

SISTEMAS MULTIAGENTES EN EL ENTORNO EMPRESARIAL

Miguel A. Fuentes P.*

RESUMEN

En este artículo se plantea el problema que existe en las organizaciones distribuidas para generar toma de decisiones oportunas, se presenta la revisión bibliográfica sobre estudios efectuados en empresas usando la teoría de sistemas multiagentes (SMA), y finalmente se propone una primera aproximación del proceso de toma de decisiones usando SMA en organizaciones dispersas geográficamente.

Palabras clave: Sistemas multiagentes, Toma de decisiones, Ontología.

MUTLIAGENT SYSTEMS IN THE ENTERPRISE SURROUNDINGS ABSTRACT

In this paper, it is thought the existing problem within the distributed organizations in order to generate appropriate decision-making. Bibliographic checking done on the performed studios at enterprises, using the multiagent system theory (MST), is presented. Finally, a first approach of the decision-making process, using MST in geographically sparse organizations is proposed.

Key words: Multiagent systems, managerial decision-making, ontology.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen organizaciones públicas y privadas distribuidas geográficamente con un gran número de usuarios en las cuales puede resultar inmanejable e impracticable gestionar la información desde un servidor centralizado. Muchas de sus decisiones se llevan a cabo en distintos sitios geográficos, dichas organizaciones conforman redes WAN (red de área amplia) o MAN (red de área metropolitana). Este tipo de topología las convierte en organizaciones complejas, dando lugar a una gran variedad de situaciones en los cuales es necesario contar con información en algún momento dado, para facilitar a la gerencia sus tomas de decisiones. Generalmente este proceso puede tardar debido a la estructura propia de la organización, al envío tardío de resultados desde las organizaciones o entes (sedes en otros lugares) que están descentralizados/distribuidos, etc. Cada una de estas organizaciones debe compartir información, es por esto que la mayoría de transnacionales ha incorporado el uso de las tecnologías de información y comunicación

* Instituto Universitario de Tecnología Agro-Industrial Región Los Andes. Táchira
E-Mail: mafuentesp@hotmail.com

Recibido: 26-07-10

Aceptado: 20-09-10

para facilitar el proceso de toma de decisiones. La gestión de la información en una organización compleja impone nuevos requisitos de flexibilidad en la estructuración y búsqueda de recursos.

En tales organizaciones existen problemas de decisión debido a que las bases de datos se encuentran dispersas, en algunos casos son heterogéneas, en los que hay que tomar decisiones sobre cómo actuar en un momento determinado; por esta razón, es complicado y costoso a través de soluciones centralizadas. En este caso la toma de decisiones es costosa computacionalmente. La toma de decisiones centralizada es difícil debido a que requiere de comunicación intensa entre el servidor y los computadores remotos, esto generalmente ocasiona demasiado tráfico en la red además genera cuellos de botella ocasionando así un bajo rendimiento en los tiempos de respuesta del sistema. Con el uso de inteligencia artificial (IA) se puede proponer una solución a este problema distribuido que permita que los computadores remotos puedan cooperar para resolver problemas de acuerdo a ciertos criterios. Asimismo se puede plantear la reutilización de aplicaciones informáticas hechas para diferentes plataformas, e integrar a las aplicaciones nuevas para convertirlas en una comunidad de aplicaciones que cooperan para resolver problemas.

El presente artículo pretende estudiar los aportes de los SMA. A fin de mejorar la comunidad organizacional para compartir recursos de información en procesos de toma de decisiones gerenciales, con el fin de hacerlos más expeditos.

