

Reto Electric 80

David Alberto Salinas Escalera, Danaé Sánchez Gutiérrez, Victoria Valentina Marín Domínguez,
Diego Torre Damm, Yolanda Julieta Cantú Macías,

Equipo 3, TC2008B.302

Tecnologico de Monterrey,

Monterrey 64700, Mexico,

E-mails: {A01571298, A00836760, A00836008, A01285390, A00838212}@tec.mx

Resumen—Este es un breve resumen del proyecto, describiendo el problema, la solución propuesta y los resultados alcanzados.

Index Terms—Multiagentes, Modelado Gráfico, Simulación, Unity, Sistemas Multiagente.

I. INTRODUCCIÓN

DESCRIBA la situación específica que su equipo va a resolver, el problema general y la estrategia de solución que van a modelar [?].

I-A. Contexto y Problema

Este reto consiste en desarrollar un sistema multiagente capaz de gestionar de manera autónoma el flujo logístico en el almacén de una compañía abandonada que ha dejado de usar las instalaciones. La compañía quiere retomar el espacio abandonado y hacer que el sistema coordine varios robots autónomos para optimizar el manejo de pallets desde la cinta transportadora de la entrada, hacia los racks de almacenamiento y posteriormente hacia los racks de salida. Estos robots deben poder detectar y evitar obstáculos, planificar rutas óptimas y gestionar sus niveles de batería de forma autónoma, ajustando su velocidad y desplazamiento en función de las condiciones del entorno.

La simulación debe mostrar la operación del almacén en su totalidad, generando informes de eficiencia que permitan evaluar el rendimiento del sistema en aspectos clave como el tiempo de espera de los pallets y la ubicación de los racks. Además, se requiere una visualización en 3D que muestre

Los abajo firmantes, {Juan Perez, Estudiante2.nombres Estudiante2.apellidos, Estudiante3.nombres Estudiante3.apellidos, Estudiante4.nombres Estudiante4.apellidos}, declaramos que hemos cumplido a cabalidad con todos los requerimientos académicos y éticos exigidos por el Tecnológico de Monterrey. Afirmamos que nuestro trabajo en este proyecto ha sido realizado con respeto, honestidad y profesionalismo, en colaboración plena con el equipo, sin que haya existido ningún tipo de conflicto de interés o personal que afecte nuestra participación o la del equipo en conjunto. Este reporte ha sido firmado el día 11 de noviembre de 2024.

Estudiante1

Estudiante2

Estudiante3

Estudiante4

detalladamente la disposición del almacén, el movimiento de los robots y sus interacciones con otros elementos, como racks, obstáculos, paredes, etc.

La solución, debe resolver varios desafíos de optimización logística, incluyendo el enrutamiento de vehículos, la programación de tareas, y la administración eficiente de energía para cada robot. Con estos objetivos el sistema que nos pide la empresa será una solución eficiente y práctica para la gestión de un almacén, maximizando el uso de recursos de la planta y asegurando el flujo continuo y eficiente de los productos almacenados.

I-B. Objetivos generales

Los objetivos de la solución deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y delimitados por el tiempo (SMART). A continuación se listan los objetivos del proyecto:

- Objetivo 1
- Objetivo 2

I-C. Restricciones

Mencione las restricciones que presenta el sistema, como direcciones de calles, tiempos de semáforos, tipos de estacionamiento, entre otros.

I-D. Resumen de la solución propuesta

Describe brevemente la solución propuesta. Esta descripción debe tener más detalles que el resumen.

II. FUNDAMENTOS

Se deben describir muy brevemente los conceptos fundamentales utilizados para la realización del proyecto. Es importante no olvidar citar los trabajos consultados.

II-A. Ecuación de Bellman

La ecuación de Bellman, dada por

$$Q(s, a) = r(s, a) + \gamma \sum_{s'} P(s'|s, a) \max_{a'} Q(s', a'), \quad (1)$$

expresa el valor esperado de tomar una acción a en un estado s , seguida de la mejor política posible en los estados futuros. Aquí, $r(s, a)$ es la recompensa inmediata al realizar la acción

a en el estado s , γ es el factor de descuento que pondera las recompensas futuras, $P(s'|s, a)$ es la probabilidad de transición del estado s al estado s' dado que se toma la acción a , y $\max_{a'} Q(s', a')$ es el valor máximo futuro esperado del mejor Q -valor posible en el estado s' .

Esta ecuación es fundamental en los métodos de optimización de políticas, como Q-learning, donde se busca maximizar la suma de recompensas futuras.

