

Dándole Inteligencia a la Gestión de Estacionamientos en Zonas Públicas a través del Sistema *i-PARKING*

Juan A. GUERRERO-IBAÑEZ
Facultad de Telemática, Universidad de Colima
Colima, Colima, 28040, México

Jazmín ACOSTA-MENDOZA
Facultad de Telemática, Universidad de Colima
Colima, Colima, 28040, México

Juan J. CONTRERAS-CASTILLO
Facultad de Telemática, Universidad de Colima
Colima, Colima, 28040, México

RESUMEN

Con el incremento descontrolado de la flota de vehículos en las zonas urbanas, la carga de tráfico y la demanda de plazas de estacionamiento está creciendo rápidamente. Debido a la pobre gestión, inadecuadas instalaciones e insuficiente difusión de información, el problema de estacionamiento se está convirtiendo en un dolor de cabeza y un cuello de botella que restringe el desarrollo económico de las grandes ciudades. El surgimiento en los últimos años de tecnologías emergentes como por ejemplo las redes de sensores y la difusión de las comunicaciones inalámbricas pueden colaborar a solventar de mejor forma el problema de gestión de plazas de estacionamiento habilitando mecanismos de monitoreo eficiente y proporcionando alta flexibilidad de control para este proceso, contribuyendo de esta forma al concepto denominado ciudades inteligentes (smart cities). En este trabajo se presenta *i-PARKING* un sistema inteligente basado en tecnologías emergentes para el control de plazas de estacionamiento en vías públicas en zonas urbanas. Los resultados obtenidos dentro de las diferentes pruebas realizadas demuestran la efectividad de *i-PARKING* en el proceso de gestión de plazas de estacionamiento, gestionando de mejor forma las plazas de estacionamiento.

Palabras Claves: Estacionamiento, ITS, comunicaciones inalámbricas, sistema inteligente.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las grandes ciudades sufren de serios problemas con el sistema de transporte. Este problema se debe en general a un crecimiento descontrolado del parque vehicular que transita en las zonas urbanas. De acuerdo al reporte técnico publicado por el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) se puede observar claramente que más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas y se espera que en 35 años dos terceras partes de la población vivirá en zonas urbanas [1]. El incremento descontrolado en urbanización hace necesario la creación de mecanismos eficientes y sustentables ambientalmente de gestión de varios procesos y operaciones

urbanas. Dentro de esos procesos, uno de los que afecta considerablemente a las grandes zonas urbanas es el estacionamiento de vehículos. Buscar plazas de estacionamiento en áreas urbanas creáte muchos problemas y frustración para los conductores. Los conductores buscando una plaza de estacionamiento generan más del 30% de tráfico en el área metropolitana a cualquier hora del día [2-3]. Además esta búsqueda causa serios problemas de congestión, así como la baja velocidad de los vehículos por este congestionamiento ocasiona la producción de emisiones de los vehículos, incrementando la contaminación del aire [4]. El estudio realizado en [5] mostró que en un área de Los Ángeles los vehículos buscando plazas de estacionamiento produjeron 730 toneladas de dióxido de carbono, y se quemaron 47,000 galones de gasolina [6] en un año

Se puede ver claramente que un sistema inteligente para la gestión de estacionamiento puede asistir eficientemente a los conductores a encontrar plazas de estacionamiento, ahorrando tiempo de viaje, reduciendo flujo de tráfico adicional debido al generado por los conductores buscando lugares donde estacionar el vehículo. En algunas ciudades se han hecho esfuerzos enfocados en el uso de PGI (*parking guidance and information*) para proporcionar a los conductores información actualizada acerca de disponibilidad y ubicación de plazas de estacionamiento. Sin embargo esta información generalmente se presenta a través de señalización dinámica en las calles o a través de Internet [7].

Los sistemas de asistencia de estacionamiento juegan un papel vital en muchas de las áreas metropolitanas del mundo. Estos sistemas se pueden clasificar en pasivos y activos. Los sistemas de asistencia pasivos se centran en difundir información sobre estacionamientos y estado de las carreteras y los conductores pueden elegir el lugar de estacionamiento y seleccionar ellos mismos la ruta para su llegada. Por otro lado, los sistemas de asistencia activa está enfocada hacia un centro de control que mediante métodos de optimización acordes a las necesidades del conductor proporciona información anticipada de estacionamientos de acuerdo a la ruta de viaje programada.

