



VIII encuentro
Participación de la
Mujer
en la Ciencia



PROPUESTA BASADA EN SISTEMAS MULTI-AGENTE PARA DESPLAZAMIENTOS MÚLTIPLES SOBRE MALLADO TRIANGULAR COMO MAPA DE RUTA.

J. L. Rico^a, J. H. Puga^a, V. M. Zamudio^a, M. Ornelas^a, J. M. Carpio^a, J. A. Gordillo^b

^a División de Estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de León, Av. Tecnológico s/n, Guanajuato, México, luis7321@ieee.org

^b Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, España.

RESUMEN

A la fecha se han hecho múltiples esfuerzos para tratar el problema de movilidad con Inteligencia artificial; no obstante, la amplia variedad de aspectos o particularidades lo hacen un problema vigente y abierto a la investigación. En este trabajo se presenta una propuesta basada en Agentes Software¹ para resolver el problema de colisiones al que es susceptible el desplazamiento de múltiples elementos sobre un mismo entorno. El Sistema Multi-Agente (SMA) desarrolla la fase de planeación de itinerarios bajo una arquitectura centralizada a través de un agente administrador, que es quien realiza esta tarea por medio de un algoritmo que determina las condiciones necesarias durante el proceso de navegación a fin de evitar colisiones o bloqueos entre los agentes móviles. Finalmente el agente administrador delega el plan de ejecución de los recorridos a los agentes correspondientes, quienes desempeñan su tarea de manera distribuida. En este trabajo se muestran el análisis y la caracterización del problema, que permiten definir las restricciones bajo las cuales se desarrolla la estrategia. Se describe también la arquitectura del SMA y el algoritmo que permite alcanzar los objetivos, así como casos de prueba para la validación del modelo. La propuesta se puede orientar a solucionar problemas en diferentes sectores tales como: procesos de manufactura, coordinación de tráfico terrestre, marítimo o aéreo, reparto en cadenas de suministro, exploración geográfica, robótica, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias de navegación o desplazamiento de entidades artificiales a través de un entorno cualquiera, son un campo con múltiples aplicaciones en diferentes ámbitos sobre las cuales se han encaminado una gran cantidad de trabajos de investigación, tales como: la exploración presencial o remota de zonas que pueden ser o no conocidas por el agente móvil³; la gestión inteligente de tráfico vial, aéreo, marítimo o de datos^{4,5}, entre muchas otras.

Por esta razón se siguen desarrollando investigaciones que abordan esta temática, en la cual una parte importante es la representación del entorno de desplazamiento. Así pues se han estudiado diferentes enfoques para su representación, tales como la *descomposición por celdas, mapas de ruta o campos potenciales*⁶. Un Mallado puede modelar un entorno y fungir de manera adecuada como mapa de ruta, y una razón de peso es aprovechar el bajo coste computacional que implica el trabajar con entornos discretos⁷. Sin embargo, un problema natural que surge cuando múltiples agentes móviles se desplazan en un mismo entorno, es la probabilidad de colisiones o bloqueos entre sí.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación se describen los diferentes elementos que componen el sistema Multi-agente:



- El *mallado* M es un grafo ponderado no dirigido $M = (V, A)$, donde V es un conjunto de vértices y A el conjunto de aristas.
- Las *rutas*, cada una es una sucesión de l vértices a través de la cual se desplaza un agente, y se implementa como una matriz de dimensiones $l \times 2$, como muestra la figura 2 para el caso de prueba que aquí se presenta.
- Los *Agentes*, son quienes tendrán a cargo el recorrido de las rutas sobre el mallado, y un agente adicional llamado *Agente Central* quien coordina los itinerarios correspondientes.