III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MULTIAGENTE

III-A. Modelo de los Agentes

Explique el comportamiento de los agentes, incluyendo creencias, planes, cooperación y aprendizaje. Incluya un diagrama de actividades y clases, además de un diagrama de estados para cada agente. No olvide incluir gráficos y ecuaciones que faciliten la interpretación del modelo propuesto.

Los agentes que estamos considerando para este proyecto son los siguientes:

■ Master o administrador:

- Este agente se clasifica como basado en utilidad, donde actúa como evaluador o supervisor del ambiente y los agentes involucrados, al obtener la situación o estado actual determina las acciones que se deben tomar para que todo funcione con el rendimiento esperado, comunicándose así con los robots, cargadores y los agentes presentes con instrucciones sobre su comportamiento.
- Su rendimiento se basa en qué tan eficientes son las instrucciones que proporciona o comunica a los demás agentes y cómo esto impacta al ambiente, negativa o positivamente.
- Sus sensores se componen de una cámara, los estados o recibir comunicaciones de otros agentes.
- Sus actuadores son el medio por el que transmiten a los demás agentes las instrucciones.

■ Robots (LGVs):

- Los robots son agentes basados en objetivos, donde su meta es poder llevar todas las cajas a un estante válido, sin chocar entre ellos y tomando en cuenta el espacio disponible en cada estante.
- Utiliza sensores ultrasónicos y láser para detectar los obstáculos, otros robots y espacio.
- Sus actuadores son las garras o transportadores que recogen y depositan las cajas, además de ruedas omnidireccionales que le permiten moverse en cualquier dirección.
- Su rendimiento está determinado por la cantidad de cajas que puedan ser transportadas sin incidentes y además se puede considerar el tiempo en el que lo hacen.

■ Transportadora:

- La transportadora es un agente reactivo simple y su función es recibir las cajas de entrada y posicionarlas para que los robots las recojan; si detecta una caja, se mueve, de lo contrario no.

- Como sensores tiene detectores de presencia de las cajas, para controlar el flujo, estos pueden ser sensores de peso.
- Su actuador es la cinta transportadora que posiciona los paquetes en la zona para recogerlos.
- Su rendimiento está basado en la eficiencia con la que entrega las cajas.

■ Cargadores:

- Los cargadores son agentes basados en metas y modelos, ya que reaccionan a la presencia de los robots con bajo nivel de batería, y distribuyen la carga basándose en el modelo que tienen los robots de carga-descarga y su batería. También controlan el estado de los robots y el suyo con disponibilidad.
- Tienen sensores de proximidad y comunicación de estados de la batería de los robots, también sensores de disponibilidad.
- Sus actuadores son los conectores de carga, que permiten que el robot se cargue a la batería necesaria.
- Su rendimiento se basa en cómo los robots mantienen la batería en relación a las tareas y tiempo, es decir, que puedan optimizar la carga para rendir con el menor número de interrupciones posibles.

III-A1. Diagrama de Clases: Master (Administrador):

■ Atributos:

- estadoActual: Estado actual del entorno y los agentes.
- instrucciones: Lista de instrucciones para cada agente.

■ Métodos:

- evaluarAmbiente(): Evalúa el estado actual del ambiente y determina las acciones.
- enviarInstrucciones(agent): Envía instrucciones a un agente específico.
- recibirInformacion(agent): Recibe datos del estado actual de otros agentes.

- **Interacciones:** Se comunica directamente con Robots, Cargadores, y Transportadora para supervisar y dar instrucciones.

Robot (LGV):

■ Atributos:

- cargaActual: Nivel de batería actual.
- caja: Caja actual transportada (si aplica).
- posicion: Posición actual en el espacio.
- estado: Estado de movimiento o transporte.

■ Métodos:

- detectarObstaculos(): Usa sensores ultrasónicos y láser para detectar obstáculos y otros robots.
- moverse(direccion): Actúa sobre sus ruedas omnidireccionales para moverse.
- recogerCaja(caja): Usa su actuador para recoger una caja.
- depositarCaja(estante): Deposita la caja en un estante adecuado.
- reportarEstado(): Reporta su estado actual al Master.

- **Interacciones:**

- Se comunica con el Master para recibir instrucciones y reportar su estado.
- Puede interactuar con Cargadores cuando necesita recargar.

III-B. Modelo del Entorno

Describe el entorno de la simulación: observable o parcialmente observable, determinista o estocástico, etc. Mencione cómo se maneja el tiempo y el espacio.

