

## RESUMEN

### UN MODELO DE INTERACCIÓN ENTRE AGENTES CON PROPÓSITO, ONTOLOGÍAS MIXTAS Y EVENTOS INESPERADOS

En este trabajo se definen, desarrollan y prueban: un *Modelo de Interacción entre Agentes (MIA)*, un lenguaje para definir agentes con propósitos (nombrado *LIA, Lenguaje de Interacción entre Agentes*) y un sistema de ejecución de los agentes definidos mediante MIA-LIA (nombrado *SEA, Sistema de Ejecución de Agentes*).

En el modelo propuesto en esta tesis, un *agente* tiene recursos, características y propósitos. Las *interacciones* describen escenarios y contienen un conjunto de papeles donde cada uno especifica el comportamiento que tendrá aquel agente que lo tome. Los *recursos y características* se modelan mediante variables internas (del agente), globales (del ambiente), regionales (recursos compartidos entre agentes). Un *propósito* es algo que el agente trata de alcanzar, como obtener un recurso (por ejemplo: unAuto) o adquirir una característica (por ejemplo: saberNadar), se representa como un predicado de primer orden (con valor falso o verdadero) y contiene un atributo donde se marca cuando se ha alcanzado. Varios agentes comparten una *ontología* donde se especifican los conceptos y palabras utilizados en la comunicación entre agentes, cuando dos agentes utilizan ontologías diferentes se recurre a un módulo *Comparador de Ontologías Mixtas (COM)* para encontrar la equivalencia de conceptos mediante las palabras que intercambian. Cada agente contiene una lista de los papeles que utiliza cuando se presentan eventos inesperados llamados *papeles de emergencia*.

Con el lenguaje LIA se propone un léxico y una sintaxis para describir los elementos de MIA. En cada papel se utilizan *instrucciones* para manejo de variables, comunicación de mensajes, manejo del flujo de control y alcance de propósitos.

El compilador de LIA traduce un ambiente con agentes e interacciones a una forma ejecutable usando SEA. Al ejecutarse un ambiente para cada agente se activa el módulo de *planeación* para determinar el *plan* que ha de seguir para alcanzar sus propósitos. El plan está conformado por un conjunto de papeles, cada vez que se ejecute un papel del plan se deben cubrir sus requisitos por el agente, si varios papeles se deben ejecutar en paralelo, se deben cubrir sus requisitos simultáneamente y verificarse su *compatibilidad* (en esta tesis se hace mediante una Tabla de compatibilidad<sup>1</sup>). Cada papel en ejecución es una hebra, por lo tanto los agentes son *multihebra*.

Los agentes que se encuentran en ejecución en el sistema SEA, están sujetos a la ocurrencia de un número (quizá infinito) de *eventos inesperados* que afectan sus recursos o sus características y por lo tanto su comportamiento y su plan.

El modelo, el lenguaje, el comparador de ontologías, los eventos inesperados y el sistema de ejecución de agentes se prueban en este trabajo con ejemplos de situaciones de comercio electrónico.

---

<sup>1</sup> Encontrar formas alternativas para hallar la compatibilidad son motivo de una línea de investigación a futuro



## ABSTRACT

### AN INTERACTION MODEL AMONG PURPOSEFUL AGENTS, MIXED ONTOLOGIES AND UNEXPECTED EVENTS

In this work we define, develop and test: an Interaction among Agents Model («*Modelo de Interacción entre Agentes*», *MIA*), a language to define purposeful agents (called *LIA*, «*Lenguaje de Interacción entre Agentes*») and an execution environment for agents specified using MIA-LIA (called *SEA*, «*Sistema de Ejecución de Agentes*»).

In the proposed model in this thesis, an *Agent* owes resources, characteristics and purposes. The *interactions* describe scenarios and possesses a set of roles, each role specify the behavior that the agents that takes it will acquire. The *resources and characteristics* are modeled using internal variables (for the agents), global variables (for the environment) and regional ones (for shared resources among agents). A *purpose* is something that the Agent attempts to reach, for example, get a resource (aCar) or acquire a characteristic (i.e. knowSwimming), it is represented as a first order predicate (with true or false value) and it have an attribute where we mark when it is reached. Several agents share an *ontology* where their concepts and words used in the communication among them is specified, when two agents use different ontologies it is needed to use the module Mixed Ontologies Comparator («*Comparador de Ontologías Mixtas*», *COM*) to find the equivalence among concepts via the exchanged words. Each Agent have a role list that can be used when unexpected events arise, these are called *emergency roles*.

LIA language proposes lexical units and a grammar to describe the element of MIA. Within each role we found *instructions* to variable manipulation, message exchange, flow control and purpose reaching.