En este artículo se presenta *i-PARKING* un sistema inteligente basado en asistencia activa para la gestión y búsqueda de plazas

de estacionamiento en vías públicas de zonas urbanas. El resto del artículo está organizado de la siguiente forma. La sección 2 presenta una discusión acerca de una serie de trabajos relacionados con el problema abordado en este artículo. La sección 3 describe en forma detallada *i-PARKING* explicando el funcionamiento y las diferentes entidades involucradas en el proceso. Una evaluación preliminar que se realizó para probar el funcionamiento de *i-PARKING* se presenta en la sección 4. Finalmente se da cierre al artículo con las conclusiones del trabajo.

2. TRABAJO RELACIONADO

En las últimas décadas, los gobiernos han implementado sistemas denominados PGI (por sus siglas en inglés - *Parking Guidance and Information*) para una mejor gestión de estacionamientos. Estos sistemas básicamente muestran al usuario información dinámica de estacionamientos dentro de espacios controlados y el conductor busca esos espacios (fig. 1). Aunque estos sistemas incrementan la probabilidad de encontrar una plaza de estacionamiento vacante, estos solo existe en áreas controladas y no en estacionamientos de zonas públicas.



Figura 1. Representación de un sistema PGI [8].

Dentro de la literatura se han generado muchos esquemas de estacionamientos inteligentes basados en reservación y asignación de recursos [9-11]. En general, estos sistemas conocen cuantas plazas están disponibles y los conductores son dirigidos a dichas plazas. El sistema típicamente localiza la calle con plazas disponibles más cercana a la ubicación del conductor solicitante. Algunos otros sistemas identifican la plaza más adecuada incluyendo un factor de precio [12]. Posteriormente se utiliza un sistema de posicionamiento global (GPS) para mostrarle al conductor la ruta hacia la plaza destinada. Sin embargo, este sistema puede ocasionar que varios vehículos sean direccionados hacia el mismo lugar de estacionamiento, lo que podría generar serios problemas de congestión vial. Recientemente se ha introducido el concepto de reservaciones, dentro del cual se le asigna un espacio al conductor y se bloquea el sistema hasta que el conductor llega a la plaza asignada [13].

Otros trabajos hacen uso de la comunicación vehicular y la infraestructura de control de estacionamiento para proveer y administrar el estacionamiento completo, sin embargo, solamente ha sido aplicado a estacionamientos públicos y no se implementa en avenidas [14]. Srikanth y otros proponen un sistema inteligente de detección de vehículos y plazas de

estacionamiento basado en tecnología de sensores, no obstante, el artículo carece de una explicación clara del mecanismo propuesto [15].

Finalmente, se han presentado propuestas de sistemas inteligentes de estacionamiento que utilizan procesos estocásticos para modelar el proceso de entrada-salida de estacionamientos [16-17]. Mediante este análisis se pueden estudiar los servicios de estacionamiento óptimos y encontrar los mejores servicios. La información de los servicios se distribuye a los vehículos que pasan por el sitio de estacionamiento a través de redes inalámbricas.

Como se puede observar existen trabajos que tratan de solventar el problema de control de estacionamientos públicos, sin embargo la principal diferencia de este sistema es que al conductor se le enviará información de espacios de estacionamiento en la vía pública y se podría reutilizar la red de parquímetros que se tienen instalados en las zonas urbanas, añadiéndoles sistemas embebidos que le proporcionen una mayor inteligencia.

