

Advanced intelligent tutoring system. Application example: GEKA

Carmen Pagés, José Javier Martínez, Óscar Gutiérrez, Teresa Díez

Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Informática, Universidad de Alcalá, Spain
{carmina.pages, josej.martinez,
oscar.gutierrez, teresa.diez}@uah.es

Abstract. In the last years, e-learning systems have been development to implementing effective training programs: Learning Management Systems – LMS and Intelligent Tutoring Systems – ITS. In this paper, we are proposing a new Advanced Intelligent Tutoring System, that combining the robustness of the current e-learning systems with the sophistication of the ITS. We present a real application example implemented in a commercial e-learning platform (LUVIT). This system is designed to train the tool machine operators who work with GEKA machines.

Sistema inteligente de tutorización avanzada (SITA).

Un caso de aplicación: GEKA

Carmen Pagés, José Javier Martínez, Óscar Gutiérrez, Teresa Díez

Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Informática, Universidad de Alcalá
{carmina.pages, josej.martinez,
oscar.gutierrez, teresa.diez}@uah.es

Abstract. En estos últimos años se han intentado dos aproximaciones a la creciente necesidad de nuevos métodos de e-learning. Por un lado, los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System – LMS) y por otro, los Sistemas Tutoriales Inteligentes (Intelligent Tutoring System – ITS). En este trabajo se propone un nuevo sistema, SITA (Sistema Inteligente de Tutorización Avanzada), que combina la robustez y la “amigabilidad” de la multimedia en los actuales sistemas de e_learning con la sofisticación y complejidad de los ITS. Se presenta un caso real de aplicación de este sistema implementado sobre la plataforma comercial de teleformación LUVIT y cuyo objetivo es el entrenamiento de los operadores de la maquinaria producida por la empresa GEKA.

1 Introducción

Enfrentarse al reto del e-learning requiere de la capacidad de pensar acerca de cómo adquirimos conocimientos, habilidades, destrezas y como podemos generar y utilizar recursos docentes que nos mantengan actualizados en esta nueva sociedad del conocimiento. En estos últimos años se han intentado, fundamentalmente, dos aproximaciones para acomodarse a las nuevas situaciones y las podríamos resumir como sigue:

Por un lado tenemos a los sistemas que, con la aparición de Internet, han pretendido suplantar a la formación presencial. Son los llamados Sistemas de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System – LMS) cuyos contenidos, en la mayoría de los casos, son simples transposiciones de medio de los que existían para la enseñanza asistida por ordenador de los años 80 y 90 basando sus funciones en la gestión y distribución de cursos [1]. Estos sistemas adolecen de ciertas carencias: poca “inteligencia” a la hora de adaptarse y guiar los procesos de aprendizaje, poca formalización y estructuración del conocimiento, contenidos demasiado expositivos, poco versados hacia la enseñanza de “habilidades, etc. que los hacen ser vistos como herramientas ciertamente limitadas.

Por otro, se ha venido intentando utilizar la Inteligencia Artificial para conseguir suplantar al profesor mediante un ordenador considerado como “tutor”. Los Sistemas Tutoriales Inteligentes trataban de ofrecer a cada alumno la posibilidad de un proceso

de enseñanza individual y particularizado, intentando emular a los tutores humanos en su habilidad para determinar en cada caso que enseñar, cuando enseñarlo y como enseñarlo. Sin embargo, tal y como señala Miguel Rodríguez Artacho [2]: “estos sistemas han resultado ser complejos de construir, funcionan para dominios muy restringidos, y las soluciones, salvo excepciones, no son escalables o presentan gran dificultad para adaptarse a otros contenidos”.

Se hace necesario, por tanto, una síntesis de ambos enfoques que proponga una solución convergente para la construcción de una nueva generación de sistemas de teleformación combinando la robustez y la “amigabilidad” de la multimedia en los actuales sistemas de e_learning con la sofisticación y complejidad de los Sistemas Inteligentes de Tutorización. Nosotros proponemos SITA (Sistema Inteligente de Tutorización Avanzada) como una solución novedosa para la construcción de una nueva generación de sistemas de teleformación orientada al conocimiento procedural.