We use the LIA compiler to translate the user-defined environments composed with agents and interactions to executable code used in SEA. For each Agent in SEA is activated the *planning* module to select the *plan* the Agent should follow in order to reach their purposes. The plan is formed with a set of roles. Each time a role is started their requisites ought to be covered first. If several roles must be executed in parallel, the requisites of them have to be covered simultaneously and their *compatibility* has to be checked (in this thesis that is done using a Compatibility Table<sup>2</sup>). Each executing role is a thread; therefore the agents are *multithreads*.

The agents in execution in SEA are subject to (possible infinite number of) *unexpected events* that arise in the environment and its resources or characteristics may be affected (i.e. unable to swim in the future), and therefore the planned behavior will change.

The model, language, ontology matcher, unexpected events and execution system are tested using Electronic Commerce situations.

---

<sup>2</sup> In future reseach better ways to calculate this compatibility could be done



## INTRODUCCIÓN

El auge del manejo de información y conocimiento a través de Internet ha propiciado el desarrollo de modelos, teorías y herramientas para facilitar a los usuarios la búsqueda y el acceso a los servicios disponibles en diferentes partes del mundo.

El comercio electrónico a través de Internet es un área que ha despertado interés por el creciente aumento en la cantidad de usuarios y transacciones. A pesar de la caída en las transacciones de comercio electrónico debido a los problemas ocurridos en la Navidad del 2000 [Aldunante 2000], el crecimiento del área continua, si bien un indicador pronosticaba que para el año 2005 (figura 0.1) las transacciones comerciales estarían sobre el orden de los 3 mil millones de dólares, la información de Plunkett Research<sup>3</sup> indica que el importe de las transacciones efectuadas en el año 2000 es del orden de 1400 millones de dólares y estima en 5 mil millones de dólares para el año 2005 con lo que las tendencias estimadas desde 1996 continúan vigentes.

AÑO	COMERCIO TRADICIONAL* (CT)	COMERCIO ELECTRÓNICO* (CE)	PROPORCIÓN CE/CT
1994	5150	245	4.7 %
2000 (estimado)	8500	1650	19.4 %
2005 (estimado)	12000	2950	24.5 %

\* miles de millones de dólares. Fuente: Business Week 1996

**Figura 0.1** Tendencias en el Comercio Electrónico

El crecimiento en las transacciones económicas y en el intercambio de información y conocimiento hace necesario contar con herramientas y modelos que permitan estudiar los problemas involucrados en estas operaciones. El crecimiento que se observa se favorece por la globalización [Zwingle 1999], en el sentido de promover el intercambio de bienes y servicios entre personas ubicados en diferentes regiones geográficas, en algunos casos el interés de propiciar el intercambio comercial entre algunos países o grupos económicos ha hecho que se formen zonas de libre comercio como la Comunidad Económica Europea (CEE), o la zona del Tratado de Libre Comercio (TLC) y el surgimiento de la modalidad de comercio electrónico llamada B2B (Business-to-Business, «negocios entre empresas»).

El aumento en la oferta y demanda de productos y el incremento en la población que participa ha traído a su vez el desarrollo de herramientas para realizar transacciones de comercio electrónico en forma automatizada y cada vez es más común encontrar que una empresa tiene su página en Internet ofreciendo información y productos. En la ciencia y la tecnología este crecimiento ha propiciado el desarrollo de diferentes áreas, entre ellas la *Inteligencia Artificial (IA)* y la *Ingeniería de Software (IS)*. En la década de 1990 y principios del 2000 el área de *Agentes* derivada del desarrollo de la IA y la IS ha despertado el interés de varios investigadores en el ámbito mundial ya que propone la creación de

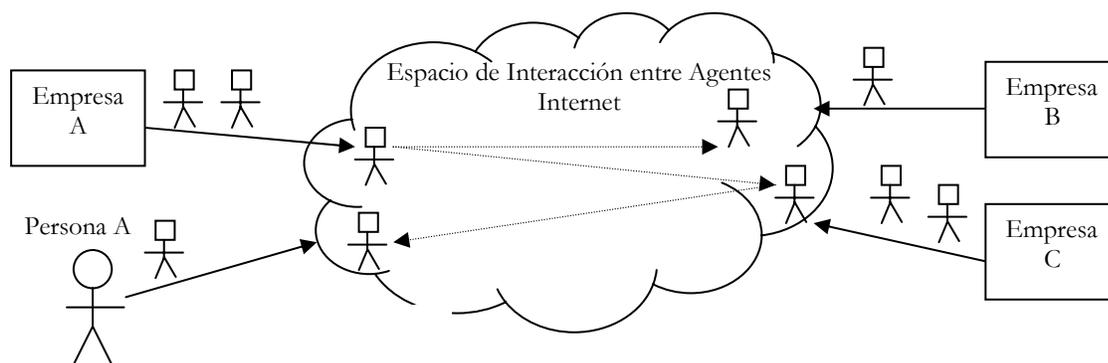
<sup>3</sup> [http://www.plunketresearch.com/technology/ecommerce\\_b2b\\_trends.htm](http://www.plunketresearch.com/technology/ecommerce_b2b_trends.htm) (junio 2002)

