

Sistemas tutoriales multiagentes con modelado del estudiante y del autor*

Zulma Cataldi, Fernando Salgueiro, Fernando Lage

ABSTRACT. In this communication an architecture for STI - Intelligent Tutoring Systems - is presented and considers the most significant aspects of agents technology.

This architecture considers the incorporation of agents in the modules of the tutor and the student in order to be able to integrate them to the modeled one considering the Theory One of Perkins, the styles of learning and multiple intelligences of Gardner.

KEYWORDS: *Formative evaluation, Intelligent Tutoring Systems, Modeled of tutor, Multiagents systems, Progressive assessment*

Introducción

SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES (STI)

Desde 2001 el grupo del LIEMA comenzó a investigar en la aplicación de los STI en educación, con vistas a la concepción de STI, a través de la propuesta de una nueva arquitectura (Cataldi, 2004, Cataldi et al., 2004; Salgueiro et al., 2005a, b) y rediseño de los módulos básicos (Costa et al. 2005, Cataldi et al., 2005, Salgueiro et al., 2005b, c). En esta dirección se encaminaron los esfuerzos tratando de sentar las bases conceptuales en la concepción de los STI tutores cuyos componentes básicos puedan ser intercambiables y reutilizables y que estén fundamentados sólidamente a través de teorías de la enseñanza y de aprendizaje desde las líneas constructivistas.

Originariamente, los STI se implementaban siguiendo el paradigma procedural, pero aparecieron algunas limitaciones con respecto a los lenguajes utilizados y al hardware disponible. La imposibilidad de representar los dominios complejos y la falta de visión global acerca las concepciones de los aprendizajes no permitían la creación de un sistema que pudiera tener las características básicas de los STI propuestas por Carbonell (1970) y que además fuese eficiente. Más tarde, aparecieron las implementaciones usando programación orientada a objetos (Russell, 2003), las implementaciones a través de módulos se integraban para formar un sistema expandible (Carbonell, 1991) y por último surgieron los desarrollos basados en sistemas multiagentes como lo describe Villareal Goulart et al. (2001).

En la última década los STI comenzaron a desarrollarse no tan solo orientado a aplicaciones experimentales sino también a comerciales, utilizando la Programación Orientada a Objetos (POO) y siguiendo la idea de Carbonell (1970) para los módulos definidos en la arquitectura trimodular sin solapamientos de funcionalidades. A partir de ello, surgieron más tarde los Sistemas Tutores Inteligentes Distribuidos y los Sistemas Tutores Inteligentes basados en la Web, que además aprovechaban las características de las redes informáticas y en particular de Internet.

Finalmente, surgieron planteos de STI modelados a través de agentes y SMA. En un comienzo, estos agentes solamente encapsulaban a cada uno de los módulos fundamentales que conformaban a los STI, por lo que se tenían un: *agente tutor*, que encapsulaba las tareas que descriptas por Carbonell (1970) para el módulo del tutor; *un agente estudiante*, que encapsulaba las tareas para el módulo del estudiante y *un agente dominio*, que en los STI orientado a agentes presentaba el mayor problema, ya que no es sencillo encapsular “todo el conocimiento” dentro de un agente. Estas primeras aproximaciones a los STI basados en agentes son un *wrapping* o *encapsulamiento* de las funcionalidades de los módulos, técnica muy utilizada para los sistemas comerciales.

Las implementaciones más elaboradas de los STI no buscaban aplicar simplemente el paradigma de agentes a los tutores existentes, sino que debieron rediseñar completamente su arquitectura para obtener mejores resultados, con respecto a las características que ofrecía el nuevo paradigma de programación. Un ejemplo de esta nueva redefinición para soportar a los agentes es la planteada por Patel y Kinshuk (Patel et al., 1996) con los módulos *por qué conocer*, *cómo conocer* y *cuándo conocer* con el agregado adicional del módulo *qué conocer*, que sigue una estructura acorde a los sistemas basados en agentes.

AGENTES INTELIGENTES Y SUS APLICACIONES EN EDUCACIÓN: LOS STI

A fin de precisar *qué es un agente*, se puede tomar la definición de Russell y Norvig (2003) quienes señalan que: “un agente es un sistema capaz de percibir a través de sensores la informaciones que proviene del ambiente donde está insertado y reaccionar a través de efectores, por lo que se lo puede definir como una entidad de software que exhibe un comportamiento autónomo, situado en un ambiente en el cual es capaz de realizar acciones para alcanzar sus propios objetivos y a partir del cual percibe los cambios”.

Un agente es inteligente cuando es capaz de actuar con *autonomía* y *flexibilidad*, basadas en cualidades de *reactividad*: como la capacidad para percibir su entorno y responder a tiempo a los cambios que

I. Por *razonamiento práctico* se interpreta a la clase de razonamiento pragmático que se usa para decidir qué hacer.

ocurren en él, *proactividad* o capacidad de mostrar un comportamiento *dirigido por objetivos*, es decir, de tomar la iniciativa para *planificar* su actuación a fin de lograr sus objetivos y *habilidad social* a través de la capacidad para *interactuar* por decisión propia en los procesos de negociación o cooperación con otros agentes de software o personas usando un lenguaje expresivo.

Existen otras características *que incrementan la inteligencia del agente* tales como: las *actitudes mentales*, que el agente debe ser capaz de adoptar, similarmente a las del *razonamiento práctico*¹ realizado por las personas, tales como *creer* que determinadas cuestiones son ciertas, *desear* algo, *comprometerse* a hacer lo posible por lograrlo e *intentarlo*; *aprendizaje*, que es la habilidad para aumentar por sí mismo el conocimiento sobre la resolución de problemas y *movilidad*, desde la habilidad para trasladarse, por decisión propia, a otra máquina y continuar allí su ejecución, mejorando así la resolución de un problema. Otras cualidades pueden ser: la *racionalidad* o capacidad para no actuar contradiciendo sus propios objetivos (salvo por una buena causa); la *veracidad* o compromiso de no comunicar información falsa y *benevolencia* al aceptar las solicitudes de servicio, siempre que sea posible.

Wooldridge y Jennings (1995) expresan que: “Un agente es un sistema computacional que está situado en un ambiente y que es capaz de acciones autónomas en este medio para alcanzar sus objetivos de diseño”. Si bien no existe una definición universalmente aceptada, se puede tomar una más integradora donde un agente: “es un sistema (o entidad) físico o virtual situado en algún ambiente, que es capaz de actuar de manera autónoma y flexible, y cuyo comportamiento está orientado por un conjunto de tendencias que pueden estar dadas por la satisfacción de ciertos objetivos individuales o la optimización de cierta función de satisfacción o supervivencia”.

