

Las TICs y los nuevos hábitos en el transporte privado compartido



Javier Sedano*
Ángel López*
Alba Berzosa*

Dr. Ingeniero Industrial
Ingeniero Informático
Ingeniero Informático

* INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CASTILLA Y LEÓN (ITCL). Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Electrónica Aplicada, P.I. Villalonquejar. C/López Bravo, 70 – 09001 Burgos. Tfno: +34 947 298471. grupodeinvestigacionai-ea@itcl.es

Recibido: 19/05/2010 • Aceptado: 19/07/2010

IT and the carpooling habits

ABSTRACT

- Mobility to the job place is one of the problems in today's society, since using private vehicle to attend workplace is the most usual and, in many cases, the only mean of transport. To reduce the daily problems, faced by cities and city councils related to energy use, greenhouse effect gas, atmospheric and acoustic pollution, which we can add the emotional ones, such stress caused by daily commuting, many policies have been set off in order to avoid further social and economical damages and competitiveness ones, too.

In this paper a new software application to reduce the problems caused by the private vehicles for daily commuting is presented.

This application has been developed by the Castilla y León Technological Institute (ITCL) and the device is made up of a software part and a hardware one.

Its hardware consists of several electronic devices of its own design - as users of the application - each of them composed of a GPRS (General Packet Radio Service) modem, a GPS (General Positioning System) receiver, a communication interface, a radio frequency reader RFID (Radio Frequency Identification) and several communication antennas. Software will manage the request between users to share a car, the route recording and the communication control between the electronic devices (car location, speed and number of passengers).

This data is recorded in a remote server and it is accessible on the Web. Regarding the gathered information, mobility policies can be adopted according to the kilometers, the days, the shared vehicles, compensations payment, etc.

- **Key words:** Sustainable mobility, carpooling, car sharing, GPS, car locating, route recording, passenger recording, fleet management, RFID, Mifare, SBAS, A-GPS, GSM location.

RESUMEN

Uno de los problemas de la sociedad actual es la movilidad al trabajo, ya que el uso del vehículo particular para acudir al puesto de trabajo es la forma más habitual de transporte, y en muchos casos la única. Para reducir los problemas que diariamente sufren las ciudades y los ayuntamientos relacionados con el consumo energético, la emisión de gases de efecto invernadero, los elevados niveles de contaminación atmosférica y de ruido -a los que se unen otros emocionales, generados fundamentalmente por el estrés que provocan desplazamientos-, se han puesto en marcha diferentes políticas evitando además una serie de perjuicios a nivel socioeconómico y de pérdidas de competitividad.

En este artículo se presenta una novedosa aplicación informática con el objetivo de impulsar el uso del coche compartido para reducir los problemas que ocasiona el uso diario del vehículo privado para trasladarse al trabajo. La aplicación ha sido desarrollada por el Instituto Tecnológico de Castilla y León (ITCL) y está formada por una parte software y otra hardware. El hardware consiste en varios dispositivos electrónicos de diseño propio, compuestos cada uno de ellos por un módem GPRS (*General Packet Radio Service*), un receptor GPS (*Global Positioning System*), una interfaz de comunicación, un lector de radiofrecuencia RFID (*Radio Frequency IDentification*) y diversas antenas de comunicación. El software se encargará de gestionar las solicitudes entre usuarios para compartir coche, de registrar las rutas que realizan los vehículos y de administrar las comunicaciones con los dispositivos electrónicos: posición del vehículo, velocidad y número de pasajeros. Los datos

son registrados en un servidor remoto y son accesibles en un entorno Web. La gestión de la información permitirá adoptar políticas de movilidad, en función de los kilómetros realizados, los días utilizados, los vehículos compartidos, el abono de compensaciones, etc.

Palabras clave: movilidad sostenible, carpooling, compartir coche, GPS, localización de vehículos, registro de rutas, registro de pasajeros, gestión de flotas, RFID, Mifare, SBAS, A-GPS, localización GSM.