3. DESCRIPCIÓN DE *i-PARKING*

i-PARKING es un sistema inteligente basado en asistencia activa para la localización de plazas de estacionamiento en vías públicas de zonas urbanas. La asistencia activa define métodos optimizados que permitan adaptarse a las necesidades del conductor y proporciona información anticipada de plazas de estacionamientos de acuerdo a preferencias definidas previamente por el conductor. En [18] se menciona que de acuerdo a las características de los sistemas de asistencia activos, los problemas que encara son:

- (1) búsqueda de área objetivo basada en las preferencias del usuario,
- (2) la predicción de los recursos de estacionamiento,
- (3) la asignación de recursos de estacionamiento,
- (4) la reserva de plaza de estacionamiento y
- (5) la búsqueda de la mejor ruta para llegar a su destino.

i-PARKING define una arquitectura física, un *framework* y un protocolo de comunicación. La arquitectura física representa los dispositivos que tendrían que ser implementados para el funcionamiento del sistema. El *framework* define la serie de módulos y entidades que se deben de implementar dentro de los diferentes dispositivos de la arquitectura física. El protocolo representa el flujo de mensajes que intercambian las diferentes entidades y módulos y que tienen como función facilitar el procesamiento y difusión de la información dentro de *i-PARKING*.

Arquitectura física

La arquitectura física comprende todos los dispositivos que se utilizan para el intercambio de información entre los diferentes actores que participan en *i-PARKING* (Fig. 2). En primer lugar tenemos una serie de motes sensores con capacidad de comunicación inalámbrica que son instalados en cada una de las plazas de estacionamiento que administra *i-PARKING*. La tecnologías para detectar si una plaza de estacionamiento está ocupada o libre está más allá del alcance de este artículo, en nuestro caso se asume la información relacionada al estado y localización de una plaza controlada por sistemas embebidos

con capacidades de monitoreo y de comunicación inalámbrica. Después tenemos el centro de datos, el cual es el cerebro de la plataforma y es responsable de la gestión de las plazas, atendiendo las solicitudes de los conductores y proporcionándoles la plaza más adecuada. Finalmente se tiene una aplicación que utiliza el conductor que le permite interactuar con el sistema *i-PARKING* y poder solicitar una plaza adecuada de estacionamiento conforme sus necesidades o preferencias.

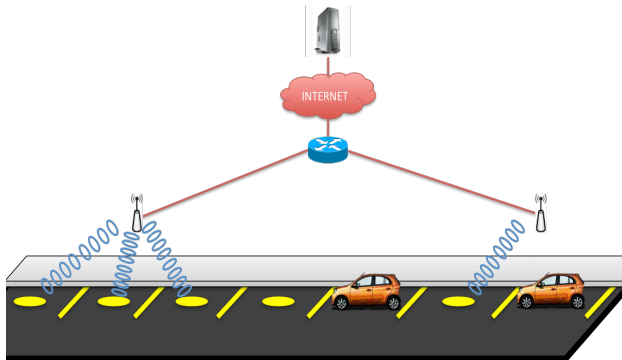


Figura 2. Representación de la arquitectura física de *i-PARKING*.

Framework de *i-PARKING*

El *framework* que se diseñó define todas las funciones que realizan cada una de las entidades que conforman *i-PARKING* como se muestra en la figura 3. Este *framework* está formado por tres componentes principales: la aplicación de asistencia de estacionamiento, el centro de administración de estacionamiento y la entidad de monitoreo de plaza. A continuación se explica a detalle las funciones de cada uno de dichos componentes.

(1) Aplicación de Asistencia de Estacionamiento (AAE): es responsable de la interacción entre el sistema y el usuario. El AAE está formado por tres módulos: autenticación, control de solicitud y localización de plaza. Mediante el módulo de autenticación el conductor se registra en el sistema. El control de solicitud es responsable del control de solicitud, respuesta y reserva de asignación de plaza. Finalmente, el módulo de localización es responsable de mostrarle al conductor la ruta adecuada para llegar a la plaza de estacionamiento asignada.

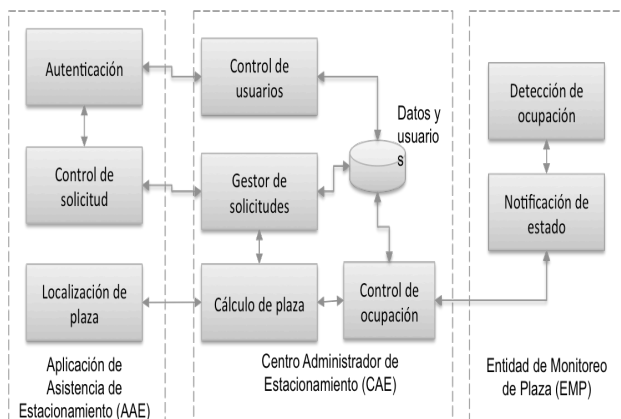


Figura 3. Representación del framework de *i-PARKING*.

