

Representaciones enriquecidas para la navegación indoor-outdoor en aplicaciones móviles

Alejandra B. Lliteras¹, Cecilia Challiol^{1,2}, Catalina Mostaccio^{1,3} and Silvia E. Gordillo^{1,3}

¹ UNLP, Facultad de Informática, LIFIA
{lliteras,ceciliac,catty,gordillo}@lifia.info.unlp.edu.ar

² Also CONICET, ³ Also CICPBA

Abstract. En este trabajo se presenta un modelo orientado a objetos que permite representar espacios enriquecidos. Un espacio enriquecido se define en nuestro modelo como una representación espacial, el cual posee al menos un punto de acceso (por ejemplo, una puerta), puede tener definido una red de circulación (sobre la que se calculan caminos) y puntos de interés. Eventualmente a un espacio enriquecido se le pueden definir sub-espacios enriquecidos. Se mostrará mediante un ejemplo como el modelo propuesto permite realizar cálculo de caminos a puntos de interés, brindando además el soporte necesario para asistir al usuario en la navegación indoor-outdoor.

Keywords: Representación Espacial, Caminos Indoor-Outdoor, Mapas, Red de Circulación, Computación Móvil.

1 Introducción

En la actualidad diversas aplicaciones móviles (en las cuales la posición del usuario es relevante) brindan asistencia a sus usuarios. Para ello se valen, por ejemplo, de un mapa en el cual se muestra la posición actual del usuario [1, 2] y un conjunto de puntos de interés cercanos a esa posición [3]. Este tipo de aplicaciones, suelen brindar la posibilidad de calcular caminos desde la posición en la que se encuentra el usuario (que usa la aplicación móvil) hasta un punto de interés destino.

La forma de obtener la posición actual del usuario que usa un dispositivo móvil, varía de acuerdo al sistema de posicionamiento y al espacio físico (indoor-outdoor) en el que se encuentre el usuario, por ejemplo, para espacios outdoor, el sistema de posicionamiento GPS (Global Positioning System) es muy usado pero debido a su carencia de señal en espacios indoor [4] se usan otros sistemas de posicionamiento, por ejemplo WIFI, RFID y códigos de barra 2D (éstos métodos de posicionamiento pueden ser ampliados en [5]).

Los puntos de interés mostrados en las aplicaciones móviles descritas, pueden ser predios o edificios a los que el usuario puede ingresar, como por ejemplo, al visitar la

ciudad autónoma de Buenos Aires un punto de interés destacado es el predio de la Sociedad Rural Argentina (de ahora en más, La Rural), lugar en el que se suelen desarrollar diversas actividades, como por ejemplo exposiciones, ferias y congresos. Para abordar la visualización de mapas de espacios outdoor y solicitar el cálculo de caminos desde dispositivos móviles se puede acceder a distintos proveedores [6], por ejemplo Google Maps [7] y Yahoo Maps [8]. En particular, mediante Google Maps es posible obtener un camino, por ejemplo, desde la posición actual del usuario hasta el predio de La Rural (punto de interés), como se muestra en la Fig. 1.



Fig. 1. Camino generado con GoogleMaps desde un dispositivo móvil.

Se puede observar en la Fig. 1 que el predio de La Rural carece de un mapa interno con los edificios (pabellones) que lo conforman. Esto se debe a que Google Maps se basa en mapas generales [6] y por lo tanto no brinda mapas internos de los puntos de interés. En este caso en particular, el usuario podría acceder a la página de La Rural para obtener su mapa interno [9]. Este mapa interno se puede visualizar en la Fig. 2.



Fig. 2. Mapa interno del predio de La Rural.

El mapa interno que el usuario obtiene (desde la página) de La Rural consiste sólo en una imagen GIF. Contar sólo con una imagen resulta insuficiente para realizar el cálculo de caminos ya que carece de un modelo de representación [10] (por ejemplo, modelo vectorial).

