

ParkIt - Plataforma inteligente de estacionamiento público.

ParkIt - Smart on-street parking platform

Agustín Formoso¹, Agustín Mazzilli,² Rafael Sotelo³

Recibido: Mayo 2014

Aceptado: Julio 2014

Resumen.- A nivel mundial las ciudades tienen un crecimiento cada vez mayor, y en muchos casos la infraestructura de tránsito que permite la movilización de su población comienza a llegar a su capacidad máxima. Distintos puntos de estas ciudades se ven afectados de una forma negativa por la gran cantidad de vehículos que intentan acceder a zonas congestionadas constantemente, y eso hace que encontrar un estacionamiento público donde aparcar el automóvil muchas veces sea dificultoso. En este marco surge el proyecto ParkIt, una plataforma que brinda información en tiempo real acerca de la disponibilidad de estacionamiento en la vía pública. Esta plataforma permite obtener el máximo provecho de cada plaza de estacionamiento disponible, y disminuir los retrasos ocasionados por la búsqueda de las mismas. Al tener conocimiento de la ubicación de lugares disponibles, los usuarios de la plataforma se encontrarán menos tiempo en búsqueda activa de estacionamiento, lo que ayuda a descongestionar estas zonas.

Palabras clave: Ingeniería de tránsito; ciudades inteligentes; Internet de las cosas; estacionamiento inteligente.

Summary.- *Cities across the world are constantly growing, and the traffic infrastructure of many of them starts to reach its maximum capacity. Different points of these cities are negatively affected by the vast amount of vehicles that try to access congested zones, and that often makes finding an on-street parking spot where to park a car a difficult task. In this context the ParkIt project is developed, which is a platform that offers real-time information about on-street parking availability. This platform optimises the use of free parking spots, and reduces the incurred delays while in search of them. By knowing the location of available parking spots, users of this platform find themselves less times looking for a parking spot, contributing to reduce traffic in up to 30%.*

Keywords: *Traffic engineering; smart cities; Internet of things; smart parking.*

1. Introducción.- Las ciudades en crecimiento presentan cada vez más problemas con su infraestructura de tránsito. Históricamente fueron diseñadas para menores volúmenes de circulación, dado que circulaban más personas que automóviles, y con el paso de los años su infraestructura no da abasto con la demanda. Los lugares de estacionamiento público en algunas zonas de Montevideo son un ejemplo de una infraestructura que necesita ser mejorada en el país. Sacar el máximo provecho a cada lugar libre ayudaría a descongestionar determinadas zonas de la ciudad, y disminuir los retrasos ocasionados por tránsito denso.

Por otra parte, la tecnología se inserta cada vez más en la vida de las personas y las ciudades para que a sus habitantes les resulten más amigables y hagan más efectivo el empleo de su tiempo. Al

1Facultad de Ingeniería. Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, aformoso@correo.um.edu.uy

2Facultad de Ingeniería. Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, amazzilli@correo.um.edu.uy

3Facultad de Ingeniería. Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, rsotelo@um.edu.uy

mismo tiempo, se consiguen optimizar recursos naturales que se utilizan comúnmente en la vida de las ciudades, usándolos más eficientemente, consiguiendo ahorros y consiguiendo mayor armonía con el medio ambiente. El avance de la tecnología referido, trata, por ejemplo del avance del despliegue de redes de datos inalámbricos, consiguiendo prácticamente su ubicuidad, y la aparición de nuevos tipos de sensores, más robustos y económicos. Así se ha acuñado el término Ciudades Inteligentes, *Smart Cities*, que conjuga la preocupación por la preservación de los recursos naturales, con la necesidad de ofrecer más y mejores servicios al ciudadano.

Uno de los ámbitos en los que puede aplicarse este concepto es al del tráfico. Así se habla de Sistemas de Tráfico Inteligente [1], que permiten el control de la señalización en intersecciones, el control del tráfico urbano, búsqueda de caminos óptimos, prioridades para ambulancias, policías y bomberos, asistencia para encontrar estacionamiento o guía en el procedimiento de estacionar.

