

Seguimiento automático de trayectorias vehiculares usando el protocolo V2I

Automatic tracking of vehicle trajectories using the V2I protocol

MENDOZA-RAMIREZ, Ilenia Guadalupe†, TREJO-MACOTELA, Francisco Rafael* e ISAZA, Cesar

Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca-Cd. Sahagún 20 km ExHacienda de Santa Bárbara Zempoala Hidalgo, México.

Universidad Politécnica de Querétaro. Carretera Estatal 420 SN, El Marqués Querétaro, México

ID 1^{er} Autor: *Ilenia Guadalupe, Mendoza-Ramirez* / ORC ID: 0000-0002-9307-9314, Researcher ID Thomson: T-3485-2018, CVU CONACYT ID: 783969

ID 1^{er} Coautor: *Francisco Rafael, Trejo-Macotela* / ORC ID: 0000-0003-2133-3456, Researcher ID Thomson: T-3684-2018, SCOPUS ID: 36680869100, CVU CONACYT ID: 37643

ID 2^{do} Coautor: *Cesar, Isaza* / ORC ID: 0000-0002-0995-6231, Researcher ID Thomson: T-4509-2018, CVU CONACYT ID: 333072

Recibido Marzo 20, 2018; Aceptado: Mayo 24, 2018

Resumen

Conforme han pasado los años, numerosas tecnologías se han ido desarrollando para la implementación y administración en el área del transporte, en la actualidad la localización vehicular ha tomado relevancia a nivel mundial, ya que existe una gran variedad de aplicaciones siendo algunas de ellas: la localización del vehículo, asistencia vial en accidentes, diseño de rutas, entre otras. Dentro del control logístico se tienen interesantes aplicaciones, siendo cada vez más empresas que utilizan sistemas de rastreo satelital para ubicar y controlar de una forma eficiente sus unidades con el objetivo de reducir tiempos y costos de operación. En el presente trabajo se detalla el desarrollo de un sistema en el que se han considerado los protocolos V2I (comunicación vehículo a infraestructura), para la integración de una solución tecnológica, diseñando un sistema que sea capaz de mostrar la trayectoria y eventos inusuales de un vehículo, con el uso de multifrecuencia de doble tono, tomando en cuenta el número de identificación del vehículo, velocidad, altitud y latitud en tiempo real.

Multifrecuencia, Protocolo, Tecnología

Abstract

As the years have passed, many technologies have been developed for the implementation and administration in the transportation area, currently, vehicle location has taken worldwide relevance, since there is a wide variety of applications like: the location of the vehicle, road assistance in accidents, route design, among others. Logistics control has interesting applications, with more and more companies using satellite tracking systems to locate and control their units efficiently in order to reduce operating times and costs. In the present work the development of a project is detailed in which the V2I protocols (vehicle to infrastructure communication) have been considered, for the design of a system that can show the trajectory and unusual events of a vehicle, with the use of double tone multifrequency, taking into account the vehicle id, speed, altitude and latitude in real time

Multifrequency, Protocol, Technology

Citación: MENDOZA-RAMIREZ, Ilenia Guadalupe, TREJO-MACOTELA, Francisco Rafael e ISAZA, Cesar. Seguimiento Automático de Trayectorias Vehiculares usando el protocolo V2I. Revista de Tecnología e Innovación. 2018. 5-15: 1-8.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: trejo_macotela@upp.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En gran medida los accidentes viales y sus consecuencias, pueden evitarse mediante una inversión adecuada y creciente para generar mejores conductores y usuarios de las vialidades, superiores estándares de diseño, fabricación y mantenimiento vehicular, y mejores estándares de diseño, construcción y mantenimiento carretero.

De acuerdo con la ONG cada año mueren cerca de 1,3 millones de personas en las carreteras del mundo entero, y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales. Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte en todos los grupos etarios, y la primera entre personas de entre 15 y 29 años. En México el índice de mortalidad ubica a los accidentes automovilísticos entre los diez primeros lugares de mortalidad, tan solo en el 2016 según el INEGI se tuvieron 360 051 accidentes de tráfico terrestre, siendo el estado de Nuevo León con más índices de accidentes a nivel nacional; sin embargo se pueden llevar a cabo acciones para poder evitar dichos accidentes apoyándose de los ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte), las cuales son aplicaciones informáticas y sistemas tecnológicos creados con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia en el transporte terrestre, un ejemplo de ITS es el protocolo V2I (comunicación de vehículo a infraestructura) esta aplicación puede adoptar la transmisión bidireccional de paquetes para sistemas de transporte inteligente y telemática, donde los automóviles pueden solicitar y recibir información.

