

SISTEMAS TUTORIALES INTELIGENTES (Algunos antecedentes y una propuesta)

FERNANDO POSSO G.

Matemático de la Universidad del Valle. Magister en Ingeniería de Sistemas, Universidad del Valle. Profesor Univalle - ICESI.

1. INTRODUCCION

En forma general se puede considerar la Ingeniería de Sistemas como aquella ingeniería encargada de la planeación científica, diseño, construcción y evaluación de sistemas hombre-hombre u hombre-máquina. Subyacente a esta idea y de gran importancia para los ingenieros de sistemas está la información. Ella es el vehículo mediante el cual se establece el sistema. En éste, la información forma un subsistema conocido como sistema de información.

Un sistema de información, a su vez, se puede definir como un conjunto sistemático y formal de componentes, capaz de realizar procesamientos de datos con distintos fines, para la organización en la cual está presente. De esta manera, los sistemas de información buscan que ella fluya dentro de la organización, ya sea para que se aumente el conocimiento de la persona que los usa o para que reduzca la incertidumbre sobre su tema de interés. En este sentido los sistemas de

información (S.I.) deben resolver el problema de saber y conocer más sobre una organización, de forma tal que puedan tomarse decisiones correctas cuando sea necesario.

En los S.I. actuales, dos elementos han contribuido de manera significativa a su desarrollo: los computadores y las bases de datos. Con ellos se ha logrado un manejo más ágil y rápido de la información, la cual permite, entre otras cosas, sustentar de manera más adecuada los procesos de toma de decisiones, por parte de los administradores que dirigen las organizaciones contemporáneas.

Sin embargo, no todos los sistemas de información están orientados al manejo administrativo de las organizaciones. El sector de la educación también los ha utilizado no sólo para el manejo directivo de las organizaciones educativas sino también en los procesos de enseñanza-aprendizaje (E/A), permitiendo apoyar las decisiones a las que se enfrentan los estudiantes en situaciones académicas concretas. Para

esto, se han utilizado enfoques y metodologías distintos a los de las organizaciones típicas. En el mundo de la informática a los sistemas de información que transmiten conocimiento para ser revisado, aprendido o apropiado por alguna persona interesada en el tema que trata, se les cobija bajo el nombre genérico de software educativo. En este tipo de software la información que se procesa está directamente relacionada con el objeto de conocimiento, por lo cual puede considerarse como un medio de apoyo para el proceso E/A.

El objetivo de este artículo es presentar una herramienta de apoyo al proceso de E/A conocida bajo el nombre de Instrucción Inteligente Asistida por Computador (IIA) o Sistemas Tutoriales Inteligentes (S.T.I.), como se le nombra en una gran parte de la literatura actual sobre el tema. Para lograrlo, se realizará una introducción histórica sobre el tema, se mostrarán algunos ejemplos significativos y finalmente se planteará una propuesta de un prototipo de S.T.I. desarrollada por el autor.

2. ANTECEDENTES HISTORICOS

El software educativo se ha desarrollado casi que paralelamente con el computador. Busca crear programas que mejoren la calidad de la educación, de forma que el estudiante pueda apropiarse de manera más efectiva los conocimientos que se transmiten en su proceso educativo. Bajo este orden de ideas la instrucción asistida por computador (I.A.C.) ha evolucionado, basada no sólo en los aportes de la informática sino también en una diversa gama de teorías educativas y psicológicas.

Uno de los aspectos más interesantes de los programas de I.A.C., por no decir el más importante, es que dependen a una educación individualizada en la cual los estudiantes manejan

o pueden manejar su propio ritmo de trabajo. Aprovechando la interactividad que proporcionan el computador y este tipo de programas, los estudiantes pueden obtener retroalimentación en forma inmediata y clara, la cual enriquece de manera decidida los procesos de aprendizaje.

Este proceso no ha sido fácil y una de las dificultades que se presentan es la que se da en aquellos problemas de enseñanza que involucran razonamiento, a partir del cual el estudiante debe hacer preguntas inesperadas que los programas del I.A.C. no pueden responder.

Otro tipo de dificultades aparecen cuando se requiere que el programa tenga conocimientos del estudiante, para que pueda adaptarse a sus condiciones particulares, de forma tal que pueda alcanzarse una adecuada enseñanza individual. Las técnicas de representación del conocimiento desarrolladas por la inteligencia artificial, han permitido una representación simbólica del conocimiento en el computador dando lugar a una manipulación más adecuada de él. Con estas técnicas se han superado algunas de las dificultades como las descritas arriba y han ampliado los horizontes de la I.A.C. originando sistemas de instrucción individual con un comportamiento más próximo al de los tutores humanos conocidos más comúnmente como sistemas tutoriales inteligentes.