Una definición que complementa a la anterior es la de Villareal Farah (2003) quien dice que existen diversas definiciones de agentes inteligentes dependiendo principalmente del contexto y agrega que para hacer referencia a los agentes inteligentes en el marco educativo y de los STI se los ve como: “fragmentos de software con características humanas que facilitan el aprendizaje. Estas características puede expresarse desplegando texto, gráfico, iconos, voz, animación, multimedia o realidad virtual”.

Con esta base teórica, en esta investigación, se busca una metodología que propicie el diseño de los STI con la integración de entidades o agentes inteligentes desde la visión que la inteligencia genuina sólo es posible si se cuenta con un cuerpo situado dentro de un entorno, donde para interactuar con el medio ambiente, el agente debe ser capaz de percibir, razonar y actuar, es decir debe poseer sensores

que le permitan recolectar información, a fin de convertir esa información en conocimiento para alcanzar su objetivo, razonando y actuando para modificar el entorno.

Por este motivo, se puede decir que este enfoque se inspira en los modelos biológicos, por lo que se nutre de conceptos mentales como son los: *deseos, motivaciones, creencias y humores*.

En este campo, se hace referencia también a conceptos sociológicos como *comunicación, cooperación, coordinación y competencia*, por lo que se puede decir que este enfoque está inspirado también en la sociología.

La investigación en metodologías orientadas a agentes es un campo relativamente nuevo debido a la relación del paradigma de la orientación a agentes con la orientación a objetos y con los sistemas basados en conocimiento, las metodologías orientadas a agentes no han surgido como metodologías totalmente nuevas, sino que se han planteado como extensiones de metodologías existentes. Los intentos por obtener STI cada vez más flexibles han llevado a la incorporación de los NSTID (Nuevos Sistemas Tutores Inteligentes Distribuidos) con las ventajas consecuentes de sus aplicaciones con módulos disponibles en diferentes servidores.

La idea entonces es cimentar las bases teóricas conceptuales y metodológicas para la construcción de los STI donde la *importancia de un tutor inteligente* radica en que la captura de la experticia de los especialistas (ya sea uno o varios docentes expertos en el dominio), podrá ayudar a la formación de los estudiantes novatos, a través de la adecuación de la estrategia didáctica que mejor responda a las características de cada estudiante (considerado novato). Se trata de rediseñar la arquitectura de los STI (Salgueiro et al., 2005a, b; Costa et al. 2005 y Cataldi et al., 2005) a fin de obtener módulos con funcionalidades e interfaces bien definidas y sin solapamiento de funciones con la tecnología de agentes.

Un sistema así definido puede ser aplicable en cualquier área del conocimiento, ya sea en educación, en capacitación de recursos humanos, o en áreas de administración de negocios tales como en las diferentes opciones de *intelligent business* y *collaborative markets* a través de sistemas asesores.

Se piensa, que un grupo de agentes cooperando (y compitiendo) a través de un enfoque inspirado en la sociología, que incluye conceptos tales como *comunicación, cooperación, coordinación y competencia*, podría aportar una mejor opción. Pero, este intento se debe tomar con mucha cautela, ya que en dominios complejos los sistemas multiagentes necesitan grandes cantidades de información acerca del mismo, por lo que resulta muy difícil prever todas las situaciones posibles para que los agentes puedan evolucionar y adaptarse al

entorno. Esta podría ser una de la principales limitaciones a resolver al tratar de implementar un STI basado en SMA.

El paradigma de programación de agentes

La Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) es la rama de la Inteligencia Artificial (IA) que trata de la resolución de problemas de manera cooperativa en un cierto ambiente por medio de entidades denominadas agentes. Las técnicas desarrolladas por la IAD permiten resolver aplicaciones en distintos niveles a través de:

- 1) la expansión de las funcionalidades existentes en el sistema a través del encapsulamiento de estas mismas aplicaciones en IAD;
- 2) la generación de sistemas que incorporen las técnicas de la IAD desde su concepción hasta su implementación.

Esto permite obtener una mayor agilidad, flexibilidad, inteligencia y rendimiento del sistema global que se pueden mejorar a medida que estos factores permitan alcanzar los objetivos a través de:

- a) la construcción de sistemas descentralizados en lugar de los sistemas más usuales con todos sus componentes centralizados;
- b) la obtención de soluciones emergentes resultantes de las interacciones entre los agentes entre sí o de los agentes con los humanos;
- c) la ejecución concurrente en lugar de ejecución secuencial que es un punto muy importante a destacar en los desarrollos actuales (Bolan Frigo, et al., 2004).

El paradigma de la programación de agentes nace entonces como una necesidad, debido a que muchos de los problemas a resolver son de naturaleza distribuida y para ello se requiere de soluciones de tipo distribuidas. En cuanto a la aplicación de los agentes y SMA al ámbito educativo, más precisamente en lo que respecta al diseño de los STI y los Asesores Inteligentes, se han llevado a cabo investigaciones que propician su aplicación. Frasson (1996) afirma al respecto, que: “una de las aplicaciones de agentes autónomos más prometedoras es probablemente en la educación y en el entrenamiento” y Shoham (1992) sostiene que una solución para la construcción de ambientes de enseñanza y de aprendizaje, si los agentes trabajan de una manera concurrente y autónoma para alcanzar sus objetivos podría ser una sociedad de agentes que puedan aprender y enseñar.

Metodologías para el diseño de SMA

Las metodologías para el diseño de los SMA, dan el marco formal para la concepción de sistemas desarrollados específicamente con agentes. Siguiendo a Wooldridge (2002) se puede decir que éstas consisten en un conjunto de modelos que incluyen normativas y procedimientos asociados y se pueden dividir en dos grandes grupos:

- a) aquellas inspiradas en los desarrollos orientados a objetos y sus extensiones;
- b) aquellas que adaptan la ingeniería de conocimiento y otras técnicas asociadas.

Entre las primeras se pueden citar la AAI (Australian AI Institute) (Kinny et al., 1996), GAIA (Wooldridge, 1999), agentUML (Odell et al., 2001) y al segundo grupo corresponden: Desire Framework (Brazier et al., 1995), Cassiopeia (Collinot et al., 1996) y agentes en Z (Luck et al., 1997).