En esta introducción hemos presentado los problemas y limitaciones de los actuales sistemas comerciales de teleformación. El resto del trabajo está estructurado como a continuación se describe. En el segundo punto se describe como nuestro sistema SITA añade una dimensión dinámica y adaptativa al escenario actual. En el tercer punto se resumen la arquitectura y la metodología del SITA. En el cuarto punto se expone un caso real de aplicación del sistema propuesto, detallando el trabajo actual que se está desarrollando en la Universidad de Alcalá para generar un Sistema Inteligente de Tutorización Avanzado como entrenamiento de los operadores de maquinaria de la empresa GEKA. A continuación se detallan los tipos de objetos de aprendizaje obtenidos y el análisis de los metadatos. En el último punto se describen algunas conclusiones y posibles líneas de investigación y trabajos futuros.

2 Características y entorno del SITA

La existencia de SITA se justifica en la creciente necesidad de dotar de inteligencia a los sistemas que ayudan al aprendizaje descentralizado a través de internet y en la inexistencia de metodologías que permitan generar con cierta facilidad contenidos docentes tutorizados, manteniendo un gran nivel de formalización y estructuración en la representación de los conocimientos. Al alumno este sistema le ofrece la ventaja de una enseñanza altamente individualizada, donde los conocimientos se adquieren de forma interactiva y de acuerdo a la filosofía ‘aprender haciendo’. Al desarrollador y utilizador de contenidos se ofrece una importante novedad en la forma de modelización de estos a través de un sistema universalmente reconocido de representación de procesos como es EPC (Event Driven Processing Chains) y su posterior implementación como reglas semánticas en una base de datos.

La idea de proporcionar inteligencia a los entornos de teleformación no es nueva. Desde el principio de la década de los 90 diversos autores, principalmente Brusilovsky, [3], han desarrollado sistemas ILE (Intelligent Learning Environment) para distintas materias. El propio Brusilovsky [4], ha finales de la década, amplía el concepto para cubrir una necesidad formativa más general: integrar ITS, hipermedia y entornos de teleformación. Estos sistemas han desarrollado la interactividad y adaptabilidad de los sistemas de teleformación mediante técnicas relacionadas con la interacción sis-

tema-alumno, tales como las agrupadas bajo el término AH (Adaptative Hypermedia) [5]. El sistema que nosotros proponemos pretende, también, aunar las ventajas de los ITS y de los actuales sistemas de teleformación basados en hipermedia, pero enfatizando el desarrollo de las técnicas relacionadas con el modelo del conocimiento, es decir, nosotros proponemos que la adaptabilidad e interoperabilidad del sistema se base en una nueva forma de representación del conocimiento más que en nuevas teorías relacionadas con el modelo del alumno, ampliamente desarrolladas en la línea de investigación de Brusilovsky.

Otras investigaciones relacionadas con nuestro trabajo (dominios de conocimiento orientados a la enseñanza de tareas procedurales), tales como los prototipos TOTS, STEVE, PAT y PACO [6], van dirigidos a entornos de aprendizaje virtual, priorizando el dialogo colaborativo entre el sistema y el estudiante y las animaciones gráficas. El sistema por nosotros propuesto desarrolla los principios de Anderson [7] utilizando reglas de producción que el sistema ejecuta directamente. En nuestro caso las reglas son ejecutadas a través de las decisiones del alumno, guiado por prerrequisitos entre tareas, y el resultado es el camino de tutorización.