2. LOS SISTEMAS MULTIAGENTES

Un agente autónomo es un sistema ubicado en alguna parte de un ambiente, el cual capta el ambiente y actúa sobre este, en un cierto plazo, cumpliendo su propia agenda. En los agentes biológicos esta agenda vincula sus propios impulsos y sus metas. En los agentes artificiales desarrolla objetivos e impulsos construidos por su creador. En general un agente artificial se define como una entidad informática con la capacidad de decidir para alcanzar sus objetivos (Ferber, 1999). Entre las cualidades básicas según Aguayo et Al (2007) que debe tener un agente se pueden mencionar las siguientes:

- a) Capacidad de ejecutar tareas de procesamiento de información y de conocimiento orientándose al objetivo (sus metas) de forma autónoma y adaptativa.
- b) Disponer de una representación interna del medio ambiente externo (modelo del mundo externo) y de sí mismo.
- c) Comunicarse y cooperar con otros agentes.
- d) Su comportamiento es consecuencia de sus observaciones, conocimientos, metas, planes, estrategias (estados internos) o de sus interacciones con otros agentes (ambiente externo), pudiendo ser reactivo o proactivo.

- e) Capacidad de actuar sobre el ambiente a través de actuadores (efectores).
- f) Capacidad de aprendizaje y tener continuidad en el tiempo.
- g) Capacidad de percepción del ambiente (externo e interno) mediante sensores.
- h) Comportamiento racionalidad, veraz, benevolente e intencional.

Un Agente inteligente es una entidad (software/hardware) que es capaz de realizar comportamientos inteligentes a partir de habilidades tales como razonar, aprender, representar conocimiento entre otras.

Los sistemas multiagentes (SMA) actualmente son una herramienta con un amplio rango de aplicaciones. Un SMA es un sistema distribuido compuesto por un conjunto de agentes que deben trabajar de manera cooperativa para satisfacer metas globales. Vlassis (2003) plantea las dimensiones en las que hay que pensar para distinguir y caracterizar un SMA:

Diseño del agente: Este es el caso frecuente en el que varios agentes que conforman un SMA se diseñan de diferentes maneras. Caso típico es el software agente llamados softbots, los cuales son implementados por personas distintas. En general el diseño incluye hardware y software de distintas plataformas. Se dice que tales agentes son heterogéneos en contraste a los homogéneos que son diseñados de forma idéntica y tienen a priori las mismas capacidades. Sin embargo existen agentes que se basan en el mismo software/hardware y que implementan diferentes conductas también se pueden llamar heterogéneos. La heterogeneidad de un agente puede afectar todos los aspectos funcionales de un agente desde la percepción hasta la toma de decisiones.

Ambiente: Los agentes se desarrollan para ambientes estáticos o dinámicos. La mayoría de técnicas de IA para agentes simples son desarrolladas para ambientes estáticos porque estos son más fáciles de manipular y permiten un tratamiento matemático más riguroso. En un SMA la sola presencia de múltiples agentes hace que el ambiente sea dinámico desde el punto de vista de cada agente.

Percepción: La información colectiva que alcanzan los sensores en un SMA es típicamente distribuida. Los agentes pueden observar data que difiere espacialmente, temporalmente o aun semánticamente (requiere diferentes interpretaciones). Esto automáticamente hace que el estado del mundo sea parcialmente observable para cada agente, lo cual tiene varias consecuencias en la toma de decisiones de los agentes.

Control: El control en un SMA es distribuido esto significa que no hay un proceso central que colecta información desde cada agente y decide que acción cada agente debería tomar. La toma de decisiones distribuida da lugar a la computación asincrónica y a ciertas subidas de velocidad; pero tiene la desventaja que los mecanismos de coordinación necesitan desarrollarse más. La coordina-

ción asegura que las decisiones individuales de los agentes sean buenas decisiones comunes para el grupo.

Conocimiento: En sistemas con agente simple se asume que los agentes saben sus propias acciones, pero no necesariamente como el mundo es afectado por estas acciones. En SMA los niveles de conocimiento de cada agente acerca del mundo actual pueden diferir sustancialmente. En general en un SMA cada agente debe considerar el conocimiento de cada agente en la toma de decisión. Un concepto crucial aquí es que el conocimiento común, donde cada agente conoce un hecho, cada agente sabe que todo agente sabe este hecho y así sucesivamente. Esto quiere decir que comparten conocimiento, para lo cual se requiere de una representación del conocimiento común para todos los agentes (ontologías) y unos protocolos de comunicación comunes para los agentes.

