

Competición CAEPIA-APP: DOWNTOWN-APP

Inmaculada Ayala, Lorenzo Mandow, Mercedes Amor y Lidia Fuentes

Universidad de Málaga, Andalucía Tech,
Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación
Boulevard Louis Pasteur, 35. Campus de Teatinos, 29071 Málaga, España

{ayala, lawrence, pinilla, lff}@lcc.uma.es

Resumen. En este trabajo se presenta una *app* nativa Android para planificación de rutas turísticas en entornos urbanos. La novedad surge de una integración natural de información turística del entorno y de las preferencias del usuario de manera interactiva. El resultado es una herramienta original, sencilla e intuitiva que permite mejorar la calidad de las rutas propuestas. Para ello se modela la preferencia del usuario como una función lineal multi-atributo de la distancia recorrida y el interés turístico de la ruta elegida. Mediante aplicación de un algoritmo basado en A*, el usuario puede examinar visualmente el compromiso entre distintas alternativas y encontrar la ruta que mejor se adapte a sus preferencias.

Keywords: planificación multi-objetivo, información contextual, Android, A*, dispositivos móviles, turismo

1 El problema a resolver

Los planificadores de rutas se han convertido en poco tiempo en un servicio de gran demanda y utilidad. Dispositivos como los navegadores GPS, o aplicaciones como Google Maps [1] o ViaMichelin [2] forman parte de nuestra realidad cotidiana, permitiendo acceder a mapas detallados y al cálculo de itinerarios en tiempo real. Hoy en día es bastante usual disponer de un planificador de rutas en el dispositivo móvil. El ámbito de aplicación de estos servicios de planificación comprende todo tipo de actividades profesionales relacionadas con el transporte, así como su uso por particulares para actividades de ocio, o simplemente para asistir a las necesidades de desplazamiento de la vida diaria.

El desarrollo técnico actual permite el cálculo de rutas prácticamente en tiempo real, incluso en mapas de tamaño continental y en dispositivos relativamente poco potentes [9]. En este sentido, el problema está resuelto actualmente en la práctica. Pero, ¿quién no ha sufrido alguna vez la rigidez de los criterios de su navegador, siguiendo finalmente una ruta diferente? Los navegadores actuales presentan una cierta falta de robustez, ya que a falta de otro criterio, pueden plantear rutas complejas o difíciles de seguir con tal de ahorrar supuestamente unos pocos metros o minutos de recorrido [10]. Creemos que cualquier innovación en este ámbito debe pasar por una mejora en la calidad de las rutas propuestas, más que en la precisión o rapidez de su cálculo. En esta propuesta describimos un nuevo concepto en la planificación de rutas basado en

adfa, p. 1, 2011.
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

el uso transparente de información contextual y en una planificación capaz de considerar simultáneamente criterios adicionales a la rapidez de la ruta.

Las condiciones del contexto o entorno en el que nos movemos son una fuente de información fundamental en nuestra toma de decisiones cotidiana. Cuando pensamos en un camino para desplazarnos a un determinado destino, es normal que nuestra decisión se vea influida por diversos criterios, como que sea de día o sea de noche, sea hora punta o no, haya hielo, nieve, lluvia, o haga sol. Sería por tanto deseable que un planificador de rutas tuviera también en cuenta múltiples factores a la hora de elegir un camino. Los criterios basados en la rapidez, aunque útiles, no son siempre los más adecuados o los más importantes. Por ejemplo, en un desplazamiento urbano en coche podemos preferir una ruta con menos maniobras. En sistemas intermodales de transporte, las circunstancias personales pueden llevarnos a preferir una ruta más larga pero con menor número de conexiones, o menor tiempo de espera entre las mismas. En otras circunstancias, como en nuestro tiempo de ocio, simplemente puede ocurrir que simplemente no tengamos prisa. Un ejemplo claro puede ser un desplazamiento por una ciudad turística, en el que deseamos disfrutar de lo que la ciudad nos ofrece de camino a nuestro destino. En este sentido, hemos desarrollado el potencial de nuestra idea sobre un prototipo que permita a los turistas mejorar su experiencia en la visita a una nueva ciudad, encontrando caminos que tengan en cuenta los atractivos turísticos a su alcance.

A continuación describimos los aspectos técnicos fundamentales de nuestro nuevo concepto en planificación de rutas. Posteriormente se describe la *app* desarrollada para la búsqueda de rutas turísticas en la ciudad de Málaga, y se destacan sus ventajas sobre un planificador convencional.