1. INTRODUCCIÓN

Con previsiones de 7.000 millones de personas en el mundo en el año 2011 (Population Reference Bureau 2009), un incremento paulatino del calentamiento global del planeta y la saturación de las vías de acceso a las plantas y polígonos industriales, encontrar alternativas de transporte para los desplazamientos es de gran importancia y forma parte de las políticas de movilidad a nivel europeo, nacional y regional (Comisión Europea 2007, Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2009, Junta de Castilla y León 2009). Es necesario un cambio de hábitos en los desplazamientos, ya que los problemas citados son principalmente debidos al importante índice de motorización y al uso de combustibles fósiles, lo cual viene agravado por el hecho de que muchos de estos desplazamientos se producen con un solo ocupante en el vehículo.

El conjunto de medidas orientadas a conseguir un uso racional de los medios de transporte es lo que se conoce como *movilidad sostenible*. El objetivo de estas medidas es reducir el número de vehículos que circulan por las vías, con la finalidad de reducir la contaminación atmosférica y acústica que producen, y ahorrar recursos energéticos finitos. Sin embargo, las ventajas no son solamente medioambientales, ya que la movilidad sostenible también proporciona diversos beneficios a nivel personal -como el ahorro en combustible, reducción de los tiempos de los desplazamientos y mejora de la calidad de vida-.

La medida de movilidad sostenible que se presenta es el fomento del coche privado compartido. Ésta se conoce como *Carpooling* -uso compartido de un coche para ir al trabajo-, y consiste en que personas con itinerarios comunes compartan su vehículo privado. Además de posibilitar la movilidad sostenible, la aplicación que se presenta a continuación constituye una novedad tecnológica, ya que, hasta donde llega nuestro conocimiento, no existe ningún dispositivo para vehículos que integre simultáneamente la localización y la identificación de los pasajeros del trayecto. Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se detallan las tecnologías empleadas, en la Sección 3 se describe la aplicación informática, en la Sección 4 el dispositivo electrónico diseñado y en la Sección 5 se presentan los ensayos realizados. Finalmente se detallan las conclusiones y los trabajos futuros.

2. TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA APLICACIÓN

El dispositivo electrónico diseñado está compuesto por una serie de tecnologías, basadas en la localización y en la transmisión de información: el módem GPRS permite el envío de información a un servidor remoto; el receptor GPS es el elemento que permite realizar la tarea de localización y el lector RFID permite conocer los ocupantes del vehículo en cada momento. En los siguientes puntos se presentan las tecnologías utilizadas.

2.1. TECNOLOGÍA RFID

La *identificación por radiofrecuencia* (RFID) es una tecnología de almacenamiento y recuperación remota de datos para identificar elementos inequívocamente usando como medio de transmisión las ondas de radio. En la arquitectura de los sistemas RFID aparecen dos tipos de componentes: las etiquetas y los lectores. Las etiquetas contienen un chip en cuya memoria se almacena la información. Los lectores disponen de una antena, un transceptor y un decodificador. Estos lectores envían y reciben información hacia y desde las etiquetas mediante las antenas.

Las etiquetas se clasifican dependiendo de las aplicaciones de uso, en base a las siguientes características: la frecuencia de comunicación (ver Tabla 1); el protocolo de comunicación entre etiqueta y lector; la alimentación de las etiquetas, activas o pasivas; y la forma de almacenamiento de datos, sólo de lectura o de lectura y escritura.

Rango de frecuencia	Características	Aplicaciones típicas
Tipo: Low Frequency (LF): 100-500 KHz	Corto o medio rango de lectura, bajo coste y baja velocidad de lectura.	Control de acceso. Identificación de animales. Control de inventario.
Tipo: High Frequency (HF): 10-15 MHz	Corto o medio rango de lectura, bajo coste y velocidad de lectura media.	Control de acceso. Tarjetas inteligentes.
Tipo: Ultra High Frequency (UHF): 850 - 950 MHz 2.4 - 5.8 GHz	Largo rango de lectura, coste mayor y alta velocidad de lectura.	Sistema de telepeaje. Monitorización de trenes.

Tabla 1: Frecuencias de comunicación típicas de etiquetas en sistemas RFID

2.2. TECNOLOGÍA GPS

El GPS (*Global Positioning System*) es un sistema de navegación global por satélite desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Este sistema proporciona servicios de localización en todo el mundo con una precisión de metros. Originalmente fue desarrollado con fines militares, sin embargo -dadas sus aptitudes para la navegación y el bajo costo de aplicación-, el Gobierno de los Estados Unidos habilitó el sistema para su uso civil.