Existen ya varios trabajos basados en el protocolo V2I como la investigación de Woong Cho, Sang In Kim, Hyun kyun Choi, Hyun Seo Oh y Dong Yong Kwak en las comunicaciones vehiculares, en donde se estudió el rendimiento de la conexión inalámbrica en el protocolo V2I para mejorar el comportamiento de error de las comunicaciones vehiculares, en el artículo propusieron el esquema de estimación de canal.

Otro trabajo es el de e Yu-Wei Huang en el que se basa más en el sistemas GPS (Sistema de Posicionamiento Global), GIS (Sistema de Información Geográfica), OBD y sistemas embebidos para construir un sistema en tiempo real de información vehicular.

Desarrollo

Como ya se mencionó antes, el protocolo V2I consiste en el intercambio de información, por medio de la comunicación entre un vehículo a una infraestructura a través de un medio de transmisión.

Por lo cual para cumplir con el protocolo V2I el desarrollo del proyecto se dividió en tres elementos.

1. Equipo a Bordo del Vehículo.
2. Medio de Transmisión.
3. Unidad de Control.

Los cuales se muestran de una manera más detallada en la figura uno.

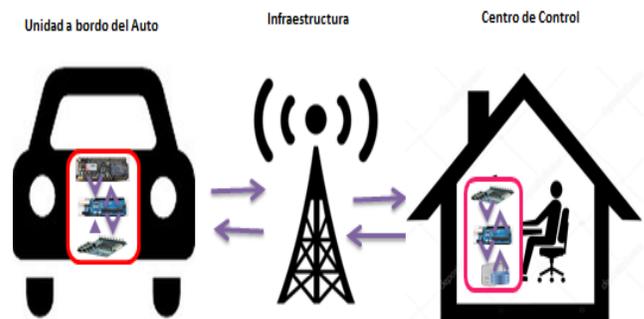


Figura 1 Esquema de la arquitectura del sistema de seguimiento automático de trayectoria por protocolo V2I

1 Equipo a Bordo del Vehículo

El equipo a bordo del vehículo es el encargado de obtener los datos del auto y de enviarlos a la infraestructura, los datos que se obtendrán son latitud, longitud, velocidad y el id del automóvil.

El hardware que se usó para el desarrollo del sistema embebido a bordo del vehículo es el siguiente:

- Fona ADAFRUIT SIM 808.
- Arduino Uno.
- Antena pasiva GPS /1dBi.
- Antena de banda cuádruple GSM / 3dBiuFL.
- Decodificador DTFM.

Software:

- Arduino 1.8.5

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software) [6], fue sobre esta plataforma que se programó la unidad a bordo del vehículo junto con la FONA ADAFRUIT SIM 808, cabe mencionar que la FONA es un módulo de teléfono celular que permite agregar el seguimiento de ubicación, voz, texto, datos y SMS (sistema de gestión de la seguridad operacional).

En la Figura dos, se aprecia el hardware instalado y conectado, de manera que el equipo sea compacto para el automóvil en donde se instaló.



Figura 2 Hardware a bordo del vehículo

Para obtener los datos del automóvil (ubicación y velocidad) la programación se apoyó en los comandos AT (atención, en el comando Hayes), los cuales se muestran en la tabla 1.

Comando AT	Función
AT+GREG?	Comprueba la conexión de la red
ATDXXXXXX;	Llamar a un numero
AT+CGPSPWR=1	Activar GPS
AT+CGPSINF=0	Conectar GPS
AT+CIPGSMLOC=1	Conectar GSM

Tabla 1 Comandos AT y su función

En la Fig. 3 se puede apreciar cual es el proceso que se lleva a cabo en la unidad a bordo del vehículo.

Para que se lleve cabo el envío de tonos DTFM (multifrecuencia de doble tono), se debe de ser a través de una llamada, por lo cual se inicia una. Posteriormente se obtienen los datos deseados del automóvil, por medio de la FONA ADAFRUIT SIM 808; ya que se tienen los datos, se realiza una conversión a tonos DTFM tomando en cuenta la equivalencia de cada caracter a los tonos, finalmente se forma el datagrama y se envía por medio de un decodificador DTFM.