La propuesta que se presenta en este artículo consiste en la realización de un prototipo que informa sobre la disponibilidad de los estacionamientos en la vía pública en zonas congestionadas de una ciudad. De esta forma se busca que se minimice el volumen de tránsito de conductores en búsqueda activa de estacionamiento. Esto se logra a través de una red de sensores inalámbricos que detectan la presencia de un vehículo en una plaza de estacionamiento, informando a los usuarios a través de un sistema informático acerca de la disponibilidad de estacionamiento en un determinado lugar. De esta forma se logra que los conductores pasen la menor cantidad de tiempo posible en la búsqueda de una plaza.

Esta solución es crucial en ciudades (o zonas) de alta densidad, y/o ciudades que quieran optimizar sus recursos. Debido a que se disminuye el flujo de tráfico, se reducen el consumo de combustible y las emisiones de gases de dióxido de carbono por parte de los vehículos, se hace un mejor uso de las instalaciones disponibles para el parque automotriz y se mejora el acceso a ciertos puntos de la ciudad en horas pico.

2. Necesidad del proyecto.- Según un informe realizado en el año 2006 por el Departamento de Planificación Urbana de la Universidad de Los Ángeles, EEUU, un 30% de los automovilistas se encuentra en búsqueda activa de una plaza donde estacionar. Estos tardan en promedio 8 minutos en encontrar dicha plaza, ocasionando pérdidas de tiempo y combustible, y son responsables de una fracción considerable de las emisiones al aire por parte de los vehículos [2]. Otros reportes en la literatura indican las mismas cifras [3]. Por otra parte, se ha reportado que en un pequeño distrito céntrico de Los Ángeles, los automóviles que deambulan buscando lugar para estacionar, durante un año realizaron el equivalente a 38 viajes alrededor del mundo, consumiendo casi 200.000 litros de combustible y emitiendo 730 toneladas de dióxido de carbono [4].

2.1. Justificación de impacto.- Este proyecto busca satisfacer la necesidad de conseguir un estacionamiento libre en lugares de alta densidad de tráfico, a través de una aplicación web (disponible en computadoras, smartphones, tablets y celulares) que el usuario puede consultar a la hora de buscar estacionamiento. A través del uso de la plataforma se puede reducir el tiempo de búsqueda activa de estacionamiento, beneficiando a otros conductores, peatones, y reduciendo la emisión de gases contaminantes ocasionados por los automóviles. Al ofrecer información en tiempo real de los estados de los estacionamientos, la plataforma ayuda a descongestionar ciertas zonas, ya que reduce drásticamente el flujo de tránsito en búsqueda activa de estacionamiento. Además, el sistema permitirá informar sobre la localización, en puntos estratégicos de la ciudad, de plazas exclusivas para personas discapacitadas, de forma que estas puedan acceder más fácilmente a centros altamente concurridos.

Para los entes que controlan y regulan el tránsito en la vía pública, el sistema implica una nueva forma de recolectar información del uso de la vía pública, y si se lo considera oportuno, también sienta las bases para la implementación de un sistema de tarificación variable según la demanda.

Algunos sistemas de detección de lugares libres similares permiten la identificación, monitoreo, o rastreo de automóviles o individuos. No es un fin del aquí presentado. Uno de los principios fundamentales del sistema fue identificar plazas libres de forma anónima, sin dar lugar a posibles ataques hacia la privacidad de los usuarios. La firma magnética generada por los automóviles es suficientemente genérica como para no permitir dicha identificación, contrariamente a otros posibles sistemas de monitoreo como imagen o video.

2.2. Antecedentes.- El proyecto tiene antecedentes similares en algunos lugares del mundo. Entre ellos Santander, España, que cuenta con una red de sensores inalámbrica de área metropolitana, la cual incluye sensores de estacionamiento en la vía pública [5]; y San Francisco, CA, EEUU, donde existe un sistema de estacionamiento mixto (vía pública + estacionamientos privados) [6]. Este último cuenta con una aplicación móvil desde la cual se puede consumir la información provista por la plataforma. Estos antecedentes establecieron un marco en el cual el proyecto se pudo desarrollar, en base a estos trabajos se pudo tener una referencia realista de soluciones similares implementadas en otras ciudades del mundo.

