

ISMAEL: Un agente BDI como cerebro de una plataforma de tele-educación

Fernando A. Mikic Fonte, Juan Carlos Burguillo Rial, Martín Llamas Nistal, David Fernández Hermida

E.T.S.E. Telecomunicación, Universidade de Vigo
Campus Universitario Lagoas-Marcosende s/n, Vigo, España
{mikic,jrial,martin}@det.uvigo.es, davidfh@enigma.det.uvigo.es

Resumen: INES (INtelligent Educational System) es un prototipo operativo de una plataforma de tele-educación capaz de desempeñar funcionalidades propias de un LMS (Learning Management System), un LCMS (Learning Content Management System), y un ITS (Intelligent Tutoring System). Para llevar a cabo todas estas funcionalidades, nuestro sistema en su conjunto engloba toda una serie de herramientas y tecnologías, como pueden ser entre otras: herramientas para la gestión semántica de usuarios y contenidos, un robot conversacional inteligente capaz de comunicarse con los estudiantes en lenguaje natural, y un agente inteligente basado en tecnología BDI (Believes, Desires, Intentions) que actúa como el cerebro del sistema. En el presente artículo nos centraremos en este agente inteligente, ISMAEL (Intelligent System Manager Agent for E-Learning), desarrollado y utilizado en la plataforma para gobernar el módulo de tutorización inteligente.

Palabras clave: BDI, Inteligencia Artificial, ITS, LCMS, LMS, Tele-educación.

Abstract: INES (INtelligent Educational System) is an operative prototype of an e-learning platform, which counts with functionalities of Learning Management Systems, Learning Content Management Systems, and Intelligent Tutoring Systems. To achieve these functionalities our system includes several tools and technologies, such as: semantic management of users and contents, a conversational agent to communicate with students in natural language, a BDI-based (Believes, Desires, Intentions) agent which acts as the brain of the system. At the present paper we will address this intelligent agent, ISMAEL (Intelligent System Manager Agent for E-Learning), developed and used in our platform to control the intelligent tutoring module.

Key words: BDI, Artificial Intelligence, ITS, LCMS, LMS, e-Learning.

1. Introducción

INES (*INtelligent Educational System*) es un prototipo operativo de una plataforma de tele-educación que nuestro grupo de investigación está desarrollando. Dicha plataforma combina aquellas funcionalidades que consideramos esenciales en una plataforma de este estilo, y que no son otras que las llevadas a cabo por un LMS (*Learning Management System*) [Grace et al. 05], un LCMS (*Learning Content Management System*) [Horton 00], y un ITS (*Intelligent Tutoring System*) [Murray 99].

Un LMS es una aplicación software instalada en un servidor, la cual se utiliza para gestionar, distribuir, y supervisar todas las tareas educativas de una organización o institución. Sus principales funciones son: gestionar usuarios, recursos, y actividades y materiales educativos, controlar el acceso, supervisar el proceso y el progreso educativo, realizar evaluaciones, etc. Un LMS a menudo no incluye capacidades de autoría, es decir, el poder crear sus propios contenidos educativos, lo cual normalmente recae sobre un LCMS.

Un LCMS se utiliza para crear y gestionar los contenidos de una parte de un programa educativo (por ejemplo un curso), el cual puede ser usado, gestionado, y personalizado de muy diferentes formas.

Por último, un ITS es un sistema de apoyo educativo (una especie de tutor virtual), que se encarga de prestar ayuda a los estudiantes en sus tareas de aprendizaje, y de suministrarles contenidos específicos, personalizados, y adaptados a sus propias aptitudes.

Para llevar a cabo todas estas funcionalidades, nuestro sistema en su conjunto engloba toda una serie de herramientas y tecnologías, como pueden ser: herramientas para la gestión semántica de usuarios (administradores, profesores, y alumnos) y contenidos, un robot conversacional inteligente (comúnmente conocido como *chatterbot*) capaz de comunicarse con los estudiantes en lenguaje natural [Neves et al. 02], un agente inteligente basado en tecnología BDI (*Believes, Desires, Intentions*) [Bratman 99] que actúa como el cerebro del sistema, un motor de inferencia basado en JESS (motor de reglas para la plataforma Java) [Friedman-Hill 00] y ontologías (para modelar a los usuarios, sus actividades, y los contenidos educativos) [Chandrasekaran et al. 99] que contribuyen a la parte semántica del sistema.

En el presente artículo nos centraremos en el módulo tutor inteligente, y en particular en el agente BDI, ISMAEL (*Intelligent System Manager Agent for E-Learning*), desarrollado y utilizado en la plataforma con la función principal de gobernar este módulo.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 daremos una breve descripción de lo que son los agentes BDI y su funcionamiento. En la sección 3 presentaremos nuestra plataforma de tele-educación INES, centrándonos en sus funcionalidades como LMS, LCMS, e ITS. La sección 4 estará dedicada a la descripción del funcionamiento del módulo tutor inteligente, y en particular del funcionamiento y estructura de ISMAEL. Por último, terminaremos el artículo con unas conclusiones.

2. Agentes BDI

La especificación, diseño, verificación, y aplicación de los llamados agentes BDI ha recibido una gran atención durante los últimos años. Estos agentes son sistemas situados en un entorno cambiante, que reciben información de manera continuada, y que realizan acciones que pueden afectar a ese entorno basándose en su estado (mental) interno.

El modelo de agentes inteligentes es un paradigma inspirado en la noción de agentes racionales basados en actitudes mentales. En concreto, el modelo BDI (basado en los procesos mentales de Creencias, Deseos, e Intenciones) fue introducido en un primer momento como un modelo filosófico para el modelado del comportamiento racional humano. Sin embargo, posteriormente fue adoptado y transformado en un modelo de ejecución para agentes software basado en la noción de “creencias” (*believes*), “objetivos” (*goals*), y “planes” (*plans*), conceptos que pueden ser creados y manipulados por agentes.

Las creencias se refieren a aquello que el agente conoce (tanto en lo relativo al entorno en el que se encuentra como a su estado interno) y son almacenadas en la “base de creencias” (*believes base*) del agente. Los objetivos permiten describir qué es lo que el agente debe conseguir o alcanzar, pero no incluyen información de qué acciones tiene que llevar a cabo exactamente para lograrlo. Por último, los planes se componen de un conjunto de instrucciones que permiten a los agentes realizar una serie de acciones encaminadas a intentar cumplir los objetivos previamente marcados, es decir, si la situación actual de la que el agente es consciente (conoce) no se corresponde con la situación deseada (especificada en los objetivos) entonces el agente adoptará las medidas necesarias (ejecutará el/los plan/planes) para intentar alcanzarla. La relación entre los objetivos y los planes la llevará a cabo un razonador, el cual decide qué plan ejecutar para intentar satisfacer un objetivo determinado.

La utilización del verbo “intentar” no ha sido casual, ya que no se garantiza la consecución del objetivo perseguido. Esto es así debido a que el agente BDI se diseña para razonar bajo ciertas condiciones, las cuales pueden cambiar durante la ejecución de un

plan (o durante la toma de decisiones que llevan a la adopción de un plan). Teniendo esto en cuenta no es descabellado el encontrarse con planes alternativos o de contingencia.

Esta representación del comportamiento utilizando nociones mentales tiene varios beneficios, como pueden ser el evitar la abstracción a bajo nivel (ya que simplemente se presentan determinados objetivos que se desean conseguir y una serie de planes para conseguirlos) y la comprensión relativamente sencilla del comportamiento autónomo del agente (incluso su predicción).

3. Plataforma de Tele-educación INES

INES es un prototipo operativo de una plataforma de tele-educación, la cual combina capacidades esenciales relacionadas con las actividades de aprendizaje en línea propias de un LMS, un LCMS, y un ITS. Es decir, INES es capaz de llevar a cabo todo un conjunto de tareas específicas de estos tres tipos de sistemas, como son:

- Gestión de alumnos, administradores, recursos, actividades, acceso, evaluaciones, etc.
- Creación, gestión, y distribución de contenidos educativos.
- Tutorización, ayuda, y guía al alumno.

Las partes principales de las que se compone INES se pueden agrupar en una serie de bloques (Figura 1):

- 1 Ontología [Mikic et al. 09a]: Existe una ontología formada por tres sub-ontologías: una para definir semánticamente los contenidos de los cursos (objetos de aprendizaje) basada en LOM [Hodgins et al. 02], otra para modelar los datos de los usuarios basada en IMS LIP [Norton et al. 01], y la última para definir relaciones entre los usuarios y los contenidos de aprendizaje (creada por nuestro grupo de investigación expresamente para tal fin).
- 2 Módulo de gestión de contenidos y usuarios: Este módulo permite a los administradores gestionar tanto a los usuarios del sistema como los contenidos de los cursos, a la vez que permite el acceso a la ontología por parte del agente BDI y el motor de inferencia.

- 3 Motor de inferencia: El cual procesa las peticiones del agente BDI y decide lo que se permite hacer y lo que no.
- 4 Agente BDI: El auténtico cerebro del sistema. Está basado en tecnología BDI, y es el responsable de tomar decisiones personalizadas sobre el aprendizaje de cada estudiante de manera inteligente (ver sección 4 para más detalles).
- 5 *Chatterbot*: Responsable de la comunicación con los estudiantes [Mikic et al. 09b] (basado en [Mikic et al. 10]).

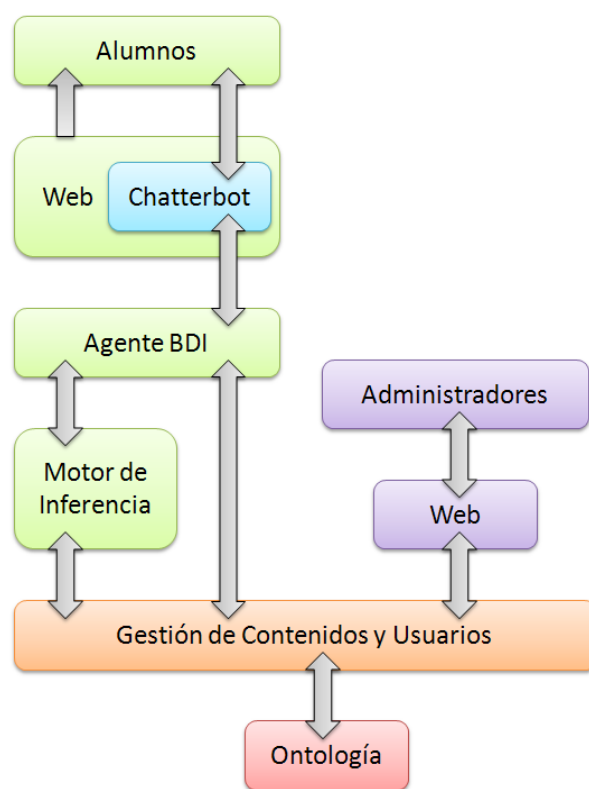


Figura 1. Diagrama de bloques de INES

3.1. Funcionalidades como LMS

Un LMS se puede definir como una aplicación software basada en Internet, usada para diseñar, implementar, y evaluar un proceso de aprendizaje específico, es decir, comprende todos los servicios necesarios para la correcta gestión en línea de actividades educativas. En particular, pretende ofrecer funcionalidades de gestión a los usuarios de la plataforma: administradores, profesores, y alumnos.

Los servicios ofrecidos por un LMS pueden ser diferentes según la plataforma de la que se trate, y en nuestro caso, INES ofrece entre otros:

- Administración y gestión de cursos: inscripción, directorio de usuarios, consulta de calificaciones, etc.
- Distribución de contenidos.
- Herramientas de trabajo colaborativo.
- Servicios de tutorización.
- Control y evaluación de usuarios.
- Diseño de planes de formación personalizados.

En resumen, las funcionalidades que, como un LMS, nuestra plataforma les ofrece a los docentes constituyen una manera de distribuir contenidos educativos, controlar la participación de los estudiantes, y evaluarlos.

3.2. Funcionalidades como LCMS

Un LCMS se utiliza para diseñar, crear, y gestionar los contenidos de un programa educativo (normalmente, contenidos pertenecientes a cursos).

Como LCMS, INES cuenta con las siguientes funcionalidades:

- Creación de contenido de manera sencilla, de tal manera que expertos en la materia a enseñar puedan llevar a cabo estas tareas con el mínimo esfuerzo, incluso aunque no tengan demasiada experiencia con el uso de tecnología.
- Inclusión de diferentes tipos de materiales educativos, desde simple texto a ricos contenidos multimedia.
- Almacenamiento de contenidos en un repositorio.
- Reutilización y exportación de contenidos, incluso en diferentes sistemas (gracias a la utilización de una ontología basada en LOM).
- Gestión y mantenimiento de contenidos.

De esta manera se combinan funcionalidades tanto de un LCMS como de un LMS, y así se aglutina la gestión completa del aprendizaje relacionada tanto con los usuarios (estudiantes, profesores, y administradores) como con los contenidos.

3.3. Funcionalidades como ITS

Los ITS son sistemas software educativos capaces de especificar qué enseñar y cómo hacerlo, es decir, son una especie de tutores virtuales inteligentes basados en conocimiento, que sirven de guía a los estudiantes en su proceso educativo, tratando de emular de alguna manera a un tutor humano.

En este sentido INES realiza inferencias sobre el dominio que un estudiante posee sobre un tema en particular o sobre una tarea a realizar, y de esta forma le ofrece al estudiante contenido educativo adecuado. De igual manera, se encarga de llevar a cabo una evaluación personalizada de cada estudiante y entre otras cosas, a través de los resultados obtenidos, recomendar determinadas tareas de aprendizaje.

4. Módulo Tutor Inteligente

ISMAEL es un agente BDI que actúa como el auténtico cerebro del módulo tutor inteligente del sistema. Básicamente, sus tareas son reconocer a cada alumno, comprobando sus credenciales cuando entre al sistema, y obtener información relativa a su progreso educativo en el mismo, para de esta manera poder sugerirle tareas a realizar encaminadas a la consecución de determinados objetivos de aprendizaje. Será el propio alumno el que, a través de la interacción con ISMAEL, decida si acepta estas tareas propuestas o solicita otras diferentes, las cuales podrán ser ofrecidas por ISMAEL para su realización o no, dependiendo de las decisiones que el agente tome al respecto (las cuales estarán basadas en una serie de parámetros relacionados con las rutas de aprendizaje propuestas y el perfil del alumno).

Este módulo tutor se ejecuta sobre la plataforma Jadex [Braubach 09], la cual ofrece funcionalidades para la gestión de agentes BDI.

4.1. Proyecto Jadex

El proyecto Jadex es llevado a cabo por el grupo de Sistemas Distribuidos y Sistemas de Información de la Universidad de Hamburgo y se distribuye bajo la licencia GNU LGPL [GNU 07], encontrándose en

continuo desarrollo. Actualmente dispone de una serie de herramientas que se pueden dividir en tres grupos):

- 1 Una API Java [Gosling et al. 00] y un conjunto de funcionalidades predefinidas para facilitar la programación de agentes.
- 2 Una plataforma que permite la ejecución de los agentes (*reasoning engine*).
- 3 Un conjunto de herramientas para usar en tiempo de ejecución que permiten gestionar y observar diferentes aspectos de los agentes.

Los agentes implementados en Jadex son conocidos como *Goal Oriented Agents*, es decir, agentes orientados a objetivos. Este paradigma permite añadir un nivel de abstracción en la definición del comportamiento del agente, de tal manera que el desarrollador podrá especificar unos objetivos a ser alcanzados por el agente sin concretar la forma de lograrlos, y así conseguir que el propio agente tenga cierto grado de libertad para decidir la forma más adecuada de alcanzar dichos objetivos.

4.2. Funcionamiento del Módulo Tutor Inteligente

En todo momento en el cual el sistema se encuentre activo, la plataforma Jadex se estará ejecutando, de tal manera que cada vez que un alumno acceda al sistema para la realización de sus tareas de aprendizaje, se generará bajo demanda una instancia de ISMAEL que lo atenderá como si de un tutor virtual se tratase.

Como ya se comentó brevemente con anterioridad, la comunicación con los alumnos se realiza a través de un *chatbot* o robot conversacional (CHARLIE - CHAtteR Learning Interface Entity), el cual actúa como una interfaz entre los estudiantes y el sistema. Más concretamente, CHARLIE se pondrá en contacto con un agente mensajero (EMMA – *Events and Messages Manager Agent*) el cual hará de intermediario entre él e ISMAEL (Figura 2).

4.2.1. Agente EMMA

El cometido de este agente es el de actuar como una especie de mensajero o intermediario entre el robot

conversacional y el agente BDI (ISMAEL), encargado de gestionar los eventos y mensajes que surjan entre ambos (este agente también se ha implementado como un agente BDI, lo cual permite beneficiarnos de las ventajas y comodidades de la plataforma Jadex).

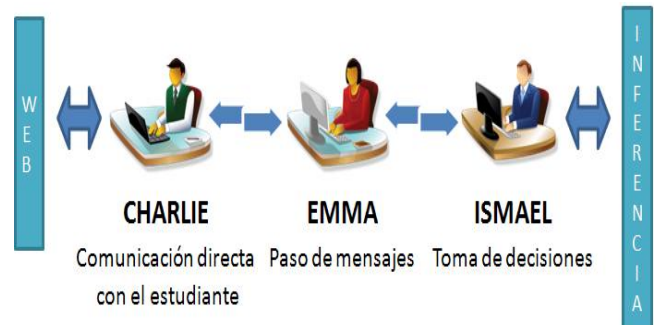


Figura 2. Esquema de funciones de CHARLIE, EMMA, e ISMAEL

Al arrancar el sistema se creará una instancia de EMMA, la cual se mantendrá en ejecución en todo momento, esperando conexiones provenientes del *chatbot*, momento en el cual se creará un hilo (*thread*) que se ocupará de leer los mensajes recibidos. Cuando se reciba un mensaje de *login*, significará que un alumno quiere entrar en el sistema, con lo cual el mensajero creará una instancia de ISMAEL. De igual manera, cuando este alumno abandone el sistema (con lo cual se generará un mensaje de *logout*) el agente mensajero será el encargado de destruir la instancia de ISMAEL correspondiente.

Una vez establecida la conexión con el *chatbot*, y con la instancia del agente BDI creada, EMMA convertirá los mensajes que le lleguen del primero a un formato que el segundo entienda, y se los reenviará a este último. De igual manera, cuando sea el agente BDI el que quiera comunicarse con el *chatbot*, se realizará el proceso inverso.

4.2.2. Agente ISMAEL

El agente ISMAEL es un agente BDI que se ejecuta en la plataforma Jadex, y como tal, está definido por un fichero XML llamado ADF (*Agent Definition File*) y por un conjunto de clases Java encargadas de ejecutar sus “planes”.

Tal como se ha ido comentando ya, la misión de este agente (su objetivo) es guiar al alumno a través de diferentes tareas de aprendizaje, comunicándose con él mediante el *chatbot* (y a través del agente mensajero).

A continuación resumiremos brevemente algunas de sus características BDI más importantes:

- **Creencias:** Estarán compuestas principalmente por una serie de referencias a: instancias para acceder al módulo de ontologías, instancia del agente mensajero para comunicarse con el *chatbot*, identificador del alumno al que está tutorizando, identificadores de las tareas en las que se encuentra inmerso el alumno, temporizadores, etc. En resumen, son todo un conjunto de parámetros (información) que el agente necesita para poder tomar decisiones en cuanto a los objetivos a cumplir en cada momento, y las acciones que se llevarán a cabo para intentar alcanzar esos objetivos.
- **Deseos:** Son el equivalente a los objetivos, y consisten básicamente en conseguir que el alumno realice una serie de actividades educativas previamente definidas por un profesor de la plataforma. Normalmente estas actividades estarán englobadas dentro de un esquema semántico que definirá las relaciones entre los diferentes objetos de aprendizaje, las cuales conformarán una ruta de aprendizaje que el alumno deberá seguir (la cual obviamente no tendrá porqué ser lineal, pero que para nuestro prototipo seguirá una estructura dividida en cursos, módulos, y unidades). El objetivo último y principal será que el alumno consiga ciertas competencias relacionadas con la materia enseñada, y para ello, este objetivo se irá dividiendo en sub-objetivos de menor nivel (y estos a su vez en otros) de manera recursiva, de tal manera que a medida que se vayan alcanzando estos sub-objetivos, se irán cumpliendo los de mayor nivel (y así sucesivamente hasta alcanzar el objetivo inicial).
- **Intenciones:** Estas intenciones se corresponden con los planes que el agente posee para intentar que el alumno consiga los objetivos planteados. El agente, por tanto, ejecutará una serie de planes (acciones) teniendo en cuenta en cada momento las creencias de las que dispone, los objetivos a

cumplir en ese instante, y los mensajes que le puedan llegar por parte del alumno. Además, también se incluyen una serie de planes para llevar a cabo tareas rutinarias del agente, como pueden ser: tareas encargadas de procesar los mensajes (tanto los recibidos como los que se quieran enviar), tareas de gestión de la temporización, etc.

Por último, tan solo reseñar la utilización de temporizadores, los cuales van a servir de alguna manera para detectar la presencia de un alumno ante determinados períodos de inactividad del mismo. Existen dos razones principales para llevar a cabo esta comprobación:

- 1 **Detección de abandono del sistema:** Si el tiempo de inactividad es considerable (excede ciertos límites regulados por los temporizadores) se podrá asumir que el alumno ha abandonado su tarea sin comunicárselo al sistema, y por lo tanto se procederá al cierre de la sesión del estudiante (con el consiguiente ahorro de recursos).
- 2 **Control del tiempo que los alumnos dedican a cada tarea educativa:** La información semántica de los objetos de aprendizaje utilizados incluye información sobre el tiempo medio que un alumno debería invertir con los mismos; por tanto, el tiempo que los alumnos tardan realmente en finalizar sus tareas es fundamental a la hora de conocer si dicho tiempo medio está correctamente dimensionado. Además, el tiempo que un alumno tarde en realizar sus tareas es un dato que aportará valiosa información a su perfil educativo.

En concreto existen dos temporizadores, el primero de ellos dará lugar a un aviso y a la inicialización del segundo, y en caso de vencerse este último se cerrará la sesión del alumno.

4.2.3. Diagrama de Flujo del Módulo Tutor Inteligente

Para finalizar comentaremos brevemente el funcionamiento de este módulo en régimen permanente, es decir, una vez que el alumno se encuentra realizando una tarea de aprendizaje (Figura 3):

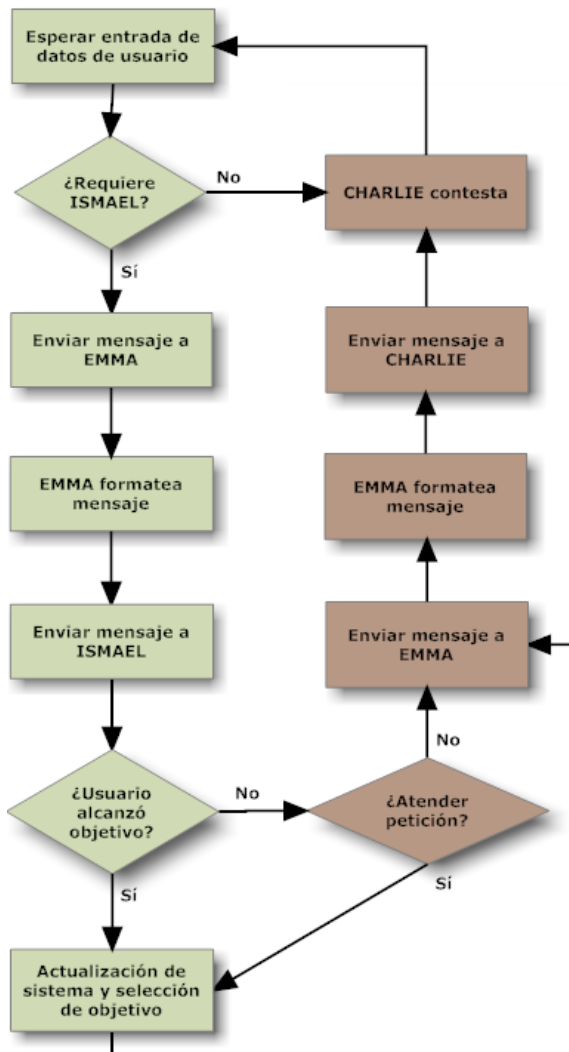


Figura 3. Diagrama de flujo del módulo tutor inteligente

- Una vez que el usuario le envía un mensaje al *chatbot*, este lo procesa para saber si necesita enviárselo al agente BDI o por el contrario es capaz él mismo (a través de su base de conocimiento) de contestarle al usuario.
- Si se requiere el envío del mensaje (porque es un aviso de que el usuario ha terminado su tarea, o bien porque este solicita algo del sistema), CHARLIE se lo pasa a EMMA, la cual tras formatearlo adecuadamente, se lo envía a ISMAEL.
- ISMAEL comprueba si el usuario ha terminado de realizar su tarea cumpliendo el objetivo que se le hubiera asignado.
- En caso afirmativo (el mensaje era un aviso de

tarea finalizada) se realiza una actualización del sistema (creencias y ontología) y se procede a la selección del siguiente objetivo a conseguir por el alumno, con el consiguiente lanzamiento de los planes asociados al mismo, y la comunicación al usuario de tal hecho.

- En caso de que el usuario no hubiese cumplido su objetivo, se procesa la petición del mismo, enviándosele un mensaje adecuado en caso de ser rechazada, o bien realizando la actualización del sistema (y los pasos posteriores que hemos especificado en el punto anterior) en caso de ser aceptada.

Por último, comentar que la selección del siguiente objetivo a conseguir es un proceso que implica tener en cuenta tanto la ruta de aprendizaje que se hubiese definido como la situación actual del alumno en relación a sus tareas de aprendizaje (conocimiento al cual accede ISMAEL a través de la información semántica almacenada en la ontología del sistema).

Por ejemplo, el siguiente objetivo seleccionado podría ser que el alumno realizase la siguiente tarea de la ruta de aprendizaje (definida previamente por el creador del curso que el alumno está realizando), que se le recomendase repasar determinados contenidos que ya había visto (esta recomendación podría estar basada en resultados extraídos de pruebas que se le hayan hecho al alumno para evaluar los conocimientos adquiridos o por la cantidad de tiempo que ha pasado desde que el alumno se vio ese contenido), que se le presente material educativo adicional (tanto a petición explícita del alumno como en modo de recomendación por parte del sistema), etc.

5. Conclusiones

La contribución más importante del presente artículo es la presentación de un prototipo funcional de plataforma de tele-educación (llamada INES), la cual incluye capacidades propias de sistemas LMS, LCMS, e ITS; y más específicamente, la presentación de su módulo tutor inteligente. Dicho módulo está gobernado por un agente inteligente basado en tecnología BDI, llamado ISMAEL, el cual actúa como el auténtico cerebro del sistema. Básicamente,

sus tareas son reconocer a cada alumno, comprobando sus credenciales cuando entra al sistema, y obtener información relativa a su progreso educativo en el mismo, para de esta manera poder sugerirle tareas personalizadas a realizar encaminadas a la consecución de determinados objetivos de aprendizaje

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del proyecto "Servicios Adaptativos para E-learning basados en estándares" (TIN2007-68125-C02-02), y por la Consellería de Innovación e Industria de la Xunta de Galicia (Programa de Promoción General de la Investigación del Plan Gallego de IDIT) a través del proyecto "E-BICS: E-learning – Bases de Integración e Coordinación sobre eStándares" (PGIDIT06PXIB32 2270PR).

Referencias

- [Bratman 99] M. E. Bratman, "Intention, Plans, and Practical Reason". CSLI Publications. (1999).
- [Braubach 09] L. Braubach, "Jadex, BDI Agent System". Distributed Systems and Information Systems Group, University of Hamburg. Disponible en línea en <http://jadex.informatik.uni-hamburg.de/bin/view/About/Overview>. (2009).
- [Chandrasekaran et al. 99] B. Chandrasekaran, J. R. Josephson, and V. R. Benjamins. "What Are Ontologies and Why Do We Need Them". IEEE Intelligent Systems, 14, 20-26. (1999).
- [Friedman-Hill 00] E. J. Friedman-Hill, "Jess, The Java Expert System Shell". Disponible en línea en http://web.njit.edu/all_topics/Prog_Lang_Docs/html/jess/. (2000).
- [GNU 07] "GNU Lesser General Public License". Disponible en línea en <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>. (2007).
- [Gosling et al. 00] J. Gosling, B. Joy, G. Steele G., and G. Bracha, "The Java language specification". Addison-Wesley. (2000).
- [Grace et al. 05] A. Grace, and T. Butler, "Beyond Knowledge Management: Introducing Learning Management Systems". Idea Group Publishing. (2005).
- [Hodgins et al. 02] W. Hodgins, and E. Duval, "Learning Object Metadata Standard". IEEE 1484.12.1-2002. (2002).
- [Horton 00] W. K. Horton. "Designing Web-Based Training: How to Teach Anyone Anything Anywhere Anytime". John Wiley and Sons. (2000).
- [Mikic et al. 10] F. A. Mikic, J. C. Burguillo, and M. Llamas. "TQ-Bot: An AIML-based Tutor and Evaluator Bot". Journal of Universal Computer Science (JUCS), Verlag der Technischen Universität Graz, Austria, 15, 7, 2010, 1486-1495. (2010).
- [Mikic et al. 09a] F. A. Mikic, J. C. Burguillo, M. Llamas, and D. Fernández. "Using Semantics in INES, an Intelligent Educational System". 39th Frontiers in Education Conference - FIE 2009 (San Antonio, Texas, EE. UU., October 18 - 21, 2009).
- [Mikic et al. 09b] F. A. Mikic, J. C. Burguillo, M. Llamas, D. A. Rodríguez, E. Rodríguez. "CHARLIE: An AIML-based chatterbot which works as an interface among INES and humans". 20th European Association for Education in Electrical and Information Engineering - EAEEIE 2009 (Valencia, Spain, June 22 - 24, 2009).
- [Murray 99] T. Murray. "Authoring Intelligent Tutoring Systems: An Analysis of the State of the Art". International Journal of Artificial Intelligence in Education, 10, 98-129. (1999).
- [Neves et al. 02] A. M. M. Neves, I. Diniz, and F. A. Barros. "Natural Language Communication via AIML Plus Chatterbots". V Symposium on Human Factors in Computers Systems (IHC 2002), Fortaleza - CE, 387.
- [Norton et al. 01] M. Norton, and J. Treviranus. "IMS Learner Information Package Information Model Specification. IMS Technical Report". (2001).