Las características de los STI sugieren la necesidad de que los agentes que lo constituyan posean la capacidad de representar simbólicamente el conocimiento y tengan además la capacidad de llevar a cabo tareas de planificación. Es decir, estas capacidades se pueden obtener a través de agentes de tipo *deliberativos* donde las decisiones que los tomen los agentes se basarán en mecanismos de razonamiento lógico. Dada la complejidad del entorno de desarrollo para el STI, es particularmente apropiado adoptar el enfoque BDI (*believes, desires, intentions*), que fuera inicialmente formulado por Bratman (1987) y luego formalizado por Kinny, Georgeff y Rao (1997).

Las arquitecturas BDI se inspiran en un modelo cognitivo humano (Bratman, 1987), donde las *creencias* de los agentes están dadas por la información que reciben del entorno, constituyendo su propio modelo del mundo. Estas creencias provienen y se modifican por la acción de los sensores que posee el agente y por la información transmitida intencionalmente por otros agentes, siendo esta información siempre verdadera, dadas las características de sinceridad de los agentes. Los *deseos*, están constituidos por aquellos estados que el agente debe verificar en su mundo, por lo que los objetivos de un agente son un conjunto de deseos consistentes entre sí y las *intenciones* son un subconjunto de los deseos que el agente se propone alcanzar. Los *planes* están dados por las acciones que el agente llevará a cabo para lograr sus intenciones las que se pueden desglosar en subplanes. De este modo, el agente lleva a cabo una secuencia de revisión de creencias, generación o modificación de deseos, establecimiento de intenciones y objetivos y determinación de acciones para lograr esos

2. El modelo de *mundos posibles*, para la lógica epistémica fue propuesto por Hintikka (1992) y ahora es el más comúnmente formulado a través de una lógica modal usando las técnicas desarrolladas por Kripke (1963). La visión de Hintikka estaba en ver lo que un agente cree se podría caracterizar en términos de mundos posibles. La lógica epistémica normalmente es formulada como lógica normal modal usando la semántica de Kripke (1963).

objetivos, *de manera cíclica*, que modificarán nuevamente el mundo tal como lo percibe el agente (Rao y Georgeff, 1995). Thomason (1990) ha señalado algunas cuestiones que surgen naturalmente desde la concepción de agente y que son particularmente complejas de resolver tales como: la representación del proceso de razonamiento, la utilización de grandes cantidades de razonamiento en situaciones de final abierto, la construcción de un micromundo de decisión y el manejo de los objetivos en conflicto. Rao y Georgeff (1995) han propuesto una aproximación formal mediante el planteo de *mundos posibles*² y el agregado de operadores modales para las creencias, los objetivos y las intenciones, donde cada mundo corresponde a un estado posible de sucesos, con una relación de accesibilidad entre ellos, en los que el sistema se representa mediante árboles de decisión. Cohen y Levesque (1990) han identificado algunas de las propiedades fundamentales de los agentes BDI, que se pueden resumir en:

- a) las intenciones plantean problemas para los agentes, los cuales necesitan determinar como resolverlos;
- b) las intenciones proveen un filtro para la adopción de otras intenciones, las cuales no deben entrar en conflicto con aquellas;
- c) los agentes persiguen el éxito de sus intenciones, y se inclinan a repetir los intentos si estos fallan;
- d) los agentes creen que aquello que intentan es posible;
- e) los agentes no creen que no deberán cambiar el rumbo de sus intenciones;
- g) bajo ciertas circunstancias, los agentes creen que deberían cambiar el rumbo de sus intenciones;
- h) los agentes no necesitan considerar todos los efectos colaterales de sus intenciones.

En el modelado de los sistemas BDI se consideran dos niveles de abstracción: el nivel de abstracción *externo* y el *interno*. Dentro del aspecto externo se toma en cuenta el *modelo de agente*, que define la jerarquía de clases y permite determinar qué instancias de agente deben existir, y el *modelo de interacción*, que describe, para cada clase, las responsabilidades, finalidades, servicios e interacciones asociadas y las relaciones de control. Respecto del *aspecto interno*, allí es donde se especifican las creencias los deseos y planes de cada agente. Una arquitectura construida sobre la base teórica de los agentes BDI debe, en consecuencia, poseer estructuras que permitan el almacenamiento del estado mental o conjunto de creencias del

agente, las cuales se corresponden con el conocimiento que el agente tiene de su entorno, ya éstos no pueden diferenciar entre información verdadera y creencias. Estas creencias se representan a través de fórmulas de lógica de primer orden y se pueden almacenar en cualquier estructura de datos, o base de datos.

A partir de la percepción del agente y de los mensajes recibidos provenientes de otros agentes, estas creencias se actualizan a través de la generación de nuevas entidades de creencia, y de la eliminación de otras. La disposición de los datos donde se almacenan los deseos de un agente tiene una estructura análoga a la que almacena las creencias. A partir del procesamiento de las creencias y deseos se generan las intenciones del agente, éstas a su vez constituyen la estrategia de acción que sigue el agente, estando sujetas a modificaciones y que se pueden representar como pilas de planes instanciados. En la definición de los planes se utilizan las fórmulas de creencias pero no instanciadas; los planes suelen almacenarse utilizando una estructura de árbol donde las ramas son los posibles cursos de acción y los nodos son los estados (Emerson, 1990).

En general, se tiene almacenada además, una secuencia de los eventos ocurridos en el entorno, estructurada como una *cola* donde los eventos pueden ser la adquisición de una creencia, o su eliminación. Estos eventos también reflejan la historia del agente, ya que almacenan los planes utilizados en el pasado.

Los *agentes racionales* (Bratman, 1987) o de razonamiento práctico poseen características tales como:

- a) tienen limitados sus recursos y su capacidad de comprensión y un conocimiento incompleto del entorno en el que vive;
- b) tienen creencias sobre el mundo y deseos que satisfacer, que le llevan a formular intenciones para actuar;
- c) una intención es un compromiso para realizar un plan que, en el momento de formularlo es sólo parcial, ya que depende del estado del entorno en el momento de su ejecución;
- d) el agente ejecuta las acciones que intenta realizar sin volver a razonar hasta que se ve forzado a revisar sus intenciones porque se producen cambios en sus creencias o deseos, formalizadas en una lógica de intenciones (Rao y Georgeff, 1995).

Se puede plantear entonces, el intérprete BDI con diversas estrategias (Wooldridge, 2000) según las características de compromiso del agente (si son osados o precavidos, o si reconsideran o no sus intenciones cuando creen que no son realizables).