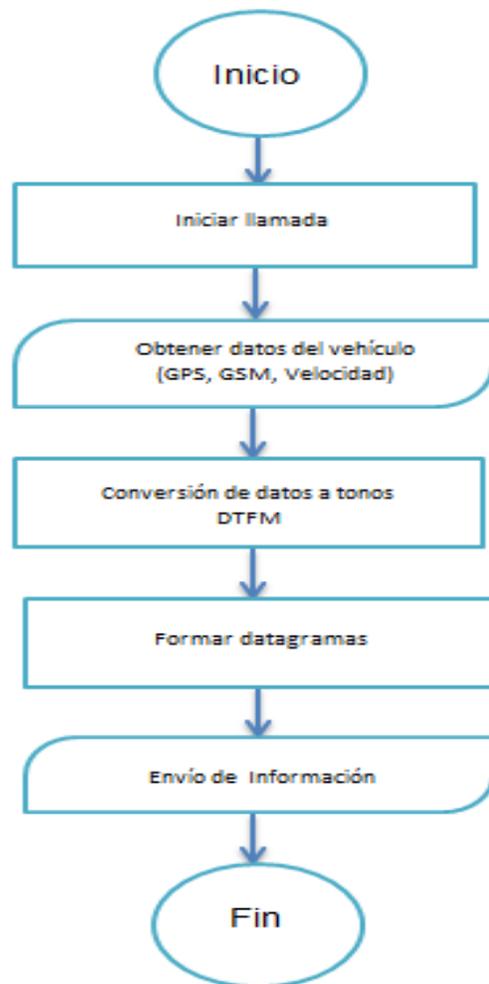


Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de la unidad a bordo del vehículo

2 Medio de Transmisión

El medio de transmisión constituye el soporte físico a través del emisor y el receptor, que pueden comunicarse en un sistema de transmisión de datos. Siendo en este caso un medio no guiado el cual proporciona un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las dirigen; como ejemplo se tiene el aire y el vacío.

En el caso del proyecto, el medio de transmisión de los tonos DTFM es por medio de las líneas telefónicas; de esta manera se aprovecha la infraestructura que ya está establecida y se ahorra un costo económico en instalar una nueva.

Para esto se formó un datagrama, el cual es un paquete de datos que es enviado con la información.

Como se muestra en la tabla número dos, el bit de inicio del datagrama del envío de información está compuesto por el símbolo *, consecutivamente está el paquete de datos (longitud, latitud, velocidad), por cuestión de seguridad se cifra la información finalmente el datagrama tiene el carácter #.

Inicio	Longitud	Latitud	XOR	Fin
1 bit	11 bits	10 bits	31 bits	1 bit

Tabla 2 Datagrama del envío de datos

3 Unidad de Control

Es la entidad encargada de procesar la información recibida por la infraestructura, pudiendo monitorear la ubicación y la velocidad del automóvil en tiempo real.

El hardware que se usó para el desarrollo de la unidad de control:

- Fona ADAFRUIT SIM 808.
- Arduino Mega.
- Arduino Uno.
- Antena pasiva GPS /1dBi.
- Antena de banda cuádruple GSM / 3dBi uFL.
- Decodificador DTFM.

Software:

- Arduino 1.8.5

Al recibir la información enviada por la infraestructura se decodifica ya que esta llega como tono DTFM, posteriormente se procesa y se monitorea la ubicación y la velocidad, se desarrolló un algoritmo que permite que el centro de control sea capaz de alertar si al automóvil le sucede algún evento inusual como que este fuera de las coordenadas limitantes.

Que tenga velocidad de cero o que disminuya de manera considerable, que la velocidad del auto sea mayor a los límites, que vaya en sentido contrario, por mencionar algunos, en la figura cuatro se muestra el diagrama de flujo del centro de control.