mecanismos autónomos de software y/o hardware que pueden realizar sus operaciones para alcanzar propósitos con una mínima intervención humana. Esto le brinda al usuario la posibilidad de ocuparse de otras actividades delegando en su agente la realización de búsquedas en Internet y la autoridad para realizar algunas transacciones.

Los agentes son representaciones de entidades reales que interactúan entre ellos y con entorno para alcanzar sus propósitos.

## ANÁLISIS

El problema que enfocamos es el de empresas que realizan transacciones de comercio electrónico entre ellas. Para efectuar estas transacciones se utilizan agentes a los que se indican los propósitos que satisfacen las necesidades de quien los utiliza. Estos agentes interactúan entre ellos para intentar realizar intercambios que les permitan alcanzar sus propósitos (figura 0.2). Un problema que surge durante las interacciones (entre agentes) es la manera en que logran establecer acuerdos sobre lo que uno ofrece y el otro requiere, porque uno puede utilizar un conjunto de palabras que para otro agente resultan en la referencia a un producto diferente de lo que desea el primero, por ejemplo, si un agente requiere un perico otro agente le puede ofrecer una llave porque para el segundo perico está asociado con el concepto llave, mientras que el primero esperaba un ave.



**Figura 0.2** Las empresas o personas utilizan agentes (cabeza cuadrada) que los representan en interacciones automatizadas intentando alcanzar los propósitos de los primeros

La resolución de palabras al asociarse con los conceptos apropiados le nombramos aquí como *comparación de ontologías mixtas*. Si cada agente tiene diferente organización de sus conceptos, el problema es encontrar los conceptos que sean equivalentes aunque se utilicen palabras diferentes, como el caso de un agente que quiere melocotones y otro que vende chabacanos, ambos se refieren al concepto fruta cuyo sabor y tamaño son equivalentes (figura 0.3).

Durante la interacción entre agentes, estos utilizan los recursos con que cuentan para alcanzar sus propósitos. Los propósitos consisten de obtener un recurso que tiene otro agente o que se encuentra en el ambiente. En algunos casos el agente debe tomar varios papeles (contenidos en su plan) en secuencia para alcanzar sus propósitos (figura 0.4). La secuencia de papeles es necesaria debido a que

algunos papeles le proporcionan recursos y características que el agente utilizará en etapas posteriores. Esto significa que el agente adquiere algunos recursos mientras consume otros.

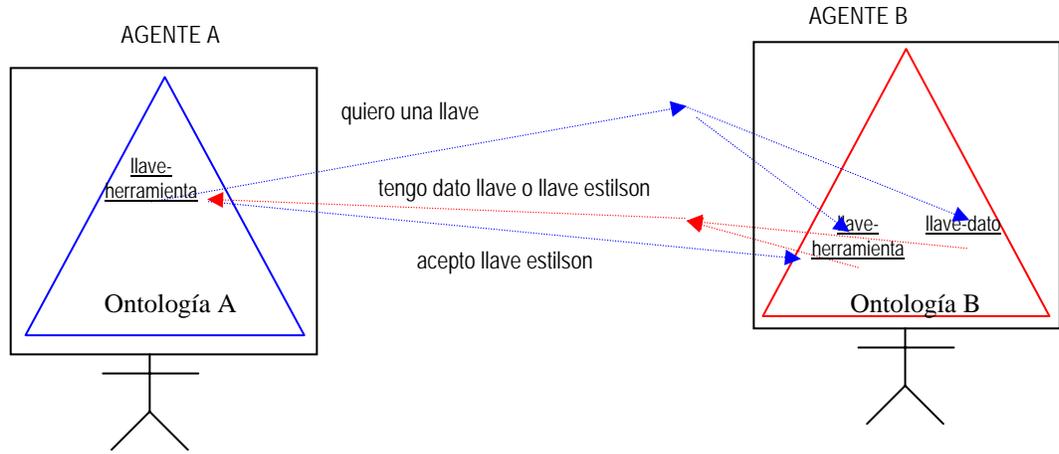


Figura 0.3 Intercambio de palabras entre agentes para encontrar el concepto de interés

Los propósitos después de realizar su plan un agente pueden alcanzarse en su totalidad o parcialmente, esto da origen a lo que llamaremos *grado de satisfacción* de un agente. Un agente que alcanza sus propósitos se considera 100 % satisfecho mientras que otros quedan con el grado que indique el porcentaje de propósitos alcanzados entre 0 y 99 %.