La aplicación de técnicas de la Inteligencia Artificial a la I.A.C. se ha realizado y se realiza a través de investigaciones desarrolladas en distintos procesos educativos y formativos: Educación primaria y secundaria, educación universitaria y entrenamiento militar e industrial entre otros. Los S.T.I. hasta ahora desarrollados pueden clasificarse en dos grandes áreas: medios ambientes de aprendizaje y sistemas de tutoría y entrenamiento. En los primeros, las técnicas de la Inteligencia Artificial suministran algunos

servicios que le proporcionan al estudiante actividades de aprendizaje. Tal es el caso de los tutores SOPHIE I, II y III (7) en los cuales el estudiante puede manipular circuitos electrónicos simulados para mejorar su aprendizaje en este campo de la física. En los segundos, los sistemas tratan de imitar algunas de las tareas de los profesores o instructores en los procesos de E/A (en el caso de los sistemas de tutoría) o de entrenamiento (en el caso de instrucción militar e industrial). A manera de ejemplos pueden considerarse aquí los tutores de la familia BUGGY (7) los cuales tratan sobre el descubrimiento y análisis de errores de concepción (misconceptions, en inglés) en habilidades procedimentales. El campo de acción en el que se trabaja en estos tutores es el de operaciones aritméticas básicas (para el caso de sistemas de tutoría). Otro ejemplo que puede considerarse aquí, para el caso de entrenamientos, es TRIO (6), una simulación acoplada con técnicas de inteligencia artificial. Su tarea es entrenar oficiales navales de la armada americana, en el manejo de un radar interceptor que aparece en los aviones F-14 de esta fuerza y que permite a los pilotos de estas naves maniobrar en operaciones militares.

La relación entre I.A.C. e inteligencia artificial tiene sus orígenes en la Universidad de Leeds a finales de los años sesenta. Los trabajos allí desarrollados dejaron a la comunidad de los S.T.I., entre otras cosas, un tipo de estructura para el desarrollo de tutoriales conocida como arquitectura de Hartley o arquitectura clásica. En esta arquitectura se distinguen cuatro componentes básicos. Un módulo experto en el cual se representa el conocimiento de la materia objeto de estudio, un módulo del estudiante que sirve para representar el conocimiento o entendimiento que el estudiante posee o que se supone puede poseer en relación con la materia que se enseña. En otras palabras, el módulo experto es al

conocimiento de la materia como el módulo del estudiante es al conocimiento del estudiante. Otro módulo en esta arquitectura es el de reglas de tutoría el cual está relacionado con los métodos y reglas pedagógicas utilizados por el sistema para enseñar. Finalmente se considera un módulo de interfaz con el usuario que permite la comunicación entre el usuario y el tutor.

Esta arquitectura ha sido muy popular cuando de S.T.I. se habla y es la que usualmente se cita en la literatura sobre el tema sin que por esto sea la única. El paradigma de la programación orientada a objetos ha creado nuevas expectativas al respecto y sobre él se sustentan dos tipos de arquitecturas: la arquitectura bite-sized y la arquitectura currículo (3). Otros tipos de arquitecturas son la de aprendiz (apprenticeship) (5) y la del compañero (2).

Independientemente de la arquitectura que se use, ya sea una de las mencionadas o un diseño propio de algún investigador, lo realmente importante es que éstas constituyen el esqueleto o estructura sobre el cual se diseña e implementa el tutor, originando así sistemas capaces de dar apoyo al proceso de E/A.

Aunque existió una etapa de transición entre sistemas del tipo I.A.C. y sistemas tutoriales inteligentes puede considerarse el proyecto SCHOLAR como el primer S.T.I., el cual surge como resultado de los trabajos de Jaime Carbonell a comienzos de los 70(1). En este tutorial se implementaron redes semánticas para representar conocimientos sobre geografía del continente americano. En él se generan diálogos de iniciativa mixta (tutor-usuario) a través de preguntas que permitan la actividad tutorial. El desarrollo desde entonces no se ha detenido generándose una gran variedad de tutoriales como los que se describen a continuación.

3. EJEMPLOS

En la tabla N° 1 se muestran algunos de los sistemas tutoriales inteligentes más significativos desarrollados hasta el momento. Cada uno de ellos puede ser representativo de algún aspecto especial en el cual se ha destacado.

El desarrollo de sistemas tutoriales inteligentes no sólo cobija a Europa y Estados Unidos. En Japón se han realizado contribuciones para el avance de los S.T.I. Entre ellos se destaca BOOK, una arquitectura implementada en Prolog para la cual se trata de construir un shell para el diseño de S.T.I. Esta arquitectura posee un mo-

delo especial para representar el conocimiento de los materiales de enseñanza, estrategias gráficas para representar procesos de aprendizaje así como también elementos que ponen un énfasis especial en el modelo del estudiante. Además de BOOK, tutores como Geomex (Geometría elemental) e Intellitutor (Programación en Pascal), entre otros, se han desarrollado en ese país (4).

