

# Inteligencia Artificial Distribuida Basada En Sistemas MultiAgentes

Luis Carlos Osorio Jayk, Ronald Alberto Romero Zuñiga

*Facultad de Ingenierías, Universidad Simón Bolívar  
Barranquilla, Colombia*

luiscarlosjayk@gmail.com

ronald.romeroz@gmail.com

**Abstract**— Centralized systems suffer of some weaknesses, like dependency on a centralized communication, this makes them unsuitable for very large scale integration, to handle disaggregation and aggregation easily. The use of distributed intelligence systems technologies avoids these disadvantages and weaknesses since they are based on the use of cooperative agents, organized in hardware and software components, allowing disaggregation of members, or adding new agents to the system, where each one can work independently on specialized tasks and cooperate to achieve the system-level global goals. This is done by distributing the logistic, separating a big system on many smaller units of control. This article provides an introductory explanation on distributed artificial intelligence and multi-agent systems based on looks at some real systems used today.

**Resume**— Los sistemas centralizados sufren de algunas debilidades, como la dependencia de una comunicación centralizada, no son adecuados para la integración a gran escala, no son adecuados para manejar el desglose y agregación fácilmente. El uso de las tecnologías de los sistemas de inteligencia distribuida evita estas desventajas y debilidades ya que se basan en el uso de agentes de cooperación, organizada en componentes de hardware y de software, lo que permite la desagregación de los miembros, o la adición de nuevos agentes para el sistema, donde cada uno puede trabajar independientemente en tareas especializadas y cooperar para alcanzar los objetivos globales a nivel de sistema. Esto se hace mediante la distribución de la logística, la separación de un sistema grande en muchas unidades más pequeñas de control. Este artículo ofrece una explicación introductoria sobre la inteligencia artificial distribuida basada en sistemas multiagentes y se adentra en algunos sistemas reales utilizados en la actualidad.

**Keywords**— distributed intelligent systems, multiagent systems, autonomous subsystems, DAI, Distributed Artificial Intelligence

**Palabras claves**— sistemas inteligentes distribuidos, sistemas multi-agentes, DAI, Inteligencia artificial distribuida

## I. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico en las comunicaciones lleva al planteamiento de nuevos escenarios en los que es necesaria la compartición y la coordinación y por consiguiente nuevas metodologías, técnicas y entornos de soporte informático para

desarrollo de sistemas que incluyan los aspectos de coordinación y distribución.

La Inteligencia Artificial, campo de la informática, no ha sido impasible a este avance y avances de los años setenta aparecen los primeros trabajos en Inteligencia Artificial Distribuida (aunque la primera reunión temática fue en 1980). Su objeto es el estudio de modelos y técnicas para resolución de problemas en los que la distribución, sea física o funcional, sea inherente. La metáfora de la inteligencia utilizada está fundada en diferentes metáforas de las ciencias exactas y sociales, como la biología, la física y la sociología. Los individuales heterogéneos e independientes del sistema son inteligentes si alcanzan un cierto grado de adaptación mutua.

Este artículo busca mostrar el funcionamiento de la inteligencia artificial distribuida a través de los sistemas multiagentes, explicando la funcionalidad de que es un agente y como estos comparten el conocimiento e interactúan en conjunto para lograr el o los objetivos.

## II. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para la inteligencia artificial (IA), existen muchas definiciones de varios autores, nosotros vamos a utilizar la definición que propuso Marvin Minsky, uno de los pioneros de la IA, y dice así: “La inteligencia artificial es la ciencia de construir máquinas para que hagan cosas que, si las hicieran los humanos, requerirían inteligencia” [1].

### A. Características de inteligencia artificial

Una de sus características es que incluye varios campos de desarrollo, como la robótica, la comprensión y traducción de lenguajes, el reconocimiento y aprendizaje de palabras de máquinas o los variados sistemas computacionales expertos, que son los encargados de reproducir el comportamiento humano en una sección del conocimiento[2].

## III. INTELIGENCIA ARTIFICIAL DISTRIBUIDA

La inteligencia artificial distribuida (DAI, Distributed Artificial Intelligence) integra dos campos de conocimiento:

la inteligencia artificial y los sistemas distribuidos. A partir de esto se concibe la DAI como el campo del conocimiento que intenta construir conjuntos de entidades autónomas e inteligentes que cooperan para desarrollar un trabajo y se comunican por medio de mecanismos basados en el envío y recepción de mensajes [3].

