

La tecnología de agentes inteligentes en los procesos de asistencia al estudiante y adaptatividad de entornos y contenidos de aprendizaje para la Web

Clara-I Peña¹ Jose-L Marzo² Josep-LI de la Rosa²

clarenes@uis.edu.co

¹Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Colombia

marzo@eia.udg.es, pepluis@eia.udg.es

²Universitat de Girona

Girona, España

Resumen

Este documento presenta el uso de agentes inteligentes en entornos de aprendizaje en línea, con el fin de mejorar la asistencia al estudiante mediante contenidos personalizados basados en estilos de aprendizaje y niveles de conocimiento. Los agentes propuestos se desempeñan como asistentes personales que ayudan al estudiante a llevar a cabo las actividades de aprendizaje midiendo su progreso y motivación.

El entorno de agentes se construye a través de una arquitectura multiagente llamada MASPLANG diseñada para dar soporte adaptativo (presentación y navegación adaptativa) a un sistema hipermedia educativo desarrollado para impartir educación virtual por la Web.

Un aspecto importante de esta propuesta es la habilidad para construir un modelo de estudiante híbrido que comienza con un modelo estereotípico del estudiante basado en estilos de aprendizaje y se modifica gradualmente a medida que el estudiante interactúa con el sistema (gustos subjetivos).

El MASPLANG está compuesto por dos niveles de agentes: los intermediarios o agentes de información, que están en el nivel inferior y se encargan del mantenimiento de los modelos pedagógico y del dominio del sistema; y los de Interfaz o agentes asistentes, que están en el nivel superior y son los que atienden a los estudiantes cuando trabajan con el material didáctico de un curso o una lección de aprendizaje.

Se utilizan agentes inteligentes para examinar oportunidades de mejora de la enseñanza y para motivar a los estudiantes a aprender según sus preferencias en un entorno amigable y lo más cercano posible a su estilo de aprendizaje.

1. introducción

Uno de los más grandes problemas de los sistemas de aprendizaje computarizados, está relacionado con la manera de ofrecer enseñanza adaptativa apropiada para cada estudiante. En este contexto, se están trabajando técnicas de Inteligencia Artificial (IA) como los sistemas multiagente o las estructuras basadas en sociedades de agentes que han demostrado un potencial adecuado en el desarrollo de sistemas interactivos de enseñanza, porque introducen un nuevo paradigma instructivo, basado en el concepto de habilidades compartidas y aprendizaje cooperativo entre humanos y computadores [7]. Estos sistemas, en conjunto con las interfaces de usuario pueden ayudar a personalizar dinámicamente las aplicaciones y servicios para conocer las preferencias del usuario, sus objetivos y aspiraciones [3].

En metodologías de IA, la inteligencia se aplica a través de modelos de usuario diseñados para hacer conjeturas sobre el nivel de conocimiento, que podría, a su vez, determinar necesidades de aprendizaje [2].

Los entornos de aprendizaje basados en agentes inteligentes que simulan instructores, sirven entonces como instrumentos de búsqueda para investigar estrategias de enseñanza y aprendizaje; pues la metáfora del agente, proporciona una vía para operar y simular el aspecto “humano” de la instrucción de una manera más natural y válida que otros métodos utilizados en sistemas de instrucción computarizados. Adicionalmente, desde el punto de vista de arquitectura, como los agentes se pueden trabajar como objetos independientes en el entorno de aprendizaje, permiten más flexibilidad en el diseño de una plataforma educativa.

Este documento presenta el desarrollo del sistema multiagente MASPLANG¹ (ver [5]) diseñado con el objetivo de ofrecer características de adaptatividad con base en estilos de aprendizaje, a la plataforma educativa USD² (ver [15]) utilizada para el soporte a la educación a distancia a través de la web.