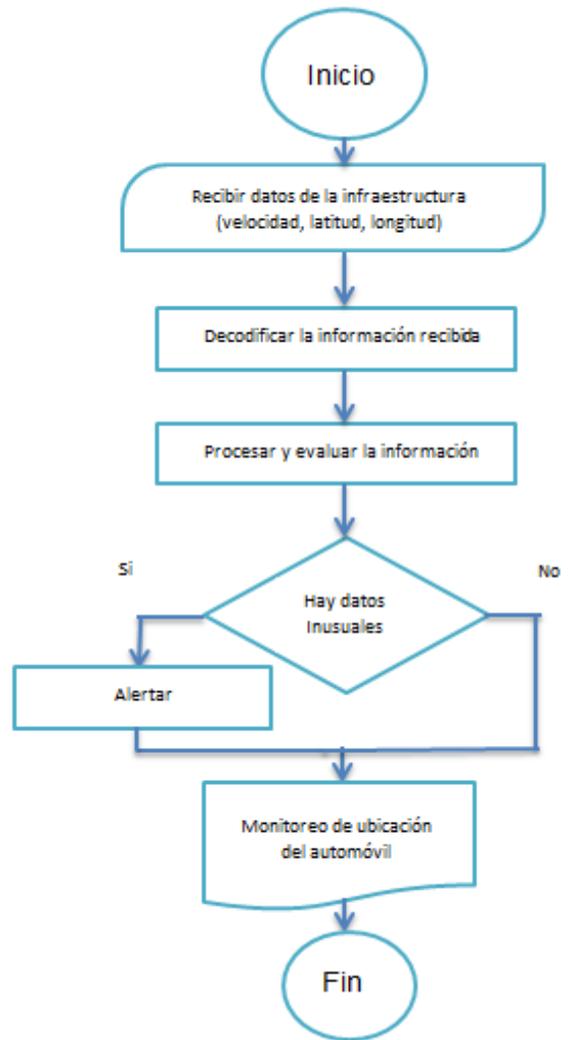


Figura 4 Diagrama de flujo del proceso del centro de control

Resultados

Se muestran los resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio y campo del protocolo propuesto, dividiéndolo los resultados en tres etapas, la primera prueba es en donde se obtienen los datos del automóvil para verificar si estos son correctos, en la segunda se envían y reciben estos datos, en esta se mide el tiempo y la eficacia de los datos recibidos, finalmente.

1 Obtención de Datos del automóvil

Se desarrolló una aplicación en el software Arduino para obtener las coordenadas de la ubicación del vehículo así como su velocidad.

Primero se realizaron estas pruebas dentro del laboratorio.

Se puede observar en la figura cinco, que a través de los comandos AT se realiza la configuración de la FONA 808 para obtener la latitud, longitud y velocidad, al realizar las pruebas se obtuvieron únicamente por GSM (sistema global para las comunicaciones), se aprecian los resultados en la figura seis, como la unidad a bordo del vehículo se encuentra al interior, no detecta la señal GPS (sistema de posicionamiento global).

```
Espera unos segundos
Iniciando FONA. (may take 10 seconds)
Attempting to open comm with ATs
----> AT
<--- ??
----> AT
<---
----> AT
<---
----> AT
<---
----> AT
<--- AT
----> AT
<--- AT
----> AT
<--- AT
----> AT
<--- AT
--
```

Figura 5 Configuración de FONA 808 por medio de comandos AT

```
se ha conectado GSM
----> AT+CGNSINF
<--- +CGNSINF: 1,0,19800105235947.000,,,,,0.00,0.0,0,,,,,0,0,
Waiting for FONA GPS 3D fix...
Checking for Cell network...
----> AT+CREG?
<--- +CREG: 0,1
----> AT+CIPGSMLOC=1,1
<--- +CIPGSMLOC: 0,-98.684006,19.979643,2018/08/15,16:48:52
GSMLoc lat:19.979642
GSMLoc long:-98.683998
GPS Velocidad:0.000000
```

Figura 6 Resultados de ubicación por medio de GSM

Como se muestra en la imagen siete, se realizó la conexión del hardware al automóvil, acercando el dispositivo a la ventana para que se facilite la detección del GPS.



Figura 7 Unidad a bordo del vehículo ya conectado

2 Envío y recepción de datos.

Para el desarrollo del centro de control se desarrollaron dos aplicaciones, una en Arduino la cual es la encargada de decodificar los tonos DTFM enviados por la unidad a bordo del vehículo y la otra es una aplicación en Matlab, que recibirá los datos del Arduino ya decodificados, dicha aplicación es la que realizará el mapeo de la ubicación del automóvil además de indicarnos si hay un evento inusual en tiempo real.



