

Esquema de Representación para Sistemas Complejos: Una Aplicación a Sistemas Urbanos

Juan Camilo Ibarra¹, José Tiberio Hernández¹,

¹ Universidad de los Andes, Ingeniería de Sistemas y Computación,
Carrera 1 Este N° 19A-40, Bogotá, Colombia
{ ju-ibarr, jhernand}@uniandes.edu.co

Abstract. This article presents a data structure proposal for representing complex systems (i.e. many components at many levels, changes of scale, relationships between them and dynamic phenomena in time) and its visualization in collaborative environments. We present, as a use case, an urban simulation and visualization system for the analysis of urban mobility. The data structure is based on a structural-functionalist definition of static components through hierarchical graphs. Dynamic elements are constructed using results generated by an external simulation system. The definition of the urban structure is guided by road intersections which are the basic structural and functional unit of analysis in the problem domain. A prototype was implemented in Java as a set of libraries that allows the user to use the data structure for the construction of immersive environments in collaborative research, learning and decision making.

Keywords: Graphics data structures and data types, representation design, visual computing.

1 Introducción

Dentro del estudio de la Computación Gráfica actual, existen diferentes aproximaciones para la representación geométrica de objetos y sistemas complejos [1] [2] [3] [4]. La utilización de esquemas de representación como grafos, árboles o estructuras de datos particulares, permiten organizar la información de tal forma que se aprovechan las capacidades de una máquina para visualizar la información de manera adecuada. Este enfoque es puramente estructural, donde los objetos representados contienen únicamente información geométrica, lo que limita su utilización al campo de la visualización. El presente trabajo muestra la idea principal para el desarrollo de una estructura de datos capaz de soportar una representación de un sistema complejo a través de diferentes puntos de vista que filtran la información a partir de información funcional del mismo. Este enfoque estructural-funcionalista busca enriquecer la representación para incorporarla como una herramienta de toma de decisiones en un contexto Educativo, de Diseño o de Investigación.

La posible diferencia tanto de ubicación geográfica como de especialidad de cada uno de los participantes de un ambiente de toma de decisiones, hace que los puntos de vista planteados tengan relevancia dentro del modelo completo. A través de una

misma fuente de datos, diferentes puntos de vista se construyen teniendo en cuenta un enfoque de visualización foco-contexto [5] [6], los cuales permiten que la representación obtenga semántica en el momento que se muestran al usuario. Dentro del proyecto, se toma como un escenario de caso de uso el de Movilidad en Sistemas Urbanos dentro de la ciudad de Bogotá.

Este documento presenta la motivación del trabajo, luego, la propuesta general del sistema como un conjunto de componentes. A continuación, se habla de la definición de un espacio urbano en términos de la estructura de datos y se termina con la presentación de las pruebas sobre una plataforma de simulación en movilidad

2 Motivación

Dentro de todo el proceso de intervención urbana, uno de los aspectos a tener en cuenta es la adecuación de vías y sistemas de transporte para soportar todo el modelo de intervención. Para ello se realizan estudios técnicos sobre optimización de flujos, y desarrollo de vehículos e infraestructuras para el rápido desplazamiento de bienes y personas [7]. Las soluciones a estos problemas no deben ser únicamente técnicas, sino que se debe tener en cuenta que las vías y equipamientos dentro de un proyecto de intervención, afecta a todos los elementos adyacentes. La movilidad sostenible juega un papel importante en este aspecto por que toma en cuenta un profundo respeto por todos los usuarios de las vías. Es decir, que la utilización de un medio de transporte debe producir un coste energético bajo, contaminar lo menos posible y generar una cultura de uso. Para ello se deben diseñar ciudades en donde en primer lugar se le den prioridad a los peatones y ciclistas, y en un segundo lugar al transporte público [8].