La inteligencia artificial distribuida aparece en la década de los 80's como una nueva rama de la inteligencia artificial (IA) que tiene el fin de estudiar sistemas inteligentes formados por un conjunto de varios agentes, estos intenta resolver problemas en donde una conducta colectiva es más eficiente que una conducta individual, como lo estudia la inteligencia artificial que hace el análisis de un único agente que se encuentra en un ambiente no cambiante y que intenta resolver todo el problema con solo esta entidad.

A principios de los años ochenta los sistemas para resolución distribuida de problemas se caracterizaban por una forma de actuación concurrente en los diferentes nodos de una red, en general con control centralizado, de forma que los diferentes componentes son impasibles ante las actuaciones del resto de los componentes de la red. En este caso el objeto de estudio es la coordinación para resolución distribuida de problemas. Ejemplo paradigmático de esta época es la arquitectura de pizarra del sistema Hearsay [4].

La dimensión y la complejidad de los nuevos sistemas de información son cada vez mayores, los planes para encontrar una solución global ante cierto problema necesitan integrar soluciones de problemas más pequeños. Lo anterior se asemeja a la idea de “divide y vencerás”, en la cual los planes para resolver subproblemas son más simples y precisos.

Posteriormente en los años 90 aparecieron los sistemas multiagentes con control descentralizado y con módulos reusables [5]

En general, los sistemas de la inteligencia artificial distribuida se caracterizan por una arquitectura formada por componentes inteligentes y modulares que interactúan de forma coordinada.

#### A. Problemas básicos de la Inteligencia Artificial Distribuida

Los problemas básicos que estudia la IAD[6] que son comunes a todos los sistemas son:

- Cómo formular, describir, descomponer y asignar problemas y cómo sintetizar los resultados en un grupo de agentes inteligentes.
- Cómo capacitar a los agentes para que se comuniquen e interactúen, es decir, qué tipo de lenguaje y qué protocolos de comunicación utilizarán, qué y cuándo se comunicarán, etc.

- Cómo asegurar que los agentes actúen coherentemente a la hora de tomar decisiones o de ejecutar una acción, equilibrando los efectos globales de las decisiones locales y evitando interacciones perjudiciales;
- Cómo diseñar los agentes individuales de manera que puedan representarse y razonar acerca de las acciones, los planes y el conocimiento de otros agentes, de modo que puedan coordinarse.
- Cómo reconocer y reconciliar puntos de vista diferentes e intenciones conflictivas.
- Cómo utilizar técnicas de ingeniería de software y desarrollar sistemas con IAD.

Estos problemas se solucionan mediante diferentes teorías que se ven reflejadas en distintas áreas de trabajo, las cuales se pueden descomponer en cuatro perspectivas como se muestra en la figura 1[7].



Figura 1. Áreas de trabajo de la Inteligencia Artificial Distribuida. Adaptado de [7]

#### B. Perspectiva de agente

Varios investigadores y grupos de investigación han definido el término de agente desde diferentes puntos de vista, esto ha influido a que en la actualidad existan diferentes definiciones de lo que es un agente. La dificultad se debe especialmente a que los agentes se pueden emplear en muchos dominios de aplicación, llevando consigo a que cada dominio asocie varios y diferentes atributos a la definición de agente. Por lo tanto es conveniente dar una corta definición de agente que no involucre las características que debe tener un agente inteligente. Un agente es un sistema que está en algún ambiente y que es capaz de tomar acciones autónomas de acuerdo al estado del ambiente para cumplir sus objetivos de diseño [8].

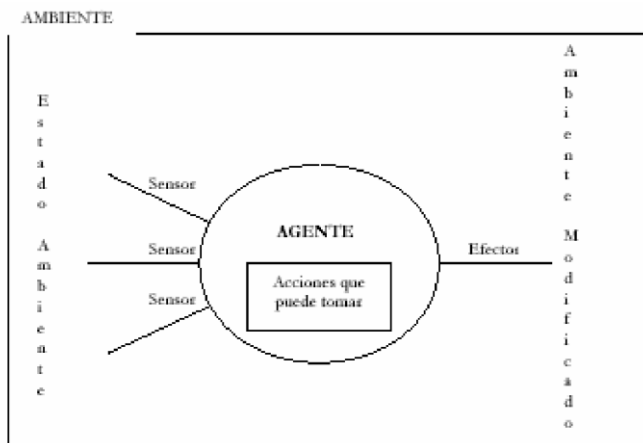


Figura 2. Esquema de la definición de agente

Un agente inteligente es un agente que debe tener un comportamiento autónomo y flexible, donde flexible quiere decir que el agente debe ser reactivo, proactivo y que tenga habilidades sociales [9].