El sistema lo componen los siguientes tres segmentos:

- *Segmento espacial*: un número variable de satélites no geoestacionarios, cuyas órbitas están sincronizadas para obtener una cobertura global. Cada satélite envía a la Tierra señales de radio codificadas que contienen información sobre su posición, hora y fecha actuales. Los satélites son alimentados con energía solar y con baterías de respaldo.
- *Segmento de control*: se encarga de revisar el correcto funcionamiento de los satélites, la integridad de sus señales y su recorrido orbital sobre la Tierra. También envían información a los satélites para corregir desviaciones que puedan tener los satélites.
- *Segmento de usuario*: son los dispositivos finales, es decir, los receptores GPS que se utilizan cotidianamente. Estos receptores recopilan la información de los satélites, la procesan y calculan la fecha, la hora y la posición actuales.

Los receptores GPS, para el cálculo de su posición, deben conocer la posición de los satélites y la distancia hasta ellos. Para ello, el receptor debe recibir dos tipos de información: el almanaque y las efemérides. El almanaque contiene la posición aproximada de los satélites; esta posición es almacenada en la memoria del receptor para conocer la órbita de los satélites. Dado que los satélites pueden viajar con pequeñas desviaciones fuera de su órbita, el segmento de control envía a los satélites la información orbital corregida; estos datos, llamados *efemérides*, son la posición exacta de los satélites y son válidos durante cuatro o seis horas. Las fuentes de error más comunes del sistema GPS son: los retrasos en la ionosfera y en la troposfera de la señal de los satélites, que afecta al cálculo que tienen que realizar los receptores para obtener la distancia a cada satélite; los errores orbitales, que son desviaciones de la posición informada por los satélites respecto de la real; los errores del reloj del receptor; el número de satélites visibles y su posición.

2.2.1. Mejoras en la precisión con el sistema SBAS

El sistema de aumentación basada en satélites, SBAS (*Satellite Based Augmentation System*) es un sistema de corrección de las señales que los satélites del sistema GPS transmiten a los receptores GPS. Actualmente existen varios sistemas SBAS (Sarma et al. 2009, Sun 2009), algunos en fase de desarrollo. En Europa, el sistema SBAS utilizado es el EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), en Estados Unidos y Canadá el WAAS (*Wide Area Augmentation System*), en Japón el MSAS (*Multi-*

functional Satellite Augmentation System) y en India el GAGAN (*GPS And GEO Augmented Navigation*), y cuentan como característica común la compatibilidad entre ellos. El sistema EGNOS proporciona una señal de navegación que es adecuada para cualquier forma de transporte, al contrario de otros, más dedicados a la navegación aérea.

2.2.2. Reducción en los tiempos de posicionamiento mediante A-GPS

Los receptores GPS procesan las señales de los satélites, pero hasta que no localizan y reciben la señal de al menos cuatro de ellos no son capaces de determinar su posición. Este proceso puede durar incluso varios minutos. Además, bajo ciertas condiciones la recepción de las señales puede verse comprometida -por ejemplo, cuando el receptor se encuentra rodeado de edificios-. En estas situaciones es posible que el receptor nunca llegue a calcular su posición correcta -también llamado fijar su posición-. Al tiempo que tarda en fijar su posición por primera vez se le conoce como TTFF (*Time To First Fix*) (Zhang and Lin 2009, Liu et al. 2009).

El A-GPS, o GPS Asistido, posibilita que el receptor GPS obtenga rápidamente la información necesaria para la búsqueda de los satélites y fije su posición en un intervalo de tiempo pequeño, reduciendo el TTFF de minutos a segundos. También mejora la sensibilidad del receptor, calculando la posición de manera más precisa.

Sin embargo, cierta información que los servidores A-GPS proporcionan depende de la posición en la que se encuentra el receptor GPS y ésta, en el momento inicial, no se conoce; por tanto, es necesario combinar la técnica de localización GSM, en conjunción con el A-GPS, para conseguir un resultado óptimo. La localización GSM permite obtener una posición aproximada, dado que las operadoras de telefonía ofrecen un servicio que permite conocer la célula o células GSM utilizadas por un dispositivo móvil.