Los trabajos presentados en las siguientes referencias [7-9] presentan un estudio de distintos sistemas de estacionamiento inteligente y los sensores utilizados en ellos.

Algunos trabajos plantean sistemas de localización y asignación de lugares de estacionamiento descentralizados, ya sea que utilicen redes ad-hoc entre los vehículos [10], o de utilización de técnicas de minería de datos y “sensores sociales” [11]. Pero son los menos. En general, los trabajos propuestos utilizan un sistema centralizado [12-14].

Hay una variedad considerable de sensores utilizados en la literatura para detectar los lugares libres, disponibles para estacionar en la vía pública. Por un lado, se plantea la idea de encontrarlos mediante imágenes de video [15]. Pero en general, la detección se realiza por medio de métodos electrónicos. Por ejemplo, se utilizan RFIDs [16-17], sensores de redes ópticos [18], microdispositivos de radiofrecuencia con bases distribuidas [19], NFCs [14;20], y redes de sensores inalámbricos Zigbee [13;21].

3. Desarrollo del proyecto.- El desarrollo del proyecto responde a diferentes necesidades, algunas de índole tecnológica, y otras propias del proyecto. Para poder cubrir estas necesidades se realizó un diagrama que expone la arquitectura de la plataforma. La arquitectura de la solución adoptada se muestra en la *Figura 1*, y posteriormente se detallan los componentes de la misma.

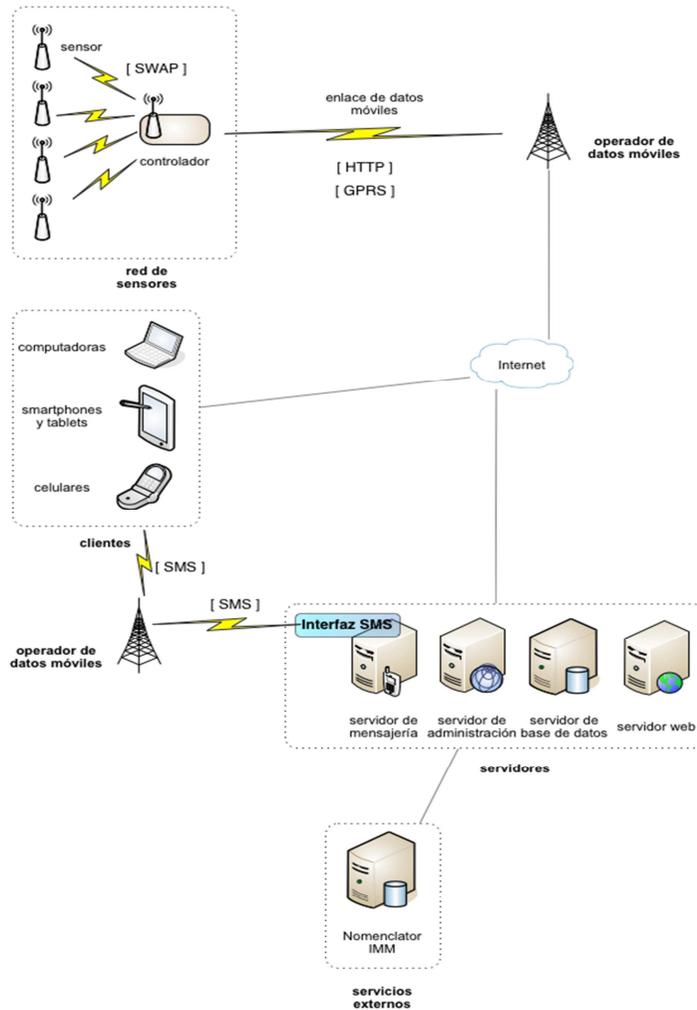


Figura I.- Diagrama de arquitectura.

