

# Use of bluetooth technology for applications of Intelligent Transportation System.

Daniel Silva  
National University of  
Colombia, Electrical and  
Electronic Engineering  
Department  
Carrera 45 26-85  
Bogotá, Colombia  
dasilva@unal.edu.co

Johan Henao  
National University of  
Colombia, Electrical and  
Electronic Engineering  
Department  
Carrera 45 26-85  
Bogotá, Colombia  
ejhenao@unal.edu.co

César Pedraza  
National University of  
Colombia, Systems and  
Industrial Engineering  
Department  
Carrera 45 26-85  
Bogotá, Colombia  
capedrazab@unal.edu.co

Félix Vega  
National University of  
Colombia, Electrical and  
Electronic Engineering  
Department  
Carrera 45 26-85  
Bogotá, Colombia  
jfvegas@unal.edu.co

## ABSTRACT

Due to growth of traffic urban, this has required the development of methodologies and systems for supervision and monitoring of itself that allow of way effective the acquisition of urban traffic information for establish the behavior that is present on the roads. Measures like vehicle counter, averages velocities, origin-destination matrices among others, help to establish the possible behaviors that is present on the roads, so is necessary that acquisition of data be reliable and truthful. Technologies like Radio Frequency Identification (RFID), Bluetooth, Global positioning System (GPS), image processing and others, are employed for do this kind of measure, but some measures do not to do in real time, which leads to that information is not updated, and therefore, it does late for urban traffic administration. In this paper we expose the development of a measurement velocity average system through of Bluetooth technology. This system was developed for tasks of measurement in real time and be flexible to the dynamics that are presents on urban traffic.

## Keywords

Intelligent Transportation Systems, Bluetooth, Vehicular traffic.

## 1. INTRODUCCIÓN

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from [permissions@acm.org](mailto:permissions@acm.org).

*EATIS 2016 Abril 27–29, 2016, Cartagena, Bolívar, Colombia*

© 2016 ACM. ISBN 978-1-4503-2138-9.

DOI: 10.1145/1235

Uno de los desafíos que se presenta en el transporte urbano es la adquisición de la información acerca del tráfico que permita establecer el comportamiento que se presenta en las vías de una ciudad. Diferentes tecnologías se han empleado para el desarrollo de metodologías y soluciones que realizan la adquisición de información, pero a medida que la cantidad de vehículos aumenta estas soluciones no se adaptan a este cambio y por lo tanto no son suficientes para realizar dicha tarea.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) se crearon debido al crecimiento en la movilidad que se presenta en la sociedad [1], y es una de las bases para el desarrollo de ciudades inteligentes. Los ITS son utilizados en áreas del transporte como: información al viajero, administración del tráfico, seguridad vehicular, pagos electrónicos etc. La principal ventaja de los ITS es la realizar la integración de las tecnologías existentes para crear dispositivos y/o servicios [2] que permiten la obtención de información de las variables que están presentes en el tráfico urbano.

El empleo de tecnologías como Bluetooth es una alternativa para la adquisición de la información en el transporte urbano, debido a que es una tecnología que está integrada a una gran cantidad de dispositivos electrónicos (PDA's, teléfonos móviles, manos libres etc) y por lo tanto puede ser una solución para la medir las variables que surgen en las calles de las ciudades.

La monitorización inteligente vehicular es un esfuerzo para mejorar el flujo vehicular y los tiempos de desplazamientos en las vías, lo anterior se realiza obteniendo información relacionada con el tráfico (Velocidades, Conteo de vehículos) para ser procesada en tiempo real y posteriormente realizar la toma de decisiones para realizar labores de gestión y administración que permita el óptimo desempeño en el tráfico urbano.

En el presente artículo se expone una solución basada en tecnología Bluetooth para medir velocidades medias en las

vías. Se presentan los requisitos que son necesarios para llevar a cabo este tipo de soluciones y las condiciones necesarias para realizar la validación del sistema en un escenario real como son las vías de la ciudad de Bogotá.

