



Tecnológico de Monterrey

Reto: Movilidad Urbana

Bruno Avendaño Toledo

28 de Noviembre del 2024

Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales

Gilberto Echeverría Furió

Octavio Navarro Hinojosa

Índice

1. **Introducción**
 - 1.1. Planteamiento del Problema
 - 1.2. Propuesta de Solución
2. **Diseño de los Agentes**
 - 2.1. Objetivo
 - 2.2. Capacidad Efectora
 - 2.3. Percepción
 - 2.4. Proactividad
 - 2.5. Métricas de Desempeño
3. **Arquitectura de Subsunción de los Agentes**
4. **Características del Ambiente**
 - 4.1. Mapa Basado en Cuadrícula
 - 4.2. Elementos del Mapa
 - 4.3. Elementos Dinámicos
 - 4.4. Restricciones Ambientales
 - 4.5 Propiedades del Ambiente
5. **Conclusiones**
 - 5.1. Aspectos Clave
 - 5.2. Trabajo Futuro
6. **Imágenes de la simulación**

Enlace al repositorio: <https://github.com/BrunoAvendano/MSMGC.git>

1. Introducción

Planteamiento del Problema

Los entornos urbanos son sistemas complejos donde la gestión del tráfico y la navegación eficiente son desafíos críticos. En áreas densamente pobladas, el flujo de vehículos y peatones debe optimizarse para reducir la congestión, evitar accidentes y mejorar la movilidad en general. Los modelos de tráfico tradicionales a menudo tienen dificultades para simular las interacciones dinámicas entre agentes individuales (por ejemplo, automóviles, peatones) y factores ambientales (como semáforos y obstáculos).

Propuesta de Solución

Este proyecto presenta un modelo de simulación basado en agentes que replica el comportamiento de agentes autónomos navegando a través de un entorno urbano basado en una cuadrícula. Utilizando algoritmos de búsqueda de rutas, los agentes pueden encontrar de manera autónoma rutas óptimas a sus destinos, considerando obstáculos, señales de tráfico y otros agentes. La simulación tiene como objetivo proporcionar

información sobre la dinámica del flujo de tráfico y el impacto potencial de diversas configuraciones ambientales en el comportamiento de los agentes.

2. Diseño de los Agentes

En este modelo, se consideran un tipo de agente: coche. El cual tiene objetivos y comportamientos específicos que contribuyen al funcionamiento general del sistema.

Coches

- Objetivo:
 - Navegar desde una posición inicial hasta un destino designado de manera eficiente y evitando colisiones con otros agentes y obstáculos, respetando las reglas de tránsito.
- Capacidad Efectora:
 - Movimiento: Pueden moverse a celdas adyacentes vacías siguiendo rutas calculadas y el sentido de las calles.
 - Replanificación: Recalculan su ruta si encuentran obstáculos o cambios en el entorno.
- Percepción:
 - Entorno Local: Detectan obstáculos, otros coches, semáforos y el estado del piso en celdas adyacentes.
 - Señales de Tráfico: Perciben el estado de los semáforos cercanos (verde o rojo).
 - Direcciones del Mapa: Reconocen indicaciones direccionales (ej. $<$, $>$, $^$, v).
- Proactividad:
 - Búsqueda de Rutas: Utilizan el algoritmo A* para encontrar la ruta óptima.

- Adaptabilidad: Modifican su comportamiento en respuesta a cambios en el entorno (ej. semáforos que cambian de estado), obstáculos u otros agentes en su camino.
- Métricas de Desempeño:
 - Tiempo de Viaje: Número de pasos para llegar al destino (optimización de ruta).
 - Cumplimiento de Reglas: Grado en que siguen las normas de tráfico.
 - Evasión de Colisiones: Capacidad para evitar accidentes.

3. Arquitectura de Subsumción de los Agentes

La arquitectura de subsunción se aplica principalmente a los **coches**, dado que son los agentes con comportamientos más complejos y que requieren priorización de acciones.

Las capas jerárquicas son:

1. Capa de Seguridad (Mayor Prioridad):

- **Evasión de Colisiones:** Evita movimientos que resultarían en colisiones con obstáculos, otros coches o violaciones de reglas viales.