3.1. Sensores.- Para la determinación de los lugares de estacionamiento libres se optó por utilizar sensores magnéticos de tres ejes. Estos presentan una serie de características que lo destacan frente a los demás sensores considerados: infrarrojos y ultrasónicos. Evaluando la relación costo/desempeño de los sensores de tres ejes, frente a las opciones de uno y dos ejes, se concluyó que los sensores tridimensionales resultan óptimos para la tarea de detección de un vehículo. Si bien estos son más costosos que los demás sensores, el mayor grado de precisión que ofrece le permite estar orientado en múltiples posiciones y obtener datos más fiables del entorno [22].

3.1.1. Detección de un vehículo.- Para detectar la presencia de un vehículo se utiliza como referencia el campo magnético generado por la Tierra. Este se mantiene sustancialmente constante si la orientación de los tres ejes del sensor magnético también se mantiene constante.

Cuando un vehículo se encuentra sobre el sensor o en la cercanía a este, se puede notar un cambio en los niveles del campo magnético terrestre percibido por el sensor, este cambio proviene de la presencia de componentes ferromagnéticos del vehículo, los cuales concentran la densidad del flujo magnético. Debido a que estos componentes se distribuyen de distinta forma dependiendo del automóvil, la distorsión de campo será diferente según el vehículo que se aproxime al sensor,

generando una especie de “firma” magnética [23].

Otro aspecto a considerar es el tamaño del vehículo, ya que automóviles más grandes o con mayor concentración ferromagnética generarán una “firma” más disruptiva que uno con componentes ferromagnéticos más pequeñas (Ver *Figura II*).

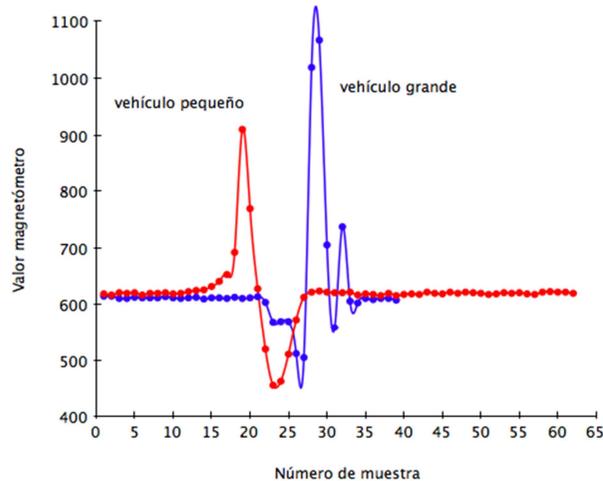


Figura II.- Patrón electromagnético de un vehículo pequeño y uno mucho mayor. Los vehículos ingresan a la zona sensible de forma frontal, y luego egresan. Estas medidas fueron realizadas a velocidad constante, tomando muestras cada un segundo.

Para la detección de la presencia de un vehículo se mide el cambio en la magnitud del módulo del campo magnético terrestre. Por lo que para las mediciones tomadas por cada uno de los tres ejes del sensor, la magnitud del módulo resultante es $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Nótese que de esta forma el sensor no tiene una posición en particular, sino que podría ser colocado en cualquier orientación, siempre que esta se mantenga fija.

Es importante tener en cuenta que la disrupción de campo magnético generado por un vehículo es proporcional a la proximidad entre este y el sensor. Debido a esto, existirá una distancia crítica que discrimina entre aquellos vehículos con intenciones de estacionar y aquellos que simplemente están pasando a una distancia cercana. Por esta razón, es necesario considerar un margen que contemple la presencia de un vehículo sobre un sensor y no en la proximidades de este [23].

3.1.2. Fuente de alimentación.- Para la alimentación de los sensores se optó por utilizar baterías de bajo costo, de las cuales las de polímero de litio destacan por sus buenas prestaciones.

