

Evaluación de la red de carreteras: utilización de un vehículo instrumentado para el registro de situaciones potencialmente peligrosas



Pablo Luque-Rodríguez*
Daniel Álvarez-Mántaras*
Johan Wideberg**

Doctor Ingeniero Industrial
Doctor Ingeniero Industrial
Doctor Ingeniero Industrial

* UNIVERSIDAD DE OVIEDO, ETSIG. Campus de Viesques, s/n – 33204 GIJÓN.
Tfno: +34 985 182059. luque@uniovi.es

** UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. C/ Descubrimientos, s/n -
41092 SEVILLA. Tfno: +34 626 271944. wideberg@us.es

Recibido: 08/11/2010 • Aceptado: 21/03/2011

Evaluation of the road network: Use of a monitoring vehicle for the record of potentially dangerous events

ABSTRACT

- This work presents the methodology for the identification of events or potentially dangerous situations in road traffic, using a vehicle type fitted with conventional electronic devices. This development represents the basis of the design, development, construction and testing of an intelligent system of transport (ITS) to monitor a road network in order to identify and locate accurately points roads where situations arise that can be potentially dangerous driving and that, therefore, may have as a consequence an accident. On board system consists of a hardware which includes a mobile terminal BlackBerry from the manufacturer RIM (Research In Motion), equipped with GPS and internal accelerometer and possibility to connect bluetooth and wireless interfaces for reading and transmission of data from the vehicle CAN-bus.
- **Key Words:** Intelligent Transport System (ITS), CAN-bus, road network, sensed vehicle.

RESUMEN

Este trabajo plantea la metodología para la identificación de eventos o situaciones potencialmente peligrosas en el tráfico terrestre por carretera, utilizando un vehículo tipo turismo equipado con los sistemas electrónicos convencionales. Este desarrollo es uno de los pilares en los que se asienta el diseño, desarrollo, construcción y ensayo de un sistema inteligente de transporte (ITS) que permita monitorizar una red de carreteras para identificar y localizar de forma exacta los puntos de las carreteras donde se producen situaciones que pueden ser potencialmente peligrosas para la conducción y que, por tanto, pueden tener como consecuencia un accidente. El sistema embarcado está formado por un hardware que consiste en un terminal de telefonía móvil modelo BlackBerry del fabricante RIM (Research In Motion), equipado con GPS y acelerómetro interno y posibilidad de conexión bluetooth y un interfaz inalámbrico para la lectura y transmisión de los datos de la red CAN del vehículo.

Palabras Clave: Sistema Inteligente de Transporte (SIT), CAN-bus, red de carreteras, vehículo instrumentado.

1. INTRODUCCIÓN

La siniestralidad en las carreteras europeas se ha reducido notablemente en la última década, pese al espectacular aumento del parque automovilístico, debido a la mejora de infraestructuras junto con la incorporación de nuevas tecnologías, como el ABS, ESP, etc., las cuales han incrementado la seguridad del vehículo y reducido de forma significativa las víctimas mortales en Europa en la última década.

Sin embargo, esta reducción no es suficiente, sobre todo teniendo en cuenta que la siniestralidad al volante en España es muy superior a la de los países de nuestro entorno. De hecho, sorprende la capacidad de las autoridades y de la sociedad para asimilar con normalidad la muerte en la carretera de miles de personas todos los años.

Estos accidentes, según las últimas estadísticas de la Comunidad Europea, arrojan un valor de 44.000 víctimas mortales. Estas cifras evidencian el enorme interés social y económico en la seguridad vial y motivan que el Libro Blanco del Transporte de la UE fije el objetivo de reducir al 50% el número de víctimas mortales, mejorando los vehículos, las infraestructuras y las comunicaciones.

En la investigación de los accidentes de tráfico, la caracterización del mecanismo o sucesión de fases del accidente se realiza mediante un procedimiento que se denomina reconstrucción. La reconstrucción tiene por objeto determinar no únicamente las fases del accidente, sino también otros aspectos cinemáticos como son las posiciones, trayectorias y velocidades de los elementos (vehículos, peatones, ciclistas, animales...) implicados en el accidente. Estas variables cinemáticas no tienen por qué ser constantes en el tiempo. Es decir, para cada instante de tiempo la velocidad puede ser diferente (como ocurre en un movimiento acelerado), de ahí que la reconstrucción que analiza parámetros espaciales (posiciones, trayectorias...) en función del tiempo, se denomina reconstrucción espacio-temporal del accidente.