3 Arquitectura y metodología del SITA

SITA estará formado por un conjunto de módulos que conforman el sistema inteligente de tutorización instalados en un sistema de teleformación comercial elegido como plataforma:

- Módulo del Dominio. Representación del conocimiento de un dominio determinado mediante un modelo de reglas de producción y material de apoyo en forma de texto, dibujos, videos, etc.
- Módulo del Tutor. Representación de los conocimientos de profesores y tutores a cerca de como impartir determinados contenidos.
- Módulo del Alumno. Nivel de conocimientos del alumno. Almacena la situación de aprendizaje de cada alumno en cada proceso de tutorización.
- El sistema de teleformación. Se encarga de la gestión y administración de alumnos y cursos, alguno de los cuales puede contener información tutorizada.
- El alumno. Interaccionará con el sistema inteligente de tutorización a través de una interfaz gráfica. El sistema guiará al alumno presentándole las reglas de conocimiento almacenadas y el alumno decidirá con sus respuestas el camino a seguir, además el sistema puede presentar información multimedia, a petición del alumno.

La arquitectura de componentes está representada en la figura 1.

Para tener una visión global de todo el proceso metodológico utilizado se presentan las distintas fases por las que pasará la generación de los datos que alimentarán el módulo del dominio del SITA a partir del texto que queremos tutorizar.



Fig. 1. Arquitectura modular de SITA

1) Se parte del texto que queremos tutorizar. Basandonos en la Ingeniería Lingüística del Conocimiento, se realiza un análisis lingüístico del texto para traducirlo a un conjunto de reglas semánticas formalizadas, reformulando los discursos explicativos en discursos ejecutables que puedan ser implementados como reglas semánticas.

2) Se analizan las reglas semánticas obtenidas convirtiéndolas en diagramas del tipo EPC. Esta forma de representación fue introducida por [8] y desde entonces se ha difundido muy rápidamente y es ampliamente utilizada en muchos campos debido a su sencillez de lectura y diseño. El conjunto de diagramas asociados a reglas obtenidos forma el modelo de EPC o red semántica. La figura 2 muestra los principales componentes que forman un diagrama EPC (condiciones, acciones y conectores) y un ejemplo sencillo de diagrama.

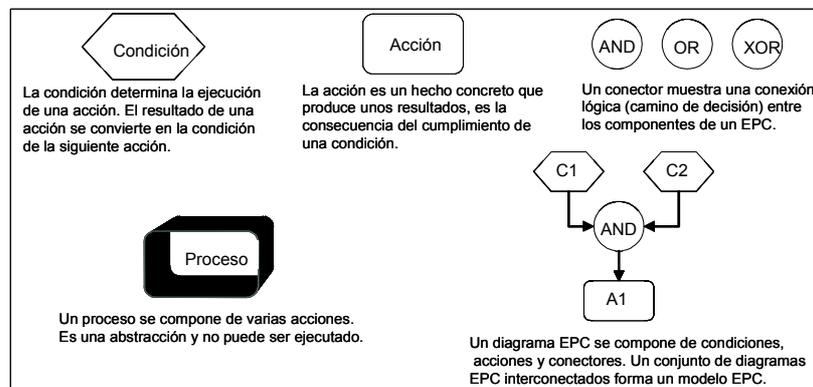


Fig. 2. Componentes fundamentales del modelo de diagramas EPC

3) Se obtienen los datos que representan el modelo de EPC: acciones, actividades, secuencia de ejecución y relaciones lógicas, que serán los que guíen el proceso de tutorización. Para facilitar el laborioso trabajo que necesita esta fase, se utiliza la herramienta ARIS Toolset (www.ids-scheer.com) que permite representar EPC y generar sus datos automáticamente. ARIS nace como consecuencia de un esfuerzo de

estandarización de los diferentes métodos de desarrollo y modelización de los procesos de negocio llevado a cabo por Scheer [9], proporcionando conceptos generales de gestión de documentación del conocimiento e integrando diferentes métodos de modelización. La utilización de esta herramienta conlleva la adaptación del modelo de EPC obtenido en la segunda fase a la metodología utilizada por ARIS.