El objetivo del trabajo es presentar un modelo orientado a objetos que permita representar espacios enriquecidos. Definimos al espacio enriquecido como una representación espacial. Un espacio enriquecido posee al menos un punto de acceso (por ejemplo, una puerta) y puede tener definida una red de circulación (sobre la que se calculan caminos) y puntos de interés. Eventualmente a un espacio enriquecido se le pueden definir sub-espacios enriquecidos, por ejemplo, en el predio de La Rural, algunos de sus pabellones pueden contener stands. El modelo propuesto, tendrá en cuenta los aspectos necesarios para realizar cálculo de caminos a puntos de interés y brindar asistencia al usuario en la navegación indoor-outdoor.

En la Sección 2 se presentará, de manera incremental, el modelo orientado a objetos que permite representar espacios enriquecidos, calcular caminos a puntos de interés y brindar asistencia a los usuarios en la navegación indoor-outdoor. En la Sección 3 se

mostrará mediante un ejemplo, una instanciación del modelo propuesto. En la Sección 4 se describirán diferentes trabajos relacionados. Las conclusiones y los trabajos futuros se presentarán en la Sección 5.

2 Modelo

En esta sección se presentará el modelo orientado a objetos que permite representar espacios enriquecidos, los cuales pueden ser simples o compuestos, como se muestra en la Fig. 3. Para modelar los espacios enriquecidos (*EspacioEnriquecido*) se emplea el patrón de diseño Composite [11]. De este modo, un espacio enriquecido simple (*EESimple*) es un espacio que no contiene más espacios enriquecidos en su interior. Todo espacio enriquecido posee una posición, la cual implementa la interfaz *Posicion*. Esta interfaz cuenta con las operaciones de *distancia()* y *contenidaEn()* de acuerdo a lo propuesto en [12].

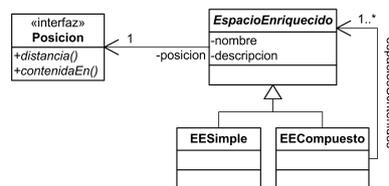


Fig. 3. Modelización de espacios enriquecidos.

De los espacios enriquecidos es relevante conocer al menos un punto de acceso (*Acceso*) como se muestra en la Fig. 4. Un punto de acceso representa un lugar por el cual un usuario puede ingresar o salir. En la Fig. 4, se puede observar que un espacio enriquecido puede tener, de manera opcional (pero recomendada), una red de circulación (*RedDeCirculacion*). Una red de circulación consiste en un conjunto de tramos, los cuales se definen con un vértice inicial y un vértice final. Dos tramos están conectados entre sí, si existe un vértice en común entre ellos, logrando de esta manera un grafo conexo que define la red de circulación. Los puntos de acceso además de permitir el ingreso a un espacio enriquecido, se usan como conectores entre las redes de circulación de dos espacios enriquecidos.

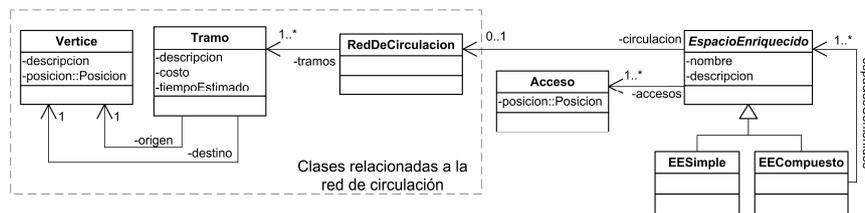


Fig. 4. Red de Circulación y puntos de acceso de los espacios enriquecidos.

Otro de los conceptos contemplado en nuestro modelo, es el de punto de interés. Un punto de interés posee una posición como puede visualizarse en la Fig. 5. A un punto

de interés no necesariamente se le asocia un espacio enriquecido, ya que podría estar posicionado en espacios no representados con el modelo propuesto. Los puntos de interés poseen información, por ejemplo, una encuesta de opinión, información de salidas de emergencia y ubicación de matafuegos. Debido a que la información brindada por un punto de interés no constituye el foco de este trabajo, se representa en el modelo propuesto con una interfaz *Informacion*, que al menos define el mensaje `mostrarse()`. Para este trabajo, sólo es relevante la posición del punto de interés para realizar el cálculo de caminos y asistir al usuario.



Fig. 5. Representación de los puntos de interés y su información.

