

Detección de Averías Viales Mediante IoMT Aplicada a Smart Cities

Miguel Augusto Azar¹, Maria Antonia Tapia¹

¹ Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy Argentina
augusto.azar@gmail.com; maria.antonio.tapia@gmail.com

Abstract. El presente trabajo describe la primera fase del desarrollo de un sistema smartcity que permite registrar las posiciones globales y las dimensiones de las averías viales dentro de una ciudad utilizando una red de sensores móviles. Se aprovecha la posibilidad de acceder al acelerómetro y al GPS de los smartphones que emplean los conductores de vehículos. La magnitud de los baches se mide por medio de la intensidad de señal registrada por el acelerómetro mientras que el lugar donde se encuentra, lógicamente, se almacena según las coordenadas provistas por el GPS. Esta fase inicial es escalable y permitiría a los administradores municipales contar con información actualizada del estado de las calles para su correspondiente mantenimiento o reparación.

Keywords: Internet de las Cosas. Sensores. Smart City. Mobile. Android. IoT.

1 Introducción

IoT (por su nombre en inglés Internet of Things) consiste en una red de objetos conectados a Internet capaces de recopilar e intercambiar datos utilizando sensores integrados. Dichos sensores se utilizan en redes eléctricas, ferroviarias, sistemas de conductos de agua potable, distribución de gas, entre otras. A su vez, estas redes no necesariamente poseen sensores estáticos sino que pueden ser parte de sistemas en los que los sensores suministran información a medida que se desplazan dentro de un área específica. Estas redes de sensores inalámbricos (WSN, o Wireless Sensor Network) [5] se conectan a la nube y conforman lo que se conoce como Internet de las Cosas Móviles (IoMT).

El término “Internet de las Cosas” fue mencionado por primera vez por Kevin Ashton en 1999 [1]. Este concepto hace referencia a que las computadoras dependen de los humanos para obtener información. Aun así, estos últimos no lo hacen de manera dedicada, precisa u oportuna como lo hacen los sensores que se conectan a sistemas embebidos.

En [2] IoT se define como aquel sistema que se utiliza para cubrir diversos aspectos relacionados con la extensión de Internet y la Web en el ámbito físico, mediante el despliegue generalizado de dispositivos distribuidos espacialmente con capacidades de identificación, detección y/o actuación integradas.

Otros autores tales como [3], consideran que IoT es el nombre colectivo de los sensores interconectados, colocados en "cosas" dentro de las infraestructuras cibernéticas físicas fijas.

Actualmente, una gran cantidad de infraestructuras son físicamente dinámicas en donde los sensores pueden estar asociados a personas o cosas que se mueven permanentemente y proporcionan datos relativos al lugar en que se encuentran. Este concepto es complementado por [4] en el que se amplía el paradigma de Internet de las Cosas hacia Internet de las Cosas Móviles (IoMT). En base a esta idea y al aprovechamiento de la conectividad de Internet cada vez más extendida es posible desarrollar sistemas que proporcionen información dinámica en función del posicionamiento de las cosas y las personas.

Una de las problemáticas que algunas de las "cosas" móviles enfrentan a diario es el de las irregularidades de calles y rutas (Figura 1), las cuales provocan daños y molestias que podrían ser evitadas.



Fig. 1. Baches de gran magnitud en carreteras.

Las averías viales constituyen un gran problema tanto para quienes deben repararlas como para los vehículos involucrados. En la mayoría de los casos el mantenimiento de las calles y rutas obliga a deshabilitar algún tramo de las mismas ocasionando mayor congestión del tránsito que la habitual.

En cuanto a los vehículos, los daños producidos por las calles y rutas en mal estado (en casos extremos) pueden ir desde la rotura de amortiguadores y llantas, la expulsión del aire de las ruedas, hasta incluso la posibilidad de accidentes entre vehículos y transeúntes. En el mejor de los casos los daños en el vehículo pueden ser graduales y con el paso del tiempo deteriorar lentamente el tren delantero, reduciendo de este modo su vida útil.

En el presente trabajo se plantea la primera etapa del desarrollo de un sistema que permite identificar las averías viales dentro de una ciudad. El concepto consiste en el diseño de una app para smartphones que, una vez instalada, realiza la lectura de los impactos bruscos (provocados por las irregularidades del camino) que recibe un automóvil a lo largo de un trayecto dentro o fuera de una ciudad. La lectura de esos impactos es tomada a través del acelerómetro que informa sus mediciones permanentemente a una aplicación y ésta a su vez registra esos datos para

posteriormente ser analizados. Cada vez que el sensor proporciona un dato que supera determinado umbral la aplicación consulta la posición global actual (GPS) y registra tanto la intensidad del impacto como la latitud y longitud en donde se produjo.

