

Sistema Multiagente para la Optimización de Tránsito en Rotondas

Angélica Fallas¹, David Solano² y Critian Martínez³
CI-1441 Paradigmas computacionales
Escuela de Ciencias de la Computación e Informática
Facultad de Ingeniería
Universidad de Costa Rica

¹*angelica.fallas@ucr.ac.cr*, ²*david.solanomora@ucr.ac.cr* ³*cristian.matinezhernandez@ucr.ac.cr*

Noviembre de 2015

Resumen

El tráfico vehicular es en sí mismo un problema de complicado comportamiento y predicción debido a la gran variabilidad de los factores que inciden en él. En especial, el tráfico en una rotonda, resulta un esquema específico más complicado en el tránsito de automóviles, ya que en una rotonda incide una serie adicional de reglas o factores que pueden hacer el sistema más complejo. Debido a esto, resulta más simple intentar implementar una simulación de este problema, para luego tener la habilidad de analizar el comportamiento en un medio práctico.

Debido a la razón expuesta, este documento aborda el problema establecido por medio de la simulación del tráfico vehicular en una rotonda, utilizando el ambiente de desarrollo de modelos multiagente NetLogo. Por medio de esta simulación, se espera concluir características específicas que debe tener un agente vehicular para lograr que el tráfico sea más fluido. Las características específicas se reducirán a aquellas características que se incluirán en el estudio y las mismas serán detalladas más adelante.

Palabras clave: rotonda, multiagente, tráfico, optimización, velocidad, aceleración.

1. Introducción

En Costa Rica, las rotondas presentan un escenario muy común para el trabajo cotidiano de muchos ciudadanos, debido a la existencia de estas para incluir intersecciones principales con las carreteras más concurridas, por ejemplo, la ruta circunvalación, donde hay muchas rotondas conectadas en serie para comunicar un conjunto de localidades dentro del valle central.

El presente documento toma este hecho en consideración y trata de simular un sistema multiagente que implemente efectivamente una rotonda con características específicas, para de esta forma analizar el comportamiento del sistema simulado al variar una o más características de los agentes y contrastarlo con el sistema original. Con estas observaciones se espera llegar a una conclusión sobre las características óptimas estudiadas para que el tránsito sea más fluido. La característica que se tratará de estudiar es básicamente el comportamiento que tienen los vehículos en la vida real para cambiar o no de carril antes de entrar en una rotonda.

Para determinar cuales simulaciones son las que obtienen el mejor comportamiento, se usarán varios factores determinantes: el tiempo promedio de cada vehículo en el sistema, el tiempo de espera para entrar en la rotonda y el tiempo promedio de permanencia

en la rotonda. Es importante destacar que los agentes vehiculares a simular tendrán distintas rutas de origen y destino, por lo que se medirán estas estadísticas para cada tipo de agente vehicular. De esta forma se espera evitar tener errores debido a que cada vehículo puede tener rutas más largas o cortas.

2. Marco teórico

El estudio del comportamiento de las rotondas no es nuevo en Costa Rica, sin embargo ante la saturación vehicular con la cual convivimos actualmente consideramos relevante la investigación sobre un modelo de simulación de rotondas que represente una de las malas practicas que tienen los conductores al tratar de ingresar a las rotondas.

2.1. Sistemas multiagente

En las ciencias de la computación el concepto de agente es usado para referirse a entidades que tienen percepción de su entorno mediante sensores y actuar en él por medio de actuadores, según Russell and Norvig (2009). Sin embargo, un agente que se considera racional es aquel que realiza acciones basado en las pruebas presentadas por medio de la secuencia de percepciones (todo lo que el agente ha percibido de su entorno hasta el momento actual) y conocimiento incorporado en él, con el objetivo de maximizar la medida de utilidad en la realización de la tarea. Claro está, esta utilidad se basa en los objetivos o necesidades de la situación. De esta forma, para este problema particular, la utilidad iría en función de lograr que el tráfico sea más fluido. Con esto en mente, se podría implementar un sistema multiagente que efectivamente logre simular en un medio virtual una situación vehicular que si se quisiera hacer en un medio físico, resultaría de un gran costo, tanto en tiempo como en recursos. Esta es la principal razón de ser de estos sistemas. Lograr abaratar los costos para construir sistemas que logren predecir o mejorar una situación o problema particular.