En relación al modelo propuesto, resta mostrar cómo se incorporan los conceptos relevantes para brindar asistencia al usuario en la navegación indoor-outdoor. Para poder asistir al usuario, se debe conocer su actividad. En este trabajo se consideran tres actividades posibles: un usuario podrá estar enfrente de un punto de interés, realizando un camino brindado por la aplicación móvil o bien, en una actividad indefinida si es que no realiza ninguna de las otras dos actividades antes descritas. Estos conceptos se presentan en la Fig. 6.

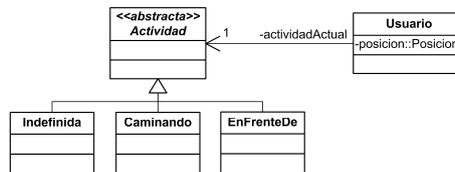


Fig. 6. Actividad del usuario móvil.

La actividad del usuario ha sido modelada siguiendo el patrón de diseño State [11]. De acuerdo a este modelo, un usuario móvil se encuentra realizando en un instante de tiempo una única actividad. Cuando un usuario móvil está enfrente de un punto de interés (esto se determina, por ejemplo, porque el usuario leyó un código de barra 2D asociado a dicho punto de interés) su actividad es *EnFrenteDe*. Cuando el usuario recibe el camino que solicitó (a la aplicación móvil) su actividad es *Caminando*. En caso de que un usuario no se encuentre caminando ni esté enfrente de un punto de interés (por ejemplo, cuando se inicia la aplicación móvil), diremos que su actividad es *Indefinida*. Esta última actividad cumple con el patrón de diseño “Null Object” [13].

En la Fig. 7 se presentará más nivel de detalle para las actividades *EnFrenteDe* y *Caminando*. La actividad *EnFrenteDe*, conoce el punto de interés que tiene enfrente el usuario. Cuando la actividad del usuario es *Caminando*, se registra el camino que le brindó la aplicación móvil. Este camino (*Camino*) es armado usando tramos (*Tramo*) y puntos de acceso (*Acceso*) que permiten pasar de un espacio a otro. De un camino se registran la posición de origen y el punto de interés de destino.

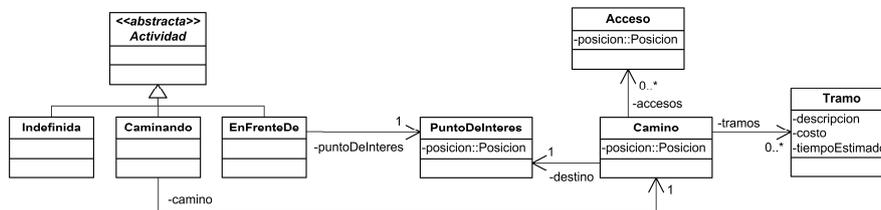


Fig. 7. Representación de un camino del usuario.

Cabe destacar que un camino, puede incluir tanto tramos de una red de circulación como tramos generados ad hoc (por ejemplo, cuando parte del camino se obtiene valiéndose de un proveedor como Google Maps).

En la Fig. 8, se pueden apreciar las clases relacionadas al cálculo de camino. El método `calcularCamino()` de la clase `ConstructorDeCamino` constituye el punto de entrada para realizar dicho cálculo. El constructor de caminos (`ConstructorDeCamino`), delega invocando al método `calcularCamino()` de algunas de sus estrategias de búsqueda (`BuscadorDeCamino`), parte de la resolución del cálculo de camino. La clase `BuscadorDeCamino` implementa el patrón de diseño Strategy [11].

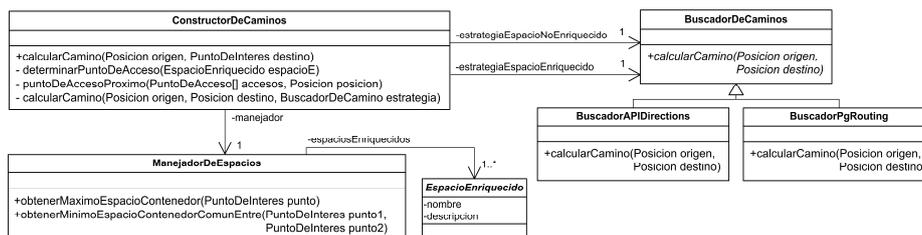


Fig. 8. Modelo para realizar el cálculo de caminos.

