

Simulación Multiagente del Tráfico Vehicular en un Entorno Cuadrado Simple

José Slon Baltodano¹ y Luis Velásquez Vásquez²
CI-1441 Paradigmas computacionales
Escuela de Ciencias de la Computación e Informática
Facultad de Ingeniería
Universidad de Costa Rica
¹jose.slonbaltodano@ucr.ac.cr, ²luis.velasquez@ucr.ac.cr

20 de julio de 2015

Resumen

El problema del tráfico vehicular es un reto complejo ya que incluye muchas variables y pocas decisiones o modificaciones al entorno y a los agentes que se desenvuelven en este. Elaborar modelos y propuestas para solventar la congestión requiere realizar distintas configuraciones para luego obtener resultados. Cambios muy pequeños al sistema pueden producir resultados variados por lo que se requiere realizar una comparación para validar distintos métodos, ya sean algoritmos o heurísticas. La simulación de redes de tráfico sirven como herramienta para predecir y explicar distintos fenómenos en el control del tránsito vehicular. En este documento se modela y simula mediante agentes el tráfico vehicular.

Palabras clave: agente, simulación, tráfico.

Índice

1. Introducción	2	2.3. A Pheromone-based Traffic Management Model for Vehicle Re-routing and Traffic Light Control	2
2. Marco Teórico	2	2.4. A behavioral multi-agent model for road traffic simulation	3
2.1. Multiagent Architectures For Intelligent Traffic Management Systems . . .	2	3. El Problema	3
2.2. A Rule-Based Multi-agent System for Local Traffic Management	2	4. Objetivos	3
		4.1. Objetivo General	3
		4.2. Objetivos Específicos	3
		4.3. Cronograma	3
		5. La propuesta de solución	3
		6. Desarrollo, prueba y validación	4
		6.1. Desarrollo	4
		6.2. Prueba	4
		6.3. Validación	5
		7. Experimentación y análisis	5
		8. Problemas abiertos y problemas futuros	5
		9. Agradecimientos	6

1. Introducción

En Costa Rica conforme pasan los años se puede observar que la flota vehicular incrementa de una manera casi que incontrolable, convirtiéndose en el país con más vehículos de Centroamérica per capita (Para el 2011 por cada 1000 habitantes hay 188 vehículos). Las calles de la gran área metropolitana (GAM) no tienen la suficiente capacidad para soportar la cantidad de vehículos y su tránsito, lo anterior debido a diversos factores como la infraestructura y diseño vial antiguos.

El tráfico vehicular es uno de los más grandes problemas de interés nacional. Para dar solución a este inconveniente se han planteado diversas propuestas: mejorar el servicio de transporte público, fomentar el uso de la bicicleta etc. Sin embargo también existe otra gama de opciones encapsula la ayuda de tecnologías. Para diagnosticar y evaluar las soluciones y decisiones se propone utilizar una aplicación de un simulador de tráfico vehicular que ayude proporcionar datos acerca del tránsito.

2. Marco Teórico

El problema del tráfico ha sido abordado por múltiples enfoques para reducir el la congestión.

2.1. Multiagent Architectures For Intelligent Traffic Management Systems

La programación de agentes de software ha tomado fuerza y aún más cuando se combinan varios de estos para resolver un problema complejo en específico los flujos de redes. Los sistemas multiagentes son aquellos que se pueden resolver problemas que presentan una distribución a priori, juntando estos se obtiene la función global según Hernandez (2002). Se plantea el concepto Intelligent Traffic Management Systems (ITMS) para integrar diversos agentes y su heterogénea infraestructura para controlar el tránsito vehicular y sus estrategias, estos mediados por un centro de control de tráfico. Para cambiar el flujo vehicular se sugieren medidas indirectas:

- Señas de dirección variable
- Emisión mensajes de advertencia mediante radio o teléfonos inteligentes
- Información previa emitida por distintas instituciones
- Sistemas de información individual para cada conductor.

Además se debe recibir información periódica del tráfico, el cuál a nivel más bajo se obtiene de diversos tipos de sensores ubicados, también se recibe información del ambiente.

