

**PROYECTO GIROADS: SISTEMA DE PEAJE BASADO EN GNSS SOBRE UNA  
PLATAFORMA MULTISERVICIO LBS**

**VII CONGRESO ESPAÑOL DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

**Temática: Sistemas de Peaje e ITS**

**Rocío Sánchez Fernández**

**Ponente.** Ingeniero Superior de Telecomunicaciones. GMV Sistemas. Parcela 101 – PTB Boecillo – 47151 Valladolid – Tel. +34 983 54 65 54 e-mail: [rrsf@gmv.es](mailto:rrsf@gmv.es)

**Javier Paniagua Sanz**

Ingeniero en Electrónica. Project Manager. GMV Sistemas. Parcela 101 – PTB Boecillo – 47151 Valladolid – Tel. +34 983 54 65 54 e-mail: [japs@gmv.es](mailto:japs@gmv.es)

**Sara Gutiérrez Lanza**

Ingeniero Técnico Industrial e Ingeniero en Electrónica. GMV Sistemas. Isaac Newton 11 – PTM Tres Cantos – 28760 Madrid – Tel. +34 91 807 21 00 e-mail: [ssgl@gmv.es](mailto:ssgl@gmv.es)

**Juan Guillermo Jordán**

LISITT - Laboratorio Integrado de Sistemas Inteligentes y Tecnologías de la Información en Tráfico – Universidad de Valencia

**José Santa Lozano**

Dept. Ingeniería de la Información y las Comunicaciones Facultad de Informática - Universidad de Murcia

**Ignacio Fernández Hernández**

Ingeniero Superior Industrial del ICAI. GMV AD

**Pedro Gómez Martínez**

Ingeniero Superior de Telecomunicaciones. GMV AD

## RESUMEN

El sector de la carretera representa uno de los mayores mercados para aplicaciones GNSS, experimentando un continuo crecimiento en los últimos años. Los Sistemas Inteligentes de Transporte basados en la navegación por satélite son una componente importante en la respuesta a una creciente movilidad personal y de mercancías.

La filosofía del proyecto GIROADS (*GNSS Introduction in the ROAD Sector*) es que ciertas aplicaciones GNSS clave harán realidad la política europea e internacional de transporte dando lugar a esquemas de provisión de servicios de interés para la comunidad de usuarios de la carretera. GIROADS también identificará aplicaciones del sector donde EGNOS y Galileo son “facilitadores” de forma que el enfoque propuesto se considera como un importante paso hacia la viabilidad comercial de Galileo.

GIROADS propone un sistema abierto, escalable, capaz de integrar gran número de aplicaciones y proveedores de servicio, que se analizan bajo una perspectiva técnica, regulatoria y comercial.

## INTRODUCCIÓN

GIROADS está llevado a cabo por un consorcio de 31 socios liderado por la *European Union Road Federation (ERF)* –asociación europea que agrupa a todos los segmentos del sector de la carretera y actúa como una plataforma para el diálogo y la investigación en aspectos de movilidad-. GIROADS involucra a algunos de los actores más representativos de la comunidad de la carretera y de la comunidad GNSS a lo largo de la cadena de valor, incluyendo la participación de países como China y el apoyo de autoridades de transporte a nivel nacional en diferentes países.

Dentro del proyecto se incluye una actividad dedicada a los sistemas de peaje automáticos basados en los sistemas de navegación vía satélite. Esta actividad, coordinada por GMV y en la que también participa el Laboratorio Integrado de Sistemas Inteligentes y Tecnologías de la Información en Tráfico (LISITT) de la Universidad de Valencia además del Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones Facultad de Informática de la Universidad de Murcia, propone que la flexibilidad, escalabilidad y bajo coste de los

sistemas basado en GNSS los hacen idóneos para la siguiente generación de sistemas de peaje automático.

En el presente artículo se describirá exhaustivamente la actividad realizada en la que se analizará la aplicación de EGNOS, como presente inmediato, y GALILEO, en el futuro, en este tipo de sistemas.