Comunicación: La interacción es frecuentemente dada a través de alguna forma de comunicación. Típicamente vemos en un SMA la comunicación como un proceso de dos vías, donde potencialmente todos los agentes pueden ser emisores y receptores de mensajes. La comunicación puede ser utilizada en varios casos, por ejemplo, para la coordinación entre agentes cooperativos o para la negociación entre agentes interesados. Por otra parte, la comunicación plantea, además cuestiones como que protocolos de red se utilizaran para que llegue la información intercambiada con seguridad y de manera oportuna, y en que lenguaje de agentes deben hablar para entenderse. Hay que considerar que debido a la coexistencia de varios agentes dentro de un SMA, 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.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los esfuerzos de investigación en SMA se han orientado en diferentes ámbitos industriales, tendencias del mercado, entre otros, estos se han incrementado en los últimos años. Sin embargo en el proceso de toma de decisiones gerenciales no ha sido tan frecuente el uso de la tecnología de agentes, y su potencial uso no ha sido explorado suficientemente. En este contexto se presenta este artículo, dos estudios en organizaciones a fin de fundamentar este estudio.

Pérez Ana et al (2004) plantea en su estudio un modelo de SMA, en el cual se diseña una solución computacional para establecer acciones de mejoramiento para el proceso de gestión tecnológica en empresas de distribución eléctrica, estas son evaluadas por el SMA que alimentan un modelo de simulación de dinámica de sistemas, entregándole un portafolio de proyectos óptimos en el que una empresa proveedora de energía eléctrica responde dinámicamente a la demanda del mercado. El SMA permite aumentar ingresos, reducir egresos y satisfacer al cliente.

La organización de los SMA está formada por grupos, operadores y administradores, los cuales a su vez están conformados por agentes y aplicaciones como es el caso del grupo de operadores que contiene al agente agrupador_evaluador y al agente optimizador, además de la aplicación archivos en disco duro. La organización persigue objetivos como establecer comunicación con otros agentes. También tiene flujos de trabajo para lograr los objetivos, por ejemplo el flujo de trabajo comunicación con otros agentes tiene asociadas las tareas de recibir, analizar y enviar mensajes. Los agentes Agrupador Evaluador evalúan las acciones de mejoramiento para ser enviadas al AgenteOptimizador, el toma en consideración los coeficientes de las acciones de mejoramiento y su impacto en los objetivos de la empresa. Estos valores (coeficientes) se almacenan inicialmente de acuerdo a importancia asignada por expertos. El modelo es mostrado en la figura 1.

