

## **Aplicaciones de la Tecnología Agente a los Sistemas de Información de las Organizaciones.**

José Ignacio Bautista Marañón<sup>1</sup>, Ernesto Pérez Álvarez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial, E.U. Politécnica, C/Francisco Mendizábal s/n 47014 Valladolid, [jignacio@sid.eup.uva.es](mailto:jignacio@sid.eup.uva.es)

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial, E.U. Politécnica, C/Francisco Mendizábal s/n 47014 Valladolid, [ernesto@sid.eup.uva.es](mailto:ernesto@sid.eup.uva.es)

### **RESUMEN**

*En este trabajo se lleva a cabo un estudio preliminar sobre la utilidad de la tecnología agente en el diseño y explotación de los sistemas de información para la dirección. El motivo de la realización de este estudio se fundamenta en el creciente interés que tienen las organizaciones por la aplicación de sistemas de información basados en agentes, que potencian el ahorro de esfuerzo, la flexibilidad y la personalización de cara al cliente.*

### **1. Introducción.**

Los sistemas de información (SI) se han desarrollado para facilitar la labor de los directivos mejorando la calidad de las decisiones. La eficiencia de estos sistemas esta relacionada con la tecnología que utilizan. Con la tecnología agente se pueden automatizar algunas tareas que hasta ahora eran realizadas directamente por personas y también estructurar y formalizar métodos de ejecución de determinadas tareas [1].

El propósito de aplicar la tecnología agente a los SI es conseguir un incremento de la sinergia que se crea entre la experiencia y las aptitudes de las personas, por una parte y el empleo de la tecnología por otra. Los agentes tienen un objetivo directo. El enfoque agente implica asignación de tareas y delegación de responsabilidades. Con el fin de cumplir las tareas asignadas, los agentes toman autónomamente su propia iniciativa y deciden dinámicamente qué acciones deben realizar respondiendo a su entorno.

Este trabajo muestra en primer término cuáles son las propiedades que tienen mayor importancia para las organizaciones y que requieren la toma de decisiones. A partir de estas propiedades se analizan las características que deben tener los sistemas de apoyo a la gestión y se comparan con las características que tienen los agentes inteligentes según la teoría de agentes. El resultado es que la tecnología agente ofrece una interesante alternativa para la construcción de SI ya que se adapta a los requerimientos básicos de estos.

Seguidamente, se exponen los rasgos diferenciales de las aplicaciones de la tecnología agente a los SI. Esta exposición se centra fundamentalmente en una de las áreas de investigación de la teoría de agentes [2], las arquitecturas.

Debido al creciente interés que tienen las organizaciones por la aplicación de SI basados en agentes, este trabajo concluye con una exposición de grupos de investigación, aplicaciones y su procedencia, que han realizado trabajos relacionados con la toma de decisiones en las organizaciones.

## 2. **Justificación del empleo de la tecnología agente en los sistemas de información de las organizaciones.**

Los Administradores de las organizaciones toman decisiones basándose en una combinación de juicios e información que provienen de las áreas de marketing, compras, investigación y desarrollo, producción, finanzas, etc. A partir del análisis de los procesos de negocio de distintas organizaciones de carácter industrial y de servicios se obtienen varias características comunes a todos ellos [3]:

- Cada organización intenta sacar el máximo provecho de cada una de sus actividades.
- Las organizaciones están físicamente distribuidas en una población, un país o incluso en continentes diferentes.
- La información, los recursos utilizados y los trabajos realizados por las organizaciones están descentralizados.
- En la organización hay diferentes grupos que actúan de forma autónoma y controlan cómo se consumen sus recursos, por quién, a qué coste y en cuánto tiempo. Tienen sus propios sistemas de información con su propia idiosincrasia para la gestión de sus recursos.
- Existe un grado elevado de competencia natural. Varias tareas relacionadas se ejecutan en cualquier punto del proceso de negocio.
- Hay necesidad de supervisar y administrar el proceso de negocio completo. Existe la necesidad de imponer restricciones al proceso completo: tiempo total, presupuesto total,...
- Los procesos de negocio son muy dinámicos e impredecibles. Es muy difícil especificar a priori las actividades que deben realizarse y cual será su orden debido a los retrasos y otros imprevistos (enfermedades, tareas que llevan más tiempo de lo esperado,...).