## 2. TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDAD.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte han permitido el desarrollo de soluciones tecnológicas y metodologías de administración y supervisión en el área del transporte gracias al uso de tecnologías las cuales a través de éstas proporcionan información de las variables que se presentan en el transporte. Una de estas variables que se obtiene en el tráfico urbano es la velocidad, la cual se puede obtener por diferentes métodos. Una forma de obtener esta variable es la que exponen en [3], en donde por medio de un conjunto de antenas transmisoras de 60.5 GHz envían una señal con información al objetivo (vehículo), posteriormente las antenas receptoras se encargan de captar la señal de información que fue reflejada por el vehículo y calculan el tiempo de retraso desde que se envía la señal con información hasta que reciben la misma señal para hallar la distancia en que se encuentra el vehículo del dispositivo. Para realizar la medición de velocidad emplean la Transformada Rápida de Fourier (FFT) aprovechando el efecto Doppler que se presenta por movimiento del vehículo. En [4] describen el uso de detectores inductivos para la medición de velocidad, allí muestran la descripción de dos tipos de medidores en donde el primero es un detector simple el cual calcula la velocidad del vehículo tomando la diferencia de tiempos en el que el sensor está activo e inactivo y el tamaño del anillo. La segunda forma es un conjunto de dos detectores que están separados a una distancia determinada y miden la diferencia de tiempo en que los sensores están activos o inactivos. Otra forma de realizar mediciones de velocidad es por medio de GPS (Global Positioning Satellite) [5] en el cual determinando la posición del vehículo en diferentes lapsos de tiempo pueden determinar la velocidad del vehículo. Allí realizan un enfoque especial al desarrollo de un algoritmo que permite predecir la posición geográfica del vehículo ya que en algunos casos la señal del GPS es débil (Nubosidad, inclinación de las antenas etc).

El uso de cámaras de vigilancia es una herramienta que permite mejorar la seguridad en las ciudades. En [6] hacen el empleo de estas cámaras para realizar la medición de velocidad, describen como realizan un procesamiento de imágenes en donde hacen la relación entre una cierta distancia a un píxel; entonces cuando se detecta el cambio del objeto en píxeles y el tiempo que toma haciendo ese recorrido calculan la velocidad media del objeto. También para realizar el procesamiento de imágenes en tiempos más cortos emplean tecnologías como FPGA (Field Programmable Gate Arrays) [7], en el artículo exponen como programan filtros digitales y memorias RAM (Random Access Memory) para que el procesamiento de la información se realice más rápido. Tecnologías para realizar inventario también son empleadas para la medición de variables del tráfico entre ellas encontramos la de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) [8], en el cual se instala una etiqueta al vehículo y se calcula el tiempo que demora el vehículo en pasar por dos lectores RFID.

Otro tipo de tecnologías son utilizadas para realizar la mediciones de velocidades de forma constante. En [9] plas-

man el desarrollo de un sensor que instalado a una rueda del vehículo envía información de forma constante a un servidor de forma inalámbrica. También se utilizan diferentes tecnologías para llevar a cabo esta tarea, en [10] utilizan sensores inductivos para realizar el conteo de vehículos y Bluetooth para realizar las comunicaciones entre el sensor y la unidad de procesamiento.

## 3. SISTEMA PROPUESTO

El principal objetivo de una aplicación ITS es determinar las diferentes variables que están en el tráfico urbano para así poder caracterizar el comportamiento que se presenta en el mismo. Variables como: flujo vehicular, velocidades medias, matrices origen-destino ayudan a obtener información de lo que está ocurriendo en el tráfico urbano para que posteriormente a su procesamiento se pueda realizar el planeamiento y gestión por parte de las entidades involucradas y así tomar acciones que permitan mitigar los efectos negativos que se producen por el número alto de vehículos.

Algunos de los requisitos en el sistema propuesto son [11]:

- Escalabilidad: El sistema es escalable de forma que pueda aumentar y disminuir sin afectar el sistema principal.
- Depuración de la información: El sistema puede habilitar o no un filtro para el procesamiento de la información.
- Configuración del sistema: El sistema se puede de configurar de modo que se puedan cambiar parámetros como posición geográfica del equipo, id del equipo, redes de comunicación etc.

### 3.1 Subsistema Bluetooth

En la figura 1 mostramos el esquema general que empleamos para realizar la aplicación de medición de velocidad.

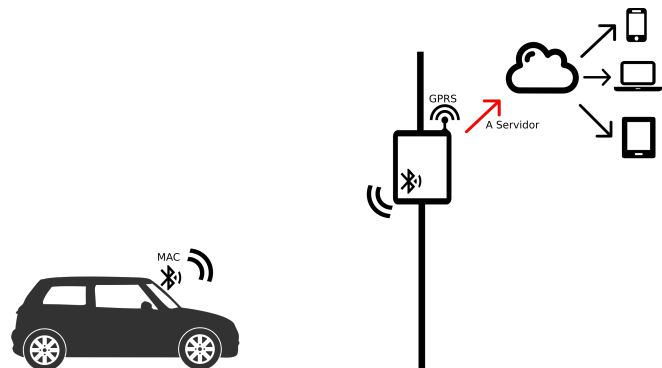


Figura 1: Esquema general del sistema bluetooth.