En un *mallado* M sobre el cual se han establecido n rutas fijas de navegación $R_i, 1 \leq i \leq n$, se desplazan el mismo número de Agentes $A_j, 1 \leq j \leq n$, el problema a resolver es que éstos recorran dichas rutas evitando colisiones entre sí durante el proceso de navegación. La asignación entre agentes y rutas, es del tipo ST-SA-IA (Single-Task Agents, Single-Agent task, Instantaneous assignment)⁸, es decir, el recorrido de una ruta completa es tarea de un único agente, y un agente tiene la tarea de recorrer una única ruta, además inicialmente las tareas son conocidas y asignadas desde un principio sin posibilidad de modificaciones o reasignación. El *Agente Central*, será quien coordine al resto para el cumplimiento del recorrido de sus rutas a través de una estrategia de resolución de conflictos. En el presente trabajo el proceso de navegación y solución de conflictos está sujeto a las siguientes restricciones:

DURAS

- 1 El entorno de navegación es modelado por un mallado triangular que es un grafo ponderado no dirigido.
- 2 Se requiere igual número de rutas y de agentes.
- 3 Las rutas son fijas y definidas a priori para cada caso.
- 4 Cada arista puede pertenecer como máximo a una ruta en particular.
- 5 El tiempo que un agente permanece ocupando un vértice es $t_v \in \mathbb{N}$ y puede ajustarse en incrementos fijos $\Delta t \in \mathbb{Z}^+$.

SUAVES

6. Cada vértice sólo puede alojar a un agente a la vez; o bien a otros, sólo si este vértice es inicio o fin de sus respectivas rutas.
7. La estrategia considera en principio que todos los recorridos inician a un mismo tiempo. Esta condición puede ser alterada en tiempo de diseño por parte del usuario o en tiempo de ejecución por parte del agente administrador como respuesta a la estrategia de evasión de conflicto.

3. PROPUESTA

Si ocurre un conflicto entre rutas y las condiciones anteriores se cumplen, se aplica la estrategia básica para evasión de colisión, que consiste en un ajuste en el tiempo que el agente permanece en el vértice inmediato anterior al choque (incremento de t correspondiente). La estrategia se presenta a manera de diagrama de flujo en la figura 1, y se ejemplifica a partir del caso de prueba de la figura 3, donde se muestran tres rutas sobre un Mallado Triangular no Estructurado que deberán ser recorridas por tres agentes; hay cinco potenciales puntos de conflicto marcados con elipses punteadas, los cuales deben encontrarse y en su caso resolverse con la estrategia de la figura 1 de la manera siguiente:

- a) El SMA requiere como entrada el conjunto de rutas por recorrer (fig. 2).



b) Con las entradas se genera una matriz de las diferentes combinaciones de dos rutas (fig. 4a)