Para tener un mayor conocimiento de las baterías a utilizar, y poder realizar predicciones acerca de las funcionalidades de la red a implementar, se realizaron estudios teóricos y prácticos acerca de la duración de la carga las mismas [24]. A partir del estudio teórico se concluye que la duración prevista para las baterías de los sensores es de 83 días. Dichos cálculos fueron realizados en base a baterías de polímero de litio con un voltaje de salida nominal de 3,7 V a 850 mAh. En caso de querer aumentar la vida útil de los sensores, se recomienda utilizar baterías de mayor capacidad.

En comparación con las baterías utilizadas por nodos inalámbricos de un sistema similar al propuesto en este artículo, el cual basa su comunicación con módulos XBee y transmitiendo en la banda de 868 MHz, se destaca que el sistema ParkIt cuenta con baterías que tienen el 3,3% de

capacidad, y logran rendir un 6,9% del tiempo que la competencia. Estos resultados destacan el bajo consumo de los nodos [25].

3.2. Enlace inalámbrico SWAP.- Una gran interrogante a la hora del diseño de la solución fue considerar las opciones de una red de sensores cableada o inalámbrica. Si bien las redes cableadas ofrecen una serie de ventajas como ser: alimentación constante e inmunidad a la interferencia electromagnética, se decidió por la implementación de una red inalámbrica. Una implementación cableada implica realizar modificaciones mayores en la infraestructura física del lugar donde se instale la WSN (Wireless Sensor Networks). Estas modificaciones aumentan tanto costos como tiempos de ejecución del proyecto. En cambio, las redes inalámbricas requieren de un menor costo de implementación y tiempo de ejecución. Como contrapartida, las redes inalámbricas requieren ser alimentadas por baterías, lo que las obliga a tener un consumo mínimo de energía, y transmitir la menor cantidad de datos posible (para reducir el consumo de energía debido a transmisión de datos).

La comunicación de cada uno de sensores con el nodo central (gateway) se realiza a través del protocolo de comunicación inalámbrica SWAP, utilizando los dispositivos panStamp [22]. Estos son un módulo inalámbrico de bajo consumo, los cuales contienen un microcontrolador ATmega328p y una interfaz inalámbrica RF CC1101 de Texas Instruments, de modo que tanto procesamiento de datos como comunicaciones inalámbrica están cubiertas por un solo módulo integrado. Es importante destacar que los módulos pansStamp pueden entrar en un estado de bajo consumo o de reposo (sleep), donde se desactivan muchas de sus funcionalidades y el consumo energético es mínimo. Este estado es ideal para aplicaciones que requieran prolongar la vida útil de las baterías que alimentan al circuito.

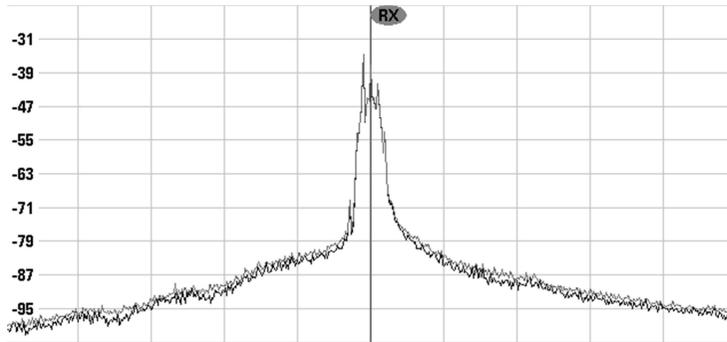
3.2.1. Frecuencia de operación la red.- Para la comunicación inalámbrica se tuvo que considerar dos factores muy importantes: las frecuencias a las que el hardware puede operar, y la distribución del espectro radioeléctrico en el medio local. En base a estos dos factores se determina la frecuencia de operación del sistema.

De esta forma, y considerando que una de las frecuencias de los dispositivos a utilizar es 915 MHz, se concluyó que la mejor alternativa es lograr que los dispositivos transmitan en la banda de 915 - 928 MHz [26].