2. Capa de Cumplimiento de Tráfico:

- **Obediencia a Semáforos:** Los coches se detienen en semáforos en rojo y avanzan en verde.
- **Direcciones Permitidas:** Respetan las direcciones indicadas en el mapa.

3. Capa de Navegación:

- **Búsqueda de Ruta Óptima:** Calculan el camino más eficiente al destino utilizando A*.
- **Planificación Dinámica:** Recalculan rutas en respuesta a cambios o bloqueos.

4. Capa de Movimiento (Menor Prioridad):

- **Avance:** Ejecutan movimientos a celdas adyacentes según el plan establecido por capas superiores.

Los **semáforos** operan de manera autónoma y no requieren una arquitectura de subsunción, ya que su comportamiento es cíclico y predefinido.

Los agentes **piso** y **destinos** son pasivos y no interactúan activamente en el sistema, por lo que no aplican la arquitectura de subsunción, su único propósito sería no cambiar de sentido .

4. Características del Ambiente

Entorno de Simulación

- **Estructura:** Una cuadrícula bidimensional que representa una sección urbana.
- **Celdas:** Pueden contener coches, semáforos, obstáculos, piso o destinos.
- **Límites:** El entorno es finito y los agentes no pueden salir de los bordes.

Elementos del Mapa

- **Obstáculos (#):** Representan edificios u otros impedimentos físicos.
- **Semáforos (S, s):** Controlan intersecciones, con diferentes intervalos de cambio.
- **Direcciones (<, >, ^, v):** Indican sentido de circulación en calles.
- **Destinos (D):** Ubicaciones que los coches intentan alcanzar.
- **Piso:** Superficie sobre la cual se desplazan los coches; puede tener propiedades que afecten el movimiento (no implementado en detalle en el código).

Dinámica del Ambiente

- **Tiempo Discreto:** La simulación avanza en pasos discretos.

- **Actualización Sincrónica:** Todos los agentes actualizan su estado en cada paso de simulación.

Interacciones entre Agentes

- **Coches y Semáforos:**
 - Los coches deben detenerse en semáforos en rojo y pueden avanzar en verde.
- **Coches y Obstáculos:**
 - Los coches no pueden ocupar celdas con obstáculos.
- **Coches y Coches:**
 - Deben evitar colisiones, no ocupando la misma celda que otro coche.

4.5 Propiedades del Ambiente

- **Observabilidad:**
 - Parcialmente observable para los coches; conocen su entorno inmediato.
- **Determinismo:**
 - Las acciones tienen resultados predecibles si el estado del ambiente no cambia.
- **Estática vs. Dinámica:**
 - **Estática:** Obstáculos, piso y destinos no cambian durante la simulación.
 - **Dinámica:** Los semáforos y coches cambian de estado y posición.
- **Discretización:**
 - El espacio y el tiempo están discretizados en celdas y pasos de simulación, respectivamente.

5. Conclusiones

La implementación de una simulación de tráfico basada en agentes permite analizar y comprender mejor las complejas interacciones en un entorno urbano. Al modelar coches,

semáforos, piso y destinos como agentes, es posible replicar situaciones realistas y evaluar el impacto de diferentes variables en el flujo vehicular.