Toda la información proveniente de fuentes autónomas debería estar agrupada antes de realizar ningún juicio. Sin embargo, obtener información adecuada, pertinente y actual a través de una gran organización es un proceso complejo y duradero. Por este motivo las organizaciones han intentado desarrollar un conjunto de sistemas que pretenden mejorar las vías de entrada de la información así como su gestión, distribución y presentación de cara a las personas. Las características buscadas en un sistema de este tipo son [3] y [4]:

- El sistema debe permitir al decisor acceder a la información relevante siempre que ésta se encuentre dentro de la organización. Esto debería ser posible a pesar del hecho de que la información pueda estar repartida entre varios sistemas diferentes y bajo distintos formatos.
- El sistema debe permitir al decisor solicitar y obtener servicios de gestión de información de otros departamentos de la propia organización y en algunos casos incluso de fuera de la misma.
- Debe identificar y repartir proactivamente información relevante y oportuna que no haya sido solicitada explícitamente, debido a que el decisor ignora su existencia.

- Debe detectar los cambios efectuados en otros puntos del proceso de negociación que puedan afectar a la decisión que se está negociando e informar de ellos al decisor. A partir de aquí el sistema debe adaptarse a los cambios de forma razonada. El sistema debe conocer sus limitaciones en cuanto a la capacidad de adaptación.

- El sistema debe identificar las partes que puedan estar interesadas en las consecuencias y los resultados de la actividad de toma de decisión para poder integrar el cambio.

Por otra parte, la teoría de agentes aporta las características de los agentes [5]:

- **Autonomía:** Los agentes efectúan la mayoría de sus tareas de resolución de problemas sin la intervención directa de personas ni de otros agentes y tienen control sobre sus propias acciones y su estado interno.
- **Sociabilidad:** Los agentes interactúan cuando lo consideran apropiado, con otros agentes o con personas para completar sus tareas o ayudar a otros en sus actividades. Esto requiere que los agentes tengan un medio de comunicar sus necesidades a los demás y un mecanismo interno para decidir que y cuando es apropiada la aptitud social.
- **Reactividad:** Los agentes perciben su entorno y responden de forma adecuada a los cambios que ocurren en él.
- **Proactividad:** Los agentes no actúan únicamente en respuesta a su entorno, tienen comportamiento oportunista y están enfocados hacia el objetivo y tienen iniciativa.

Y también las de los sistemas multiagente:

- **Cooperación:** es el proceso por el que ciertos agentes participantes generan deberes mutuamente dependientes en actividades conjuntas.
- **Resolución de conflictos:** debido a la coexistencia de varios agentes dentro de un sistema multiagente, pueden darse circunstancias que desemboquen en conflictos. Dichas circunstancias pueden ser varias y diversas como que el conocimiento local es incorrecto o incompleto; se da una coexistencia de metas diferentes; hay diferentes criterios de evaluación de soluciones; los recursos están limitados, etc.
- **Negociación:** será el mecanismo que, a partir de varias percepciones individuales diferentes, de como consecuencia un punto de encuentro que maximice la utilidad del sistema global.
- **Compartición del conocimiento:** para lo cual se requiere una representación del conocimiento común para todos los agentes (ontologías) y unos protocolos de comunicación comunes para los agentes.

Teniendo en cuenta todas las características y el hecho de que la tecnología multiagente se basa en la descomposición del problema en procesos cooperantes que comparten conocimientos, y su procesamiento de modo descentralizado, se puede decir que esta tecnología resulta adecuada para la construcción de sistemas de información por los siguientes motivos:

- El sistema distribuido de agentes permitirá mantener la estructura de la organización y el acceso a la información se producirá por la comunicación entre agentes. Así un decisor podrá solicitar y obtener servicios de otros núcleos de la organización.

- La información proveniente de las distintas fuentes autónomas de la organización podrá ser oportunamente difundida gracias a la autonomía y proactividad de los agentes.

- La sociabilidad de los agentes permitirá la detección de cambios en otras partes de la organización. La resolución de conflictos será muy útil para la adaptación a los cambios. El conocimiento del estado interno del propio agente hará que éste conozca sus limitaciones en cuanto a capacidad de adaptación.

- La autonomía y sociabilidad también van a proporcionar el medio para identificar las partes interesadas en los resultados de la toma de decisiones.

### **3. Lenguajes y arquitecturas en las aplicaciones de la tecnología agente a los sistemas de información de las organizaciones.**

Como lenguajes de implementación para construir las estructuras de los agentes y los entornos en caso de ser simulados, en las aplicaciones a SI se utilizan: C++ y Java fundamentalmente, aunque pueden encontrarse aplicaciones con otros lenguajes. Sin embargo se ha considerado enfocar este trabajo hacia el campo de las arquitecturas debido a que es una pieza clave de cara a la adaptación a los requerimientos de las estructuras de los negocios.

