

Aproximación de un Diagnóstico Neurológico a través de un Sistema Multiagente Inteligente

Ciencias Computacionales

Martha Idalid RiveraGonzalez, Gelier Jonathan Reyes Vite

Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Computación
idalid@uaeh.edu.mx re206331@uaeh.edu.mx

Resumen. Los sistemas multiagentes a través de sus capacidades de cooperación y comunicación permiten resolver problemas con un enfoque diferente a los métodos tradicionales lo cual ha provocado el replanteamiento de muchos de los procedimientos médicos que hoy en día se utilizan para la exploración del paciente, estos pueden representarse a través de arboles de decisión y resolverse a través de sistemas multiagentes con el objetivo de obtener un prediagnóstico sustentado en el procesamiento de la información que los agentes perciban de su entorno.

Palabras Clave: Sistemas Multiagentes, Árboles de decisión, Prediagnóstico neurológico.

1 Introducción

Existen diversas ramas de la inteligencia artificial que se han dado a la tarea de crear soluciones a las diferentes necesidades en el campo de la medicina, una de ellas son los agentes. Los agentes proveen una metáfora natural y algunos poderosos paradigmas para la construcción y mantenimiento de sistemas distribuidos, inteligentes y abiertos.

Los sistemas en el ramo de la medicina han tenido una aceptación favorable sobre todo en tratamiento de enfermedades en áreas especializadas, tales como en el área de neurociencias.

El desarrollo de estas herramientas avanza continuamente y se abren paso nuevas tecnologías que nos llevan a reconsiderar las soluciones planteadas.

Los sistemas multiagente son parte de esta nueva tendencia tecnológica, sus capacidades para resolver problemas que requieren coordinación y comunicación superan al modelo orientado a objetos en muchos aspectos permitiendo la construcción de sistemas dinámicos capaces de adaptarse a los cambios que sufra su entorno, una de las aplicaciones que se encuentran a este tipo de sistemas se centra en

el desarrollo de software de prediagnóstico, en este artículo abordaremos el análisis y diseño de un sistema multiagente que mediante el uso de árboles de decisión permite obtener una exploración preliminar y puntual de un paciente determinado, como caso de estudio nos enfocaremos a la aplicación de un test para detectar posibles estructuras neurológicas dañadas en una persona.

El enfoque del sistema multiagente permitirá obtener las soluciones apropiadas que conlleven al logro de las metas propuestas con base a las capacidades almacenadas en cada uno de los agentes que conforman al sistema, este enfoque es flexible y permite implementar la especialización en cada uno de los agentes que conforman al sistema, lo cual, brinda la posibilidad de segmentar el problema en varias capas.

La metodología a utilizar en el desarrollo del sistema multiagentes está sustentada en INGENIAS la cual resuelve el problema de análisis y diseño de sistemas multiagente desde cinco puntos de vista que son: la organización de los agentes, el agente, tareas y objetivos, las interacciones (como se comunican los agentes) y el entorno (define que es lo que existe alrededor del sistema multiagente).

El procesamiento del conocimiento adquirido se realizara mediante árboles de decisión, estos se encargaran de clasificar los resultados obtenidos con el objetivo de hacer estimaciones sobre los datos y mejorar el razonamiento de los agentes en el sistema.

El sistema multiagente será construido sobre la plataforma JADE (Java Agent Development Framework).

2 Agentes

El concepto de agente ha aparecido recientemente (años 90) y con él se ha producido la fusión de varias disciplinas científicas que abarcan desde la inteligencia artificial hasta la psicología, pasando por la ingeniería del software, las bases de datos, los sistemas distribuidos, la sociología, etc. Desde un punto de vista tecnológico se puede decir que la teoría de agentes aglutina todos los campos relacionados con la informática [1].

Un agente es un sistema informático, situado en algún entorno, dentro del cual actúa de forma autónoma y flexible para así cumplir sus objetivos. Además la interacción con el medio, un agente se caracteriza, utilizando la definición de [2], por las siguientes propiedades.