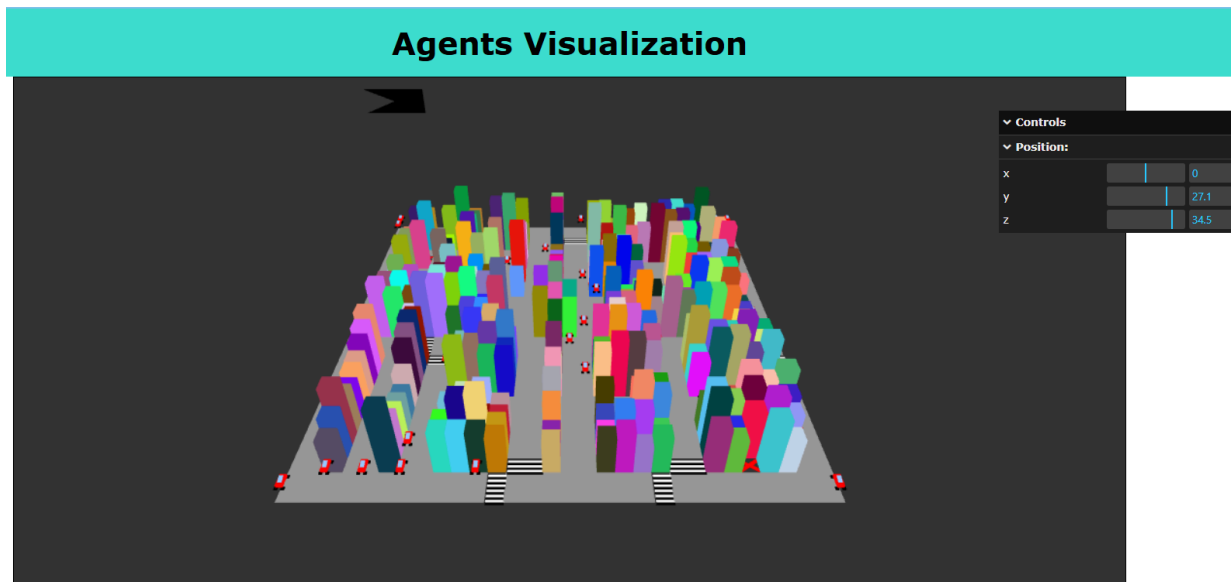
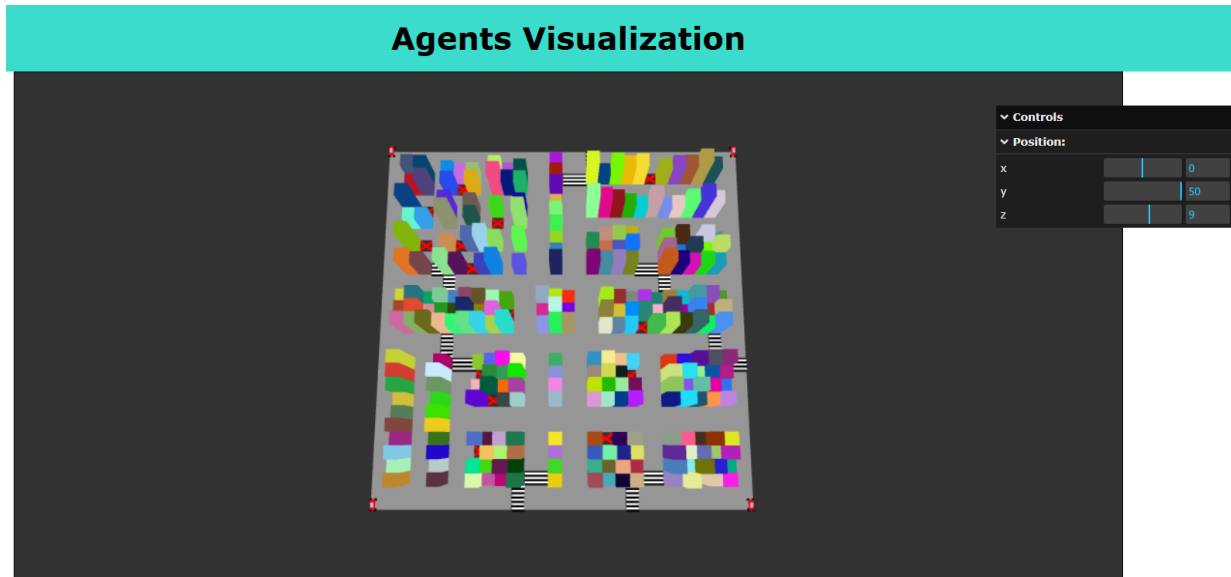
Contribuciones Clave

- **Realismo en la simulación:** La consideración de múltiples tipos de agentes aporta profundidad y realismo al modelo.
- **Flexibilidad:** El sistema puede adaptarse para incluir más tipos de agentes o modificar comportamientos existentes.
- **Análisis de Comportamientos:** Permite estudiar cómo cambios en semáforos o rutas afectan el desempeño general.