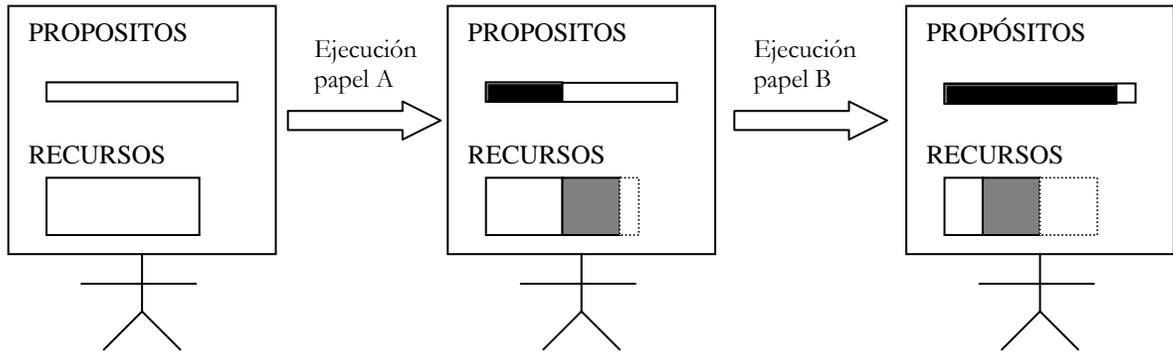
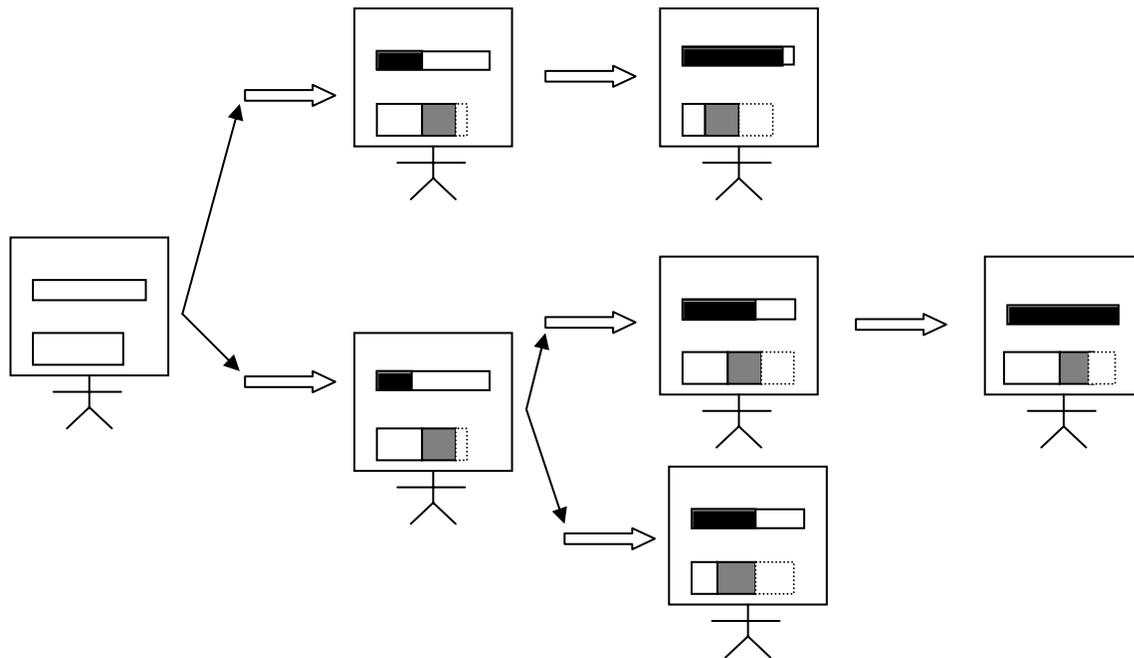


Figura 0.4 Durante la ejecución de los papeles del plan de un agente se consumen sus recursos (sombreado) y se adquieren otros (cuadro punteado). Sus propósitos se alcanzan con un grado de satisfacción (cuadrícula) 0 a 100 %

Un problema que surge es determinar los papeles que un agente debe realizar debido a que existen muchas combinaciones de recursos y papeles antes de llegar a cubrir la mayor parte de sus propósitos. En la figura 0.5 se muestran las trayectorias posibles que ha de seguir un agente desde que inicia con sus propósitos sin alcanzar hasta que ha logrado su mayor grado de satisfacción posible. En este caso se necesita de un módulo de planeación para elegir los papeles que tomará un agente. De esta forma, cada agente tiene su propio plan.