Como se puede observar en la Fig. 8, actualmente nuestro modelo provee una estrategia para cálculo de caminos en espacios enriquecidos (`BuscadorPgRouting`¹) y otra para espacios que no son enriquecidos (`BuscadorAPIDirections`²). Cada estrategia realiza el cálculo de camino acorde a su “filosofía” y los resultados de dicho cálculo son interpretados para armar el camino. La estrategia `BuscadorPgRouting` interpreta los resultados en término de instancias ya existentes de la clase `Tramo` que pertenecen a alguna red de circulación. La estrategia `BuscadorAPIDirections` interpreta los resultados creando ad hoc nuevas instancias de la clase `Tramo`, las cuales no pertenecen a ninguna red de circulación.

El manejador de espacios (`ManejadorDeEspacios`) colabora con el constructor de caminos (`ConstructorDeCamino`) cuando el cálculo de camino involucra transitar por diferentes espacios enriquecidos.

¹ Esta estrategia requiere que previamente se carguen los datos de la red de circulación en una base de datos espacial Postgis [14] con la extensión PgRouting [15] para calcular el camino.

² Esta clase accede a la API de Google Directions [16] para calcular un camino.

3 Caso de Ejemplo para Instanciación del Modelo

Como caso de ejemplo se propone el enriquecimiento del espacio donde se ubica el predio de La Rural. Basándose en el mapa presentado en la Fig. 2, que muestra los pabellones de dicho predio, se usó la herramienta OpenJump [17] para cargar de manera georreferenciada esa imagen³ (indicando la coordenada del extremo superior izquierdo y la coordenada del extremo inferior derecho). Luego sobre esta imagen georeferenciada se generó una nueva capa con la representación del borde perimetral del predio de La Rural por un lado (Fig. 9, referencia 1) y posteriormente la representación edilicia (Fig. 9, referencias 2 a 10). Logrando de este modo el primer nivel de enriquecimiento para el predio de La Rural.

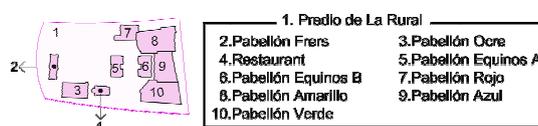


Fig. 9. Primer nivel de enriquecimiento del predio de La Rural.

Veamos como agregar nuevos niveles de enriquecimiento, para reducir la complejidad de los conceptos que se introducen a continuación nos focalizaremos sólo en mostrarlos sobre el Pabellón Amarillo del predio de La Rural (Fig. 9, referencia 8). En la Fig. 10, se pueden apreciar las diferentes capas que son necesarias crear desde el OpenJump para incrementar el nivel de enriquecimiento del espacio que ocupa el Pabellón Amarillo. La capa de espacios enriquecidos, muestra que al Pabellón Amarillo, se le definieron dos sub-espacios enriquecidos (Stand 1 y Stand 2, los cuales son espacios enriquecidos simples). Por otro lado, se puede observar en la Fig. 10, la capa de accesos para el Pabellón Amarillo, el Stand 1 y el Stand 2; otra capa con las redes de circulación correspondientes al Pabellón Amarillo y al Stand 2. De acuerdo a lo definido en esta última capa, el Stand 1, no posee una red de circulación asociada. Por último, en la Fig. 10, se puede observar la capa de puntos de interés definidos para los diferentes espacios enriquecidos.

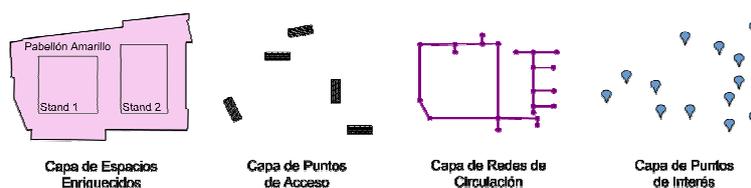


Fig. 10. Capas creadas para enriquecer al Pabellón Amarillo del predio de La Rural.