## **1 ANÁLISIS PRELIMINAR**

Uno de los objetivos de GIROADS, es el proponer una arquitectura técnica que pueda ser utilizada para el caso particular de los sistemas de peaje automático. Antes de proponer un diseño, es necesario realizar un estudio de los diferentes requerimientos que ese sistema debe cumplir.

### **1.1 Marco Regulatorio**

La directiva europea 2004/52/EC establece las bases para la implantación de un sistema paneuropeo de Peaje Electrónico (en inglés, Electronic Fee Collection, EFC) y de un Servicio Europeo de Peaje Electrónico (en inglés, European Electronic Tolling Service, EETS), que garantice la interoperabilidad de los distintos sistemas a nivel técnico, funcional y contractual entre los países que son parte de la Comunidad Económica Europea y que se base en el principio de “un contrato-un OBU (On-Board Unit, en inglés)”.

Aunque la directiva europea recomienda la adopción del posicionamiento vía satélite así como de comunicaciones basadas en telefonía móvil para los nuevos sistemas de cobro a partir del año 2007, deja también abiertas un gran número de opciones técnicas.

Los operadores de peaje pueden optar por tecnologías específicas para cumplir con los requerimientos básicos en EFC (detección de fraudes, privacidad de datos, etc.). Sin embargo, a un nivel superior, es necesario concretar las tecnologías y la forma de gestionar de los diferentes proveedores de servicio EFC establecidos en todos los países.

Los sistemas actuales para el peaje automático se basan en tecnologías DSRC (comunicaciones de corto alcance) y ANPR (reconocimiento automático de la matrícula del vehículo). Estas tecnologías, además de precisas y robustas, gozan de una madurez contrastada. Pero su poca flexibilidad y su elevado coste de implantación y mantenimiento

hacen que su aplicación se restrinja a los actuales esquemas de peaje, es decir, autopistas o zonas limitadas de no excesivo tamaño en el que el control del flujo de vehículos se establece en un número pequeño y acotado de puntos de paso. Pero cualquier intento de variación de la geometría de esas zonas o la introducción de esquemas de cobro más justos (por distancia recorrida por el vehículo o por tiempo de estancia) implica un alto coste en nuevas infraestructuras. Sin embargo, el peaje electrónico basado en GNSS se caracteriza por flexibilidad y escalabilidad, dando solución a nuevos esquemas de peaje, en los que un sistema de peaje electrónico sería inviable utilizando los sistemas actuales.

## 1.2 Interoperabilidad

La interoperabilidad en su sentido más amplio gira en alrededor de dos requerimientos. Primero, hay un requisito respecto a la transacción monetaria; los usuarios firmarán un único contrato con un determinado operador de peaje de forma que permita el pago de peaje asociado al uso de infraestructuras controladas por terceros operadores. Pero además existen unos requerimientos técnicos de forma que los usuarios con una única OBU deben de ser capaces de interactuar con los diferentes sistemas EFC. Esto implica que cualquier OBU debe ser capaz a su vez de operar correctamente bajo infraestructuras de cobro y detección de fraudes de distintos sistemas EFC.

Implementar un sistema totalmente interoperable obliga a decidirse sobre dos tipos de arquitecturas, una en la que se opta por un **OBU inteligente** y otra que apuesta por un **OBU ligero**.

Aunque ambas arquitecturas son esencialmente idénticas para el usuario final, los mecanismos de cobro varían de forma significativa entre ambos escenarios. En el modelo basado en el OBU ligero, un sistema central es el que se encarga de recoger las posiciones enviadas por los vehículos y compararlas con las zonas de cobro asociado a un determinado esquema de cobro. El modelo basado en el OBU inteligente, sin embargo, es el OBU quién almacena en su memoria interna todas las zonas de cobro así como la tarifas asociadas, detectando por sí solo si el vehículo ha entrado en un área de cobro y calculando el correspondiente peaje.