(2) Centro Administrador de Estacionamiento (CAE): es el cerebro principal de *i-PARKING*, su función es la gestión de las

plazas de estacionamiento. CAE lo conforman cuatro módulos. El control de usuarios es responsable del proceso de autenticación de los usuarios registrados al sistema. El gestor de solicitudes está a cargo de atender todas las solicitudes que realizan los conductores. El cálculo de plaza selecciona la plaza más adecuada de acuerdo a las necesidades de los conductores. Finalmente el control de ocupación está a cargo de la comunicación directa con cada una de las entidades de monitoreo de plaza encargadas de gestionar cada una de las plazas del sistema.

(3) Entidad de monitoreo de plaza (EMP) es responsable de gestionar la plaza asignada. La conforman dos módulos, la detección de ocupación está a cargo de la detección de ocupación de la plaza mientras que la notificación de estado es el módulo que está en contacto con el CAE para notificarle el estado de la plaza cuando sufra algún cambio.

Protocolo de comunicación de *i-PARKING*

i-PARKING definen diferentes modos o procesos de comunicación para el intercambio de información entre las diferentes entidades funcionales que conforman el sistema.

El primer proceso definido se denomina *inicialización* y es ejecutado cuando el sistema inicia sus operaciones con el objetivo de recolectar información relacionada sobre el estado de cada una de las plazas de estacionamiento gestionadas por el sistema.

El segundo proceso se le denomina *solicitud de plaza*. Este modo de comunicación plantea el escenario dentro del cual el conductor solicita al Servidor de Administración de Estacionamientos información para ubicar un espacio disponible para poder estacionarse. El servidor calcula la mejor ruta y se la comunica al solicitante y además le notifica al gestor de la plaza asignada su cambio de estado.

Finalmente el tercer proceso es denominado como *liberación*, y es ejecutado cuando el gestor de la plaza detecta que el vehículo que estaba estacionado ha liberado el espacio, notificándole al servidor central su cambio de estado.

La figura 4 muestra el flujo de los tres procesos definidos en *i-PARKING*. A continuación se explica el flujo completo.

Los flujos del 1 al 4 representan el proceso de inicialización. En este proceso el CAE envía un mensaje de solicitud *Status_REQ* a cada uno de los EMP para que le notifiquen el estado en que se encuentra cada uno de los espacios que están gestionando (1). Cuando un EMP recibe un mensaje de *Status_REQ*, genera un nuevo mensaje denominado *Status_RESP* dentro del cual va incluido su estado (libre u ocupado) al CAE (2-3). Finalmente el CAE los registra en la base de datos (BD) del sistema (4).

El proceso de solicitud está representado mediante los flujos del 5 al 11. Para esto, el AAE solicita mediante un mensaje *Space_REQ* enviado al CAE la asignación de una plaza de estacionamiento (5). El CAE revisa la solicitud la valida y localiza dentro de la aplicación de administración el espacio disponible más cercano a la ubicación actual del AAE de acuerdo a sus preferencias (6-7). El CAE envía la respuesta correspondiente mediante un mensaje *Space_RESP* (8) al AAE y mediante un *Allocate_NOTIF* al EMP asignado. El vehículo

procesa la respuesta y se dirige al espacio asignado. Cuando el EMP detecta que el vehículo está estacionado envía un mensaje *Parking_Status* al CAE para notificarle el cambio de estado a ocupado (9-10). Finalmente el CAE actualiza el nuevo estado del EMP (11).

