

SENSOR MAGNÉTICO INALÁMBRICO PARA LA DETECCIÓN Y MEDIDA DE TRÁFICO RODADO EN TIEMPO REAL

A. G. CARDELL BILBAO¹, M. RODRÍGUEZ VALIDO², J. J. DÍAZ GOPAR¹, C. SOBOTA RODRIGUEZ¹, A. AYALA AFONSO², E. MAGDALENO CASTELLÓ²

¹Departamento I+D. SensinAll. España.

acardell@sensinall.com jjdiaz@sensinall.com csobota@sensinall.com

²Departamento de Física Fundamental, Experimental, Electrónica y Sistemas. Facultad de Física. Universidad de La Laguna. España.

mrvalido@ull.es aayala@ull.es emagcas@ull.es

Hoy en día, utilizar nuestro vehículo como método de transporte es la forma más habitual de desplazarnos. Lo utilizamos prácticamente para todo (para ir a trabajar, ir a comprar, en el ocio, etc.). Estas prácticas, junto con las infraestructura actuales que disponen las ciudades, provocan largas colas de tráfico, incrementan la polución del ambiente, desencadenan frustraciones, originan accidentes, etc. Un sistema que contribuya de alguna forma en una mejora en la gestión (control y monitorización) del tráfico supondría un avance en la optimización y mejora de los recursos que se disponen actualmente. El objetivo de este trabajo es el desarrollo e implementación de un sensor magnético inalámbrico, denominado TrafficSensor, que permita monitorizar en tiempo real el estado del tráfico valiéndose de la capacidad de poder detectar vehículos, obtener su velocidad y tipo. Este sensor se integraría en una red de sensores inalámbricos de tal forma que puedan trabajar colaborativamente.

Palabras clave: Sensores inalámbricos, Sensores magnéticos, Monitorización de tráfico, Detección de vehículos, Velocidad de vehículos.

1. Introducción

Gracias al los avances de la industrialización y de la tecnología, han permitido a las ciudades desarrolladas mejorar su nivel de vida permitiéndoles adquirir bienes y servicios que eran prohibitivos unas décadas antes. Uno de estos bienes son los vehículos a motor. Su uso como método de transporte habitual plantea un serio problema en la optimización de la gestión de tráfico.

Lo primordial antes de abordar un problema tan complejo como el del tráfico de vehículos, es saber cómo se comporta ese tráfico, es decir, obtener modelos fiables del mismo. ¿Cuántos vehículos usan una vía? Algo tan sencillo como eso es imposible de saber en la mayoría de nuestras principales ciudades. Si carecemos del número de vehículos que circulan por una vía, no hablemos de conocer la ocupación de esa vía o de obtener la clasificación por franjas horarias o clasificar los tipos de vehículos que circulan por ella, etc.

Los sistemas actuales de monitorización de tráfico son costosos, complejos, sujetos a mantenimientos desorbitados, voluminosos, etc. Por ejemplo, los sistemas basados en bucles inductivos no permiten obtener ningún tipo de clasificación de vehículos, son menos exactos que los basados en sensores magnéticos, limitados a una cobertura de acción, poseen grandes costes de instalación y necesitan de grandes cálculos “offline” para operar [1]. Otros sistemas tales como el radar o el vídeo, son sistemas muy complejos y que parten de unos costes iniciales muy elevado de implantación para poder abordar el problema de modelización del tráfico rodado. Por estas razones, los radares, hoy por hoy no son una opción para sustituir a los bucles inductivos.

Una nueva tecnología emergente en la industria y en diversos sectores tales como agricultura, monitorización de bosques, construcción, etc. son las redes de sensores inalámbricas (*Wireless Sensor Networks*). Una red de estas características está basada en múltiples nodos (llamados “*motes*”) conectados entre sí para realizar una tarea común [2]. Los avances tecnológicos y la reducción de costes en dispositivos electrónicos y de comunicación, han permitido construir nodos de sensores multifuncionales y multipropósito que operan con poca energía, de pequeño tamaño, y con una capacidad de comunicación inalámbrica. Básicamente, un nodo de estas características consta de una unidad de procesamiento con un poder de cómputo mínimo, una pequeña memoria, una unidad de comunicación inalámbrica y uno o varios transductores que capturan parámetros tales como temperatura, humedad, luminosidad, etc. La inclusión, a estos nodos, de sensores magnéticos, permite utilizar estas redes como una alternativa de bajo coste y fácil implantación para la monitorización del tráfico.