En primer lugar es necesario hacer la distinción entre los conceptos de arquitectura de un agente, que se refiere a la organización interna de dicho agente y arquitectura de un sistema multiagente (SMA), que es la organización de ese sistema [6].

Las arquitecturas que se utilizan en las aplicaciones a SI son de pizarra o de capa. Las arquitecturas de capa se pueden diferenciar en base a la posibilidad de que las capas accedan a sensores y actuadores o no [2] y [7]. Así se tiene una arquitectura horizontal cuando todas las capas acceden a sensores y actuadores. En este caso habrá un elevado conocimiento del control entre capas. La arquitectura es vertical cuando sólo accede la capa más baja que también será la más compleja. Por otra parte, atendiendo a la estructura de subordinación una arquitectura puede ser clasificada como jerárquica, federativa, autónoma o híbrida [5].

- Arquitectura de pizarra: El sistema está formado por un conjunto de módulos (agentes) que no se comunican entre sí, sino a través de una “pizarra” compartida que mantiene los estados parciales de un problema que se está resolviendo. Un sistema de control gestiona los conflictos de acceso entre los módulos. La función que desempeñan los agentes es variable. En la “pizarra” hay una descomposición jerárquica de conceptos y causas que estructura la subordinación de hipótesis y resultados intermedios. La “pizarra” además es el medio de comunicación entre agentes.

Se debe tener en cuenta que hay investigadores que no consideran los sistemas de pizarra como sistemas de inteligencia artificial distribuida debido a que tienen un mecanismo de control muy centralizado y falta de memoria local [6].

- SMA con arquitectura jerárquica, horizontal y modular: Está compuesta por módulos que

realizan una función concreta y fija. Son módulos especializados, esto supone que la forma de circular la información en el sistema ha sido predefinida por el usuario. La estructura de subordinación de los módulos es jerárquica, de tal modo que un agente del nivel superior realiza sus funciones a través de agentes del nivel inferior, y estos no pueden rechazar propuestas pero pueden ofrecer contrapropuestas. El agente negociará de modo cooperativo y competitivo. La deliberación se produce mediante un enfoque descendente (top-down) con el que el agente determina qué pasos debe enlazar para lograr su objetivo.

- **Arquitectura federativa con agente mediador.** Un único agente se encarga de gestionar el conjunto de procesos de asignación centralizando las demandas de los clientes y las ofertas de los servidores a fin de hacer que estas dos categorías se correspondan. La arquitectura del agente mediador es modular.

El problema en este tipo de aplicaciones reside en que si el mediador deja de funcionar el sistema se paraliza. Es posible evitar esta situación introduciendo más de un mediador, pero el inconveniente en esta situación es que se debe dirigir la coherencia entre todos los mediadores lo cual es una tarea complicada.

- **Sistema basado en la incorporación de un agente para la toma de decisiones:** Solución que consiste en un sistema de apoyo a la toma de decisiones (Decision Support System, DSS) que incluye un módulo de toma de decisiones que es un agente. Este sistema tiene un enfoque descendente.

Las arquitecturas anteriores están construidas con uno o más agentes que en algunos casos componen un sistema multiagente de apoyo a la toma de decisiones. Dichos agentes tienen su propia arquitectura u organización interna que puede asemejarse más o menos a la del propio sistema al que pertenecen.

#### **4 Clasificación de las aplicaciones de tecnología agente a SI.**

En este apartado se exponen diferentes tipos de aplicaciones de agentes a SI. En primer lugar se hace una diferenciación en función del grado de agregación de la información que tienen los SI. Después se relacionan algunos de los trabajos que han sido realizados para esos grados de agregación.

Las aplicaciones que se realizan a SI están orientadas generalmente a la construcción de sistemas de asistencia para la toma de decisiones, DSS. En menor medida se han realizado investigaciones enfocadas a la creación de sistemas de información ejecutivos (Executive Information System, EIS) los cuales más que asistir a la toma de decisiones lo que hacen es guiar el pensamiento gerencial [8], por lo que el grado de agregación de la información es de mayor dimensión. En los EIS no sólo es necesaria la información acerca de la propia organización, los clientes y los recursos sino también la información proveniente del resto del mercado, cambios sociales, políticos, culturales,...

Un proyecto interesante de aplicación a EIS es IVAAN<sup>TM</sup> (Information Variance And Analysis Notices) [9] que proporciona un SMA con la capacidad de un equipo de gestión para controlar y aportar información de forma sistemática e inteligente, vía e-mail u otro tipo de sistema de mensajes, en tiempo real y sin la intervención de personas.