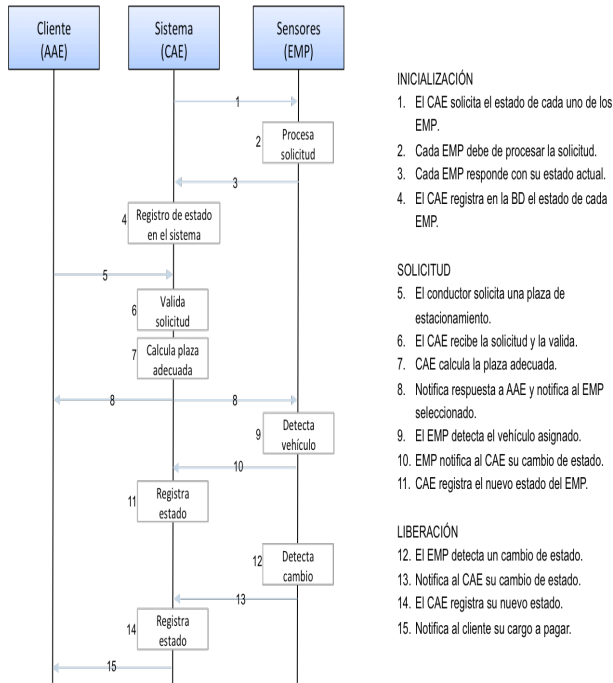


Figura 4. Secuencia de flujo de procesos del protocolo *i-PARKING*.

La última parte del diagrama (flujos del 12 al 15) representan el proceso de *liberación*. Cuando el EMP detecta que el vehículo ha liberado el espacio (12) envía un mensaje *Parking_Status* al CAE para notificar el cambio de estado (13) y el CAE hace el registro de la actualización del nuevo estado del EMP dentro del sistema (14). Finalmente, el CAE notifica al AAE que su reserva ha sido liberada pudiéndole informar por ejemplo el cargo que se le hizo a su tarjeta de crédito (15).

Mensajes en *i-PARKING*. Dentro del proceso de comunicación de *i-PARKING* se define una serie de formatos de tramas para el intercambio de información entre las diferentes entidades que conforman el sistema. A continuación se describen los diferentes formatos de las tramas que se envían en los diferentes procesos de comunicación (Fig. 5).

La trama *Space_REQ* (Fig. 5a) es utilizada por el AAE para enviarle al CAE una solicitud de plaza de estacionamiento. Esta trama está formada por 4 campos, los cuales explicamos a continuación. El campo *ID AAE* es el identificador del vehículo que está solicitando el servicio y es asignado cuando el usuario se registra en el sistema. El campo *Ubicación* representa las coordenadas de GPS desde el lugar en donde se encuentra el vehículo que está solicitando el servicio. El campo *Preferencias* representan las preferencias de búsqueda que establece el usuario. Este campo sirve para que el usuario pueda establecer un radio de búsqueda máximo para conseguir una plaza de estacionamiento y el precio que está dispuesto a pagar. Finalmente *ID CAE* representa el identificador asignado al servidor CAE que está conectado.

La trama *Space_RESP* la utiliza el CAE para enviarle la respuesta al AAE de la solicitud que realizó (Fig. 5b). Mediante

esta trama el CAE manda al AAE la información relacionada con la plaza de estacionamiento sugerida. Dentro de la trama se le agrega el campo *ID EMP* que representa el identificador de la plaza asignada. Además el campo *Ubicación* representa las coordenadas de GPS del lugar en donde se encuentra ubicada la plaza asignada.

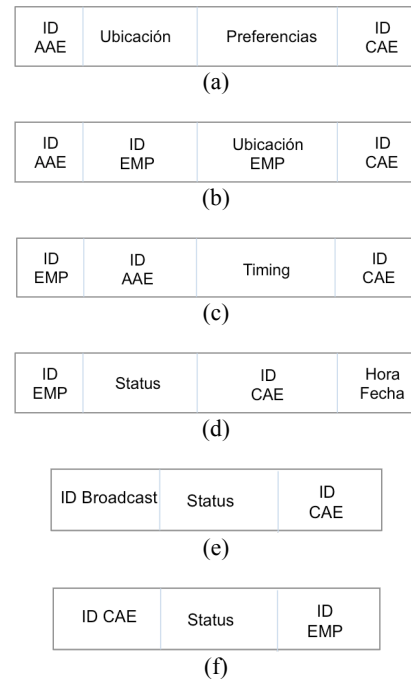


Figura 5. Representación de los formatos de trama de *i-PARKING*, a) Trama *Space_REQ*, b) trama *Space_RESP*, c) trama *Allocate_NOTIF*, d) Trama *parking_status*, e) trama *Status_REQ*, f) trama *Status_RESP*.