2 Información contextual

Tal como se ha comentado anteriormente, un elemento fundamental para mejorar la calidad de los planificadores de rutas es disponer de información adicional al tiempo o distancia de la ruta. Idealmente, esta información permitirá adaptarse a las circunstancias particulares y al tipo de ruta que se desea planificar.

La **Fig. 1** muestra distintas fuentes de información útiles para la planificación de una ruta turística peatonal en un área urbana. En nuestro caso, buena parte de esta información la proporciona el propio ayuntamiento de una ciudad con proyección turística. Esta entidad es la primera fuente de información contextual y proporciona datos geográficos de las zonas de interés de la ciudad. Concretamente, en el caso de la ciudad de Málaga, se recomiendan determinados tramos de calles como especialmente recomendables para los turistas, por su contenido cultural, monumental o comercial. La segunda fuente de información contextual es la posición del usuario que se puede determinar, por ejemplo, utilizando tecnología GPS.

El usuario es la fuente final de información contextual. Este proporciona la información de origen y destino de la ruta, pero también es el único capaz de elegir en base a sus preferencias personales. Nuestra *app* permite al usuario encontrar la ruta que, adaptándose a sus necesidades en ese momento, le proporcione una mejor experiencia en su paseo por la ciudad.



Fig. 1. Arquitectura de la aplicación

2.1 Planificación con múltiples criterios e interfaz de usuario

Desde un punto de vista técnico, para la puesta en práctica de nuestra idea, es necesario combinar un procedimiento eficiente para el cálculo de rutas con una interfaz de usuario intuitiva accesible al público en general. Las técnicas fundamentales abarcan el modelado de las preferencias del usuario, y el propio cálculo de las rutas:

- Las preferencias del usuario se modelan usando **dos objetivos**: el habitual en otras aplicaciones de cálculo de rutas, consistente en minimizar la distancia total a recorrer $f_1(x)$, y uno nuevo consistente en maximizar la porción de esta distancia recorrida en calles de marcado interés turístico $f_2(x)$. En principio, el uso de más objetivos podría suponer incluso una mayor flexibilidad en la capacidad de decisión del usuario. Sin embargo, como veremos enseguida, nuestro sistema se basa en la elección del usuario mediante una rápida comparación visual de las alternativas presentadas. Efectivamente, es bien conocido que la representación visual de alternativas con dos objetivos proporciona intuitivamente tanto una imagen clara de sus valores, como del compromiso entre ellas. Aunque existen técnicas para la visualización de resultados sobre tres o más objetivos, estas pueden resultar más extrañas y complejas a un público no habituado a las técnicas de optimización multi-objetivo [11]. En resumen, el uso de dos objetivos permite tanto una importante ganancia en capacidad de decisión, como una visualización intuitiva de los resultados.

- Para la selección de la ruta utilizamos un **enfoque interactivo** con múltiples criterios. Las preferencias de usuario se pueden modelar ponderando los dos objetivos. Sin embargo, el compromiso entre ambos sólo puede ser decidido por cada usuario. El planificador calcula inicialmente tres soluciones (A , B y C). La solución A minimiza la distancia $f_1(x)$, la C maximiza el interés turístico $f_2(x)$ y la B es una solución intermedia entre las anteriores. Las tres soluciones se presentan gráficamente al usuario, que tiene dos opciones: elegir una de las tres alternativas o explorar nuevas soluciones. Esto último se realiza descartando A , lo que generará una nueva solución que será un resultado intermedio entre B y C , o descartando C y obteniendo una solución intermedia entre A y B . En la práctica este procedimiento es sencillo e intuitivo para los usuarios.
- Cada alternativa presentada al usuario se calcula utilizando una búsqueda A^* [3] sobre el grafo de la ciudad obtenido de Open Street Maps [4]. El grafo está enriquecido con la información de aquellos tramos de calle de interés turístico obtenida del ayuntamiento de la ciudad.
- Por último, la visualización de las rutas alternativas se realiza sobre el mapa de Google Maps [6], así como en un gráfico de barras que permite apreciar de forma intuitiva el compromiso entre ellas.

Desde un punto de vista técnico, el elemento central del sistema de búsqueda de rutas es el algoritmo A^* , que permite calcular el camino de coste mínimo entre dos nodos de un grafo (origen y destino) cuando dicho coste es aditivo. Se trata de una variante del algoritmo de Dijkstra [12] que aprovecha la información proporcionada por una función heurística $h(n)$ para mejorar la eficiencia de la búsqueda. Si $h(n)$ es una estimación optimista del coste desde cualquier nodo n hasta el destino (es decir, es una cota inferior de dicho coste), entonces A^* encontrará el camino mínimo siempre que exista. Si además, la función $h(n)$ cumple la denominada *propiedad de monotonia*, entonces la búsqueda con A^* nunca explorará más nodos que el algoritmo de Dijkstra [13]. En la práctica, cuanto más precisa es la estimación de $h(n)$, más eficiente es la búsqueda.