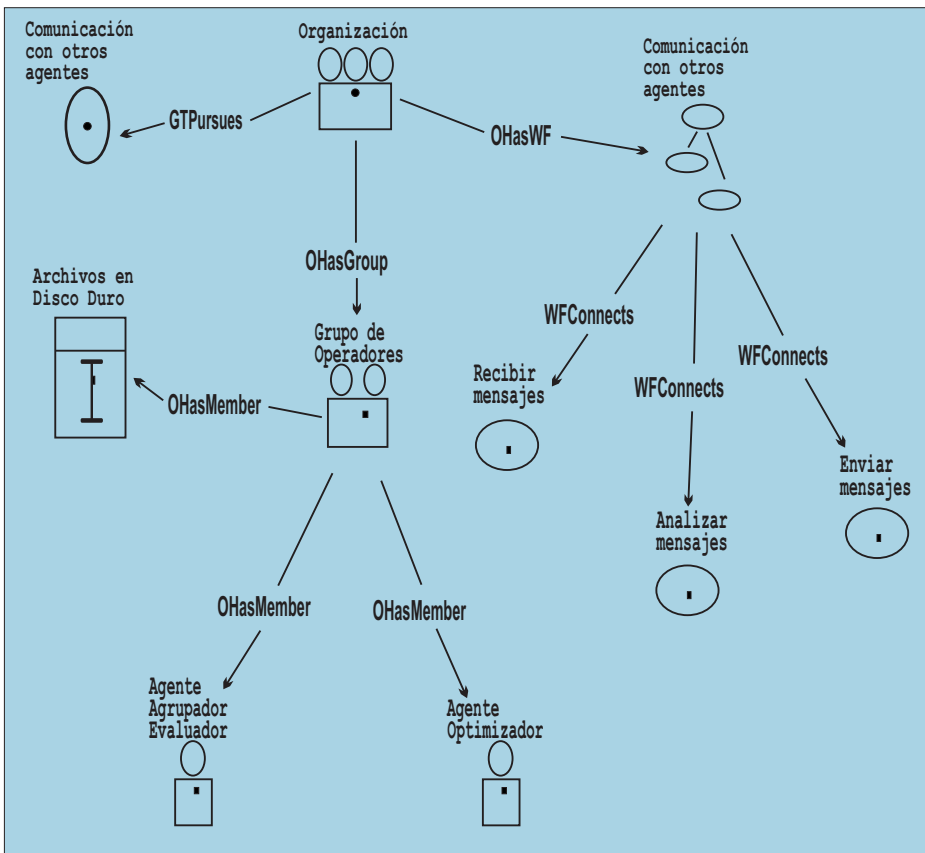


Figura 1. Fuente: (Pérez Ana et al) Fragmento del modelo de Organización del SMA

En este estudio se puede apreciar la importancia que está tomando la teoría de SMA y su aplicación para el mejoramiento de determinadas áreas de organizaciones de este tipo. Asimismo puede ser escalable a otro tipo de empresas, porque su generalización es adecuada para maximizar ingresos, reducir egresos y satisfacer al cliente, que coincide con los objetivos más generales de cualquier empresa.

Paz Juan et Al (2009) presentan un estudio de SMA apoyado en tecnologías BPM (Business Process Management) para el mejoramiento colaborativo de procesos. En el modelo el SMA analiza varios archivos que contiene elementos particulares de procesos de negocio, como actividades estructuradas y básicas que permiten manipular el control de flujo e innovación de servicios web. Asimismo el SMA analiza varios archivos BPEL4WS¹, este archivo contiene elementos particulares de procesos de negocio, como actividades estructuradas y básicas que permiten manipular el control de flujo e invocación de servicios web, de diferentes empresas descubriendo cuales son las tareas más comunes, los flujos de datos, los servicios web utilizados y sugiere un proceso de negocio ideal para un tipo de organización. El SMA atiende a los usuarios cuando efectúen cambios en los procesos y al existir cambios por modificaciones en leyes, requerimientos de clientes, cambios en los mercados y políticas y utilización de servicios web recomienda a otras empresas que modifiquen sus procesos.

El modelo de SMA contiene: el portal web, la base de datos, la plataforma de agentes y un servidor con una ontología de negocios. A través de la aplicación web se recibe la información de las empresas, que se almacena en la base de datos, y los agentes la consultan para aplicar sus capacidades de racionamiento y autonomía en el mejoramiento de los procesos en una arquitectura deliberativa, proponiendo o recomendando modificaciones.

El Modelo de arquitectura planteado por estos autores está dividido en dos grupos de agentes: los que permiten la comunicación con el usuario y atienden sus solicitudes (Agentes InterfaceConsulta y gestionCambios), y los que permiten la comunicación con el entorno cuyo objetivo es encontrar conocimiento en los procesos, dentro de este grupo se encuentran los agentes gestiónProceso y gestionarServiciosWeb. El modelo de organización se muestra en la fig. 3.