2.3. TECNOLOGÍA GPRS

El GPRS (*General Packet Radio Service*) es una tecnología que proporciona servicios de transmisión de datos orientados a paquetes (Wang and Lei 2010, Sandu et al. 2010, Chen et al. 2010). Esta tecnología es adecuada para transmisión de datos, al contrario que GSM, más recomendada para transmisión de voz. Las características más importantes del GPRS son las siguientes: la facturación se realiza por datos transmitidos, no por tiempo de conexión; la velocidad de transferencia puede ser de hasta 144 Kbps, pudiendo tener varios canales asignados, aumentando la velocidad de transmisión; conexión permanente, el dispositivo puede estar siempre conectado, puesto que no hace uso de los recursos de la red, mientras no transmita ni reciba; y por último, un uso eficiente de los recursos de la red, ya que sólo se gastan recursos de la red cuando se está transmitiendo o recibiendo datos.

3. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han propiciado cambios, tanto en el uso como en las formas de aplicación de los sistemas o procesos; algunos ejemplos los encontramos en (Jiménez 2008, Chica 2005). Además, las técnicas de *soft computing* (Sedano 2010) han permitido la incorporación de inteligencia artificial en las distintas aplicaciones.

La aplicación que se presenta es novedosa, dado que permite registrar tanto las rutas como los pasajeros, ya que un verdadero control del *Carpooling* sólo se consigue adquiriendo información de la ruta realizada y de los pasajeros. En la Fig. 1 se presenta un ejemplo del mismo, donde se muestran los diferentes agentes de la aplicación.

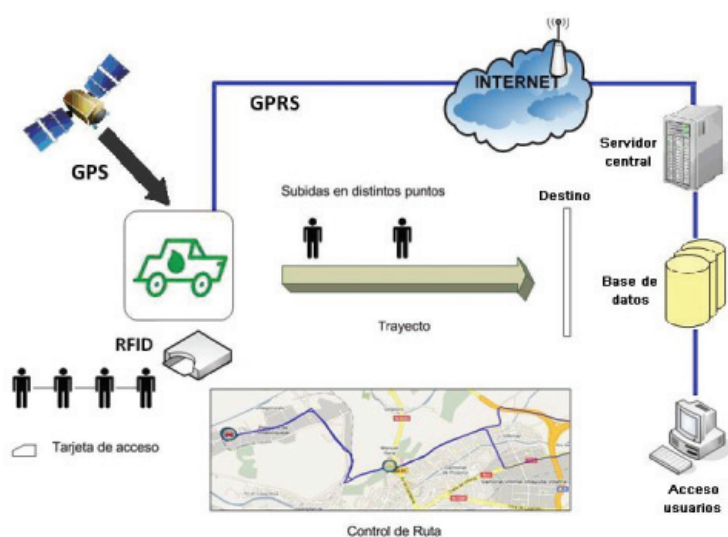


Fig. 1: Esquema de la arquitectura del sistema

El proceso de uso de la aplicación que se detalla se corresponde con los trabajadores, por ejemplo, de un polígono industrial o de un parque tecnológico a los que se les ofrece este servicio. Una persona que desea realizar *Carpooling* deberá seguir el siguiente proceso.

1. La persona interesada en utilizar el sistema deberá registrarse en la aplicación, a través la página Web o en la oficina de movilidad del polígono o del parque tecnológico. En la oficina de movilidad se entregará a cada usuario una tarjeta personal, que le identificará cuando viaje como pasajero en un viaje.
2. Una vez registrado, el usuario oferta las plazas vacantes de su coche (en el caso de que actúe como conductor), o el viaje que desee realizar (si actúa como pasajero). El conductor tiene que recoger el dispositivo electrónico –Sección 4– en la oficina de movilidad.
3. Realiza un proceso de búsqueda de los viajes ofertados por otros usuarios en función de ciertos parámetros como el destino. El contacto entre los usuarios se realiza por teléfono o por correo electrónico.

