar obstáculos físicos que obstruyan o corten la línea de comunicación. Generalmente el medio que va a ser monitorizado no tiene una infraestructura, ni para el suministro energético, ni para la comunicación, por ello, es necesario que los nodos funcionen con pequeñas fuentes de energía y que se comuniquen por medio de canales inalámbricos, dando lugar a las Wireless Sensor Networks.

C. Wireless Sensor Networks

Como ya se ha indicado, una red inalámbrica de sensores ó Wireless Sensor Network (WSN) es una red sin cables consistente en dispositivos autónomos distribuidos espacialmente para monitorizar de forma cooperativa condiciones físicas o ambientales, como temperatura, sonido, vibraciones, presión, movimiento, polución, etc. en distintos lugares.

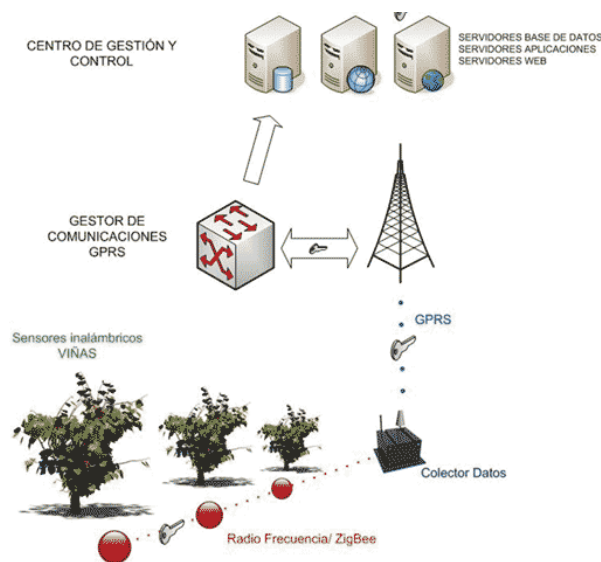


Fig. 1. Red inalámbrica de sensores aplicada al cultivo de la vid. Extraída de <http://www.conocimientoytecnologia.org/boletin/hemeroteca/2007/02/vinometric.htm>

Como veremos en el capítulo IV, cada nodo está compuesto de distintos módulos, típicamente de un transceptor radio, un microcontrolador y una fuente de energía. El tamaño posible de un único sensor puede variar desde las dimensiones de una caja de zapatos al tamaño de un grano de polvo, aunque aún no se han creado motas funcionales de tamaños microscópicos. El coste también es variable, dependiendo del tamaño de la red y la complejidad requerida para cada nodo. Estas características dan lugar a restricciones en la selección de los nodos, en base a la energía, memoria, velocidad de procesamiento, ancho de banda, etc.

Estas redes constituyen habitualmente redes ad-hoc, donde cada sensor debe encaminar la información a través de nodos vecinos en base a algoritmos de encaminamiento multi-salto, facilitando su despliegue y permitiendo su aplicación en entornos más hostiles y menos controlados.

III. CARACTERÍSTICAS

Como ya hemos visto, el concepto “redes de sensores” comprende al menos dos grupos más o menos diferenciados de arquitecturas, las básicas en las que los nodos pueden ser cableados y la información centralizada a través de un equipo y las que actualmente están en boga, y se caracterizan por ser distribuidas e inalámbricas.

En esta sección recogeremos las características de las redes inalámbricas de sensores, aunque alguna de ellas es aplicable para todas las redes de sensores en general:

- **Topología Dinámica:** En una red de sensores, la topología siempre es cambiante y éstos tienen que adaptarse para poder comunicar nuevos datos adquiridos.
- **Variabilidad del canal:** El canal radio es un canal muy variable en el que existen una serie de fenómenos como pueden ser la atenuación, desvanecimientos rápidos, desvanecimientos lentos e interferencias que puede producir errores en los datos.
- **No se utiliza infraestructura de red:** Una red sensora no tiene necesidad alguna de infraestructura para poder operar, ya que sus nodos pueden actuar de emisores, receptores o enrutadores de la información. Sin embargo, hay que destacar en el concepto de red sensora la figura del nodo recolector (también denominados *sink node*), que es el nodo que recolecta la información y por el cual se recoge la información generada normalmente en tiempo discreto. Esta información generalmente es adquirida por un ordenador conectado a este nodo y es sobre el ordenador que recae la posibilidad de transmitir los datos por tecnologías inalámbricas o cableadas según sea el caso.
- **Tolerancia a errores:** Un dispositivo sensor dentro de una red sensora tiene que ser capaz de seguir funcionando a pesar de tener errores en el sistema propio. Además, gracias a su capacidad auto-organizativa y el despliegue del gran número de nodos, son capaces de salvar fallos y caídas de los sensores, encontrando rutas alternativas para la transferencia de la información.
- **Comunicaciones multihop o broadcast:** En aplicaciones sensoras siempre es característico el uso de algún protocolo que permita comunicaciones multi-hop, léase AODV, DSDV, OLSR, EWMA u otros, aunque también es muy común utilizar mensajería basada en broadcast.
- **Consumo energético:** Es uno de los factores más sensibles debido a que tienen que conjugar autonomía con capacidad de proceso, ya que actualmente cuentan con una unidad de energía limitada. Un nodo sensor tiene que contar con un procesador de consumo ultra bajo así como de un transceptor radio con la misma característica, a esto

hay que agregar un software que también conjugue esta característica haciendo el consumo aún más restrictivo.

- **Limitaciones hardware:** Para poder conseguir un consumo ajustado, se hace indispensable que el hardware sea lo más sencillo posible, así como su transceptor radio, esto nos deja una capacidad de proceso limitada.
- **Costes de producción:** Dada que la naturaleza de una red de sensores tiene que ser en número muy elevada, para poder obtener datos con fiabilidad, los nodos sensores una vez definida su aplicación, son económicos de hacer si son fabricados en grandes cantidades

En base a las principales características detalladas, vamos a intentar ofrecer una visión general de la arquitectura de estas redes en el siguiente capítulo.

IV. ARQUITECTURA

Las redes se componen de diversos sensores distribuidos, cada uno consistente de forma genérica, en un dispositivo embebido dotado de un sistema microcontrolador con CPU, memoria RAM y almacenamiento permanente (EEPROM, Flash), con uno o varios interfaces de comunicaciones (Ethernet, WiFi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth). Cada dispositivo embebido incorpora una sensorización específica, capaz de medir las magnitudes deseadas (temperatura, humedad, etc.) según la ubicación y propósito del sensor. Dicha sensorización puede ser incorporada integrándola en el mismo dispositivo embebido, junto al microcontrolador, durante su fabricación; o bien puede ser acoplada posteriormente, a través de interfaces digitales —puertos serie, bus I2C, entradas/salidas GPIO— o analógicos —mediante convertidores analógico-digital (ADC).

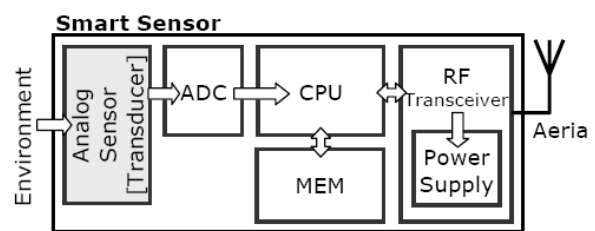


Fig. 2. Esquema hardware genérico de un sensor inalámbrico inteligente.

La sensorización se realiza mediante uno o varios transductores capaces de operar en los dominios deseados (acústico, infrarrojos...), según las magnitudes a medir. Cada transductor capta un fenómeno físico-químico determinado, en función del cual genera una señal eléctrica. Posteriormente, esta señal eléctrica pasa por un circuito electrónico de captura y acondicionamiento, que se encarga de filtrar la señal, normalmente para eliminar ruidos en la misma. Seguidamente, la señal capturada y filtrada pasa a un convertidor analógico-digital, que cuantifica el nivel de la misma en cada instante de

muestreo, convirtiéndola a un valor numérico digital. Este proceso es esencial para las aplicaciones con sensores inteligentes, ya que como sistemas informáticos que son, los datos que manejan deben ser siempre digitales.