3. JADE es un desarrollo de TILAB (CSELT) y su página web es <http://jade.tilab.com/>

4. JADEX <http://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/projects/jadex/>

5. FIPA-OS <http://fipa-os.sourceforge.net/>
[Retrieved 01/07/05]

6. <http://leap.crm-paris.com/>
[Retrieved 02/07/05]

Entornos de desarrollo

Dentro de los entornos de sistemas multiagentes, una primera opción es la plataforma OpenSource JADE³ (Java Agent Development Framework) que ofrece algunas ventajas que justifican la elección de la misma para el desarrollo del sistema multiagente. La plataforma JADE posee API's (Application Programming Interface) para la creación agentes (y elementos relacionados con los mismos), contando además con una interface gráfica y con herramientas para controlar y depurar el sistema. Los desarrollos responden al estándar FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) como así también los mensajes intercambiados por los agentes (maneja para cada agente una cola de mensajes ACL (Agent Communication Language) la cual se puede acceder de manera síncrona, asíncrona o temporizada.

Una segunda opción es JADEX⁴ (JADE extension) que es una plataforma que utiliza JADE con lo cual cumple con todas las especificaciones de la FIPA y proporciona el marco y las herramientas para desarrollar agentes orientados a objetivos, según el modelo BDI. Posee una API que facilita el acceso a los conceptos de JADEX cuando se programan los planes, construidos en JADEX como una clase Java predefinida que proporciona métodos útiles para gestionar las creencias. Para definir un agente, además de los planes hay que crear un archivo XML conteniendo las creencias, deseos y planes iniciales del agente. Este marco brinda también ciertas funcionales que pueden facilitar la definición de las capacidades del agente.

Una tercera opción entre las plataformas relevadas lo constituye FIPA-O⁵ que fue la primera implementación Open Source del estándar FIPA y ahora tiene posee uno de los mayores niveles de uso con un gran aporte de los desarrolladores que permiten soportar las especificaciones experimentales más corrientes en desarrollo. Esta plataforma permite todos los beneficios de la tecnología FIPA. FIPA-OS 2 es un conjunto de componentes implementados en Java. Su evolución, permitió el desarrollo del (micro FIPA) μ FIPA-OS apuntando a PDA's (Personal Digital Assistant) y teléfonos móviles inteligentes, que ha sido desarrollado por la Universidad de Helsinki como parte del Proyecto Crumpet (Creation of User-friendly Mobile Services Personalized for Tourism) del IST (Information Society Technology). El componente de comunicación FIPA ACL es el responsable del envío y recepción de los mensajes y puede ser encapsulado por un agente FIPA construido por FIPA.OS a través de una extensión de la clase FIPASAgent que es la base para cualquier nuevo agente implementado en el ambiente. Existen además otras herramientas como LEAP - Lightweight Extensible Agent Platform⁶ que es un ambiente de desarrollo y ejecución de agentes inteligentes,

y es el precursor de la segunda generación de la plataforma de FIPA y ZEUS⁷ que es un sistema Open Source de agentes implementado en Java, que se puede considerar como un conjunto de herramientas para construir aplicaciones multiagentes colaborativas.

Teorías de enseñanza, estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples

Se propone diseñar un STI con un marco teórico pedagógico basado en la Teoría Uno (Perkins, 1995) y por este motivo, se deben rediseñar los submódulos básicos que componen el STI, a fin de poder integrar los conceptos planteados por la Teoría Uno al diseño computacional. Con esta mejora, se busca poder identificar el protocolo pedagógico, o método de enseñanza con el cual cada uno de los estudiantes se pueda sentir más cómodo, a fin de obtener los mejores resultados en cada sesión. Esto no se puede lograr de una manera simple en una clase tradicional o sesión pedagógica, en las que un solo docente esta a cargo de la formación un gran número de estudiantes donde cada uno puede tener como preferencia a diferentes estilos docentes. Un STI no posee esta limitación, ya que cada una de las sesiones pedagógicas se realiza con un solo estudiante a la vez, independientemente de la concurrencia del sistema.

Se ha observado también que los STI, sistemas expertos y asesores inteligentes disponibles en la actualidad no han encontrado soluciones eficientes que permitan una mayor flexibilidad en cuanto a la incorporación de diferentes modalidades de enseñanza, aunque en los '90, con los avances de la psicología cognitiva (Gardner, 1988), las neurociencias (Gardner, 1987) y los nuevos paradigmas de programación, los sistemas facilitadores de la enseñanza evolucionaron desde una propuesta instructiva (Cruz Feliú, 1997) hacia entornos de descubrimiento y experimentación del nuevo conocimiento (Bruner, 1990; Perkins, 1995; Perkins, 2002; Pozo, 1998; Pozo, 1999) y una visión constructivista de los procesos de aprendizaje. La evolución se marcó desde la postura conductista con base en la teoría de Skinner hacia la psicología cognitiva (Schunk, 1997; Woolfolk, 2001) con aportes tan importantes como aquellos referidos a la activación de los diferentes sistemas simbólicos que pueden propiciar (Cabero, 2001) potenciando la teoría de Gardner (1993) de las inteligencias múltiples y su reformulación (Gardner, 2001).

En un sistema como el que se propone, el *modelo del tutor* es el encargado de definir y de aplicar una estrategia pedagógica de enseñanza (socrática, orientador, instructor, etc.), de contener los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos.

7. The ZEUS Agent Building Tool.
British Telecommunications,
<http://more.btexact.com/projects/agents/zeus/>

Es el responsable de seleccionar los problemas, de monitorear y de criticar el desempeño, de proveer asistencia cuando se la requiera y de seleccionar el material de aprendizaje para el estudiante. Además de integrar el conocimiento acerca del *método de enseñanza* (deductivo, inductivo, analógico, analítico, sintético, de trabajo colectivo, etc.), las *técnicas didácticas* (expositiva, discusión, demostración, diálogos, instruccional, responder preguntas, etc.) y del *dominio a ser enseñado* (con integración de planificación y curriculum) (Coll, 1994). En este sentido, la intención de la investigación es emular a un tutor humano, pero orientado hacia la psicología cognitiva, es decir, teniendo en cuenta, como señala Perkins (1995), los estilos más apropiados de enseñanza tales como la *instrucción didáctica*, *el entrenamiento* y *la enseñanza socrática*. A raíz de las necesidades expuestas, surge una conexión directa con la Teoría Uno que no es un modelo, ni un método de enseñanza, sino un conjunto de recomendaciones compatibles con cualquier teoría. Ella estipula que “la gente aprende más cuando tiene una oportunidad razonable y una motivación para hacerlo”. Para aplicarla se deben reunir las siguientes condiciones: *información clara* a través de descripción y de ejemplos de los objetivos y conocimientos requeridos y de los resultados esperados; *práctica reflexiva*, es decir, a través de oportunidades para el alumno de ocuparse activa y reflexivamente de aquello que deba aprender; *realimentación informativa* a través de consejos claros y precisos para que el alumno mejore el rendimiento y pueda proceder de la manera más eficaz; *fuerte motivación intrínseca y extrínseca* mediante actividades ampliamente recompensadas, sea porque son muy interesantes y atractivas en sí mismas o porque permiten obtener otros logros que importan al alumno (Perkins, 1995).