Actualmente existe la tendencia de invertir tiempo y dinero en el diseño y planeación de macro-proyectos urbanos. Colombia no ha sido ajena a esta tendencia y se encuentra en un momento en el cual los errores en planeación urbana se hacen evidentes, haciendo que los modelos inerciales de crecimiento tengan un resultado caótico. Uno de estos escenarios es el de la ciudad de Bogotá en donde a partir de 1961 se comienza a definir reglamentaciones sobre los procedimientos de ordenamiento territorial. En el año 2000, a través del decreto 619 el distrito capital adopta el POT [9], el cual es un conjunto de acciones político-administrativas para la planificación concertada de la ciudad. Para su desarrollo, se utilizan herramientas como los Planes Maestros¹, las UPZ² (Unidades de Planeamiento Zonal), los Planes Parciales³, los Planes Maestros para Parques⁴ y los Planes Directores de Parques⁵.

Uno de los aspectos a tratar en el desarrollo de este tipo de planeaciones, es la utilización de sistemas de simulación para poder construir escenarios controlables, los cuales generan proyecciones y datos estadísticos que se utilizan para discutir el curso de las acciones a desarrollar dentro del proyecto. En este tema, el Grupo de Investigación IMAGINE de la Universidad de los Andes se encuentra desarrollando

¹ Artículo 45 del Decreto 469 de 2003

² Artículo 290 del Decreto 619 de 2000

³ Artículo 451 del Decreto 619 de 2000

⁴ Artículo 456 del Decreto 619 de 2000

⁵ Artículo 252 del Decreto 190 de 2004

un sistema de simulación de movilidad urbana (vehículos, peatones), el cual utiliza como referente la topología propia de las vías de un país en desarrollo. A diferencia de los países del primer mundo, las vías actuales en Colombia y en la mayoría de los países latinoamericanos se encuentran en un estado precario, por lo que los sistemas de simulación existentes no reflejan los resultados esperados. Así mismo, los usuarios de las vías no se comportan de manera adecuada, lo que da como resultado un caos en el tema de movilidad urbana. El proyecto de simulación pretende abstraer tanto el comportamiento de los usuarios como las patologías de la topología de las vías. Dicho sistema presenta diferentes escenarios en donde entran a jugar las características mencionadas utilizando algoritmos de comportamiento [10].

Para la visualización de la simulación se propone agregar un componente de objetos dinámicos al sistema multi-vista. De esta forma, se complementa la visualización de los móviles en un sistema urbano con múltiples puntos de vista para su utilización en ambientes colaborativos

3 Propuesta

Teniendo en cuenta las múltiples perspectivas entre miembros de los equipos de diseño dentro de un contexto de un proyecto urbano, se plantea la construcción de una plataforma de software que ayude a la toma de decisiones a través de un ambiente colaborativo. Dicha toma de decisiones se basa en la contextualización del proyecto a través de la definición de dos estados: el estado actual y la hipótesis. Dentro del estado actual, se encuentra la información obtenida durante el proceso de diseño. La hipótesis, son los cambios que se desean hacer en el modelo actual. A partir de la hipótesis, y a través de un sistema de simulación, se obtiene un nuevo estado actual para ser analizado y validado por el grupo de trabajo.

Tanto el estado actual como la hipótesis, son representados a través de un sistema de visualización con un enfoque estructural-funcionalista en donde a partir de una misma fuente de datos se construyen diferentes vistas guiadas por una función. Dicha función, llamada foco, se define como un conjunto de características que comparten un subconjunto de elementos que hacen parte de la representación total del sistema. Para su representación, se escogen unas características visuales particulares que los diferencian sobre los demás objetos dentro de la visualización. Para generar un contexto, se calcula el conjunto de objetos necesarios para obtener un estado comprensible al usuario del sistema completo, y se le asignan propiedades visuales que permiten su diferenciación como contexto [11].

Para el caso concreto de la simulación vial, se propone una extensión al sistema anteriormente mencionado en donde los objetos que componen el sistema complejo, sean los elementos de una ciudad. Dichos elementos se definen como una jerarquía de componentes en donde la unidad principal de construcción es una intersección vial. A partir de ésta, se construye una ciudad en un proceso iterativo hasta llegar a la resolución deseada. La escogencia de dicha unidad de construcción, se debe a la relación bidireccional que debe existir entre el sistema de simulación y el sistema de visualización.