Sobre el hardware descrito debe ir instalado un Sistema Operativo para dispositivos embebidos (por ejemplo TinyOS [6], un SO basado en software libre y código abierto para smart sensors, desarrollado por la Universidad de Berkeley y que constituye la base de numerosos proyectos sobre redes de sensores inteligentes, o MANTIS [7], un SO abierto también para redes de sensores). Dicho SO podría integrar la pila de protocolos TCP/IP para comunicaciones, dotando al sensor inteligente de conectividad, no sólo con el resto de sensores, sino también hacia redes de ordenadores, particularmente intranets e Internet. Así, una vez descrita la arquitectura de los nodos de forma independiente, podemos coordinar sus acciones mediante los protocolos de comunicaciones, enrutamiento y otros procesos de capas superiores, hasta llegar a las aplicaciones.

Para optimizar el consumo energético y el coste económico, se han desarrollado protocolos de comunicaciones orientados al ahorro energético, como el estándar ZigBee [8]. Para mejorar la disponibilidad energética de los sensores inteligentes, es posible utilizar protocolos que proporcionan energía a los dispositivos a través de la propia red de comunicaciones, como el estándar Power over Ethernet para redes cableadas [9], o la tecnología RFID para redes inalámbricas [10]. En general, los sensores inteligentes deben hacer posible un ajuste configurable del compromiso (trade-off) entre la vida útil —desde el punto de vista energético— y la latencia y efectividad del sistema. Las redes inalámbricas de sensores, basadas en el estándar IEEE 802.15.4 [11] (low-rate wireless personal area network – LR-PAN – define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos, siendo la base sobre la que se define ZigBee) y el protocolo ZigBee, utilizan técnicas de comunicación que incrementan la eficiencia de la comunicación de datos, reduciendo el número de bits totales transmitidos y reduciendo también el número de colisiones innecesarias.

Sobre estas capas físicas relativas a cada tecnología en la pila TCP/IP, una vez que cada nodo se identifica mediante una dirección IP, es necesario disponer de un protocolo de enrutamiento. Este protocolo es el encargado de distribuir la información en la red, puesto que no existe un nodo central que se encargue de descubrir los distintos sensores y mantenerlos en las tablas de rutas. De nuevo, el diseño de estos protocolos tiene en cuenta la eficiencia energética, partiendo de los protocolos ya existentes en las redes ad-hoc y redes MANET. Hay grupos de investigación [12] prácticamente centrados en esta temática, los cuales lidian con las características particulares de las redes de sensores, para desarrollar protocolos más efectivos y con posibilidades mejoradas [13] (enrutado geográfico, agregación de información, difusión dirigida, rumour routing, geocasting, etc.)

Al hacer uso de los protocolos TCP/IP estándar, es posible y a veces necesaria, la adopción de políticas y mecanismos de seguridad para evitar conexiones ilegítimas, en especial en lo que se refiere a la administración y gestión del sistema.

Una vez establecida la arquitectura básica, podríamos pensar en dotar de mayor inteligencia a la red, usando las posibilidades que ofrecen los agentes inteligentes. Así, mediante la implementación de agentes sobre la red de sensores, podríamos lograr mejorar la eficiencia en el consumo de la red [14], o adoptar nuevas posibilidades en el enrutado de la información [15].

Para alcanzar una plena integración de la red de sensores inteligentes, podríamos ir más allá de los protocolos de comunicación, incorporando modelos, arquitecturas y tecnologías capaces de ofrecer la funcionalidad de cada sensor inteligente de manera abierta y normalizada, facilitando la interoperabilidad entre los sensores y las aplicaciones que hacen uso de ellos. En este sentido, es posible adoptar el enfoque de los sistemas distribuidos, cuyo objetivo principal es hacer posible que los usuarios accedan a los recursos de manera transparente, abierta y escalable; centrándonos en las arquitecturas orientadas a servicios.

V. REDES DE SENSORES EN EL ÁMBITO VEHICULAR

Las posibilidades que ofrecen los sensores en el ámbito vehicular, y las posibles topologías de red que podemos encontrar son muy numerosas. Sin sensores es casi imposible realizar la gran cantidad de funciones de monitoreo y control en sistemas modernos de gestión del motor, sistemas de seguridad y confort (ASR, ABS, airbag, ajuste del cinturón de seguridad, aire acondicionado, etc.), temas muy actuales del sector automovilístico. Los sensores se usan para registrar de manera precisa los estados reales del motor en funcionamiento, tales como la presión de aceite del motor, la temperatura del motor o el número de revoluciones, enviando esta información a través del CAN BUS [16] (usando el protocolo CAN) a la centralita de control del vehículo.