Por lo tanto la Teoría Uno planteada por Perkins (1995) se constituye en una opción válida para dar la base teórica educativa del STI, de lo que se desprenden los distintos modelos de enseñanza disponibles compatibles con esta teoría. Perkins (1995) plantea que si se combinan las condiciones que estipula la Teoría Uno con cada uno de los programas de estudio, se obtienen los métodos respectivos. En otras palabras, la Teoría Uno se *encarna* de distintas maneras según el programa del momento en la institución. Las cuatro opciones fundamentales son las siguientes: la *instrucción didáctica* (o *magistral*), el *entrenamiento*, la *enseñanza socrática* entre otras opciones.

Se pueden especificar sintéticamente las características de cada una de ellas:

- la *instrucción didáctica* satisface una necesidad que surge en el marco de expandir el repertorio de conocimientos del alumnado;
- el *entrenamiento* satisface la necesidad de asegurar una práctica efectiva;

- la *enseñanza socrática* se aplica para ayudar al alumno a comprender ciertos conceptos por sí mismo y darle la oportunidad de investigar y de aprender cómo hacerlo.

Respecto de los estilos de aprendizaje, se han relevado y seleccionado las herramientas disponibles más adecuadas para caracterizar los estilos de aprendizaje, y se ha observado que Felder y Silverman (1988) presentan un nuevo enfoque en el estudio de los aprendizajes que complementa y enriquece la producción que se ha hecho en este sentido, clasificando a los estudiantes según su forma de aprender de acuerdo a la siguiente lista de pares dicotómicos: a) *sensitivos* (concretos, prácticos, orientados hacia los hechos y los procedimientos) o *intuitivos* (conceptuales, innovadores, orientados hacia las teorías), b) *visuales* (prefieren la presentación visual del material tal como películas, cuadros, o diagramas de flujo) o *verbales* (prefieren las explicaciones escritas o habladas), c) *inductivos* (prefieren la información que deviene desde lo específico hacia lo general) o *deductivos* (prefieren la información que deviene desde lo general hacia lo específico), d) *activos* (aprenden manipulando las cosas y trabajando con otros) o *reflexivos* (aprenden pensando acerca de las cosas y trabajando solos), e) *secuenciales* (aprenden poco a poco en forma ordenada) o *globales* (aprenden de forma holística). Se observa también que un alumno puede presentar varias de las características descriptas, por lo que el docente debería ser capaz de adaptar su estilo y modalidad de enseñanza a los estilos de aprendizaje de tal forma de facilitar la actitud de los estudiantes y la forma de apropiación de los contenidos a fin de evitar el fracaso que conduce a la deserción y el desgranamiento (Felder, 1998; 2004). Esto significa reconocer que existen diferentes maneras de acceder al conocimiento en términos de intereses y estilos, es decir, se poseen puertas de entrada diferentes para iniciar el proceso de acceso al conocimiento (Litwin, 1997; Gardner, 1993; 2001).

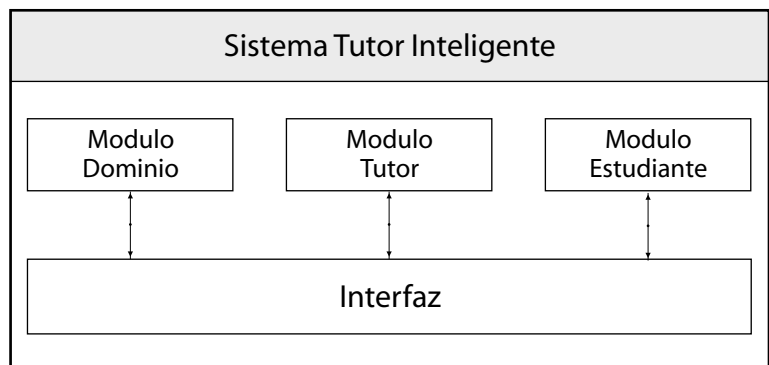
Según Gardner (1993; 2001) la inteligencia humana posee siete (ocho en la reformulación) dimensiones diferentes (las siete inteligencias: lingüística, lógico-matemática, musical, espacial, interpersonal, intrapersonal y cinética-corporal y octava la naturalista) y a cada una de ellas le corresponde un determinado sistema simbólico. Por lo tanto, se podría desarrollar un protocolo pedagógico específico que tuviera en consideración la composición de inteligencias de los estudiantes manejando diferentes sistemas simbólicos a fin de construir ambientes diferenciadores de aprendizaje (Cabero, 2001). A partir de estos dos marcos teóricos provistos por los desarrollos de la tecnología de agentes, los métodos de enseñanza y los estilos de aprendizaje, se elaborará la arquitectura básica del

STI incluyendo, dichas teorías para los modelados y la tecnología de agentes inteligentes.

Arquitectura planteada para el STI

La arquitectura que se propone se deriva de la planteada por Carbonell (1970) (Fig. 1) con la consideración de los rediseños sin superposiciones funcionales a fin de obtener módulos independientes del dominio e intercambiables.

Figura 1.
Estructura clásica de un
Sistema Tutor Inteligente
propuesta por Carbonell (1970)



Desde la perspectiva de las aplicaciones de agentes, se puede distribuir el conocimiento a impartir en un STI en varios agentes tutores, donde cada uno posee sus propias creencias, deseos, intenciones, objetivos y planes de acción a través de diferentes protocolos pedagógicos. Es decir, cada uno estará emulando al estilo de enseñanza de un tutor humano. Una sesión pedagógica se inicia cuando el estudiante ingresa al sistema a través de su identificación, a través del agente de interface (Agl). Los datos del mismo están almacenados en la base de conocimientos (BC) donde se registra el historial y el estado actual del estudiante por medio de su actualización. Mediante el analizador del perfil (AgAP) agrupa al estudiante según su estilo de aprendizaje (Felder, 1988) y de su en el resultado del test de inteligencias múltiples (Gardner, 1998).