4 Caso de aplicación: GEKA

A modo de validación y ejemplificación de la arquitectura y metodología propuestas mostraremos un prototipo de un caso real de aplicación en el que se han utilizado las técnicas presentadas dentro de un sistema creado a partir de los principios arquitecturales considerados como fundamentales, e interactuando con un sistema de gestión del aprendizaje de tipo comercial. El objetivo de este caso práctico es el desarrollo e implementación de un sistema de teleformación avanzado que se concretará con la utilización de un sistema inteligente de tutorización en la aplicación piloto para la formación de operadores en el procedimiento de ‘Cambio punzón-matriz’, fundamental para la utilización de las máquinas punzonadoras de la empresa de Máquinas-Herramientas GEKA. La empresa MAQUINARIAS GEKA S.A. (www.geka.es) está ubicada en Oiartzun (España) y se dedica a la fabricación y venta de máquinas para trabajos de cizallado, punzonado y formado de llantas y perfiles.

El sistema inteligente de tutorización que vamos a desarrollar se conectará a un sistema comercial de e-learning para poder ser utilizado y poder ampliar las funciones del sistema estándar de e-learning. El sistema elegido es LUVIT (www.luvit.com), con el que la Universidad de Alcalá colabora desde hace tiempo y con el que se vienen desarrollando proyectos fin de carrera y trabajos de investigación desde 1999 en el Departamento de Ciencias de la Computación ([10], [11]). LUVIT es un sistema de e-learning desarrollado por una compañía de software educativo ubicada en Lund (Suecia) con la colaboración de la Universidad de Lund y extendido mundialmente. Proporciona una plataforma educativa basada en la web con herramientas que facilitan la producción de cursos on-line y que hacen posible obtener lecciones dinámicas e interactivas utilizando diversos métodos pedagógicos seleccionados por los profesores.

Los elementos de los que partimos para el desarrollo de SITA y de sus contenidos son los siguientes:

- 1) Manual de instrucciones de GEKA. El objeto del manual es dotar al usuario de una máquina GEKA de una herramienta clara y eficaz destinada a facilitar la instalación, puesta en servicio, funcionamiento, mantenimiento y reparación, así como dar a conocer los elementos de seguridad que en ella intervienen. Este manual está formado por siete capítulos, de los cuales uno de ellos está dedicado a ‘Funcionamiento y reglajes’. Dentro de este capítulo se dedica un subapartado muy importante al procedimiento de ‘Cambio Punzón-Matriz’ que debe realizarse para adaptar las características del punzonado de la máquina a diferentes trabajos (medidas, formatos, tipos de material, etc.).

- 2) Curso de maquinaria GEKA en LUVIT. Este curso de e-learning está desarrollado a la medida de GEKA para ser utilizado por los usuarios de sus máquinas. Es

una herramienta dirigida al entrenamiento de los operadores de las máquinas. Utiliza todo el potencial de internet y de las herramientas multimedia y se ha desarrollado con la ayuda del personal cualificado de GEKA experto en cada proceso de las máquinas, de personal docente experto en técnicas de e-learning y de personal informático experto en herramienta de internet y multimedia. Se han utilizado recursos educativos ya existentes en GEKA (manuales, fotos y esquemas de máquinas y piezas, etc.) y nuevos recursos diseñados para completar el curso (ejercicios propuestos, tests de seguimiento del aprendizaje, videos demostrativos, etc.).

El desarrollo de SITA se ha dividido en dos procesos paralelos, por un lado la creación de la base de datos del conocimiento del dominio y por otro el desarrollo del entorno de SITA.

4.1 Obtención de la base de datos del conocimiento del dominio

El paso inicial de todo el proceso corresponde con la lectura y comprensión del texto seleccionado. Posteriormente se divide el texto en unidades simples (párrafos) que serán analizadas lingüísticamente, convertidas en reglas y modelizadas mediante diagramas EPC. Cada párrafo del texto será puesto en los marcos informativos y transformados en reglas semánticas y diagramas EPC. Al final de esta fase se obtiene el conjunto de reglas semánticas representadas mediante EPCs y conectadas entre sí formando la red semántica del dominio del conocimiento.

El subapartado analizado del manual de GEKA ha sido dividido en 11 párrafos, de cada uno de los cuales se ha obtenido un marco informativo. El conjunto total de marcos informativos contiene 24 reglas semánticas que se han convertido en 24 diagramas EPC.