Existen otros trabajos que utilizan las redes de sensores inalámbricas como soporte tecnológico para la monitorización del tráfico como sustitutivo a los bucles inductivos y a otros métodos intrusivos (como pueden ser las bandas de presión). Wilder [3] propone un sistema basado en sensores magneto-inductivos aunque se limita únicamente a describir el proceso de muestreo de sensores y envío de datos sin aportar algoritmos de detección o cálculo de velocidades. Por otra parte, Yoo [4] describe en su trabajo el uso de las redes de sensores inalámbricas utilizando sensores magneto-resistivos para modelar un sistema de control de tráfico en intersecciones no señalizadas dando más peso al control del tráfico y no tanto a la detección de vehículos. Estudios más completos realizados por Cheung y Varaiya [5] realizan un análisis minucioso entre la utilización de bucles inductivos frente a sensores magneto-resistivos apoyándose en las redes de sensores inalámbricas. También proponen el uso de sensores acústicos para la detección de vehículos, entre otros trabajos.

Todos estos trabajos coinciden en proponer como método de cálculo de velocidad de vehículos la utilización de dos nodos inalámbricos situados a una distancia conocida y medir el intervalo de tiempo que tarda un vehículo en pasar por los dos nodos. Este sistema tiene la ventaja de la necesidad de un sólo sensor magnético y la utilización de una frecuencia de muestreo no influyente en el cálculo de velocidad aunque son más las desventajas que aporta este sistema. El cálculo de velocidad se debe de realizar “offline” al necesitar información de dos nodos independientes, debe existir una sincronización de tiempo entre los dos nodos, la adquisición de dos nodos para poder realizar el cálculo con el consecuente aumento de costes.

Como principal objetivo de este trabajo, proponemos un método alternativo a esta forma de adquirir datos relativos a los parámetros de velocidad. Aunque existe un trabajo realizado por Cheung [6] donde realiza el cálculo de velocidad con un solo nodo y sensor magnético, su fundamento se basa más en análisis estadísticos (promediando longitud de vehículos y obteniendo tiempo de detección de vehículos) que analíticos y reales, arrojando resultados basados en probabilidades y errores. Nuestra alternativa se basa en un prototipo de nodo inalámbrico que incorpora dos sensores magneto-resistivos que permita realizar el cálculo de velocidad en un mismo nodo y en tiempo real. Para ello, se vale de la separación que existe entre estos dos sensores magnéticos donde la diferencia de tiempo en detectar el paso del vehículo entre un sensor y otro nos dará el tiempo para estimar la velocidad del vehículo además de poder identificar parámetros tales como tipo y longitud de vehículos. Como característica del método de medida podemos resaltar la dependencia de la frecuencia de muestreo de los sensores magnéticos con la velocidad, ya que a menor distancia entre sensores mayor frecuencia de muestreo necesaria para calcular la velocidad del vehículo, con lo cual se hace necesario velocidades de cálculo superiores.

Este trabajo ha sido desarrollado conjuntamente entre la Universidad de La Laguna y la empresa novel *SensinAll* [7] que radica en la misma Ciudad. Por un lado ha servido como proyecto fin de carrera para un alumno de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial y por el lado de la empresa, ha servido para desarrollar un producto comercializable por parte de la misma.

2. Descripción del sistema

La figura 1 detalla el escenario donde estará ubicado el sistema implementado. En ella vemos una red de nodos sensores magnéticos distribuidos cuidadosamente en una vía pública. Cada uno de estos nodos transmitirá sus medidas a una estación base o nodo *gateway*, valiéndose de sus nodos vecinos como medio de ruteo para llegar al nodo base. Dicho nodo tiene la posibilidad de conectarse remotamente a un centro de control de tráfico mediante alguna red comercial (GSM, UMTS, etc.) y transmitir información en tiempo real del estado actual del tráfico.