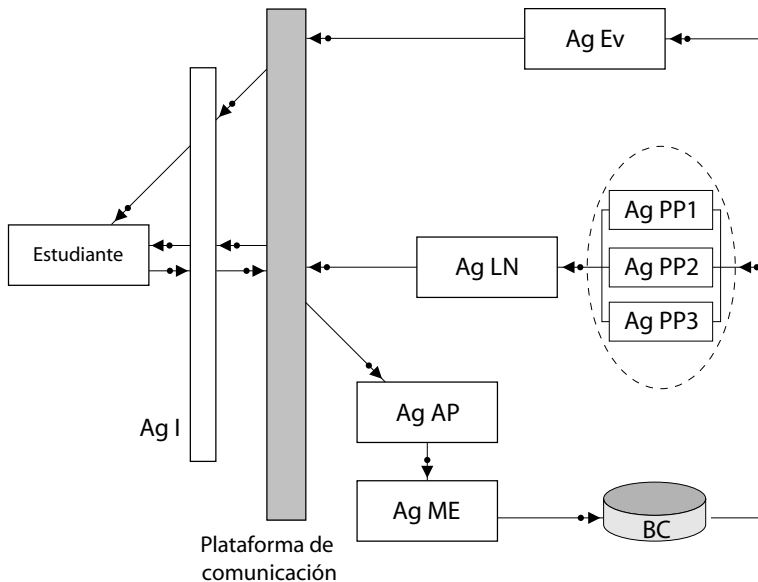


Figura 2.
Arquitectura básica,
donde AgI es el agente de interface,
AgAP el agente analizador del perfil,
AgME es el agente de modelo del
estudiante, BC es la base de
conocimiento, Ags. PP son los
agentes de tutores con diferentes
protocolos pedagógicos, AgLN es el
agente de lenguaje natural y AgEv
es el agente evaluador

De este modo, el sistema responde a las características del estudiante (AgME) que ingresa al mismo y le sugiere el protocolo pedagógico más adecuado entre los disponibles en el sistema (AgPP1, AgPP2, AgPP3, etc). Cada agente pedagógico, posee un generador de contenidos con objetivos para cada una de las Unidad Didácticas de acuerdo a cada estilo de enseñanza. Los protocolos pedagógicos están dados por los que sugiere la Teoría Uno (Perkins, 1995). Existe además, un agente generador de Lenguaje Natural (AgLN) que permite llevar a cabo la comunicación a través de la plataforma de comunicación utilizada, y un agente evaluador (AgEV) que realiza un diagnóstico de los errores de los estudiantes y lleva a cabo las evaluaciones.

Las arquitecturas propuestas por JADE, resuelven la comunicación usando KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) propietario, por lo que restringe la evolución del sistema y su interoperabilidad, por ello se prefiere FIPA-OS plataforma de desarrollo utilizable con comunicación FIPA-ACL y gran cantidad de plataformas disponibles compatibles con integración de diferentes opciones Java. Para el administrador de base de datos, se pensó en MySQL. Actualmente, se está realizando un estudio comparativo de las tres grandes plataformas mencionadas a fin de sustentar la elección.

Grado de avance

Se está completando la primera etapa del proyecto centrada en el modelado de las preferencias de los estudiantes, para obtener el método de tutorizado según su estilo de aprendizaje (Costa et al., 2005).

Se está evaluando en qué medida los atributos relevados con las planillas de estilos de aprendizaje, se pueden utilizar como datos de entrada para la clasificación a fin de generar los árboles de decisión de profundidad acotada por medio de los métodos de poda o pruning adecuados para obtener las reglas de las familias o clústers con un alto nivel de confianza. Los resultados de la selección de los protocolos pedagógicos se validaron utilizando muestras longitudinales de estudiantes, a partir de 2004 y continuando durante en año 2005. De este modo se tiene un método eficiente para adecuar el sistema al tipo de tutorizado con el que el alumno siente más afinidad. Se obtiene así, un modelo de STI adaptativo que reacciona ante las necesidades particulares de los alumnos y que de algún modo da cuenta de las problemáticas surgidas en los alumnos que ingresan a la Facultad que requieren de mayor tiempo de tutorizado o acercamiento al experto, y proveerá de una herramienta que si bien no reemplaza al tutor podrá asistir al estudiante.

Conclusiones

Se ha investigado el problema desde distintas ópticas (sistemas inteligentes y ciencias de la educación) de forma tal de obtener una base teórica sobre la cual desarrollar un tutor inteligente. Se ha tenido en cuenta las teorías de aprendizaje, de enseñanza y las plataformas para el desarrollo de los sistemas multiagentes.

A partir del marco teórico descrito y de los paradigmas de desarrollo de sistemas multiagentes, se ha diseñado el conjunto de módulos correspondientes al sistema tutor, habiéndose cumplido con los objetivos que se habían previstos para la presente etapa. Esta arquitectura presenta una forma más efectiva de comunicación entre el usuario y el sistema, ya que toma en consideración el estilo de aprendizaje del estudiante.

Líneas de investigación futuras

Determinado el marco teórico, se seccionarán las herramientas metodológicas y el ambiente de desarrollo más adecuado, a fin de:

- diseñar un módulo de agente (AgPP) que pueda llevar a cabo la tarea de generación de estrategias de enseñanza en el *módulo del tutor*, que permita la adición de nuevos protocolos de enseñanza

(SMA:AgPP's) que se adapten a las necesidades de cada del alumno (a través de su perfil); es decir, el agente debe ser capaz de adaptarse a los estilos de aprendizaje de los alumnos ofreciendo la estrategia de enseñanza más adecuada;

- diseñar un módulo (*modelo de estudiante*) que permita obtener los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes de acuerdo sus preferencias (AgAP el agente analizador del perfil y AgME el agente de modelo del estudiante).

La etapa siguiente se centrará en:

- diseñar y probar del módulo evaluador con sus diferentes opciones (evaluación y autoevaluación);
- completar e integrar el módulo del dominio y la interface.