Allí contamos con un lector bluetooth que se encarga de realizar la lectura de la dirección MAC (Medium Access Control) de los dispositivos electrónicos que estén instalados o lleve consigo el vehículo. Posteriormente de realizar la lectura se realiza una encriptación de la información, allí se añaden parámetros como: fecha y hora de lectura, posición geográfica en donde se realizó la lectura, claves de acceso a la plataforma entre otras. Lo anterior se realiza para darle la

fiabilidad y seguridad a la información, así obtenemos datos precisos del tráfico urbano y garantizamos la privacidad de la información que suministra los vehículos.

Después de realizar la encriptación de la información ésta se envía al servidor. Allí se realiza el procesamiento de la misma, según el servicio creado podemos obtener las variables de interés (Velocidades medias, matrices origen-destino, flujo vehicular etc). Una de las ventajas principales del sistema es que al realizar el escaneo de la dirección MAC no se vulnera la privacidad del vehículo, conductor y acompañantes, ya que la dirección MAC no está asociada a ninguno de ellos. Por ello, el sistema puede obtener información de forma transparente sin que incomode a la población objetivo.

En el sistema propuesto incluimos un antena bluetooth, un sistema embebido que se encarga de realizar el escaneo de los dispositivos que están alrededor del lector y realizar la encriptación de la información y un sistema de comunicaciones que realiza la comunicación entre el lector y la plataforma en el cual se enviará la información para su procesamiento. Este sistema de comunicaciones esta basado en redes móviles (GPRS, 3G) o puede ser una red local (Wifi, ethernet). En la figura 2 mostramos la arquitectura del sistema propuesto.

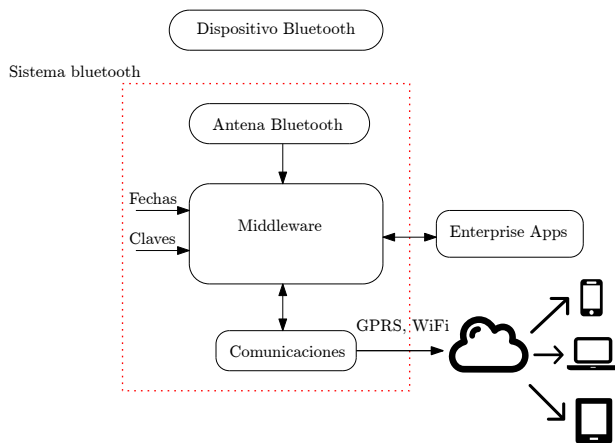


Figura 2: Arquitectura del sistema.

El sistema desarrollado se utilizó para medir velocidades medias en un tramo de vía en la ciudad. Para realizar este tipo de medición se emplean mínimo dos lectores como se muestra en la figura 3. Los lectores deben estar separados entre ellos una distancia  $d$ , y  $r$  es el radio donde el lector puede realizar el escaneo de los dispositivos bluetooth. Para realizar una medición más exacta y precisa se debe cumplir que  $d \gg r$ , la medición de velocidad se realiza por diferencia de tiempos en el escaneo de las direcciones MAC de los dispositivos Bluetooth que hay dentro del vehículo.

### 3.2 Subsistema Software

El sistema de información fue desarrollado como una aplicación web usando la arquitectura cliente servidor, concebida de manera que pueda ser escalable, flexible, de gran capacidad de procesamiento de información y que permita integración con otros servicios que ofrecen las diferentes plataformas en la nube.

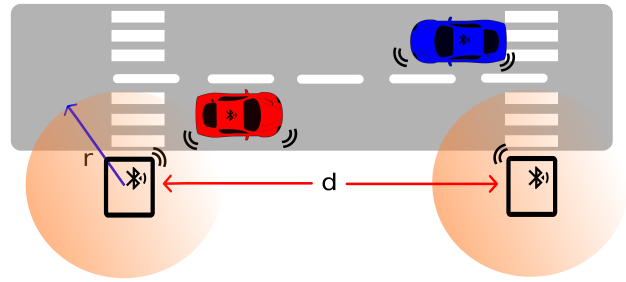


Figura 3: Medición de velocidad.