El MASPLANG modela el estudiante mediante la interacción de sus agentes monitores, con los agentes del entorno del HabitatPro [8], una herramienta diseñada para la personalización de contenidos y prospección de mercados utilizando técnicas de Razonamiento Basado en Casos y Reglas de Lógica Difusa. Se modela el estudiante, con el fin de poder ofrecerle en el entorno de aprendizaje de las USD, los contenidos didácticos, las herramientas de navegación y las estrategias de navegación adaptadas a las características de su estilo de aprendizaje. Para la determinación de los estilos de aprendizaje, se adoptó el Modelo FLSM (Felder and Silverman Learning Style Model) [12] que permite categorizar estudiantes de acuerdo a su habilidad para procesar, percibir, recibir organizar y entender la información. La primera clasificación de estudiantes de acuerdo a estos criterios, se obtuvo aplicando el instrumento de diagnóstico del modelo FLSM denominado ILS (Index for Learning Styles) [13], ampliamente probado en entornos educativos virtuales similares al de las USD [4].

La continua asistencia al estudiante, que es un elemento fundamental a tener en cuenta dentro de las herramientas de ayuda para la adquisición del conocimiento en este tipo de entornos virtuales de aprendizaje, también se tiene en cuenta en el MASPLANG, y con base en ello se tratan de examinar oportunidades para la mejora de la enseñanza y para motivar al estudiante a aprender de acuerdo a sus preferencias subjetivas.

En las siguientes secciones se describen las principales características de la arquitectura del MASPLANG, su funcionamiento y aplicación.

2. Sistema multiagente MASPLANG

El sistema multiagente MASPLANG mostrado en la figura 1, se ha construido mediante una arquitectura de dos niveles de agentes (asistentes y de información) teniendo en cuenta las siguientes propiedades:

- *Reactividad*: porque los agentes necesitan mantener una continua relación con su ambiente y responder a los cambios que suceden en él.
- *Interactividad*: porque los agentes necesitan interactuar entre ellos para lograr sus objetivos.
- *Autonomía*: porque los agentes necesitan conocer cuando y como llevar a cabo las tareas que les han sido encomendadas.

¹ MASPLANG: MultiAgent System PLANG. PLANG fue un proyecto de investigación soportado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España identificado con las referencias TEL 98-0408-C02-01 y TEL99-0976. Su nombre proviene del Acrónimo ‘PLAAtaforma de Nueva Generación’.

² USD: es el acrónimo de “Unidades de Soporte a la Docencia”

- *Proactividad*: porque los agentes tienen metas y objetivos explícitos y necesitan actuar de acuerdo, y de manera autónoma para lograrlos (por ejemplo, encontrar contenidos de tipo gráfico, seleccionar herramientas de navegación estructurales, etc.).
- *Aprendizaje*: porque el *agente de usuario* aprende de las interacciones del estudiante para adaptar el entorno de aprendizaje al modelo del estudiante.

Los *agentes asistentes* atienden a los estudiantes mientras trabajan con el material didáctico de un curso. Tal asistencia consiste en la recolección de las acciones del estudiante y la motivación a través de interfaces de usuario atractivas. La recolección de acciones permite la identificación de comportamientos particulares que determinan en un momento dado el calibrado del modelo del estudiante. Los estudiantes se motivan a través de interfaces animadas y mediante la adaptación de ejercicios de acuerdo a su nivel de conocimiento o sus preferencias. Estos agentes residen en la máquina del cliente.

Los *agentes de información* son los encargados del mantenimiento de los modelos pedagógico y del estudiante. Residen en el servidor y están muy cerca de las bases de datos del sistema (historial de actividades de aprendizaje y modelo del dominio).