Básicamente la inteligencia de un agente depende de las acciones que este tome al momento de enfrentar un estado del entorno para cumplir sus objetivos y de la capacidad del agente para interactuar con otros.

#### C. Características de un agente

- **Autonomía:** Un agente debe funcionar sin la intervención directa de otros agentes o humanos, además debe tener control de sus acciones y su estado interno [10].
- **Reactividad:** Ya que un agente es capaz de percibir su entorno, éste debe responder con una acción oportuna ante un cambio ocurrido en el ambiente. [9].
- **Pro-Actividad:** Los agentes deben tener un comportamiento orientado a objetivos, por lo tanto ante cualquier estado del ambiente el agente puede tomar la iniciativa de ejecutar acciones para satisfacer sus objetivos. [9].
- **Habilidad Social:** Los agentes deben ser capaces de interactuar con otros agentes, aplicaciones e incluso humanos. [9].

#### D. Clasificación de agentes

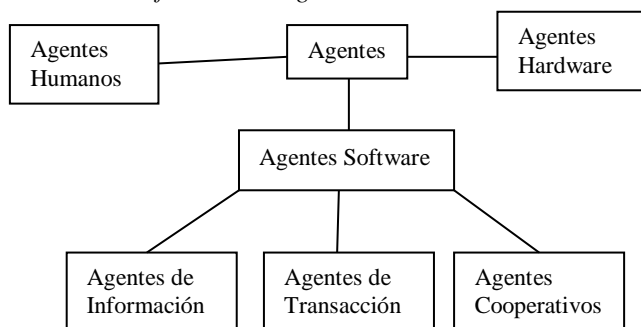


Figura 3. Clasificación de los agentes [14]

Ahora hablemos un poco de cómo estos agentes interactúan para resolver los problemas que se les presentan en un ambiente para alcanzar sus objetivos.

#### E. Resolución distribuida de problemas

La resolución distribuida de problemas (RDP) estudia los sistemas inteligentes distribuidos con una funcionalidad global y cuyos agentes cumplen unas características mínimas de [11]:

- **Benevolencia:** Los agentes cooperan con los demás siempre que les sea posible. No pueden 'mentir', ni esconder información.
- **Objetivos compartidos:** Todos los agentes valoran el resultado de la actividad del grupo con la misma escala y desean contribuir para maximizar su calidad.
- **Diseño central:** Todos los agentes se diseñan para que se integren en un sistema inteligente, capaz de resolver un problema. El diseñador debe asegurar que los agentes utilicen el mismo lenguaje, que cada agente desempeñe un papel que influya en la consecución del objetivo global etc.

El proceso de razonamiento en un grupo de agentes de un sistema RDP se puede subdividir en cuatro diferentes etapas (en general) (12):

- **Descomposición de tareas:** Una tarea se descompone en tareas menos complejas o más pequeñas.
- **Asignación de tareas y recursos entre agentes:** Se determina qué agentes tendrán que resolver una tarea y de los recursos que disponen.
- **Resolución de subproblemas:** Cada agente resuelve las tareas que le han sido asignadas.
- **Integración de soluciones:** Para componer y conseguir una solución a la tarea inicial.

Una de las respuestas que permiten que los agentes resuelvan los problemas y alcance los objetivos; tiene que ver con la manera de como comparten, planifican y distribuyen el conocimiento [13].

- **Distribución del conocimiento del caso:** Un agente no necesita acceder a un recurso que gestiona otro agente, p. e. los datos de un sensor.
- **Distribución del conocimiento del dominio:** Un agente no dispone del conocimiento necesario para resolver una tarea y la delega en otro agente.
- **Distribución del conocimiento de control (de tareas):** Un agente no sabe tramitar una tarea por lo que la pasa a un agente gestor, p. e. un planificador que descompone la tarea y asigna las sub tareas.

Ahora que el conocimiento es transmitido entre agentes, se tiene la necesidad de coordinar las acciones que cada uno de

ellos debe tomar para realizar las tareas asignadas y cumplir en conjunto el o los objetivos establecidos. Para esto en la RDP se puede clasificar entre grandes grupos [14].

