

SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES CON MODELADO DEL TUTOR Y DEL ESTUDIANTE PARA MEJORAR LOS APRENDIZAJES DE PROGRAMACION EN INGENIERÍA

Fernando Salgueiro^{1,2}, Guido Costa^{1,2}, Zulma Cataldi¹, Fernando Javier Lage¹, Ramón García-Martínez^{3,2}

liema@fi.uba.ar

1. LIEMA - Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales y
2. LSI - Laboratorio de Sistemas Inteligentes. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. Paseo Colón 850. 1063 - Ciudad de Buenos Aires.
3. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. CAPIS. Escuela de Postgrado. ITBA. Argentina.

Resumen

El presente trabajo de investigación presenta un proyecto radicado en LIEMA y LSI, a fin de obtener un sistema tutor inteligente con modelado de estudiantes y del tutor. El propósito es que el sistema de tutorizado exhiba un comportamiento similar al de un tutor humano, es decir, que se adapte al comportamiento del estudiante en lugar de ser un modelo rígido. El sistema debe poder brindar información acerca del problema a resolver como lo hace un humano para que el alumno pueda continuar desarrollando solo, en forma productiva, pero sin revelar cómo serán los siguientes pasos. La intención de la investigación es desarrollar un tutor con base en la psicología cognitiva y en las teorías de aprendizaje. Para esto se ha iniciado la elaboración de prototipos para los modelados con base en redes bayesianas y en redes neuronales.

Palabras clave: *Sistemas tutores inteligentes, enseñanza de programación.*

Introducción

Este tema de investigación surge motivado por la necesidad de encontrar diferentes formas alternativas para la enseñanza de la asignatura Algoritmos y Programación I (código 75.40) de la Carrera Ingeniería Informática.

Durante los últimos seis cuatrimestres se efectuó el seguimiento de los alumnos (a través de sus evaluaciones parciales y finales) a fin de saber por qué algunos no llegaban a aprobar la materia. Si bien la baja cantidad de alumnos que terminan la materia, en el orden del 30%, es alarmante, existen datos de otras Universidades, en las asignaturas equivalentes se evidencia que la problemática es muy parecida, por lo que actualmente se encuentran elaborando estrategias tendientes a la paliación del problema. A lo largo de últimos seis cuatrimestres se han aplicado diversas estrategias didácticas usando medios audiovisuales, foros de discusión, grupos de aprendizaje (Souto, 1995) y se ha observado que si bien se evidencian mejoras, las mismas apuntan a los grupos de estudiantes que normalmente tienen menores dificultades.

Por este motivo, se pensó, en el desarrollo de un sistema para tutorizado inteligente (utilizando sistemas Inteligentes) que realice la tarea de tutorizar adaptando diferentes modalidades o estrategias de enseñanza, de acuerdo al estilo que cada estudiante requiera.

El propósito es que el sistema de tutorizado exhiba un comportamiento similar al de un tutor humano, es decir, que se adapte al comportamiento del estudiante en lugar de ser un modelo rígido.

Un sistema con estas características *“es un sistema de software que utiliza sistemas inteligentes para asistir al estudiante que requiere de un tutorizado uno a uno y lo guía en su aprendizaje, adicionalmente posee una representación del conocimiento y una interface que permite la interacción con los estudiantes para que puedan acceder al mismo”* (VanLehn, 1988, Prieto, 1999),

En este sistema, *el modelo del tutor* es el encargado de definir y de aplicar una estrategia pedagógica de enseñanza (socrática, orientadora, dirigida etc.), de contener los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Es el responsable de seleccionar los problemas y el material de aprendizaje, de monitorear, y proveer asistencia al estudiante. También de integrar el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado (con integración de planificación y curriculum). Es decir, un sistema de este tipo debe tratar además, los aspectos esenciales del curriculum y de la planificación, ya que los aspectos de curriculum involucran la representación, la selección y la secuenciación del material a ser utilizado y la planificación se refiere a cómo ese material va a ser presentado (Coll, 1994).