1. **Autonomía:** tiene la capacidad de actuar sin intervención humana directa o de otros agentes
2. **Sociabilidad:** capacidad de interactuar con otros agentes, utilizando como medio algún lengua de comunicación entre agentes

3. **Reactividad:** un agente está inmerso en un determinado entorno (hábitat), del que percibe estímulos y ante los que debe de reaccionar en un tiempo preestablecido.
4. **Iniciativa:** un agente no solo debe reaccionar a los cambios que se produzcan en su entorno, sino que ha de tener un carácter emprendedor y tomar la iniciativa para actuar guiado por los objetivos que debe satisfacer.

Para proporcionar una manera simple de caracterizar el espacio de los tipos de agentes [3] ha definido 3 tipos de agentes en base al grado de capacidad de solución de problemas:

1. Reactivos
2. Intencionales
3. Sociales

Los orígenes de la tecnología de agentes [4] [5] comienzan con la inteligencia artificial distribuida (IAD), es decir con la resolución de problemas (computación inteligente) de forma distribuida. El concepto de agente como entidad computacional aislada evoluciona desde la IAD debido al influjo de la ingeniería del software.

Actualmente se habla de la programación orientada al agente desde el punto de vista de la ingeniería del software como la metodología capaz de superar las limitaciones de la programación orientada a objetos.

Para desarrollar agentes se pueden utilizar lenguajes de propósito general, entre los que cabe destacar los orientados a objetos, debido al cierto paralelismo entre objetos y agentes, como C++ o Java, o lenguajes específicos de agentes, de los que han aparecido numerosas propuestas en los últimos años, que suelen tener asociadas plataformas de desarrollo, una de estas es JADE de la cual se hare mención más adelante.

Los lenguajes de agentes han de permitir definir la estructura, estado y comportamiento de cada agente.

3 Sistemas Multiagentes

Los agentes no funcionan aisladamente, típicamente deben de operar en un ambiente donde concurren varios agentes para el logro de sus metas en este sentido es importante verles como sistemas sociales, la idea de ver un sistema como una sociedad es útil cuando este es manejado en termino de roles [6].

Los roles permiten dotar al sistema de diferentes grados de especialización en la medida que el problema a resolver así lo requiera ya que cada agente que conforma al sistema tendrá una tarea específica que será resuelta con el objetivo de satisfacer las demandas del sistema.

En general los sistemas multiagente tratan sobre la coordinación inteligente entre una colección de agentes autónomos, cómo pueden coordinar sus conocimientos, metas, propiedades y planes para tomar una decisión o resolver un problema [7],

Dentro de la terminología de este campo es importante clarificar en primer lugar la diferencia entre un sistema basado en agentes y un sistema multiagente [6]. Un sistema basado en agentes es aquel que utiliza el concepto de agente como mecanismo de abstracción, pero aunque sea modelado en términos de agentes podría ser implementado sin ninguna estructura de software correspondiente a éstos. Por otro lado, un sistema multiagente es aquel que se diseña e implementa pensando en que estará compuesto por varios agentes que interactuarán entre sí, de forma que juntos permitan alcanzar la funcionalidad deseada [8]. En este caso, hay que hacer un mayor esfuerzo de abstracción, identificar mecanismos de aprendizaje, coordinación, negociación, etc. Los sistemas multiagente son adecuados para solucionar problemas para los que hay múltiples métodos de resolución y/o múltiples entidades capaces de trabajar conjuntamente para solucionarlos [9]. Por ello, uno de los aspectos básicos en estos sistemas es la interacción entre los diferentes agentes que los forman, la definición de modelos concretos de cooperación, coordinación o negociación entre los agentes.

3 Análisis del Caso de Estudio

Existen actualmente muchos trabajos que hablan sobre el enfoque multiagente para resolver problemas de diagnóstico, muchos de estos trabajos son muy similares en cuanto a la organización de los agentes pero difieren en la técnica que utilizan para llevar a cabo el aprendizaje o los procesos de diagnóstico, dichas técnicas pueden ser redes bayesianas mencionadas en el trabajo titulado *A multi-agent intelligent environment for medical knowledge* [10] o redes neuronales incluidas en *Case based reasoning versus artificial neural networks in medical diagnosis*[11].