**Figura 0.5** En la selección de los planes de un agente se requiere de un módulo de planeación para elegir los papeles (flechas huecas) que le permiten a un agente alcanzar su máximo grado de satisfacción

Durante la realización de los papeles de un agente los *eventos inesperados* pueden alterar el desarrollo de un plan trazado para un agente, la solución a este problema se resuelve como parte de otra tesis [Domínguez 2001], en nuestro trabajo consideramos que la ocurrencia de estos cambian a los recursos de un agente positiva, negativa o de manera neutra. Cuando es neutra la afectación, el plan de un agente permanece sin alteraciones. Cuando ocurre un evento inesperado se activa alguno de los papeles de emergencia que los agentes tienen listados para responder ante este, al terminar el evento se reanudan los papeles de un agente cuando esto es posible dados los requisitos de cada papel.

Nuestro trabajo está enmarcado en los trabajos relacionados con agentes, la aplicación de los mismos en el área de comercio electrónico, el manejo de ontologías en la comunicación entre agentes y en el uso de la planeación para determinar los papeles que le permiten a un agente alcanzar sus propósitos intentando maximizar su grado de satisfacción.

La *modelación de agentes* se considera en dos niveles: macro y micro. Los aspectos *macro* se refieren a la interacción entre agentes y su ambiente, considerando a cada agente como una caja negra. Los aspectos *micro* se refieren a la modelación de las características internas de un agente como su representación del conocimiento, su lenguaje de comunicación, sus capacidades y los propósitos, metas u objetivos que quiere lograr.

Los agentes (o sistemas de agentes o multiagentes) se *clasifican* con base en sus características dominantes en dos escuelas llamadas respectivamente cognitiva y reactiva. La *escuela cognitiva* considera a los agentes complejos capaces de realizar algunas acciones de deliberación y elección, generalmente mediante procesos de lógica matemática. Por su parte la *escuela reactiva* considera agentes numerosos con funcionalidad sencilla y cuyo comportamiento complejo es el resultado de su

interacción social entre ellos. Chaib-draa [Chaib-draa 1997] ha propuesto una arquitectura en donde se tienen diferentes tipos de respuestas dependiendo de las percepciones del agente y de sus patrones conocidos: reacción, planeación o toma de decisiones.

Las *aplicaciones de agentes* han sido diversas desde principios de la década de 1990, entre ellas se encuentran, *interfaces de usuario* en sistemas como Maxims [Maes 1994] CAP (Calendar APrentice) [Mitchell 1994]. Extensiones a los *sistemas orientados a objetos* [Amandi 1997], *enseñanza asistida por agentes* como en Adelson [Adelson 1992], o su evolución hacia la Instrucción Colaborativa Asistida usando Agentes (ICAA) [Ayala 1998]. En la Universidad de Michigan Durfee y su equipo [Durfee 1997] han desarrollado una arquitectura para *bibliotecas digitales* usando agentes. Además de los sistemas donde se les realizan sus operaciones en un mismo equipo, existen algunos desarrollos en que los agentes cuentan con la capacidad de “*moverse*” de un equipo hacia otro, copiándose junto con sus datos; para esto se han desarrollado arquitecturas y lenguajes como Agent Tcl [Rus 1997a]. Actualmente se están proponiendo varias plataformas para programar agentes que intentan colocarse como estándares internacionales, ejemplo de estas son: Zeus [Nwana 1997] y JADE<sup>4</sup>.

Una de las áreas donde se han realizado varios prototipos de agentes es la de *Comercio Electrónico*, entre estas encontramos el proyecto *FishMarket* [Noriega 1997], donde se modelan las interacciones (entre agentes) que participan en una subasta holandesa mediante procesos dialógicos para lograr los propósitos de adquisición de algún lote completo o parcial de pescado. Los agentes se coordinan y comparten una misma ontología. En el proyecto *Kasbab* [Chavez 1997], los agentes representan al usuario que los introduce al sistema en procesos de negociación para comprar o vender un artículo específico procurando obtener el mejor trato posible; una vez que un agente alcanza el objetivo le notifica a su usuario para que sea él quien tome la decisión final. Scahfer [Scahfer 1999] indica que una de las tendencias en los sistemas de comercio electrónico son los “*agentes recomendadores*”; es decir, sistemas que hacen sugerencias a los compradores para facilitarles la decisión sobre la adquisición de algún producto; algunos de los sitios que cuentan con esta tecnología son [www.ebay.com](http://www.ebay.com), [www.amazon.com](http://www.amazon.com), [www.levis.com](http://www.levis.com), [www.moviefinder.com](http://www.moviefinder.com) o [www.reel.com](http://www.reel.com). El proyecto *Sardine* [Morris 2000] propone un agente comprador para realizar la compra de boletos de avión a precio variable; este proyecto mostró la bondad de dichos sistemas tanto para el usuario como para el proveedor del servicio. El proyecto *Mari* [Tewari 2000] (*Multi-Attribute Resource Intermediary*) («*Intermediario de Recursos Multi-Atributos*») propone mejorar los mercados en línea que involucran compradores y vendedores de bienes y servicios intangibles; siendo una arquitectura intermedia que pretende generalizarse como una plataforma para la especificación y distribución de bienes y servicios heterogéneos, este es un proyecto en donde se integran características de los proyectos *Market-Market* y de *Tête-à-Tête* que se realizan en el MediaLab del MIT.