4. Si los usuarios se ponen de acuerdo, los agentes del proceso ya están localizados y pueden compartir el vehículo en la forma que hayan pactado, beneficiándose de los ahorros en costos mediante políticas de incentivos del propio parque como bonos de combustible.

La aplicación cuenta con un servidor, donde se encuentran alojadas una serie de páginas programadas en ASP.NET (*Active Service Pages*), que se encargan de recibir los mensajes enviados por el dispositivo mediante GPRS y almacenarlos en una base de datos -registrar la ruta realizada y los pasajeros-.

El seguimiento de los viajes por parte de los usuarios puede realizarse a través de la página Web, así como la obtención de informes, que permiten conocer los kilómetros realizados, el número de pasajeros, las estimaciones del ahorro en combustible y en emisiones de CO₂, etc.

Las ventajas que incorpora la aplicación son la identificación de los usuarios -autenticación-, que facilita la gestión por parte de la empresa concesionaria, la exactitud en el uso del servicio -kilómetros compartidos-, que permite bonificar de forma cuantitativa, y por último, la incorporación de medidas de sostenibilidad en el transporte privado.

4. DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

El dispositivo, diseñado y desarrollado en el ITCL, es de pequeño tamaño para poder ser instalado en el interior del vehículo. Se encarga de recoger información de los ocupantes de un vehículo y del trayecto efectuado, enviando esta información a un servidor remoto mediante tecnología GPRS. La información queda totalmente registrada y normalizada, conociendo los desplazamientos realizados, tanto por el dueño del coche como por los acompañantes.

El dispositivo está formado por: un módem GPRS que realiza las tareas de comunicación con el servidor; un receptor GPS que recoge las señales de los satélites y calcula la posición del dispositivo; un lector *Mifare* que permite conocer quién está en el vehículo en cada momento, para ello cada usuario tiene su propia tarjeta identificativa; una interfaz de comunicación que proporciona retroalimentación al usuario y está formada por una pantalla que muestra mensajes de información a los usuarios y un zumbador que se activa en función de los eventos del viaje. En la Fig. 2 se presenta el dispositivo desarrollado.



Fig. 2: Dispositivo dentro de la carcasa y circuitería interna

La aplicación del dispositivo está íntegramente desarrollada en *Java*. El dispositivo se basa en la plataforma J2ME (Java 2 Micro Edition), que se trata del subconjunto de *Java* utilizado para la programación de pequeños dispositivos inalámbricos o embebidos. A continuación, en la Fig. 3, se presenta la programación que permite la inicialización del dispositivo y sus periféricos.

```
//Inicializa el dispositivo
void setInitialConfig() {
    try {
        lcd = new LcdSPI();
        lcd.write("CARPOOLING", "COMPROBANDO", "HARDWARE");
        loadConfigFile();
        initializeDevice();
        startGPS();
        reader = new MifareReader();
        buzzer = new Buzzer();
        buzzer.activate(2, Buzzer.SHORT_BEEP);
    } catch (Exception e) {
        lcd.write(e.getMessage());
    }
}
```

Fig. 3: Código para la inicialización del dispositivo y sus periféricos

El funcionamiento del dispositivo, de diseño propio, se expone a continuación:

1. Se inicializan los componentes del dispositivo, entre los que se encuentran la pantalla de visualización, el módem GPRS, el receptor GPS, el lector y el zumbador. Si la inicialización de todos los componentes se realiza con éxito, el zumbador se activa, indicando al usuario que todo funciona correctamente.
2. Una vez inicializado el dispositivo, se espera a que tenga conexión GPRS. Cuando esto sucede, el dispositivo obtiene la celda GSM que está utilizando en ese momento y se la envía al servidor; el servidor, por localización GSM, obtendrá la posición aproximada del dispositivo y le responderá con ella.
3. El dispositivo, en caso de que no haya fijado la posición GPS todavía, descargará la información necesaria para llevar a cabo el A-GPS. Para ello se conectará al servidor A-GPS, recibirá los datos, los transformará y se los hará llegar al receptor GPS.
4. A partir de ese momento, en intervalos fijos de tiempo parametrizables, el dispositivo enviará al servidor su posición. El servidor le responderá con la dirección en la que se encuentra para que sea mostrada en la pantalla como información para el usuario.
5. En el momento en que un usuario suba o baje del automóvil, el sistema enviará un mensaje al servidor indicando que ha sucedido ese evento; el servidor registrará esa información y responderá al dispositivo

con los datos del usuario que produjo el evento para que los muestre por la pantalla.