Esta selección y secuenciación del curriculum para los estudiantes requiere del uso de mecanismos de planificación bastante sofisticados que deben tener en cuenta la teoría de tutorizado empleada de acuerdo a las necesidades del aprendiz (Coel 1994, Pozo 1999).

Aún hoy día, la mayoría de los desarrolladores de programas “*didácticos*” se basan en modelos instruccionales de neto corte conductista (Perkins, 1995). En este sentido, la intención de la investigación es emular a un tutor humano, pero orientado hacia la psicología cognitiva y con base en las teorías de aprendizaje más apropiadas. Debido a la problemática planteada se piensa en un sistema para aprendizaje por refuerzo; ya que justamente el objetivo buscado es que el estudiante le encuentre significado a sus aprendizajes, que supere sus dificultades, incorporando lo nuevo de un modo significativo y permanente. (Ausubel et al. 1983)

El aporte del presente trabajo permitirá esclarecer algunos interrogantes respecto de como enseñan los tutores humanos desde esta perspectiva y podría dar solución a los estudiantes de clases muy numerosas, que no pueden acceder al docente.

Justificación

Se ha observado en los cursos relevados desde 2001 (diez cursos) que la cantidad de tutores humanos no es suficiente, la relación alumnos/tutores es demasiado alta (Gertner et al. 1998) y que existe un gran desnivel entre los conocimientos previos que traen los alumnos (Ausubel et al. 1983).

Se piensa en un sistema que pueda emular al tutor humano y además que provea al estudiante de cierta flexibilidad para la elección del tipo de tutorizado más adecuado.

Un sistema de este tipo debería proveer algunas características en función de los propósitos por los que el estudiante recurre a él, tales como:

- La perspectiva desde la debe impartir los conocimientos a los alumnos.
- La forma de adaptación a los conocimientos previos de los alumnos.
- La selección de la estrategia de enseñanza más adecuada para el alumno que lo consulta.

Y, cuando el mismo *guíe* al alumno deberá tener “*reglas*” almacenadas para saber que hacer en casos como:

- El alumno no puede contestar una pregunta que le hace el tutor.
- El alumno contesta en forma incompleta una pregunta que le hace el tutor.

Metodología

En trabajos previos (Šierra et. al., 2004) se ha establecido el marco referencial en el cual cobran valor los sistemas de tipo tutor inteligente en el ámbito universitario y se han determinado los pasos metodológicos para su construcción.

Particularmente, en este caso, se trata de un diseño tecnológico orientado a la mejora de los aprendizajes de los estudiantes de grado que ingresan a la universidad. Las diferentes problemáticas de

los alumnos deben ser resueltas con un modelado del tutor flexible, lo que es central para el desarrollo. Se presentan dos casos básicos en la relación tutor-alumno:

Caso a) ¿Qué debe hacer el tutor cuando el alumno no puede contestar una pregunta?

Gertner et al. (1998) en su trabajo sostiene que el 37% de las preguntas que se presentan cuando los alumnos intentan resolver una problemática corresponden al tipo “*estoy trabado, ¿cómo debo proseguir?*”. En la mayoría de los sistemas el camino a seguir está pautado (es rígido, de tipo conductista), pero este no es el caso que mejor se adapta a la enseñanza de los Algoritmos, ya que un mismo problema puede admitir soluciones válidas a través de diferentes estructuras. En este caso el tutor debería poder determinar el modo de resolución que adoptó el alumno y proponer, un próximo paso o acción que sea consistente con la solución propuesta por el alumno. Esto podría representar una cuestión difícil de resolver, pero una alternativa viable se puede lograr aplicando redes bayesianas para determinar los distintos pasos y estados hacia la solución del problema.

El sistema debe poder brindar información acerca del problema como lo hace el humano para que el estudiante pueda continuar interactuando, en forma productiva, pero sin revelar cómo serán los siguientes pasos. Estos sistemas, deben dar también una respuesta efectiva que ayude a los alumnos a detectar sus propios errores y corregirlos. (Gertner et. al., 1998).

