XVI SIMPOSIO INTERNACIONAL SELPER 2014

La Geoinformación al Servicio de la Sociedad

Memorias

Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo Colombia

30 AÑOS

Medellín, Colombia
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014

TRAYECTORIAS EN BASES DE DATOS DE OBJETO EN MOVIMIENTO

Alvaro Enrique Ortiz Dávila
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
aeortizd@udistrital.edu.co

Resumen

Los objetos y fenómenos espaciales que suceden en los ambientes naturales tienen una dinámica particular de cambios en el tiempo, estos cambios se pueden dan en tres puntos de vista: cambios de posición, cambios de forma y cambios en su estructura interna (densidad). Por supuesto que un objeto puede tener combinaciones de varios de ellos.

Las bases de datos temporales son bases de datos diseñadas para soportar consultas relacionadas con localizaciones y tiempo. Usualmente se implementan sobre extensiones u opciones de bases de datos relacionales, en esas tablas existen columnas para atributos de localización, para almacenar la posición, y de tiempo, para registrar cuándo el objeto fue almacenado, y adicionan las funciones y operadores espaciales al estándar SQL.

Una de las formas en las que se representan los cambios de posición de los diferentes objetos en periodos de tiempos es usarlas bases de datos de objetos en movimiento, la cual miran el continuo de los cambios, esto es, la historia completa de los cambios realizados (trayectorias).

El artículo presentará lo que se puede hacer hasta el momento con bases de datos de objetos en movimiento y que está por desarrollar hacia el futuro, y una aproximación a sus posibles soluciones.

Palabras clave

Bases de datos espaciales, bases de datos de objetos en movimiento, trayectorias temporales.

Introducción

El manejo de la información espacial en bases de datos nos ha llevado a evolucionar la forma como consultamos la información, y por supuesto, la forma como representamos la información en ella. De la mano con cada avance tecnológico en el software y hardware, implica cambios en funcionalidades, estructuras y estrategias para lograr nuevas características de consultas, representación, administración y eficiencia para las bases de datos espaciales.

Cualquier actualización o cambio que se realice en una base de datos, hace que se pierda el estado anterior y se conserve el nuevo estado, a menos que sea una base de datos temporal, la cual mediante estampitas de tiempo hace que quede almacenado el estado anterior y el nuevo estado conservaría la fecha del cambio realizado. Sin embargo, estas bases de datos manejan el tiempo de una forma discreta, pero de forma natural, para nosotros el tiempo es continuo, con lo que no se pueden representar ciertos fenómenos que ocurren en la naturaleza con la precisión que quisiéramos.

Como respuesta tecnológica, surgieron las bases de datos de objetos en movimiento, las cuales permiten definir trayectorias de los objetos, por lo que se podrían consultar su estado en cualquier instante. Pero, esta tecnología todavía está en desarrollos iniciales, ya que solamente permite construir las trayectorias de cambios en el tiempo con objetos de tipo punto, por lo que la única opción es representar los cambios de posición de los puntos en movimiento en las bases de datos.

En el presente artículo, mostraremos la evolución que ha tenido las bases de datos espaciales hasta lograr representar trayectorias, los diferentes escenarios posibles que deberían manejar en los cambios naturales de la dinámica temporal de objetos geográficos, y un ejemplo de cómo se pueden crear trayectorias con Secondo [1], como software de base de datos de objetos en movimiento.

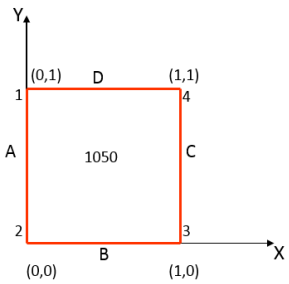
Bases de datos espaciales

Una base de datos se puede definir de forma simple como una colección de datos interrelacionados [2], el diseño de las bases de datos se realiza mediante un modelo orientado a objetos llamado Entidad – Relación, y su implementación en un sistema manejador de base de datos (DBMS por su sigla en inglés de Data Base Management System), se realiza con un modelo orientado a registros llamado Modelo Relacional, cuya estructura central se basa en tablas [3].

Desde la década de los 80, se popularizó el uso de las bases de datos para administrar y consultar información de forma eficiente, ya que estas herramientas fueron especialmente diseñadas con ese propósito, y además brindan soluciones de seguridad, concurrencia, atomicidad, integridad, velocidad y otras más que son difíciles y costosas de implementar en aplicaciones personalizadas en base a sistemas de archivos [4]. Se definió un nuevo estándar de facto para el lenguaje que utilizan los DBMS, al que llamaron SQL (por sus sigla del inglés Structured Query Language), con lo que facilitó el acercamiento de más usuarios por su facilidad de uso.

Tradicionalmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se han usado para el desarrollo de las aplicaciones con información geográficamente referenciada [5], éstas aplicaciones empezaron a usas las bases de datos para almacenar la información

georreferenciada y sus atributos en esquemas de tablas (ver ejemplo en la figura 1), que luego eran interpretadas y administrada por el SIG, de allí surge el primer concepto de Base de Datos Espacial, el cual se definió en su momento como un simple repositorio de información que tenía algún tipo de referencia espacial [6].



Bloque

Nombre	Area	Poblacion	Limite
340	1	1839	1050

Poligono

Limite	IdEje
1050	A
1050	B
1050	C
1050	D

Punto

IdPunto	X	Y
1	0	1
2	0	0
3	1	0
4	1	1

Eje

IdEje	IdPunto
A	1
A	2
B	2
B	3
C	3
C	4
D	4
D	1

Figura 1. Repositorio de información georefenciada
Fuente: Autor

La OGC (del inglés Open Geospatial Consortium Inc.) es un consorcio internacional donde participan 473 compañías, agencias del gobierno y universidades con el propósito de definir estándares abiertos e ínter operables para la información con componentes espaciales sobre la Web, comunicaciones inalámbricas y servicios basados en localizaciones que incorporan las tecnologías de la información. Estas normas ayudan a que la información espacial pueda ser usada en complejos desarrollos y servicios, y sean accesibles por toda clase de aplicaciones [7]. Como consecuencia de las especificaciones definidas, las aplicaciones realizadas y el software que usa información espacial se ajustan a las definiciones declaradas y establecidas en ellas. Esto permite una buena interoperabilidad y eficiente manejo de la información espacial.

La información espacial se puede representar con tres tipos de modelos diferentes [8]:

- Como una colección de características discretas en formato vectorial

- Como una grilla de celdas de información espectral o atributos
- Como un conjunto de puntos triangulados que modelan una superficie

Para el formato vectorial, la OGC describe la arquitectura como un modelo de objetos para representar la información espacial incluyendo sus atributos geométricos representados en partes por composiciones lineales o interpolaciones de planos entre conjuntos de puntos. Estos objetos espaciales se distribuyen en una plataforma computacional neutral usando notación en un Lenguaje Unificado de Modelado (UML, del inglés Unified Modeling Language) [9] (Figura 2). La clase Geometry tiene subclases de Point, Curve, Surface y GeometryCollection, cada objeto geométrico se asocia con un sistema de referencia espacial, el cual describe el espacio de coordenadas en el cual se definen los objetos espaciales.

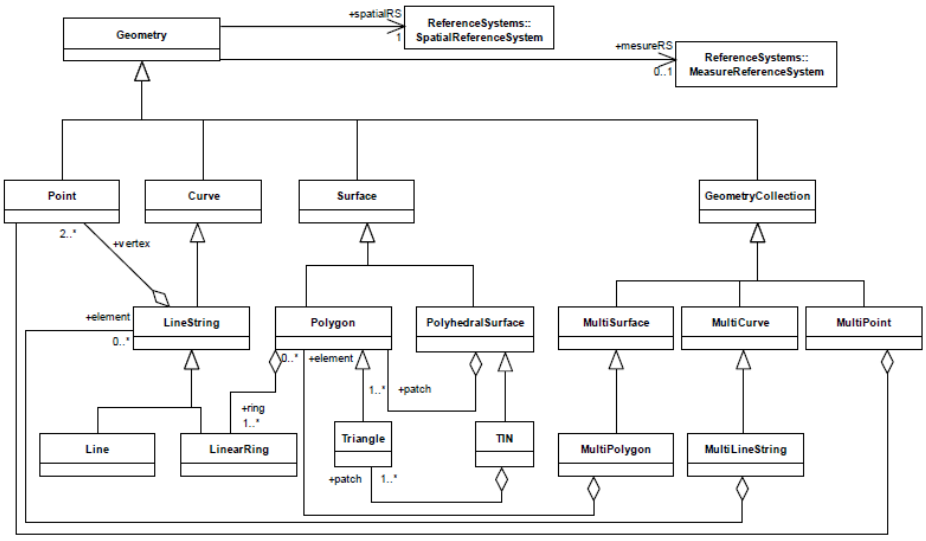


Figura 2. Jerarquía de la clase Geometry [10].

Dentro de las aplicaciones que acogieron los estándares definidos por la OGC, están los Sistemas Manejadores de Bases de Datos Espaciales (SDBMS, del inglés Spatial Database

Management System), en donde definen los tipos de datos y la forma como se debe representar la información espacial en formato vectorial, y las funciones que operan sobre esos nuevos tipos de datos [11]. Esto se pudo logar gracias a la definición del estándar SQL-99, el cual permite definir nuevos tipos abstractos de datos, permitiendo crear las álgebras necesarias para el uso de información espacial en formato vectorial [12].