En nuestro caso, cada arco está etiquetado con la distancia recorrida, y si es o no un tramo de interés turístico recomendado. El algoritmo minimiza una suma ponderada de la distancia total y la distancia recorrida sobre tramos sin interés turístico. Los pesos de cada término vienen determinados en cada caso por la preferencia expresada por el usuario, al descartar una de las alternativas presentadas. Dado que Open Street Maps utiliza longitud y latitud para la geolocalización de los distintos puntos (en lugar de coordenadas euclídeas), se utilizó una aproximación de la distancia ortodrómica [5] como heurística para acelerar la búsqueda. Esta función es optimista y cumple la restricción de monotonia, garantizando así la optimalidad de las soluciones encontradas.

Las evaluaciones realizadas sobre mapas del centro urbano de diversas ciudades muestran que el uso de A^* con el heurístico considerado permite resolver de forma casi instantánea la búsqueda de soluciones en el propio dispositivo móvil. Pueden consultarse más detalles en las publicaciones relacionadas [7,8].

3 Utilidad y viabilidad

Con las ideas anteriormente presentadas, se ha de desarrollado un marco de trabajo que permite el despliegue de la aplicación sobre distintas ciudades. En la actualidad existen tres versiones de la aplicación. Dos de ellas se centran en el ámbito turístico urbano sobre las ciudades de Córdoba y Málaga respectivamente (esta última es la presentada al concurso). Recientemente se ha desarrollado una tercera aplicación, basada en los mismos principios, que tiene en cuenta criterios de movilidad para personas discapacitadas sobre la ciudad de Melbourne (Australia). Concretamente, esta última versión considera diversas versiones del mapa atendiendo al perfil de autonomía motriz del usuario (autónomo, silla de ruedas manual, asistida por otra persona, o motorizada). Creemos, por tanto, que el modelo desarrollado es potencialmente útil en muy diversos ámbitos del cálculo de rutas.

La *app* DOWNTOWN-APP:MÁLAGA incluye las ideas principales de nuestro modelo: ejecución en dispositivos móviles, múltiples fuentes de información contextual y planificación de rutas utilizando múltiples criterios. El área concreta de aplicación es la búsqueda de rutas turísticas a pie en un entorno urbano. La ciudad elegida para desarrollar la aplicación ha sido Málaga, concretamente hemos tomado su centro histórico y la información de rutas turísticas proporcionada por el Ayuntamiento de la ciudad¹.

Muchas personas visitan la ciudad de Málaga todos los años, por motivos de ocio o profesionales. A menudo se trata de visitas cortas en las que se desea visitar determinados lugares de la ciudad. Un ejemplo paradigmático son los “cruceñistas” que desembarcan en el centro de la ciudad y disponen de un día o simplemente varias horas para su visita. Nuestra aplicación permite a los usuarios encontrar su camino en una ciudad desconocida, permitiendo recorrer al mismo tiempo los lugares de mayor interés turístico, resultando en un mayor aprovechamiento del tiempo de ocio, y en una mejor experiencia en la visita de la ciudad.

En la Fig. 2 podemos ver capturas de pantalla de la aplicación en distintos momentos. En la captura de la izquierda se ve cómo se presentan las soluciones al usuario, mientras que en la captura de la derecha podemos ver el gráfico que permite comparar visualmente las características de cada alternativa (recorrido total y recorrido en zona turística) y seleccionar o descartar rutas. Diversas pruebas realizadas [7,8] permiten justificar la viabilidad y utilidad de la aplicación. Concretamente, el análisis experimental ha permitido comprobar que, en general, existen importantes diferencias entre las rutas planificadas teniendo en cuenta únicamente la distancia con aquellas que priman también el interés de la ruta. Muchas veces, un pequeño incremento en la distancia supone un gran cambio en el atractivo turístico de la ruta. En segundo lugar, existe también en general un abanico interesante de rutas alternativas cuando se visita

¹ Un vídeo demostrativo de la aplicación se encuentra disponible en la siguiente dirección: <http://www.lcc.uma.es/~ayala/models/concurso-apps.mp4>

la zona centro de la ciudad, y el método interactivo propuesto permite alcanzar la más adecuada en un máximo de 2 o 3 interacciones. Por último, destacamos que la *app* permite el cálculo de las rutas en tiempo real sobre el propio dispositivo móvil, por lo que una vez descargada no es necesaria una conexión a Internet.