Para conocer el comportamiento que presentan los dispositivos panStamp sobre la frecuencia de operación 915 MHz, se analizó el comportamiento de dicha banda mediante la utilización de un analizador de espectro. De estos estudios se concluyó que los dispositivos pueden transmitir desde los 902 MHz hasta los 928 MHz, con un ancho de banda 100 kHz y una separación de 200 kHz entre canales. Los datos anteriormente mencionados pueden ser consultados en Estudio del comportamiento de la red de sensores en la banda de 915 MHz [27].

3.2.2. Direccionamiento SWAP de los sensores hacia los gateways.- Dado que cualquier sensor se puede encontrar dentro del alcance de dos o más gateways, se debe escoger un direccionamiento SWAP adecuado. Elegir un direccionamiento adecuado permite que no existan duplicados de anuncios viajando por la red. Es fácil imaginar un sensor emitiendo un mensaje de broadcast, y múltiples gateways recibéndolo. Ese mensaje será reenviado por cada gateway, y llegaría duplicado al servidor, generando tráfico incorrecto e innecesario.

Para solucionar esto, cada gateway ofrece una red inalámbrica SWAP a donde una determinada cantidad de sensores se pueden conectar. Estos sensores conectados a un único gateway no podrán cambiar de red. De esta forma se logra que no existan duplicados de los paquetes que viajan por la red SWAP [28].



1. Figura III.- Espectro radioeléctrico mientras se transmite a 902 MHz.

3.3. Gateway (nodo central).- El gateway es la interfaz entre la red de sensores y el servidor. Es decir, se encarga de la conversión de paquetes SWAP a paquetes IP. En otras palabras, es el responsable de la conversión de paquetes SWAP que llegan desde los sensores, a mensajes HTTP POST de forma periódica que tienen como destino el servidor. Estos anuncios HTTP encapsulan una serie de datos que el sensor anuncia, como por ejemplo el estado del estacionamiento [29].

3.3.1. Acceso a Internet.- Para la conexión entre el nodo central e Internet se optó por utilizar la tecnología de comunicaciones GPRS [22]. Es importante destacar que no hay mayores restricciones a la hora de evolucionar el sistema de una tecnología 2G a una 3G, ya que tanto los módulos 2G como 3G son compatibles con los módulos utilizados por el sistema.

3.4. Servidor.- Para el servidor se decidió utilizar un sistema que independice el motor de base de datos de la lógica del servidor. Esto permite dar modularidad al sistema, la cual facilita la interconexión con otras plataformas o hace más sencillo el recambio de módulos.

En base a la lógica elegida, se permite la conexión con tres motores de base de datos distintos: SQLite, MySQL, y PostgreSQL. En función a la etapa de desarrollo en la que se encuentre el proyecto o las funcionalidades que se le quiera dar al producto final, se puede optar por un sistema u otro a utilizar.

3.4.1. Aplicación web para usuarios, servicio SMS y web administradora.- Para que la plataforma cobre sentido fue necesaria la creación de un sitio web que fuera accesible tanto desde dispositivos móviles como computadoras. Este sitio permite mostrar la disponibilidad de lugares en el mapa y mostrar la ubicación y disponibilidad de estacionamientos para personas discapacitadas.

Para no limitar la plataforma a smartphones únicamente, se decidió extender la plataforma ParkIt a aquellos usuarios que no tienen un smartphone o acceso a internet en el mismo. Este servicio permite recibir la disponibilidad de estacionamiento en una zona, a partir del envío de un mensaje que indique una intersección entre dos calles. Este servicio utiliza los servicios externos de la Intendencia Municipal de Montevideo.

Al igual que la aplicación web para los usuarios, se procedió a la creación de un sitio web administrador. Esto permite que el administrador del sistema tenga herramientas para poder tomar decisiones acerca del sistema de estacionamiento inteligente, entre ellas, herramientas estadísticas que ofrecen información acerca del uso de los estacionamientos.