- *Estructuras de organización:* En el contexto de la RDP las estructuras de organización se conciben como patrones estáticos de relaciones de información y de control entre los agentes.  
Por ejemplo, se definen áreas de interés para cada agente, en las que se especifican las tareas de las que el agente es responsable y se definen estructuras de 'autoridad', para resolver conflictos en caso de que las áreas de interés se solapen.
- *Planificación multiagente:* Antes de comenzar el proceso de resolución del problema los agentes generan un plan en el que se especifican todas sus futuras interacciones.

La planificación se realiza de forma centralizada, todos los agentes mandan sus intenciones de actuación a un agente coordinador. Este coordinador detecta relaciones conflictivas y sinérgicas entre las acciones potenciales y las coordina para generar el plan del grupo.

- *Intercambio de información a metanivel:* Este mecanismo facilita la coordinación dinámica, es decir articula el proceso de resolución de problemas con el de planificación.

Los agentes mantienen los modelos sobre los demás intercambiando información metanivel referente a su percepción del estado de resolución del problema.

De este modo predicen localmente las acciones de los demás y eligen las acciones locales compatibles.

#### IV. SISTEMAS MULTIAGENTES

Un sistema multiagente(SMA) es un sistema constituido por un número de agentes que interactúan entre sí.

Los SMA tienen como unidad funcional el agente, el cual es una entidad física o abstracta que puede percibir su ambiente mediante sensores, es capaz de evaluar tales percepciones y tomar decisiones por medio de mecanismos de razonamiento simples o complejos, comunicarse con otros agentes para obtener información y actuar sobre el medio en el que se desenvuelven a través de ejecutores [16]. Haciendo una analogía, se puede comparar un SMA como un conjunto de personas, con diferentes dominios de conocimiento, tratando de resolver un problema común.

El término SMA es aplicado a un sistema que comprende los siguientes elementos [17]:

- Un ambiente o espacio E,
- Un conjunto de objetos O, los cuales están situados, es decir, es posible en un momento determinado asociar cualquier objeto con una posición en E,
- Un conjunto de agentes A, el cual es un subconjunto de O e incluye las entidades activas del sistema, es decir, aquellas capaces de percibir, crear, destruir y modificar otros objetos, y de comunicarse con otros agentes,
- Un conjunto de relaciones R, las cuales enlazan a los objetos, y por tanto a los agentes, entre sí,
- Un conjunto de operaciones Op, que hacen posible para los agentes el percibir, producir, consumir, transformar y manipular los objetos pasivos en O,
- Un conjunto de leyes del universo, las cuales representan las condiciones de aplicación de las operaciones Op y sus consecuencias en el mundo

Dentro de los SMA, encontramos ejemplos como:

##### F. Proyecto RoboCup

RoboCup es una iniciativa de educación para promover los avances en la inteligencia artificial [18]. La primera se celebra en 1997. Uno de los objetivos de este proyecto es que en el año 2050 se puedan desarrollar un equipo de robots humanoides completamente autónomos, que puedan ganar, de acuerdo a las reglas oficiales de la FIFA, contra el ganador de la copa mundial de fútbol.

*RoboCup* tiene diferentes líneas para realizar pruebas de interacción entre sistemas multiagentes [18]:

- *RoboCup Soccer:* Primera RoboCup que asu vez tiene muchas ligas para jugar fútbol.
- *RoboCup Rescue:* Evaluar estrategias de rescates que den soporte en situaciones de emergencia en una catástrofe simulada.
- *RoboCup@Home:* Consiste en promover robots que ayuden a las personas en la vida diaria.
- *RoboCup Junior:* Tiene que ver con el apoyo educacional a los estudiantes jóvenes.

Ahora miremos como es el comportamiento de los agentes en la simulación *RoboCup Soccer*:

- Cada jugador es un agente autónomo que:
  - Procesa la información sensorial.
  - Evalúa su sistema de control.
  - Envía las acciones al simulador.
- Lo más complicado:
  - El posicionamiento en el campo. La información visual se corresponde con una serie de marcas que limitan el campo, la pelota y los otros jugadores.
  - Los algoritmos de comunicación y coordinación de los distintos agentes.

- Un jugador posee:
  - Racionamiento.
  - Manejo del conocimiento.
  - Aprendizaje.
- Un equipo posee:
  - Coordinación grupal
  - Planificación.
  - Comunicación.