Una vez determinado el mecanismo, y, por tanto, la secuencia de fases y la evolución espacio-temporal del accidente, la investigación, en su fase final, se orienta a la identificación de las causas que lo han producido, dando respuesta al porqué. Un análisis detallado de las causas del accidente diferenciará dos aspectos básicos que dan respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Por qué se ha iniciado el accidente?
- ¿Por qué se ha llegado a tener esos efectos (daños)?

La primera pregunta se responde con el conocimiento de las causas que originan el accidente; se basan en un análisis de las condiciones previas al accidente que permita determinar el conjunto de elementos y factores de inseguridad activa que lo han producido. A la segunda pregunta se le buscará respuesta en las acciones que se han generado en el accidente (fuerzas, deceleraciones...) y los umbrales de daño, tanto en las personas (umbrales biomecánicos) como en las cosas (umbrales de resistencia de los materiales). La aplicación desarrollada pretende ser una fuente de información objetiva para una investigación sistemática de la problemática asociada a los accidentes de tráfico.

2. ANTECEDENTES

En el panorama internacional existe una gran cantidad de proyectos para la mejora del uso de información obtenida por los vehículos, lo que represente un paso importante en la mejora de la conducción y de la seguridad vial. Desde el comienzo de la producción masiva de automóviles, los fabricantes han realizado pruebas para mejorar la resistencia estructural y para reducir los fallos mecánicos de los coches, pero técnicas tradicionales son costosas y se limitan a las

pistas de prueba y a programas de simulación que no pueden recrear condiciones reales de conducción.

Sin embargo, con los recientes avances como la telemetría y la capacidad de extraer datos de varios sensores del vehículo a través de buses de datos (como CAN (*Controller Area Network*), LIN, FlexRay, SAE, etc.) se podría aprovechar la valiosa información de los numerosos sistemas embarcados que tienen los vehículos. Por otra parte, si esto se combina con el posicionamiento (geo-referenciación) GPS, existen una importante cantidad de aplicaciones que pueden ser implementadas, tales como diagnóstico y mantenimiento preventivo de vehículos, monitorización de tráfico y planificación de rutas o las redes ad-hoc. De forma adicional, es importante citar que se ha desarrollado un puerto de comunicación, común para todos los vehículos, basado en el interfaz OBD. El interfaz OBD (acrónimo en inglés de *On Board Diagnostics*, o sistema de diagnóstico embarcado) se diseñó, inicialmente, para el control de los sistemas correspondientes a las emisiones de gases y para garantizar que las emisiones de contaminantes se mantiene constante en un nivel bajo. En la actualidad representa una «puerta de entrada» a los sistemas de instrumentación y control de los vehículos, compatible con numerosos protocolos y tecnologías.

En el presente artículo se aborda el diseño e implementación de un sistema de información «vehículo a infraestructura», pero conviene mencionar otros proyectos parecidos que tratan la evaluación del vehículos, la carretera... y la relación entre los diferentes vehículos entre sí y con la infraestructura. Por ejemplo el Consorcio de Comunicación Coche a Coche (*Car-to-Car Communication Consortium* 2011 ó C2C-CC) es una agrupación de fabricantes europeos que tiene como objetivo fundamental desarrollar estándares y proyectos para demostradores de tecnología V2V (Vehículo a vehículo) y V2I (vehículo a infraestructura). Un ejemplo es el sistema *e-call*, en el que, cuando se produce un accidente (cuando salta el airbag, por ejemplo), se envía un mensaje con la localización del vehículo al centro de emergencias (112) más cercano. De esta manera, el centro de emergencias puede avisar al resto de vehículos que se acerquen al lugar del accidente. A la vez, se manda otro mensaje al centro de control de tráfico para que tome las medidas adecuadas. El sistema aunque no es muy complicado, tiene muchas opciones y presenta como principal inconveniente la normalización.