Cada capa definida con el OpenJump se ha decidido almacenar con formato Shapefile [18]. Luego los datos de este archivo son tomados para instanciar el modelo propuesto en la Sección 2. Continuando con el ejemplo de la Fig. 10, veremos como se instancia el modelo propuesto a partir de las capas definidas. En la Fig. 11, se presenta parte del

³ Las capas que se creen sobre dicha imagen respetarán la misma georreferenciación.

modelo de instancias. En dicha figura se visualiza que el Pabellón Amarillo es una instancia de la clase *EECompuesto* y que los Stands 1 y 2 contenidos en él son instancias de la clase *EESimple*. Tanto el Pabellón Amarillo como el Stand 2, tienen cada uno su red de circulación asociada. Como se puede observar en la Fig. 11, el Pabellón Amarillo posee tres puntos de acceso asociados. Tanto el Stand 1 como el Stand 2 cuentan con un único punto de acceso. En la Fig. 11, por una cuestión de legibilidad solamente se muestran algunos de los puntos de interés de la capa correspondiente presentada en la Fig. 10.

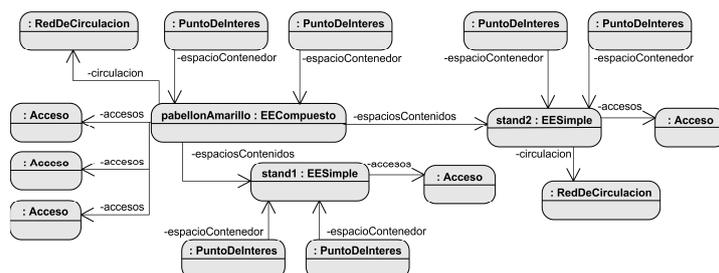


Fig. 11. Parte del modelo de instancias acorde al espacio enriquecido del Pabellón Amarillo.

Veamos un ejemplo concreto de aplicación móvil (de ahora en más, llamada aplicación) que usa el modelo propuesto. Esta aplicación toma los mapas generales desde Google Maps, superpone la representación de espacios enriquecidos (acordes al modelo propuesto) sobre estos mapas y muestra la posición actual del usuario. El usuario desde su posición actual, puede solicitarle a la aplicación, el cálculo de camino a un punto de interés (previamente seleccionado). Esta aplicación posee posicionamiento mediante GPS y código de barras 2D. Esta aplicación instancia el *ConstructorDeCaminos* con las estrategias *BuscadorAPIDirections* y *BuscadorPgRouting* asignándolas respectivamente a sus variables *estrategiaEspacioNoEnriquecido* y *estrategiaEspacioEnriquecido*.

Supongamos que un usuario decide usar la aplicación antes descripta. Al comenzar a usar la aplicación, ésta obtiene la posición actual del usuario y la muestra en el mapa. Además setea la actividad del usuario como *Indefinida*. Imaginemos que, el usuario, selecciona un punto de interés el cual se encuentra dentro del Stand 1 del Pabellón Amarillo, dentro del predio de La Rural. Como resultado de esta selección, la aplicación le muestra la posibilidad de calcular un camino a dicho punto como puede visualizarse en la Fig. 12 (en esta figura también se visualizan el mapa general de Google Maps y la representación de espacios enriquecidos que se superponen en la interfaz de usuario). Una vez que el usuario indica que desea obtener el camino a ese punto de interés seleccionado, la aplicación invoca el método *calcularCamino()* de la clase *ConstructorDeCaminos*. Este método identifica que la posición de origen no está contenida en ningún espacio enriquecido mientras que el punto de interés de destino si lo está. Para este escenario, se necesita interactuar con el *ManejadorDeEspacios* para determinar el mayor espacio enriquecido que contiene al punto de interés de destino. Para este caso en particular, el máximo espacio será el espacio enriquecido del predio de La Rural (espacio perimetral mostrado en la Fig. 9 referencia 1).



Mapa de Google Maps Espacios enriquecidos Usuario utilizando la aplicación móvil

Fig. 12. Aplicación móvil que usa el modelo propuesto.

