



Tecnológico de Monterrey

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales (Gpo 301)

Reto: Movilidad Urbana

Nicole Dávila Hernández – A01784217

Sofía López Moreno – A0102825

Omar Sánchez Villegas – A01749975

Campus Santa Fe

Profesor Octavio Navarro Hinojosa

Profesor Gilberto Echeverría Furió

29 de noviembre 2024

1. Introducción: Problema a resolver

El objetivo de este reto es desarrollar una propuesta innovadora que aborde el problema de movilidad urbana en México, enfocándose en la reducción de la congestión vehicular. Para ello, se plantea una solución que simule gráficamente el tráfico mediante un sistema multiagentes, representando de manera visual las dinámicas de movilidad.

2. Propuesta de la solución

Como solución al problema expuesto, se propone una simulación dentro de un mapa, representativo de una pequeña fracción de una ciudad. Dentro de esta simulación, se encuentran automóviles, que actúan como los agentes principales de la simulación. Asimismo, la simulación también cuenta con semáforos, los cuales cambian de color según el estado del flujo. Los automóviles deben obedecer al color de los semáforos, así como evitar colisiones con otros vehículos.

3. Diseño de los agentes

a. Performance

Los agentes, en este caso, los coches, pueden moverse en el mapa de una ciudad: tienen que evitar colisiones con edificios y otros coches, seguir reglas de tránsito: el sentido de los caminos, semáforos, y llegar a sus destinos. Pueden calcular la ruta óptima y adaptarse al tráfico en el camino al cambiarse de carril. Su éxito se mide en qué tan lejos está de su destino, o cuantos episodios y/o movimientos necesita para llegar al destino, y que siga las reglas de tránsito además de evitar obstáculos.

b. Actuadores

Los coches interactúan con el ambiente únicamente al moverse, detenerse o girar: se mueven en el grid con una instancia de un agente Mesa dentro de la celda.

c. Sensores

Los agentes tienen acceso a su vecindario inmediato Von Neumann y su propia posición. Pueden saber que tipos de agentes están en estas celdas y sus estados: específicamente pueden saber la dirección de las instancias Road, el estado (verde, rojo) de los semáforos en el vecindario, y si existen coches u obstáculos. También pueden calcular la ruta ideal a su destino y saber las coordenadas del destino final.

a. Objetivo

Los agentes de esta simulación tienen como objetivo alcanzar ciertos destinos predeterminados, evitar obstáculos o colisiones y seguir las reglas de tránsito.

b. Capacidad efectora

Más que modificar el entorno, los vehículos en la simulación tienen que realizar acciones en base a este. Como se ha estipulado, los agentes deben reaccionar según el estado de otros agentes: como la dirección del camino o la luz del semáforo. Es decir, no pueden realizar acciones en ciertas situaciones. En este caso y simulando un escenario real, los agentes pueden moverse y cruzar calles cuando se enfrentan a un semáforo verde, pero deben parar cuando esté en rojo. Asimismo, deben considerar que tengan libre el carril al que giran para poder realizar esta acción y que es una vuelta legal.

c. Proactividad

Los agentes son proactivos en el sentido que buscan y recalculan el mejor camino a su destino e intentan navegar a ellos evitando colisiones. Sin embargo, son reactivos en cuanto a su ambiente, ya que únicamente evitan chocar con otros agentes u obstáculos cuando estos se presentan directamente en su vecindad inmediata.

4. Arquitectura de subsunción de los agentes

Siguiendo una arquitectura de subsunción donde los comportamientos más abajo tengan mayor prioridad, la arquitectura de los agentes vehiculares quedaría de la siguiente manera:

Nada → ¿Llegó al destino? no → Seguir moviéndose con ruta al destino

Moviéndose → Camino Válido (No hay coches, Dirección correcta) → Moverse

Semáforo rojo detectado → Moviéndose → Frenar

Obstáculo detectado → Moviéndose → Frenar/Evitar obstáculo

5. Características del ambiente

a. Accesible

El ambiente de la simulación está definido por ser parcialmente inaccesible debido a que los agentes de la simulación únicamente pueden detectar información de su alrededor inmediato y no conocen el mapa entero. No cuentan con comunicación entre sí, ni acerca del estado de todos los tipos agentes a excepción del semáforo y el camino por lo que no tienen manera de obtener información completa, precisa y actualizada. Sin embargo, conocen la mejor ruta a su destino, la cual se calcula tomando en cuenta todo el mapa, lo cual es una característica accesible.