Este subsistema consta de tres módulos:

1. Módulo de estadísticas: Calcula los volúmenes de vehículos, matrices Origen-destino, Histogramas, zona de ocupación, velocidades etc. La información se encuentra disponible de forma que el usuario pueda tomar las acciones pertinentes con respecto a la movilidad.
2. Módulo de Administración: Controla el número de lectores, claves de acceso, permisos de usuario etc. Adicionalmente realiza la monitorización el estado de los lectores en tiempo real y permite el reinicio de los lectores en forma remota.
3. Base de datos: Recibe, valida y guarda toda la información y estado de los lectores. Además provee un servicio web que interroga las lecturas con los parámetros que debe contener la trama de la información.

#### 3.2.1 Seguridad.

Para proteger la información que es enviada desde los lectores y evitar intrusiones a la plataforma, se emplea un protocolo HTTPS en todos los sistemas de comunicaciones tanto en los lectores como en los sistemas externos. Para garantizar la integridad durante el cambio de información, los lectores son autenticados por la aplicación usando un protocolo basado con una firma de Amazon Web Service Version 4. Con este protocolo garantizamos que la información enviada pertenece a los lectores registrados a la plataforma y no de un impostor. En la figura 4 se muestra la arquitectura empleada para el subsistema del software

## 4. VALIDACIÓN DEL SISTEMA.

### 4.1 Descripción del experimento.

Para validar el sistema propuesto se realizó una medición de velocidades medias en dos puntos de la ciudad. La primera se realizó en un tramo del campus de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Allí se instalaron dos lectores como se muestra en la figura 5.

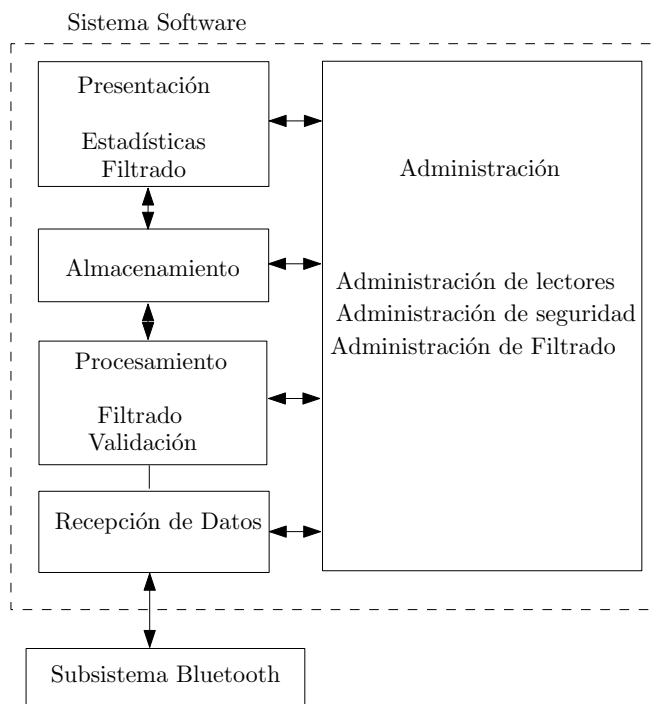


Figura 4: Diagrama de bloques subsistema software.

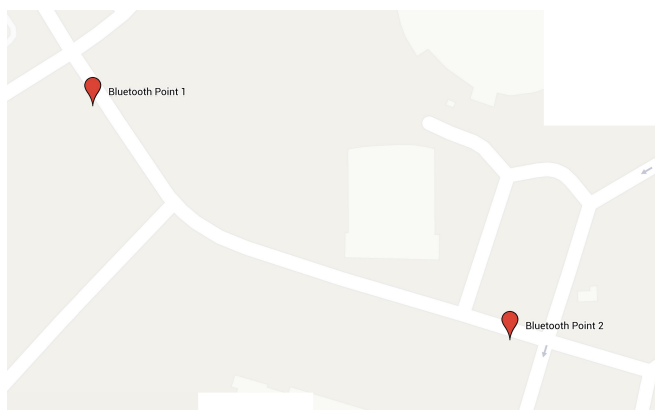


Figura 5: Puntos de medición campus Universidad Nacional de Colombia Bogotá.