En realidad el uso de las técnicas de inteligencia artificial que usen estos sistemas depende mucho de los objetivos particulares que se pretendan los cuales entre más especializados sean requieren de técnicas más finas o combinaciones de ambas que resuelvan el problema de diagnóstico.

En el artículo *Visualizing a Multiagent-Based Medical Diagnosis System*[12] el proceso de diagnóstico es visto como un proceso distribuido y cooperativo que involucra diferentes especialistas, departamentos y fuentes de conocimiento.

De manera similar y basándose en este modelo, el caso de estudio planteado resolverá una parte de todo este procedimiento que abarca el diagnóstico diferencial.

El caso de estudio abordado tiene que ver de forma muy particular con el proceso de diagnóstico diferencial, la forma en que un diagnóstico diferencial se lleva a cabo implica una serie de pasos que obligan a considerar un número abierto de variables antes de emitir un diagnóstico definitivo, el ser humano no siempre es capaz de considerar todos los factores que influyen en una determinada enfermedad lo cual dificulta la elaboración de un perfil de riesgo para un paciente determinado, los sistemas multiagentes gracias a la capacidad de comunicación, especialización y modificación de su entorno permiten replantear las estrategias para obtener las metas y así considerar factores que no se tenían en cuenta anteriormente.

El diagnóstico diferencial está dividido en 2 grandes etapas que son la formación de hipótesis y la recolección de evidencia médica Fig1.

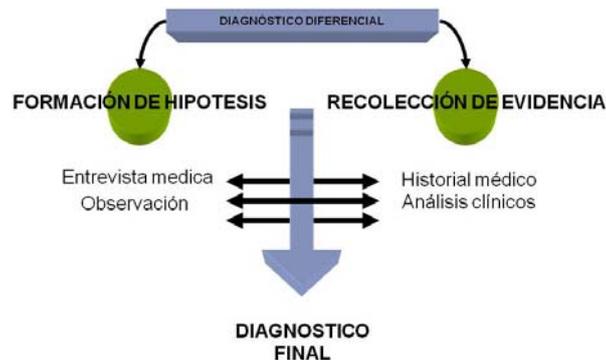


Fig. 1. Proceso de diagnóstico diferencial

Ambas partes se conjuntan para descartar posibles enfermedades en un paciente dejando como resultado un diagnóstico final o definitivo, la parte que concierne directamente a la entrevista médica consiste en la observación del paciente y en la realización de una serie de preguntas sobre signos y síntomas que presenta la persona afectada en ese momento, el resultado de esta primera fase del diagnóstico diferencial sirve como prediagnóstico para el médico y es corroborada a través de una serie de estudios clínicos más a detalle.

En la literatura médica es común observar árboles de decisión simples que ordenan las preguntas de tal forma que en las ramas de los árboles se encuentran las posibles causas del malestar o la posible zona afectada en un paciente. En conjunto, sistemas multiagentes y árboles de decisión son herramientas tecnológicas que vale la pena explotar a fin de crear una herramienta que permita dar solución nuestro caso de estudio.

3 Diseño del Caso de Estudio

La metodología elegida para el diseño del sistema se denomina INGENIAS. INGENIAS concibe el sistema multiagente como [13] la representación computacional de un conjunto de modelos. Cada uno de estos modelos muestra una visión parcial del sistema multiagente: los agentes que lo componen, las interacciones que existen entre ellos, cómo se organizan para proporcionar la funcionalidad del sistema, qué información es relevante en el dominio, las tareas y objetivos que tienen lugar en el sistema y cómo es el entorno en el que se ubica el sistema a desarrollar.

INGENIAS proporciona herramientas gráficas para generar especificaciones, validar los diseños, generar código de forma automática y generar documentos.