El *ConstructorDeCaminos*, debe determinar por donde le indicará al usuario que ingrese al predio de La Rural para alcanzar el destino seleccionado. Para esto cuenta con el método `puntoDeAccesoProximo()` el cual permite determinar, para este caso en particular, cual de todos los puntos de acceso del predio de La Rural está más próximo al usuario. Una vez obtenido el punto de acceso, empleando la estrategia de búsqueda *BuscadorAPIDirections*, se obtiene un camino desde la posición actual del usuario hasta la posición de dicho acceso. Luego, usando la estrategia *BuscadorPgRouting*, se obtiene el camino desde la posición del punto de acceso hasta el punto de interés seleccionado como destino. El *ConstructorDeCaminos* combina ambos caminos obtenidos con cada una de las estrategias y usa esta información para mostrarle el camino completo al usuario. En ese momento, la aplicación, setea como actividad del usuario *Caminando*, indicándole a dicha actividad, el camino que debe realizar el usuario. La aplicación asiste al usuario cuando se encuentra *Caminando*, notificándolo cuando se desvía del camino asignado.

4 Trabajos relacionados

En [19] se presenta un modelo GIS de datos orientado a objetos para permitir el movimiento del usuario contemplando múltiples modos de desplazamiento tanto en espacios indoor como outdoor. En los espacios indoor limita el movimiento a los pasillos existentes sin contemplar la asistencia de movilidad dentro de espacios que internamente no cuentan con pasillos, como por ejemplo habitaciones.

La aplicación para dispositivos móviles que se presenta en [20] tiene por objetivo simplificar situaciones a las que se enfrenta un pasajero cuando debe realizar un trayecto que involucra cambios (trasbordos) entre medios de transporte, proveyéndole asistencia para reducir los tiempos de cambio y optimizar los caminos a pie. El cálculo de caminos está soportado por una red integral construida a partir de la red de transporte público y la red de calles (asume que la red peatonal coincide con la de calles).

En [21] se aborda la combinación de la navegación indoor-outdoor desde la perspectiva visual, y presentan diferentes formas comunicacionales para dar soporte a esta navegación combinada, no se abordan cuestiones implementativas respecto a la asistencia en la navegación del usuario.

En [22] presentan un enfoque práctico para construir un sistema de navegación indoor, abarcando aspectos de posicionamiento y de extracción automática de geometría y topología del espacio indoor. En particular, para este último aspecto, generan una base de datos espacial Postgis a partir de archivos CAD.

En [23] destacan que los espacios outdoor han sido abordados y formalizados de manera más completa que los espacios indoor. Se pone de manifiesto la ausencia de un modelo formal para espacios indoor y se discute sobre la posibilidad de un modelo del espacio unificado de espacios indoor y outdoor. Se marcan similitudes y diferencias entre ambos espacios contrastando conceptos relacionados a posicionamiento, navegación y análisis espacial entre otros.

5 Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se presentó un modelo orientado a objetos que permite el enriquecimiento de espacios. Se mostró en la Sección 3 que el modelo propuesto permite realizar el cálculo de caminos para transitar espacios enriquecidos y no enriquecidos. El camino obtenido está conformado por tramos de redes de circulación y tramos generados ad hoc para el camino (por ejemplo, generados a partir del camino obtenido usando la API de Google Directions). Registrar la actividad del usuario como parte de la aplicación móvil permite que la misma asista al usuario.

Se está trabajando en el análisis y modelado de los perfiles del usuario para ser incorporados como parte del modelo presentado. Una aplicación móvil para una ciudad podría contemplar, por ejemplo, los perfiles de *Turista* y *Cartero* (para el cual los puntos de interés son los domicilios en los que debe entregar correspondencia). Además, se deberán analizar cuestiones de permisos relacionados a los perfiles con relación a las redes de circulación, puntos de acceso y puntos de interés. Esto se debe a que, por ejemplo, el cartero podría transitar por lugares en los que el turista tenga restringido el acceso.

Otro punto de estudio consistirá en el análisis de nuevas estrategias de búsqueda de caminos. Estas estrategias contemplarán el concepto de perfil de usuario para adecuarse al mismo. Una próxima evolución es que el cálculo de caminos involucre distintos modos de desplazamiento (caminando, usando transporte público, etc.) para un usuario.

Se está trabajando además en el desarrollo de un plugin para OpenJump para agregarle semántica a las capas generadas en el marco de este trabajo. Esto permitirá realizar controles específicos, por ejemplo, en el caso de la red de circulación, controlar que el grafo que se genera para un espacio enriquecido sea conexo.