Cada vez se van incorporando un mayor número de sensores en el vehículo, ofreciendo más sistemas de seguridad y confort al conductor. Como ejemplos de algunos sistemas incorporados últimamente: Iluminación adaptativa, que orienta los focos hacia el interior de las curvas; sistema de encendido automático de luces y del limpiaparabrisas; identificación del conductor mediante tags RFID y tecnología NFC; etc. Además, a lo largo de las carreteras y en el propio asfalto, podemos encontrar cámaras, sensores para medir el número de vehículos que han transitado, estado del pavimento, condiciones climatológicas; que no hacen más que confirmar la importancia de estos elementos en este ámbito.

Hasta ahora hemos citado aplicaciones relativamente básicas de los sensores, que se encuentran ya entre nosotros. Existen numerosas iniciativas y consorcios de investigación, que pretenden desarrollar servicios futuristas de muy diversa índole: Sistemas de navegación avanzados, aplicaciones de

seguridad frente a robos, sistemas de diagnosis remota y asistencia, información al viajero, gestión del tráfico, reducción del impacto ambiental, transporte de mercancías, control de velocidad, etc. Veamos ahora algunos de estos proyectos de investigación que hacen uso de los sensores para construir las aplicaciones del futuro.

A. eCall

eCall [17] es un proyecto de la Comisión Europea previsto para traer ayuda rápida a los automovilistas implicados en una accidente de tráfico en cualquier parte de la Unión Europea. El proyecto propone emplear una caja negra instalada en los vehículos que informarán por radio a las agencias locales en caso de despliegue del airbag, indicando también las coordenadas de GPS. La Comisión aspira a implementarlo hacia 2009.

B. I-Way

El objetivo de I-WAY es percibir el estado de la carretera y supervisar al conductor, en tiempo real [18]. Los datos se obtendrán de los sensores a bordo del vehículo, la infraestructura viaria y los vehículos vecinos.

Para ello se utilizarán comunicaciones Infraestructura-Vehículo y Vehículo- Vehículo. La información que recibe el conductor puede ser una señal de aviso o de alerta, dependiendo de la gravedad de la situación en la que se encuentre (condiciones atmosféricas, atascos, accidentes, obstáculos en la carretera, alejamiento del carril, fatiga o adormecimiento del conductor o de uno de los coches vecinos.)

C. CyberCars

Los cybercars [19] son vehículos con plenas capacidades para conducción automática en entornos viarios, su finalidad es la de potenciar la aplicación de los sistemas avanzados de transporte para una mejor y más efectiva organización del transporte urbano. Equipados con sensores (como GPS, y láser), se comportan en sí como nodos móviles de sensado, detectando posibles obstáculos y transmitiendo esta información a nodos dentro de la red VANET.

D. Trackss

El objetivo de Trackss (Technologies for Road Advanced Cooperative Knowledge Sharing Sensors) es mejorar la seguridad y eficiencia del transporte [20]. Para ello se hace especial énfasis en la cooperación y la fusión sensorial. Con ello se puede predecir el flujo de transporte y las condiciones de la infraestructura, el medioambiente y el tráfico circundante. Las tecnologías sensoriales que se investigan dentro del proyecto dotarán de capacidad de percepción a los vehículos y a la infraestructura.