Otra posibilidad es la advertencia del riesgo local mediante la comunicación «vehículo a vehículo» (C2C o V2V). Además de la situación actual y de la velocidad del vehículo, los coches modernos recopilan una amplia gama de datos adicionales. Pongamos un ejemplo específico: características como la activación de las funciones ABS a baja velocidad y una ligera presión sobre el pedal del freno, combinadas con una temperatura exterior baja, pueden indicar la existencia de una capa de hielo o de superficies deslizantes. En ese caso, los vehículos transmiten rápida y directamente una señal de advertencia a través un sistema

WLAN (la 802.11 tradicional (b/g/a/n) no sirve para aplicaciones C2C, pero las variantes nuevas por ejemplo WAVE están diseñadas específicamente para ello) o a través de telefonía móvil a todos los vehículos en la zona. Los coches que se aproximan al lugar del peligro informan con prontitud a sus conductores mediante las señales ópticas y acústicas del monitor de a bordo para que éstos usen los frenos en caso de emergencia. Este sistema de advertencia de riesgo local ofrece también un enorme potencial en el apartado de seguridad activa en carretera.

Existen otros proyectos en Europa, Estados Unidos y Japón que están dedicados a la problemática afín a ésta. Muchos de estos proyectos están enfocados a las mencionadas comunicaciones vehículo-vehículo ó vehículo-infraestructura. Las aplicaciones propuestas son desde Internet inalámbrico, donde se usan los vehículos en el flujo de tráfico como nodos en una red, hasta propuestas enfocadas a seguridad donde la información de los sensores de seguridad se comparte entre los usuarios de la carretera. Ejemplos recientes destacables en Europa pueden ser C2C-CC (*Car to car communications consortium*, 2011)), NoW (*Network on wheels*, 2011), PReVENTive and Active Safety Applications (PReVENT, 2011), *Smart Vehicles on Smart Roads* (SAFESPOT, 2011) y *Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems* (CVIS, 2011), en EE.UU *Vehicle Infrastructure Integration* (VII, 2011) y en Japón *AHSRA/Smartway* (AHSRA, 2011).

De forma complementaria es interesante indicar la existencia de varios grupos de investigación que han desarrollado técnicas para extraer y utilizar la información disponible en la interfaz OBD-II. Algunos autores, por ejemplo Chen (*Chen*, 2009), se centran en los códigos de fallos y los registros de algunos parámetros como la velocidad. Un enfoque similar también tiene Schweppe (*Schweppe*, 2008), King (*King*, 2000) y Godavarty (*Godavarty*, 2000), que utilizan equipos integrados en la placa conectada con la interfaz OBD-II del vehículo, utilizada principalmente para fines de diagnóstico. En el trabajo de Ganti (*Ganti*, 2010), se presenta un servicio de navegación, llamado *GreenGPS*, que usa datos privados de detección de consumo de combustible y un sistema de mapas o callejeros de las ciudades, que permite a los conductores a encontrar la ruta más económica para sus vehículos entre origen-destino. El autor utiliza los datos del consumo de combustible, extraídos a través de OBD-II. Por su parte Chen (*Chen*, 2009) se centra en aplicaciones de seguridad activa fundamentales para las redes ad hoc vehiculares (VANET) e ITS, y ha diseñado un registrador o *data logger* para la recogida de datos que se implementa utilizando la tecnología OBD para grabar la velocidad y otras informaciones adicionales en tiempo real. El trabajo de Lin (*Lin*, 2007) propone un sistema que integra tanto el OBD como aplicaciones inteligentes del sistema de transporte. Su artículo se centra en el diseño del hardware y software, así como en la implementación y verificación con pruebas en carretera. Otros proyectos están encaminados a obtener un aviso de placas de hielo o adherencia baja en

general como es el caso del proyecto SRIS.

La compañía de telecomunicaciones Nokia presenta, mediante su *Smart Traffic Products Unit*, un papel fundamental en el mercado de la comunicación, información y ocio inalámbricos desde el coche. Desarrolla plataformas de comunicación e información combinando tecnologías móviles, de internet, conectividad y de localización. Esta aportación de Nokia -basado en un sistema telemático que utiliza las tecnologías Bluetooth y WAP- se ha desarrollado sobre un vehículo prototipo "Filo" de la empresa SKF.

Por otro lado, durante años, Microsoft ha estado involucrada en telemática del automóvil, una combinación de informática y telecomunicaciones. Tal es así que ya ha convencido a diversas empresas automovilísticas como BMW, Honda y Volvo, Citroën, Daimler, Fiat, Volvo, Hyundai, Mitsubishi, Subaru y Toyota, para que utilicen una versión del sistema operativo Windows CE en los complementos electrónicos del 30% de sus vehículos. Los coches con el sistema operativo de Microsoft "hablarán" cuando, por ejemplo, necesiten un cambio de aceite. Advertirán a los conductores sobre los atascos que se encuentran en su camino y buscarán rutas alternativas. También serán capaces de pagar de forma automática los peajes de las autopistas y el software que gestione será actualizado automáticamente y de forma inalámbrica y transporte al usuario.