Un proceso de simulación consiste en la reproducción del comportamiento dinámico de fenómenos reales. En los muchos sistemas de simulación los com-

portamientos 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 y aproximaciones basadas en sistemas multiagente.

2.2. Sistemas basados en reglas

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 Isabel Martí and Martínez (2009). Este hecho nos da la necesidad de tener un sistema que sea controlado según una serie compleja de variables de forma que este siga las reglas observadas en la naturaleza. La pregunta que surge es: ¿Cómo hacer esto?

Los sistemas basados en reglas son utilizados en ciencias de la computación desde prácticamente sus inicios. Estos sistemas toman una serie de reglas que aplicar a un contexto particular para luego llegar a conclusiones o decisiones sobre el problema o situación particular. Dicho esto, es claro que se podría establecer un sistema basado en reglas que tome las decisiones de cada vehículo para que el tráfico sea fluido. Sin embargo, esto requeriría un ente que tome las decisiones centrales para el tránsito. Esto es válido para un sistema vehicular en el cual hayan elementos controlables, como semáforos, pero en un ambiente de rotondas, las decisiones deben ser tomadas por cada agente vehicular para que la simulación sea veraz. Por esta razón especialmente, no se puede implementar un sistema de control de tráfico puro basado en reglas para el tránsito en una rotonda. Sin embargo, se podrían establecer reglas para definir el

comportamiento de cada agente vehicular específico y de esta forma lograr un sistema multiagente donde los agentes se basan en reglas. En efecto, esta es la aproximación de muchos autores sobre el problema en cuestión. Ejemplo de ello son Isabel Martí and Martínez (2009) y Hernandez (2002)

3. El problema

Actualmente, en muchas ciudades de Costa Rica se presenta un problema de congestión vehicular, debido a la creciente cantidad de automotores que transitan todos los días por las ciudades. Unos de los principales focos de congestionamiento vehicular son las rotondas, en las que muchos factores inciden para que se den atascos. A pesar de que se han realizado esfuerzos para determinar cuales deben ser las características ideales para crear reglas que agilicen el paso fluido de los vehículos que circulan por las rotondas, en muchas ocasiones resulta difícil reemplazar las construcciones, por lo que se deben utilizar herramientas que permitan simular el comportamiento de los vehículos y así determinar cuales características en este comportamiento generan mayor cantidad de congestonamiento.

Para esto surge además el problema de determinar cuales características logran efectivamente mejorar el tráfico considerablemente al ser variadas. Para determinar estas características se usó la observación en las carreteras con rotondas en el país. Se observó que muchas de las veces que existe un frenado en alguno de los vehículos es debido al cambio de carril deliberado de los automóviles. Por esta razón, se tomó el cambio de carril como característica a analizar en la simulación.

4. Objetivos y cronograma

4.1. Objetivo general

Diseñar un modelo que permita simular, lo más cercano posible a la realidad, el tráfico de vehículos en una rotonda de dos carriles.

4.2. Objetivos específicos

1. Determinar las características que debe tener la simulación para que esta ilustre de una forma adecuada el problema determinado.
2. Definir reglas para que los agentes puedan tener diferentes comportamientos.

4.3. Cronograma

- Semana 10: Selección del tema.
- Semana 11: Creación de la propuesta de proyecto.
- Semana 12: Descripción de diferentes escenarios y comportamiento de los agentes para la simulación .
- Semana 13: Redacción de marco teórico y trabajo en el modelo de simulación.
- Semana 14: Redacción de marco teórico y trabajo en el modelo de simulación.
- Semana 15: Redacción de marco teórico y trabajo en el modelo de simulación.
- Semana 16: Verificación y validación del modelo, contraste de resultados obtenidos en los diferentes escenarios.
- Semana 17: Conclusión del informe escrito.

5. La propuesta de solución

Para solucionar el problema expuesto, se desea implementar un sistema multiagente utilizando el ambiente Netlogo.

El sistema debe permitir variar la forma en que se comportan los agentes que circulan por la vías, antes de entrar a la rotonda y alcanzar una simulación lo más acercada posible a la realidad.

Primero se debe implementar un sistema de rotondas de dos carriles que logre simular la situación. Para crear diferentes escenarios, se deben escoger reglas para que los agentes se comporten de forma distinta según la regla seleccionada.

