

# Manejo y Simulación de Redes Viales con Grafos Dirigidos (mayo 2019)

Fabrizio Rivera y Lindsey M. de la Roca

## Palabras clave

Simulador, red vial, cola, grafo

**Resumen** — En casi todos los países en vías de desarrollo la única manera de transporte es a través de la redes viales que se desarrollan de forma espontánea. Este trabajo presenta una simulación de redes viales de escala media a través de grafos dirigidos y colas, ofreciendo una solución de simulación liviana y sencilla.

## I. INTRODUCCIÓN

Debido al rápido crecimiento de los sistemas de tráfico urbano en términos de demanda y complejidad, el estudio de este tipo de sistemas ha adquirido cada vez más importancia tanto en entornos académicos, como por parte de administraciones gubernamentales alrededor del mundo [1].

El propósito del simulador de redes viales es representar dinámicamente el flujo del tránsito en las calles de manera sencilla y evaluar con ello la eficiencia del modelo construido, manipulando algunos elementos que lo componen e incluso observando las métricas proporcionadas dentro de la simulación.

Existen muchos acercamientos para la simulación de tráfico: redes de Petri, Modelo Inteligente de Conductor (IDM), simulación de fluidos y muchos más [1, 3]. En este trabajo exploramos un acercamiento con grafos dirigidos y colas por requerir poco procesamiento y facilitar la visualización y creación de complejas redes viales.

## II. SIMULADOR

### A. Consideraciones

#### i. Vehículos

Todo vehículo tiene un punto de partida establecido y un punto de destino el cual se determina de manera aleatoria.

Existen cuatro tipos de vehículos: carros, motos, buses y transporte pesado; cada uno de estos cuenta con una unidad de tamaño, velocidad máxima y aceleración. Asimismo, generan una densidad dentro de la red vial la cual delimita la circulación.

#### ii. Semáforos

Regula la circulación mediante el tiempo: al colocarlo detiene una o más filas de vehículos y simultáneamente libera el paso para otra.

### B. Carriles, Calles y red en general

#### i. Grafos dirigidos

El modelo de calles es un grafo dirigido, donde cada vértice son 4 metros de calle y las aristas es la dirección de ese segmento. El modelo de las calles se puede representar por:

$$E \subseteq \{ (a, b) \in V \times V : a \neq b \}$$

Donde las calles son un conjunto de pares de segmentos relacionados con otro y no consigo mismo. Los grafos dirigidos ofrecen importantes ventajas sobre alternativas como redes de Petri [2] o simulación de

visión [3] por ser más fáciles de dibujar y tener bajo procesamiento.

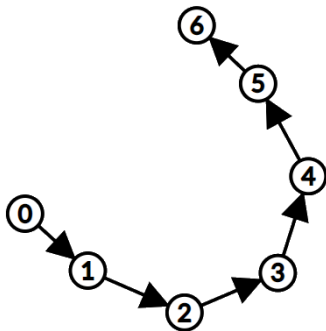


Figura 1. Modelo de una calle de un sentido.

## ii. Colas

Cada segmento de calle contiene una colección de colas donde cada una es una lista de vehículos sobre ese segmento en punto del tiempo. La cantidad de colas es determinada por el número de carriles que tenga y la capacidad de cada cola individual por la unidad de tamaño de los vehículos dentro de la colección.

## C. Circulación de vehículos

Los vehículos circulan a una determinada aceleración y velocidad máxima dependiendo del tipo que sean, y sólo continúan hacia la siguiente dirección en el grafo si hay espacio disponible. De no haber espacio o estar en un semáforo en rojo su velocidad regresa a cero y tiene que comenzar a acelerar otra vez cuando se desocupe la siguiente posición. Solo el primer carro en cada carril puede avanzar y *desencolar*, y cuando avanza a la siguiente posición va al final de la cola del siguiente carril.

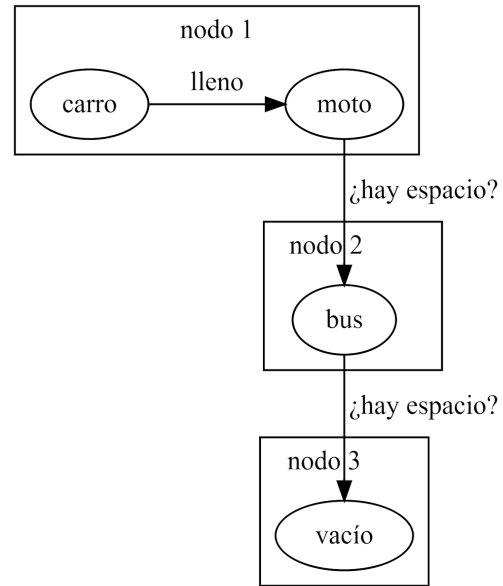


Figura 2. Circulación de vehículos

## D. Métricas de eficiencia

Para poder medir y comparar redes viales la simulación evalúa las siguientes cosas:

- A) Razón de circulación, es la razón entre la cantidad de vehículos intentando entrar a la red con los que están logrando salir. Mide que tanta congestión hay en el sistema.

$$\frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}}$$

- B) Tiempo promedio en la red, promedio del tiempo de los últimos 20 vehículos que salieron de la red.

$$\sum_{i=1}^{20} t_i \div 20$$

- C) Velocidad promedio en la red, la razón entre la distancia navegada con el tiempo de los últimos 20 vehículos.

$$\sum_{i=1}^{20} \left( \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}} \right)_i \div 20$$

Entre estas tres métricas podemos obtener una buena vista a la capacidad y eficiencia de una red vial, y comparar múltiples opciones entre ellas con medidas objetivas.

### III. CONCLUSIONES

En Guatemala hay más de 15,000km de red vial, y se necesitan 45,000km adicionales para la viabilidad económica al futuro [4, 5], creemos que es necesario implementar un sistema que facilite la planeación y construcción de una red vial eficiente y sostenible.

En este trabajo presentamos un modelo de visualización, simulación y medición flexible y replicable con mucho potencial que merece más investigación y desarrollo.

### REFERENCIAS

- [1] Daniel Robles, Pablo Nuñez, Nicanor Quijano “Control y simulación de tráfico urbano en Colombia: Estado del arte” [Online], disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n29/n29a8.pdf>
- [2] Alejandro J. Malo-Tamayo “Simulador de Tráfico Urbano”. [Online], disponible: <http://amca.mx/memorias/amca2004/versiones%20finales/amcafinal98.pdf>
- [3] Martin Treiber, Ansgar Hennecke, y Dirk Helbing “Congested Traffic States in Empirical Observations and Microscopic Simulations” [Online], disponible: <http://xxx.uni-augsburg.de/pdf/cond-mat/0002177v2>
- [4] Jorge M. Rosales “Planteamiento De Solución A La Problemática De La Infraestructura Vial En Guatemala, La Modalidad De Contratación Estudio, Diseño Y Construcción “llave En Mano” [Online], disponible: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/o8/o8\\_2531\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/o8/o8_2531_C.pdf)
- [5] “Infraestructura para el Desarrollo”, Fundación para el Desarrollo de Guatemala, Ciudad de Guatemala, ed. 16, 2019. [Online], disponible: <http://www.mejoremosguate.org/cms/content/files/publicaciones/MG - Revista Ed-16.pdf>