2 Antecedentes

Existe, desde la incorporación del acelerómetro a los smartphones, una gran cantidad de investigaciones intentando abordar la problemática de las averías viales mediante el uso de aplicaciones para sistema operativo Android y en diversas configuraciones en cuanto a arquitectura.

En [6], los autores se concentran en diferentes algoritmos de detección de baches basados en los datos del acelerómetro de smartphones con sistema operativo Android y realizan una clasificación de baches (pequeños, grupo de baches y grandes). De este modo logran una identificación de los daños en calles en forma exitosa, de hasta un 90%.

En el trabajo presentado por [7], los autores se enfocan en un análisis técnico profundo y desarrollan un sistema de adquisición de datos que son procesados y sometidos al cálculo de un índice de rugosidad compuesto en base a un modelo matemático utilizado para extraer información de las condiciones de la superficie de una carretera.

Otra propuesta es la desarrollada por [8] en la que se diseña una combinación de hardware y software compuesta por acelerómetro, unidad de GPS, microcontrolador, módulo Zigbee [9] y servicio en la nube.

En [10] se emplea un conjunto hardware consistente en una unidad de GPS, acelerómetro, Arduino y un servidor que es actualizado mediante el uso de un módulo Bluetooth. El enfoque para detectar baches esta basado en funciones definidas en [6].

El trabajo presentado por [11] emplea una aplicación móvil que además del acelerómetro utiliza el giroscopio. A partir de los datos recolectados se entrenan modelos SVM (Support Vector Machines) logrando una precisión superior al 90%.

Otros trabajos similares a los ya citados son los estudiados por [12]-[14]. En [15] se describe de manera muy simplificada la publicación de una patente de un sistema embebido que emplea acelerómetro, GPS y microprocesador.

3 Arquitectura Propuesta

En esta primera fase del desarrollo, la investigación se enfocó en la implementación de una aplicación móvil destinada a recolectar la información acerca de las averías viales, su geo posición y el almacenamiento de los datos de aceleración, latitud y longitud. El conjunto de datos luego se somete a un análisis para posteriormente determinar los pasos a seguir en futuros trabajos.

En la Figura 2 se ilustra la arquitectura básica del sistema desarrollado la cual consiste en una aplicación implementada para el sistema operativo Android 6.0 Marshmallow.

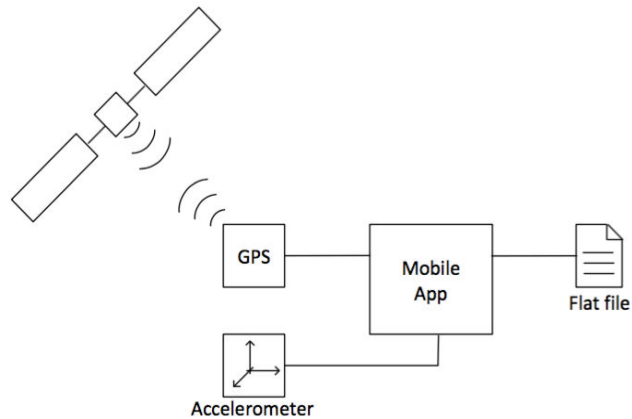


Fig. 2. Arquitectura desarrollada para la primera fase.

4 Implementación

Para el desarrollo de la app se utilizó el entorno de desarrollo integrado Android Studio 3.0 y el emulador de aplicaciones móviles Genymotion 2.12 debido a su versatilidad frente a emuladores similares. La aplicación fue instalada y probada exitosamente en un smartphone Samsung J7 Prime.

En la Figura 3 puede observarse la interfaz principal de la aplicación móvil en la que es posible iniciar la lectura de datos una vez que se fija el smartphone al interior del automóvil.



Fig. 3. Interfaz principal de la app desarrollada para la primera fase de recolección y análisis de datos.

En la Figura 4 se ilustran las pantallas del sensado de los ejes del acelerómetro, las magnitudes proporcionadas por el GPS y el registro en archivo plano.