A través de los modelos que proporciona INGENIAS es sencillo representar todos los aspectos de un sistema de agentes. Cada uno de estos modelos se centra en aspectos concretos del sistema:

- **Modelo de organización:** es el equivalente a la arquitectura del sistema. Describe como se agrupan y coordinan los distintos componentes del sistema, identifica las tareas relevantes para la organización, así como sus objetivos globales, y define restricciones en las interacciones entre los agentes.
- **Modelo de agente:** describe agentes particulares, sus tareas, objetivos, los roles que desempeñan y los estados mentales en que se encontrarán a lo largo de su vida.
- **Modelo de objetivos y tareas:** tiene como propósito recoger las motivaciones del sistema de agentes, definir las relaciones entre objetivos y tareas, indicar las entradas y salidas de cada tarea, y describir cuáles son sus efectos, tanto en el entorno como en el estado mental de sus agentes responsables.
- **Modelo de interacción:** describe como se coordinan y comunican los agentes del sistema. Esto incluye a los actores implicados, las unidades de interacción, los protocolos utilizados y cómo afecta la interacción en el contexto.
- **Modelo de entorno:** En este meta-modelo el propósito no es generar representaciones del mundo en el que se ubica el sistema, sino, desde un punto de vista más pragmático, categorizar el tipo de entidades relevantes en el entorno y restringir la interacción con ellas. Así, el entorno contendrá sólo recursos, aplicaciones y agentes, y se limitará la percepción y actuación de los agentes.

El sistema multiagente inteligente está conformado por 4 agentes:

- a. Agente Entrevistador: Agente que se encargara de evaluar al paciente mediante la base de preguntas existente.
- b. Agente de Datos: Encargado de llevar el control de los pacientes distribuyendo la información obtenida por el agente entrevistador
- c. Agente Broker: Encargado de llevar el control de las comunicaciones entre los agentes distribuyendo la información obtenida por estos.
- d. Agente de Prediagnóstico: Encargado de integrar un prediagnóstico en base a la información recibida del agente de datos.

La organización de los agentes mencionados se detalla en la Fig 2.

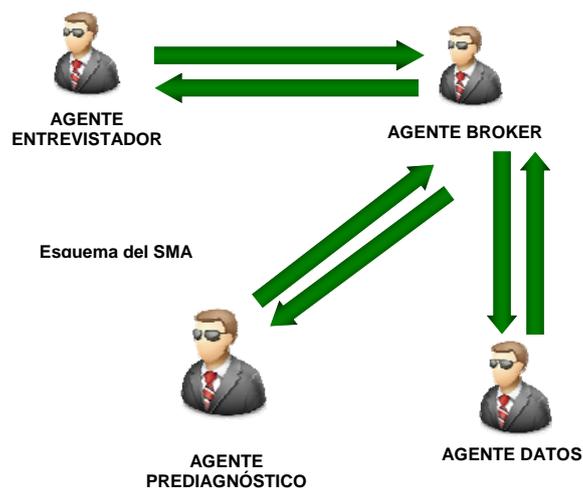


Fig. 2. Esquema del sistema multiagente

La comunicación de los agentes se lleva a cabo mediante ACL (*Agent Communication Language*) [14] un estándar desarrollado por FIPA¹ (*Foundation for Intelligent Physical Agent*) basado en actos del habla en donde se definen protocolos de interacción de alto nivel, llamados conversaciones, las conversaciones entre agentes

¹ FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agent*) FIPA es una organización que promueve estándares de tecnología a basada en agentes y la interoperabilidad con otras tecnologías a través de normas.

suelen seguir ciertos patrones, secuencia típicas de mensajes denominados protocolos de conversación, existen protocolos definidos por FIPA para la comunicación, en este trabajo de tesis se hace uso del protocolo FIPA-request, el protocolo permite a un agente realizar una petición sobre una acción a realizar y recibir una respuesta del agente receptor[15] la representación del protocolo está definida en la Fig 3.