La siguiente fase consiste en adaptar y representar los diagramas obtenidos a la herramienta ARIS y, después, revisar la consistencia del modelo. La utilización de ARIS Toolset para dibujar los EPC que forman este modelo nos permitirá utilizar las funciones de la herramienta para la validación y la generación automática de datos.

En la última fase la herramienta nos proporcionará automáticamente tablas de datos estructuradas que describen los objetos y relaciones que forman el modelo de EPC y, una vez obtenidas estas tablas, se formalizarán para cargar la base de datos de conocimientos que formará parte del módulo del dominio, cuyo diseño y contenido se estudiará en el apartado siguiente. Esta información se completará con los contenidos multimedia existentes en el curso de maquinaria GEKA en LUVIT que sean relativos a los objetos docentes de nuestro sistema y que deban relacionarse con ellos en el módulo del dominio.

Finalmente, como los objetos de aprendizajes creados para el Módulo del Dominio del Proyecto GEKA son de nueva creación debemos, por razones de interoperabilidad y estandarización, definir el contenido de la estructura de datos para crear sus metadatos. Se ha realizado un estudio de la lista completa de elementos de datos de la estructura de metadatos definida por IEEE [12] y se ha analizado y definido los valores de los registros de metadatos asociados a cada uno de los tipos de objetos didácticos utilizados.

4.2 Obtención del entorno SITA

La obtención del proceso interactivo de diálogo entre el alumno y las reglas del conocimiento, los interfaces con la plataforma de e-learning y el diseño de estructura de base de datos se ha realizado en entorno web y una base de datos relacional. Actualmente el prototipo obtenido está en fase de validación y verificación llevada a cabo por expertos en sistemas de teleformación y potenciales usuarios. Veremos los dos aspectos fundamentales del sistema:

1) Modelo de datos. La figura 3 representa el modelo conceptual formalizado mediante un Diagrama de Clases, siguiendo el estándar UML (Unified Modeling Language).

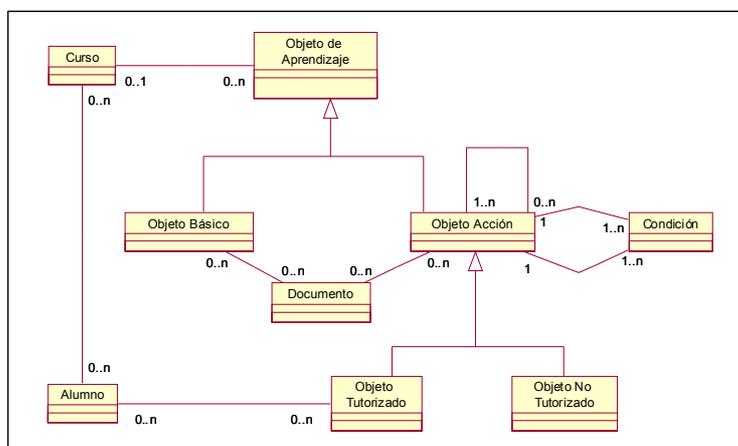


Fig. 3. Modelo conceptual de datos

Las entidades y relaciones que aparecen se corresponden a los distintos niveles de agrupación recomendados por el Comité Europeo de Normalización:

- 1) Nivel 0 (Átomos): Representan datos en su nivel más bajo, nivel físico. Son la materia prima que se utiliza para construir contenidos más elaborados (textos, imágenes, videos, explicaciones sonoras). En nuestro caso los Documentos.
- 2) Nivel 1 (Unidades Simples): Representan un recurso docente autocontenido y no divisible. En nuestro caso los Objetos Básicos (representan un concepto) y los No Tutorizados (representan una acción sin asociación de red semántica).
- 3) Nivel 2 (Unidades Compuestas): Son un conjunto de unidades simples que integra una estructura que puede recorrerse y con una semántica instruccional asociada. En nuestro caso los Objetos Tutorizados (representan una acción con asociación de red semántica) y la Reglas (relaciones entre Objetos Acción).
- 4) Nivel 3 (Cursos): Aunque el nombre pueda conducir a error, se trata simplemente de la unidad de nivel más alto donde se plasma la realización completa de una actividad docente o de tutorización. En nuestro caso los Cursos.