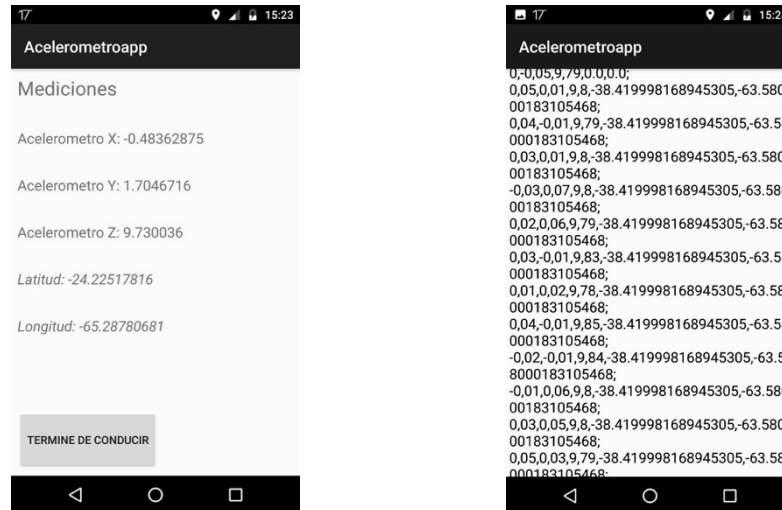


Fig. 4. Actividades de lectura de acelerómetro y GPS (izq., monitorea la medición que se está realizando) y los datos consultados una vez que finaliza el proceso de registro (der.).

5 Experimentación In Situ

Las pruebas se realizaron en una ruta poco transitada en un tramo de 2.6 km. La Figura 5 ilustra la zona analizada en una serie de mediciones a diferentes velocidades.

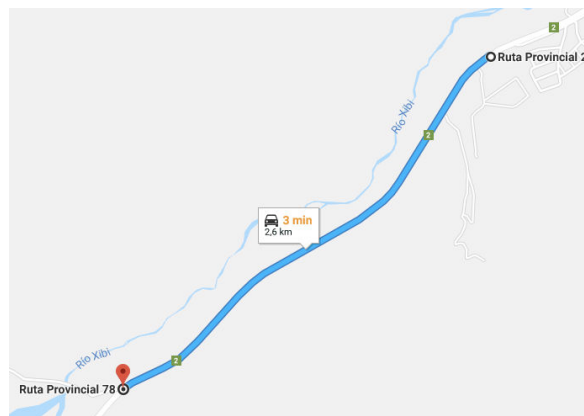


Fig. 5. Tramo de la carretera utilizada para la recolección de los datos de aceleración, latitud y longitud.

El análisis de los datos extraídos se dividió en dos partes en las que se evalúa el efecto producido por las irregularidades:

- en forma aislada
- en forma general

A su vez, el análisis (en forma aislada) de los efectos de la aceleración sobre el eje Z se evaluaron en función de las irregularidades de la superficie cuando poseen:

- elevación anormal (reductores de velocidad vial)
- hundimiento anormal (bache)

En el caso de las elevaciones anormales, el efecto en la aceleración del eje Z acompaña al movimiento de la elevación; Figura 6. El eje Z normalmente se mantiene alrededor de los 9.7 m/s^2 , pero cuando el vehículo encuentra un obstáculo por encima de la superficie entonces la aceleración tiene una variación positiva que depende de la velocidad y de la magnitud del obstáculo.

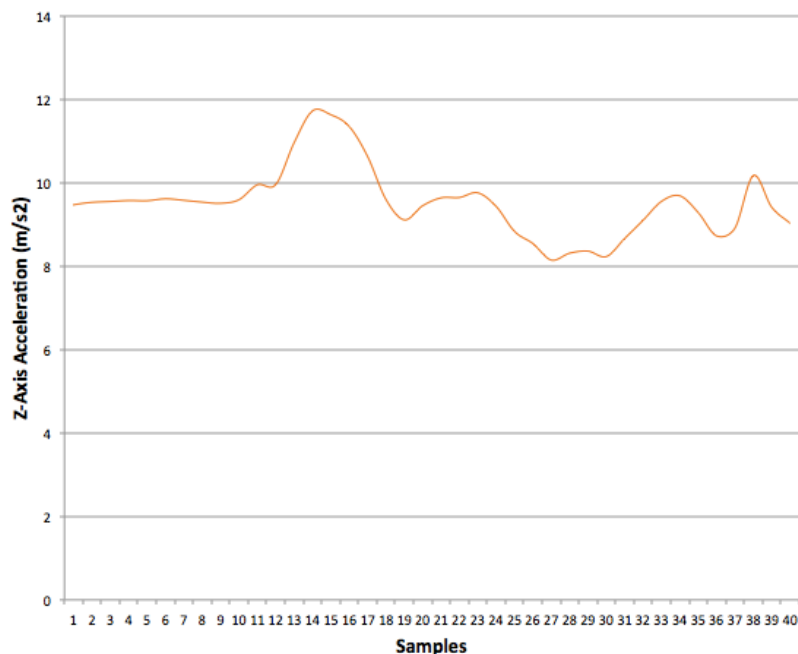


Fig. 6. Efecto sobre el eje Z provocado por un reductor de velocidad vial a baja velocidad (40 km/h).