Caso b) ¿Qué debe hacer el tutor cuando el alumno contesta en forma incompleta una pregunta?

En este caso el tutor no debe aceptar como válida solo una respuesta completa. En este caso de respuesta incompleta debe guiar al alumno para que la complete. Hume (1996) a partir de los estudios efectuados a través del comportamiento de los tutores humanos observó que éstos utilizan las “*pistas*” como un método pedagógico válido, aunque esta táctica es bastante sutil y difícil de implementar en los sistemas tutores inteligentes.

Analizados los casos anteriores se tendrán en cuenta los tipos de respuestas de los alumnos (Yujian Zhou et al, 1999): a) respuesta correcta, b) respuesta parcial (la respuesta es parte de la respuesta correcta), c) respuesta aproximada, la cual es pedagógicamente correcta pero no la respuesta deseada (Hume et al. 1995; Glass, 1997) conceptualmente cerca, d) respuesta incorrecta, pero el alumno demuestra cierto entendimiento del tema y e) respuesta con error conceptual, una confusión de términos o un falso conocimiento del tema que se está explicando. (Cataldi, Lage, 2002). A partir de cada una de estas respuestas el tutor debe tomar decisiones acerca de las pistas a dar y si el alumno no llegase a la solución deberá dar la determinada “*pista expositiva*” (Hume, 1995)

En la literatura analizada se han encontrado dos posturas para la implementación de los conocimientos: una se basa en la estructura sintáctica de lo producido por los tutores humanos (Seu y Jai, 1991) y la otra en las metas pedagógicas que deben cumplir a fin de que el alumno pueda comprender el tema (Hume, et al. 1996) (Evens et al, 1993). Pero, reanalizando el problema y utilizando ambas teorías en forma conjunta se lograrían una serie de pasos que pueden resumir la forma de impartir los conocimientos (Freeva, et al, 1996):

1. El tutor debe mantener una jerarquía de *metas* que debe cumplir mientras imparte los conocimientos al alumno.
2. El tutor debe poder explicar un mismo concepto de diferentes maneras, así si el alumno no entiende el concepto el tutor puede continuar efectuando otro acercamiento al mismo tema, explicando el concepto para luego continuar, utilizando un método iterativo para profundizar en el concepto cada vez más (paso a paso) o descartar este acercamiento al tema e intentándolo de otra manera.

En este contexto, surgen las posibilidades de aplicabilidad de los sistemas inteligentes a la resolución de problemas de modelado de este tipo. Dentro de los sistemas inteligentes se encuentran las redes neuronales (RN), las cuales son interconexiones masivas en paralelo de elementos simples, que

responden a una cierta jerarquía intentando interactuar con los objetos reales tal como lo haría un sistema neuronal psicológico (Kohonen, 1988). Las redes neuronales poseen una característica que las hace muy interesantes, dado que pueden asimilar conocimiento en base a las experiencias mediante la generalización de casos. (García-Martínez et al., 2003)

Otra posibilidad se encuentra dada por los algoritmos genéticos (AG), los cuales se fundamentan en el concepto biológico de la evolución natural y son utilizados en procesos de optimización (Davis, 1991; Falkenauer, 1999). La base de estos algoritmos se halla en los mecanismos de la selección natural, por los que sólo sobreviven los individuos más aptos, luego de la interacción entre los mismos, pertenecientes a una población de posibles soluciones. (García-Martínez et al., 2003)

Grado de avance

Hasta el momento se ha determinado el estado actual del conocimiento en la temática, en este sentido se han analizado STI existentes, a fin de dar cuenta de los métodos de tutorizado utilizados y de obtener datos a fin de identificar los métodos de enseñanza que resultaron más efectivos en relación a la población estudiantil. La primera aproximación ha sido la implementación de modelos basados en redes bayesianas.

Para ello, se están estudiando los estilos de aprendizaje de los estudiantes de las carreras de ingeniería para obtener el perfil de los alumnos para relacionar los estilos de aprendizaje con los métodos o modos de enseñanza más adecuados (Figuerola, Cataldi et al, 2004 a y b)

En forma paralela, se están efectuando observaciones de las clases de aquellos docentes que en las encuestas a los estudiantes han sido puntuados con un alto porcentaje en el ítem: “*fomenta el interés por la materia*” (Denazis, Cataldi, et al., 2004).