Entre los dos puntos de medición hay una distancia de 281 m y los radios de escaneo de los dispositivos bluetooth es de 13.8 m. En esta etapa solo se realiza una verificación del sistema en cuanto cantidad de lecturas, conexión a la red etc. En la segunda etapa de mediciones se realizó una medición de velocidad en un tramo de la avenida Calle 26 en cercanías del campus de la Universidad en donde también se utilizaron dos lectores como se observa en la figura 6

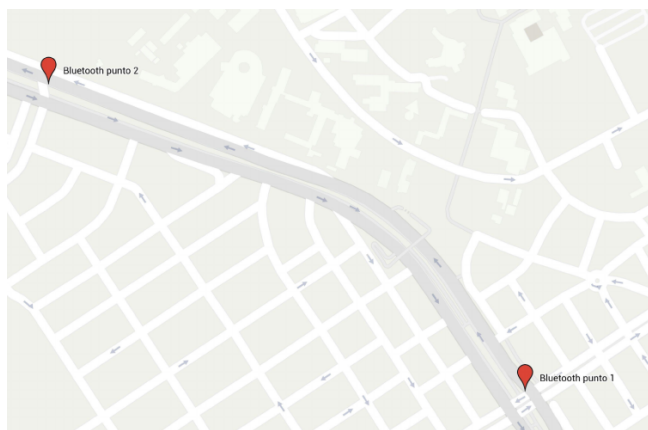


Figura 6: Puntos de medición avenida Calle 26.

Aquí la distancia entre los dos lectores son 835 m, en esta parte de medición se realizó un conteo manual de vehículos particulares que pasaban por el sector de medición. Lo anterior se realizó para determinar que tamaño de muestra de los vehículos que son detectados por los lectores.

## 5. RESULTADOS.

En la primera parte de la prueba se realizó la medición dentro del campus de la universidad en donde las lecturas de los vehículos se realizaron entre el 16 al 25 de junio del 2015. Para que la medición sea valida la dirección MAC de los dispositivos bluetooth deben ser leídos por los dos lectores instalados en los puntos como se ve en la figura 5. Al finalizar el periodo de mediciones se registraron 254 lecturas y la velocidad promedio medida fue de 24.673 km/h. En esta parte de la validación se observó la estabilidad en la conectividad de los lectores a la red. En la figura 7 se muestra como se realizó la verificación en la conectividad de los lectores, en donde cada lector debe reportarse a la plataforma cada minuto. En caso de que se presente una lectura y no se envíe a la plataforma, la información se almacena en un buffer y cuando se restablezca la conexión a la red la información se reenvía para que sea procesada.

Cada franja roja de la figura 7 indica que el lector no se reporto a la plataforma en ese minuto. En la figura 8 se muestra como se realizó la toma de tiempos de lecturas entre los dos puntos instalados en el campus de la universidad.

Como se observa de la figura 8, se muestra una parte de la dirección MAC del dispositivo bluetooth que está dentro del vehículo; la fecha y hora en que se leyó y posteriormente se obtiene la misma información por parte del segundo lector y finalmente se observa la diferencia de tiempos en que el ambos lectores realizan la lectura.

Los resultados que se obtuvieron en las mediciones de velocidad en el corredor vial de la Calle 26 se muestran en la tabla 1, estas mediciones se realizaron durante tres días entre las 10 y 11 am. Para realizar una validación del sistema se realizó un conteo manual de solamente vehículos particulares, como se puede observar en la tabla 1 la cantidad de vehículos detectados por los lectores son bajas con respecto a la cantidad de vehículos contados manualmente. Esto se debe a factores como dispositivos bluetooth no instalados o no transportados en el vehículo, dispositivos bluetooth apagados, dispositivos bluetooth ocultos entre otros.

Sin embargo las mediciones obtenidas son una muestra

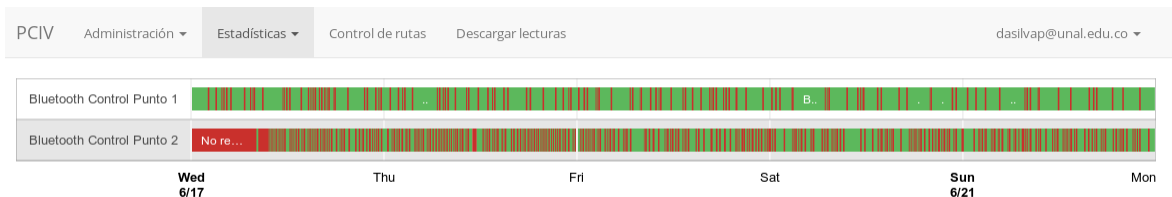


Figura 7: Reportes de los lectores a la plataforma.