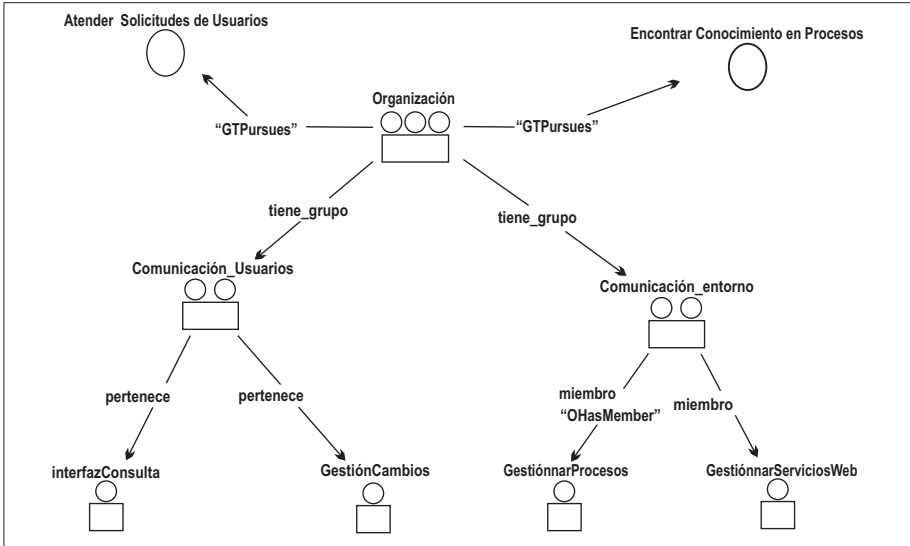


Fig. 3 Fuente: (Paz Juan et Al) Modelo de organización del SMA

a) Agente InterfazConsulta:

Recibirá las consultas de las empresas que se encuentren registradas, procesa la consulta y despliega la información al usuario.

b) Agente GestionarCambios: realiza las tareas leer el archivo BPEL4WS de un proceso, evalúa los cambios realizados y sugiere cambios a otros procesos, tarea que hace de forma autónoma teniendo en cuenta su estado mental (representado por una ontología de negocios), además alerta a aquellas empresas que no han actualizado o no han mostrado intención de mejorar sus procesos.

c) Agente GestionProceso: este agente valida la estructura de los archivos BPEL4WS comparándolos con un DTD (Document Type Definition) e identifica los componentes del archivo BPEL4WS y valida la semántica definida en la Ontología de Negocios.

d) Agente GestionarServiciosWeb: entre sus tareas esta descubrir los servicios web que son utilizados por procesos de negocios, e informa a otras empresas donde localizarlos y como invocarlos.

Los mensajes intercambiados por los agentes se rigen según la FIPA (Agent Communication Language – ACL). El formato ACL define el remitente del mensaje, la lista de destinatarios y el objetivo de la comunicación.

El SMA tiene una Ontología de Negocios que describe el conocimiento que

necesitan los agentes para llevar a cabo los objetivos y las tareas encomendadas. La ontología tiene identificados conceptos y su relación entre ellos como procesos, tareas, personas, decisiones, roles y unidades organizacionales.

En el estudio presentado por Paz Juan et Al se puede apreciar la utilidad del uso de SMA en el entorno de las PYMES apoyándose en la gestión sistemática de los procesos de negocio. El proceso de toma de decisiones se basa en el estado mental de los agentes y sus creencias tomando en consideración los datos almacenados en la base de datos así como en la ontología del negocio.

4. CARACTERÍSTICAS DEL MODELO PROPUESTO

La toma de decisiones en organizaciones distribuidas se basa en una combinación de criterios e información que provienen de diferentes áreas: compras, investigación y desarrollo, planificación, inventario, finanzas, talento humano, etc. El modelo de SMA permitirá entre otras:

- Facilitar al tomador de decisiones acceder a la información relevante, siempre que esta se encuentre en la organización. Esto a pesar de que la información este distribuida en sitios diferentes, sistemas diferentes y formatos diferentes.