Los aspectos de comunicación entre agentes requieren de resolver el significado de los conceptos a los que se refieren dos agentes, el problema existe porque muchas veces las palabras que se utilizan se refieren a elementos con significados diferentes, por ejemplo, la palabra “perico” un veterinario asocia con el concepto perico-animal, mientras que un mecánico la asocia con el concepto perico-herramienta. Las *palabras* de cada agente se asocian con *conceptos* que se agrupan en una estructura llamada *ontología* del agente. En este caso las palabras son ambiguas porque pueden mapear a varios conceptos al mismo tiempo dentro de una ontología, por lo que en nuestro trabajo proponemos un método para reducir o eliminar la ambigüedad y referenciar a un concepto en forma única.

Existen diversos trabajos sobre *ontologías*, aquellos relativos a su *generación*, en donde se requiere hacer ingeniería del conocimiento para encontrar los elementos y la forma de estructurarlas, el

<sup>4</sup> <http://sharon.csel.it/projects/jade/>

proyecto CjC [Lenat 1990] es representativo de esto. *FIPA*<sup>5</sup> ha propuesto una *especificación* para generar ontologías. Varios trabajos proponen *integrar* las ontologías existentes para obtener otras más complejas que contienen los conceptos de las que se integraron, al hacer esto surgen diversos problemas, como el tratamiento de duplicidades o falta de nodos en niveles superiores, algunos trabajos que están intentando resolver estos problemas son: *Ontolingua* [Farquar 1997] y *Observer* [Kashyap 1998]. Una alternativa a estos trabajos (propuesta en esta tesis) es encontrar el *mapeo* entre los conceptos necesarios utilizando palabras que comparten dos agentes y que pueden resultar ambiguas. La *aplicación de las ontologías* se está realizando en diversas sistemas, por ejemplo en la estructuración de conceptos en una biblioteca digital como el caso de la Biblioteca Digital de la Universidad de Michigan (*BDUM*) [Weinstein 1997] o para el intercambio de información entre *bases de datos heterogéneas* [Huhns 1997].

Los *eventos inesperados* han motivado algunos trabajos, como el de Araya [Araya 1989] que usa un plan de soporte de las actividades en una oficina para coordinarlas al surgir contingencias y sorpresas. La aplicación de planes es apropiada en las actividades de una oficina dado que son rutinarias e involucran a una gran cantidad de agentes en los cuales existe comunicación y coordinación. Wegner [Wegner 1995, 1996, 1998] hace notar que el comportamiento observable en una máquina de Turing difiere cuando se toma en consideración la interacción con el medio ambiente, por lo que propone una máquina de interacción en la cual el comportamiento observable puede darse en funciones no computables. En nuestro caso los eventos inesperados representan situaciones difíciles de determinar su ocurrencia en el tiempo pero cuya afectación altera el comportamiento de uno o varios agentes dentro de un sistema multiagentes [Domínguez 2001].

## OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo de este trabajo es proponer, desarrollar un modelo de interacción entre agentes en escenarios (llamados aquí interacciones) que le permita a los primeros alcanzar sus propósitos. Cada agente se modela mediante sus propósitos (por ejemplo: comprar una tonelada de maíz verde, vender 100 Kg de glucosa, tomar vacaciones en Puerto Vallarta), características (color cabello negro, estatura 1.80 m), la ontología que utiliza para codificar los mensajes que intercambia, los papeles iniciales y los de emergencia que utiliza cuando se presenta un evento inesperado que afecta al agente. Las interacciones se modelan mediante los papeles que se encuentran en los escenarios que describen y el ambiente mediante recursos y características (utilizando variables globales y regionales).

A partir del modelo propuesto se desarrolla un lenguaje que facilite la descripción de sistemas de agentes que cumplen con las características del modelo propuesto.