Con esta nueva implementación de base de datos, en donde se extienden los tipos de datos para poder incluir la información espacial, y la adición de funciones espaciales con las que se pueden operar entre esos tipos de datos embebidos en SQL, más la adición de nuevos índices para optimizar las operaciones se puede, finalmente, utilizar los objetos espaciales directamente en la base de datos. Este es el nuevo concepto de lo que es una base de datos espacial [6].

Bases de datos espacio – temporales

Son bases de datos diseñadas para soportar consultas relacionadas con localizaciones y tiempo. Usualmente se implementan sobre extensiones u opciones de bases de datos relacionales, en esas tablas existen columnas para atributos de localización, para almacenar la posición y de tiempo para registrar cuándo el objeto fue almacenado. Por supuesto, se deben adicionar las funciones y operadores espaciales al estándar SQL.[13]

Una de las formas en las que se representan los cambios de posición de los diferentes objetos en periodos de tiempos es usando las bases de datos de objetos en movimiento, la cual no sólo se encarga de estampillar el tiempo sobre objetos que están espacialmente referenciados, sino que mira el continuo de los cambios, esto es, la historia completa de los cambios realizados.

Las bases de datos de objetos en movimiento son bases de datos que manejan objetos espaciales que continuamente cambian de localización en el tiempo. De acuerdo con el ambiente se pueden clasificar en tres categorías:

- Espacio libre. Es un ambiente cuando el movimiento no tiene restricción, y la localización se representa en coordenadas.
- Red de caminos. El movimiento es limitado por el ambiente, existe un conjunto de trayectorias de movimientos que usualmente están predefinidos por unas redes (como vías, etc.).
- Interiores. Algunos estudios (Nokia report, 2008-09-23) sugieren que las personas permanecen el 90% del tiempo en espacios interiores, en donde el GPS no es funcional, esta es la motivación de este tipo de estudios de movimiento

Cada modelo maneja su representación de localización y administra sus datos de forma diferente.

Los humanos manejamos indistintamente trayectorias en estos tres ambientes, teniendo que manejarse varios modelos para su representación. La mayoría de los métodos existentes utilizan coordenadas (x, y) para identificar una localización, con lo cual es difícil utilizarlo en un ambiente de interiores, y aunque se puede extender a coordenadas (x, y, z) para representar localización 3D, ésta se enfoca en sólo en propiedades geométricas. Para completar y enriquecer la identificación del movimiento se necesitan dos factores: dónde y cómo.

Bases de Datos de Objetos en Movimiento

Las bases de datos de objetos en movimiento buscan representar el movimiento de los objetos espaciales. La trayectoria es la historia completa del movimiento de un objeto. Para representar los continuos cambios de localización se usa el método de regresión, el cual segmenta los datos en piezas de intervalos regulares, que exhibe una tendencia bien definida y se seleccionan las funciones básicas y matemáticas más apropiadas para cada pieza de información. Usando el método *de sliced representation* se representa el movimiento de los objetos como un conjunto de unidades temporales (*slices*). Cada unidad define un tiempo de intervalo y su movimiento durante él.

Los objetos en movimiento son geométricamente dependientes del tiempo. Hay dos puntos de vista para los objetos en movimiento, el primero se enfoca en responder preguntas sobre la posición actual del objeto y una predicción temporal de su posición futura (tracking). El segundo enfoque representa la historia completa del movimiento del objeto, para movimientos de objetos punto se denominan bases de datos de trayectorias (figura 3). [14]

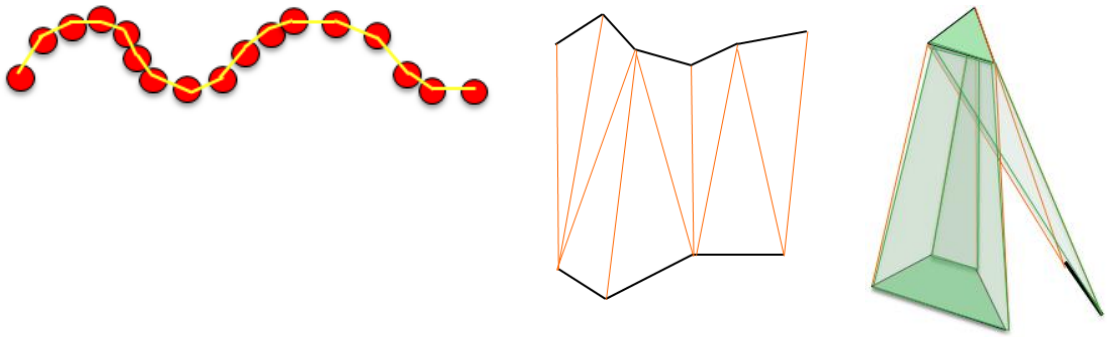


Figura 3.Trayectorias de objetos punto, línea y polígono
Fuente: autor

Actualmente hay dos enfoques para las bases de datos de objetos en movimiento. El enfoque desde la perspectiva de administración de la localización, en donde pos cada elemento se registra su posición inicial, junto con su vector de movimiento (velocidad y

dirección), los que son actualizados de tiempo en tiempo (en cada cambio). La perspectiva de datos espacio-temporales, se enfoca en tener el álgebra adecuada para poder representar el movimiento de los cambio de los objetos.