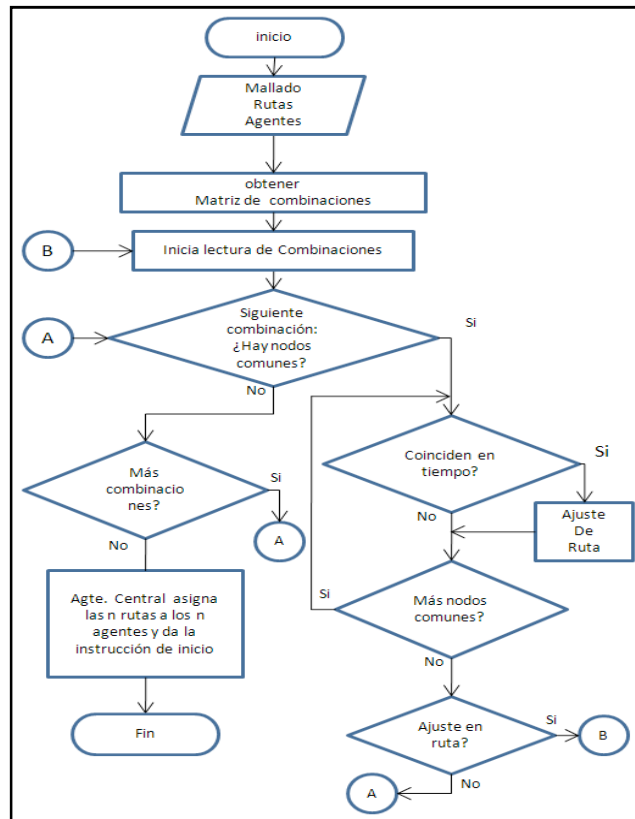


Figura 1. Algoritmo para la detección y resolución de conflictos

- c) Para cada combinación se genera una matriz con sus vértices comunes, donde cada fila es un vértice común, y las columnas son respectivamente: las etiquetas de los vértices, el índice del vértice en la primera ruta, y el índice del vértice en la segunda ruta (fig. 4b).
- d) Para cada vértice común se obtiene una matriz traslape, donde el primer elemento es el tiempo en que dos agentes coinciden en un mismo vértice, y el segundo indica que agente debe esperar para ceder el paso (fig. 4c).

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 1 \\ 6 & 1 \\ 9 & 1 \\ 11 & 1 \\ 12 & 1 \\ 15 & 0 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 4 & 1 \\ 5 & 1 \\ 9 & 1 \\ 10 & 1 \\ 13 & 1 \\ 14 & 0 \end{bmatrix} \quad R_3 = \begin{bmatrix} 8 & 0 \\ 5 & 1 \\ 6 & 1 \\ 7 & 1 \\ 10 & 1 \\ 12 & 1 \\ 16 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 2. Rutas de entrada para el caso de prueba de la figura 3, donde la primer fila contiene los vértices de la ruta y la segunda los respectivos valores de t_v .



Las rutas que describen los itinerarios finales contienen las modificaciones requeridas en el t_v , como en el vértice 9 perteneciente a la ruta 2 (fig.5) y que permite evadir un choque con la ruta 1.

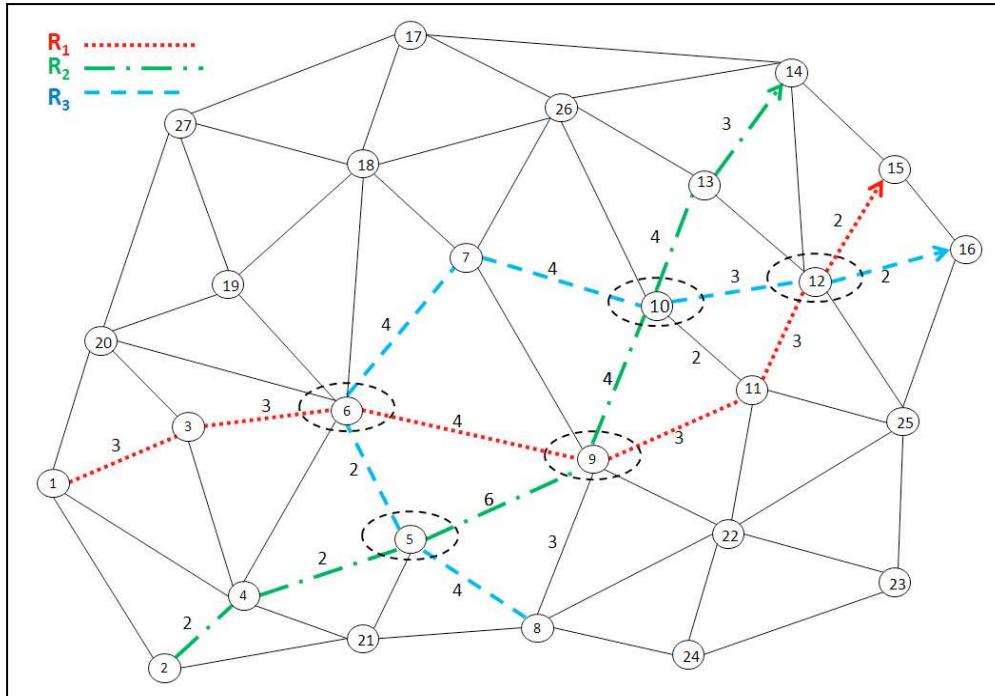


Figura 3. Caso de prueba para estrategia de navegación con evasión de colisiones

$$M_{Combinaciones} = \begin{bmatrix} R_1 & R_2 \\ R_1 & R_3 \\ R_2 & R_3 \end{bmatrix} \quad V_{ComunesR_2R_3} = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 10 & 4 & 4 \end{bmatrix} \quad M_{traslape} = [1,2]$$

(a) (b) (c)

Figura 4. Objetos requeridos en la estrategia de resolución de conflictos

El SMA se implementa con el ambiente de desarrollo JADE⁹ y ha mostrado la capacidad para la resolución de conflictos de manera favorable con diferentes casos de prueba, todos ellos bajo el mismo entorno con un máximo de diez rutas de diferente magnitud y posición.