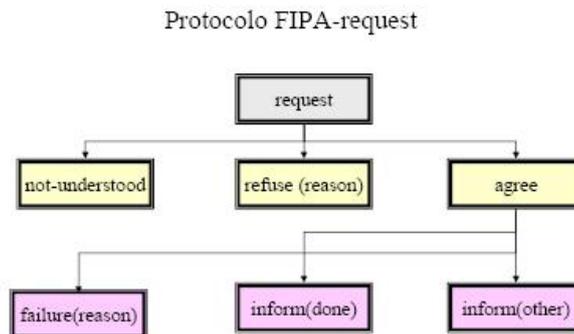


Fig. 3. Protocolo FIPA-request

Cabe mencionar el tipo de arquitectura que hace uso el sistema multiagente se trata una arquitectura híbrida centrada en reaccionar a los eventos que tengan lugar en el entorno pero cuidando que las decisiones se toman utilizando mecanismos de razonamiento lógico Fig. 4.

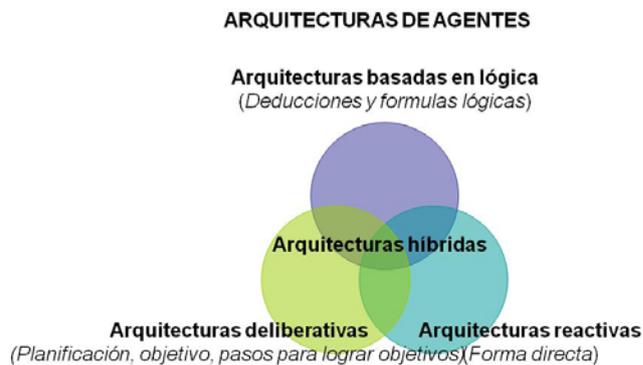


Fig. 4. Arquitecturas de agentes

El funcionamiento del sistema tiene lugar cuando un paciente acude y empieza la comunicación del agente entrevistador con el agente bróker este se encarga de hacer una petición al agente de datos solicitando información relativa al paciente y si este

existe dentro de la base de datos de pacientes se muestra la información correspondiente a dicho paciente de lo contrario el agente devuelve un mensaje de paciente no localizado, ya sea que el paciente se encuentre dado de alta o no el agente entrevistador procede con la aplicación del cuestionario medico que en este caso se trata de una serie de preguntas sobre signos y síntomas neurológicos.

La forma en que se encuentra estructurado el cuestionario se basa en un árbol de decisión simple el cual es almacenado en la base de datos de tal forma que el agente entrevistador se encargue de aplicarlo tal cual indica el árbol, con el fin de integrar un prediagnóstico y almacenarlo en el historial del paciente.

El especialista, si así lo decidiese, es capaz de modificar en cualquier momento las características del sistema con el fin de que se adapten al tipo de prediagnóstico del cual se quiere tener conocimiento en su momento.

La plataforma utilizada para desarrollar los agentes es JADE (Java Agent DEvelopment Framework) que es un *middleware* que proporciona tanto un entorno de desarrollo como un entorno de ejecución para la realización y mantenimiento de sistemas multiagente. El entorno de desarrollo está formado por una serie de librerías en Java que permiten la implementación de agentes de manera limpia e independiente de la plataforma sobre la que se va a ejecutar [16].

El diseño de las interacciones de los agentes con su entorno estará a cargo de INGENIAS el cual basa el diseño del sistema multiagente en los siguientes aspectos:

1. Los agentes que componen al sistema.
2. Las interacciones que existen entre ellos.
3. Cómo se organizan para proporcionar la funcionalidad del sistema.
4. Qué información es relevante en el dominio
5. Cómo es el entorno en el que se ubica el sistema a desarrolla

4 Conclusiones

El diagnóstico de enfermedades haciendo uso de sistemas multiagentes resulta extremadamente útil como una herramienta de apoyo para el personal médico o personas que carezcan de la infraestructura apropiada para llevar a cabo una observación mínima de un paciente en riesgo potencial, ya que los agentes permiten descomponer los procedimientos médicos clásicos en tareas que se resuelven haciendo uso de las capacidades de comunicación que poseen los agentes, subsanando las deficiencias humanas que conlleva el considerar un número indefinido de variables a la hora de integrar el diagnóstico diferencial y adaptándose a las necesidades que un entorno en continuo cambio les exija.