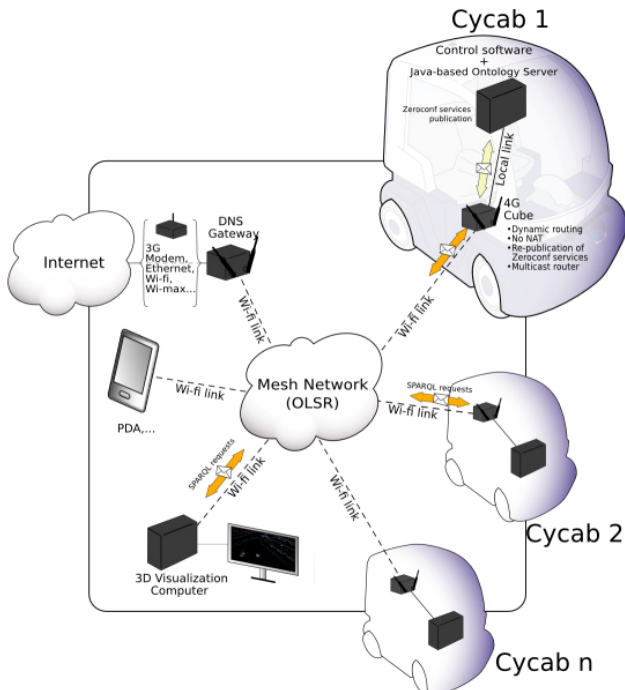


Fig. 3. Overview de la arquitectura del proyecto CyberCars.

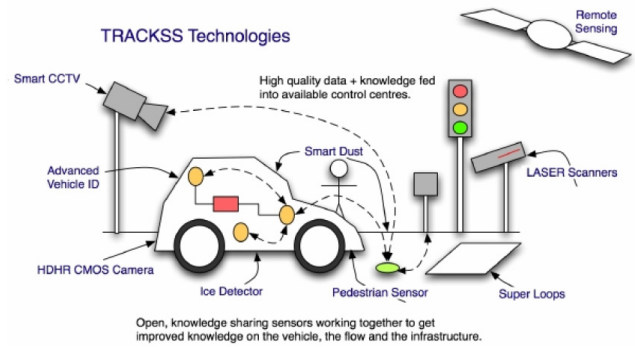


Fig. 4. Capacidades sensoriales del proyecto TRACKSS.

Las principales son:

1. Remote Sensing: Optimización del uso de sistemas aéreos para diferentes aplicaciones dentro del proyecto. Estos sistemas están basados en helicópteros, dirigibles y aviones.
2. CCTV Inteligente: Desarrollo de cámaras inteligentes dedicadas a la detección y seguimiento de autobuses para la optimización de la administración del tráfico y la provisión del servicio.
3. Escáner láser: Desarrollo de escáneres láser avanzados para el reconocimiento de vehículos y la obtención de su velocidad.
4. Smart Dust: Investigación y desarrollo de aplicaciones basadas en smart dust (una red de sensores microelectromecánicos, sin hilos y minúsculos) aplicadas al transporte, así como el desarrollo e implementación de las pruebas que validen estas técnicas.
5. Detección de peatones: El sistema disparará otros que impidan o minimicen la gravedad del atropello.
6. Ice Detection: Desarrollo de tecnologías que permitan reducir el coste, tamaño y mejoren los sensores actuales.
7. Cámara HDHR/CMOS: diseño de una cámara CMOS de alta resolución y rango dinámico alto para aplicaciones del transporte.

8. Tecnologías avanzadas de identificación de vehículos: diseño de un emisor infrarrojo para identificar al vehículo en un carril y permita su localización.

9. Sistemas de inducción electro magnética: desarrollo de los sistemas de captura, los algoritmos de procesamiento y clasificación de estas señales.

E. Caring Cars

El proyecto Caring Cars [21] pretende implementar una serie de aplicaciones que monitorizan el estado de los usuarios del automóvil con el objetivo de disminuir los accidentes producidos, al mismo tiempo que optimizar su bienestar. Estas aplicaciones se implementan sobre una red de sensores (sensores ECG, de presencia, temperatura, humedad, etc.) que sirve para captar el estado de los usuarios y un sistema de comunicaciones que permite el intercambio de información entre el automóvil y servidores externos, en coordinación con una capa UPnP.

El proyecto aborda la creación de una plataforma OSGi embarcada abierta para la ejecución de los servicios, con el objetivo de independizar el acceso de los mismos a las diferentes capacidades del vehículo y a los dispositivos registrados. Esta plataforma se encarga de gestionar de forma centralizada recursos comunes a todos los servicios, como son el interfaz de usuario, el módulo vocal, el acceso a sensores, la información de localización, la gestión de eventos, la priorización de servicios, etc.