III-C. Modelo de la Negociación

Describe cómo los agentes interactúan, el tipo de mensajes que intercambian, y si se utilizan subastas, votaciones, etc. Incluya un diagrama de comunicaciones.

III-D. Modelo de la Interacción

Explique cómo el sistema multiagente interactúa con la simulación gráfica, y cómo Unity utiliza la información recibida.

IV. DESCRIPCIÓN DEL MODELADO GRÁFICO

IV-A. Escena a Modelar

Presente un borrador de la escena a modelar, seguido de la versión final en Unity. Compare las expectativas con el resultado real. No olvide incluir gráficos y ecuaciones que faciliten la interpretación del modelo propuesto.

V. ALGORITMO A*

Se muestra el Pseudocódigo 1 a título de ejemplo de cómo se incluye la descripción de un algoritmo utilizado para dar solución al reto.

V-A. Componentes Gráficos

- **Nombre del Componente 1:** Breve descripción y fuente. Se debe hacer referencia a su imagen correspondiente en la Figura 1

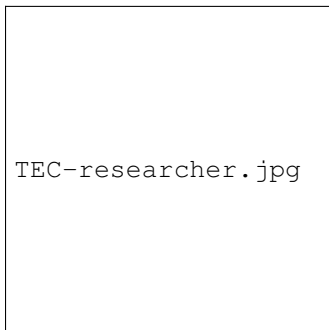


Figura 1: Componente gráfico 1

V-B. Prefabs

- **Nombre del Prefab:** Breve descripción de la funcionalidad y los scripts utilizados. Utilice el mismo estilo que en la Sección V-A

Pseudocódigo 1 Algoritmo de Búsqueda A*

Require: Grafo $G = (V, E)$, nodo inicial s , nodo objetivo g , función heurística $h(n)$

Ensure: Camino más corto desde s hasta g

```

1: Inicializar la lista abierta  $\mathcal{O} \leftarrow \{s\}$ 
2: Inicializar la lista cerrada  $\mathcal{C} \leftarrow \emptyset$ 
3: Establecer  $g(s) \leftarrow 0$ ,  $f(s) \leftarrow h(s)$ , y el padre de  $s$  como nulo
4: while  $\mathcal{O} \neq \emptyset$  do
5:   Seleccionar  $n \in \mathcal{O}$  como el nodo con el menor  $f(n)$ 
6:   if  $n = g$  then
7:     return Reconstruir el camino desde  $s$  hasta  $g$ 
8:   Eliminar  $n$  de  $\mathcal{O}$  y añadir  $n$  a  $\mathcal{C}$ 
9:   for cada vecino  $m$  de  $n$  do
10:    if  $m \in \mathcal{C}$  then
11:      Continuar con el siguiente vecino
12:    Calcular  $g(m)$  tentativo  $\leftarrow g(n) + \text{coste}(n, m)$ 
13:    if  $m \notin \mathcal{O}$  o  $g(m)$  es menor que el  $g(m)$  anterior then
14:      Asignar el padre de  $m$  a  $n$ 
15:      Establecer  $g(m) \leftarrow g(n) + \text{coste}(n, m)$ 
16:      Establecer  $f(m) \leftarrow g(m) + h(m)$ 
17:    if  $m \notin \mathcal{O}$  then
18:      Añadir  $m$  a  $\mathcal{O}$ 
19: return Fracaso, no se encontró ningún camino

```

```

20: procedure RECONSTRUIR CAMINO( $g$ )
21:   Inicializar el camino como una lista vacía
22:   Establecer el nodo actual como  $g$ 
23:   while el nodo actual tiene un padre do
24:     Insertar el nodo actual al inicio del camino
25:     Establecer el nodo actual como el padre del nodo actual
26:   Insertar  $s$  al inicio del camino
27:   return camino

```

V-C. Scripts

Describe cada script y sus interacciones con otros elementos del proyecto. Incluya la fuente si se reutilizó código. Utilice el mismo formato que en el Pseudocódigo 1.

VI. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

- Vínculo al Product Backlog
- Vínculo al Sprint Backlog

VII. RESULTADOS

Presente los resultados obtenidos en la simulación, comparando con los objetivos propuestos. Incluya gráficos o tablas si es necesario.

VIII. CONCLUSIÓN

Resuma los principales hallazgos del proyecto y la efectividad de la solución propuesta. Comente posibles mejoras y limitaciones encontradas.

IX. TRABAJO FUTURO

Mencione posibles direcciones para continuar el desarrollo del proyecto en el futuro, basándose en las limitaciones observadas.

REFERENCIAS