2.2. A Rule-Based Multi-agent System for Local Traffic Management

El tráfico urbano presenta un alto dinamismo lo que crea la necesidad de desarrollo de estrategias control y manejo del tráfico para mejorar el flujo vehicular y sobre todo, la seguridad en carretera según Martí et al. (2009). Las herramientas automatizadas para soporte de los administradores de tráfico se llaman Sistemas Avanzados de Administración de Tráfico (ATMS). Estas proveen soporte en la administración de tráfico diaria y en el manejo de incidentes.

El sistema deberá manejar información meteorológica de la carretera y advertir a los usuarios en caso de incidente. El posible equipo del sistema se clasifica en:

- Monitoreo de tráfico en carretera (RTM)
- Estación Meteorológica (MS)
- Estación de recolección de información
- Sistemas de información
- Administración

2.3. A Pheromone-based Traffic Management Model for Vehicle Routing and Traffic Light Control

La propuesta de Jiang et al. (2014) consiste en que los automóviles depositan feromonas digitales en el

camino. Estas son recolectadas por los demás autos y semáforos. A partir de estos se puede redirigir el tránsito y también decidir por cuánto tiempo se deben mantener las luces del semáforo. Además se pueden recolectar estadísticas con el fin de readaptar los algoritmos de redireccionamiento de rutas para los automóviles.

2.4. A behavioral multi-agent model for road traffic simulation

Un proceso de simulación consiste en la reproducción del comportamiento dinámico de fenómenos reales. En la muchos sistemas de simulación los comportamientos dinámicos se simulan mediante el uso de técnicas matemáticas, como ecuaciones diferenciales. Estas simulaciones tienen la ventaja de la universalidad del lenguaje matemático, sin embargo, cuando se trata de problemas de grande escala o fenómenos complejos, con mucho dinamismo, el lenguaje matemático tiene sus limitaciones. El paradigma multi-agente ofrece respuesta a estas limitaciones y puede ayudar a simular fenómenos complejos y dinámicos, como lo son el flujo vehicular y peatonal en una ciudad.

Según Arnaud Doniec (2008) existen varias aproximaciones conductuales para la simulación de tráfico, entre ellas destacan:

- Aproximaciones basadas en autómatas celulares.
- Aproximaciones inspiradas en robótica.
- Aproximaciones basadas en sistemas multiagente.

3. El Problema

A la hora de circular por la red vial los vehículos se ven obligados a topar con factores que retrasan el tiempo de viaje, desde impredecibles accidentes en la vía, hasta las presas ocasionadas por la luz roja de los semáforos o la misma congestión vial. Cuando la flota vehicular es grande, el más mínimo retraso crece exponencialmente, generando así un caos en las vías.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Elaborar una simulación de sistema multiagente para el flujo vehicular para obtener datos y analizarlos con el fin de elaborar un algoritmo o heurística para optimizar el flujo del tránsito minimizando el tiempo de espera de los agentes.

4.2. Objetivos Específicos

- Identificar y analizar los agentes a utilizar en la simulación multiagente.
- Proponer un modelo de los agentes y su ambiente para obtener datos relevantes al problema.
- Minimizar y atenuar los tiempos de espera de los agentes.

4.3. Cronograma

- Propuesta del proyecto: semana 1
- Investigación bibliográfica: semanas 2, 3 y 4
- Definición del modelo a simular: semana 5
- Implementación del modelo: semanas 6 y 7
- Pruebas: semana 8
- Correcciones al modelo: semana 9
- Pruebas: semana 10
- Conclusiones: semana 11

5. La propuesta de solución

El entorno que se desea utilizar para las simulaciones es una cuadrícula de 2x2, una sola intersección. Se modela una pequeña intersección con fin de mediante desarrollo incremental extender la cuadrícula después de asegurarse del correcto funcionamiento e interacción de los agentes. Cada vía tiene tres propiedades:

- Dirección: trayectoria válida dependiendo del agente.
- Velocidad: límite al cual están restringidos los agentes.
- Capacidad: cantidad de vehículos que soporta una vía.
- Señalización: demarcación que señala pasos peatonales, prioridad, información, precaución entre otros. Puede ser tanto horizontal como vertical.