3. VEHÍCULOS Y TECNOLOGÍAS EXISTENTES

3.1. EL VEHÍCULO COMO FUENTE DE INFORMACIÓN

Como se ha indicado anteriormente, son muchos los proyectos orientados a alcanzar un mayor aprovechamiento de la información que proporcionan los propios automóviles. Este es un paso importante para mejorar la conducción. Desde los inicios de la producción en serie de coches, los fabricantes han llevado a cabo técnicas de ensayo para mejorar la resistencia y disminuir los fallos, pero estas técnicas son costosas y están limitadas a unas pistas de pruebas y programas de simulación que no son capaces de recrear las condiciones de una conducción real.

Sin embargo, con los adelantos en los últimos tiempos, como telemetría, transmisión de datos inalámbricos y la capacidad de extraer datos de los diferentes sensores del vehículo a través del bus de datos tipo CAN (*Controller Area Network*), LIN, FlexRay, SAE, etc., se podría aprovechar la información de muchos sensores; si, además, se combina con el posicionamiento por GNSS, se podrían llevar a cabo varias aplicaciones, tales como diagnóstico y mantenimiento preventivo de vehículos, monitorización del tráfico y planificación de rutas, red tipo *car-to-car*, etc.

Posibles aplicaciones, combinando la información inherente a los sensores de un vehículo junto con el posicionamiento por GNSS (GPS y en un futuro próximo Galileo), se pueden enumerar a continuación:

- Monitorización de la infraestructura.
- Monitorización del tráfico y planificación de rutas.
- Diagnóstico y mantenimiento preventivo de vehículos.
- Monitorización del medio ambiente.
- Red tipo *car-to-car*.

De todas estas aplicaciones el primero es el objeto del enfoque de este trabajo. El objetivo científico del proyecto es implementar agentes y arquitecturas HW/SW en tiempo real que analicen eventos potencialmente peligrosos de los vehículos. Aprovechando la información, que casi cualquier vehículo moderno ya dispone a través de sus múltiples sensores junto con la red interna de comunicación (bus de datos del tipo CAN), se podrían detectar situaciones o “eventos” potencialmente peligrosos y posicionarlos sobre un mapa haciendo uso de la red GSM o de GNSS. Es decir, la información proveniente de un vehículo o red de vehículos serviría para construir un mapa de lugares donde la frecuencia de eventos es elevada y, por tanto, deben ser considerados como lugares potencialmente peligrosos.

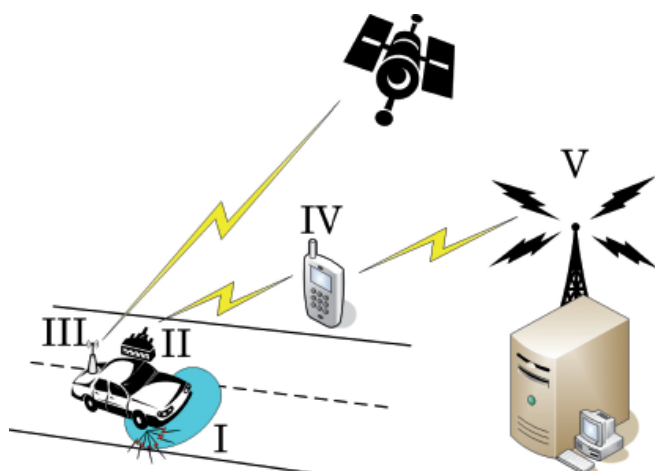


Fig. 1: Esquema del sistema piloto propuesto

La Figura 1 ilustra un ejemplo de “monitorización de la infraestructura de la red de carreteras”. En este ejemplo, se muestra un vehículo que circula por una carretera y que entra en una zona (I) con una adherencia inferior a la de otras zonas (agua, hielo, contaminación superficial...). Si dentro de esa zona, por cualquier circunstancia, se activara algún dispositivo de seguridad pasiva o activa o se sobrepasara algunos umbrales predefinidos en los valores medidos en alguno de los sensores del coche, se puede inferir que ha ocurrido algún “evento” anormal mediante el bus CAN y el interfaz OBD (II). Simultáneamente, se consulta la posición de dicho vehículo mediante el GNSS (III). Tanto el código del “evento” como las coordenadas del vehículo son capturados con un terminal de telefonía móvil (IV) con conexión inalámbrica con el vehículo, y posteriormente, a través del interfaz radio (GSM o UMTS), son enviados a una base de datos (V) para ser procesados con un software

e introducidos en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Finalmente, con una muestra de vehículos suficiente, se genera un mapa con “puntos singulares”, es decir, puntos donde el sistema propuesto ha detectado algún evento potencialmente inseguro.

