

# Un método de acceso espacio-temporal restringido a redes fijas

María L. Correa; Natalia J. Ortiz; Edilma O. Gagliardi;  
Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales,  
Departamento de Informática, Universidad Nacional de San Luis,  
San Luis, D5700HHW, Argentina  
{ mlcorrea, njortiz, oli }@unsl.edu.ar

y

Gilberto A. Gutiérrez Retamal  
Facultad de Ciencias Empresariales,  
Departamento de Auditoría e Informática, Universidad del Bío-Bío  
Chillán, Chile  
ggutierr@ubiobio.cl

## Resumen

Con el rápido avance tecnológico en computación móvil, realizar el seguimiento de los cambios de las posiciones y/o formas de los objetos, se hace cada vez más necesario. Actualmente, un gran rango de aplicaciones utiliza bases de datos que representan información de objetos en movimiento. El principal objetivo de las mismas es almacenar y recuperar de manera eficiente estas posiciones, para lo cual se necesitan índices. Los índices existentes tratan objetos en movimiento que se mueven en un escenario sin restricciones. El escenario restringido a redes es un caso especial e importante, donde el interés reside en las posiciones de los objetos respecto a la red y no a su referencia bidimensional. Por ejemplo, algunas aplicaciones son autos que se mueven en rutas, trenes en vías férreas, entre otras.

En nuestra investigación nos abocamos al estudio métodos de acceso para objetos cuyo movimiento está restringido a redes, con el objetivo de diseñar e implementar un método de acceso espacio-temporal. Nuestra propuesta cuenta con la habilidad de almacenar información histórica y actual acerca de las posiciones de los objetos que se mueven sobre redes fijas. Además, potencia el conjunto original de consultas y brinda nuevos lineamientos de investigación en el tema.

**Palabras claves:** objetos en movimiento, movimiento restringido a redes, métodos de acceso espacio-temporales para objetos en movimiento, consultas espacio-temporales, procesamiento de consultas espacio-temporales.

## 1. INTRODUCCIÓN

La manera en que se deben representar, almacenar y consultar los objetos en movimiento constituye hoy en día una de las áreas de investigación más amplia. El interés mostrado en los objetos que cambian su posición de forma continua en el tiempo se debe a la gran gama de aplicaciones que deben tratar con los mismos, tales como, servicios basados en ubicación, servicios turísticos, comercio electrónico móvil, campos de batalla digitales, entre otros.

Las bases de datos para objetos en movimiento atraen tanto al desarrollo científico como práctico de sistemas de información que pretenden capturar y documentar la posición de objetos que están moviéndose en el tiempo. Estas son un caso particular de las bases de datos espacio-temporales que representan cambios relacionados a los movimientos de los objetos. A diferencia de las aplicaciones espacio-temporales donde la identidad de las componentes geográficas cambia en el tiempo, en las bases de datos de objetos en movimiento los objetos solo cambian sus ubicaciones o formas a través del tiempo. Esto es, lo que cambia es el lugar del objeto en sí. Dentro de este contexto las aplicaciones que tienen mayor desarrollo como sistemas de información son aquellas en las que los objetos tienen movimientos regulares [11].

El incremento en el uso de la computación móvil acrecentó la importancia de indexar eficientemente los movimientos de objetos móviles. Los objetos normalmente se mueven en un espacio bidimensional  $(x, y)$ , lo que significa que sus movimientos a través del

tiempo se pueden embeber en el espacio tridimensional  $(x, y, t)$ . Además, los movimientos se representan como secuencias de segmentos de líneas conectados, que se denomina trayectoria [9].

En cuanto a consultas, los tipos de las mismas que pueden realizarse en Bases de Datos para Objetos en Movimiento son aquellos de la forma: “informar todos los objetos que pasaron/pasarán por una ventana sobre el plano dado en un instante de tiempo dado”, llamada *consulta timeslice*; “informar todos los objetos que pasaron/pasarán por una ventana sobre el plano dado en un intervalo de tiempo dado”, llamada *consulta por rango o intervalo*; “informar todos los objetos que aparecieron/desaparecieron en una ventana sobre el plano dado en un instante de tiempo dado”, llamada *consulta por eventos*; *consulta por join o ensamble*, que consiste en combinar dos conjuntos de objetos espacio-temporales de acuerdo con algún predicado que involucra tanto atributos espaciales como temporales; *consulta por cercanía o proximidad*, que consiste en dado un objeto, informar los objetos que se encontraban/encontraran a cierta distancia de él en un determinado instante de tiempo; y *consulta por trayectoria*, que consiste en dado un objeto y puede ser un intervalo de tiempo, informar las posiciones que dicho objeto ocupó durante ese intervalo de tiempo.