Los agentes a simular se clasifican en:

- Vehículos.
- Peatones.
- Semáforos.

Los vehículos se pueden subclasificar en distintos tipos según sea su ruta, prioridad o límite de velocidad:

- Automóviles: vehículos de uso particular sin una ruta predefinida y están sujetos al límite de velocidad.
- Buses: vehículos de mayor tamaño, tienen ruta predefinida, realizan paradas predefinidas y están sujetos a un límite de velocidad.
- Emergencia: vehículos especiales sin ruta predefinida, su tamaño puede variar y no están sujetos a un límite de velocidad.
- Motocicletas: uso particular sin ruta predefinida, de tamaño menor y tienen un límite de velocidad.
- Bicicletas: igual que las motocicletas, sin embargo estas no tienen la capacidad de alcanzar velocidades altas.

Los peatones son agentes que transitan en las aceras, pero interactúan con los semáforos solicitando un cambio de estado para poder utilizar temporalmente las calles específicamente en los pasos peatonales. Los semáforos son agentes encargados de regular el tráfico en las intersecciones. Estos poseen tres estados indicados por colores: rojo, amarillo y verde. Estos se encargan de indicar cuando los vehículos pueden avanzar al igual que cuando los peatones pueden cruzar en las intersecciones. Se pueden definir dos tipos:

- Inteligente: se basa en variables como la cantidad de vehículos en cada vía para tomar decisiones y se rige por un algoritmo. Estos pueden estar conectados y coordinarse con otros semáforos para una mejor afluencia vehicular.
- Convencional: su funcionamiento está definido por un reloj u horario que indica cuando cambia de luces. Comúnmente los tiempos para cada estado están programados para funcionar de manera coordinada con otros semáforos.

6. Desarrollo, prueba y validación

6.1. Desarrollo

Para la simulación se utilizó NetLogo 5.2.0 hecho por Wilenski (1999) ya que esta herramienta permite elaborar simulaciones basadas en agentes. El modelo realizado en esta misma herramienta por Wilenski (1998) consiste básicamente en una intersección donde existen parches que funcionan como indicador de la luz del semáforo.

Sobre las calles transitan los vehículos, estos pueden ser livianos o bien camiones. Los camiones son más lentos.

Algunos carros cruzaran en la intersección, el comportamiento anterior parece no tener efecto directo en esta etapa, sin embargo se implemento suponiendo que en el futuro va a ser necesario que los agentes realicen virajes en algunas intersecciones.

6.2. Prueba

El modelo desarrollado hasta el momento dispone de las siguientes configuraciones y modificaciones que se pueden realizar:

- Límite de velocidad: la velocidad máxima a la que puede viajar un vehículo.
- Aceleración y frenado máximo: la cantidad de unidades, en este caso parches, que puede acelerar o frenar un vehículo.

- Frecuencia de vehículos en las vías: la cantidad de vehículos que ingresan al mapa, en el modelo actual (de una intersección) estos ingresan por el lado oeste en dirección al este y por el lado sur en dirección hacia el norte.
- Frecuencia de camiones en las vías: porcentaje de camiones que aparecen con respecto a la totalidad de vehículos.
- Duración de luces de los semáforos: el tiempo que duran en cambiar de color las luces de los semáforos.

Se espera que se pueda cambiar el modo en el que operan los semáforos, un comportamiento podría ser que estos detecten cuantos carros se encuentran esperando y cuanto llevan para tomar una decisión de realizar el cambio respectivo.

6.3. Validación

En la etapa actual no existe una comparación explícita entre distintas configuraciones de las variables ya que la cuadrícula solo tiene una intersección. Sin embargo cabe notar que si a los vehículos se les reduce su capacidad de frenado estos chocan más seguido. Al haber más choques se genera cada vez una mayor congestión.