3.2. CAPTACIÓN DE DATOS DISPONIBLES EN EL BUS CAN MEDIANTE EL INTERFAZ OBD

Como se ha indicado, la identificación de los eventos potencialmente peligrosos se basará en el procesado de información proveniente de sensores embarcados en el vehículo. Bajo la premisa de realizar un sistema de bajo coste y, por tanto, fácilmente aplicable a una amplia flota de vehículos se ha optado por aprovechar la información disponible en el bus CAN al que se accederá por medio del interfaz OBD.

Se conoce como OBD (*On Board Diagnostics*) a una metodología de diagnóstico aplicable a vehículos de carretera. Actualmente se emplean diferentes estándares como son OBD-II (Estados Unidos), EOBD (Europa) y JOBD (Japón) que aportan un acceso y control casi completo del motor y otros dispositivos del vehículo. El OBD estaba pensado inicialmente para controlar la emisión de contaminantes gaseosos; posteriormente los diversos fabricantes han conseguido que también se pueda acceder, a través del OBD, al resto de sistemas del vehículo. Esto ha llevado a que, en la actualidad, a través del interfaz del OBD, prácticamente todo pueda ser leído, ajustado y reiniciado.

PIN	Descripción
1	Específico de cada fabricante
2	J-1850 BUS +
3	Específico de cada fabricante
4	Tierra vehículo (GND)
5	Tierra señal (GND)
6	CAN High (J-2284)
7	ISO 9141-2: Línea-K
8	Específico de cada fabricante
9	Específico de cada fabricante
10	J-1850: BUS -
11	Específico de cada fabricante
12	Específico de cada fabricante
13	Específico de cada fabricante
14	CAN Low (J-2284)
15	ISO 9141-2: Línea-L o 2ª Línea-K
16	+12V (Batería)



Fig. 2: Conector OBD-II y su pinedo

En la actualidad la información del OBD está presente bajo cinco protocolos esenciales, en función del fabricante y

del modelo, lo cual exige un trabajo adicional en el desarrollo de un sistema universal. Los protocolos utilizados son:

- SAE J1850 PWM (*pulse-width modulation* - 41.6 kbaud)
- SAE J1850 VPW (*variable pulse width* - 10.4/41.6 kbaud)
- ISO 9141-2
- ISO 14230 KWP2000 (*Keyword Protocol* 2000)
- ISO 15765 CAN (250 kbit/s or 500 kbit/s)

Los datos del OBD pueden ser completados con los disponibles dentro del CAN-bus del vehículo, a través del mismo conector de 16 pines (Figura 2), en función de la electrónica que equiepe el vehículo a instrumentar. Estas capacidades del interfaz ODB han sido utilizadas en el presente proyecto para la captación de información proveniente de los sensores embarcados en el vehículo. Ha sido necesario definir los requisitos mínimos del sistema a implementar, en cuanto a parámetros a medir (por tanto, sensores a utilizar, así como el procedimiento a seguir para procesar la información de los diversos sistemas de captación) de forma que se determine lo que se consideran eventos potencialmente peligrosos, despreciando aquellos que se puedan considerar normales.

Para llegar a definir los datos que es necesario adquirir del vehículo se ha de conocer cuáles van a estar disponibles en un amplio número de vehículos. Estos datos dependerán de los sistemas de seguridad activa y pasiva con los que estén equipados. Por ello, se ha llevado a cabo la revisión de los modelos que se venden en la actualidad por los diversos fabricantes de vehículos, llegándose a determinar los sistemas que incorporan y los datos que ofrecen.