5. ENSAYOS

Para comprobar el correcto funcionamiento y las funcionalidades de la aplicación informática, se han realizado las pruebas y ensayos que se presentan a continuación, clasificados en dos grupos:

1. Trayectos cortos por zonas urbanas, donde el tiempo de los viajes realizados son inferiores a una hora. En estos trayectos, el objetivo principal es cronometrar el tiempo en que el dispositivo arranca y comienza a enviar la posición exacta. Se circula por calles con edificios altos, en las cuales la señal GPS se recibe con mayor dificultad, poniendo a prueba la sensibilidad de la antena utilizada.
2. Trayectos largos, por zonas urbanas e interurbanas, con tiempos superiores a una hora, donde se comprueba la robustez del dispositivo; es decir, si no se bloquea, si no hay problemas en las comunicaciones con el servidor, si la alimentación del mechero del coche es adecuada para el dispositivo (transitorios, picos de tensión, etc.). En estas pruebas se realizan paradas y cortes en la alimentación del dispositivo para observar los tiempos que tarda el receptor GPS en volver a obtener la posición exacta. En la Tabla 2 se presentan las estadísticas de uno de los ensayos junto a la ruta realizada en el mismo Fig. 4.

Los ensayos realizados han permitido detectar y analizar diferentes errores en el dispositivo, los cuales se enumeran a continuación junto con la solución propuesta e implantada:

1. El diseño de un dispositivo de reducidas dimensiones con varias antenas provoca interferencias e interacciones. Esto obligó al rediseño del dispositivo, la selección de equipos de menor potencia y la separación física en el dispositivo.
2. El tiempo para fijar la posición (TTFF) en arranques fríos era muy elevado -hasta 10 minutos-. El motivo es que el receptor GPS tiene que esperar un cierto intervalo de tiempo hasta que obtiene de los satélites sus efemérides y almanaques. La alternativa utilizada para evitar este problema ha sido la utilización del mecanismo A-GPS -haciendo uso de la tecnología GSM-, permitiendo arranques en frío menores a 35 segundos.
3. La pérdida de cobertura GPRS en determinadas zonas depende del estado del servicio y de las condiciones meteorológicas. La solución en este caso se resolvió por software, ya que las pérdidas de cobertura eran ocasionales y en intervalos breves de tiempo, manteniendo al dispositivo en espera, de forma replicada, sin posibilidad de bloqueo.

Trayecto	Figueres – Burgos
Kilómetros registrados	674.91 Kms
Duración	6.5 horas
Rutas obtenidas	3
Figueres – Santa Perpètua de Mogoda	116.69 Km
Vilafranca del Penedès – Candasnos	158.97 Km
Candasnos – Burgos	399.25 Km
TTFF de las 3 rutas (segundos)	10, 8, 23
Pérdidas de cobertura	8
Pérdidas de señal GPS	1
Porcentaje de lecturas de tarjeta correctas	100 %

Tabla 2: Estadísticas de uno de los ensayos



Fig. 4: Ruta de uno de los ensayos

En la Tabla 2 se muestra la información más importante registrada durante el viaje. El trayecto fue desde Figueres hasta Burgos, registrando unos 675 Km durante seis horas y media. La distancia entre los dos puntos es de 735 Km; sin embargo se realizó una prueba en la que se apagó el dispositivo durante unos 60 Km, para determinar lo que tardaba el dispositivo en volver a registrar coordenadas válidas después de un arranque en frío.

Como puede observarse se registraron 3 rutas; esto se debe a dos comprobaciones que se realizaron para verificar el correcto funcionamiento del dispositivo: la primera, comentada anteriormente, fue para comprobar que el mecanismo del A-GPS funcionaba según lo previsto y que el TTFF era pequeño; la segunda, para comprobar que cuando el dispositivo se encuentra más de 15 minutos en la misma posición y retoma el viaje se crea otra ruta.