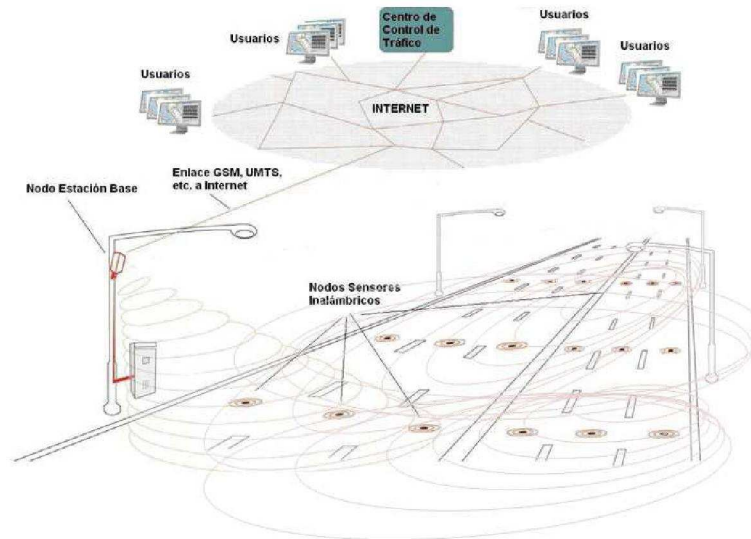


Figura 1. Escenario de la distribución del sistema.

2.1. Red de sensores. Nodo sensor

Las redes de sensores inalámbricas pueden constar de cientos o incluso miles de nodos de sensores diminutos, que se comunican unos con otros vía radio, y recogen información del medio que les rodea. Estas características, conjuntamente con el trabajo colaborativo las hace un soporte ideal para adquirir datos del tráfico rodado en un determinado lugar (una rotonda, un cruce, una carretera, una autopista, etc.) y poder obtener información útil en tiempo real del tráfico existente (tipo de vehículo, velocidad, etc.) y también poder extraer modelos de comportamientos del mismo.

Tal como comentamos anteriormente, cada nodo de la red está compuesto de un microcontrolador, memoria, transceptor de radio y transductores que les permita sensar el medio. Nuestro trabajo se ha basado en la utilización de motes llamados *tmote sky* fabricado por la compañía Moteiv (Figura 2) [8]. Este dispositivo posee una interfaz analógica mediante la cual podemos conectar cualquier sensor analógico con un acondicionador de señal apropiado. Cada nodo de la red es gestionado por un sistema operativo específico, TinyOS [9], que nos permite abstraernos de las particularidades del hardware. También la utilización de este como sistema operativo embebido ha permitido programar aplicaciones rápidas, versátiles y flexibles, pudiendo utilizar componentes genéricos y enlazarlos con nuestra aplicación.



Figura 2. Tmote sky de Moteiv.

2.2. Sensores magnéticos

La tierra posee un campo magnético casi uniforme sobre una superficie de varios kilómetros cuadrados. Un sensor magnético sensible a dicho campo, es capaz de detectar cambios en el campo magnético terrestre debido a la perturbación creada por ejemplo, el paso de un vehículo, esta perturbación podemos utilizarla para aplicaciones diversas (Figura 3). Con la medida de este campo en una dirección podemos detectar cuando está pasando un vehículo así como la dirección que lleva, si disponemos dos sensores colocados convenientemente podemos, incluso más aún, calcular su velocidad.

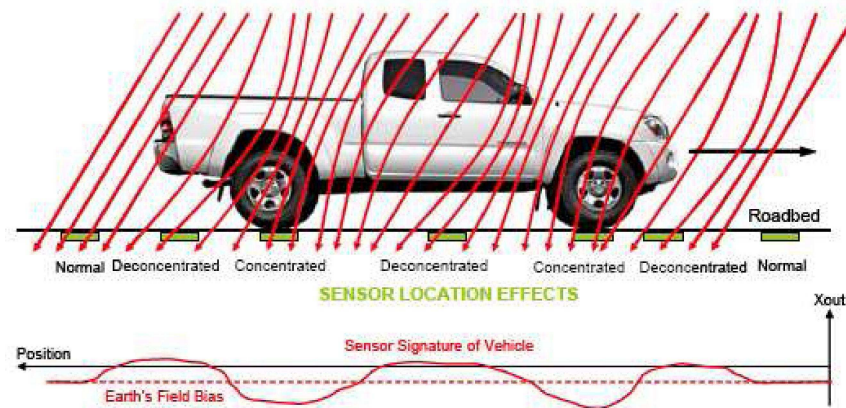


Figura 3. Perturbación del campo magnético terrestre al paso de un vehículo

En este trabajo, hemos implementado un nodo sensor con dos magnetómetros magneto-resistivos del tipo AMR (HoneyWell HMC1052L [10]) alineados y a una separación de 10 cm, de tal forma que podamos detectar cambios consecutivos en los mismos para estimar la velocidad (Figura 4).