Esta presentación está organizada como sigue. En la Sección 2 presentamos los antecedentes en el tema; en la Sección 3, exponemos nuestros objetivos dentro de esta línea de investigación; y finalmente, en Sección 4, mostramos nuestros planes de trabajo.

## 2. ANTECEDENTES

Actualmente existen muchas propuestas para indexar la trayectoria de los objetos en movimiento. Algunas asumen el movimiento libre de los objetos en un espacio de dos dimensiones, por ejemplo [1, 2, 6, 8, 10, 12,13]; mientras que en otras el movimiento de los objetos se restringe a redes como autos, trenes, etc. Dos estructuras índices para indexar las trayectorias de los objetos en movimiento en redes se propusieron en [5, 9]. Ambas usan la misma idea de convertir un problema tridimensional en dos subproblemas con menos

dimensiones, ya que utilizan una estructura para indexar los arcos de la red y otra estructura para indexar los objetos en movimiento. Sin embargo, los dos enfoques presentan como principal desventaja el modelo de red usado, donde cada arco en la red puede representarse sólo como una única línea de segmento. Esto provoca que se disminuya el buen desempeño debido al gran número de registraciones y actualizaciones en la estructura que se requiere.

En [3] los autores propusieron una nueva estructura, MON-Tree, donde se almacena y recupera eficientemente estados pasados de los objetos en movimiento. Esta estructura puede indexar dos modelos de redes diferentes. El primero, orientado a arcos, está compuesto por arcos y nodos y cada arco tiene una poligonal asociada. El segundo, orientado a rutas, está compuesto por rutas y un conjunto de junturas entre estas rutas. Se resuelven dos clases de consultas sobre estados pasados de la base de datos, llamados Range Query y Window Query, las cuales reciben como argumento una ventana espacio-temporal. Estas difieren en sus resultados: range query devuelve todos los objetos cuyo movimiento es recubierto por la ventana; window query es más precisa y devuelve las piezas de la trayectoria de los objetos que recubre la ventana. Si bien MON-Tree conserva las propiedades buenas de las estructuras [5, 9] y elimina sus desventajas principales, cuando se presenta el caso en que un objeto informa su última posición y aún no se ha movido, entonces no hay posibilidad de que esa información quede registrada en la estructura. Y además, en cuanto a la trayectoria, resulta de alta complejidad su resolución.

La estructura presentada en este trabajo de investigación, I+MON-Tree [4], es una extensión a la estructura [3], que utiliza una estructura adicional en cuyas entradas almacena objetos cuyo tiempo final de permanencia en una posición no se conoce e información que permite recuperar la trayectoria de los objetos.

Además de las ventajas mencionadas en el párrafo anterior, se amplía el tipo de consultas espacio-temporales, ya que a las consultas por ventana y rango, se le suman las consultas por instante de tiempo y por trayectoria, las cuales son de gran valor, debido a la importancia que tienen en las aplicaciones.

### 3. NUESTRA PROPUESTA

Nuestro trabajo de investigación se dedicó al estudio y análisis de métodos de acceso que almacenan y recuperan información de objetos cuyo movimiento se encuentra restringido a redes predefinidas. Nuestra propuesta consiste en una extensión de la estructura [3], que permita almacenar y recuperar además de la información histórica información actual de los objetos y en ampliar o potenciar el conjunto de consultas. La estructura I+MON-Tree extiende las capacidades del índice mencionado en [3], ya que a la información del pasado se suma información sobre posiciones actuales de los objetos y amplía el rango de consultas por ésta soportada, incorporando consultas timeslice y por trayectoria. La estructura tiene las siguientes características:

- *Índice de Información Actual* que almacena cubos abiertos, que hacen referencia a objetos cuyo instante final en una posición aún no está definido. También se mantiene información que hace referencia a los cubos anteriores y que nos permite recuperar la trayectoria del objeto.
- Un 2D R-Tree [7] que indexa la mínima caja que recubre cada poligonal.
- Una estructura hashing que almacena el identificador de la poligonal y el puntero al 2D R-Tree [7] del nivel inferior que le corresponde a la misma.
- Un conjunto de 2D R-Tree [7] que indexan el movimiento de los objetos a lo largo de la poligonal. Cada movimiento de un objeto, indexado por éstos, mantiene información del movimiento anterior y/o posterior que conforma la trayectoria de un objeto.