Promedio de vehículos contados manualmente por día	Vehículos escaneados	Velocidad (km/h)	Promedio
1567	33	49.01	
1536	17	59.75	
1668	35	42.58	

Tabla 1: Mediciones de velocidad con los lectores bluetooth.

Vehículo	Bluetooth Control Punto 1	Bluetooth Control Punto 2	Total
91	000086300cc3	2015-06-17 10:26	-1:--
92	00008098a1c9	2015-06-17 10:30	+0:49
93	0000532c4c00	2015-06-17 10:32	+0:33
94	0000b7b5cb0a	2015-06-17 10:34	+0:46
95	00004fc01d0d	2015-06-17 10:38	-1:--
96	0000809c210a	2015-06-17 10:51	+0:56
97	00001c4fe928	2015-06-17 10:55	-1:--
98	0000b7b9c9f	2015-06-17 10:58	+0:33
99	0000b7043c96	2015-06-17 11:08	+3:23
100	0000b7e117cd	2015-06-17 11:11	+0:53

Figura 8: Visualización de las lecturas realizadas por el sistema.

representativa de la velocidad que se presenta en el corredor vial, por lo tanto, podemos establecer el comportamiento de velocidades y a partir de éste realizar las operaciones de gestión y administración respectivas.

## 6. CONCLUSIONES.

El uso de la tecnología Bluetooth es una buena opción para el desarrollo de aplicaciones ITS debido a que permite fácil integración con otro tipo de tecnologías, la masiva distribución del Bluetooth en los dispositivos electrónicos permite determinar variables en el tráfico urbano de forma fácil sin la necesidad de la instalación de dispositivos en los vehículos.

## 7. REFERENCIAS

- [1] S. hai An, B.-H. Lee, and D.-R. Shin, "A survey of intelligent transportation systems," in *Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), 2011 Third International Conference on*, July 2011, pp. 332–337.
- [2] E. Garbolino, M. Tkiouat, N. Yankevich, and D. Lachtar, *Transport of Dangerous Goods: Methods and Tools for Reducing the Risks of Accidents and Terrorist Attack*, ser. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer Netherlands, 2012. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=iDav9JOElNYC>
- [3] M. Watanabe, K. Okazaki, T. Fukae, A. Kato, K. Sato, and M. Fujise, "A 60.5 ghz millimeter wave

spread spectrum radar and the test data in several situations," in *Intelligent Vehicle Symposium, 2002. IEEE*, vol. 1, June 2002, pp. 87–91 vol.1.

- [4] Y.-K. Ki and D.-K. Baik, "Model for accurate speed measurement using double-loop detectors," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 55, no. 4, pp. 1094–1101, July 2006.
- [5] M. Hayashi and T. Tanaka, "High accuracy positioning of two-wheeled vehicle at high speed traveling using gps," in *ICCVS-SICE, 2009*, Aug 2009, pp. 3956–3960.
- [6] H. Rahim, R. Ahmad, A. Zain, and U. Sheikh, "An adapted point based tracking for vehicle speed estimation in linear spacing," in *Computer and Communication Engineering (ICCCE), 2010 International Conference on*, May 2010, pp. 1–4.
- [7] J. H. Song, N. T. Thuy, S. Jin, D. Kim, and J. W. Jeon, "An fpga-based vehicle speed measurement system using an uncalibrated camera," in *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*, Oct 2010, pp. 1691–1696.
- [8] A. Al-Gindy, A. Tawfik, L. Sakhi, H. Mohamad, and M. Mustafa, "Rfid speed monitoring system," in *Developments in eSystems Engineering (DeSE), 2013 Sixth International Conference on*, Dec 2013, pp. 328–331.
- [9] M. Ahsan, J. McManis, and M. Hashmi, "Prototype system development for wireless vehicle speed monitoring," in *Communication Systems, Networks Digital Signal Processing (CSNDSP), 2014 9th International Symposium on*, July 2014, pp. 287–292.
- [10] R. Barrales Guadarrama, M. Rodriguez Rodriguez, V. Barrales Guadarrama, and A. Mocholi Salcedo, "A bluetooth development platform for wireless sensors," in *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA), 2010*, Sept 2010, pp. 213–219.
- [11] L. Amaral, F. Hessel, E. Bezerra, J. Corre[U+0311]a, O. Longhi, and T. Dias, "An adaptative framework architecture for rfid applications," in *Software Engineering Workshop (SEW), 2009 33rd Annual IEEE*, Oct 2009, pp. 15–24.