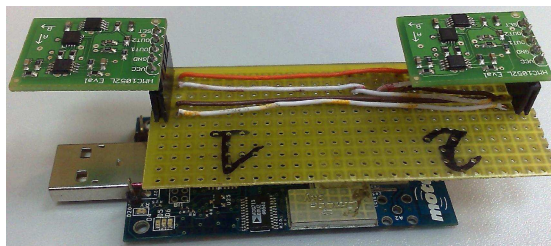


Figura 4. Vista de los dos sensores magnéticos separados 10cm y conectados al nodo inalámbrico.

2.3. Adquisición de datos y Algoritmos de detección y Cálculo de velocidad

Los datos procedentes de los magnetómetros son adquiridos simultáneamente mediante la interfaz ADC que incorpora el mote. El procesado de los mismos es realizado por el nodo mediante los algoritmos de detección y posteriormente de estimación de velocidad. Previo a estos cálculos la señal cruda es filtrada por un filtro pasa baja para ruidos de alta frecuencia (Figura 5).

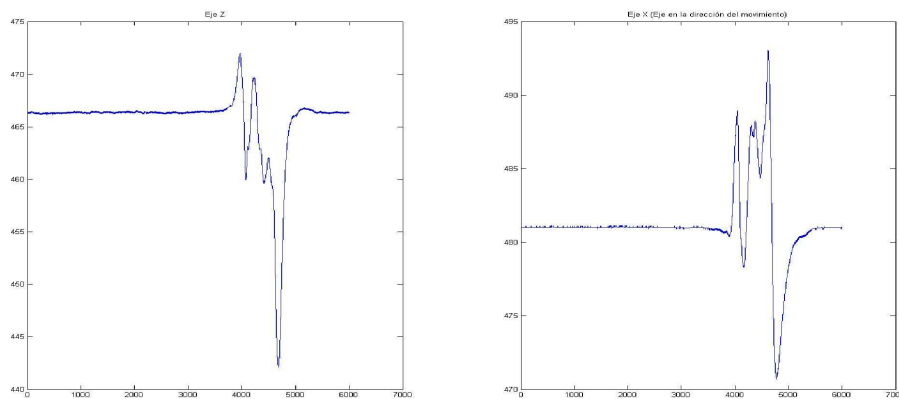


Figura 5. Señal magnética filtrada al paso de un vehículo (Mercedes E190).

El algoritmo de detección está basado en un umbral adaptativo de tal forma que filtre los cambios de la línea base. Una vez corregido este efecto, el algoritmo ejecuta simultáneamente dos máquinas de estados que comprueban si la perturbación medida en cada magnetómetro supera la línea base en un periodo de tiempo determinado. En este momento si se dan estas condiciones, se determina que existe un vehículo pasando por uno de los sensores. La detección de un vehículo implica la ejecución, por parte de la máquina de estados de uno de los magnetómetros, de un Timer que medirá el tiempo que tarda el vehículo al pasar al otro magnetómetro. Una vez detectado el vehículo en el otro magnetómetro, se iniciará la parada de este Timer, conteniendo el tiempo que ha tardado el vehículo en pasar por los dos sensores (Figura 6). Con esta medida podemos estimar la velocidad con la que pasa el vehículo.