#### G. Microsoft Robotics Studio

Robotics Developer Studio 4 (Microsoft RDS) es un entorno basado en Windows para desarrolladores académicos, aficionados y comerciales. Les ayuda a crear con toda facilidad aplicaciones robóticas para gran diversidad de hardware [19].

Con RDS puedes:

Interactuar con robots que usan interfaces basadas en Windows o en la Web. Puedes supervisar y controlar remotamente un robot mediante HTML y JavaScript a través de la Web [19].



Figura 4. Simulación de agentes Robotics Developer Studio [20]

#### V. CONCLUSIONES

A través de este trabajo podemos entender la funcionalidad de la inteligencia artificial distribuida basada en sistemas multiagentes, comprender como los agentes o sistemas inteligentes comparten el conocimiento y como a su vez toman las decisiones adecuadas en conjunto para obtener las metas u objetivos establecidos. Saber que existen simuladores como son RoboCup y Microsoft Robotics Studio, para simular sistemas multiagentes.

#### REFERENCIAS

- [1] Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación Por Maria Isabel Alfonso Galipienso, Miguel Angel Cazorla Quevedo, Otto Colomina Pardo, Francisco Escolano Ruiz, Miguel Angel Lozano Ortega
- [2] Inteligencia artificial. Disponible en: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol17num3/articulos/inteligencia/>. Fecha de publicación: Diciembre de 2004
- [3] RUEDA S., M. E. Ucrós, and A.Quintero. Agentes y Sistemas Multiagente: Integración de Conceptos Básicos. Memos de investigación, No. 319, pp.1-14.
- [4] Erman et al. 80, Erman, L.; Hayes-Roth, F.; Lesser, V.; Reddy, D. "The Hearsay- II Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty". Computing Surveys 12 (2), 1980, p. 213- 253
- [5] Demazeau et al. 91, Demazeau, Y. "De- centralised A.I. 2". North Holland, 1991
- [6] [BOND 1988] BOND A.H. y GASSER L. Reading in Distributed Artificial Intelligence. San Mateo, Morgan Kaufmann 1988
- [7] [IGLE 1998] IGLESIAS Fernández Carlos. Definición de una Metodología para el Desarrollo de Sistemas MultiAgentes. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 1998.
- [8] [WOOL 1995] WOOLDRIDGE Michael y JENNINGS Nicholas. Agent Theories, Architectures and Languages: A Survey. ATAL 1995.
- [9] [WOOL 1995] WOOLDRIDGE Michael y JENNINGS Nicholas. Agent Theories, Architectures and Languages: A Survey. ATAL 1995.
- [10] [JENN 1995] JENNINGS Nicholas R., y WOOLDRIDGE Michael. Intelligent Agents: Theory and Practice, Londres, The Knowledge Engineering Review. 1995.
- [11] Durfee et al. 94a, Durfee, E.; Rosenschein, J. "Distributed Problem Solving and Multi-Agent Systems: Comparisons and Examples". Proc. 13th Int. DAI Workshop, 1994, p. 94-104
- [12] Yang et al. 96, Yang, H.; Zhang, C. 'De-nition and Application of a Comprehensive Framework for Distributed Problem Solving'. [Zhang et al. 96], 1996, p. 1-15
- [13] García-Serrano et al. 97, García -Serrano, A.; Ossowski, S. "Coordinación y Cooperación en Sistemas Distribuidos". To appear in: Análisis de Sistemas Complejos (Dolado Ed.), 1997

[14] Jennings 96, Jennings, N. "Coordination Techniques for Distributed Artificial Intelligence".

[O'Hare et al. 96], 1996, p.187-210

[15]W. Brenner et al. (1998), Intelligent Software Agents, Springer Verlag (Heidelberg)

[16] RUSSELL S.J. and P. Norving. Artificial intelligence .Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall, 1995

[17]FERBER, Jacques. "Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence", Addison – Wesley Longman. 1ra. ed, 1999

[18] RoboCup. RoboCup online. Disponible en:  
<http://www.robocup.org/>, 1998. Fecha de acceso: Octubre de 2013

[19]Microsoft Robotics Studio. Microsoft Robotics Studio online. Disponible en:  
<https://www.dreamspark.com/Product/Product.aspx?productid=30>.Fecha de acceso: Octubre de 2013

[20] Microsoft Robotics Studio. Microsoft Robotics Studio online. Disponible en:  
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb483076.aspx>  
Fecha de acceso: Octubre de 2013