La trama *Allocate_NOTIF* la utiliza el CAE para notificarle a uno de los EMP que ha sido asignado a un vehículo (Fig. 5c). Mediante esta trama el CAE manda al EMP la información relacionada con el identificador del AAE asignado y un temporizador de reserva, en caso de que el vehículo no arribe al lugar en el tiempo requerido la plaza es liberada.

La trama *Parking_Status* es utilizada en el proceso de notificación de liberación (Fig. 5d). La trama se utiliza cuando el EMP detecta que la plaza que tiene asignada para su administración ha cambiado de estado. Esta trama está formada por los siguientes campos: *ID EMP* que representa el identificador asignado a cada plaza de estacionamiento. *Status* representa el estado que recibe el servidor de cada EMP. Dicho estado puede ser 0 si la plaza está libre o 1 si la plaza está ocupada. *ID CAE* representa el identificador asignado al servidor en donde llegan las solicitudes del servicio. Hora y fecha representa el día y la hora en que el EMP detecta la liberación de la plaza.

La trama *status_REQ* se utiliza en el proceso de inicialización y es enviada del CAE al EMP (Fig. 5e). Esta trama está formada por los siguientes campos: *ID EMP* representa que la solicitud va dirigida a todos los EMP. La dirección de Broadcast se representa con un valor de 0. Status representa el estado que recibe el EMP del servidor. Cabe mencionar que este valor representa el último estado que quedó registrado en el sistema

para cada parquímetro. *ID CAE* representa el identificador del CAE que realiza la solicitud.

Finalmente la trama *Status_RESP* es utilizada en el proceso de inicialización y es enviada del EMP al CAE (Fig. 5f). Los campos son similares, la única diferencia es que en el campus status el EMP notifica si la plaza que administra está ocupada o libre, mediante un 0 para indicar que está libre o un 1 para indicar que está ocupada.

4. EVALUACIÓN

Con el objetivo de probar el funcionamiento adecuado del sistema, se programó el protocolo dentro de una plataforma de robots móviles de la compañía *MoWay*. Ésta sección se estructuró de la siguiente forma: la primera parte explica el escenario que se definió para las pruebas con los robots móviles. La segunda parte presenta la implementación de las diferentes entidades que conforman *i-PARKING*. Finalmente se explican las pruebas que se realizaron para evaluar el funcionamiento adecuado del protocolo.

Escenario de evaluación

Para la evaluación de desempeño de *i-PARKING* se diseñó un escenario como el que se muestra en la figura 6. El escenario está conformado por 5 EMP, los cuales representan plazas de estacionamiento. Un CAE que administra y asigna plazas de estacionamiento a los vehículos que la solicitan y una serie de 10 vehículos que son los que realizan las solicitudes.

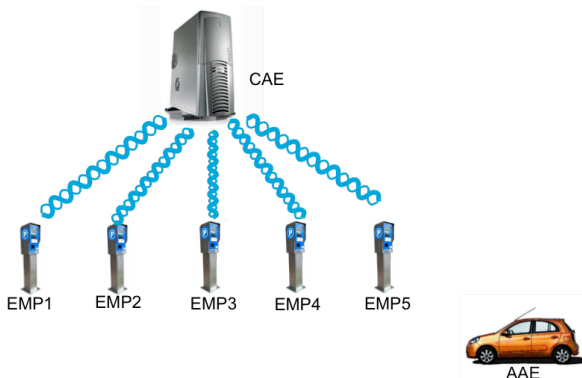


Figura 6. Representación del escenario de pruebas.

Funcionamiento del escenario

El escenario propuesto funciona de la siguiente manera. Cuando el sistema se inicia, el CAE solicita a los EMP que le notifiquen cual es el status que tienen en ese momento (ocupado o libre). El CAE los registra en una base de datos interna. Conforme los vehículos realizan las solicitudes de plaza de estacionamiento, el CAE revisa en su base de datos, en caso de que exista una plaza disponible le responde al vehículo con el número de plaza asignado y le notifica al EMP que se le asignó un vehículo. En caso contrario, si no existe plaza disponible le envía un mensaje al vehículo con la respuesta. El vehículo solicitante tendría que ampliar sus preferencias para ampliar la zona de búsqueda.