## 1.3 Análisis Técnico

Un primer comentario técnico es sobre las limitaciones de capacidad de memoria de los OBU y la obligatoriedad de mantener constantemente actualizada la información para no

cometer errores de cobro. En un escenario donde el número de zonas de cobro es limitado y las tarifas correspondientes son estables con el tiempo, todas las zonas pueden estar razonablemente almacenadas en la memoria del OBU. Sin embargo, en el futuro el número de áreas de cobro se espera que crezca en número y en complejidad incluso dentro del mismo país. Esto requeriría constantes actualizaciones para garantizar la corrección en los cobros y por consiguiente mayor capacidad de memoria. Asimismo, el volumen de comunicaciones está directamente relacionado con la opción de OBU elegida. En el caso del OBU ligero, el volumen de comunicaciones permanece constante con el tiempo; el OBU únicamente envía la posición que será procesada por el Sistema Central. Los procesos de roaming en el caso del OBU inteligente necesitan la actualización de los diferentes parámetros asociados al cálculo del peaje correspondiente (bordes de la zona y tarifa) y por tanto mayores cantidades de datos enviados al Sistema Central.

Cualquier cambio en los esquemas de peaje tiene importantes implicaciones en la arquitectura. En el caso del OBU inteligente, el cambio de los parámetros de las áreas de cobro requiere la actualización de la información de cobro desde el Sistema Central a todos los OBUs, multiplicando el riesgo debido a actualizaciones incorrectas y, por tanto, cobros incorrectos. En el modelo del OBU ligera, sin embargo, el proceso de roaming es totalmente transparente para el OBU, puesto que la detección de un cambio de zona de cobro, o de sus parámetros asociados, se realiza directamente en el Sistema Central.

Además, como las posiciones en el caso del OBU inteligente se tendrán que enviar a diferentes Sistemas Centrales (cada operador tendrá el suyo propio), los datos de localización no se podrán utilizar para otras aplicaciones basadas en la localización a menos que los operadores firmen acuerdos para compartir esos datos con otros proveedores de servicios. Esto complica la aplicación de la directiva de privacidad de datos, puesto que la información privada de localización de un usuario será almacenada por diferentes Sistemas Centrales. En el caso del OBU ligero, las posiciones se almacenarán únicamente en una única base de datos.

#### **1.4 Preocupación Por La Seguridad**

Los servicios de EFC giran alrededor del concepto de pagar por un servicio. La política de seguridad a aplicar es, por tanto, comparable con la de las transacciones económicas entre entidades bancarias.

El concepto de seguridad propuesto para los sistemas EFC asume que el único elemento del OBU que debe tenerlo en cuenta es un sencillo modulo de identificación de proveedor (en inglés, Provider Identification Module, PIM). Este módulo identifica al proveedor y usuario únicamente tiene la responsabilidad del correcto funcionamiento del OBU, siendo consciente de que cualquier intento de engaño podrá ser detectado por los elementos de detección de fraude.

La gran ventaja del OBU ligero es que no envía información sobre los datos de los pagos y por tanto no tiene por qué comunicarse con terceros actores. El OBU da cuenta de los datos de sus posiciones al sistema Central el cual solo requiere confidencialidad en sus comunicaciones, gracias a un módulo software de seguridad localizado tanto en el OBU como en el sistema Central.

### **1.5 Detección De Fraude**

Los operadores de peaje deben instalar los métodos de detección de fraude para poder identificar y perseguir a aquellos que traten de evitar sus obligaciones. Todo sistema de detección de fraude necesitará los datos del sistema EFC para determinar si el OBU está funcionando correctamente, de forma que el pago correspondiente sea adecuadamente cobrado. Además, también puede suceder que sea necesario parar a los vehículos infractores en el momento y poder hacer las comprobaciones directamente contra el sistema EFC inmediatamente.

Como existen muchas restricciones legales para los sistemas de detección de fraude –y distintos aspectos tanto técnicos como económicos a considerar- las soluciones propuestas deberían permitir en su implantación distintos esquemas de detección de fraude (por ejemplo sería el diferenciar únicamente equipos equipados con OBU y equipos no equipados).

Se ha dicho que el trasladar la importancia de los sistemas de detección de fraude hacia servidores remotos impone restricciones a la hora de localizar fraudes en tiempo real, pero, sin embargo, presenta grandes ventajas en términos de mayor flexibilidad e interoperabilidad de los sistemas puesto que es independiente de la inteligencia de los OBU o de los protocolos específicos de comunicación entre los distintos elementos del sistema. Es más, incluso bajo el escenario de la OBU ligera, la provisión de información a tiempo real

al usuario sobre la entrada en la zona de cobro puede ser enviada a los usuario mediante sencillas pantallas de mensajes.