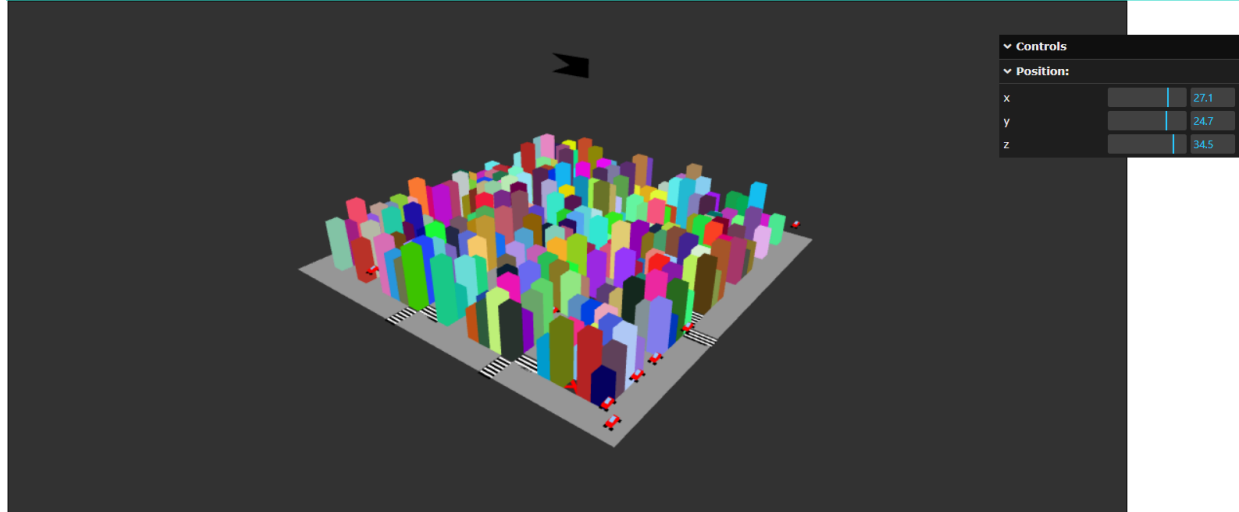
Limitaciones y Trabajo Futuro

- **Piso y Destinos como Agentes Pasivos:** Actualmente, el piso y los destinos no tienen comportamiento activo. Futuras mejoras podrían dotarlos de propiedades que afecten el movimiento (ej. zonas resbaladizas, áreas de velocidad limitada).
- **Comunicación entre Agentes:** Implementar comunicación entre coches para mejorar la evasión de congestiones.
- **Semáforos Inteligentes:** Desarrollar semáforos que ajusten sus intervalos en respuesta al flujo de tráfico.

6. Imágenes de la simulación



Agents Visualization



```
INFO:root:Step 2: Agents completed: 0, Active agents: 3
INFO:root:After step 2: Agents completed: 0, Active agents: 3
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:10] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:10] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
INFO:root:Step 3: Agents completed: 0, Active agents: 4
INFO:root:After step 3: Agents completed: 0, Active agents: 4
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:10] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:10] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
INFO:root:Step 4: Agents completed: 0, Active agents: 5
INFO:root:After step 4: Agents completed: 0, Active agents: 5
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:11] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:11] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
INFO:root:Step 5: Agents completed: 0, Active agents: 6
INFO:root:After step 5: Agents completed: 0, Active agents: 6
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:11] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:54:11] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
```

```
INFO:root:Step 31: Agents completed: 7, Active agents: 36
INFO:root:After step 31: Agents completed: 7, Active agents: 36
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:55:20] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:55:21] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
INFO:root:Step 32: Agents completed: 7, Active agents: 37
INFO:root:After step 32: Agents completed: 7, Active agents: 37
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:55:21] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:55:21] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
INFO:root:Step 33: Agents completed: 7, Active agents: 38
INFO:root:After step 33: Agents completed: 7, Active agents: 38
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:55:21] "GET /update HTTP/1.1" 200 -
INFO:werkzeug:127.0.0.1 - - [29/Nov/2024 22:55:22] "GET /getAgents HTTP/1.1" 200 -
```