

# Comunicando de manera efectiva un ambiente virtual de aprendizaje y algoritmos de planificación de itinerarios formativos: una propuesta arquitectónica basada en agentes

Lluvia Morales, José Figueroa, Marvelia Gizé Jiménez Guzmán,  
Felipe Trujillo-Romero, Óscar Pérez

Universidad Tecnológica de la Mixteca,  
México

lluviamorales@mixteco.utm.mx, jfigueroa@mixteco.utm.mx, marvgize@gmail.com,  
ftrujillo@mixteco.utm.mx, oscaruriel@gmail.com

**Resumen.** En el contexto de E-Learning existe un número sumamente importante de propuestas en las que los agentes inteligentes se utilizan para diversas tareas; desde virtualizar a los estudiantes para analizar su comportamiento, hasta proponerles nuevas actividades a realizar dependiendo de su interacción con el sistema, entre otras. Este artículo describe una arquitectura de comunicación entre un ambiente virtual de aprendizaje y un conjunto de servicios Web de Planificación y Scheduling, con el fin de crear itinerarios formativos adaptados a diferentes perfiles de estudiante de un curso. El puente de comunicación entre estos dos componentes es un conjunto de agentes que permiten: (1) modularizar la información que se pueda recabar del ambiente virtual, (2) comunicar la información al planificador inteligente con la estructura apropiada y (3) recuperar los itinerarios formativos dados por el planificador o los problemas del dominio encontrados por los agentes, y enviarlos de manera clara a los usuarios interesados.

**Palabras clave:** Arquitectura de agentes, planificación y scheduling, e-learning adaptativo, ambientes virtuales de aprendizaje.

## 1. Introducción

Los agentes inteligentes han sido utilizados ampliamente como apoyo en diversas tareas necesarias durante el proceso de aprendizaje en línea. Los problemas menos atacados hasta el momento según [9] han sido los de generación de itinerarios formativos adaptados al usuario y el uso de funcionalidades externas dentro del proceso de aprendizaje. Sin embargo, la gestión de información del usuario e inferencia acerca de la misma, es el tema prioritario de los mismos; pero bajo un enfoque de simulación de usuarios o administración de recursos inherentes a los mismos.

Desde nuestro punto de vista, la información que habitualmente gestionan y procesan los agentes en la educación, debería ser utilizada por aplicaciones externas que permitan llevar a cabo con mayor eficacia y rapidez el proceso de generación de itinerarios formativos adaptados a las diferentes necesidades y características de los estudiantes.

Es así como en este artículo se propone una arquitectura de agentes que permita, a un ambiente virtual de aprendizaje, acceder a un conjunto de servicios Web de planificación que permiten la generación en tiempo real de itinerarios formativos adaptados a diversos perfiles de estudiantes. Los agentes no solo se encargan de (1) procesar la información dinámica que se genera durante la interacción de los usuarios con el ambiente virtual de aprendizaje, sino también de (2) obtener inferencias en base a la misma y decidir si se solicita o no un itinerario formativo nuevo o modificado. También se encargan de (3) compilar la información recibida desde el Ambiente Virtual de Aprendizaje (VLE, por sus siglas en inglés) de manera que, en caso de ser necesario un itinerario adaptado, sea comprendida por los servicios Web de planificación inteligente. Y, finalmente, (4) comunicar los posibles resultados de la planificación o necesidades/incongruencia en la información recibida por las diferentes fuentes de manera que los itinerarios formativos sean del agrado de los estudiantes.

En las siguientes secciones se explica primero que nada el trabajo relacionado con el nuestro en cuestión tecnológica y de resolución del problema particular. Enseguida se sitúa al usuario en el contexto general de aplicación de los agentes en la educación y posteriormente en nuestro caso particular sobre el cual justificamos nuestra propuesta. Siguiendo en esa línea, la propuesta general de arquitectura de agentes, incluyendo los diferentes módulos de agentes y los componentes que se interconectan, se describe en la sección 4, la cual se ve reflejada en unas pruebas iniciales de aplicación en la sección 5 y, finalmente, se resumen nuestras conclusiones y trabajo futuro en la sección 6.

## **2. Trabajo relacionado**

Como primera parte de este trabajo, se plantea una arquitectura distribuida de agentes, había que encontrar la manera de comunicar a los diferentes elementos de la arquitectura, es así como en [4] podemos observar un excelente ejemplo de uso de servicios Web, XML y RDF como elementos de comunicación entre agentes móviles y en [6] se utiliza XML para transmitir y procesar información entre el ambiente de aprendizaje y los agentes. Sin embargo, a nosotros no nos interesa que los agentes sean móviles, ya que no es necesario que trabajen directamente sobre la interfaz del usuario si no con la información que se transmite a la interfaz a partir de lo almacenado en el LMS.

Tampoco nos interesa que el problema de planificación de itinerarios formativos se resuelva por entero a través del uso de agentes, como ya se propuso en [7] o en [6] donde se apoyan de una ontología que representa un flujo de trabajo o tareas para facilitarse el trabajo. Según el paradigma de agentes, no se propone que el agente

resuelva todo si no que sea una herramienta de apoyo para la comunicación entre éstos resolvidores y el usuario de manera que los mismos agentes hagan uso de herramientas especializadas de inteligencia artificial, en este caso planificación inteligente, pues éstas ya resuelven el grueso del problema de los itinerarios formativos y no queremos reinventar la rueda, si no mejorar lo que ya existe.

Pero, para eso, necesitamos asegurarnos que los agentes sean realmente inteligentes, ya que como se describe en [1] los agentes inteligentes son programas de computadora que aplican un alto grado de inteligencia para poder llevar a cabo tareas de manera independiente sin ninguna supervisión.

Existen, por otro lado, varios ejemplos de agentes que permiten reutilizar información de la web para personalizar el material mostrado al estudiante. Algunos se basan en las necesidades detectadas en el curso a través de las acciones de profesores y alumnos sobre el mismo [13], otros no solo utilizan a los agentes para recuperar el contenido si no que emplean otros agentes especializados para saber cómo mostrárselo a los usuarios [12].

Otros agentes permiten inferir información como sus niveles de conocimiento o actividad del estudiante a partir de actividad durante un período de tiempo sobre algún tópico particular [3] y agentes como el de [10] también consideran las reacciones o gestos del alumno frente a distintas actividades para determinar las actividades más convenientes para algún alumno.

Existen agentes que permiten recuperar el perfil del usuario en tiempo real e ir sugiriendo actividades una a una [2] lo cual no empata con la tarea que realiza un planificador del tipo que utilizaremos. Sin embargo, si con la recuperación del perfil y avances del usuario sobre su secuencia de actividades pre-planificada en tiempo real. Pero la mayoría de los agentes que podemos encontrar en la bibliografía, como es el caso de [14] trabajan sobre un curso específico y reglas pedagógicas predeterminadas para controlar la dinámica del curso y, cada vez es más común ver que los mismos trabajan sobre la Web.

### **3. Problema y justificación**

El presente capítulo pretende resumir y plantear la problemática que se tiene a pesar del gran trabajo realizado a lo largo de tantos años. Gran parte de la información mostrada en el mismo se ha extraído del trabajo previo de [9]. Así, según Steffen Mencke y Reiner R. Dumke, es posible y beneficioso integrar agentes en un sistema cuando:

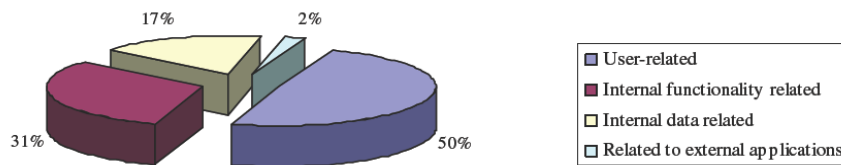
- Existen subsistemas y componentes de los subsistemas formando el sistema.
- Existe un gran número de interacciones entre un subsistema y sus componentes en términos de tamaño y complejidad.
- Las interrelaciones cambian a lo largo del tiempo.

Las características anteriores son inherentes a un sistema de e-learning que permite interactuar a diferentes usuarios (estudiantes, profesores y administradores), diferentes tipos de usuarios (tipos de estudiantes, diferentes métodos de enseñanza de

los profesores) que interactúan de formas distintas y diferente interacción y gusto por el sistema dependiendo del tema que se pretende aprender, respectivamente, según las características anteriores, por decir algunas.

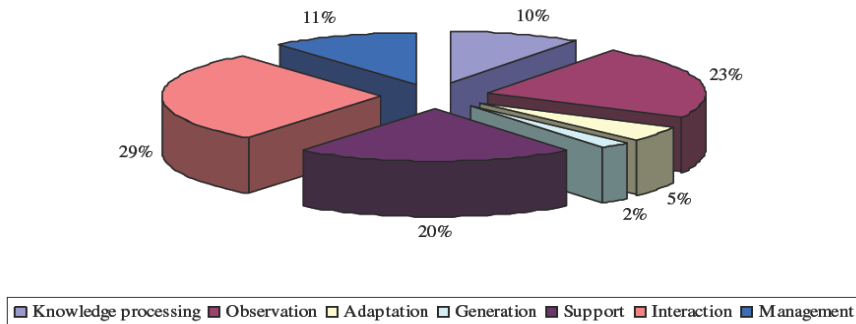
La mayoría de los agentes se aplican en e-learning para apoyar/mejorar principalmente los siguientes aspectos del sistema:

- Relacionados con el **usuario**
- De funcionalidad interna
- **De funcionalidad externa**
- De **datos internos**



**Fig. 1.** Diferentes actividades llevadas a cabo por los agentes en sistemas de e-learning (tomado de [9]).

Como se puede observar en la ilustración anterior, la mayor parte de las implementaciones de agentes se centran en el usuario, mientras que no pretenden comunicarse con aplicaciones externas para mejorar la experiencia del mismo porque, como dijimos anteriormente estos sistemas suelen estar hechos a la medida para cursos y LMSs específicos.



**Fig. 2.** Funcionalidades que cubren los agentes en los sistemas e-learning (tomado de [9])

Los agentes suelen apoyar a los ambientes de aprendizaje a través de las siguientes acciones:

- *Procesamiento de información/conocimiento*: unidades de aprendizaje o evaluación de datos.
- *Observación*: de usuarios, objetos de aprendizaje, recursos de conocimiento y/o artefactos del sistema.

- *Adaptación*: de secuencias de aprendizaje.
- *Generación*: de secuencias de aprendizaje.
- *Soporte*: toma de decisiones, tutoría, recomendaciones, capacidades de búsqueda.
- *Interacción*: mostrar conocimiento, notificar, motivar y los objetivos que tengan las interfaces humano-computadora.

Como podemos ver en la ilustración anterior, los agentes casi no tienden a adaptar ni generar secuencias de aprendizaje ya que no es el fuerte de los mismos, se dedican en su mayoría a observar, interactuar y dar soporte a las actividades que tienen que ver directamente con los usuarios, y menor medida a procesar y gestionar conocimiento.

Así, nos encontramos con que un sistema en el que se pretende generar y adaptar secuencias de actividades de aprendizaje para un curso genérico, debiera estar integrado por una gran variedad de agentes que no necesariamente estén relacionados con la generación y adaptación que ya de por sí se lleva a cabo por algoritmos especializados, si no con la recuperación y gestión de conocimiento, así como la interacción apropiada con la interfaz del ambiente de aprendizaje, que es algo que se ha descuidado en trabajos previos dentro de entornos “libres de agentes” y que no consideran la usabilidad [11] e iniciativa mixta [5] como un punto clave durante este proceso.

Para que quede más claro y que sea posible justificar la complejidad del mismo, es preciso describir algunos casos representativos en los que se hace patente la necesidad de “algo” que dé soporte a la actividad planteada.

### **3.1. Caso Uno: planificación**

Dentro de la arquitectura original para generar itinerarios formativos adaptados, una vez que el profesor ha terminado de describir y relacionar todas las actividades de un curso y que todos los estudiantes están registrados y han rellenado su perfil dentro de la plataforma, es tiempo de preguntar al planificador inteligente que genere un nuevo plan adaptado para todos los estudiantes.

Si durante la planificación, el planificador inteligente no hubiera podido generar los planes, el sistema simplemente muestra un mensaje de error. Sin embargo, son varias las razones que podrían llevar a esta situación y que, hasta ahora, han tenido que ser resueltas por expertos humanos:

- Que las relaciones entre las actividades del curso generen un ciclo al momento de requerirse unas a otras.
- Que existan actividades que tengan prerrequisitos que los estudiantes no pueden cumplir o no han expresado claramente en su perfil.
- Que existan actividades con el mismo nombre y/o características.

Estas y otras problemáticas han tenido que ser detectadas por expertos en planificación quienes solicitan al profesor que cambie las relaciones o los nombres de las actividades o que genere/busque nuevas actividades que puedan ser más accesibles a cierto grupo de estudiantes con características que no se habían considerado

inicialmente. Una vez resueltas estas problemáticas, se ha solicitado de nuevo la generación de estas secuencias, pero no sin antes haber gastado una gran cantidad de horas-hombre en resolver este problema “técnico”.

Después de una planificación “exitosa”, los planes se muestran a los estudiantes. Sin embargo, en ocasiones existen planes con los cuales el profesor no está de acuerdo, o incluso el mismo estudiante, y no existe una vía para comunicar esta situación al sistema y cambiar el plan propuesto por el planificador inteligente, o revisarlo antes de ser ejecutado.

Un conjunto de agentes que detectaran dichas ambigüedades en la especificación previa del curso y otros que mostraran y/o permitieran al profesor y estudiante comunicar sus inconformidades con respecto al plan propuesto inicialmente, evitarían un gasto en tiempo y dinero innecesarios y facilitarían la independencia del profesor en el uso del sistema inteligente.

### **3.2. Caso Dos: monitorizando a los estudiantes**

Durante la ejecución de su itinerario de aprendizaje adaptado, un estudiante puede sufrir diversos cambios tanto en su perfil como en su rendimiento con respecto a un tema que es posible que invaliden el itinerario formativo personalizado que se había propuesto inicialmente para él, por ejemplo:

- Su nivel de idiomas puede haber aumentado drásticamente a la mitad del curso, sobre todo en el caso de un curso de idiomas.
- No logró obtener un resultado suficientemente satisfactorio en una actividad de evaluación y, por tanto, no puede llevar a cabo las actividades que dependen de la misma.
- Tuvo que entrar a trabajar.
- Se enfermó durante un período considerable de tiempo.
- Consiguió acceso a dispositivos electrónicos tipo altavoces o micrófono.

En este caso podemos ver como problemas temporales, técnicos o de falta/sobra de conocimientos, también se hacen necesaria la intervención de una entidad que detecte estas situaciones y que, si las mismas pudieran afectar notablemente el itinerario del estudiante, se encarguen de modificarlo y comunicárselo al estudiante antes y después de hacerlo; pero sin afectar las actividades ya realizadas.

### **3.3. Caso Tres: monitorizando las sugerencias del profesor**

Después de la generación de los itinerarios formativos adaptados para cada estudiante, el profesor debería tener la oportunidad (como ya dijimos anteriormente) de validar dichos itinerarios personalizados, es decir, que manifieste su agrado con respecto a lo propuesto por el sistema inteligente y se asegure de que se le proporcionen al estudiante las actividades suficientes y necesarias para que le sea posible aprender todos los temas del curso.

También se puede dar el caso de que al analizar esos itinerarios, es posible que el profesor decida que no le parecen adecuados la mayoría de los itinerarios, en este caso habría de cambiar las características del curso y/o agregar y/o borrar actividades, según considere pertinente. Por lo tanto, después de estas modificaciones y antes de iniciar el curso, deberá mandar a generar itinerarios adaptados de nuevo.

Por último, las modificaciones a las características del curso, tanto por cambiar propiedades o jerarquías de las actividades como por borrar o agregar nuevas actividades o temas, pueden ocurrir también durante la ejecución de los itinerarios formativos. En este caso, es necesaria una entidad (agente) que revise el avance de cada estudiante en cada una de sus actividades propuestas, detecte los cambios sugeridos por el profesor y se asegure de que el planificador inteligente genere nuevos itinerarios que consideren esos planes, pero que también consideren una variación mínima en las porciones de itinerarios adaptados ya ejecutadas.

Es así como, dados los problemas planteados anteriormente se pone de manifiesto la necesidad de un ente o conjunto de entidades que detecten inconsistencias en la generación y ejecución de los planes y sus usuarios, de manera que mantenga la consistencia adaptativa de los mismos durante el desarrollo de todo el curso y teniendo siempre en cuenta el visto bueno del profesor.

#### **4. Arquitectura de agentes**

En esta sección describiremos de manera general la arquitectura, tipos de agentes y comunicación que debe existir entre ellos para resolver el problema de generación de itinerarios formativos adaptados utilizando un planificador inteligente. Recordemos que el principal objetivo de esta arquitectura es que se considere la correcta y suficiente comunicación con los usuarios, además de, sus opiniones y sugerencias acerca de los itinerarios, así como los cambios de las características del curso y usuarios a lo largo de la ejecución de las actividades de los mismos.

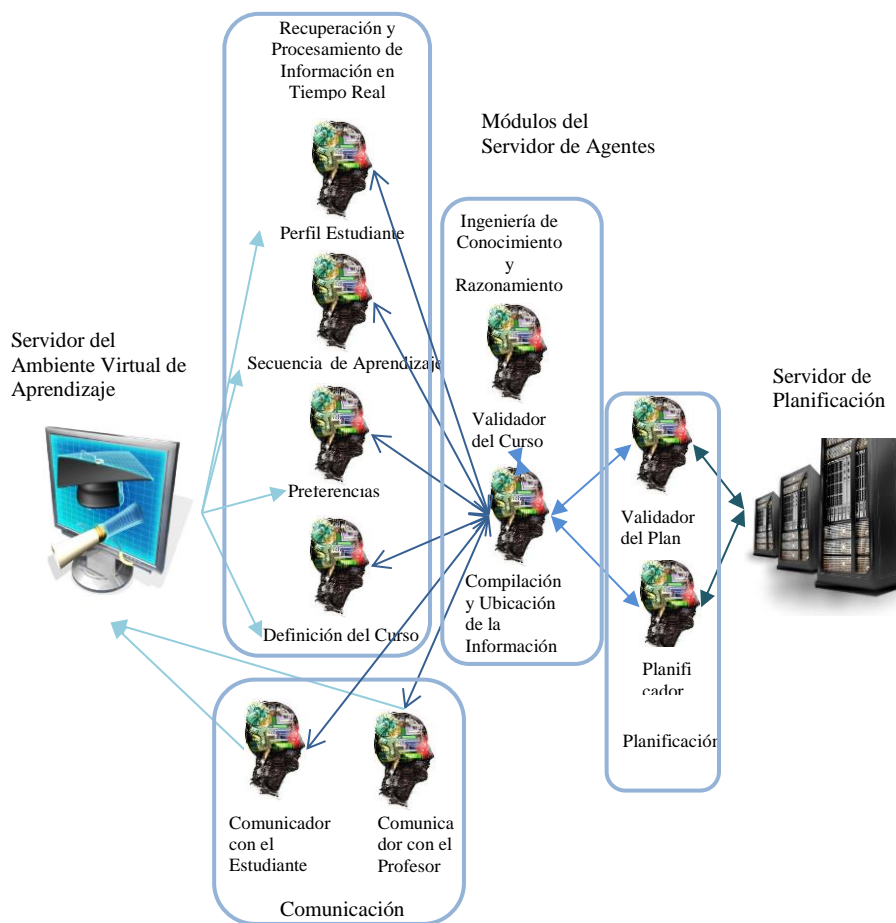
En las sub-secciones correspondientes a cada subconjunto de agentes, se describirá un poco más a detalle el comportamiento y propósito de cada agente, así como las técnicas de inteligencia artificial que habrán de requerir (en su caso) para aprender lo necesario para su correcto funcionamiento.

En la Fig. 3 podemos observar la arquitectura general de agentes que pretendemos comuniquen el Sistema Gestor de Aprendizaje con el Servidor de Inteligencia Artificial que contiene las diferentes funciones de planificación inteligentes necesarias para crear itinerarios formativos personalizados.

Primero que nada, cabe mencionar que el servidor del ambiente virtual de aprendizaje puede ser cualquier Sistema Gestor de Aprendizaje (LMS del inglés Learning Management System) o VLE (Virtual Learning Environment) que solicite el uso de los agentes y pueda proporcionarles la información suficiente en el formato especificado como para que se puedan llevar a cabo los procesos de inferencia y planificación (los agentes del módulo de Procesamiento de información en tiempo real se encargan de proporcionar el formato de envío y de mencionar las necesidades mínimas de información al ambiente). También será necesario, por parte del VLE,

que sea capaz de desplegar, en el formato que considere apropiado, los itinerarios formativos resultantes y preguntar al usuario su grado de satisfacción respecto a los itinerarios propuestos.

Por otro lado, el servidor Web de planificación deberá permitir elegir entre la gran variedad de planificadores, re-planificadores y planificadores basados en casos que utilizan el formato estándar de PDDL (Planning Domain Definition Language) [8] para su funcionamiento de manera que a alguno de ellos podamos solicitar el o los itinerarios formativos necesarios y de proporcionar un acceso al validador de problemas de dicho estándar.



**Fig. 3.** Arquitectura General de nuestra propuesta.

En lo que concierne a la arquitectura de agentes propuesta en este artículo, la misma se divide en cuatro subconjuntos de agentes:

- *Agentes que Recuperan Información del LMS en Tiempo Real.*



Se comunican con el VLE para recibir información acerca de:

- El perfil de los estudiantes y sus cambios durante el desarrollo del curso,
- Los cambios que haga el profesor al curso,
- La forma de actuar de cada estudiante en cada una de las actividades asignadas dentro del VLE,
- Cada una de las actividades del itinerario formativo personalizado de cada estudiante,
- La conformidad o no del profesor respecto a los planes o itinerarios formativos propuestos por los agentes, entre otras.

También se encarga de comunicar dicha información en forma de lógica temporal de primer orden a los agentes de ingeniería de conocimiento.

- *Agentes para la Ingeniería de Conocimiento y Razonamiento:*

Se encargan de procesar y distribuir información en tiempo real entre los otros agentes de la arquitectura. El procesamiento de información corresponde a la ordenación en uno o varios archivos de los predicados recibidos a partir de los agentes del conjunto anterior y al envío de dicha información a los agentes de planificación. También recibe los planes y/o mensajes de los agentes de planificación y los compila, de manera que puedan ser interpretados y procesados por los agentes de comunicación.

- *Agentes de Planificación:*

Se encargan de analizar la información proporcionada por los dos grupos de agentes anteriores para revisar si es válida, proporcionar dicha información al servidor de inteligencia artificial y recibir los planes y/o respuestas del servidor para validarlos y enviarlos a los agentes de ingeniería de conocimiento.

- *Agentes de Comunicación:*

Se encargan de comunicar la información sobre la posible generación o no de los itinerarios formativos a los diferentes usuarios del sistema. En caso de que los planes no hayan sido creados por alguna razón, también se encargan de comunicar dicha razón de la manera más apropiada y solicitar la solución de esta situación en caso de que al usuario le corresponda intervenir.

A continuación describiremos más a detalle los módulos mencionados en los puntos anteriores.

#### **4.1. Módulo de agentes de recuperación de información en tiempo real**

Este conjunto de agentes está compuesto por cuatro elementos que reciben documentos en XML y traducen la información encontrada en estos documentos a predicados en lógica de primer orden:

- El agente que *recupera información del perfil del estudiante* lo hace al inicio del curso, pero también durante la ejecución de sus actividades personalizadas. El comportamiento inteligente de este agente radica en que cada estudiante puede tener características distintas, a pesar de que los campos del perfil del estudiante pudieran ser estáticos, la interfaz permite al estudiante y al profesor definir nueva información que podría resultar interesante dentro de su perfil y el agente tiene que

aprender a traducirla a un predicado. Además, permite recuperar la opinión del estudiante acerca de su itinerario personalizado.

- El agente *Secuencia de Aprendizaje* se encarga de guardar las secuencias de actividades de aprendizaje para cada estudiante y de revisar constantemente el progreso de cada uno de ellos en las mismas. Si el progreso es negativo lo comunica al agente de ingeniería de conocimiento.
- El agente de *preferencias del profesor*, permite descartar itinerarios que el profesor considere inviables o pobres, o recomendar itinerarios que en pasadas ocasiones le hayan parecido muy buenos a ese profesor en particular y para ese curso específico. Es decir, guarda las preferencias de cada profesor para cada itinerario de cada curso que imparta.
- El agente de *definición del curso*, permite recuperar toda la información disponible del curso, tanto al inicio del mismo como mientras se ejecuta. Porque, como dijimos anteriormente el profesor puede modificarlo durante la ejecución del mismo. En caso de cambios, los comunica al agente de ingeniería de conocimiento.

#### 4.2. Módulo de ingeniería de conocimiento

Los agentes de ingeniería de conocimiento son solo dos, pero en ellos se concentra el motor y vehículo de toda la información que recorre la arquitectura.

- El agente *validador* del curso permite revisar que los usuarios hayan definido las instancias mínimas de requisitos del curso y el estudiante, de manera que el planificador, en su momento, pueda evaluar la información proporcionada. Es un primer paso antes de la validación “inteligente” que lleva a cabo el planificador.
- El agente de *traducción y colocación* pretende organizar los predicados recibidos por los agentes de recuperación de información en archivos descritos en lenguaje de planificación para comunicarlos a los agentes de planificación, también traducir los recibidos por los agentes de planificación a sentencias que puedan ser comprendidas por los agentes de comunicación o, en base a lo comunicado por el agente validador y los planificadores, enviar los mensajes correspondientes a los comunicadores.

#### 4.3. Módulo de planificación

Los agentes de planificación son los encargados de comunicarse con los diferentes servicios de planificación y validación inteligente de planes.

- El agente *validador* se comunica con la herramienta inteligente de validación de planes y le cuestiona sobre la validez actual de un itinerario formativo de acuerdo a los nuevos objetos de aprendizaje que se han introducido o a las nuevas características del curso. Para aclarar, las diferencias con la validación anterior, radican en que ahora si se analiza la información y relaciones de la misma, en la anterior solo se revisaba que dicha información existiera y fuera válida.

En caso de invalidez, lo comunica al agente planificador para que genere un nuevo plan o a los agentes de ingeniería de conocimiento para que proporcionen dicha información a los interesados.

- El *agente planificador* se encarga de elegir al planificador más conveniente en cada caso, en caso de que sea posible planificar. Por tanto necesita un motor de aprendizaje que le indique cuáles son las situaciones en que necesita determinado tipo de planificador, ya sea para reutilizar planes ya existentes, generar planes en el menor tiempo posible, generar planes nuevos con el mínimo de cambios posible pero que sean válidos, etc.

#### **4.4. Módulo de comunicación**

Estos agentes se encargan de decidir cuál información de la proporcionada por los agentes de ingeniería de conocimiento va dirigida a qué usuario y en qué formato. Deciden cómo mostrar, en lenguaje natural, los itinerarios formativos adaptados y sus detalles de ejecución a cada estudiante y al profesor. También deciden cómo mostrar errores en la generación de estos itinerarios al profesor o al estudiante, dependiendo del tipo de error encontrado, así como advertencias y necesidades respecto a la incorrecta ejecución del plan o la definición del perfil o el curso respectivamente.

Con esto terminamos de describir cada uno de los conjuntos de agentes que integran la arquitectura. A continuación se describirán las pruebas que se han llevado a cabo hasta ahora sobre las interfaces que muestran los resultados de interacción de los agentes con los usuarios (profesor y estudiante).

### **5. Pruebas iniciales**

Dado que este es un trabajo en proceso, las pruebas iniciales del sistema se han llevado a cabo sólo con las interfaces gráficas desarrolladas sobre el servidor de nuestro ambiente virtual de aprendizaje. Las interfaces desarrolladas para este sistema, están enfocadas a la enseñanza/aprendizaje, respectivamente, de Inglés. No contamos con pruebas particulares de razonamiento de cada uno de los agentes por separado.

En las últimas pruebas de usabilidad de las interfaces participaron siete profesores de inglés y 10 estudiantes de diferentes niveles de licenciatura que cursan el nivel PETB (intermedio) de inglés. Se les asignaron una serie de tareas a desarrollar de manera que utilizaran todas las funciones del sistema y, finalmente, se les hicieron una serie de preguntas relacionadas con dichas tareas; no solo con la cuestión estética de las interfaces, sino también con las funciones interactivas relacionadas con la adaptación de los itinerarios formativos a los diferentes tipos de estudiantes clasificados. Cabe recordar que la adaptación de los itinerarios formativos que toma en cuenta el planificador inteligente se basa en factores como el estilo de aprendizaje, el desempeño en el curso, los recursos tecnológicos con los que cuenta el estudiante, entre otros factores.

A pesar que de la cantidad de usuarios empleados durante las pruebas, son pocos, se pudieron obtener resultados preliminares interesantes y de utilidad para el desarrollo del trabajo planteado. Los profesores comentaron que “el sistema” les puede ayudar a evaluar y dar seguimiento más fácilmente a su gran número de estudiantes, de manera automática. Y que es importante la personalización del material porque eso ayudará a sus estudiantes a aprender mejor.

En el caso de los alumnos, se mostraron interesados en conocer su estilo de aprendizaje, nos sugirieron aumentar la información proporcionada acerca de cada una de las actividades propuestas y de su progreso en el curso y en su nivel de inglés en general, y les agradó el material personalizado que se les mostró ya que cumplía con las necesidades y requerimientos particulares que se habían capturado durante la prueba. Algo que es interesante mencionar es que el 20% de los estudiantes llegó a confundir la herramienta con un sustituto del profesor para sus clases de inglés, a pesar de que sugirieron que se incluyera un poco más de interacción y animaciones. Recordemos que el propósito de la misma no es sustituir al profesor, si no servir de apoyo y completar su aprendizaje, pero estos comentarios reflejan resultados positivos respecto al seguimiento que dan los agentes a los alumnos.