El proceso gerencial comprende un conjunto de funciones en la cual se trabaja con un conjunto de personas, recursos con el objetivo de alcanzar las metas organizacionales, realizando cada una de las actividades de una manera eficaz y eficiente, es decir con la mínima cantidad de recursos. Estas funciones según Koontz (1998) son: planeación, organización, integración del personal, dirección, control y coordinación.

La aproximación al modelo basándose en SMA, corresponde a una organización con diferentes sedes todas con internet por lo que se puede configurar una red privada virtual VPN (Virtual Private network) tal como lo plantea Rodríguez (2002). En las sedes solo existirán el AgenteAdministrador, AgenteInterfaceUsuario y aquellos agentes que se requieran de acuerdo a la actividad económica que se lleve a cabo. La sede principal por lo tanto posee un SMA, el cual está conformado por un grupo de agentes; el AgenteInterfaceUsuario permite comunicarse con el usuario y los demás agentes realizan tareas específicas. Estos son: AgenteGerente, AgenteGerenteTienda, AgenteAdministrador, AgenteInventario, AgenteContabilidad, AgentePlanificacion, AgentetalentoHumano. De manera general cuando el gerente requiere información de la empresa lo hace a través de la interface usuario (AgenteInterfaceUsuario), se efectúa o procesa la consulta y se muestra información al gerente. Pasemos a detallar los otros agentes:

- El AgenteGerente es el que coordina los agentes de cada sede, monitorea la ejecución de cada uno de los agentes periódicamente para obtener infor-

mación acerca del cumplimiento de metas, objetivos organizacionales. Delega las responsabilidades de las funciones de administración en los demás agentes. Se comunica con los Agentes AgenteAdministrador de cada una de las sedes (tiendas) que existan para obtener información de las mismas. En su función como controlador establece controles y evalúa el desempeño departamental. empresarial para tomar correctivos. Vigila el cumplimiento de ordenes. Permite la definición de la estructura organizacional acorde a los objetivos y planes que se establezcan. Asimismo puede solicitar información de otras sedes para ver resúmenes de información gerencial global o local.

- El AgenteAdministrador es quien realiza las actividades de planificación, organización, dirección y control en la sede; este agente coordina los agentes: AgenteInventario, AgenteContabilidad, AgentePlanificacion, AgenteTalentoHumano si existieran en el SMA de la sede.
- El AgenteSimulacion permite ver los resultados de las simulaciones para distintos escenarios operacionales de la empresa. Almacena los resultados de estas para evaluaciones futuras.
- El AgenteInventario: este agente se relaciona con el modulo de inventario y permite determinar entre otras cosas, los artículos que se deben pedir según una función de consumo especificada en reglas basadas en métodos de mínimos cuadrados; proveedores con mejor precio por producto, valoración del inventario, etc.
- El AgentePlanificación: establece objetivos y facilita el establecimiento de planes estratégicos, planes operacionales con la asignación de recursos para obtener los objetivos. facilita la obtención de información del modulo de planificación y genera información que permite al gerente evaluar lo planificado y ejecutado y de acuerdo a los resultados informar al AgenteGerente en la sede principal o al AgenteAdministrador en la sede secundaria y sugiere al gerente una toma de decisiones según los resultados.
- AgenteContabilidad: a través de un conjunto de reglas obtiene información financiera requerida por el gerente, se relaciona con la información generada desde el modulo de contabilidad y permite generar indicadores que permiten al gerente tomar decisiones. Los indicadores se almacenan en las reglas de ontología del negocio.
- AgenteTalentoHumano: permite establecer las políticas de administración del talento humano relacionadas con recursos financieros para permitir un buen funcionamiento de la organización.