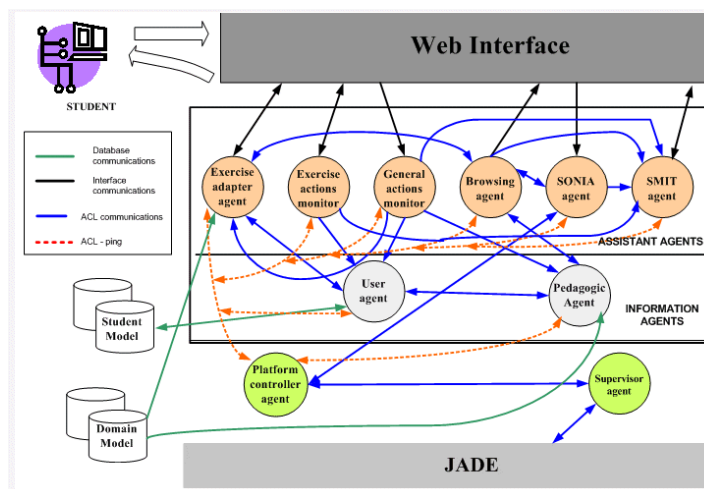


Fig. 1. Arquitectura de agentes del MASPLANG

2.1 Servicios de los agentes

SONIA (Student Oriented Network Interface Agent) es un agente programable que trata de automatizar tareas de aprendizaje, ya sea permitiendo al estudiante programar sus actividades basándose en ejemplos o imitando el comportamiento del estudiante y adaptando las tareas de aprendizaje de acuerdo a esto. Es un agente reflexivo simple que funciona utilizando datos para las tareas específicas y ciertos eventos que ocurren en el entorno de aprendizaje.

Este agente se puede programar por el momento para las siguientes tareas:

- Informar al estudiante cuando cierto compañero de clase haya ingresado al sistema.
- Sugerir la revisión de referencias bibliográficas en algunas secciones de la lección.

- Sugerir el desarrollo de los ejercicios interactivos propuestos cuando el estudiante haya llegado a una sección particular de la lección.
- Informar al estudiante cuando lleve determinado tiempo de estudio.
- Recordar al estudiante mensajes personalizados a determinado tiempo.

En el caso especial de mensajes programados por el profesor: llamar la atención de los estudiantes actualmente conectados al sistema, para, que revisen secciones específicas de una lección, resuelvan un problema en particular o ingresen al salón de chat para llevar a cabo una discusión.

Para realizar estas tareas, el agente *SONIA* trabaja cooperativamente con los agentes *controlador*, de *navegación* y *SMIT*, de la siguiente manera:

- Al agente de navegación, le pregunta por la existencia de recomendaciones para revisar referencias bibliográficas o hacer ejercicios interactivos.
- Al agente controlador, le pregunta el estado de ciertos eventos del sistema, como la hora, el ingreso de un usuario específico o la existencia de un mensaje de difusión.
- Al agente *SMIT*, le envía el contenido de los mensajes que se deben representar al usuario indicando el cumplimiento de una tarea.

SMIT (Synthetic Multimedia Interactive Tutor) es un agente sintético. Se introduce en el entorno utilizando una interfaz animada de tipo antropomórfico. Su objetivo es presentar al estudiante los mensajes (alertas, motivación, retroalimentación, etc.) provenientes de otros agentes del sistema (por ejemplo, el agente *SONIA* puede enviar un mensaje de alerta sobre el cumplimiento de alguna tarea para la que fue programado). La representación de cada mensaje requiere de la selección de ciertas animaciones y movimientos corporales que definen el comportamiento del agente en una situación particular. El objetivo de utilizar este agente es el de "humanizar" el entorno de aprendizaje y hacerlo más amigable y cercano al estudiante. La figura 2 muestra aspectos del diseño y funcionamiento de este agente.

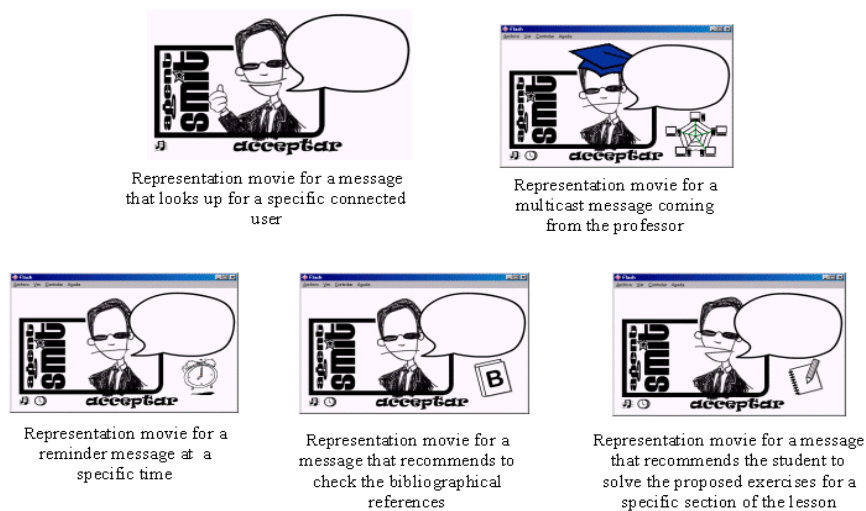


Fig. 2. Aspecto del agente *SMIT* representando algunos mensajes en el entorno de aprendizaje

Los **agentes monitores** (son dos, el de *acciones – general actions monitor* - que guarda los “clics” hechos con el ratón por el estudiante, a determinados iconos y enlaces del sistema, y el de *ejercicios – exercise actions monitor* - que captura las respuestas dadas por el estudiante a los ejercicios), supervisan la actividad del estudiante en el entorno de aprendizaje. La información recolectada por estos agentes permite la interpretación del comportamiento del estudiante, para verificar su estilo de aprendizaje o para refinarlo mediante técnicas de CBR; y la evaluación de su estado de conocimiento.

El agente **adaptador de ejercicios** (*exercise adapter agent*), se encarga de la construcción de ejercicios adaptativos para el estudiante (considerando su estado de conocimiento o sus preferencias). El agente puede escoger un nivel de dificultad conveniente para las preguntas de acuerdo al progreso del estudiante en el sistema. Este proceso se lleva a cabo teniendo en cuenta los siguientes dos aspectos:

- Las preferencias del usuario, en cuyo caso es el estudiante quien configura los temas y los tipos de preguntas que desea contestar (ejercicio configurado).
- El nivel de conocimiento del estudiante, en cuyo caso es el agente quien selecciona los temas y los tipos de preguntas que el estudiante puede responder en un momento dado (ejercicio adaptado al nivel de conocimiento del estudiante).

Un ejercicio consta de un conjunto de preguntas de respuesta cerrada (test, selección, completar, asociación, ordenamiento, etc.). Cada una de estas preguntas tiene asociado un tópico y un nivel de dificultad según la estructura del modelo del dominio. Existen tres niveles de dificultad descritos como: 1-fácil, 2-normal y 3-difícil; y dos tipos de ejercicios en una lección:

- Los *ejercicios obligatorios*, que se representan como nodos de prerrequisito dentro del mapa de navegación del curso. En este caso, es el profesor quien determina las características generales del ejercicio que el agente debe construir para el estudiante, por ejemplo, la cantidad de preguntas a responder, su nivel de dificultad, el número máximo de ejecuciones permitido, el tiempo total que el estudiante debe invertir en su resolución, etc.
- Los *ejercicios opcionales o de autoevaluación*, en cuyo caso, es el estudiante quien determina las características del ejercicio a resolver, o también el estudiante, puede solicitar al agente adaptador de ejercicios, un ejercicio adaptado a su nivel de conocimiento.

El **agente de navegación** (*browsing agent*), muestra y actualiza, en el entorno de aprendizaje, el árbol de navegación del curso considerando las técnicas de *ocultación* y *anotación* [14] para adaptación de enlaces. Este agente también selecciona las herramientas de navegación adecuadas para cada usuario particular. La estructura de comunicaciones de este agente, con los otros agentes del sistema es la siguiente:

- Con el agente pedagógico (quien es quien construye y mantiene el árbol de navegación y el diagrama de estado de los conceptos de acuerdo al modelo del estudiante), para refrescar la información a presentar.
- Con el agente *SONIA*, para indicar qué nodos tienen información particular para revisar, si el estudiante le ha programado dichas alertas.
- Con el agente *adaptador de ejercicios*, si la lección tiene ejercicios asignados.
- Con el agente *SMIT*, para enviar la información que será presentada al estudiante mediante interfaces amigables y atractivas (para motivar o para reforzar comportamientos).

En el nivel de implementación, el trabajo desarrollado por este agente consiste en la construcción dinámica de dos páginas HTML (por medio de programas JSP) que posibilitan la representación en el entorno de aprendizaje, del árbol de navegación y del diagrama de estado de los conceptos. La figura 3, muestra una representación de este proceso en el entorno de la plataforma USD.