En cuanto a las aplicaciones a DSS, en general se utilizan para asistir a la toma de decisiones en un área determinada de la organización y a partir de información recogida tanto en fuentes de información autónoma externa como interna a la organización. También existen aplicaciones a sistemas de información geográficos (Geographic Information System, GIS) que son una categoría de DSS que integran los gráficos por computador y las bases de datos geográficos con otras propiedades de los DSS [10]. A continuación, en la tabla 1, se muestran algunos de los proyectos más interesantes de aplicaciones a DSS:

Proyecto	Grupo investigador	Área	Características
ADEPT	Jennings et al 1996 Queen Mary & W. College	Generación de presupuesto de diseño de redes	Arquitectura modular
NAVCo	Bose et al 2000 U. George Mason	Coordinación de políticas para la adaptación a la demanda	Arquitectura Middleware
A-Teams	Rachlin et al 1998 IBM T. J. W. R. Center	Optimización de la toma de decisiones para obtener ventajas en costes	Arquitectura de pizarra sin control centralizado
CIAT	Chapman et al 1998 CDM Technologies, Inc	Gestión de puertos marítimos	Arquitectura de pizarra
EMCAT	Chapman et al 1999 CDM Technologies, Inc	Gestión de puertos marítimos	Arquitectura de pizarra
Mediator	Tönshoff et al 2000 U. Hannover	Coordinación entre oficinas de ventas y plantas productivas	Arquitectura federativa con agente mediador
CMA	Schwartz 2000 U. Bar-Ilan	Decisiones de producto, precio, distribución y promoción en marketing	Arquitectura de pizarra sin control centralizado
MSCM	Smirnov 2000 SPIIRAS	Gestión de la configuración de sistemas productivos	Arquitectura modular
IPK	Di Conatanzo et al 1998 ENEA	GIS	DSS con un agente modular para la toma de decisiones
MokSAF	Lenox et al 2001 U. Pittsburgh	GIS	Sistemas basados en agente único
SIGLA	Grueau y Rodrigues Centro Nacional de Informação Geográfica	GIS	SMA
¿?	Chuang y Yadav U. Texas Tech	Propuesta de SMA para crear un DSS adaptativo	Arquitectura federativa

Tabla 1: Relación de proyectos en los que se ha utilizado la tecnología agente en DSS.

## 5 Conclusiones.

A partir de este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La tecnología agente, como herramienta para construir SI, tiene un éxito creciente a la vista de la cantidad de proyectos y aplicaciones en el mercado.
- Existe un número reducido de arquitecturas de software básicas que se emplean en estas aplicaciones. También se pueden encontrar variaciones de éstas en función de las

necesidades particulares de cada organización.

- La mayoría de los sistemas de información basados en tecnología agente son aplicaciones a DSS.

## Referencias

- [1] Liu, S. (1999) "Perspectives on and Prospects for Software Agent Systems", *TUCS Technical Report*, 269.
- [2] Liu, S. (1996) "Applying Intelligent Agents in the Scanning and Interpretation of Strategic Data", *TUCS Technical Report*, 85.
- [3] Jennings, N. R., Faratin, P., Johnson, M. J., O'Brien, P. and Wiegand, M. E. (1996). "Using Intelligent Agents to Manage Business Processes", *Proceedings of First International Conference on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, pp. 345-360.
- [4] Bose, P. and Matthews, M. G. (2000) "An Agent Mediated Approach to Dynamic Change in Coordination Policies", *Proceedings of International Conference on Coordination Models and Languages*.
- [5] Pérez, E., Bautista, J. I. y Pérez J. M. (2001) "Aplicación del paradigma de los Agentes Inteligentes a los sistemas de producción", *IV Congreso de ingeniería de organización*.
- [6] Ferber, J. (1997) *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*, Editorial InterÉditions, pp.136-153.
- [7] Iglesias, C. A. (1997) "Fundamentos de los agentes inteligentes", *Informe Técnico UPM/DIT/GSI 16/97*.
- [8] Gil Pechuán, I. (1997) *Sistemas y tecnologías de la información para la gestión*, Editorial Mc Graw Hill.
- [9] Raisinghani, M. S. And Nugent, J. H. (2001) "An Automated Executive and Managerial Performance Monitoring, Measurement and Reporting System", *Journal of electronic commerce research*.
- [10] O'Brien, J. A. (2001) *Sistemas de información gerencial*, Editorial Mc Graw Hill, pp. 453-485.