La coordinación es realizada por el gerente en la sede principal, por lo que es necesario que se cumpla con las fases de planeación, organización, dirección y control inicialmente para que se pueda establecer bien sus funciones dentro del esquema que se propone, por tal razón es necesario la comunicación entre el AgenteGerente y los demás agentes a fin de delegar objetivos y que estos sean cumplidos por los mismos, la comunicación entre los agentes podrá establecerse siempre y cuando el agente verifique que requiere algún elemento de información o ayuda de otro agente. La arquitectura del modelo propuesta es adaptable a cualquier empresa con la cantidad de sedes/tiendas que esta pueda tener, por lo que existirán grupos de sistemas multiagente trabajando de forma cooperativa, en la que los agentes intercambian información para cumplir con sus metas, objetivos y una vez culminado el proceso le entregan resultados en la InterfaceUsuario al AgenteGerente y/o AgenteAdministrador para que tome su propia decisión.

Para el desarrollo de esta plataforma se propone el estándar FIPA usando el framework JADE y OWL. En la figura 4 se observa el modelo de sistemas multiagentes propuesto para este estudio y en la figura 5 el modelo de organización. La ontología estará asociada a cada agente de acuerdo a reglas que se determinen con los usuarios en investigaciones de campo.

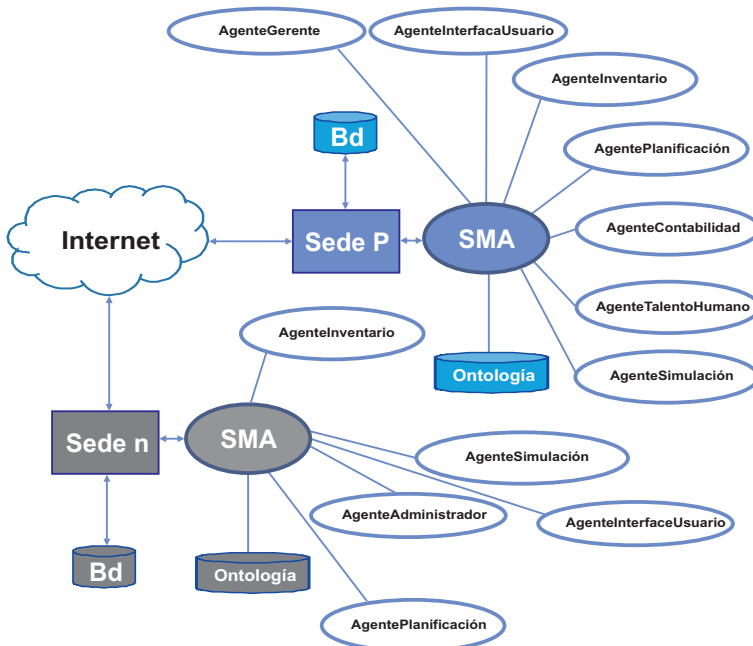


Fig. 4 Fuente: (Autor) Modelo propuesto de SMA para Organizaciones Distribuidas

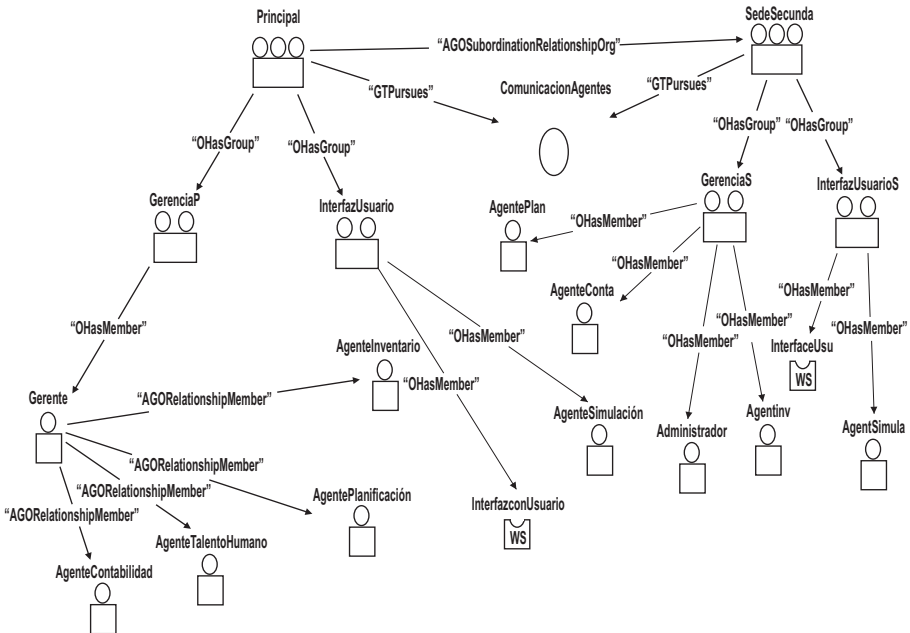


Figura 5: Fuente (Autor) Modelo de organización de toma de decisiones en organizaciones dispersas basado en teoría de SMA

5. CONCLUSIONES

Tomando en consideración las características mencionadas de los SMA y el hecho de que la teoría de SMA se fundamenta en la solución de problemas utilizando agentes inteligentes que cooperan en un procesamiento distribuido y tomando como base las investigaciones referenciadas en este artículo, se concluye que con esta tecnología se puede construir un modelo de toma de decisiones gerenciales en organizaciones dispersas geográficamente.