Se trata entonces de construir un sistema basado en los modelados de los actores con las siguientes funcionalidades básicas: un módulo tutor, capaz de impartir conocimientos de distintas maneras para lograr una adaptación a las necesidades del alumno con respecto a un tema en particular y un módulo de alumno que se pueda adecuar al espectro de necesidades en las carreras de ingeniería en cuanto al estilo de aprendizaje. Las primeras aproximaciones han evidenciado que tanto los alumnos como los docentes aceptan la interacción con un nuevo medio, para mejorar los aprendizajes. Esto se afirma en la investigación de Bruno (2004).

Por otra parte, en el momento de diseñar los módulos componentes del sistema, se ha observado que algunas de las tareas básicas se deben redefinir. Por este motivo, se ha elaborado un sistema con rediseño de módulos y asignación de tareas específicas para cada uno de ellos. (Costa et al., 2005 y Salgueiro et al, 2005)

Referencias

- Ausubel, D.; Novak, J. y Hanessian. H. (1983) *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Bruner, J. (1991) *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*. Madrid: Alianza.
- Bruno, Oscar (2004). *La percepción de los alumnos y los docentes acerca de la incorporación de un sistema tutor inteligente como facilitador de los aprendizajes de algoritmia*. UTN FRBA. Tesis de Magister en docencia Universitaria.
- Cataldi, Z.; Lage, F. (2002) *los preconceptos de docentes y alumnos en el proceso de enseñanza y aprendizaje en carreras de grado y posgrado*. CBComp 2002. 26-30 Agosto. Itajaí Sta. Catarina. Univali.
- Cataldi, Z.; Lage, F. y Perichinsky, G. (1998) *Enseñanza de comportamiento: una disciplina en vertiginoso cambio dentro de una educación en cambio*, ICIE98. Facultad de Ingeniería 16-17 Abril.
- Costa, G.; Salgueiro, F. A., Cataldi, Z., García Martínez, R. y Lage, F. J. 2005. *Sistemas inteligentes para el modelado del estudiante*. Aceptado. GCETE'2005, Global Congress on Engineering and Technology Education. marzo 13-15.
- Cruz Feliú, J. (1997). *Teorías del aprendizaje y teorías de la enseñanza*. Trillas-
- Davis, L. (1991). *Handbook of Genetic Algorithms*. New York. Van Nostrand Reinhold.