El modelado de este tipo de sistemas depende en gran medida de las necesidades específicas que quieran atenderse, pero la gran mayoría de los trabajos descomponen la

problemática de manera similar, centrándose generalmente en el mecanismo de decisión que el agente de diagnóstico adopte para integrar un resultado, los demás agentes que componen al sistema trabajan para aportar datos obtenidos del entorno a este agente.

En este artículo se abordó el diseño y desarrollo de solo una parte del diagnóstico diferencial haciendo uso de los árboles de decisión en su forma más simple para brindar un prediagnóstico que se ajustara a los entrevistas aplicadas por los médicos a pacientes que padecen de enfermedades de tipo neurológico, con el fin de facilitar y minimizar el error a la hora de emitir un juicio final sobre el estado de un paciente o canalizar de una mejor manera las atenciones que este debe recibir en determinado momento si no cuenta con la presencia de un especialista.

Referencias

- [1] José M. Molina López, Jesús García Herrero y Ana Ma, Bernardos Barbolla, *Agentes y Sistemas Multiagentes*, Departamento de Informática, Univ. Carlos III de Madrid, 2004.
- [2] Wooldridge M., Jennings N. R. *Intelligent Agents: Theory and Practice*. The Knowledge Engineering Review, vol. 10(2) pp. 115-152, 1995.
- [3] Moulin, Chaïb-draa, *Hierarchical model and communication by signs, signals and symbols in multiagent environments*. J. Exp. Theor. Artif. Intell, 1996.
- [4] Bradshaw, J., *Software Agents*, AAAI Press/The MIT Press, 1996.
- [5] Ferber, J., *Multi-Agent Systems. An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Addison-Wesley, 1999.
- [6] Jennings R., Sycara K., Wooldridge M., *A Roadmap of Agent Research and Development*, Autonomous Agents and Multiagent Systems, vol 1, n° 1 pp 275-306, 1998.
- [7] Bond y Gasser, Bond A.H., Gasser L. *Readings in Distributed Artificial Intelligence*. Morgan Kaufman, 1988
- [8] Bussman S. Y Müller H. J. *A communication achitecture for cooperating agents*. Compt. Artif. Intell. 12(1), 37-54, 1993.
- [9] Chu-Carroll C. y Carberry S. *Conflict Detection and Resolution in Collaborative Planning INTELLIGENT AGENTS II: Agent Theories, Architectures and Languages*, pp 111-127, Wooldridge, Michael J, Mueller, P and Tambe, Milind, (Eds), Springer Verlag, Berlin 1995.
- [10] Rosa M. Vicaria, Cecilia D. Flores, Rosa M. Vicaria, Cecilia D. Flores, *A multi-agent intelligent environment for medical knowledge*, Informatics Institute, Federal University of Rio Grande do Sul, Caixa, 2005.

- [11] Victor Alves, Paulo Novais, *Case based reasoning versus artificial neural networks in medical diagnosis*, Departamento de Informática, Universidade do Minho Braga, Portugal, 2004.
- [11] Tawfig Abdelaziz, Mohamed Elammari, Tawfig Abdelaziz, Mohamed Elammari, *Visualizing a Multiagent-Based Medical Diagnosis System Using a Methodology Based on Use Case Maps*, University of Duisburg-Essen Institute for Computer Science and Business Information Systems (ICB), 2004.
- [13] INGENIAS.. Universidad Complutense de Madrid (GRASIA).
<http://grasia.fdi.ucm.es/ingenias>, 2005
- [14] FIPA-ACL, <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/SC00061G.pdf>.
- [15] FIPA-Request <http://www.fipa.org/specs/fipa00026/SC00026H.pdf>.
- [16] Garamendi-Bragado, Garamendi J, *Agentes Inteligentes: JADE*, Programa de Doctorado: Informática y Modelización Matemática, Universidad Rey Juan Carlos, 2004.