F. Otros desarrollos en producción

Un claro ejemplo de una red wireless de sensores es el caso de la red SFPark, desarrollada por la empresa Streamline [22]. Esta red monitoriza el estacionamiento de coches mediante WiFi y permite encontrar estacionamientos disponibles desde el teléfono móvil. La red consta de sensores ubicados en los estacionamientos, que se conectan entre sí vía WiFi, creando una red ad-hoc que se puede extender fácilmente. Esta información es procesada y presentada en un sistema al que es posible acceder desde el móvil, o desde pantallas ubicadas en la calle.

VI. CONCLUSIÓN

Hemos visto cómo los sensores se encuentran en la vida cotidiana en multitud de escenarios, y de forma concreta en el entorno vehicular. A medida que la tecnología evoluciona, las capacidades de los sensores son mayores, tanto en posibilidades de procesamiento de la información, como de transferencia y comunicación de la misma, además de mejoras en sus limitaciones (principalmente energía). En base a estos avances, las aplicaciones de los mismos en el entorno vehicular se hacen más completas e importantes.

Actualmente existen numerosos sistemas que se basan en sensores ya instalados en el vehículo, y podemos encontrar información sobre futuros sistemas que están por venir, que no sólo se basan en la información proporcionada por sensores independientes, sino por redes de sensores heterogéneas,

provenientes de distintos escenarios y vehículos.

La completa implementación de estos sistemas “futurísticos” puede que no esté tan lejos, aunque el sector automovilístico no tiende a integrar novedades en sus plataformas de forma inmediata, por lo que quizás haya aún que esperar antes de verlos en la calle.

REFERENCIAS

- [1] C. Chong y S. P. Kumar, “Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges” en PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 91, No. 8, Agosto 2003
- [2] Sitio web de la compañía Crossbow: <http://www.xbow.com/>
- [3] Sitio web de la compañía DUST Networks: <http://www.dustnetworks.com/>
- [4] O. Alonso, “Evaluación de una red de sensores con protocolo AODV y tecnología radio IEEE 802.15.4”, PFC Universidad Politécnica de Catalunya, 5 de septiembre de 2005.
- [5] A. Capella, F. Maciá y H. Ramos, “Detección proactiva de patologías en la construcción mediante redes de sensores inteligentes”, Departamento de Tecnología Informática y Computación, Universidad de Alicante.
- [6] The TinyOS Community Forum: <http://www.tinyos.net/>
- [7] MANTIS group web: <http://mantis.cs.colorado.edu/index.php>
- [8] IEEE Std 802.15.4™-2003: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). IEEE Computer Society (2003)
- [9] IEEE 802.3af: (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI). IEEE Computer Society (2003)
- [10] Klaus Finkenzeller: "Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification". RFID-Handbook, 2nd edition (in English) (2003)
- [11] IEEE 802.15.4-2006 IEEE Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks-- Specific requirements Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs): <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2006.pdf>
- [12] Línea relativa a las redes Ad-Hoc y sensores del grupo de investigación ANTS de la Universidad de Murcia: <http://ants.dif.um.es/lines/AdHocSensorNetworks>
- [13] Najeeb M. S., “Routing in Mobile Wireless Networks”, Department of Computer Science, Cochin Univerity, Junio 2008
- [14] R. Tynan et al., “Intelligent agents for wireless sensor networks”, Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, 2005.
- [15] H. Liu, C. Liu, “An Intelligent Agent Routing over Wireless Sensor Networks”, Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), 2006 IEEE International Conference, Page(s):358 – 366, Octubre 2006
- [16] Protocolo CAN: <http://www.can-cia.org/>
- [17] Web de eSafety Support: <http://www.esafetysupport.org/>
- [18] Página Web de I-Way: <http://www.iway-project.eu>
- [19] Michel Parent INRIA/IMARA. “Intelligent Transport in Cities with CTS”. ITS World Congress, Chicago Oct. 2002.
- [20] Página Web de Trackss: <http://www.trackss.net>
- [21] Página Web de Caring Cars: <http://www.tid.es/netvehicles/caringcars/portal/home.htm>
- [22] Página Web de la empresa Streamline: <http://www.streamline.com/>
- [23] Universidad Politécnica de Madrid, “Entornos inteligentes basados en redes inalámbricas: aplicaciones al transporte, automóvil inteligente/conectado y seguridad vial”. Diciembre de 2008.