6. Desarrollo, prueba y validación

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la herramienta de NetLogo en su versión 5.2.1 con el fin de simular el comportamiento de los diferentes agentes a la hora de ingresar a la rotondas.

El modelo creado consiste en una cuadrícula con n cantidad de agentes que se mueven en coordenadas (x,y) sobre las calles que se definieron. Cada uno de los agentes vehículo tendrá características propias de aceleración, desaceleración, rotación hacia la izquierda y derecha que fueron contempladas en el desarrollo del modelo.

Las calles tienen dos carriles, y los agentes son colocados de manera aleatoria en dichos carriles los cuales aplicando las reglas definidas determinará sobre cual vía debe perfilarse antes de ingresar a la rotonda.

Es importante destacar que al iniciar el proyecto se tomó el modelo desarrollado por Christopher Koh (2012) en el artículo: Roundabout Efficiency. Este modelo se modificó de forma que se adaptara a las necesidades del proyecto. Sin embargo, este modelo únicamente sirvió como base, ya que se tuvo que modificar casi completamente todo el código contenido en el mismo.

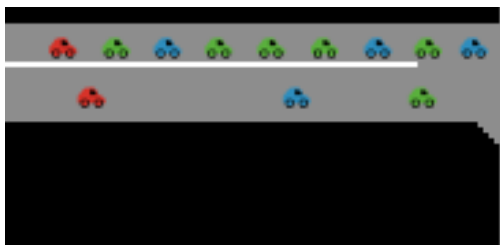


Figura 1. Tipos de agentes

Como se puede observar en la Figura 1 los agentes son colocados en ambos carriles de manera aleatoria sin importar su color.

El modelo presentado se limitará únicamente a la representación de vehículos livianos y no contempla vehículos pesados ya que para este tipo de automóviles se requieren características especiales a la hora de transitar en rotondas.

En el ambiente, se clasificaron los agentes vehículo

en 3 categorías:

- Agente 1: Son aquellos agentes de color rojo, los cuales deben ingresar a la rotonda utilizando el carril externo de la pista y toman la primer salida de la rotonda.



Figura 2. Agentes color rojo

En la Figura 2 se observan los vehículos de color rojo colocados en el carril externo antes de ingresar a la rotonda. Además se pueden observar otros vehículos rojos tomando la primer salida de la rotonda.

Si un vehículo de color rojo se encuentra en el carril interno de la pista, debe cambiarse al carril externo, según la regla que se haya seleccionado para la simulación.

- Agente 2: Estos agentes son aquellos de color verde, deben colocarse en carril interno de la pista antes de entrar a la rotonda. Este agente debe tomar la segunda salida de la rotonda.



Figura 3. Agentes color verde

En la Figura 3 se pueden observar los agentes de color verde enmarcados con color amarillo, colocados en el carril interno, antes de ingresar a la rotonda. El vehículo enmarcado con color morado, salió del mismo lugar en el que se encuentran los enmarcados de color amarillo y tomó la segunda salida de la rotonda.

- Agente 3: Son agentes de color azul que al igual que los de color verde deben entrar a la rotonda estando colocados en el carril interno de la pista. Pero estos agentes deben salir en la tercera salida de la rotonda.

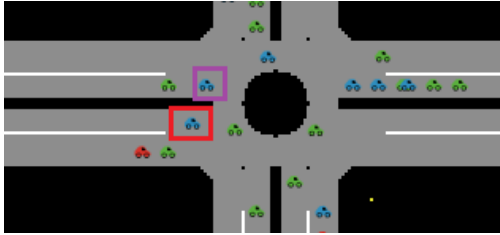


Figura 4. Agentes color azul

En la Figura 4 se observa un carro azul, enmarcado con color rojo, colocado en el carril interno antes de ingresar a la rotonda. Así mismo, el carro azul enmarcado con color morado, salió del mismo lugar en el que se encuentra el carro enmarcado con color rojo, y tomó la tercer salida de la rotonda.

En el desarrollo de este modelo de simulación se aplican reglas basadas en casos que deben cumplir los diferentes agentes vehículo. Para esto se definieron las siguiente reglas:

- Regla 1: Cuando un agente vehículo detecta un flujo vehicular en el carril que está, y además no es el carril en el que le corresponde estar para poder entrar a la rotonda, el agente se cambia.