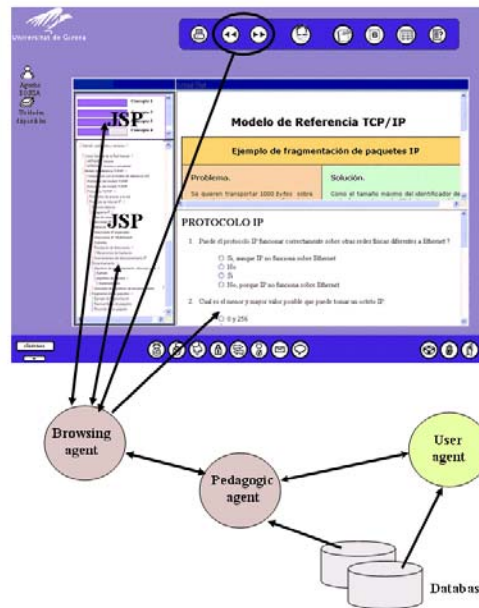


Fig. 3. Espacio de funcionamiento del agente de navegación en el entorno USD

El **agente de usuario** (*user agent*), crea y mantiene el modelo del estudiante (para permitir la personalización de datos y el filtrado colaborativo) de acuerdo al análisis de las acciones del estudiante (recolectadas por los *agentes monitores*) y a su estado de conocimiento. En este proceso se utilizan metodologías basadas en reglas y técnicas de CBR. La construcción del modelo del estudiante implica la definición de:

- El "quien", o el grado de especialización para determinar quien se modela y qué significa el historial de acciones del estudiante.
- El "que", o, los objetivos, planes, actitudes, capacidades, conocimiento y creencias del estudiante.
- El "como" el modelo se adquiere y se mantiene
- Y, el "cuando" ofrecer asistencia al estudiante para involucrar retroalimentación o interpretar comportamientos.

Los agentes Pedagógico y adaptador de ejercicios, consultan el agente de usuario por información acerca del modelo del estudiante, para adaptar los contenidos y los caminos de navegación.

El **agente pedagógico** (*pedagogic agent*), construye y mantiene el modelo pedagógico del curso. Mediante la evaluación de las reglas de decisión pedagógica establecidas por los profesores al construir el grafo conceptual, define las acciones adecuadas para determinar patrones de navegación.

El proceso de construcción del árbol de navegación o del diagrama de conceptos se lleva a cabo a través de un constructor (en el nivel de implementación), que carga datos del modelo del dominio y construye una estructura de datos en árbol o un diagrama de barras respectivamente, después de evaluar las reglas de decisión pedagógica embebidas en el modelo pedagógico utilizando información del modelo del estudiante.

La figura 4 muestra el diagrama de este proceso. En la estructura del árbol de navegación es importante notar la construcción de enlaces “fuertes” y “débiles” que delimitan el camino adecuado y los nodos de información que en un momento dado el estudiante puede seguir o visitar.

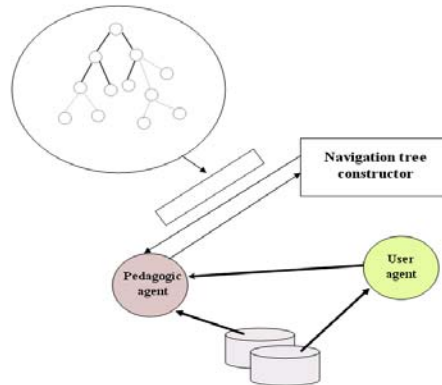


Fig. 4. Flujo de información y procesos que permiten la construcción del árbol de navegación

Los agentes *supervisor* y *controlador* (*supervisor* y *controller*), llevan a cabo tareas generales para el control de funcionamiento de la plataforma.

2.2 Arquitectura cliente-servidor

El MASPLANG está construido sobre la infraestructura de un sistema multiagente compatible con los estándares de FIPA (ver [6],[9]). Para el desarrollo de sus diferentes módulos se utilizaron los lenguajes Java, JavaScript, Flash, PHP, JSP, HTML y XML.

El espacio de trabajo del entorno educativo USD (escritorio virtual) se programó utilizando los lenguajes HTML, CSS Style Sheets, JavaScript y ActionScript (Macromedia Flash). Su interfaz está dividida en los siguientes cuatro marcos que facilitan la definición del área de trabajo de los agentes asistentes (ver figura 5):

- El marco de la derecha (número 4 en la figura 5), muestra todas las ventanas de trabajo del entorno (interfaces de las herramientas, contenidos de aprendizaje, ejercicios, etc.).
- El marco inferior (número 3 en la figura 5), despliega la barra general de herramientas del sistema.
- Todos los agentes asistentes residen de forma invisible en el marco superior (número 1 en la figura 5) donde se carga un contenedor *JADE* (un applet de Java). Los agentes adaptador de ejercicios y *SMIT* tienen una representación visible en la barra de herramientas de navegación (ubicada también en el marco superior).
- El agente *SONIA* se representa visiblemente mediante un icono en el marco de la izquierda (número 2 en la figura 5).
- Los agentes monitores registran en segundo plano las acciones del estudiante sucedidas en todos los marcos (excepto el monitor de ejercicios que únicamente entra en acción cuando el estudiante está desarrollando un ejercicio abierto en el marco de la derecha del escritorio de trabajo).

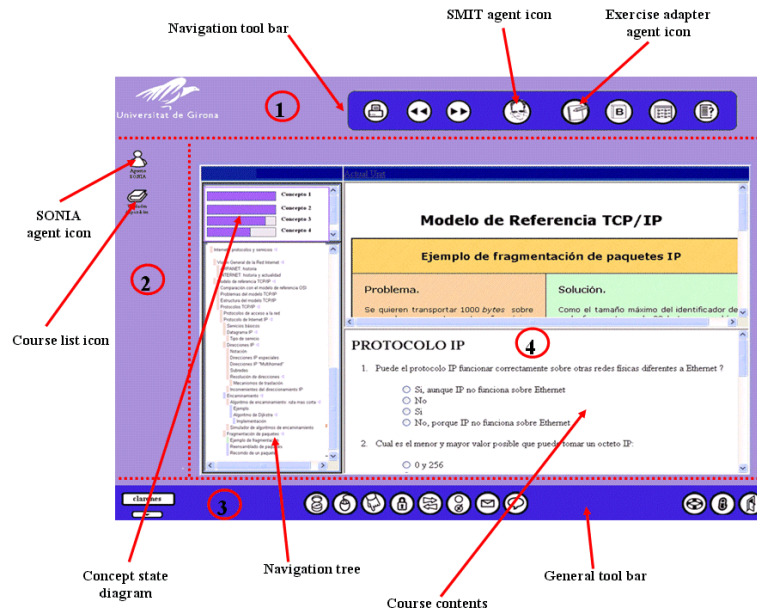


Fig. 5. Aspecto del escritorio de trabajo de las USD

3. Modelo conceptual del MASPLANG para aprendizaje adaptativo

El modelo conceptual del sistema hipermedia adaptativo basado en agentes, MASPLANG, está compuesto básicamente de tres modelos: El *modelo del dominio*, que determina los conceptos que van a ser enseñados y sus interrelaciones, con el fin de proveer una estructura global del dominio de interés (dominio de conocimiento); el *modelo del estudiante*, que permite que las diferentes características de los estudiantes (tales como pericia, conocimientos, preferencias, objetivos, etc.) sean consideradas en el proceso de aprendizaje; y el *modelo de interacción* (descrito en detalle en la sección 2), que encapsula la maquinaria adaptativa que ofrece presentación adaptativa y navegación adaptativa por medio de la supervisión de la interacción del estudiante.

3.1 Modelo del dominio

El modelo del dominio representa tanto el conocimiento sobre un dominio particular que será transmitido al estudiante, como la forma de presentar esa información (reglas definidas en un modelo pedagógico). El conocimiento del modelo de dominio y su estructura determina el contenido de la interacción tutorial, junto con la estructura que gobierna la instrucción adaptativa.

El modelo del dominio en el MASPLANG es declarativo y su conocimiento es representado por medio de un mapa conceptual o grafo semántico cuya estructura toma en cuenta los enfoques *estático* (el **qué**) y *evolucionario* (el **cómo**), así.

Desde el punto de vista **estático**, los conceptos de enseñanza son representados por medio de una red conceptual estructurada usando diferentes taxonomías. Cada nodo corresponde a un concepto del dominio y puede estar desagregado en otros nodos utilizando relaciones clase-subclase (Ej: estructura de árbol). La red

conceptual resultante es una representación estática del conocimiento en el dominio de la enseñanza (Ej.: **qué** será enseñado).