Implementación del protocolo

El protocolo utilizado en *i-PARKING* fue programado en la plataforma de vehículos utilizando el software *mOwayWorld*. La figura 7 muestra uno de los diagramas realizados dentro del software para cada una de las entidades que conforman *i-PARKING*.

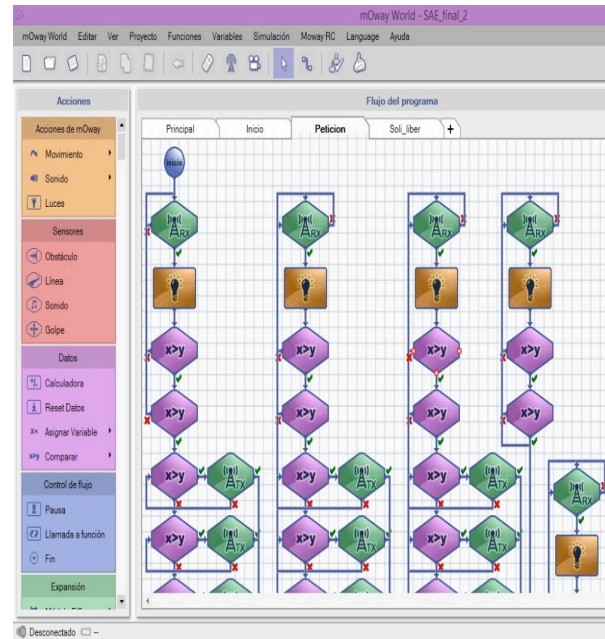


Figura 7. Diagrama de implementación del protocolo.

Pruebas realizadas

Para la implementación del protocolo se realizaron varias pruebas con el escenario definido. Se configuraron los robots para que duraran estacionados entre 2 y 4 minutos, el cual era seleccionado en forma aleatoria por el robot (Fig. 8).

La idea de esta prueba era simular un escenario del sistema en el cual los AAE enviaban mensajes al CAE cada cierto tiempo, éste a su vez respondía asignando uno de los EMP disponibles y al momento de su asignación se utilizó un protocolo de ubicación desarrollado en [13] para localizar la plaza asignada, de esta forma el robot sabía que debía detenerse y el NMP cambiaba su estado a ocupado. Dicho protocolo básicamente utiliza grafos para identificar intersecciones y avenidas y de esta forma poder desplazarse a la plaza asignada haciendo uso de la ruta más corta.

Las pruebas realizadas demostraron el funcionamiento adecuado de *i-PARKING*, la comunicación se llevó a cabo en forma adecuada y las plazas de estacionamiento fueron administradas en forma correcta.

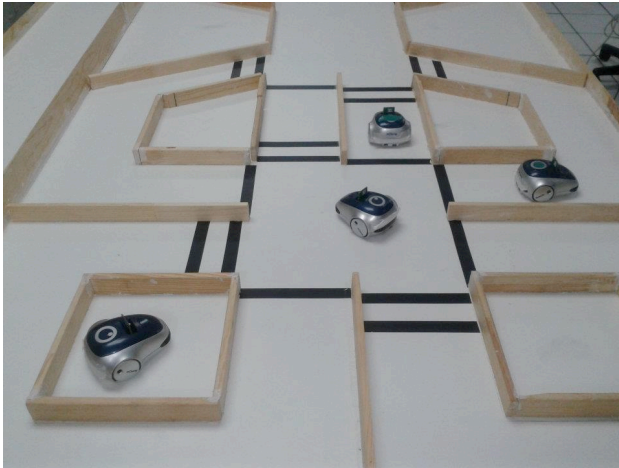


Figura 8. Uso de los Moway para la implementación.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo presentamos la propuesta de *i-PARKING*, un sistema inteligente para la gestión de plazas de estacionamiento en zonas públicas de zonas urbanas. *i-PARKING* hace uso de una red inalámbrica de sensores y comunicaciones inalámbricas para poder realizar la gestión de plazas de estacionamiento de zonas controladas por parquímetros. Este trabajo plasma el diseño completo de *i-PARKING* que se refleja en la definición de las entidades funcionales, el protocolo de comunicación y los diferentes formatos de los mensajes utilizados en el sistema.