Figura 8 Hardware conectado en la unidad de control

Se realizaron distintas pruebas en campo, en donde se configuró la unidad a bordo del vehículo para que este enviara los datos cada 4 segundos; la primera fue con el automóvil estático y el centro de control a una distancia de 10 metros teniendo una comunicación estable entre la unidad a bordo del vehículo (tx) y el centro de control (rx), ya que no se perdieron datos, los que se enviaban eran los que se recibían con una diferencia de 210 milisegundos.

Posteriormente se realizaron más pruebas pero con el auto en movimiento, alcanzando una velocidad de entre 60 km/h a 80 km/h en un recorrido de 13.9 km, al realizar las pruebas se mapearon las ubicaciones en Matlab, se notó que algunos datos se perdían conforme aumentaba la velocidad del automóvil y se distanciaba la unidad a bordo del vehículo de la unidad de control. Los resultados de la prueba antes mencionada se observan en la tabla tres, también se aprecia en la figura nueve el seguimiento del automóvil en tiempo real.

Datos Enviados	Recibidos	Perdidos	% Favorable
13	10	4	76
20	13	7	65
34	21	14	61

Tabla 3 Resultado de prueba de campo con tolerancia de 4 segundos

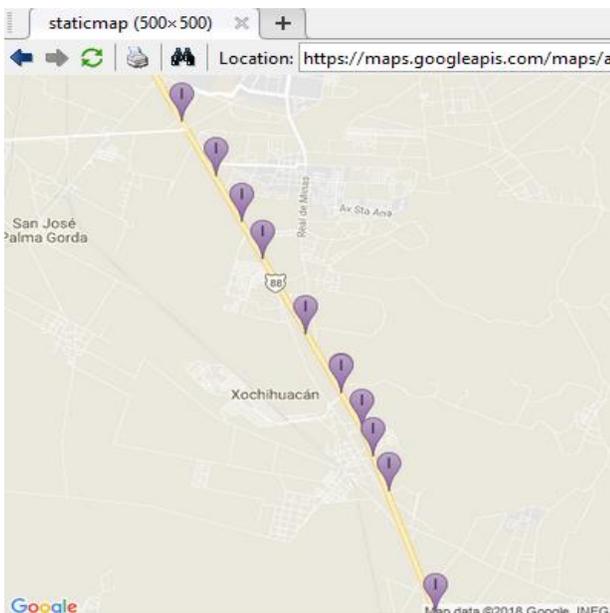


Figura 9 Seguimiento de ubicación del automóvil en tiempo real por medio de software Matlab.

Para solucionar la pérdida de datos, se programó la configuración del envío de datos a cada 10 segundos, de esta manera se le da tiempo suficiente para codificar y decodificar los tonos DTFM. Se realizaron nuevamente pruebas de campo, en donde el automóvil recorrió 12.6 km con una velocidad de entre 60 km/h y 80 km/h, teniendo como resultado menos pérdidas en recibir datos, cabe mencionar que al tener más tolerancia de tiempo no afecta el seguimiento del automóvil a través del mapa.

Los resultados se pueden observar en la tabla 4 en el que la pérdida es menor a comparación de la prueba anterior, mejorando los resultados a un 15 %.

Datos Enviados	Recibidos	Perdidos	% Favorable
13	13	0	100
20	17	3	85
34	29	5	85.2

Tabla 4 Resultado de prueba de campo con tolerancia de tiempo de 10 segundos

En la figura 10 se aprecia el seguimiento de la ruta del automóvil en tiempo real, en donde notablemente se aprecian mejor los puntos a comparación de los resultados de la figura nueve.