3.1 Incorporación de SVGAT en un Sistema Urbano: Aplicación a movilidad

Dentro de la propuesta, se desarrolla un caso de uso específico de la plataforma dentro del contexto de Movilidad Urbana en la Ciudad de Bogotá. El problema surge de la idea de tener un sistema de simulación de movilidad urbana tomando en cuenta las imperfecciones de las vías y el comportamiento de sus usuarios. Las imperfecciones hacen alusión tanto al estado como a la mala utilización de la infraestructura: obstáculos, mala señalización, educación de los usuarios.

El sistema se desarrolla partiendo de la definición básica de *grafos anatómicos* y temáticos para generar una jerarquía en términos de elementos de una ciudad. El objetivo es organizar la información en una estructura de datos que siga la filosofía estructural-funcionalista.

3.2 Propuesta general del Sistema

Se desea transformar una fuente de datos básicos, con formatos diversos, en una visualización de una simulación basada en dichos datos (Fig. 1). Para ello, se proponen tres etapas:

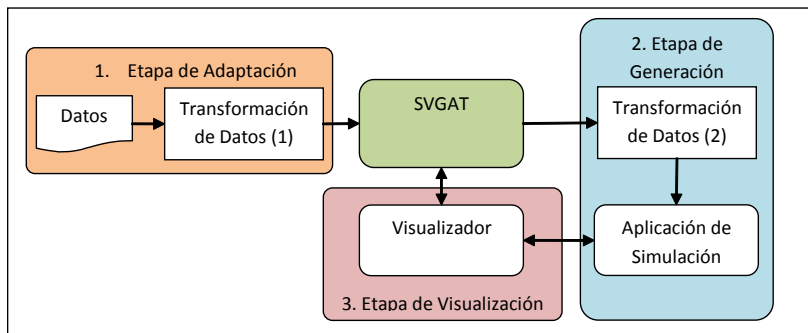


Fig. 1 Definición general del Sistema

1. *Etapa de Adaptación*: Se transforma la información para caracterizar el modelo y los recursos materiales en componentes del sistema SVGAT. La información corresponde a resultados previos de análisis, conclusiones de evaluaciones y demás datos que son resultado de una experiencia previa y no necesariamente tienen una representación visual (i.e. datos estadísticos, históricos, entre otros). Los recursos materiales hacen referencia a mapas geográficos, información GIS, y demás elementos en formato digital que hacen parte del modelo a representar. Estos componentes son organizados en una jerarquía que en este caso, es una extensión de la definición básica de *grafo anatómico*.

2. *Etapa de Generación:* Se modifican los datos contenidos en el sistema SVGAT en información que puede ser procesada por la aplicación de simulación. Dicha transformación se propone para que haya una correspondencia biunívoca entre el modelo de representación jerárquico y el modelo manejado por la simulación. A partir de esta información, el sistema de simulación genera los datos que alimentan el sistema de visualización. Este proceso puede hacerse mediante la interacción en tiempo real entre los sistemas, o a partir de un consolidado de información.
3. *Etapa de Visualización:* Utilizando la información estática que provee el sistema SVGAT, y la información dinámica de la aplicación de simulación, se genera la visualización del modelo. Los datos de la simulación únicamente se muestran como complemento a los datos jerárquicos.

4 Definición de un espacio urbano

Siguiendo la filosofía estructural-funcionalista, se define la estructura de un *grafo anatómico* orientado por las vías de una ciudad. Se decide tomar como base estructural dichas vías debido al objetivo general de la adaptación: aplicación a la movilidad dentro de una ciudad. Se identificaron dos elementos importantes para la visualización dentro del contexto que generan la estructura principal del sistema: intersecciones y manzanas. A partir de estos, se construye la jerarquía. (Fig. 2)

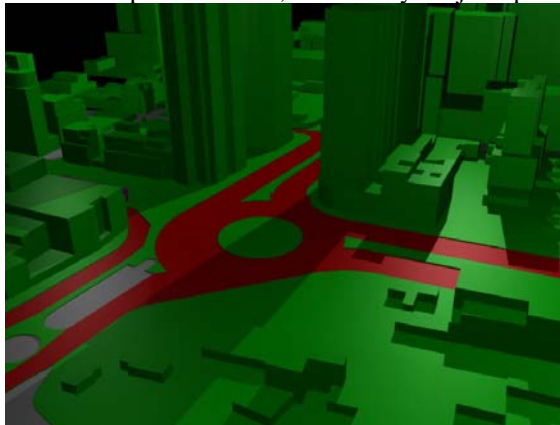


Fig. 2 Definición del espacio urbano en términos de intersecciones y manzanas

4.1 Intersecciones

Son la unidad principal de construcción del modelo. Se componen de tramos y cruces. A partir de estas intersecciones se divide una ciudad o parte de ella en