4. Estado actual de desarrollo.- El proyecto ParkIt fue presentado como proyecto innovador bajo el concepto de Smart Cities en el concurso Idea, patrocinado por ANTEL, principal operador de telefonía e Internet en Uruguay. Bajo ese concurso se obtuvo el segundo lugar en aproximadamente 30 postulaciones, además de apoyo financiero para la implementación de prototipos que permitan

evaluar el desempeño del sistema y ajustarlo para producción a mayor escala. A partir de ese momento el proyecto se ha mantenido activo y tiene pronosticado para junio 2014 el primer prototipo plenamente funcional, en estacionamientos privados de ANTEL. A futuro se piensa liberar un segundo prototipo que cubra plazas en zonas de estacionamiento público.

5. Conclusiones.- En un mundo donde los conceptos de Smart Cities e Internet de las Cosas se encuentran cada vez más presentes en la sociedad, el proyecto ParkIt sienta las bases para la implementación de una propuesta sencilla y de bajo costo para monitoreo de lugares de estacionamiento en la vía pública. Este proyecto tiene características que lo hacen muy escalable, ya que la implementación de los sensores es independiente del ambiente en el que se lo coloque, y de cualquier tipo de cableado, tanto de cableado de datos como energético. A través de un consumo energético muy bajo se logra extender la duración de las baterías de sus sensores a períodos que permiten que el sistema sea comercializable.

Un aspecto destacable de la plataforma desde el punto de vista social es su capacidad para desplegar información de plazas reservadas para personas discapacitadas. Debido a todo lo mencionado anteriormente el prototipo ParkIt sienta las bases para la implementación de una plataforma de estacionamiento público inteligente.

6. Referencias

- [1] A. Sharma, R. R. Chaki, and U. Bhattacharya, U “Applications of wireless sensor network in Intelligent Traffic System: A review,” *Electronics Computer Technology (ICECT)*, 2011 3rd International Conference vol. 5, pp. 53-57, Apr., 2011.
- [2] D. Shoup, UCLA, 2006. Cruising for Parking. [Online]. Available: <http://shoup.bol.ucla.edu/Cruising.pdf> [Accessed 5 de octubre de 2013].
- [3] R. Arnott, T. Rave, and R. Schob, *Alleviating Urban Traffic Congestion*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2005.
- [4] D. Shoup. *The high cost of free parking*. Chicago, IL, USA: APA Planner Press, 2005.
- [5] J. Galache, V. Guitérrez, J. Santana, et. al. SmartSantander: A joint service provision facility and experimentation-oriented testbed, within a smart city environment. [Online]. Available: http://www.smartsantander.eu/downloads/Presentations/SmartSantander_A_joint.pdf.
- [6] S. Fpark [Online]. Available: <http://sfpark.org/about-the-project/>
- [7] G. Revathi and V. R. S. Dhulipala, “Smart parking systems and sensors: A survey “Computing, Communication and Applications (ICCCA), 2012 International Conference on. IEEE
- [8] M. Y. I. Idris, Y. Y. Leng, E. M. Tamil, N. M. Noor and Z. Razak, Z. Car Park System: A Review of Smart Parking System and its Technology,” *Information Technology Journal* , vol. 8, n° 2, pp. 101-113, 2008.
- [9] R. Kumar, N. K. Chilamkurti, and B. Soh, “A comparative study of different sensors for smart car park management,” *Intelligent Pervasive Computing*, 2007. IPC. The 2007 International Conference on IEEE, pp. 499-502., Oct, 2007
- [10] R. Lu, X. Lin, H. Zhu and X. Shen , “SPARK: a new VANET-based smart parking scheme for large parking lots,” *INFOCOM*, pp. 1413-1421, Apr., 2009.
- [11] G. Anastasi, M. Antonelli, A. Bechini, S. Brienza, E. D'Andrea, D. De Guglielmo, and A. Segatori, “Urban and social sensing for sustainable mobility in smart cities. In *Sustainable Internet and ICT for Sustainability*”, pp. 1-4 Oct., 2013.