Mediante el sistema *i-Parking*, se asiste a los conductores en la localización de plazas de estacionamiento en zonas públicas, contribuyendo a reducir los problemas de congestionamiento e incremento de niveles de contaminación que ocasionan los conductores al conducir de forma lenta tratando de encontrar un lugar para estacionarse. El sistema *i-PARKING* fue probado en diferentes escenarios, obteniendo una comunicación de forma adecuada entre las diferentes entidades que lo conforman, consecuentemente las plazas de estacionamiento fueron administradas correctamente.

6. REFERENCIAS

[1] United Nations Population Fund., "Technical report: State of World Population 2011: People and possibilities in a world of 7 billion" (2011).

- [2] R. Arnott, T. Rave, y R. Schöb, "Alleviating urban traffic congestion", MIT Press books, vol. 1, 2005.
- [3] Shoup, D. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6), 479–486.
- [4] Arnott, R., & Inci, E. (2006). An integrated model of downtown parking and traffic congestion. *Journal of Urban Economics*, 60, 418–442.
- [5] Mathur, S., Jin, T., Kasturirangan, N., Chandrasekaran, J., Xue, W., Gruteser, M., et al. (2010). ParkNet: Drive-by sensing of road-side parking statistics. *ACM MobiSys*.
- [6] Ayala, D., Wolfson, O., Xu, B., Lin, J., & Dasgupta, B. (2011). Parking slot assignment games. In *ACM SIGSPATIAL GIS*.
- [7] D. Teodorović y P. Lucić, "Intelligent Parking Systems", *European Journal of Operational Research*, vol. 175, no. 3, pp. 1666-1681, 2006.
- [8] Delcan Technology. <http://delcantechnologies.com/absa-bank-sandton-city-parking-guidance/>
- [9] G. Yan, W. Yang, D. B. Rawat, and S. Olariu, "Smartparking: a secure and intelligent parking system," *Intelligent Transportation Systems Magazine, IEEE*, vol. 3, no. 1, pp. 18–30, 2011.
- [10] H. Wang and W. He, "A reservation-based smart parking system," in *Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPs)*, 2011 IEEE Conference on. IEEE, pp. 690–695, 2011.
- [11] Y. Geng and C. G. Cassandras, "A new smart parking? system based on optimal resource allocation and reservations," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2011 14th International IEEE Conference on. IEEE, pp. 979–984, 2011.
- [12] S. Hashimoto, R. Kanamori, and T. Ito, "Auction-based parking reservation system with electricity trading," in *Business Informatics (CBI)*, 2013 IEEE 15th Conference on. IEEE, pp. 33–40, 2013.
- [13] N. Hanif, M. H. Badiozaman, and H. Daud, "Smart parking reservation system using short message services (sms)," in *Intelligent and Advanced Systems (ICIAS)*, 2010 International Conference on. IEEE, pp. 1–5, 2010.
- [14] Lu, R., Lin, X., Zhu, H., Shen, X.: SPARK: A new VANET-based Smart Parking Scheme for Large Parking Lots. *INFOCOM 2009*, pp. 1413-1421, Rio de Janeiro, Brazil, 2009.
- [15] Srikanth, V., Pramod, P., Dileep, K., Tapas, S., Mahesh, U., Patil, M, Sarat, C.: Design and implementation of a prototype Smart parking (SPARK) system using wireless sensor networks. In: *International Conference on advances information networking and applications workshop*, pp. 401-406, Bradford, 2009.
- [16] Yang, G., Yang, W., Rawat, D., Olariu, S.: SmartParking: A secure and intelligent parking system. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, pp. 18-30, (2011).
- [17] Xu, B., Wolfson, O., Yang, J. Stenneth, L., Yu, P., Nelson, P.: Real-time Street parking availability estimation. In *14th International Conference on Mobile Data Management*, pp. 16-25, Milan, Italy, (2013).
- [18] Mendoza-Robles, T., Guerrero-Ibañez, J., Flores-Cortés, C., Peña, E., Vizcaino-Anaya, A., Anguiano-Mancilla, A., "PRECIZU: Un prototipo de Sistema Inteligente basado en V2V para prevención de colisiones en intersecciones de zonas urbanas, SENIE 2012.