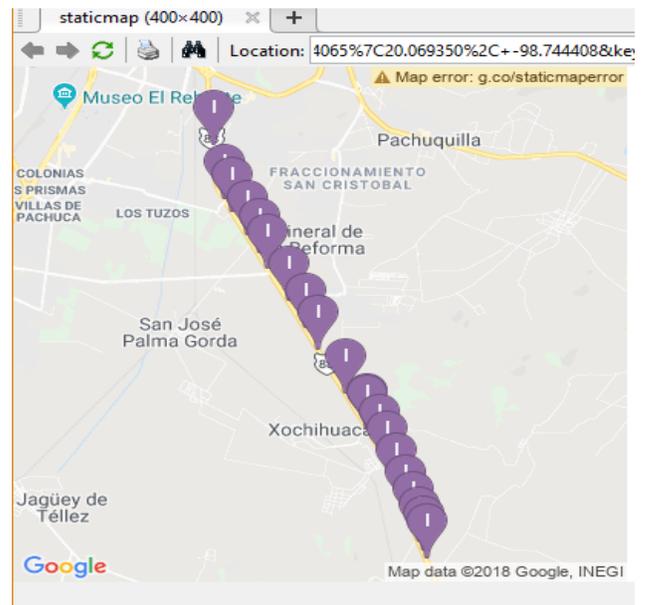


Figura 10 Seguimiento de ubicación del automóvil en tiempo real por medio de Matlab

3 Reconocimiento de Eventos Inusuales.

Se desarrolló en Matlab una aplicación capaz de detectar los siguientes eventos inusuales:

- La velocidad sea de 0 km/h a 20km/h.
- La velocidad sea mayor a 110 km.
- Cambio de sentido.
- Se pierda conexión con el automóvil.
- Fuera de la limitante de autopista del tramo

En la figura once se observan los puntos de inicio y fin de la carretera Sahagún-Pachuca, en los carriles de alta y baja velocidad, en la que se reconocerán los eventos inusuales del automóvil, siendo la carretera:

Límite de punto de Inicio:

19.961422, -98.695019

19.961414, -98.695044

Límite de Punto Final

20.040972, -98.733498

20.040972, -98.733528

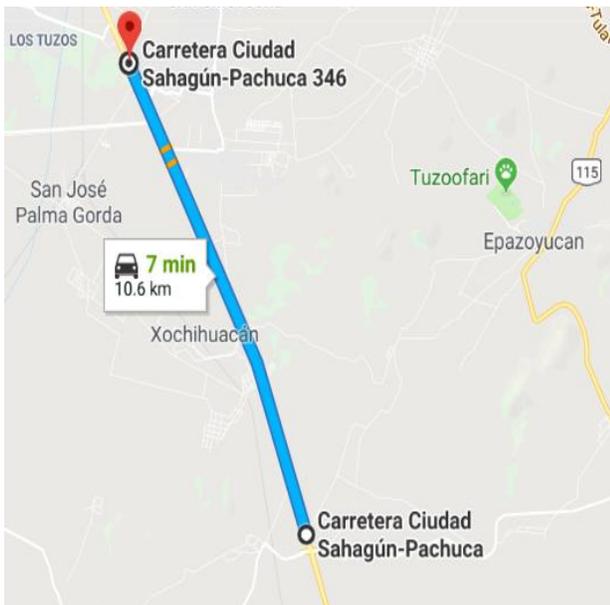


Figura 11 Punto de Inicio y punto de Fin de detección de eventos inusuales

Se realizaron pruebas de campo, se simulo una prueba para capturar los datos de circulación en sentido contrario para la detección de eventos inusuales obteniendo los resultados mostrados en la figura doce y trece.

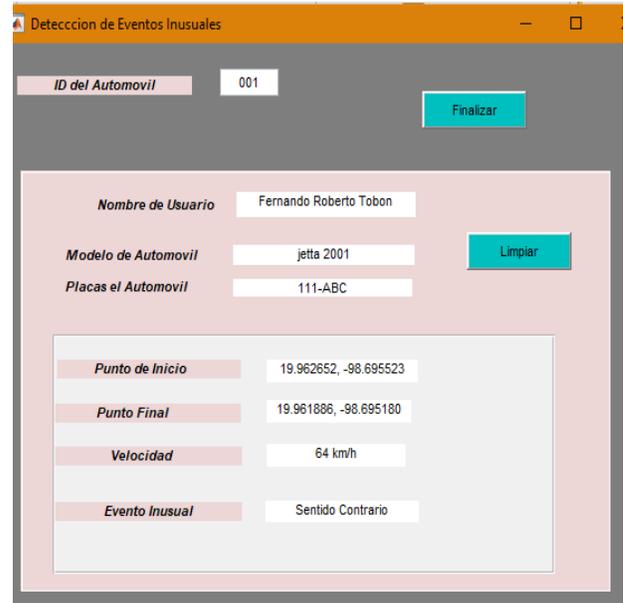


Figura 12 Aplicación desarrollada en Matlab para la detección de Eventos Inusuales