References

Bolan Frigo Luciana, Pozzebon Eliana, Bittencourt Guilherme (2004), *O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Technology Education (WCETE'2004), Guarujá/Santos, Brazil, March 14-17, 2004

Bratman Michael E. (1987), *Intentions, plans and Practical Reasons*, Cambridge, MA, Harvard University Press.

Bruner Jerome (1990), *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*, Madrid, Alianza

Cabero Julio (2001), *Tecnología Educativa*, Editorial Síntesis

Carbonell Jaime R. (1970), *AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction*, "IEEE transaction on Man Machine System", V. 11, n. 4, pp. 190-202

Cataldi Zulma (2004), *Metodología para el diseño y evaluación de sistemas tutores inteligentes*. Proyecto de Tesis Doctoral. UNLP con pasantía en ITBA CAPIS

Cataldi Zulma, Lage Fernando, García-Martínez Ramon, Perichinsky Gregorio (2004), *Estrategias metodológicas para el diseño de sistemas tutores inteligentes*. Aceptado en WICC'2004, Universidad del Comahue, Buenos Aires, May 21-22, 2004

Cataldi Zulma, Salgueiro Fernando, Costa Guido, Lage Fernando, Garcia-Martinez Ramon (2005), *Sistemas tutores inteligentes: los estilos del estudiante para selección del tutorizado*. Workshop de Investigadores en Ciencias de la

All URLs checked
December 2006.

Computación WICC 2005, Universidad Nacional de Rio Cuarto, Rio Cuarto (AR), May 13-14, 2005

Cohen Philip R., Levesque, H. A. (1990), *Intentions is choice with commitent*, "Artificial Intelligence", n. 42, pp. 213-261

Coll César (1994), *Psicología y curriculum*, Barcelona, Editorial Paidos

Collinot Anne, Drogoul Alexis, Benhamou Philippe (1996), *Agent oriented design on soccer robot team*, ICMAS-96, Kyoto, AAAI Press, pp. 41-47

Costa Guido, Salgueiro Fernando, Cataldi Zulma, García Martínez Ramon, Lage Fernando (2005), *Sistemas inteligentes para el modelado del estudiante*. Aceptado GCETE'2005 Global Congress on Engineering and Technology Education, Bertioga/Santos, Brazil, March 13-15, 2005

Cruz Feliú Jaume (1986), *Teorías del aprendizaje y tecnología de la enseñanza*, Trillas México

Emerson E. (1990), *Temporal and Modal Logic*, in van Leeuwen Jan (Ed.), *Handbook of Theoretical Computer Science*, Elsevier Science

Felder Richard M., Silverman Linda K. (1988), *Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education*, "Engineering Education", V. 78, n. 7, pp. 674-681

Felder, B. (1998), *R Index of Learning Styles*, www.2.ncsu.edu/unity/lockers/users/ff/felder/public/ILSdir/ilsweb.html [Retrieved 20 de junio de 2004]

Felder Richard (2004), *Cómo estructurar la currícula en Ingeniería*. Conferencia en IV CAEDI, Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería, Instituto Tecnológico, Buenos Aires, 1-3 September 2004

Frasson Claude, Gauthier Gauthier, Lesgold Alan (1996), *Intelligent Tutoring Systems Lecture notes in computer science*, Springer Verlag

Gardner Howard (1985), *Las Inteligencias Múltiples*, Paidós, Barcelona

Gardner Howard (1987), *La nueva ciencia de la mente: Historia de la psicología cognitiva*, Paidós, Barcelona.

Gardner Howard (1993), *Las inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*, Paidós, Barcelona

Gardner Howard (2001), *La inteligencia reformulada*, Paidós, Barcelona.

Guardia Robles Bruno (1997), *Asesores Inteligentes para apoyar el Proceso de Enseñanza de Lenguajes de Programación*. Tesis de Maestría en Ciencias

Computacionales, ITESM, Monterrey, México

Hintikka Jaakko (1962), *Knowledge and Belief*, Ithaca (NY), Cornell University Press

Iglesias Carlos A., Garijo, C., González José (2001), *Metodologías orientadas a agentes*, "Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial", V. 2, n. 6, pp. 12-23

Jennigs Nicholas, Sycara Katia, Wooldridge Michael (1998), *A roadmap of agent research an development*, "Autonomous agents and multiagents systems", n. 1, pp. 275-306

Kinny David, Georgeff Michael, Rao Anand (1996), *A methodology and modelling technique for systems BDI agents*. 7th European Workshop of Modelling Autonomous Agent in a Multi-Agent World. Berlin LNAI, V. 1038, pp. 56-71

Kinny David, Georgeff Michael, Rao Anand (1997), *A Methodology and Modelling Technique for Systems of BDI Agents*. Informe Interno

Kripke Saul (1963), *Semantical analysis of modal logic*, "Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik", n. 9, pp. 67-96

Litwin Edith (1997), *La configuraciones didácticas*, Buenos Aires, Paidós

Luck Michael, Griffiths Nathan, D'Inverno Mark (1997), *From agent theory to agent construction: A case of study*, "Intelligent Agents III", vol. 1193, LNAI, Springer Berlin, pp. 49-64

Odell, M., Parunak, H., Bauer Bernhard (2001), *Representing agent interaction protocols in UML. AOSE 2000*, LNCS, Vol. 1957, Springer Berlin, pp. 121-140

Patel Ashok, Kinshuk (1996), *Knowledge Characteristics: Reconsidering the design of Intelligent Tutoring Systems*, Leicester, CAL Software Engineering & Research Centre

Perkins D. (1995), *La escuela inteligente*, Gedisa

Pozo Municio Ignacio (1999), *Aprendices y Maestros*, Madrid, Alianza

Pozo Juan Ignacio (1998), *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Morata

Rao Anand, Georgeff Michael (1995), *BDI Agents: From Theory to Practice Proceedings of the First Intl. Conference on Multiagent Systems*

Russell Stuart, Norvig Peter (2003), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. (2nd Edition). Prentice Hall

Salgueiro Fernando, Costa Guido, Cataldi Zulma, García Martínez Ramón, Lage Fernando (2005a), *Sistemas inteligentes para el modelado del tutor*. GCETE'2005 Global Congress on Engineering and Technology Education, Bertioga/Santos, Brazil, March 13-15, 2005

Salgueiro Fernando, Costa Guido, Cataldi Zulma, García Martínez Ramón, Lage Fernando (2005b), *Sistemas tutores inteligentes con modelado del tutor y del estudiante para mejorar los aprendizajes de programación en ingeniería*. Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICs en Argentina, Bahía Blanca, 14-15 Abril 2005, Universidad Nacional del Sur, Red de Universidades con Carreras de Informática