Para ejecutar los sistemas se desarrolla un sistema de ejecución de agentes en el que primeramente se crean las estructuras de datos que soportan la descripción de agentes e interacciones y después se administra la ejecución de los papeles que se eligen para cada agente. La elección de los papeles lo hace el módulo de planeación, el cual determina los papeles que le permiten a un agente alcanzar sus propósitos, un agente tiene la capacidad de ejecutar varios papeles (de interacciones diferentes), secuencial o simultáneamente, razón por la cual se dice que son multihebras. Un plan (para alcanzar un propósito) es una red acíclica de papeles. Las acciones que un agente realiza concurrentemente son posibles dado que se valida que exista compatibilidad en las mismas antes de iniciarlas.

---

<sup>5</sup> <http://www.fipa.org>

Durante la ejecución de las acciones por parte de los agentes pueden ocurrir eventos inesperados que afectan los recursos con los que cuenta en diferentes formas, entre ellas en forma positiva, negativa o neutra (sin afectarlo). El problema de los eventos inesperados es que puede existir un número infinito de ellos mientras que un agente cuenta únicamente con un conjunto limitado de acciones que puede llevar a cabo para atenderlos.

En el intercambio de mensajes se utiliza el comparador de ontologías mixtas para encontrar la equivalencia entre los conceptos que intercambian los agentes utilizando palabras.

## **CONTRIBUCIONES**

Este trabajo considera la estructuración de un modelo de interacción entre agentes, un lenguaje para definir agentes e interacciones y un sistema de ejecución de agentes en donde un planificador determina los papeles que le permiten a un agente alcanzar sus propósitos y el comparador de ontologías que resuelve la ambigüedad que se presenta en las palabras que referencian conceptos de dos ontologías. La descripción de nuestras contribuciones son:

- a) El Modelo de Interacción entre Agentes (MIA) (sección 2.1 del capítulo 2), donde se modela el ambiente en base a sus recursos y características; los agentes mediante sus propósitos (que intentan alcanzar), sus recursos y características. Los recursos representan objetos del mundo real independientes del agente. Las características son atributos que describen a un agente o sus capacidades. Una característica de cada agente es la ontología con la que expresa sus mensajes. A cada agente se le especifican los eventos inesperados que percibe y los nombres de papeles para reaccionar ante estos eventos. Un agente realiza sus acciones en paralelo si existe compatibilidad entre estas, por ejemplo realizar el pago de un producto mientras otro agente le informa de una promoción. Nuestro trabajo es diferente a otros en base a los elementos que utilizan para modelar a los agentes, por ejemplo, usando creencias, deseos e intenciones (belief, desire, intention, BDI) [Rao 1997], otros lo hacen con creencias, deseos y acciones como el sistema Agent0 de Shoham [Shoham 1997], Noriega [Noriega 1997] modela las interacciones (entre agentes) que participan en una subasta mediante procesos dialógicos para lograr los propósitos de adquisición de algún lote completo o parcial de pescado (un requisito de esta es que los agentes comparten una ontología común). En el proyecto Kasbah [Chavez 1997] cada agente se modela como una entidad que compra o vende un producto en base a una función de incremento o decremento, es decir sus propósitos están relacionados únicamente con las operaciones de compra y venta.
- b) Un Lenguaje de Interacción entre Agentes (LIA) (sección 2.3 del capítulo 2) en donde se describen el ambiente y los agentes de acuerdo al modelo de interacción mencionado anteriormente (MIA). El ambiente se considera formado por interacciones que contienen los papeles que los agentes pueden tomar. Cada papel contiene las instrucciones que un agente que lo toma las realiza. A diferencia de LIA en AgentSpeak [Inverno 1998] se representan a los agentes como unidades con creencias, deseos e intenciones. Cada creencia o meta está representada como un evento. METATEM concurrente [Fisher 1994] tiene como propósito la ejecución directa de fórmulas de lógica temporal. GOLOG [Levesque 1997] es un lenguaje de programación lógica el cual mantiene automáticamente una representación explícita del mundo con situaciones dinámicas. El mundo se modela sobre la base de un estado inicial y las acciones que ocurren en el mismo. Cada acción

considera las precondiciones del mismo y los efectos antes de reflejarlos en el ambiente. La representación del mundo se hace en base al cálculo situacional.