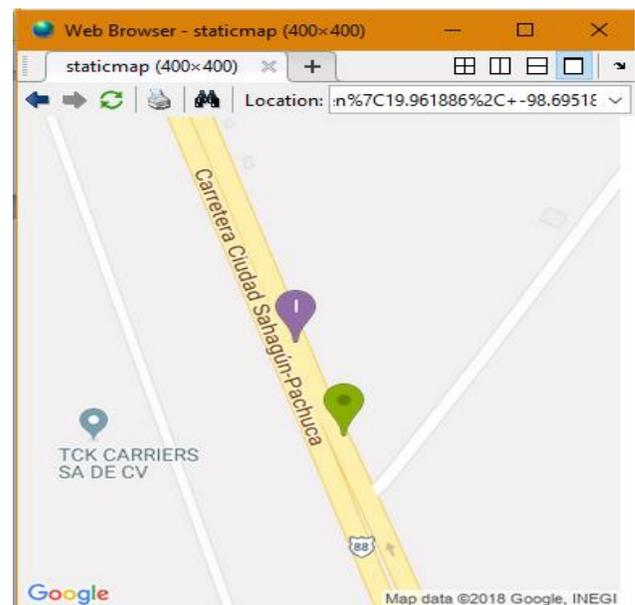


Figura 13 Mapeo de recorrido del automóvil

Conclusión

En el articulo Improving GPS-Based Vehicle Positioning for Intelligent Transportation Systems presentado por los autores Arghavan Amini1, Reza Monir Vaghefi2, Jesús M. de la Garza1, and R. Michael Buehrer habla sobre la propuesta de un algoritmo de posicionamiento basado en la tecnología GPS, en el que se evaluó el desempeño del algoritmo propuesto con simulaciones bajo diferentes condiciones teniendo como resultado el fallo en obtener posiciones en un 15%.

El protocolo propuesto en el proyecto es la obtención de datos fue por medio de GPS y GSM, ya que en caso de que los datos no se puedan adquirir por GSM entrara de respaldo GSM adquiriendo un mayor nivel de confiabilidad con respecto al artículo antes mencionado; el envío de datos del automóvil fue por medio de tonos DTFM se llevó a cabo de manera satisfactoria, ya que se detectaron eventos inusuales del vehículo en tiempo real mientras éste se encontraba en movimiento, cabe mencionar que la velocidad límite para una adecuada comunicación entre la unidad a bordo del vehículo (rx) y la infraestructura (tx), no debe de ser mayor a los 80 km/h.

Como trabajo a futuro se propone que el envío y recepción de datos de vehículo/infraestructura sea a más de un automóvil, además de mayor tolerancia en la recepción de datos a mayor velocidad del vehículo.

Reconocimientos

Agradezco a CONACY por la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado, a la Universidad Politécnica de Pachuca por la educación de calidad brindada, así como a la Universidad Politécnica de Querétaro por permitirme realizar una movilidad en sus instalaciones, finalmente gracias a los profesores-investigadores Dr. César Isaza y al Dr. Francisco Rafael Trejo Macotella por su apoyo.

Referencias

Arduino, <http://arduino.cl/que-es-arduino/>, enero 2018.

Adafruit, actualizada septiembre 2018. <https://learn.adafruit.com/adafruit-fona-808-cellular-plus-gps-shield-for-arduino?view=all>, mayo 2017.

Cho, W.; Kim,S;Kyun H.; Yong, D. (2009). "Performance Evaluation of V2V/V2I Communications: The effect of midamble Insertion". *Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)*. pp. 305-700.

Florez, M., "Los Sistemas Inteligente es de Transporte ITS". *Ciencia e Ingeniería Neogranadiana* (10), pp. 39-45.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016, http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/transporte/accidentes.asp?s=est&c=13159&proy=atus_accidentes, julio 2018.

OMS, julio 2017, <http://www.who.int/features/actfiles/roadsafety/es/>, junio 2018.

Yu-Wei Huang (2007). "A vehicle information system constructed by mobile communication". *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*. Pp. 1252-1256.