Los sistemas de seguridad activa analizados han sido:

1. Sistemas de control dinámico del vehículo: Frenos, Tracción, Dirección y Suspensión

- Sistema antibloqueo de frenos
- Repartidor electrónico de fuerza de frenado
- Asistencia a frenadas de emergencia
- Control electrónico en curvas
- Control del par de frenado del motor en deceleración
- Antideslizamiento
- Control de tracción
- Control dinámico del vehículo
- Control del descenso/ascenso en pendientes/rampa
- Gestión del motor
- Cambio
- Bloqueo electrónico del diferencial
- Control de Velocidad Adaptativo / Control activo de la velocidad de crucero
- Suspensión adaptable / control electrónico
- Alerón trasero móvil
- Dirección asistida continuamente variable en función de la velocidad

2. Alertas, asistencias a la conducción y sistemas de información al conductor

- Sistema de información al conductor

- Control de distancia de aparcamiento
- Indicador de incidencias de neumáticos
- Alerta de cambio involuntario de carril
- Alerta de alcance
- Sistema de alumbrado activo / Encendido automático de luces de cruce, emergencia...

Los sistemas de seguridad pasiva analizados han sido:

- Airbags
- Retracción de cinturones en frenadas de emergencia
- Activación capó atropello
- Sistema de prevención de incendios
- Sistema de protección frente a vuelcos
- Inmovilizador electrónico antirrobo

En un vehículo moderno, que venga equipado con navegador y control de estabilidad (el ABS está presente en la mayoría de modelos) se dispone de una gran cantidad de información proveniente de medidas de diferentes sensores instalados de serie por el fabricante. En algunos modelos el nivel de equipamiento superior permitiría registrar datos adicionales relativos a suspensión, tracción, control direccional...

4. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE EVENTOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS

Se ha desarrollado una metodología que permite, a partir de las lecturas de las variables seleccionadas, identificar los eventos potencialmente peligrosos. Se propone una clasificación en 5 niveles: blanco (sin datos), verde (nivel de riesgo bajo), amarillo (nivel de riesgo medio), rojo (nivel de riesgo alto) y negro (nivel de riesgo muy alto o accidente). La aplicación desarrollada dedicará su atención a los eventos de nivel amarillo, rojo y negro. El nivel *amarillo* está relacionado con valores bajos del margen de seguridad activa, como por ejemplo la confluencia de diversos aspectos externos como densidad de tráfico, factores atmosféricos desfavorables, infraestructuras deficientes o en mal estado. El nivel *rojo* está vinculado con valores muy bajos o nulos del margen de seguridad activa que implican la activación de sistemas de seguridad activa del vehículo, como por ejemplo el sistema antibloqueo del freno o el antideslizamiento en tracción. Por último el nivel *negro* está asociado con valores nulos o negativos del margen de seguridad activa que implican la activación de sistemas de seguridad pasiva del vehículo, lo que en la práctica lleva asociado en la gran mayoría de los casos la ocurrencia de un accidente.

5	Negro		Muy alto – accidente
4	Rojo		Alto
3	Amarillo		Medio
2	Verde		Bajo
1	Blanco		Sin datos

Tabla 1: Niveles de riesgo. Clasificación de eventos potencialmente peligrosos

El sistema permitirá clasificar los eventos en función de la causa, de manera que sea inmediata la posibilidad de respuesta. Por tanto, a modo de ejemplo, se podrá saber si el evento es debido a una actuación incorrecta del conductor, a un defecto en la vía, a las condiciones meteorológicas o a una suma de varias circunstancias.

5. DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA MONITORIZACIÓN DEL SISTEMA H.V.M. (HOMBRE-VEHÍCULO-MEDIO)

La validación y pruebas en una primera fase se llevaron a cabo con un ordenador portátil conectado por cable al conector OBD del vehículo. Validada la metodología y el dispositivo desarrollado en la primera fase, el siguiente paso consistió en tratar de reducir el tamaño del mismo y eliminar las conexiones por cable. Para ello se, se sustituye el ordenador portátil por un dispositivo *BlackBerry* del fabricante RIM (*Research In Motion*), equipado con GPS y acelerómetro interno (figura 3). El interfaz del primer prototipo se sustituye por un interfaz inalámbrico de comunicación por *bluetooth*.



Fig. 3: Aspecto de un sistema embarcado para registro y procesado de los datos del bus CAN

El sistema incorpora una aplicación desarrollada en lenguaje Java para interactuar con el dispositivo. El número de variables que se pueden extraer con esta aplicación es muy elevado. Algunas de ellas se pueden extraer directamente de las centralitas de comunicación OBD, con codificación común para todos los fabricantes, como por ejemplo la velocidad, régimen del motor, temperaturas y presiones. El valor de otras variables de los sensores y actuadores del vehículo suelen estar bajo codificación propia de cada fabricante, con lo que se deberá adaptar la aplicación a cada vehículo en particular. Algunos ejemplos pueden ser la velocidad angular de las ruedas, parámetros del ABS, ESP, airbags o de sensores acelerómetros. Con el diseño abierto y modular del software desarrollado es posible acceder a toda la información disponible en el bus CAN, sin más que “personalizarlo” para vehículo y aplicación.