- Evens, Martha W., John Spitzkovsky, Patrick Boyle, Joel Michael, Allen A. Rovick. (1993). *Synthesizing tutorial Dialogues*. Proceedings of the 15th Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- Falkenauer, E. (1999). *Evolutionary Algorithms: Applying Genetic Algorithms to Real-World Problems*. Springer, New York, Pag 65-88.
- Denazis, J. M.; Cataldi, Z.; Alonso, A.; Ayam, V.; Lage, F. J. (2004). *Las concepciones epistemológicas y didácticas en la enseñanza de la ingeniería*. IV CAEDI. Cuarto Congreso de Enseñanza de la Ingeniería. 1-3 de setiembre. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Figuroa, N.; Cataldi, Z.; Costa, G.; Rendón, J.; Salgueiro, F.; Lage, F. y Perichinsky, G. (2004^a). *Nuevos enfoques para el estudio del desgranamiento universitario*. IV CAEDI. 1-3 de setiembre. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Figuroa, N.; Cataldi, Z.; Costa, G.; Rendón, J.; Salgueiro, P. Méndez, F. y Lage, F. (2004b) *Los estilos de aprendizaje y el desgranamiento universitario en Ingeniería Informática*. Aceptado en X CACIC. Universidad de la Matanza.
- Freedman, R.; Evens, M. (1996). *Generating and revising multi-turn text plans in ITS*. Freeva, Evens. Lecture Notes in Computer Science. Pp 632-640.
- García Martínez, R.; Servente; M. y Pasquini (2003) *Sistemas Inteligentes*. Nueva Librería.
- Gardner, H. (1987) *La nueva ciencia de la mente: Historia de la psicología cognitiva*. Paidós. Barcelona.
- Gardner, H. (1993) *Las inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Paidós. Barcelona.
- Gertner, A. S; Conati, C y VanLehn, K. (1998). *Learning Procedural help in Andes: Generating hints using a Bayesian network student model*. Research & Development. American Association for Artificial Intelligence.
- Giraffa, L.M.M.; Nunes, M. A.; Vicari, R.M. (1997) *Multi-Ecological: an Learning Environment using Multi-Agent architecture*. MASTA'97: Multi-Agent System: Theory and Applications. Proceedings... Coimbra: DE-Universidade de Coimbra.
- Hume G., Michael, J; Rovick, A. y Evens, M. (1996), *Hinting as a tactic in one-on-one tutoring*. Journal of Learning Sciences.
- Hume G., Michael, J; Rovick, A. y Evens, M. (1996). *The Use of Hints by Human and Computer Tutors: The Consequences of the Tutoring*. Illinois Institute of Technology.
- Hume, G. (1995). *Using student modeling to determine when and how to hint in an intelligent tutoring system*. Illinois Institute of Technology.
- Kohonen, T. (1988) *Self-Organizing Maps* Springer Series in Information Sciences, Vol. 30, Springer, Berlin, Heidelberg, NY(pp 236)
- Madoz, C; DeGiusti, A. (1997) *Vinculacion de un curso interactivo multimedial*. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC97. La Plata. UNLP.
- Merril, D. C.; Reiser, B. J.; Ranney, M.; and Trafton, J. G. 1992. *Effective tutoring techniques: A comparison of human tutors and intelligent tutoring systems*. The Journal of the Learning Sciences 3(2):277-305.
- Nilsson, N. (2001) *Inteligencia Artificial. Una nueva síntesis*. Mc Graw-Hill Interamericana de España.
- Norman, D. (1987) *Perspectiva de la ciencia cognitiva*. Paidós.
- Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente*. Gedisa
- Perkins, D. (2002) *King's Arthur round table. How collaborative conversations create smart organizations*. John Wiley & Sons.
- Pfleeger, S. (2002) *Ingeniería de software. Teoría y práctica*. Prentice Hall.
- Pozo Muncio, I. (1999). *Aprendices y Maestros*. Alianza.
- Pozo, J. I. (1998). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata.
- Pressman, R. (2002). *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. 5 Ed., México: McGraw Hill.
- Russell, S. J. and Norvig, P. (2001). *Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno*. Pearson.
- Salgueiro, F. A, Costa, G., Cataldi, Z., García Martínez, R. y Lage, F. J. 2005. *Sistemas inteligentes para el modelado del tutor*. Aceptado GCETE'2005, Global Congress on Engineering and Technology Education. marzo 13-15
- Schunk, D. (1997). *Teorías de la Educación*, Prentice Hall.
- Seu, Jai, Ru-Charn Chang, Jun Li, Evens, M.; Michael, J. and Rovick, a. (1991). *Language Differences in Face-to-Face and Keyboard-to-Keyboard tutoring Session*. Proceedings of the Cognitive Science Society.
- Sierra, E., García-Martínez, R.; Cataldi, Z. y Hossian, A. (2004) *Fundamentos para una metodología de diseño de sistemas tutoriales inteligentes centrada en la reparación de mecanismos*. Aceptado en X CACIC. X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Universidad de la Matanza.
- Sommerville, I. (2002). *Ingeniería de software*. Addison Wesley.
- Souto, M. (1995) *Hacia un Didáctica de lo grupal*. Miño y Dávila
- VanLehn, K (1988). *Student Modelling*. M. Polson. Foundations of Intelligent Tutoring systems. Hillsdale. N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 55-78

- Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos C. A. Morgan and Kaufman.
- Woolfolk, A. (2001). *Psicología educativa*. Prentice Hall. México.