De esta manera, las principales diferencias con el método original, es que nuestra propuesta posee una estructura adicional, el *Índice de Información Actual*, que brinda la posibilidad de almacenar la última posición en la que los objetos se encuentran, permitiendo el procesamiento de consultas que además de considerar el pasado tomen en cuenta el presente. También, haciendo pequeñas modificaciones a la estructura [3], como la incorporación de punteros que vinculan los movimientos que ha realizado un objeto, se permite recuperar la trayectoria de los mismos, información que es sumamente importante en muchos casos.

### 4. TRABAJO FUTURO

Aunque han habido avances en los diferentes aspectos involucrados en el diseño de bases de datos de objetos en movimiento, quedan todavía muchos desafíos que también han sido sólo parcialmente abordados o no abordados en absoluto en la temática espacio-temporal

Planeamos, continuar con el análisis de la estructura de manera de poder hacer las adaptaciones necesarias para ampliar el rango de consultas, incorporando por ejemplo la capacidad de responder consultas por ensamble (*join*) y/o cercanía o proximidad. También es de interés trabajar en el espacio tridimensional y observar técnicas de Geometría Computacional adaptadas a esta problemática.

Nuestro trabajo futuro pretende continuar en esta dirección, dedicándonos al estudio y análisis del diseño de estructuras de datos y algoritmos. Estos trabajos están enmarcados dentro de la Línea de investigación Geometría Computacional y Bases de Datos Espacio-Temporales, perteneciente al Proyecto Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos 22/F314, Departamento de Informática, Universidad Nacional de San Luis; en el Proyecto AL06\_PF\_013 Geometría Computacional, subvencionado por la Universidad Politécnica de Madrid; y en el marco de la Red Iberoamericana de Tecnologías del Software (RITOS2), subvencionado por CYTED. Por todo ello, se ha establecido un grupo de interés en el tema conformado por docentes investigadores y alumnos avanzados de la Universidad Nacional de San Luis.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abbadi, A., Agrawal, D. y Chon, H. *Query processing for moving objects with space-time grid storage model*. In Proc. of the 3rd Intl. Conf. on Mobile Data Management (MDM), pages 121-, 2002.
- [2] Abbadi, A., Agrawal, D. y Chon, H. *Using space-time grid for efficient management of moving objects*. In 2nd ACM Intl. Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access (MobiDE), pages 59-65, 2001.
- [3] Almeida, V. y Güting, R. *Indexing the trajectories of moving objects in networks*.

- Technical Report 309, Fernuniversität Hagen, Fachbereich Informatik, 2004.
- [4] Correa, L. y Ortiz, N. *I+MON-Tree: índice espacio-temporal para objetos en movimiento*. Informe Trabajo Final Licenciatura, Univ. Nac. de San Luis, Argentina, 2006. Gagliardi, O., Directora.
- [5] Frenzos, E. *Indexing objects moving on fixed networks*. In Proc. of the 8th Intl. Symp. on Spatial and Temporal Databases (SSTD), pages 289-305, 2003.
- [6] Gunopoulos, G., Hadjieleftheriou, M., Kollios, G. y Tsotras, V. *Efficient indexing of spatiotemporal objects*. In Proc. of the 8th Intl. Conf. on Extending Database Technology (EDBT), pages 251-268, 2002.
- [7] Guttman, A. *R-Trees: A dynamic index structure for spatial searching*. In ACM SIGMOD Conference on Management of Data, pages 47-57, Boston, ACM, 1984.
- [8] Jensen, C. y Pfoser, D. *Capturing the uncertainty of moving objects representations*. In Proc. of Advances in Spatial Databases, 6th Intl. Symp. (SSD), pages 111-132, 1999.
- [9] Jensen, C. y Pfoser, D. *Indexing of network constrained moving objects*. In Proc. of the 11th Intl. Symp. on Advances in Geographic Information Systems (ACM-GIS), 2003.
- [10] Lazaridis, L., Mehrotra, S. y Portkaew, K. *Querying mobile objects in spatio-temporal databases*. In Proc. Of the 7th Intl. Symp. on Spatial and Temporal Databases (SSTD), pages 59-78, 2001.
- [11] Rodriguez, A. *Una revisión de bases de datos de objetos en movimiento*. Revista de Ingeniería Informática, Edición N° 11, 2005.
- [12] Roussopoulos, N. y Song, Z. *Hashing moving objects*. In Proc. of the 2nd Intl. Conf. on Mobile Data Management (MDM), pages 161-172, 2001.
- [13] Roussopoulos, N. y Song, Z. *SEB-tree: An approach to index continuously moving objects*. In Proc. of the 4<sup>th</sup> Intl. Conf. on Mobile Data Management (MDM), pages 340-344, 2003.