Aquí es donde se quedan cortos las álgebras de las bases de datos de objetos en movimiento. Se puede confirmar que puntos en movimiento son factibles de manejar desde algunos desarrollos de software como Secondo [1], o MovingMine [15] (figura 4), sin embargo aún no se ha podido generar algebra para los polígonos en movimiento, lo que abre una posibilidad de investigación para que se desarrollen e implementen éstas álgebras, seguramente en base a las existentes para poder representar las diferentes dinámicas del movimiento en el tiempo, lo que incluye cambios de posiciones, cambios de forma y cambios en la densidad interna del objeto. De ésta forma poder representar objetos como nubes, las cuales cambia de posición, cambian de forma y su densidad también cambia.

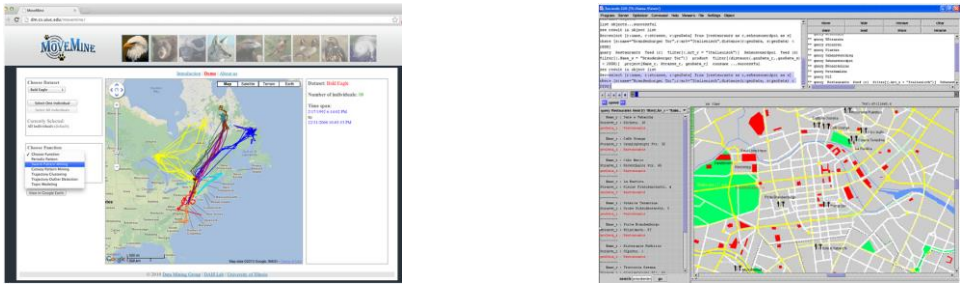


Figura 4.Interfase de Secondo [1] *y MoveMine* [15]

No es fácil poder representar estas nuevas trayectorias, cada una le adiciona una nueva dimensión para poder representar el objeto espacial en cualquier tiempo pasado o presente, y por supuesto, con la trayectoria, poder estimar o predecir su posición, forma o densidad futura bajo determinadas condiciones que pueda proyectar la trayectoria.

Referencias

[1] V. Teixeira de Almeida, R. Hartmut Güting, y T. Behr, «Querying Moving Objects in SECONDO», Washington, DC, USA, 2006, p. 47.

[2] A. Silberschatz, H. F. Korth, y S. Sudarshan, *Database System Concepts*, Edición: 6. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2010.

[3] C. J. Date y A. Date, *Date on Database: Writings 2000-2006*. .

[4] T. Connolly y C. Begg, *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*, Edición: Revised. Boston: Addison Wesley Pub Co Inc, 2014.

[5] F. Javier Moldes Teo, *Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica*. RA-MA Editorial, 1995.

[6] Shashi Shekhar y Sanjay Chawla, *Spatial Databases a Tour*. Prentice Hall, 2003.

[7] Open Geospatial Consortium, «OGC Reference Model». Open Geospatial Consortium, Inc., 19-dic-2011.

[8] Michael Zeiler, *Modeling Our World*. Readlands, California: ESRI Press, 1999.

[9] James, Rumbaugh, Ivar, Jacobson, y Grady, Booch, *The Unified Modeling Language Reference Manual*. ADDISON-WESLEY, 1999.

[10] Open Geospatial Consortium, Inc., «Implementation Standard for Geographic Informatioc – Simple feature acces – Part 1: Common architecture». Open Geospatial Consortium, Inc., 2011.

[11] Open Geospatial Consortium, Inc., «Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option». Open Geospatial Consortium, Inc., 2010.

[12] ISO, International Organization for Standardization, «ISO/IEC 9075-1:2011 Information technology -- Database languages - SQL -- Part 1: Framework (SQL/Framework)». ISO, International Organization for Standardization, 2011.

[13] T. J. Cova y M. F. Goodchild, «Extending geographical representation to include Ž fields of spatial objects», *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 16, n.º 6, pp. 509-532, 2002.

[14] C. Düntgen, T. Behr, y R. Hartmut Güting, «A Benchmark for Moving Object Databases». University of Hagen, 18-jun-2008.

[15] Z. Li, M. Ji, J.-G. Lee, L.-A. Tang, Y. Yu, J. Han, y R. Kays, «MoveMine: Mining Moving Object Databases», en *Proceedings of the 2010 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, New York, NY, USA, 2010, pp. 1203–1206.