Salgueiro Fernando, Costa Guido, Cataldi Zulma, García Martínez Ramón, Lage Fernando (2005c), *Redefinition of basic modules of an intelligent tutoring system: the tutor module*. WICC 2005, Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Red de Universidades con Carreras de Informática, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 13-14 May, 2005

Schunk D. (1997), *Teorías de la Educación*, Prentice Hall

Shoham Yoav (1993), *Agent-oriented programming*, "Artificial Intelligence", n. 60, pp. 51-92

Thomason Richmond H. (1990), *Progress Towards a Formal Theory of Practical Reasoning: Problems and Prospects*, AI Laboratory, University of Michigan, Ann Arbor

Villarreal Goulart Rodrigo Rafael, Giraffa Lucia Maria (2001), *Utilizando a Tecnologia de Agentes na Construção de Sistemas Tutores Inteligentes em Ambientes Interativos*, Tesis de Maestría, PUCRS

Villareal Farah Gonzalo (2003, abril), *Agentes Inteligentes en educación*, "Eduotec: revista electrónica de tecnología educativa", n. 16, Centro Comenius Universidad de Santiago de Chile

Wooldridge M. (1999), *Verifying that agents implement a communication language*. Proceedings 16th National Conference on AI (AAI 99), Orlando, pp. 52-57

Wooldridge M. (2000), *Reasoning about Rational Agents* MIT Press, Cambridge (MA), USA

Wooldridge M. (2002), *An introduction to multiagent systems*, John Wiley Sons.

Woolfolk Anita (2001), *Psicología educativa*, México, Prentice Hall

* Article originally appeared in: "Eduotec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa", n. 20, enero 2006. Reprinted with permission of the autor and the publisher.
<http://www.uib.es/depart/gte/gte/eduteec-el/revelec20/zulma20.htm>

Sintesi

I sistemi tutoriali multiagenti o sistemi tutoriali intelligenti (STI) sono software educativi che prevedono tra i componenti forme di intelligenza artificiale. Il software STI è infatti in grado di verificare il lavoro svolto dallo studente e di fornire indicazioni in itinere per migliorare le performances. Gli agenti intelligenti che operano all'interno degli STI possiedono appositi "sensori" per "percepire" le informazioni provenienti dall'ambiente e modificare il proprio comportamento in base agli stimoli ricevuti.

Un agente intelligente, quindi, è in grado di agire in modo autonomo e flessibile, avendo tra le sue caratteristiche reattività e proattività, ossia capacità di assumere un comportamento orientato ad obiettivi e abilità sociali.

La ricerca più avanzata nel campo degli agenti intelligenti riguarda le metodologie d'insegnamento applicate: ciascuno degli agenti che operano in uno STI dovrebbe poter realizzare approcci metodologici diversi, adeguati agli stili di apprendimento degli studenti collegati. In questo modo, il sistema potrebbe fornire agli studenti un supporto tutoriale non omologato ma flessibile, capace di stimolare l'apprendimento di ciascun studente in base alle sue propensioni e alla sua specifica modalità di apprendimento.

Per ottenere tali risultati, è necessario intervenire sulla programmazione degli agenti, di cui si occupa l'Intelligenza Artificiale Distribuita (IAD), un settore specifico degli studi sull'Intelligenza Artificiale (IA). La ricerca in questo settore mira alla realizzazione di agenti di tipo deliberativo, in base a strutture programmate di ragionamento logico. L'approccio adottato è quello formulato da Bratman, basato sul modello cognitivo umano, e strutturato in credenze, desideri e intenzioni (believes, desires, intentions - BDI).

In base a questo modello, le credenze degli agenti derivano dalle informazioni provenienti dall'ambiente e costituiscono il "modello di mondo" dell'agente stesso. I sensori di cui l'agente dispone forniscono nuove informazioni e permettono di modificare il modello iniziale. Gli obiettivi degli agenti sono costituiti da una articolazione di desideri (stati che l'agente deve verificare nel suo mondo) e intenzioni (che l'agente tende a realizzare in base ai piani previsti).

Per la realizzazione di STI dotati di agenti intelligenti, è necessario anche sviluppare dei protocolli pedagogici. Il riferimento metodologico identificato riguarda la Teoria Uno, elaborata da Perkins, che si basa su un insieme di teorie dell'apprendimento tra cui il comportamentismo di Skinner, il cognitivismo e la teoria delle intelligenze multiple di Gardner. Non si tratta di un vero e proprio modello, ma di un insieme flessibile di raccomandazioni compatibili con qualsiasi teoria: informazione chiara, pratica riflessiva, feedback informativi, forte motivazione intrinseca ed estrinseca.

La ri-progettazione dell'architettura informatica parte dalla struttura classica dei Sistemi Tutoriali Intelligenti elaborata da Carbonell negli anni '70, che deve orientarsi verso moduli più indipendenti e intercambiabili. La struttura prevede l'interazione tra un modulo studente e un modulo Tutor all'interno della piattaforma didattica. Il modulo studente viene sottoposto ad analisi per identificare il profilo e lo stile di apprendimento dello studente. Un passaggio

cruciale per lo sviluppo di STI è costituito infatti dall'identificazione e classificazione degli studenti in base agli stili di apprendimento, poiché solo la classificazione, adeguando l'operato degli agenti intelligenti allo stile di apprendimento dello studente, può offrire una risorsa di facilitazione dell'apprendimento, con sessioni singole e adattamento personalizzato degli interventi in maniera virtualmente illimitata. Modalità questa difficilmente praticabile nella formazione tradizionale.

I dati provenienti dalla classificazione determinano l'assegnazione di un agente tutore con le caratteristiche più appropriate alle necessità dello studente. Il sistema deve quindi incorporare diversi modelli tutoriali, basati ciascuno su una diversa metodologia di insegnamento e contenuti didattici adeguati.

La prima tappa del progetto, che è ancora in fase di realizzazione, prevede la definizione del modulo studente per l'assegnazione del tutor corrispondente allo stile di apprendimento. La selezione dei protocolli pedagogici applicati ai moduli tutoriali è stata completata tra il 2004 e il 2005. Le prossime tappe di sviluppo del sistema prevedono la realizzazione del modulo tutor, del modulo di valutazione dei risultati dell'apprendimento e quindi dell'interfaccia.