manzanas tomando como guías la unión de tramos entre intersecciones. En la Fig. 3 se muestra una zona de una ciudad dividida por 4 Intersecciones. La zona verde son las manzanas, las zonas azules son los tramos y las zonas rojas son los cruces.

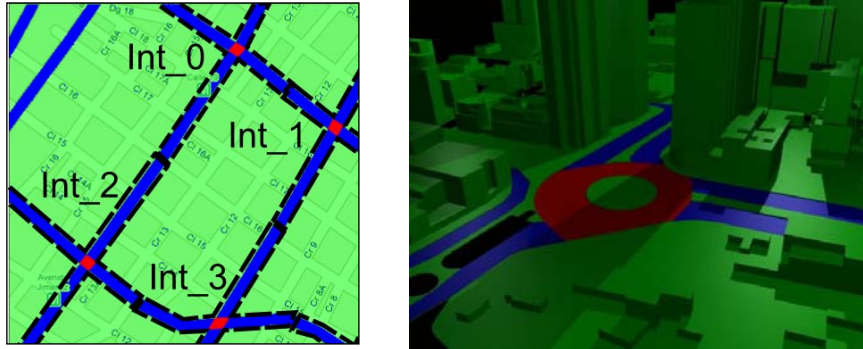


Fig. 3 Definición de una porción de ciudad por medio de intersecciones

4.2 Manzanas

Son las zonas de la ciudad que aparecen al delimitarla a través de las intersecciones. Cada manzana tiene dos componentes: Construcciones y andenes. Las construcciones son las zonas en donde ningún objeto dinámico (vehículo o persona) puede estar, y los andenes son las zonas en donde dichos objetos pueden encontrarse en un tiempo determinado (los vehículos también pueden encontrarse en los andenes, mostrando una de las posibles patologías que pueden presentarse en la simulación). (Fig. 4)

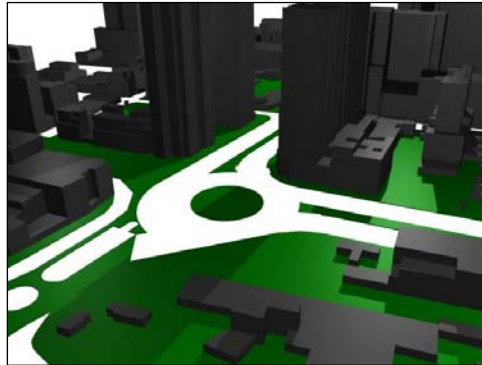


Fig. 4 Definición de manzanas.

4.3 Grafo anatómico y temático de una ciudad

La construcción de la estructura de datos se basa en la definición de objetos de interés. Estos objetos son los descritos anteriormente (Intersecciones, Manzanas,

Tramos, Construcciones y Andenes). A partir de la información obtenida en la Etapa de Adaptación, se escogen las intersecciones que son importantes para el modelo. Estas dividen la zona en secciones que se definen como manzanas (Fig. 5).

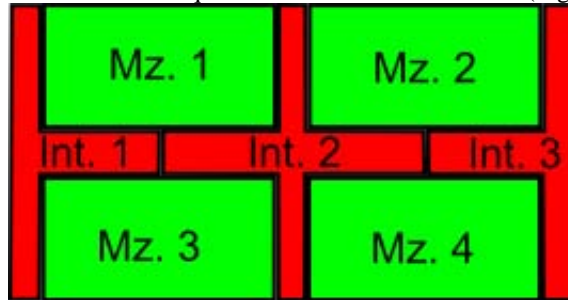


Fig. 5 División de la Zona en Intersecciones y manzanas

El resto del modelo se construye a partir de las definiciones de sus componentes principales. Para cada una de las intersecciones se definen sus tramos y cruces asociados, y para cada manzana se definen sus zonas de construcción y andenes (Fig. 6). Para los tramos que se comunican entre sí, se definen relaciones de “continuidad” entre los nodos.

