



PROTOTIPO PARA LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA, INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, MONITOREO Y CONTROL DEL TRANSPORTE ESCOLAR

Édgar Fabián Rodríguez Veloza, Félix Roberto Gómez Devia, Diego Fernando Fonseca Linares, Andrés Alfonso García Infante

**Universitaria Agustiniana
Bogotá, Colombia**

Resumen

Este manuscrito presenta los avances de investigación en torno al proyecto “Diseño de prototipo para localización automática, información geográfica, monitoreo y control del transporte escolar”, sustentado a partir de la pregunta de investigación ¿Cómo se pueden utilizar las redes móviles de telecomunicaciones para coadyuvar en la garantía de seguridad, monitoreo y control de los estudiantes durante el recorrido de su ruta escolar? El desarrollo del proyecto de investigación proporcionará una valiosa fuente de información sobre la movilidad de los estudiantes y el comportamiento del sistema de transporte escolar en Bogotá, con lo cual las instituciones educativas podrán mejorar la seguridad y eficiencia del mismo. El diseño del prototipo está basado en el sistema de posicionamiento global -GPS-y la tecnología Arduino.

Palabras clave: AVL; telemetría; GPS; transporte

Abstract

This manuscript presents the research advances around the project "Prototype design for automatic localization, geographic information, monitoring and control of school transport", based on the research question How can mobile telecommunication networks be used to co-operate In guaranteeing safety, monitoring and control of students during the course of their school route? The development of the research project will provide a valuable source of information on the mobility of students and the behavior of the school transportation system in Bogota, so that educational institutions

can improve the safety and efficiency of the same. The prototype design is based on the global positioning system -GPS- and Arduino technology.

Keywords: AVL; telemetry; GPS; transportation

1. Introducción

El transporte escolar es un servicio ampliamente utilizado tanto por instituciones educativas como por los padres de los menores, interesados en la comodidad y seguridad de sus hijos. Si bien, es un servicio de amplia cobertura, reglamentado mediante la normativa expedida por el Ministerio de Transporte, y sustentado mediante el *decreto 348 de febrero 25 de 2015*, el cual reglamenta *“la necesidad de monitorear la prestación del servicio de transporte especial a través de sistema de Posicionamiento Global GPS. La empresa de Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Especial garantizará, a través del proveedor del sistema de monitoreo, el acceso tecnológico para supervisar la prestación del servicio, a la Superintendencia de Puertos y Transporte y a la Dirección de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional, de acuerdo con los protocolos que para tal efecto se establezcan”*.

Actualmente no se ofrecen las garantías de monitoreo y control que la tecnología permite, razón por la cual, genera una alta carga de responsabilidad para las instituciones educativas y una gran preocupación para los padres de familia, dada la imposibilidad de conocer en tiempo real en el transporte de los estudiantes temas como fecha y hora de abordaje, chequeo en la lista de pasajeros, fecha y hora de llegada al destino, alertas para los padres de familia o administrativos de las instituciones educativas indicando tráfico pesado, retrasos de la ruta escolar, accidentes, emergencias o situaciones del vehículo como la posición, la ruta realizada, exceso de velocidad, y en algunos casos, poder mantener una comunicación directa con el conductor o el personal asistente de la ruta con el fin de ofrecer mayor seguridad a los menores..

Mediante esta investigación, se pretende desarrollar un modelo empírico de monitoreo y control de los vehículos de transporte escolar y diseñar un prototipo mediante el cual con el uso de tecnología Arduino, permita realizar la telemetría de estos vehículos en tiempo real. El diseño se fundamenta en el concepto de sistema de localización vehicular AVL (por su sigla en inglés), que consiste en la localización de vehículos mediante el procesamiento digital de señales recibidas de una serie de sensores ubicados en forma estratégica, en conjunción con la información de latitud, longitud, rumbo, altitud y velocidad, recibida desde la constelación de satélites GPS. El dispositivo final coadyuvará a proporcionar mejoras en relación con: manejo de horarios para iniciar operaciones de movilización y entregas de los estudiantes a sus destinos finales, información de la movilidad de los estudiantes en tiempo real, seguridad de los vehículos escolares, tiempos de respuesta en accidentes y emergencias, auditoría a la operación del sistema de transporte escolar, entre otros.