En cuanto a Colombia, los trabajos sobre S.T.I. se han llevado en universidades como las de los Andes, Industrial de Santander, Nacional, Eafit, Javeriana y Universidad del Valle. Prototipos de S.T.I. en materias como anatomía para bacteriología y ciencias

TABLA N° 1

TUTOR	TEMA	ESTRATEGIA	AUTOR(ES)	PAIS
SCHOLAR	Geografía americana	Diálogos de iniciativa mixta	Jaime Carbonell, et, al	EE.UU.
WHY	Meteorología	Método Socrático	Allan Collins, et, al	EE.UU.
SOPHIE I, II, III	Depuración de circuitos	Medios ambientes de aprendizaje	Brown, et, al	EE.UU.
WEST/WUSOR	Operaciones aritméticas básicas	Sistemas de seguimiento		EE.UU.
BUGGY IDEBUGGY	Operaciones aritméticas	Diagnóstico de habilidades procedimentales	Brown, et, al	EE.UU.
GUIDON	Enfermedades pulmonares	Sistemas expertos acoplados con sistemas de tutoría	William Clancey, et, al	EE.UU.
PLATO	Solución de problemas en lógicas de primer orden	Sistemas de planes de reconocimiento modelo del estudiante	Universidad de Edimburg	Escocia
SIERRA	Aritmética	Desarrollo de habilidades a través de ejemplos secuenciales (Step theory).	Van Lehn	
STEAMER	Máquinas de vapor	Desarrollo de modelos mentales del estudiante.		

contables, se desarrollan en la Universidad Industrial de Santander y en la Universidad Nacional respectivamente.

El autor se encuentra en la tarea de implementar un prototipo de S.T.I. que tiene como su campo de aplicación el cálculo diferencial en problemas relativos a administración y economía, el cual se describe a continuación.

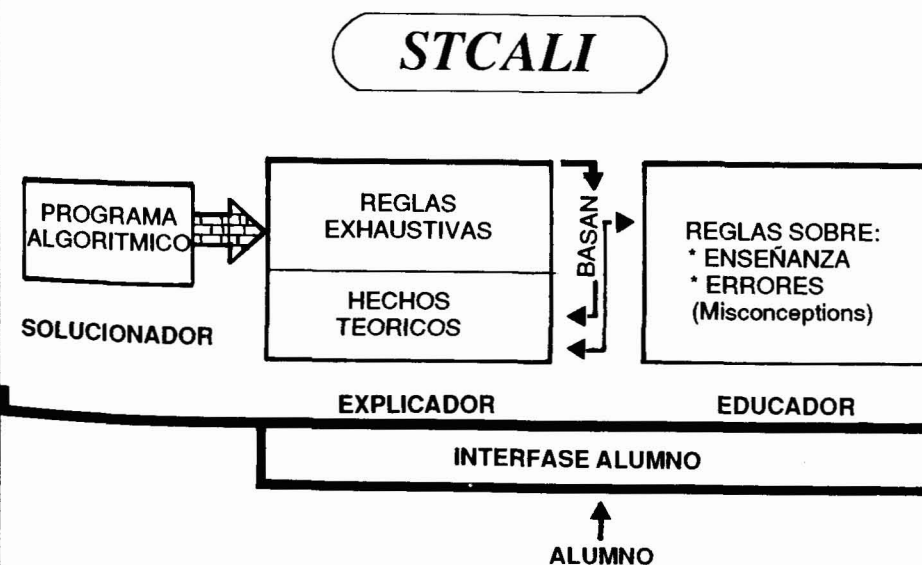
4. EL STCALI: UNA PROPUESTA

El STCALI, o sistema tutorial para cálculo inteligente, será un prototipo de S.T.I. capaz de servir como herramienta de apoyo en cursos de cálculo para administración. El tema que se trata en este caso, es la optimización de funciones polinómicas de ingreso, que aparecen normalmente como aplicaciones del cálculo diferencial en este tipo de cursos. Para hacer realidad este proyecto se ha diseñado la siguiente arquitectura:

hasta de grado 3. Adicionalmente, el programa permite establecer si la función tiene puntos de inflexión o si no tiene ni máximos ni mínimos. De esta forma, el solucionador se constituye en el encargado de realizar todas las labores operativas del tutor. El solucionador es novedoso con respecto a la arquitectura de Hartley, en la cual no aparece.