Una vez que se han obtenido los datos en el dispositivo *BlackBerry*, y usando sus capacidades de comunicación dentro de las redes de telefonía móvil, se genera un mensaje corto (SMS) donde se envía a una estación central la información de los eventos ocurridos, según la codificación

anteriormente referenciada. Los datos enviados dependerán del tipo de evento, pero siempre permitirán identificar la posición (extraída de la geo-referenciación del evento), fecha y hora, tipo de evento, alarmas o niveles que han generado el evento y valores de diversas variables implicadas y significativas del evento (aceleración longitudinal o lateral, velocidad...) y otros valores medioambientales como la temperatura.

Los diferentes eventos son recopilados y agregados a una base de datos en la estación central fija, como se esquematizaba en la Figura 1, para su posterior análisis y representación, como se comenta en el apartado siguiente.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En las siguientes Figuras (4 y 5) se muestra la representación de los eventos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) básico y de fácil acceso, como es Google Earth® de los eventos potencialmente peligrosos registrados tras la circulación, por la red de carreteras, de un vehículo equipado con el sistema desarrollado. El sistema genera finalmente un archivo, con extensión (.kmz), donde se incluyen datos del evento y su posición. Como se puede ver, se utiliza el código de colores descrito para identificar gráficamente el evento. Pulsando sobre cada punto, como se representan en la Figura 4, se accede a la información registrada de las diferentes variables, tal y como se muestra en la Figura 5.



Fig. 4: Representación de los puntos donde han ocurrido eventos potencialmente peligrosos

Como conclusión final del trabajo realizado se puede indicar que el importante grado de sensorización presente de serie en los vehículos actuales permite acceder a una gran cantidad de información dinámica. Esta información puede ser registrada en tiempo real y enviada a un sistema que la procese en combinación con la posición (espacial y temporal) de cada vehículo dentro de la red de carreteras.



Fig. 5: Detalle de la información asociada a un evento registrando

Los resultados, directos e indirectos, que se pueden obtener mediante esta técnica son de un amplio espectro y la explotación de los mismos dependerá de la naturaleza del estudio que se quiere realizar. En este proyecto se ha buscado variables del vehículo relacionados con la seguridad y lugares potencialmente peligrosos o conflictivos, sin embargo, existe un potencial muy importante para hacer otro tipo de estudios como medioambientales o de utilización de infraestructuras.

7. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Fomento a través de las Ayudas a la Realización de Proyectos I+D en el Área de Transportes FOM/2077/2006. El proyecto "Sistema inteligente de mejora de la seguridad y eficiencia del transporte mediante tecnologías GNSS y de telefonía móvil. Aplicación a las redes de transportes españolas" correspondiente a la convocatoria ORDEN FOM/2251/2006 (BOE de 6 de julio de 2006) del área de Transporte del Ministerio de Fomento y aprobado con la referencia FOM/2006/9 por ORDEN FOM/3856/2006 (BOE de 19 de diciembre de 2006).

8. BIBLIOGRAFÍA

- AHSRA/Smartway [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/Smartway/pre.html>>.
- Álvarez-Mántaras D, Luque-Rodríguez P, González-Carbajal-García JM. *Investigación de accidentes de tráfico. La toma de datos*. 1ª edición. Madrid: Thomson-Paraninfo, 2005. 484p. ISBN 84-9732-403-X
- Car to car communications consortium [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.car-to-car.org>>.
- Chen Y, Xiang Z, Jian W et al. "Design and implementation of multi-source vehicular information monitoring system in real time" En: *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics* (Shenyang, China agosto 2009), p. 1771 -1775.