En la Figura 6 puede observarse que luego de mantenerse la aceleración en 9.7 m/s^2 se eleva a un valor cercano a 12 m/s^2 .

En el caso de la aceleración frente a los baches se produce el efecto contrario (Figura 7).

Al encontrarse el vehículo frente a un bache ocurre una variación negativa de la aceleración. En la Figura 7 se observa que la aceleración pasa de su valor normal (9.7 m/s^2) a -0.075 m/s^2 . La variación positiva inicial se debe al movimiento de cabeceo que realiza el vehículo dado que la medición es tomada en el interior del mismo

(cerca de su baricentro). Una medición mas precisa se lograría si el acelerómetro fuese instalado sobre el eje de las ruedas delanteras o traseras.

En cuanto al análisis general, en la Tabla I se muestra un resumen de las mediciones promedio realizadas a velocidades de 40 y 80 km/h. Puede observarse que a mayor velocidad del automóvil mayor es la intensidad de la aceleración negativa. Mas específicamente, cuando el vehículo se desplaza a una velocidad de 80 km/h el impacto recibido tiene mayor intensidad debido a que la aceleración en el eje Z cae abruptamente a 1.05824 m/s^2 .

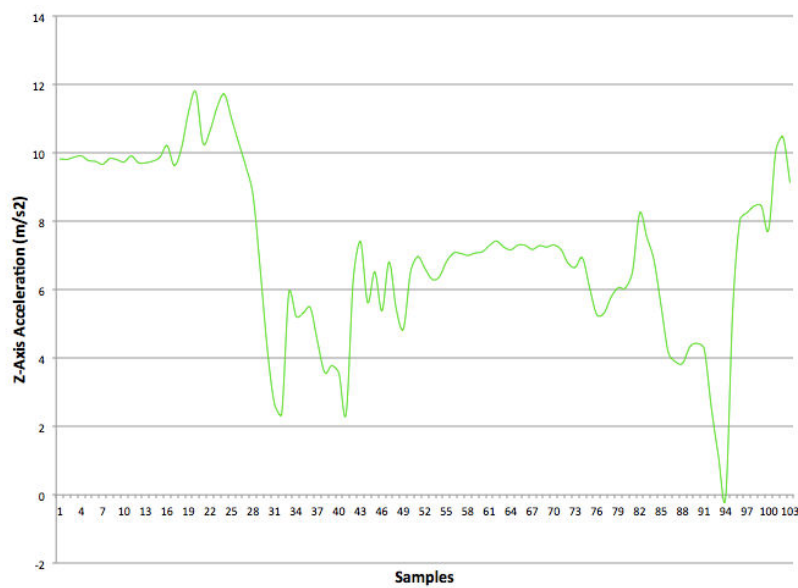


Fig. 7. Efecto sobre el eje Z provocado por un bache a baja velocidad (40 km/h).

Cuando la velocidad del automóvil es mas baja (40 km/h), el impacto es menor registrando una caída de la aceleración en el eje Z promedio de 5.60483 m/s^2 .

Tabla I. Aceleración promedio en función de la velocidad.

		Velocity (km/h)	
		40	80
Acceleration (m/s^2)	min	5.60483	1.05824
	max	11.79503	12.64139

6 Conclusión

Este análisis previo confirma que las altas velocidades inciden con mayor intensidad sobre los vehículos y en consecuencia la probabilidad de daño sobre el mismo se incrementa.

Se analizaron los efectos provocados por los reductores de velocidad vial y los baches determinando que la curva de la aceleración acompaña a la forma de la irregularidad en la ruta. Este análisis permitirá en futuros trabajos identificar con precisión la presencia de baches mediante el empleo de técnicas de inteligencia artificial tales como aprendizaje automático o el aprendizaje profundo.