### **1.6 El Modelo De Negocio**

Para optimizar los beneficios derivados por los usuarios de las carreteras y reducir el precio de las OBUs, es imprescindible el asegurar una gran penetración de las aplicaciones basadas en localización y de su uso. Para poder implantar estrategias hacia mercados de masas, es necesario el conseguir unos esquemas de precios acordes con estructuras de tarifas diseñadas para maximizar el uso y la diversidad de los servicios de localización.

Las opciones tecnológicas a tener en cuenta deben estar alineadas con los anteriores escenarios de mercados de masas, especialmente si se comparan con las aplicaciones competidoras no basadas en GNNS. Mientras que el OBU ligero proporciona más y más variados servicios (pues maneja datos genéricos de posicionamiento que pueden ser usados por diferentes aplicaciones), la OBU inteligente está específicamente diseñada para los servicios EFC y el añadir procesos para soportar servicios añadidos implicaría nuevos desarrollos para adaptar el OBU a estos servicios.

Además, cuanto mayor es la complejidad del OBU, mayores barreras a la entrada de nuevos actores, tanto en lo concerniente a la fabricación de OBUs como a la provisión de servicios. Las oportunidades a nuevos proveedores y proveedores de servicios se multiplican en un escenario basado en la OBU ligera, lo que significa mayores beneficios a los usuarios en términos de calidad de productos y precios más asequibles.

## **2 ARQUITECTURA DE GIROADS**

La idea básica en la que se basa la arquitectura GIROADS es el desarrollo de una plataforma horizontal que proveerá de servicios específicos por medio de unos Centros de Servicios específicos de cada aplicación. Esta arquitectura, por tanto, podrá dar cualquier servicio basado en la localización.

Desde un punto de vista general, la arquitectura de GIROADS puede observarse en la siguiente figura:

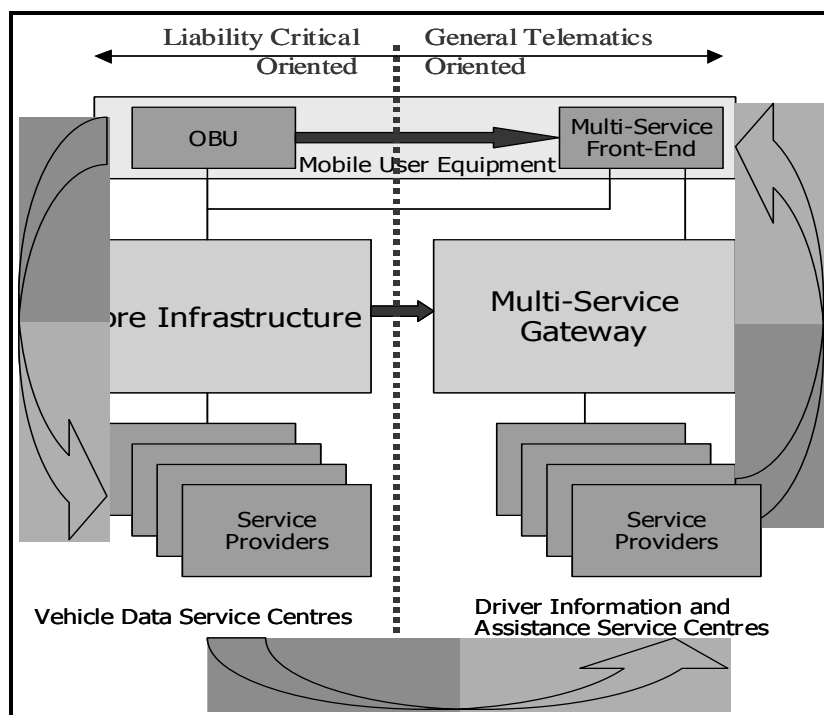


Figura 1: Arquitectura general de GIROADS

En la figura, es posible identificar los siguientes elementos de la arquitectura de GIROADS:

### 1) MUE (Mobile User Equipment) / Equipo móvil:

Está a su vez compuesto por dos elementos; por un lado estará el OBU que es el elemento responsable de la determinación de la posición de usuario así como del envío de esas posiciones al Sistema Central. Por otro lado, está el Multi-Service Front End (MFE) que es el elemento que proporciona el interfaz de usuario. Este dispositivo estará basado en una PDA (Personal Digital Assistance) o similar y es capaz de proporcionar información no crítica basada en la posición (ruta hacia el destino, información de tráfico, etc.) y proveída por el MSGW (Multi-Service Gateway), que actúa únicamente como enlace entre las aplicaciones clientes y los proveedores de servicios finales. Por supuesto, será el OBU el que envíe la información PVT (posición, velocidad y tiempo) al MFE.

### 2) Core Infrastructure / Sistema Central:

Es el elemento Central de la arquitectura de GIROADS. Se encarga de centralizar la información de posición de todas las OBUs y asegurar la *integridad* y la *privacidad* de esos datos. Se comunica con los Centros de Servicios externos, que necesitan de esa

información para ofrecer los distintos servicios a los usuarios. Más aún, el Sistema Central es el encargado de controlar la configuración de la distintas OBU de acuerdo con la lógica de negocio.

Las comunicaciones entre el Sistema Central y los OBUs están basadas en GPRS (UMTS en el futuro) mientras que se utilizará Internet o líneas dedicadas para los Centros de Servicios clientes.

### **3) Centros de Servicios:**

El Sistema Central se comunicará tanto con los OBUs, que estarán montados en los vehículos, así como con los Proveedores de Servicios (compañías de seguros, operadores de autopista, etc.) que ofrecerán sus servicios a través de los Centros de Servicios en la base la información de posición de los usuarios.

Dos tipos de Centros de Servicios pueden ser identificados:

#### *- Centros de Servicios de Información de Vehículos:*

Este grupo de Centros de Servicios actúan como clientes del Sistema Central ya que éste soporta su operativa. Es decir, los Centros de Servicios proveerán de servicios específicos al usuario basándose en la información de posición del equipo móvil instalado en el vehículo y que este envía al Sistema Central. Alguno de los Centros de Servicio de este tipo pueden ser, por ejemplo, el EFC (del que se ocupa el presente artículo), los Seguros de Pago por Uso, la Generación automática de Información de Trafico, Sistemas de Gestión de flotas, etc. Estos Centros de Servicios están claramente orientados a las aplicaciones denominadas *Liability-Critical*, es decir, aplicaciones en las que el uso de la posición tiene implicaciones legales o monetarias. Por ejemplo, el uso de la posición para el cobro de peaje. La posición debe por tanto tener algún mecanismo intrínseco que indique su idoneidad para poder ser usada en esas aplicaciones.

#### *- Centros de Servicios de Información al usuario y Asistencia*

Se encargan de generar información para informar o asistir al conductor. Esta información puede ser de diferentes tipos. Ejemplo de estos Centros de Servicios pueden ser la provisión de información de tráfico, el guiado hasta el punto de destino, servicios comerciales generales, información turística, etc. En general, este tipo de Centros de Servicios proveerán información bajo demanda de valor añadido a los distintos usuarios y siempre basándose en la propia posición del usuario. Estos servicios están orientadas aplicaciones telemáticas generales y por tanto se las considera,

aplicaciones de tipo *Non-liability-Critical*, pues la posición del usuario solo da servicios de valor añadido sin implicaciones legales a los usuarios.

El objetivo final de esta arquitectura, basada en un OBU ligero, La existencia de una plataforma común para muy diferentes aplicaciones –y componentes específicos que pueden ser diseñados especialmente para cada aplicación- permite una arquitectura versátil para proveer de muy variados servicios usando la posición y la integridad de los datos recibidos desde los equipos móviles.

### 3 INTEGRIDAD DE LA POSICIÓN

Como ya se ha comentado previamente, es necesario que, para las aplicaciones en las que el uso de la posición tenga repercusiones legales, esta disponga de mecanismos intrínsecos que le permitan poder ser utilizada con fiabilidad.