- CiA, CiA 301 DS V4.0.2: CANopen Application Layer and Communication Profile. Marzo 2005.
- CVIS «Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems». [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <www.cvisproject.org>.
- Ganti RK, Pham N, Ahmadi H et al. "Greengps: A participatory sensing fuel-efficient maps application" En: *Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services* (San Francisco, 15 al 18 junio 2010), p. 151-164.
- Godavarty S, Broyles S, Parten M. "Interfacing to the on-board diagnostic system" En: *IEEE Vehicular Technology Conference*, (Boston 24 a 28 septiembre 2000), vol. 4, p. 2000 -2004.
- ISO. *Road vehicles diagnostic system keyword protocol 2000 application layer*. ISO/WD14230-3. ISO 1997.
- ISO. *Road vehicles diagnostic system keyword protocol 2000 data Link*. ISO/WD14230-2. ISO 1997.
- ISO. *Road vehicles diagnostic system keyword protocol 2000 physical layer*. ISO/WD14230-1. ISO 1997.
- ISO. *Road Vehicles—Controller Area Network (CAN)—Part 1: Data Link Layer and Physical Signalling*. ISO Standard-11898-1, 2003.
- ISO. *Road Vehicles—Controller Area Network (CAN)—Part 2: High-Speed Medium Access Unit*. ISO Standard-11898-2, 2003.
- ISO. *Road Vehicles—Controller Area Network (CAN)—Part 3: Low-Speed, Fault-Tolerant, Medium-Dependent Interface*. ISO Standard-11898-3, 2006.
- ISO. *Road Vehicles—Controller Area Network (CAN)—Part 4: Time-Triggered Communication*. ISO Standard-11898-4, 2004.
- ISO. *Road Vehicles—Controller Area Network (CAN)—Part 5: High-Speed Medium Access Unit With Low-Power Mode*. ISO Standard-11898-5, 2007.
- King P, Mandair H, Belton et al. "Modelling and simulation tools to calibrate an engine management on board diagnostic system" En: *IEEE Seminar on Tools for Simulation and Modelling* (Londres, 27 marzo 2000). p. 1 -5.
- Kosch T, Adler C J, Eichler S et al. "The scalability problem of vehicular ad hoc networks and how to solve it," *IEEE Wireless Commun*, vol. 13, no. 5, p. 22-28, Octubre 2006.
- Lin C E, Shiao Y S, Li C C et al. "Real-time remote onboard diagnostics using embedded gprs surveillance technology," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 56, no. 3. p. 1108 -1118, may. 2007.
- Luque P, Álvarez D, Wideberg J. "Identificación de eventos potencialmente peligrosos en la red de carreteras por medio de un vehículo instrumentado" En: *Actas del 9º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (Las Palmas de Gran Canaria, 17-20 de noviembre de 2009)*, v. XVI. 2009. p.42-50
- Luque-Rodríguez P, Álvarez-Mántaras D. *Investigación de Accidentes de Tráfico. Manual de Reconstrucción*. 1ª edición. La Coruña: Netbiblo, 2007. 477p. ISBN 978-84-9745-173-4
- Network on wheels [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <www.network-on-wheels.de/about.html>.
- PREVENT. PREVENTive and Active Safety Applications" [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <www.prevent-ip.org>.
- R. Bosch GmbH. *CAN Specification (Version 2.0)*. Septiembre 1991.
- SAE. *Class B data communication network Interface*. SAE J1850. SAE, 1994.
- SAFESPOT «Smart Vehicles on Smart Roads» [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <www.safespot-eu.org>.
- Schweppe H, Zimmermann A, Grilly D. "Flexible in-vehicle stream processing with distributed automotive control units for engineering and diagnosis," *Industrial Embedded Systems*, 2008. p. 74 -81.
- Schweppe H, Zimmermann A, Grilly D. «Flexible in-vehicle stream processing with distributed automotive control units for engineering and diagnosis». En *Proceedings of the International Symposium on Industrial Embedded Systems*, SIES 2008. p. 74 -81.
- Toulminet G, Boussuge J, Laugeau C. «Comparative synthesis of the 3 main European projects dealing with Cooperative Systems (CVIS, SAFESPOT and COOPERS) and description of COOPERS Demonstration Site 4». En: *11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2008 (12-15 octubre 2008) p. 809-814
- Vehicle Infrastructure Integration (VII) [en línea, ref. febrero de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.vehicle-infrastructure.org/>>.
- Wideberg J, Luque P, Álvarez D. «Herramienta para monitorización de la infraestructura viaria mediante datos del bus CAN». En: *Actas del IX Congreso de Ingeniería del Transporte*, (Madrid, 7-9 julio de 2010), 2010. p.413
- Wikipedia. "Identification codes of obd-ii." [en línea]. Disponible en Web: <http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs>