

CALIOPE¹⁰: UNA ARQUITECTURA PARA APRENDIZAJE AUTÓNOMO COLABORATIVO EN ENTORNOS NO PRESENCIALES.

Miguel Rebollo, Vicente J. Julián, Carlos Carrascosa, Vicente J. Botti

*Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
Universidad Politécnica de Valencia
e-mail: {mrebollo,vinglada,carrasco,vbotti}@dsic.upv.es*

RESUMEN: La aplicación de las nuevas tecnologías a la pedagogía ha abierto un nuevo horizonte en los procesos de aprendizaje. En el presente artículo se presenta una arquitectura basada en el paradigma de sistemas multi-agente como una herramienta de apoyo a la creación de aulas virtuales. La arquitectura integra los elementos necesarios para la interacción de profesores y alumnos en un entorno asíncrono que facilite el aprendizaje activo colaborativo a través de experiencias no presenciales.

1.- INTRODUCCIÓN.

La aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) a la pedagogía hace posible la evolución hacia nuevas formas de aprendizaje que rompen con la concepción de tiempo y espacio de la enseñanza tradicional presencial, posibilitando la creación de **aulas virtuales**, en las que el proceso de aprendizaje tiene lugar entre alumnos no sincronizados y geográficamente dispersos [Hazem98].

La gran complejidad de las actividades de aprendizaje, junto con el alto grado de flexibilidad necesario para posibilitar el **aprendizaje autónomo de facto** (Boud, 1988), justifica la aplicación de nuevas tecnologías para gestionar adecuadamente todo el proceso y dar el soporte necesario tanto a profesores como alumnos. Lo que se propone en este artículo es aplicar las técnicas más recientes en el campo de la Inteligencia Artificial (IA), como son los sistemas multi-agente [Wooldridge95].

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se describen los sistemas multi-agente y se justifica su aplicabilidad al problema objeto de estudio. La sección 3 esboza la problemática asociada al aprendizaje autónomo colaborativo en entornos no presenciales. La arquitectura que se propone para afrontar este tipo de problemas queda recogida en la sección 4. La sección 5 justifica el empleo de XML como lenguaje de intercambio de información entre los distintos componentes del sistema. Por último, en la sección 6 se presentan las conclusiones.

¹⁰ **C**o-operative and **A**ctive **L**earn**I**ng for rem**O**te **e**x**P**eriences

2.- SISTEMAS MULTI-AGENTE.

Actualmente, podemos encontrar un gran número de propuestas en la literatura acerca de lo que es y lo que no es un **agente**, sin que ninguna de ellas haya sido plenamente consensuada por la comunidad científica. Una definición bastante aceptada es la propuesta en [Wooldridge95], según la cual, un agente viene definido por su flexibilidad, entendiéndose por flexible que un agente sea:

- *Reactivo*, responda al entorno en que se encuentra.
- *Proactivo*, que sea capaz de intentar cumplir sus propios objetivos.
- *Social*, sea capaz de comunicarse con otros agentes mediante algún tipo de lenguaje.

En los trabajos más recientes relacionados con el tema se tiende a etiquetar a un agente en función del papel que desempeña. Así, por ejemplo, un agente con acceso a diversas fuentes de información y que es capaz de agrupar y manipular la información obtenida de dichas fuentes para ponerla a disposición del usuario se conoce como **agente de información**. Por otra parte, un agente que provee a su usuario de la asistencia necesaria para facilitar su interacción con una determinada aplicación, se conoce como **agente interfaz**. Estas definiciones son complementarias, pudiendo encontrar agentes de información que sirvan de interfaz a sus usuarios.

En la mayoría de las ocasiones, los agentes no son desarrollados de forma independiente sino como entidades que constituyen un sistema. A este sistema se le denomina **multi-agente** [Huhns98]. Las interacciones más habituales como son informar o consultar a otros agentes permiten a los agentes hablar entre ellos, tener en cuenta lo que realiza cada uno de ellos y razonar acerca del papel jugado por los agentes.

Para el problema que nos ocupa las características que podemos encontrar dentro de un sistema multi-agente son sumamente interesantes:

- El sistema tiene un marcado carácter distribuido.
- La autonomía que incorpora cada agente puede permitir un desarrollo independiente del proceso de aprendizaje.
- En el sistema debe existir una comunicación a través de Internet, la cual favorece la colaboración y/o coordinación entre dichas entidades.

3.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cuando los adultos aprenden por sí mismos, siguen una secuencia de etapas, utilizan una serie de recursos, muestran un estilo determinado y valoran su aprendizaje de forma que éste resulta único para cada alumno. Para facilitar el aprendizaje, nuestra docencia debe seguir el flujo natural del proceso de aprendizaje de cada persona, en lugar de imponer nuestra propia secuencia de enseñanza. La **autonomía** en la enseñanza es una aproximación que requiere que los estudiantes asuman ciertas responsabilidades acerca de su propio aprendizaje, tomando la iniciativa en alguna de las tareas [Boud88].

El promover esta autonomía e independencia en el aprendizaje posibilita que no sea imprescindible la presencia física del profesor durante el proceso. Este hecho proporciona una base firme para defender la adecuación de dedicar cierta cantidad de tiempo al **aprendizaje no presencial**, entendiéndose como tal el que realiza el alumno fuera del tiempo y el espacio dedicado a las clases y/o tutorías [Hazemi98].

Las aproximaciones a este tipo de aprendizaje no implican el aislamiento de los alumnos los unos del los otros, si no que suelen convertirse en estudiantes interdependientes, que trabajan y se ayudan entre sí (Comwall, 1979). La aproximación en la que nos basaremos para soportar la colaboración en el aprendizaje es el **aprendizaje cooperativo** asistido por ordenador (CSCL —Computer Supported Co-operative Learning—) [Ovejero90]. Se trata de una aproximación emergente en las recientes investigaciones sobre el aprendizaje, basado en la idea de que el aprendizaje tiene lugar cuando los estudiantes tienen que explicar, desarrollar o justificar sus ideas para lograr un objetivo compartido. [Barros99].

Tal y como se puede observar en la Figura 1, en la enseñanza tradicional existe un hueco importante que queda sólo parcialmente cubierto por algunas actividades puntuales (tutorías, prácticas grupales, entornos colaborativos no presenciales). La originalidad de CALIOPE estriba en la inclusión de herramientas que apoyen el aprendizaje autónomo, cubriendo parte del hueco que dejan las aproximaciones clásicas para la enseñanza.

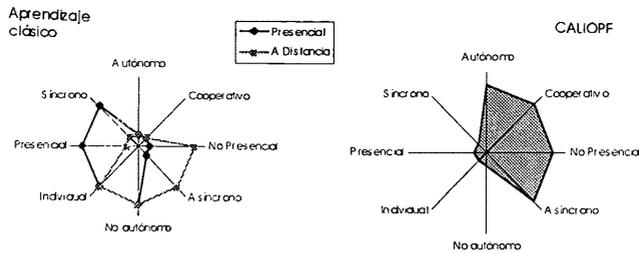


Figura 1. Estilos de aprendizaje cubiertos por CALIOPE

El objetivo que nos fijamos es desarrollar una herramienta informática, basada en la tecnología de sistemas multi-agente, que integre los tres tipos de aprendizaje: autónomo, no presencial y colaborativo. CALIOPE integra agentes que facilitan las tareas del profesor y del alumno en las tres fases del proceso de aprendizaje: planificación, actuación y evaluación.

4.- ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema está basado en el estándar propuesto por FIPA —*Foundation for Intelligent Physical Agents*— para el desarrollo de sistemas multi-agente [FIPA97]. Los motivos principales para escoger este estándar es que considera todos los aspectos necesarios para desarrollar sistemas multi-agente y los integra en un único modelo. El sistema consta de:

- un **asistente personal para los alumnos** (LPA —*Learner's Personal Assistant*—), el cual, a grandes rasgos, actúa como guía en el proceso de aprendizaje del alumno a lo largo del curso.
- un **asistente personal para el profesor** (TPA —*Teacher's Personal Assistant*—), realiza un seguimiento del curso en sus distintas fases (planificación, actuación y evaluación).

- una **plataforma** (AP) que dé soporte a toda la estructura de agentes, basada en el estándar FIPA.
- una **herramienta para el diseño de cursos** (CDT).

Existen una serie de agentes auxiliares que proporcionan soporte a los agentes anteriores. En una AP independiente, un agente wrapper proporciona todos los accesos a las bases de datos que mantienen la información sobre el curso. Un agente de ontologías (OA) mantiene los lenguajes para el intercambio de información, de manera que cualquier agente nuevo que se añada al sistema sea capaz de comunicarse o los cambios en un lenguaje no requieran la reprogramación de los agentes.

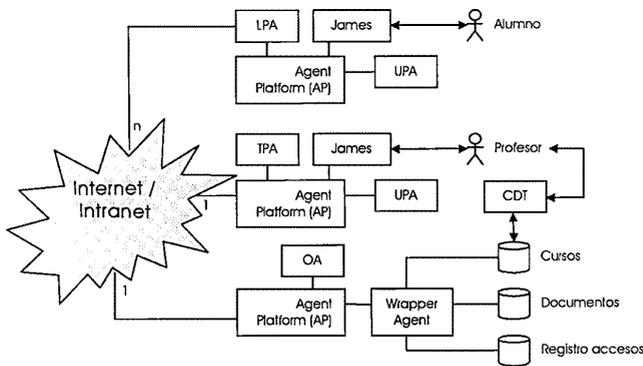


Figura 2. Arquitectura de CALIOPE

Tanto el LPA como el TPA colaboran con un conjunto de agentes que dan soporte a la interacción con usuarios humanos. En todas las AP debe existir un **agente de interfaz**, denominado *James* [Julián99], que actúa como un gestor de diálogos (UDMA) y convierte las demandas de los usuarios al lenguaje común de los agentes para su comunicación a través de la AP. Otro componente importante es un **agente de perfiles de usuarios** (UPA), que permite almacenar los modelos de usuario y aprender sus hábitos a partir del comportamiento observado. Este componente nos va a permitir asistir al alumno a lo largo de su proceso de aprendizaje, sugiriendo líneas de actuación en función del trabajo desarrollado hasta el momento, las directrices de su contrato de aprendizaje, etc...

a) Asistente personal para el alumno.

Este agente estará en continuo contacto con el alumno, siendo el encargado de guiar las tareas de aprendizaje de forma individualizada según las características del propio alumno. Entre las tareas asignadas, el agente debe ser capaz de realizar tareas de búsqueda de información relevante para el alumno frente a peticiones del mismo o de forma totalmente proactiva. El agente también debe facilitar las herramientas necesarias para la coordinación de trabajos (documentos comunes) con otros miembros del grupo al que pertenezca el alumno. Por último, analizará y observará el comportamiento

del alumno para sugerir líneas de actuación e información adicional que trate de complementar el proceso de aprendizaje del alumno.

b) Asistente personal para el profesor:

Este asistente permite al profesor realizar un seguimiento del progreso del curso que imparte. Para ello, el asistente le permite al profesor consultar información relativa al progreso del curso, mostrando tanto la evolución de cada grupo de trabajo, como la información relativa al trabajo individual de cada alumno. Mediante este asistente, el profesor puede adaptar dinámicamente el curso de acuerdo al progreso de los alumnos (eliminando alguno de los temas, cambiando la duración estimada de los mismos, o incluso añadiendo algún tema adicional siempre que éste se encuentre recogido previamente en la base de datos de cursos). Además, el asistente ofrece una serie de estadísticas para que el profesor pueda evaluar el aprovechamiento del curso (tanto grupal como individual).

c) Plataforma de agentes.

Una plataforma de agentes (AP) proporciona una infraestructura básica para los agentes. Cada agente debe registrarse en una plataforma para poder interactuar con el resto de agentes que se encuentran en esa o en otras plataformas.

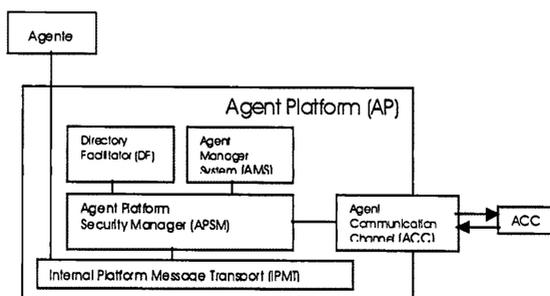


Figura 3. Componentes de una plataforma de agentes

Proporciona los siguientes servicios básicos:

- **Directory Facilitator (DF).** Se trata de un servicio de páginas amarillas. Los agentes registran sus servicios en el DF y lo consultan para saber qué servicios proporcionan otros agentes.
- **Agent Manager System (AMS).** Servicio de páginas blancas (direcciones físicas). Supervisa el acceso y uso de la AP.
- **Agent Platform Security Manager (APSM).** Es el responsable de mantener las políticas de seguridad para la plataforma.
- **Agent Communication Channel (ACC)** Encamina los mensajes de los agentes de una plataforma fuera de ella.
- **Internal Platform Message Transport (IPMT)** Se encarga del intercambio de mensajes dentro de la plataforma.

El entorno de aprendizaje debe permitir la comunicación entre todos los agentes que componen el sistema y que previamente se han registrado como usuarios autorizados. El tipo de mensaje y el protocolo empleado para inter-cambiar información depende del tipo de acto comunicativo que se realiza.

Además de los protocolos que propone FIPA, es necesario un protocolo específico que cubra las necesidades de la co-edición de documentos entre varias personas (independientemente de su naturaleza —resúmenes, trabajos de investigación informes, artículos, software, diseños, etc.—). Este protocolo se emplea principalmente para permitir el trabajo en grupo entre varios alumnos y para confeccionar los contratos de aprendizaje entre el alumno y el profesor. Se trata de una variación del protocolo FIPA-iterated-contract-net.

5.- INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN CON XML

XML —*eXtensive Markup Language*— es un lenguaje de marcado estructurado en el que la información se etiqueta de acuerdo a una estructura lógica que permite separar el contenido, la presentación, el comportamiento y la estructura del documento. La elección de XML como lenguaje para el intercambio de información entre los agentes se debe, entre otras razones, a que permite: (a) integración de los datos de las fuentes mas dispares, (b) gestión y manipulación de los datos desde el propio cliente web y (c) mayor autonomía de los clientes web para desarrollar tareas que actualmente se ejecutan en el servidor.

XML es el lenguaje en el que se almacena toda la información referente a un curso. Se definen varios DTD —*Document Type Definition*— en función del tipo de documento (contrato de aprendizaje, temario, artículos, materiales multimedia, listados, trabajos de grupo, etc...). Los agentes que forman el sistema deben conocer éstos DTD para poder comunicarse. Por ello, un agente de ontologías (OA) se encarga de gestionar los DTD actuales y de comunicar a los agentes interesados cualquier cambio que se produzca en ellos para que puedan comprender los mensajes.

6.- CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado una arquitectura basada en el paradigma de sistemas multi-agente (CALIOPE) para la gestión integral de cursos que favorezcan el aprendizaje autónomo colaborativo no presencial. CALIOPE está formada por un conjunto de agentes autónomos que guían a los distintos individuos involucrados en un proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo adaptar el ritmo y las necesidades del aprendizaje a cada alumno. Su principal novedad frente a otras herramientas es que ofrece un apoyo importante para poder utilizar técnicas que fomenten el aprendizaje autónomo.

REFERENCIAS

- Barros, B.; Verdejo, M.F. (1999). "*DEGREE: Un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia*". Actas de la VII Conferencia Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA '99), Vol: 1, pp.: 68 – 77. Murcia.
- Botti, V.; Carrascosa, C.; Julian, V.; Soler, J. (1999). "*Modelling Agents in Hard Real-Time Environments*". Proceedings of the MAAMAW'99. Lecture Notes In Computer Science, vol. 1647. Springer - Verlag (pag. 63-76), Valencia. ISBN 3-540-66281-2.
- Boud, D. (Ed.) (1988). "*Developing Student Autonomy in Learning*". Kogan Page (London) & Nicholas Publishing Company (New York).
- Cornwall, M.G. (1979). Students as Teacher: Peer Teaching in Higher Education FIPA (1997) "*Agent Management*". Foundation for Physical Intelligent Agents.
- Hazemi, R.; Hailes, S.; Wilbur, S. (Eds.) (1998) "*The Digital University. Reinventing the Academy*". Springer-Verlag.
- Huhns, Michael N.; Singh, Munindar (1998). "*Readings in Agents*". Chapter 1, pages 1-24. ISBN 1-55860-495-2
- Julian, V.; Carrascosa, C.; Soler, J. (1999) "*Una Arquitectura de Sistema Multi-Agente para la Recuperación y Presentación de Información*", IV Congreso ISKO-España, EOCONSID'99, p.291-296
- Ovejero, A. (1990). "*El aprendizaje cooperativo: Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*". Promociones y Publicaciones Universitarias. Barcelona
- Wooldridge, M.; Jennings N. R., editors (1995). "*Intelligent Agents - Theories, Architectures, and Languages*". Volume 890 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer-Verlag, ISBN 3-540-58855-8.
- Wooldridge, M; Jennings, N. R.; Kinny, D (1998). "*A Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design*". In O. Etzioni, J. P. Muller, and J. Bradshaw, editors: Agents '99: Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents Seattle, WA.