- [12] Y. Geng and C. G. Cassandras “A New “Smart Parking” System Based on Resource Allocation and Reservations, ” *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* vol.14, nº3., Sep., 2013.
- [13] C. Shiyao, W. Ming, L. Chen and R. Na, “The Research and Implement of the Intelligent Parking Reservation Management System Based on ZigBee Technology,” *Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA)*, presented at the Sixth International Conference , pp. 741-744, Jan., 2014.
- [14] M. S. Kim, D. H. Lee, and K. N. J. Kim, “A Study on the NFC-Based Mobile Parking Management System. In *Information Science and Applications (ICISA)*,” presented at the 2013 International Conference, pp. 1-5, Jun., 2013
- [15] Z. Bin, J. Dalin, W. Fang, and W. Tingting, “A design of parking space detector based on video image,” *Electronic Measurement & Instruments, ICEMI'09*, presented at the 9th International Conference, pp. 2-253, Aug. 2009.
- [16] Z. Pala, and N. Inanc “Smart parking applications using RFID technology,” *RFID Eurasia*, presented at the 2007 1st Annual, pp. 1-3, Sep., 2007.
- [17] L. Wei, Q. Wu, M. Yang, W. Ding, B. Li, and R. Gao. Design and implementation of smart parking management system based on RFID and Internet,” presented at the Proceedings of the 2012 International Conference on Control Engineering and Communication Technology. *IEEE Computer Society*. pp. 17-20, Dec., 2012
- [18] J. Chinrungrueng, U. Sunantachaikul, and S. Triamlumlard. “Smart parking: An application of optical wireless sensor network applications and the Internet Workshops, 2007. SAINT Workshops 2007, presented at the International Symposium, pp. 66-66, Jan., 2007.
- [19] U. Manni, “Smart sensing and time of arrival based location detection in parking management services,” presented at the Electronics Conference (BEC), 2010 12th Biennial Baltic, pp. 213-214, Oct. 2010
- [20] J. T. Ang, S. W. Chin, J. H. Chin, Z. X. Choo, Y. M. Chang, “iSCAPS-Innovative Smart Car Park System integrated with NFC technology and e-Valet function. In *Computer and Information Technology (WCCIT), 2013 World Congress on* (pp. 1-6). *IEEE*. Jun. 2013
- [21] Y. Hirakata, A. Nakamura, K. Ohno, and M. Itami, “Navigation system using ZigBee wireless sensor network for parking” presented at the 2012 12th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), pp. 605-609, Nov., 2012.
- [22] Proyecto de Fin de Carrera., Universidad de Montevideo, 2013. ParkIt - Plataforma de estacionamiento público. Estructura de Contenido - Toma de decisiones.
- [23] Honeywell. Application Note - AN218, Vehicle Detection Using AMR Sensors. [Online]. Available: http://www51.honeywell.com/aero/common/documents/myaerospacecatalog-documents/Defense_Brochures-documents/Magnetic__Literature_Application_notes-documents/AN218_Vehicle_Detection_Using_AMR_Sensors.pdf. [Accessed 27 de abril 2013].
- [24] Proyecto de Fin de Carrera., Universidad de Montevideo, 2013. ParkIt - Plataforma de estacionamiento público. Anexos - Cálculos de duración de baterías.
- [25] Libelium, Smart Parking Technical Guide, [Online]. Available: http://www.libelium.com/uploads/2013/02/smart-parking-sensor-board_eng.pdf.
- [26] Proyecto de Fin de Carrera., Universidad de Montevideo, 2013. ParkIt - Plataforma de estacionamiento público. Estructura de Contenido - Enlace inalámbrico SWAP - Frecuencia de la red y espectro radioeléctrico en Uruguay.
- [27] Proyecto de Fin de Carrera., Universidad de Montevideo, 2013. ParkIt - Plataforma de estacionamiento público. Anexos - Estudio del comportamiento de la red de sensores en la banda de 915 MHz.

- [28] Proyecto de Fin de Carrera., Universidad de Montevideo, 2013. ParkIt - Plataforma de estacionamiento público. Estructura de Contenido - Enlace inalámbrico SWAP.
- [29] Proyecto de Fin de Carrera., Universidad de Montevideo, 2013. ParkIt - Plataforma de estacionamiento público. Estructura de Contenido – Gateway.