2. Metodología

Se inicia con una metodología exploratoria y descriptiva, enfocándose en una investigación experimental, efectuando la búsqueda en bases de datos y bibliografía especializada en relación con sistemas de localización vehicular AVL, así como, las especificaciones técnicas, recomendaciones y patentes de dispositivos, entre otros. La metodología descriptiva está enfocada en la recolección de datos sobre los diversos conceptos a trabajar, recolectando información relativa a cada concepto y las cuestiones a tratar para su posterior descripción. (Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006) Para el diseño del prototipo se procederá con una metodología exploratoria, la cual se suele utilizar cuando el tema es poco estudiado (Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006) o se tiene varios conceptos diferentes en torno a él, por no ser estudiados a fondo o por su relativa novedad, por tanto se requiere indagar más y tener en cuenta diferentes perspectivas.

Finalmente, se utilizará una metodología de tipo proyectiva, que en palabras de Hurtado (2000), "consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras". En cuanto a la construcción del prototipo,

3. Avances en la investigación

3.1. Estudio de estado del arte sobre localización vehicular

La primera parte de la investigación se ha centrado en el estudio de las patentes relacionadas con sistemas de localización, control o monitoreo vehicular. El estudio se ha focalizado en detalles particulares de cada patente, las cuales se han clasificado, acorde con la oficina de patentes de los Estados Unidos. así:

Tabla 1. Patentes y solicitudes de patente relacionadas con sistemas de localización, control o monitoreo vehicular

Título	Patentes concedidas o solicitudes presentadas
Method for data communication between a vehicle and a remote terminal	US20050016787 US20080218323 CA2391155 EP1299265 US7040435 US7280898 US7434643 US20050016787 US20060213731 US20080218323 WO2001036234

Título	Patentes concedidas o solicitudes presentadas
Method and system for controlling a vehicle given to a third party	US7812712 US7956730 US20070200663 US20100152976
Remote destination programming for vehicle navigation	US8014942 US20080195306 US8014942
Method and system for remotely monitoring the operations of a vehicle	US20080197992 US7880599 US20080211641
Method and system for interacting with a vehicle over a mobile radiotelephone network	US7936256 US8253549 US8547212 US9084197 US20080211641 US20110148658 US20120289295 US20140066135
Method and system for remotely monitoring the location of a vehicle	US8269618 US20110102189
Vehicle monitoring system including automatic preselection of desired satellite receiver	US3718899
Cellular phone based automatic emergency vessel/vehicle location system	US5555286 WO1998006229
Security for transport vehicles and cargo	US5969595

Fuente: Elaboración del autor a partir de la información recuperada de <https://www.google.com/patents/>

A partir de la revisión de las patentes y solicitudes de patente en relación con el tema objeto de estudio, se han extraído los principales atributos de las patentes concedidas, las cuales se detallan a continuación.

Cellular phone based automatic emergency vessel/vehicle location system. Corresponde a la publicación US5555286 A, que trata sobre un sistema de localización de vehículos convencionales o vehículos de emergencia con apoyo en la telefonía celular. De acuerdo con la oficina de patentes, incluye una unidad de navegación para determinar la posición del vehículo una unidad de voz que permite enviar mensajes de emergencia. Algunas características adicionales, incluyen botón de pánico, sensor de lojack, alarma de robo, despliegue de airbag y otras formas de activación remota. El proceso se realiza mediante tonos DTMF configurados en el terminal celular. (Tendler, 1996)

System for integrating a cellular telephone with a vehicle security system. Corresponde a la publicación US 5081667 A, que trata sobre un sistema de interfaz que permite integrar sistemas de comunicación celular con los sistemas de seguridad de vehículos. De acuerdo con la oficina de patentes, el sistema incluye un controlador y una interconexión que permite sincronizar el teléfono celular con el controlador. Incluye el hardware y el software necesarios para conectar los sistemas de seguridad del vehículo al controlador y para interconectar el controlador al vehículo. (A Drori, 1992)