Por otro lado, en futuros trabajos se desarrollará un sistema embebido con sensores ubicados en los ejes del vehículo para lograr una mejor lectura de las irregularidades de las carreteras.

El uso de un sistema de esta naturaleza requiere la implementación futura de una red de automóviles conectados que informen el estado de las calles en forma permanente. Esto conlleva a una situación polémica ya que el uso de una aplicación que suministra información geo posicionada de personas a una base de datos en forma permanente puede tener implicancias cuestionables relativas a la privacidad de quienes la utilizan. Es por ello que, si un sistema de este tipo se requiere instalar en vehículos para que trabajen en forma colaborativa entonces los administradores municipales podrían plantear una solución intermedia. Esto significa que una posibilidad es recurrir a aquellos vehículos que tienen un espectro de alcance más amplio y mejor distribuido como ser el caso de los taxis a los cuales podrían aplicárseles exenciones impositivas en caso de colaborar con la instalación y posterior suministro de información.

En relación al uso del acelerómetro y su factibilidad, se pudo constatar que se requiere medir, además de la aceleración, los movimientos de cabeceo y rolido mediante el giroscopio del smartphone. Otra posibilidad, consiste en instalar sensores piezoeléctricos adosados a los amortiguadores con el fin de lograr una precisión superior.

Referencias

1. K. Ashton. That 'Internet of Things' Thing: In the real world, things matter more than ideas. *RFiD Journal*. RFID. (2009).
2. C. Tsirmpas, A. Anastasiou, P. Bountris and D. Koutsouris. A New Method for Profile Generation in an Internet of Things Environment: An Application in Ambient-Assisted Living. *IEEE Internet of Things Journal*. Volume: 2, Issue: 6. Page(s): 471 – 478. ISSN: 2327-4662. (2015).
3. K. Nahrstedt, H. Li, P. Nguyen, S. Chang, and L. Vu. Internet of mobile things: Mobility-driven challenges, designs and implementations. In *Proceedings - 2016 IEEE 1st International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation, IoTDI 2016* (pp. 25-36). [7471348] Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. DOI: 10.1109/IoTDI.2015.41. (2016).
4. K. Nahrstedt. Internet of mobile things: challenges and opportunities. 10.1145/2628071.2635931. (2014).

5. M. U. Farooq, M. Waseem, S. Mazhar, A. Khairi and T. A. Kamal. Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications* (0975 8887). Volume 113, No. 1. (2015).
6. A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs, and L. Selavo. Real time pothole detection using android smartphones with accelerometers. In *IEEE DCOSS*. (2011).
7. G. Alessandrini, L. C. Klopfenstein, S. Delpriori, M. Dromedari, G. Luchetti, B. D. Paolini, A. Seraghiti, E. Lattanzi, V. Freschi, A. Carini and A. Bogliolo. SmartRoadSense: Collaborative Road Surface Condition Monitoring. In *Proc. of UBICOMM*. (2014).
8. H. A. Jamakhandi and K. G. Srinivasa. Internet of things based real time mapping of road irregularities. *Assistive Devices Group M. S. Ramaiah Institute of Technology, Proceedings of International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing. I4C*. (2014).
9. Zigbee alliance, <https://www.zigbee.org/what-is-zigbee/494-2/>
10. S. Dimple, V. Monica, A. Anirudh and C. Adarsh, "Monitoring Of Road Irregularities Using IOT", *International Journal of Management and Applied Science (IJMAS)*, pp. 127-130, Special Issue. (2016).
11. U. Bhatt, S. Mani, E. Xi and Z. Kolter. Intelligent Pothole Detection and Road Condition Assessment. *Data For Good Exchange*. (2017).
12. A. S. El-Wakeel, J. Li, M. T. Rahman, A. Noureldin and H. S. Hassanein, "Monitoring road surface anomalies towards dynamic road mapping for future smart cities", *Signal and Information Processing (GlobalSIP) 2017 IEEE Global Conference on*, pp. 828-832. (2017).
13. B. Lanjewar et al., "Road bump and intensity detection using smartphone sensors", *Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 4, no. 5, pp. 9185-919. (2016).
14. H. Song, K. Baek and Y. Byun. Pothole Detection using Machine Learning. *Advanced Science and Technology Letters Vol.150 (AST 2018)*, pp.151-155. (2018).
15. H. A. Troemel and M. R. Stelts, "Road Health (Pothole) Detection over Wireless Infrastructure", U.S. Patent 15/662,753, Jul. 28. (2017).