- c) Un Sistema de Ejecución para los Agentes (SEA) (sección 2.4 del Capítulo 2) descritos mediante LIA de acuerdo a los elementos establecidos en MIA. En este ambiente el módulo de planeación elige para cada agente un conjunto de papeles para que este logre sus propósitos. Los papeles se ejecutan en paralelo cuando existe compatibilidad entre ellos. Los agentes se comunican utilizando palabras que pueden resultar ambiguas para referenciar a los conceptos que son únicos dentro de una ontología. En este ambiente se soporta la ocurrencia de eventos inesperados que se presentan durante las interacciones.
- d) Un algoritmo para realizar la comparación de ontologías mixtas (COM) que permite establecer el mapeo de un concepto de una ontología al más similar de otra. Es una contribución original porque los trabajos que se han realizado hasta ahora se enfocan a la estructuración, integración, descripción de ontologías o sus aplicaciones. En nuestro caso no se requiere generar una ontología común sino encontrar las equivalencias únicamente en los conceptos de interés. Esto es útil en transacciones comerciales donde los agentes solamente tienen que realizar el mapeo de algunos conceptos y no de una ontología completa. El resultado se obtuvo después de analizar varias alternativas y consiste en intercambiar pares de palabras (emanadas de un concepto y de su padre), esto se explica en el capítulo 3.

## **ORGANIZACIÓN DE LA TESIS**

La tesis se organiza en seis capítulos. En el capítulo 1 se describen los trabajos previos a este, relativos al comercio electrónico y donde se enfocan las etapas de una transacción incluyendo los aspectos físicos y electrónicos, tradicionalmente se considera concluida en los procesos electrónicos, pero su final está en la recepción del producto y los comentarios que se tengan relativos al servicio recibido. En particular enfocamos la etapa de búsqueda de un producto y los problemas que se presentan considerando como una alternativa la realización de las operaciones de comercio electrónico mediante agentes, minimizando la intervención humana para ahorrar tiempo de interacción durante una transacción dado que la interacción entre computadoras es más rápida que la realizada entre una persona y una computadora. De aquí el interés por el tema de Agentes que se expone en la sección 1.2. En la sección 1.3 se expone la representación del conocimiento, específicamente mediante ontologías y los problemas que se presentan debido a la ambigüedad en el intercambio de palabras. En la sección 1.4 se describe el tema de planeación para agentes por su aplicación en la selección de papeles que le permiten a un agente alcanzar sus propósitos. En la sección 1.5 se mencionan los problemas relativos a los eventos inesperados. Las conclusiones del capítulo se indican en la sección 1.6.

En el capítulo 2 se hace la propuesta de un modelo de agentes y su ambiente de esta tesis. En este caso el ambiente se describe mediante sus recursos y características. Los agentes se describen mediante los propósitos, sus recursos, características (incluyendo su ontología), eventos inesperados que perciben y los papeles que utilizarán para reaccionar ante estos. En la sección 2.1 se presenta el modelo conceptual. En la sección 2.2 se describe notacionalmente los elementos del modelo. En la sección 2.3 se indican los elementos léxicos, sintácticos y semánticos del Lenguaje de Interacción entre Agentes (LIA) propuesto en esta tesis. En la sección 2.4 se describen los componentes del Sistema de Ejecución de Agentes (SEA). En la sección 2.5 se dan las conclusiones del capítulo.

En el capítulo 3 se describe el comparador de ontologías mixtas, exponiendo el problema de la ambigüedad en el intercambio de mensajes entre agentes, luego se desarrolla el algoritmo “hallar” que permite encontrar el mapeo entre un concepto de una ontología con respecto a otra, mediante el intercambio de palabras que pueden ser ambiguas. En la sección 3.2 se describen algunos ejemplos de mapeo de conceptos entre ontologías diferentes y en la sección 3.3 se dan las conclusiones del capítulo.

En el capítulo 4 se describe la solución al problema de planeación aplicado en el SEA, en este caso a cada agente se le encuentra un plan consistente en una gráfica acíclica de papeles, algunos de estos ejecutables en paralelo. En la sección 4.1 se describe la técnica de planeación usando una gráfica adaptada en este trabajo para obtener el plan de cada agente en el contexto del sistema en ejecución en SEA. La sección 4.2 muestra un ejemplo y en la sección 4.3 se dan las conclusiones del capítulo.

El capítulo 5 hace referencia al problema y solución propuesta de los eventos inesperados, aquí para cada agente se busca la mejor forma de reaccionar ante los eventos inesperados del sistema utilizando los papeles de emergencia con que cuenta. La sección 5.1 indica la organización taxonómica de los eventos inesperados, la sección 5.2 indica como se generan para el SEA mientras que la sección 5.3 indica la forma en que afectan a los agentes. En la sección 5.4 se dan las conclusiones del capítulo.

El capítulo 6 presenta algunos ejemplos donde se describen los aspectos considerados en el desarrollo de esta tesis. Los ejemplos que se desarrollan son agentes compradores y vendedores y agentes transportadores. En estos se incluye la afectación por eventos inesperados y el uso de ontologías diferentes.

En la parte final del documento se mencionan las conclusiones, recomendaciones para trabajos futuros, las referencias y un anexo con referencias de algunas plataformas de agentes que se han desarrollado.