Method of and apparatus for utilizing geographically spread cellular radio networks to supplement more geographically limited stolen vehicle recovery radio networks in activation of radio tracking and recovery of such vehicles. Corresponde a la publicación US 7536169 B2, que trata sobre la ampliación de la capacidad de activación y seguimiento de las redes de radiofrecuencia dedicadas a la recuperación de vehículos robados, mediante el uso de sistemas telefónicos inalámbricos. (A Duvall, Method of and apparatus for utilizing geographically spread cellular radio networks to supplement more geographically limited stolen vehicle recovery radio networks in activation of radio tracking and recovery of such vehicles, 2009)

Technique for operating a vehicle safely in a lane. Corresponde a la publicación US 7656310 B2, que trata sobre un sistema de control y gestión para automóviles, que permite conectar mediante un procesador central, varios subsistemas del vehículo usualmente no relacionados entre sí, con el objeto de realizar funciones sinérgicas tales como conducción inteligente, aparcamiento automático, etc. El sistema emplea una interfaz que ayuda al controlador a administrar las funciones del vehículo. (A Obradovich M. , 2010)

Technique for operating a vehicle effectively and safely. Corresponde a la publicación US 7902969 B2, que trata sobre un sistema de control en un vehículo que ayuda al conductor en la conducción segura y eficaz. De acuerdo con la oficina de patentes, el sistema proporciona asistencia de conducción al usuario teniendo en cuenta la condición física del conductor, la condición del vehículo y las condiciones del entorno. Las condiciones circundantes incluyen, por ejemplo, condiciones de carretera, tiempo y tráfico, externas al vehículo. La condición del vehículo se refiere a las condiciones de los frenos, la dirección, los neumáticos, el radiador, etc. La condición física del conductor hace referencia a los signos de fatiga, estrés y enfermedad, que son monitoreados por el sistema de control para evaluar situaciones de riesgo presentes al momento de conducir. (A Obradovich M. , 2011)

Remote destination programming for vehicle navigation. Corresponde a la publicación US 8014942 B2, que trata sobre un sistema que permite al usuario definir un destino deseado antes de un viaje, mediante programación remota. De acuerdo con la oficina de patentes, el sistema permite que el destino pueda almacenarse en un servidor de navegación remoto, según el perfil del usuario. El sistema opera con ayuda de una interfaz web y sistemas de comunicaciones inalámbricas. El sistema incluye la posibilidad de ayudar a localizar la ubicación deseada sin necesidad de intervención del usuario ni equipos separados de navegación a bordo. (A Moinzadeh, 2011)

Method of and apparatus for utilizing geographically spread cellular radio networks to supplement more geographically limited stolen vehicle recovery networks in activation of radio tracking and recovery of such vehicles. Corresponde a la publicación US 8086215 B2, que hace referencia a un método para ampliar la capacidad de activación y seguimiento de un número limitado de redes de radiofrecuencia dedicadas de recuperación de vehículos robados, activadas desde un centro de control tras la notificación del robo del vehículo. El método, de acuerdo con la oficina de patentes, incluye complementariamente el uso de redes de teléfonos celulares. Mediante este

método, es posible obtener la ubicación aproximada del vehículo robado y hacer su seguimiento hasta lograr su recuperación. (A Duvall, Method of and apparatus for utilizing geographically spread cellular radio networks to supplement more geographically limited stolen vehicle recovery networks in activation of radio tracking and recovery of such vehicles, 2011)

Secure cargo transportation system. Corresponde a la publicación US 7777608 B2, que trata sobre un dispositivo de comunicaciones inalámbricas que comprende una unidad de procesamiento y un subsistema de determinación de localización que se acopla a la unidad y permite determinar la ubicación actual del dispositivo de comunicaciones inalámbricas, haciendo uso del sistema de posicionamiento global (GPS). De acuerdo con la oficina de patentes, el sistema incluye dos subsistemas de comunicaciones inalámbricas, el primero se utiliza para suministrar información de ubicación, utilizando un sistema de comunicaciones celulares y el segundo, permite modular una radiofrecuencia proporcionada por un interrogador remoto, para proporcionar de forma inalámbrica un número aleatorio generado en el dispositivo de comunicaciones inalámbrico como un identificador unívoco del dispositivo. (A Bates, 2010)

3.2. Avances en el diseño del prototipo

El diseño del prototipo está propuesto a partir de fases de desarrollo que consideran:

- Diseño y prueba de software de control para el sistema.
- Diseño de prototipo para monitoreo AVL,
- Diseño de prototipo para del módulo de control de ingreso y salida.
- Pruebas de la central de monitoreo,
- Estudio de reportes y documentación.