Desde el punto de vista **evolucionario**, la red conceptual esta estructurada usando relaciones para describir las reglas pedagógicas necesarias para seleccionar los contenidos y/o determinar su secuencia. En este estudio, relaciones conceptuales (Ej. Relaciones de *propiedad* como “X” es parte de “Y”) y relaciones de *procedimiento* son consideradas. Las relaciones de procedimiento son usadas para determinar el *orden* en el cual el nodo conceptual debe ser enseñado o las *decisiones* que deben ser evaluadas para alcanzar cualquier objetivo instruccional (Ej.: si la condición A es verdadera, entonces el estudiante puede estudiar los nodos 1.1 y 1.2 del *Concepto 1*). Esta estructura corresponde a la organización didáctica del dominio (Ej.: **Cómo** los conceptos serán enseñados).

En el modelo del dominio del MASPLANG, cada concepto se considera una unidad básica de aprendizaje con sus propiedades específicas (Ej.: estilo de aprendizaje asociado, nivel de conocimiento requerido, requisitos, etc.).

Los nodos de ejercicio referidos en el grafo semántico son construidos durante la sesión de aprendizaje del estudiante por el agente *Adaptador de ejercicios*, en formato HTML, usando instancias del esqueleto global de ejercicios. En este punto, el agente (que aparece como un icono en la barra de herramientas de navegación) permite al estudiante decidir si quiere configurar una instancia del ejercicio o dejar que el agente adapte el ejercicio de acuerdo al estado de conocimiento del estudiante (aplicando principios de la teoría Gagné [16]).

3.2 Modelo del estudiante

Para modelar el estudiante en el MASPLANG se tienen en cuenta dos elementos: la base de conocimiento del modelo del estudiante y el agente de usuario (*user agent* - el gestor del estudiante –un agente basado en conocimiento).

Las características de aprendizaje del estudiante establecidas en la base de conocimiento del MASPLANG siguen un modelo *híbrido*, una combinación de un modelo *overlay* [1] y un modelo *deducido*, que representa el conocimiento del estudiante sobre el dominio. Este modelo es a su vez dividido en dos modelos conceptuales más: uno *permanente* y otro *temporal*.

El *modelo permanente* contiene información concerniente a los datos sobre las características personales del estudiante y su perfil de aprendizaje, el conocimiento que tiene sobre el dominio; el material didáctico que él o ella han utilizado para aprender y la memoria de las sesiones de aprendizaje que han tenido (acciones comunes, memoria de ejercicios, etc). Este modelo está disponible durante todo el proceso de instrucción y se actualiza sesión por sesión. El *conocimiento sobre el dominio*, es el conocimiento que el estudiante ha adquirido a través del proceso de aprendizaje. La estructura particular del dominio se modifica para incluir nuevos atributos que controlan dicha adquisición (la navegación a través del grafo se adapta al estado de conocimiento del estudiante). Estos atributos son: el *nivel de conocimiento* que el estudiante tiene sobre un concepto y los *conceptos que el estudiante ha aprendido*.

El *material didáctico que el estudiante ha utilizado para aprender* (contenidos básicos y ejercicios) identifica el material usado por el sistema para presentar el contenido de aprendizaje o para evaluarlo. Esta información es utilizada por el *agente pedagógico* de la estructura multiagente para generar una opción apropiada de contenidos que el estudiante pueda aprender en un momento determinado. El agente *adaptador de ejercicios* utiliza la información concerniente al ejercicio que el estudiante ya resolvió para adaptar nuevos ejercicios a su estado de conocimiento.

En el modelo del estudiante, la información sobre el desarrollo del proceso de instrucción es también considerada. Los datos sobre la última sesión sintetizan los eventos ocurridos en la última sesión de

aprendizaje. Esta información es importante para fijar ciertos elementos a ser representados en la siguiente sesión.

La *memoria de todo el proceso instruccional* es representada por un conjunto de acciones comúnmente llevadas a cabo, como los nodos visitados junto con el tiempo gastado en cada visita y la información sobre el desempeño del estudiante cuando resuelve ejercicios (una lista de ejercicios que el estudiante ha hecho y la forma como los ha realizado.). Esta información está disponible a través del botón de estadísticas de aprendizaje en la barra de herramientas general del ambiente de aprendizaje.