7. Experimentación y análisis

Se corrió la simulación alterando las distintas variables del sistema, mencionadas anteriormente. De estas pruebas, se pudo determinar que al aumentar la velocidad máxima de los vehículos, es evidente que hay menor congestión. El otro detalle que también destacó fue la duración del cambio de luz en los semáforos, pues claramente al durar más en rojo la congestión sobre esa vía será mayor, el problema es que para que los vehículos de una vía tengan permiso de transitar, obligatoriamente los de la otra vía tienen que esperar ya que la intersección es una vía compartida y esto provoca que la duración de una luz verde será proporcional a la duración de la otra luz en rojo, por tanto determinamos que la duración de los cambios de luz en los semáforos depende de la frecuencia

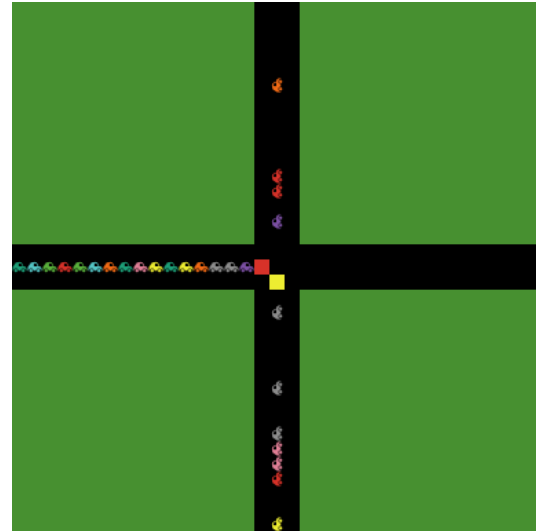


Figura 1: Intersección en NetLogo

de los vehículos por la vía. Con esto acordamos que los datos recolectados por este sistema, sobre todo el tiempo de espera de los vehículos en conjunto con la frecuencia de aparición de los mismos en la intersección son los datos que nos sirven para poder establecer heurísticas sobre como se deben comportar los semáforos y así crear los "semáforos inteligentes" que actúan en función al tráfico en tiempo real y también para establecer reglas respecto a la velocidad máxima de los vehículos en la vía.

8. Problemas abiertos y problemas futuros

Las dificultades encontradas hasta la última etapa de desarrollo son las que siguen:

- Extensión de la cuadrícula: el interprete de NetLogo no es el más indicado para extender la cuadrícula ya que cada parche debe ser inicializado por separado por lo que cuando se cambia la
- Interacción de peatones: se debe crear un tipo de agente que sea capaz de interactuar directa-

mente con los semáforos haciendo una petición de cambio de luz para poder cruzar.

- Creación de semáforos inteligentes”: el semáforo implementado actualmente realiza sus cambios de color periódicamente, es decir está preprogramado. Una función importante a implementar en el futuro sería que estos sean capaces de cambiar de acuerdo a la cantidad de carros que se encuentren en la vía o de alguna otra forma.

9. Agradecimientos

Queremos agradecer al profesor Álvaro de la Ossa por asistirnos y guiarnos a lo largo del proceso de elaboración de este proyecto así como brindarnos información relevante y consejos y correcciones. También gratificar a los compañeros del curso por sus críticas y comentarios respecto al proyecto que nos ayudaron a realizar correcciones pertinentes.

Referencias

- Sylvain Piechowiak Stéphane Espié Arnaud Doniec, René Mandiau. A behavioral multi-agent model for road traffic simulation. 2008.
- Josefa Z. Hernandez. Multiagent architectures for intelligent traffic management systems. 2002.
- Siwei Jiang, Jie Zhang, and Yew-Soon Ong. A pheromone-based traffic management model for vehicle re-routing and traffic light control. 2014.
- Isabel Martí, VicenteR. Tomás, LuisA. García, and JuanJ. Martínez. A rule-based multi-agent system for local traffic management. pages 502–509, 2009.
- Uri Wilenski. Netlogo traffic intersection model. 1998.
- Uri Wilenski. Netlogo. 1999.