La próxima fase de esta investigación consistirá en seleccionar la metodología bajo la cual se desarrollara el modelo; las metodologías según Gómez (2003) son: MAS CommonKADS, INGENIAS, GAIA, BDI, TROPOS, ZEUS, MASE, AUML. Además se deben realizar investigaciones de campo en empresas con características similares que posean sucursales en diferentes sitios.

Una vez desarrollado el modelo, se definirá un caso de estudio a objeto de evaluar el modelo desarrollado.

NOTAS

¹Provee un lenguaje para la especificación formal de procesos de negocio y protocolos de interacción de negocios

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAYO FRANCISCO, MARCOS MARIANO, SÁNCHEZ MANUEL Y LAMA JUAN. (2007). *Sistemas Avanzados de Fabricación Distribuida*. España: Ra-Ma.
- FERBER JACQUES. (1999). *Multi-Agent Systems: An Introduction to Artificial Intelligence*, USA: Addison-Wesley.
- Foundation For Intelligent Physical Agents, FIPA Agent Specifications 2000. Recuperado el 15 de Enero de 2010 de <http://www.fipa.org/repository/fipa2000.html>
- GÓMEZ JORGE. (2003). *Metodologías para el desarrollo de sistemas multia-gente*. Recuperado el 1 de Febrero de 2010 de <http://cabrillo.lsi.uned.es:8080/aepia/Uploads/18/38.pdf>
- JADE: Java Agent Development Framework. (Enero 2010). Recuperado el 16 de Enero de <http://jade.tilab.com/>
- PAZ JUAN, RODRÍGUEZ MARÍA, CASTILLO ANDRÉS. (2009). *Plataforma Multi Agente para el Mejoramiento de Procesos Utilizando Tecnologías BPM y Ontologías para las PYMES*.
- PÉREZ ANA, HOYOS SANTIAGO, GERMÁN MORENO, DÍAZ IDANIS. (2004). *Toma de Decisiones Sobre Acciones de Mejoramiento de Gestión Tecnológica en Empresas de Distribución Eléctrica*. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v5n9/v5n9a04.pdf>.
- RODRIGUEZ LUIS. (2002). *VPN Redes Privadas Virtuales*. Recuperado el 10 de Enero de 2010: <http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/VPN.pdf>
- VLASSIS NIKOS. (2003). *A Concise Introduction to Multiagent Systems and Distributed AI*. Disponible en: <http://db.sis.pitt.edu/infsci3350/resources/cimasdai.pdf>.
- W3C, OWL Web Ontology Language, Recuperado el 13 de Diciembre de. 2009 de <http://www.w3.org/TR/owl-feature>.