Referencias

1. Gartner, G., Hiller W.: Impact of restricted display size on spatial knowledge acquisition in the context of pedestrian navigation. In: Location Based Services and TeleCartography II, pp. 155-166. G. Gartner and K. Rehl, (Eds.). Springer, Berlin. (2009)

2. Nakajima, Y., Oishi, T., Ishida, T., Morikawa, D.: Analysis of Pedestrian Navigation Using Cellular Phones. In: Agent Computing and Multi-Agent Systems, A. Ghose, G. Governatori, and R. Sadananda (Eds.). Lecture Notes In Artificial Intelligence, vol. 5044, pp. 288-297. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. (2009)
3. Horvitz, E.J, Swartz, T.L., Couckuyt, J.D., Ofek, E., Zhuge, Y., Qian, Z., Wu, X., Li, J., Lombardi, S., Schwartz, J., Paulin, A.: Landmark-based routing. United States Microsoft Corporation. Patent number 7912637. (2011)
4. Hansen, R., Wind, R., Jensen, C.S., Thomsen, B.: Seamless Indoor/Outdoor Positioning Handover for Location-Based Services in Streamspin. In Procs. of the 2009 Tenth International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 267-272. (2009)
5. Paelke, V., Oppermann, L., Reimann, C.: Mobile Location-Based Gaming. In: L. Meng, A. Zipf, and S. Winter, (Eds.): Map-Based Mobile Services – Design, Interaction and Usability. pp. 310-334. Springer. (2008)
6. Schöning, J., Krüger, A., Cheverst, K. Rohs, M., Löchtefeld, M., Taher, F.: PhotoMap: using spontaneously taken images of public maps for pedestrian navigation tasks on mobile devices. In Procs. of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services. ACM, NY, USA, Article 14, 10 pages. (2009)
7. Google Maps para móviles, m.google.es/maps (accedido: 22 de abril de 2011)
8. Yahoo Maps para móviles, m.yahoo.com/w/local (accedido: 22 de abril de 2011)
9. La Rural: plano general, http://www.larural.com.ar/images/stories/planos/planos_general.gif
10. Aronoff, S.: Geographic Information Systems: A management Perspective. WDL Publications. (1995)
11. Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J.: Design Patterns. Elements of Reusable Object Oriented Software, Addison Wesley Professional Computing Series (1994)
12. Leonhardt, U.: Supporting Location-Awareness in Open Distributed Systems Ph.D. Thesis, Dept. of Computing, Imperial College, London. (1998)
13. Woolf, B.: Null object, In Pattern languages of program design 3, Addison-Wesley. pp. 5-18. (1997)
14. Postgis, <http://postgis.refractor.net/> (accedido: 08 de junio de 2011)
15. PgRouting, <http://www.pgrouting.org/> (accedido: 08 de junio de 2011)
16. Servicios Web de Google Maps API. Google Directions API, <http://code.google.com/intl/es-AR/apis/maps/documentation/directions/> (accedido: 10 de junio de 2011)
17. OpenJump, <http://www.openjump.org/> (accedido: 08 de junio de 2011)
18. Especificación Shapefile, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>
19. Mandloi, D., Thill, J.C.: Object-Oriented Data Modeling of an Indoor/Outdoor Urban Transportation Network and Route Planning Analysis. Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics. pp. 197-220. (2010)
20. Rehl, K., Göll, N., Leitinger, S., Bruntsch, S.: Combined indoor/outdoor Smartphone navigation for public transport travelers, In Procs. of 3rd Symp. LBS & TeleCartography, G. Gartner, Ed. Vienna, Austria: Tech. Univ. Vienna, 2005, pp. 235-239. (2005)
21. Radoczky, V.: How to design a pedestrian navigation system for indoor and outdoor environments. In: Location Based Services and TeleCartography. G. Gartner, W. Cartwright and M. Peterson (Eds.), LNGC, pp. 301-316. Springer. (2007)
22. Jensen, B., Kruse, R., Wendholt, B.: Application of Indoor Navigation Technologies under Practical Conditions. In Procs. of the 6th Workshop on Positioning, Navigation and Communication. pp. 267-273. (2009)
23. Giudice, N.A., Walton, L.A., Worboys, M.: The informatics of indoor and outdoor space: a research agenda. In Procs. of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA '10). ACM, NY, USA, pp. 47-53. (2010)