A esta altura de la investigación se han definido y desarrollado algunos aspectos puntuales. En primer lugar, se ha definido la arquitectura del sistema, tal como aparece en la Figura 1.

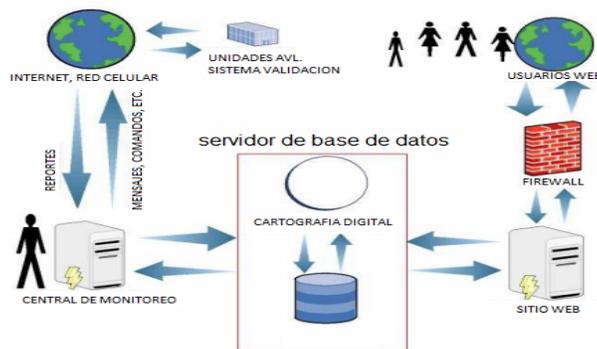


Figura 1. Arquitectura del sistema

Fuente: Elaboración del autor

Se espera que los vehículos sean mostrados sobre cartografía digital en tiempo real. Esta cartografía estará montada sobre un servidor de base de datos, permitiendo utilizarlo como un repositorio para Sistemas de Información Geográfica, con

documentos almacenados digitalmente con alguno de los formatos de información espacial SIG tales como ArcView, MapInfo o GRASS.

La visualización esperada en el ámbito local, es decir dentro de un municipio, sería mediante iconografía que incluya calles y carreras tal como se ilustra en la Figura 2.



Figura 2. Visualización satelital de los vehículos
Fuente: Elaboración del autor

Se espera que los vehículos puedan ser monitoreados online y deberían poder ser localizados y monitoreados vía satélite tal como aparece en la Figura 3, para ello, se pretende construir un website que presente la información de cada uno de los vehículos y la ubicación de los estudiantes durante su recorrido tal como aparece en la Figura 4. A esta información deberían poder tener acceso tanto el personal de la institución responsable del monitoreo y control de los vehículos escolares y el seguimiento a estudiantes, como los padres de los estudiantes. A continuación, se presentan los elementos que se espera puedan ser consultados online. Tal como aparece en la Figura 5.



Figura 3. Visualización satelital de los vehículos
Fuente: Fuente: Elaboración del autor



Figura 4. Módulo de acceso
Fuente: Elaboración del autor



Figura 5. Visualización de los vehículos en el ámbito local
Fuente: Elaboración del autor

Adicionalmente a las facilidades de visualización, el sistema final debería permitir generar reporte de los vehículos en tiempo real. En la Tabla 2 se presenta, en forma detallada, cómo sería el reporte de cada uno de los vehículos. Se aprecia que se puede mostrar cualquier tipo de información georreferenciada, tal como: placa del vehículo, fecha y hora del reporte, velocidad y ubicación del móvil. De igual forma, es posible obtener y presentar la validación del Ingreso y salida de los estudiantes al vehículo escolar.

Tabla 2. Presentación de reportes para monitoreo y control de los vehículos e ingreso y salida de estudiantes