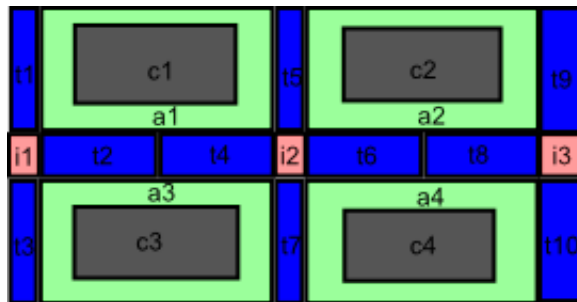


Fig. 6 División de los componentes principales del modelo

El resultado de este proceso es el *grafo anatómico* del modelo. (Fig. 7)

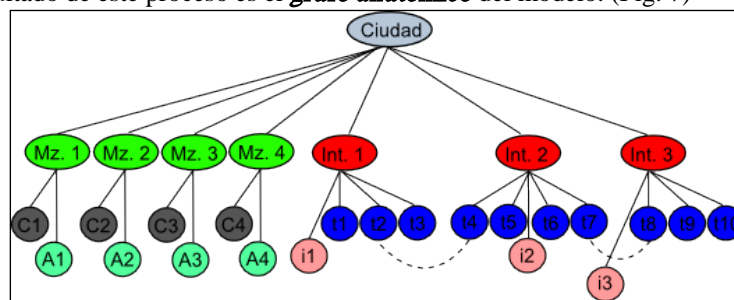


Fig. 7 Grafo Anatómico del modelo de Ciudad

A partir del *grafo anatómico* se puede construir la zona en la que se tiene interés. Debido a que la estructura de datos está guiada por las vías, se escogen tramos e

intersecciones que son importantes para algún análisis, y a partir de estos nodos, se crea un *grafo temático* sobre el modelo. (Fig. 8)

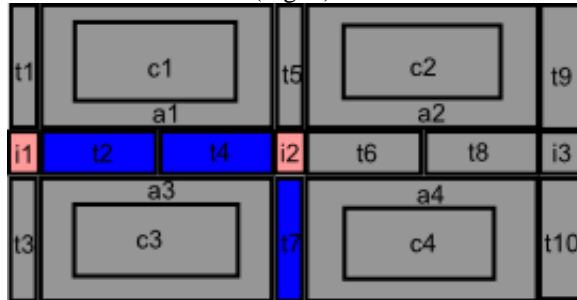


Fig. 8 Escogencia de nodos geométricos para un grafo temático dentro del modelo de Ciudad

El sistema se encarga entonces de definir el *contexto temático* con los nodos escogidos, y calcula el *contexto anatómico* para la visualización (Fig. 9). A partir de este momento, el sistema se encarga de mostrar la información y administrar la interacción con el modelo visual.

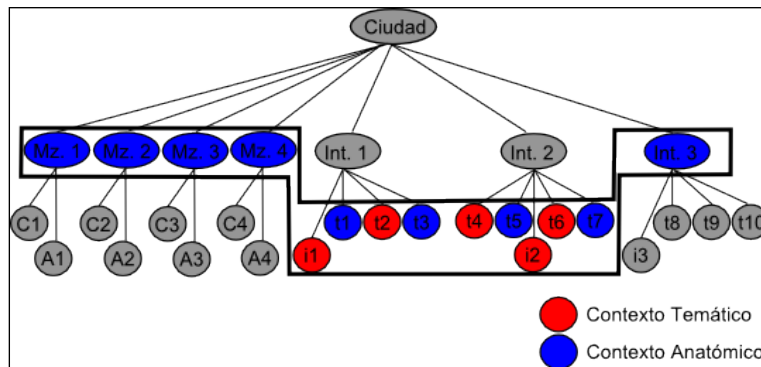


Fig. 9 Grafo Temático dentro del modelo de Ciudad

5 Pruebas

Como prueba del sistema, se desarrollo la propuesta de simular y visualizar una zona de la ciudad de Bogotá. Se escogió la zona de la Calle 19 con Carrera 3 (Fig. 10) debido que en esa confluyen varios sistemas que se desea observar: Sistema de Transito, afluencia peatonal permanente y concentrada, y alimentación del sistema Transmilenio⁶.