Las otras dos componentes de la arquitectura propuesta son las encargadas de llevar a cabo las labores pedagógicas. Actualmente en ejecución, serán implementadas en el lenguaje Prolog. Aprovechando la interfase técnica que existe entre los compiladores Turbo Pascal y Turbo Prolog, estas dos partes se comunicarán con el solucionador a través de los archivos que éste generará como parte de sus funciones.

El educador contiene las reglas de tutoría. En otras palabras, será el en-



La parte del solucionador está terminada a través de un programa en lenguaje Pascal, el cual se encarga de realizar todos los cálculos necesarios para encontrar los puntos máximos y mínimos de funciones polinómicas

cargado de la enseñanza a través de reglas, por las cuales se impartirá la instrucción que el tutor debe dar al usuario que lo utilice. Las reglas de enseñanza deben indicar el camino a seguir para resolver un problema o pa-

ra resolver dudas que se le presenten al estudiante durante el desarrollo de una sesión tutorial. El educador además posee una serie de reglas sobre errores frecuentes que se presentan al resolver el tipo de problemas planteados, así como las posibles formas de corregirlos.

Las acciones del educador están sustentadas por el explicador. Esta parte está formada por una serie de reglas exhaustivas sobre procedimientos de cálculo, métodos de solución para problemas de optimización de funciones polinómicas de ingreso, así como sobre aspectos generales de cálculo que aparecen cuando se resuelven ejercicios sobre optimización. Estas reglas a su vez están fundamentadas sobre hechos teóricos propios del cálculo diferencial, los cuales respaldan desde el punto de vista matemático las decisiones del educador.

El STCALI no tendrá un modelo del estudiante, como sí aparece en la arquitectura clásica. Así pues, se tiene una diferencia: un solucionador que aparece en vez del modelo del estudiante.

El dominio de conocimiento se ha representado mediante reglas, que contienen la información descrita en los párrafos anteriores. Además se han identificado una serie de problemas tipo con los cuales se enfrenta un estudiante de administración o economía, cuando considera el tema sobre el que trata el tutor.

Una vez terminado, el tutor podrá ser utilizado por estudiantes de segundo o tercer semestre de economía o administración y aun por estudiantes de segundo semestre de ingeniería. Contando con el profesor, el STCALI deberá proporcionar ayudas o servir como herramienta de apoyo a aquellos estudiantes interesados en el tema.

La interfase con el usuario debe ser amigable y capaz de motivarlo para

que utilice este sistema. En términos prácticos, el STCALI deberá proporcionar explicaciones de forma tal que el estudiante sienta que tiene una ayuda adicional para aprender y aprobar el curso de cálculo que está tomando. Inicialmente se consideran sólo las funciones antes descritas, pero se espera que en el futuro el prototipo pueda ampliarse a otro tipo de funciones. El poder dar forma real y completa a un S.T.I. es un proceso que demanda una buena cantidad de tiempo y el STCALI aquí descrito es un punto de partida. Un aspecto que ha caracterizado los S.T.I. es que éstos tratan, usualmente, temas muy bien delimitados y esto es justamente algo que siempre se ha tenido en cuenta en este proyecto.

El trabajo hasta ahora desarrollado ha sido el fruto de aproximadamente un año de actividad y se encuentra enmarcado como una tesis de postgrado del magister de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Valle. Para lograrlo se ha contado con la asesoría de la ingeniera María Fernanda Trujillo (M.Sc) y con el apoyo logístico de la vicerrectoría y la oficina de investigaciones del ICESI.

BIBLIOGRAFIA

1. COHEN, Paul R., FAINGENBAUM, Eduard A. *The Handbook of Artificial Intelligence* Volumen 2, Londres: Addison Wesley Publishing Company Inc. 1982.
2. CHAN, TAK-WAI, BASKIN, Arthur B., "Studying with the prince". *The computer as a learning companion. Proceedings from the ITS*. Montreal. Junio 1-3, 1988.
3. LESGOLD, Alan. *Toward a theory of curriculum for use in designing intelligent instructoral systems*. En Mandl H. Lesgold A., (Editors) (1988), learning issues for intelli-

gent tutoring systems. New York Springer-Verlag.

4. MIZOGUCHI, RIICHIRO, "*Intelligent tutoring systems - the current state of the art. The transactions of the IEICE*, Vol. E 73, N° 3 March 1990.
5. TRUJILLO M. María Fernanda. *A learning environment for the CAB based on the apprenticeship framework*. Edimburgo, 1990. Tesis (Ms.C.) Universidad de Edimburgo,

Departamento de Inteligencia Artificial

6. ROSS, Peter. "Learning Environments", conference MsC. 89-90. Edimburgo Departamento de Inteligencia Artificial. Universidad de Edimburgo. 1990.
7. WENGER, Etienne. *Artificial Intelligence and tutoring systems*. Los Altos, California. Morgan Kaufman Publishers Inc. 1988.