Este tipo de sistemas debe ser diseñado de forma que la probabilidad de una posición incorrecta sea la menor posible, sin embargo, es más importante el tener los medios para poder demostrar esa probabilidad. En opinión del proyecto GIROADS, un sistema en el que este requerimiento no es garantizado -técnica y legalmente-, un sistema tipo *liability-critical* no sería viable debido a que las posiciones incorrectas podrían generar un alto número de reclamaciones de los usuarios.

El OBU desarrollado en GIROADS está específicamente diseñado para garantizar que una posición esté confinada dentro de un círculo de un determinado radio. Esto es lo que en GIROADS se denomina como “**Integridad de posición**”.

Es importante subrayar que la precisión de la posición no está directamente relacionada con la integridad de la posición puesto que un sistema muy preciso no necesariamente tiene porqué satisfacer que sus posiciones sean íntegras. La integridad de posición requiere el uso de un servicio GNSS con incorporación de mecanismos de integridad, como es el caso del servicio ofrecido por EGNOS y, en el futuro, GALILEO. Por tanto, para garantizar la fiabilidad de la posición, el uso de EGNOS y GALILEO es esencial. De otra forma, serían necesarios sensores adicionales en el OBU e infraestructura en las carreteras para poder detectar los errores de la posición GPS. Esto implicaría la implantación de sistemas mucho más complejos y, por tanto, más costosos.

## 4 CONCLUSIONES

Este artículo se ha concentrado principalmente en una descripción técnica de lo que puede considerarse como una de las futuras aplicaciones estrella del mercado LBS, el peaje electrónico basado en GNSS. La directiva 2004/25/EC de la Comisión Europea establece un marco regulatorio para la implantación de un sistema interoperable en torno a dos tecnologías: DSRC y GNSS (apoyadas por comunicaciones de largo alcance como el GPRS). Esta directiva, inicialmente aplicable a los vehículos de transporte de mercancías desde el 2009, se percibe que se irá extendiendo progresivamente al resto de vehículos creando el camino para el desarrollo de numerosas aplicaciones ITS. Estas aplicaciones, ofertadas en forma de paquetes de servicios, tendrán una penetración en el mercado mayor que si cada aplicación se ofertara de forma individual.

Además, la existencia de una plataforma horizontal común dentro de la arquitectura propuesta por GIROADS, permite dar servicio a las aplicaciones *liability-critical*, para las que existen implicaciones legales y comerciales en el uso de la posición. Es en estas aplicaciones en las que la garantía de servicio y la integridad de la posición se perfilan como elementos fundamentales.

El concepto de OBU ligera que propone GIROADS trata de explorar las ventajas que tanto EGNOS como GALILEO proporcionan. Este valor añadido es ofrecido a través de características tales como la fiabilidad de la posición obtenida gracias a la integridad de la posición que se hará posible con el uso de EGNOS/GALILEO, que necesariamente estará integrado con el uso de GPS para poder así obtener los máximos beneficios del uso de ambos sistemas de satélites.

El trabajo llevado a cabo por GIROADS permite una contribución significativa en la evolución de la política de transportes europea y, en particular, en el sector de la carretera, considerando el gran potencial del uso de sistemas GNSS en esta área para un gran número de aplicaciones y servicios.

## BIBLIOGRAFÍA

Sara Gutierrez Lanza (2006). "Introducción de GNSS en el Sector de la Carretera". ITS España 2006

Joaquin Cosmen-Schortmann (2006). "Method and tool for the analysis and design of GNSS-only ETC system of guaranteed performance". ITS World 2006, London

M.A. Martínez-Olagüe (2004). "ADVANTIS: The Added Value of the Galileo Integrity for the Road Transport". European Road Congress

GMV Sistemas, GMV AD (2006). "GIROADS Concept for a reliable EFC system (Discussion Paper)".

Report of Expert Group 9 (2006). "Specification of the EFC application based on satellite technologies". DG TREN

J.G. Jordán, F. Soriano, D. Graullera, G. Martín. (2001). "A comparison of different technologies for EFC and other ITS applications". 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings.

Transport for London (October 2006). "Congestion charging technology trials: Stage 2 final report"