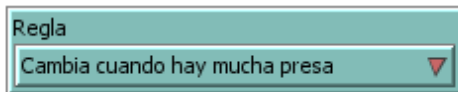


Figura 5. Regla de cambio por presa

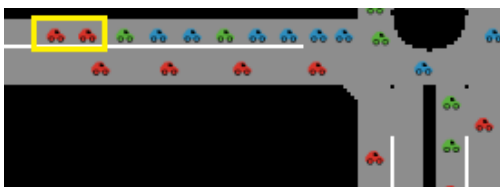


Figura 6. Auto rojo en una presa



Figura 7. Auto rojo cambió de carril por la presa

- Regla 2: La segunda regla representa el escenario en el que los agentes hacen el cambio de carril justo antes de entrar a la rotonda, si es que se encuentran en el carril que no les corresponde.

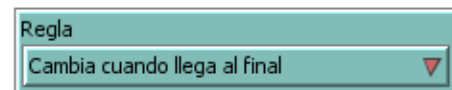


Figura 8. Regla de cambio justo antes de entrar a la rotonda

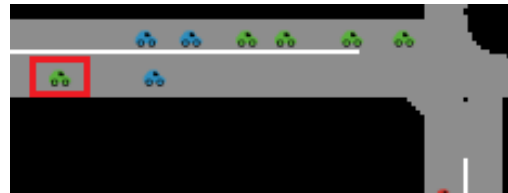


Figura 9. Auto verde en el carril externo



Figura 10. Auto verde cambió de carril justo antes de entrar a la rotonda

Cuando se aplica ésta regla, se da el problema de que los vehículos realizan el cambio de carril sin tomar en cuenta si hay espacio en el carril al que se van a cambiar, si hay algún vehículo en ese carril, se cambia y se coloca encima de este.

- Regla 3: La tercer regla representa el escenario donde los agentes deciden cambiar de carril mucho antes de ingresar a la rotonda esto para ir perfilándose al carril por donde desean ingresar.

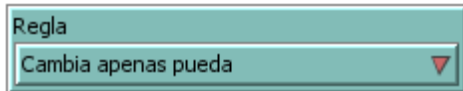


Figura 11. Regla de cambio apenas pueda

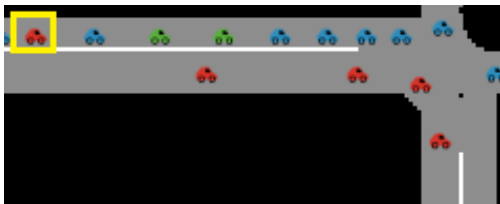


Figura 12. Auto rojo en el carril interno

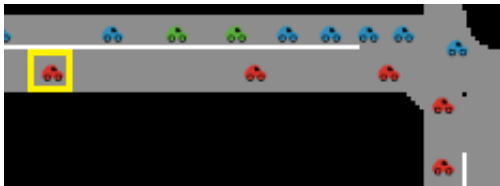


Figura 13. Auto rojo cambió de carril apenas tuvo espacio

Es importante mencionar que si algún vehículo no logró hacer el cambio de carril, debido a que no tuvo espacio, y ya llegó al final de la pista, hace el cambio de carril en ese momento, y no considera si hay algún otro vehículo en el espacio en el que va a colocarse.

Se presentan los promedios de velocidad de los vehículos para poder observar el comportamiento de los agentes según la regla seleccionada.

Promedios de Velocidad:

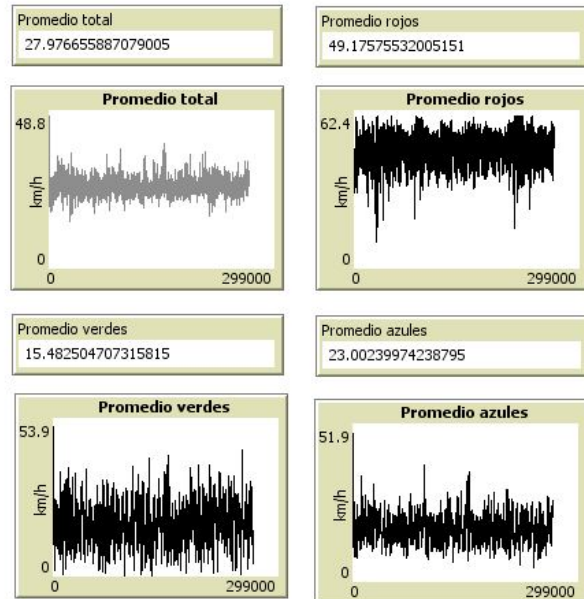


Figura 14. Promedios de velocidad

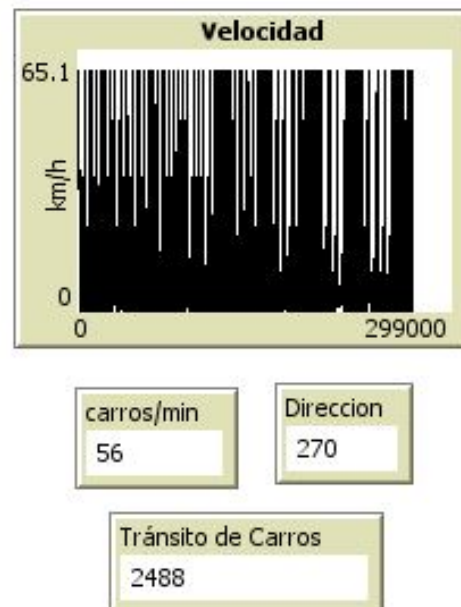


Figura 15. Velocidad de un vehículo específico

7. Experimentación y análisis

Para analizar el modelo se ejecutará múltiples veces con distintos escenarios donde la cantidad de vehículo es variable, para definir si el comportamiento de cambio de carril afecta el flujo vehicular. El monitoreo de los agentes por medio de gráficos permitirá definir el rendimiento de los vehículos en una rotonda.

Luego de ejecutar muchas veces el modelo de simulación con la cantidad de 40 agentes vehículos en el modelo, podemos observar la disminución de velocidad en los vehículos producto del cambio de carril de algunos conductores y esto impacta en que otros disminuyan su velocidad afectando el flujo vehicular en las rotondas.



Figura 16. Promedio total

8. Problemas abiertos y problemas futuros

Una problema pendiente de resolver en el modelo de simulación se presenta cuando un agente vehículo viene en un carril incorrecto y no logra hacer el cambio de carril debido a una alta congestión vehicular. Este puede causar una colisión en la rotonda. Por ejemplo, el caso en que un carro verde o azul viene por el carril de afuera, este espera hasta poder entrar en

la rotonda, sin embargo, este comportamiento puede causar una colisión al hacer que el carro se cruce de carril abruptamente.

Otro de los problemas abiertos presentes en el modelo se muestra cuando los agentes salen de la rotonda y se genera una desaceleración, la cual no es verídica en el mundo real. Esta desaceleración es producida debido a que los agentes cambian de lógica al entrar en la pista y este cambio de lógica ocasiona una variación en la velocidad de los mismos.

Además, como oportunidad de mejora se puede alterar el funcionamiento del sistema para que la cantidad de vehículos que transita cambie dinámicamente, ya que actualmente es una cantidad fija por corrida. Para esto es necesario hacer que se destruyan y creen carros de forma que esto se adapte a la cantidad solicitada. Nótese que los carros que se desean crear deben aparecer en un lugar extremo, de forma que estos no colisionen con los existentes y ocasionen problemas.

Asimismo, nuestro modelo se puede adaptar para que considere vehículos pesados, para ello se debe abarcar que estos nuevos agentes tienen características especiales como son las de frenado. Además, estos vehículos usualmente provocan mayor concentraciones vehiculares. Es importante destacar que se deben incluir características en cada agente que en este momento son globales.

Referencias

- Christopher Koh, Do Vo, J. P. (2012), 'Roundabout efficiency'.
- Hernandez, J. Z. (2002), 'Multiagent architectures for intelligent traffic management systems'.
- Isabel Martí, VicenteR. Tomás, L. G. and Martínez, J. (2009), *A rule-based multi-agent system for local traffic management*.
- Russell, S. and Norvig, P. (2009), *Artificial Intelligence: A Modern Approach.*, Prentice Hall Press, Upper Saddle River, NJ, USA.