PLACA	FECHA	HORA	VELOCIDAD	MUNICIPIO	BARRIO	DIRECCION	DEPARTAMENTO	EVENTO	CUENTA
COTACÓ	DOMINGO 4 DE	11:20:00 AM	25.0	MIRIGALIERES	ND	ND	Cauca	RD	018
CINCUENIO	DOMINGO 4 DE	11:50:00 AM	0.0	SAN LUIS	ND	ND	Antioquia	RD	018
CINCO	MIERCOLES 7	04:20:00 PM	20.0km/h	SAN LUIS	ND	ND	Antioquia	ND	TX
CINCUATRO	MIERCOLES 7	05:10:00 PM	0.0km/h	NEIVA	ND	ND	Huila	ND	018
CINCO	MIERCOLES 7	05:10:00 PM	65.0km/h	CARTAGO	ND	ND	Valle del Cauca	ND	018
CINSIETE	MIERCOLES 7	04:40:00 PM	0.0km/h	SONSON	ND	ND	Antioquia	ND	018
CINTRES	MIERCOLES 7	04:20:00 PM	5.0km/h	CARTAGENA	ND	ND	Bolívar	ND	018
CANUNO	MARTES 6 DE D.	05:40:00 PM	25.0	BELLO	QUITASOL	D10-510	Antioquia	RD	018
CINQUEVE	MIERCOLES 7	04:50:00 PM	0.0km/h	ADUICHICA	ND	ND	Cesar	ND	018
CSEIETE	MIERCOLES 7	05:10:00 PM	10.0km/h	PARATOCA	ND	ND	Santander	ND	018
DIEZ	MIERCOLES 7	04:40:00 PM	0.0km/h	IBAGUÉ	ND	ND	Tolima	ND	TX

Finalmente, se proyecta contar con un módulo de acceso al sistema que permita su administración y personalización, para adaptarlo a las condiciones particulares de los colegios. Tal como aparecen en las Figuras 6 y 7.



Figura 6. Inicio Sesión
Fuente: Elaboración del autor



Figura 7. Sesión de Administrador
Fuente: Elaboración del autor

4. Conclusiones

Si bien existe un apreciable número de patentes concedidas, relacionadas con sistemas de localización vehicular, ninguna de las consultadas reúne los alcances que se pretende lograr con el desarrollo del proyecto de investigación, en cuanto a permitir monitorear no sólo dónde se encuentra el vehículo escolar, sino que ha pasado con los estudiantes que hacen uso del servicio.

Los avances en el proceso de investigación permiten inferir que el desarrollo del proyecto permitirá subsanar de forma óptima una dificultad claramente identificada y contribuirá con la proyección social que le corresponde a la Universidad como institución de educación superior al servicio de la sociedad.

5. Referencias y bibliografía

- A Bates, B. (2010). Secure cargo transportation system. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US7777608>
- A Drori, Z. y. (1992). System for integrating a cellular telephone with a vehicle security system. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US5081667>

- A Duvall, W. (2009). Method of and apparatus for utilizing geographically spread cellular radio networks to supplement more geographically limited stolen vehicle recovery radio networks in activation of radio tracking and recovery of such vehicles. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US7536169>
- A Duvall, W. (2011). Method of and apparatus for utilizing geographically spread cellular radio networks to supplement more geographically limited stolen vehicle recovery networks in activation of radio tracking and recovery of such vehicles. Obtenido de <https://www.google.ch/patents/US8086215>
- A Moinzadeh, K. y. (2011). Remote destination programming for vehicle navigation. Obtenido de <https://www.google.ch/patents/US8014942>
- A Obradovich, M. (2010). Technique for operating a vehicle safely in a lane. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US7656310>
- A Obradovich, M. (2011). Technique for operating a vehicle effectively and safely. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US7902969>
- Sampieri, R. H., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. Mexido D.F.: McGraw-Hill.
- Tandler, R. (1996). Cellular phone based automatic emergency vessel/vehicle location system. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US5555286>
- Cruz, M. (2005). Cartografía en el aula de informática: el uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica. IV Encuentro de Educadores en Ciencia y Tecnología. Dirección General de Cultura y Educación. San Bernardo
- Escuela técnica superior de ingeniería de telecomunicación. (2006). Desarrollo de una aplicación de localización automática de vehículos (avl) basada en el sistema de información geográfica arcview. Universidad Politécnica de Cartagena.
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/106/pfc2081.pdf?sequence=1>
- España M. (2003). Servicios avanzados de telecomunicación. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, pp 154
- Pozo A, (2000), Sistema de posicionamiento global (gps): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro

Sobre los autores

- **Édgar Fabián Rodríguez Veloza**, Ingeniero en Telecomunicaciones. Profesor titular. edgar.rodriquezv@uniagustiniana.edu.co
- **Félix Roberto Gómez**, Ingeniero en Electrónica, Maestría Administración de Tecnologías de Información. Profesor titular. felix.gomezd@uniagustiniana.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)