## **6. Conclusiones y trabajo futuro**

Como podemos observar hasta el momento, la arquitectura de agentes propuesta resulta ser bastante aceptada por los usuarios finales debido a que permite una comunicación más rápida y flexible acerca de las diferentes propuestas de itinerarios formativos dadas por el planificador inteligente.

Una de las ventajas más claras de esta arquitectura es que cada vez se hace menos necesaria la presencia del profesor para monitorizar las actividades del estudiante, ya que eso lo hacen los agentes. También que dichos agentes permiten razonar sobre la información incongruente capturada por los profesores, sirviendo así de auxiliares en el proceso de definición de las relaciones entre las diferentes actividades propuestas para su curso.

Los agentes también permiten responder al usuario con enunciados comprensibles en caso de que los planificadores no encuentren itinerarios formativos que se adapten a sus necesidades, pudiendo solicitar más información para poder crearlos.

Cabe mencionar que en todo este proceso nunca se deja de lado a los usuarios y, sobre todo, al profesor durante el proceso de adaptación de itinerarios formativos, ya que siempre se pide su consentimiento para poder mostrarlos al estudiante. Eso hace que la herramienta sea más fácilmente aceptada y que cubra las necesidades reales de los usuarios para los cuales se está desarrollando el sistema.

Sin embargo, aún quedan por implementar y conectar con las interfaces algunas de las capacidades de razonamiento inherentes al proceso de detección de inconsistencias, así como la detección en tiempo real de algunos cambios en el perfil del estudiante y su integración en el proceso de compilación de información.

Después de terminado el sistema se planea llevar a cabo una etapa de pruebas sobre un curso real, ya no en el laboratorio como las que se mencionan en este artículo.

## **Referencias**

1. Agarwal, R., Amrita, D., Swati, D.: Intelligent Agents in E-learning. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, vol. 29, no. 2, pp. 1 (2004)
2. Bouras, C., Guido, H., Vassilis, T., Thrasyvoulos, T.: Architectures Supporting e-Learning through Collaborative Virtual Environments: The Case of INVITE. In Proceedings of ICALT, pp. 13–16 (2001)
3. Brusilvosky, O., Vassileva, J.: Course Sequencing Techniques for Large-Scale Web Based Education. International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning, vol.13, no. 1, pp. 75–94. Inder Science (2003)
4. Buraga, S.C.: Developing Agent-Oriented e-Learning Systems. In: Proceedings of the 14th International Conference on Control Systems and Computer Science, vol. 2, no. 1. Dumitrache and C. Buiu, Eds, Politehnica (2003)
5. Garrido, A., Onaindía, E., Morales, L., Castillo, L., Fernández, S., Borrajo, D.: Modeling E-Learning Activities in Automated Planning. In Proceedings of ICKEPS-ICAPS 2009, pp. 18–27 (2009)
6. Garro, A., Luigi, P.: An XML Multi-Agent System for E-Learning and Skill Management. In Agent Technologies, Infrastructures, Tools, and Applications for E-Services, pp. 283–294. Springer Berlin Heidelberg (2003)
7. Gregg, D. G.: E-learning Agents. The Learning Organization, vol. 14, no. 4, pp. 300–312 (2007)
8. Long, D., Fox, M.: PDDL 2.1: An Extension to PDDL for Expressing Temporal Planning Domains. Journal of Artificial Intelligence Research, vol. 20, no. 1, pp. 149-154. AAAI Press (2003)
9. Mencke, S., Reiner, R. D.: A Framework for Agent-Supported E-learning. In: Proceedings of the International Conference of 'Interactive computer aided learning'ICL2007. EPortfolio and Quality in e-Learning (2007)
10. Neji, M., Mohamed, B. A.: Agent-based Collaborative Affective e-Learning Framework. Electronic Journal of e-Learning, vol. 5, no. 2 (2007).
11. Nielsen, J.: Usability Engineering. Academic Press Professional, Boston (1993)
12. Pankratius, V., Olivier, S., Wolffried, S.: Retrieving Content with Agents in Web Service E-Learning Systems. In: The Symposium on Professional Practice in AI, IFIP WG12, vol. 6 (2004)
13. Sampson, D., Charalampos, K., Fabrizio, C.: An Architecture for Web-Based e-Learning Promoting re-Usable Adaptive Educational e-Content. Educational Technology & Society, vol. 5, no. 4, pp. 27v37 (2002)
14. Silveira, R. A., Rosa, M. V.: Improving Interactivity in e-Learning Systems with Multi-Agent Architecture. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, pp. 466–471, Springer Berlin Heidelberg (2002)