4. CONCLUSIONES

La propuesta innovadora en la que se coordinan múltiples desplazamientos sobre un mallado triangular a través de un SMA, ha dado buenos resultados hasta el momento, de lo que se puede concluir lo siguiente:

1. Se muestra la viabilidad de la tecnología de agentes¹⁰ para el problema que aquí se plantea.



2. La estrategia ha encontrado una solución en los casos a los que se ha sometido (40 diferentes casos de prueba).
3. Es necesario hacer un análisis detallado del algoritmo a fin de validar los alcances de esta propuesta, tales como la certeza en la obtención de una solución, la obtención de una solución óptima y el tiempo requerido para conseguirla.

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 2 \\ 6 & 2 \\ 9 & 1 \\ 11 & 1 \\ 12 & 1 \\ 15 & 0 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 4 & 1 \\ 5 & 1 \\ 9 & 2 \\ 10 & 1 \\ 13 & 1 \\ 14 & 0 \end{bmatrix} \quad R_3 = \begin{bmatrix} 8 & 0 \\ 5 & 1 \\ 6 & 1 \\ 7 & 1 \\ 10 & 1 \\ 12 & 1 \\ 16 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 5. Rutas finales, con los respectivos ajustes en los de cada vértice (segunda columna).

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a PROMEP y DGEST el apoyo proporcionado para realizar esta investigación (proyecto DGEST No. 3528.10-P)

BIBLIOGRAFÍA

1. Mas Ana (2005): "Agentes Software y Sistemas Multi-Agente:Conceptos, Arquitecturas y Aplicaciones", editorial PEARSON Prentice Hall, ISBN:84-205-4367-5
2. Ávila C. Victor Germán; Puga Hector J. (2008): "Generación de caminos en mapas 2D utilizando técnicas sobre mallado automático no estructurado" Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de León.
3. Rekleitis Ioannis; Bedwani Jean-Luc; Dupuis Erick (2007); "Over-the-Horizon, Autonomous Navigation for Planetary Exploration", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems San Diego, CA, USA, Oct 29 - Nov 2.
4. Adel Sadek; Nagi Basha (2006): "Self-Learning Intelligent Agents For Dynamic Traffic Routing On Transportation Networks" Dept. of Civil and Environmental Engineering and Dept of Computer Science University of Vermont
5. Lucas A (1997): "Decision Support systems for arrivals flow Management" International technical conference, Prague Czech Republic.
6. Choset H., K.M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. Kavraki, S. Thrun "Principles of robot motion: theory, algorithms and implementation" ISN 0-262-03327-5 (2005), cap. 4,5,6.
7. Garcia E.; Gonzalez de Santos P. (2004): "Mobile-robot navigation with complete coverage of unstructured environments" ELSEVIER, Robotics and Autonomous Systems 46 (2004) 195–204.
8. Brian P; Gerkey; Maja J. Mataric (2004) "A Formal Analysis and Taxonomy of Task Allocation in Multi-Robot Systems" The International Journal of Robotics Research Vol. 23, No. 9, September, pp. 939-954, DOI: 10.1177/0278364904045564
9. Fabio Luigi Bellifemine, Giovanni Caire, Dominic Greenwood (2007) "Developing Multi-Agent Systems with JADE" ISBN: 978-0-470-05747-6, <http://jade.tilab.com/>
10. Julián V.; Botti V. (2000): "Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la inteligencia Artificial" NOVATICA, Especial 25 Aniversario, Edición digital ATI 2000.