El *modelo temporal*, solo tiene sentido para la sesión actual. Este dato es manejado por el agente *de usuario*, que al finalizar la sesión, actualiza el *modelo permanente* con la información relevante que debe alterar el estado de conocimiento del estudiante.

4. Conclusiones

La principal motivación tenida en cuenta al proponer el desarrollo del sistema MASPLANG (arquitectura multiagente y metodologías de adaptatividad) fue la necesidad de ofrecer a los estudiantes el material didáctico más adecuado a su perfil de aprendizaje individual. Esto se logró a cabalidad, en combinación con las características de amigabilidad, personalización y asistencia brindadas por el entorno de aprendizaje de las Unidades de Soporte a la Docencia (USD), un sistema de administración de cursos, con el que se tuvo oportunidad de experimentar. Para cumplir con los objetivos de adaptatividad, se utilizó con éxito la tecnología de agentes, lo cual fue verdaderamente satisfactorio, porque a pesar de que la arquitectura multiagente propuesta parecía compleja, la paralelización de las tareas permitida por la misma, jugó un papel fundamental para conseguir la funcionalidad deseada, pues el diseño sistemático de la ontología para los agentes, facilitó todo el proceso. También es importante resaltar el hecho de que la introducción de los agentes en el entorno de aprendizaje impresionó agradablemente al estudiante, en particular el aspecto antropomórfico adoptado por el agente SMIT, al realizar los procesos de acompañamiento en línea. En [10] se pueden observar en detalle, resultados de la evaluación del rendimiento de este entorno.

De esta experiencia se puede concluir, que la solución propuesta es viable para la comunidad del e-learning que aspira a una educación personalizada y asistida con un toque de "humanidad".

Referencias

- [1] B. Carr and I. Goldstein, "Overlays: A theory of modeling for computer aided instruction", (AI Memo 406), Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, AI Laboratory, 1977.
- [2] B. Woolf, "Intelligent multimedia tutoring systems," Communications of the ACM, Vol. 39, No. 4, 1996, pp. 30-1.
- [3] Caglayan, A. and Harrison, C., Agent Sourcebook, Wiley Computer Publishing, New York, NY, 1997.
- [4] C.A. Carver, R.A. Howard, and W.D. Lane, "Addressing Different Learning Styles Through Course Hypermedia," *IEEE Transactions on Education*, 42(1), 1999, pp. 33-38.
- [5] C.I. Peña, J.L. Marzo, and J.L.I. De la Rosa, "Intelligent Agents in a Teaching and Learning Environment on the Web," 20nd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT2002), Kazan (Russia), September 9-12, 2002, pp. 21-27.
- [6] Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org>, 2002.



- [7] G. Kearsley, "Intelligent agents and instructional systems: implications of a new paradigm," *Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.. 4, No. 4, 1993, pp. 295-304.
- [8] Habitat-Pro™ Environment, Agents Inspired Technologies Corporation, University of Girona, Girona, Spain, 2001, <http://www.agentsinspired.com>.
- [9] Java Agent Development Framework. <http://sharon.cselt.it/projects/jade>.
- [10] Peña, C. I. "Intelligent Agents to improve adaptivity in a web-based learning environment", PhD thesis, University of Girona, Spain, 2004.
- [11] Maurer, H. Necessary ingredients of integrated network based learning environments. Proceedings of the AACE World Conference on Educational Multimedia/Hypermedia (EDMEDIA 97), (Calgary, Canada, Jun), 25-32, 1997.
- [12] M. R. Felder and L. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education", In *Engineering Education* 78(7), 1988, pp. 674-681.
- [13] M.R. Felder and L. Silverman, "Diagnostic instrument for the FLSM model.," <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/ilsweb.html>.
- [14] P. Brusilovsky, "Methods and techniques of adaptive hypermedia," *Journal of User Modeling and User Adapted Interaction*, 6, (2-3), 1996, pp. 87-129.
- [15] R. Fabregat, J.L. Marzo, C.I. Peña, "Teaching Support Units", *Computers and Education in the 21st Century*, Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 163-174.
- [16] R. Gagne, L. Briggs, L. & W. Wager, *Principles of Instructional Design* (4th Ed.). Fort Worth, TX: HBJ College Publishers, 1992.