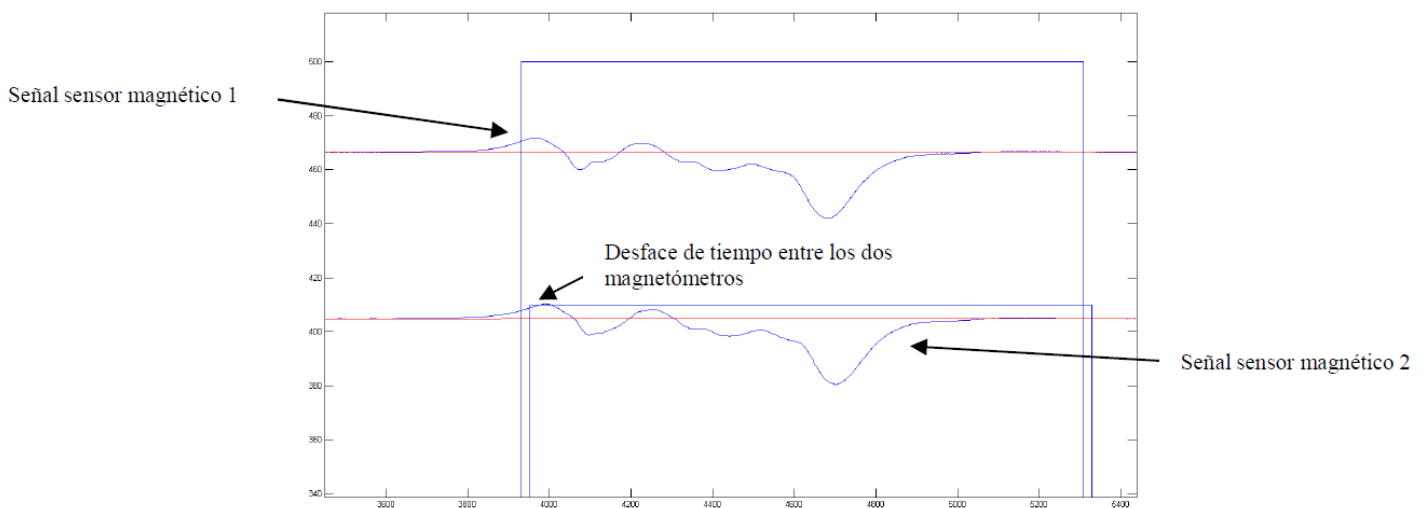


Figura 6. Perturbaciones magnéticas al paso de un vehículo medidas por los dos sensores.

Aunque no es el principal objetivo de este trabajo, la extracción de características del vehículo, como puede ser la longitud, se supedita a realizar operaciones matemáticas entre variables medidas de velocidad y tiempo de detección [5].

3. Conclusiones

En este trabajo hemos desarrollado e implementado una red de sensores inalámbricos basados en sensores magnéticos que nos han permitido obtener parámetros necesarios para la monitorización de tráfico. Estos parámetros se basan en la detección de vehículos y cálculo de su velocidad.

Desde una perspectiva docente, este trabajo le ha servido al alumno a adquirir conocimientos avanzados de redes de sensores inalámbricas, programación de nodos en TinyOS, instrumentación electrónica y adquisición de datos, procesado de datos en tiempo real, etc. así como la experiencia práctica para su enriquecimiento profesional a la hora de asumir futuros retos en su vida laboral. Por otro lado, desde una perspectiva empresarial, ha servido como primer prototipo para desarrollar un producto comercializable tanto como aforador de vehículos como de detector de velocidades.

Como futuras mejoras se propone el uso de sensores magnéticos magneto-resistivos del tipo GMR [11] por su mayor sensibilidad a las perturbaciones magnéticas terrestre y por su menor consumo, esta última característica fundamental en las redes de sensores inalámbricas.

Referencias

- [1] S. Cheung, S. C. Ergen, P. Varaiya. *Traffic surveillance with wireless magnetic sensors. Proc. 12th ITS World Congress*. San Francisco (2005).
- [2] F. L. LEWIS. *Wireless Sensor Networks. Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications* Ed. D.J. Cook and S.K. Das, John Wiley. New York (2004).
- [3] Joel L. Wilder, A. Milenković, E. Jovanov. *Smart Wireless Vehicle Detection System*. 159-163 (2008).
- [4] J. Yoo, K. Sung, J. Jang. *Intelligent Non-signalized Intersections Based On Magnetic Sensor Networks*. 275-280 (2007).
- [5] S. Cheung, P. Varaiya. *Traffic Surveillance by Wireless Sensor Networks: Final Report. California PATH Research Report*. California (2007).
- [6] S. Cheung, S. Coleri, B. Dunder, S. Ganesh, C. Tan, P. Varaiya. *Traffic Measurement and Vehicle Classification with a Single Magnetic Sensor. Journal of Transportation Research Board*. (2005).
- [7] SensinAll [www.sensinall.com]
- [8] Moteiv [www.moteiv.com]
- [9] TinyOS [www.tinyos.net]
- [10] Honeywell HMC 1052L [http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/HMC105X.pdf]
- [11] O. Elmatboly, A. Homaifar, M. Zolghadri. *Giant magneto resistive sensing of critical power system parameters. Industrial Electronics Society. IECON 2005. 31st Annual Conference of IEEE*. (2005)