b. Dinámico

El ambiente es dinámico debido a que los semáforos que existen en la simulación cambian entre verde y rojo sin interacción alguna por parte de los agentes, es decir su cambio sale del control de los coches.

c. Episódico

El ambiente es de tareas episódicas, es decir que se desarrollan los cambios en el a través de estados: se actualiza cada elemento únicamente en cada step. No existe una dependencia de los acontecimientos presentes y los pasados: los agentes perciben el ambiente y hacen sus acciones dentro del mismo episodio.

d. Discreto

Otra característica del ambiente es que es discreto: hay un número finito de acciones y percepciones que se pueden efectuar en el ambiente para obtener un estado final. Puede variar la cantidad de acciones y percepciones tomadas dentro de cada episodio, pero es un número finito y numerable.

e. Determinista

El ambiente es medianamente determinista ya que las acciones de los coches tienen un efecto garantizado sobre la simulación, sin embargo dada la aleatoriedad que se crea gracias a los largos conjuntos de reglas, grandes cantidades de coches en la simulación, y los tiempos en que ejecutan estas acciones, el ambiente en el que viven se puede decir que también puede ser no determinista. Ocurren muchas acciones al mismo tiempo sobre varias partes del mapa lo que crea incertidumbre en cuanto al estado de la simulación al realizar acciones dentro de ella.

En general, la estructura del ambiente está definida por una cuadrícula con dimensiones específicas que contiene elementos interactivos que afectan el comportamiento del sistema: contiene semáforos que cambian cada ciertos episodios entre rojo y verde, contiene calles con direcciones y obstáculos en forma de edificios.

6. Conclusiones

La simulación desarrollada a partir del problema de movilidad urbana en México es una solución que representa una parte de la situación actual en el país. Es decir, se omitieron varios elementos que ocurren en un día a día, tales como los accidentes automovilísticos, ya sean menores o mayores. Como mejora de la simulación, por ejemplo, se podría implementar dentro del conjunto de reglas de los vehículos algún tipo de protocolo de choques. En otras palabras, hacer que, cuando ocurra un choque, los coches involucrados paren y afecten a los agentes alrededor; con el cierre de la calle donde ocurrió el incidente, o frenar totalmente el flujo de ciertos carriles.

Sin embargo, al reconocer las limitaciones que tiene esta solución, esto abre paso al crecimiento de la misma. El modelo propuesto puede crecer no solamente tomando en cuenta estas situaciones inesperadas y alternas que pasan en situaciones reales, sino que, integrando algoritmos más avanzados como Q-Learning o redes neuronales, puede optimizar la simulación para encontrar casos ideales de tráfico. A pesar de la relativa simplicidad de esta solución, resalta el uso de algoritmos matemáticos para la optimización de rutas que siguen los agentes, como lo es la aplicación del algoritmo de A-estrella (A^*) en nuestra simulación, al igual que la representación visual que se logró implementar.

Por último y profundizando más en la situación problema, el desarrollo en general de esta simulación subraya la importancia de la concentración de varias disciplinas y conocimientos para encontrar una solución lo más parecida a una situación realista en el ámbito de movilidad urbana. Al incorporar otros elementos como planificación urbana u otras leyes automovilísticas más complejas, al igual que los patrones de comportamiento humano, la simulación tiene el potencial de convertirse en una herramienta para el diseño de soluciones de varias áreas de conocimiento.

7. Simulación de los agentes en WebGL

En el siguiente [video](#), se aprecia la simulación de los agentes en WebGL.

8. Video de la simulación

En el siguiente [video](#), se aprecia la simulación de los agentes en *mesa*.

9. Repositorio de Código

https://github.com/sofia-lpz/proyecto_multiagentes

Nota: Se agregó un modelo adicional de Q-Learning con implementación de una versión relajada de la simulación en la branch *q-learning*.