⁶ <http://www.transmilenio.gov.co>



Fig. 10 Calle 19 con Carrera 3 de la ciudad de Bogotá.⁷

A través de la Universidad de los Andes, se consiguieron los planos y levantamientos digitales de la zona para incorporarlos al sistema. Los archivos fueron modificados y tratados con Blender⁸ para poder armar la representación dentro de SVGAT. Para la parte de la simulación vial, se implementó un lector de archivos que se alimenta de la información generada por el simulador. A continuación se muestra una captura de pantalla de la aplicación en ejecución (Fig. 11).

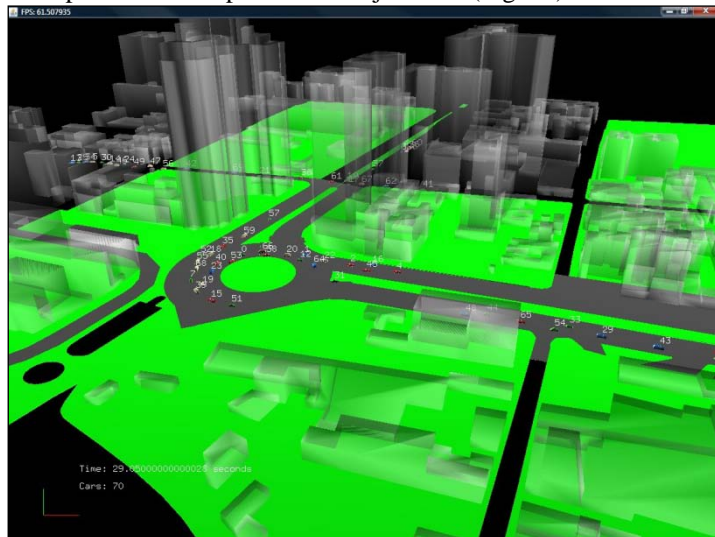


Fig. 11 Captura de Pantalla de prueba de SVGAT y un sistema de simulación externo

⁷ Imagen tomada de Google Earth

⁸ <http://www.blender.org>

Referencias

1. Rohlf, John: IRIS performer: a high performance multiprocessing toolkit for real-time 3D graphics. Proceedings of the 21st annual conference on Computer graphics and interactive techniques SIGGRAPH, 381 – 394 (1994)
2. Clark, James: Hierarchical Geometric Models for Visible Surface Algorithms. Communications of the ACM, 547-554 (1976)
3. Fu, Chi-Wing, Hanson, Andrew: A Transparently Scalable Visualization Architecture for Exploring the Universe. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 13(1), 108-121 (January 2007)
4. Yemez, Yucel, Schmitt, Francis: Multilevel Representation and Transmission of Real Objects with Progressive Octree Particles. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 9(4), 551-569 (October 2003)
5. Rao, Ramana, Card, Stuart: The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular Information. Proceedings on Human Factors in Computing Systems, 318-322 (1994)
6. Ariza, Oscar: Escalabilidad y uso de técnicas foco más contexto en atlas médicos 3D. Tesis de Maestría, Universidad de los Andes (2006)
7. Uniandes In: Movilidad Sostenible. (Accessed 2008) Available at: movilidadesostenible.uniandes.edu.co
8. Thorson, Ole: Movilidad Sostenible. La factoría (1998)
9. POT: Plan de Ordenamiento Territorial. Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Bogotá (2005)
10. Ordoñez, Sergio: Plataforma de microsimulación escalable y multimodal para evaluar movilidad urbana en escenarios no convencionales, y apoyar la toma de decisiones en proyectos de intervención. 4CCC Cuarto Congreso Colombiano de Computación (Abril 2009)
11. Ibarra, Juan, Chavarro, Oscar, Castro, David, Hernández, José: Esquema de Representación Espacial Multinivel para el Modelamiento Geométrico de Sistemas Complejos. Avances en Sistemas e Informática, 103-109 (2008)