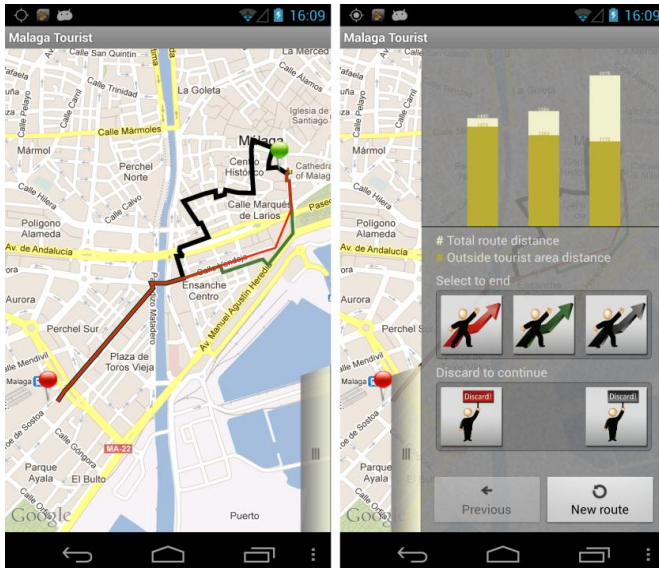


Fig. 2. Capturas de pantalla de la interfaz de usuario de la aplicación.

4 Conclusiones

En este trabajo se presenta DOWNTOWN-APP, una aplicación móvil en Android para el cálculo de rutas pedestres de interés turístico en entornos urbanos. Más concretamente, se presenta la versión de la aplicación para la ciudad de Málaga. La aplicación permite el cálculo y selección de rutas modelando las preferencias del usuario mediante una función lineal de la distancia recorrida y el interés turístico de la ruta. Mediante un proceso interactivo, el usuario puede explorar las opciones disponibles indicando sus preferencias, y encontrar la ruta adecuada en torno a una y tres interacciones. El cálculo de las distintas rutas se realiza en el propio dispositivo, sobre un mapa geográfico de la ciudad, empleando el algoritmo A* y la distancia ortodrómica

como función heurística. Este modelo tiene potencialmente múltiples aplicaciones, siendo la última explorada la incorporación de criterios de movilidad para personas discapacitadas.

Agradecimientos

Este trabajo está subvencionado por el Plan Propio de Investigación de la Universidad de Málaga - Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech, por el proyecto regional Magic P12-TIC1814 y el proyecto nacional HADAS TIN2015-64841-R (co-financiado por fondos FEDER).

Referencias

1. Google Maps, Google Inc, Viajes y Guías
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps> (Accedido Junio 2016)
2. Via Michelin, <http://www.michelin.es/servicios/viaMichelin> (Accedido Junio 2016)
3. Hart, P.E., Nilsson, N.J., Raphael, B.: A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics* 4(2), 100–107 (July 1968)
4. OpenStreetMaps, <https://www.openstreetmap.org/> (Accedido Mayo 2016)
5. Distancia ortodrómica, <https://es.wikipedia.org/wiki/Ortodr%C3%B3mica> (Accedido Junio 2016)
6. API de Google Maps, <https://developers.google.com/maps/?hl=es> (Accedido Junio 2016)
7. Ayala, I., Mandow, L., Amor, M., Fuentes, L.: Multiobjective tourist urban route planning with mobile devices. In: *V International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAMI 2011)* (2011)
8. Ayala, I., Mandow, L., Amor, M., Fuentes, L.: An evaluation of multiobjective urban tourist route planning with mobile devices. In: *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence: 6th International Conference, UCAmI 2012, Vitoria-Gasteiz, Spain, December 3-5, 2012. Proceedings*, pp. 387–394. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2012)
9. Hart, P.E., Nilsson, N.J., Raphael, B.: A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics* 4(2), 100–107 (July 1968)
10. Vo, H.T., Ni, P., Yan, C., Eswaran, T., Shah, J., Massarczyk, B.: Diversification of route planning results for improved user satisfaction. In: *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*. pp. 2625–2630 (Sept 2015)
11. Lotov, A.V., Miettinen, K.: Visualizing the pareto frontier. In: Branke, J., Deb, K., Miettinen, K., S lowiński, R. (eds.) *Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches*, pp. 213–243. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2008)
12. Dijkstra, E. W.. A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik* 1: 269–271 (1959).
13. Pearl, J.: *Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA (1984)