El TTFF de las 3 rutas logró tiempos de 10, 8 y 23 segundos. Se detectaron ocho pérdidas de cobertura, entre las voluntarias -desconectar el dispositivo del mechero del coche- y las involuntarias -zona con escasa cobertura-. Durante toda la ruta, el dispositivo tan sólo perdió la señal GPS en una ocasión, recuperándola en menos de 30 segundos. El resto de dispositivos y comunicaciones no produjo ningún error o incidencia.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha presentado una novedosa aplicación, que utiliza diferentes tecnologías, para mejorar las políticas de movilidad sostenible, buscando cambios en los hábitos de desplazamiento de los trabajadores hacia sus puestos de trabajo, el uso racional del vehículo particular y un aumento del índice de ocupación del vehículo. Se han explicado las diferentes tecnologías utilizadas y cómo la utilización de A-GPS permite disminuir el tiempo necesario para obtener una posición válida. Se han mostrado las informaciones obtenidas en los ensayos y se han presentado los errores que se han producido y detectado durante los mismos, sus causas y las acciones de mejora.

Nuestro trabajo futuro buscará disminuir los tamaños de los componentes que integran el dispositivo, de forma que puedan ser incorporados en los sistemas de una forma embebida, a la vez que puedan ser diversificados sus usos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 2009 World Population Datasheet. Washington: Population Reference Bureau, 2009.
- CHEN X, ZHANG H, CHANG YC et al. "Experimentation and performance analysis of multi-interfaced mobile router scheme". *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2010, vol. 18, núm. 6, p. 407-415
- CHICA JA. "STEEL: Tecnologías de la información para facilitar la adaptación a los Eurocódigos estructurales de acero". *Dyna (Bilbao)*. 2005, vol. 80, núm. 7, p. 14-16
- *Estrategia Española de Movilidad Sostenible (EEMS)*. Madrid: Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.
- *Estrategia Regional de Desarrollo Sostenible 2009-2014. Capítulo 4: Nuevas Pautas de Movilidad y Transporte*. Castilla y León: Junta de Castilla y León. (BOCYL nº 226, 25 de Noviembre de 2009)
- ITCL-Instituto Tecnológico de Castilla y León. <http://www.itcl.es/> 09.07.2010
- JIMÉNEZ F, APARICIO F. "Aportación de los ITS a la sostenibilidad y mejora del transporte por carretera". *DYNA (Bilbao)*. 2008, vol. 83, núm. 7, p. 434-439
- *Libro Verde de la Comisión: Para una Nueva Cultura de Movilidad Urbana*. Unión Europea, 2007. COM (2007) 551-final
- LIU Z, FAN C, ASANO S et al. "An Efficient Acquisition Scheme for a High Sensitivity Assisted GPS Receiver". *IEICE Transactions on Communications*. 2009, vol. E92B, núm. 9, p.1875-1883
- SANDU F, SZEKELY I, ROBU Det al. "Performance measurement for mobile data streaming". *Computer Standards & Interfaces*. 2010, vol. 32, núm. 3, p.73-85
- SARMA AD, RATNAM DV, REDDY DK. "Modelling of low-latitude ionosphere using modified planar fit method for GAGAN". *IET Radar Sonar and Navigation*. 2009, vol. 3-6, p.609-619
- SEDANO J, CURIEL L, CORCHADO E et al. "A soft computing knowledge identification framework for detecting thermal insulation failures in Buildings". *Integrated Computer Aided Engineering*. 2010, vol. 17, núm. 2, p. 103-115
- SUN S. *SBAS/INS Hybridization Simulation and Performance Analysis*. Los Alamitos, California: IEEE Computer Soc. 2009. ISBN: 978-0-7695-3604-0
- WANG P. and LEI P. *Wireless SMTP Protocol Research and Realization Based on GPRS*. Irvin, California: Sci Res Publ, Inc-Srp. 2010. ISBN: 978-1-935068-10-5
- ZHANG W. and LIN V. *New GNSS Navigation Messages to Facilitate Fast TTFF and High Sensitivity*. Irvin, California: Sci Res Publ, Inc-Srp. 2009. ISBN: 978-1-935068-03-7