La definición de la estructura de los meta-datos propuesta en LOM de IEEE [12], la estudia IMS [13], donde describe el modelo conceptual de IEEE para la definición de los metadatos como un modelo jerárquico. Una vez definidos los objetos didácti-

cos como hemos visto, se analizan los valores de los elementos de datos simples del LOM para asignarlos a cada uno de los objetos didáctico. Para realizar esto último hemos clasificado los elementos simples del LOM en tres tipos:

- 1) Elementos que tienen un valor fijo para todos los objetos didácticos.
- 2) Elementos para los que se puede dar una indicación de la forma de obtención o un valor determinado según el tipo de objeto, es decir según sean Documentos, Objetos Básicos, Objetos No Tutorizados, Objetos Tutorizados o Reglas.
- 3) Elementos que tienen un valor particularizado.

Con esta clasificación, analizamos cada tipo, asignando los valores de cada elemento válidos para todos los objetos, para cada tipo de objeto y para cada objeto individual.

2) Modelo de procesos. Las relaciones entre alumno/sistema inteligente de autorización/plataforma de e-learning deben representarse mediante un procedimiento conceptual que se ha denominado proceso de tutorización. La tutorización comienza desde el sistema general de e-learning Luvit, donde se evidenciarán los temas factibles de tutorización. Cuando el alumno seleccione alguno de ellos Luvit enviará los datos del alumno y el título del tema seleccionado. El interfaz con alumno presentará una única pantalla dividida en tres zonas que se muestra en la figura 4. Esta figura muestra la ventana del sistema tutorizado abierta al ser llamada desde el curso Luvit.

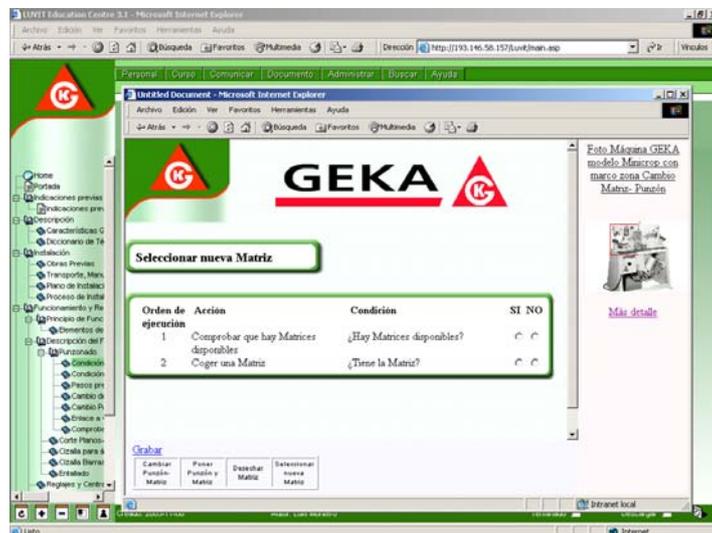


Fig. 4. Pantalla principal del SITA

5 Conclusión y Trabajos Futuros

Nuestra propuesta de un Sistema Inteligente de Tutorización Avanzada (SITA) puede proporcionar un avance tecnológico necesario dentro del conjunto de iniciativas actuales en teleformación en el ámbito del conocimiento de tipo procedural. Hemos podido comprobar a lo largo de los últimos cinco años de utilización de herramientas de teleformación que, en determinadas tipologías de contenidos docentes, sobre todo en la adquisición de habilidades para la resolución de problemas, es imprescindible que exista una interactividad por parte del alumno. Basándose en ella como premisa fundamental, SITA no solamente mantiene despierta cierta atención durante el aprendizaje sino que, además, a partir de las respuestas y acciones que realiza el alumno, es capaz de guiar y tutorizar su estudio, convirtiendo este en práctica y experiencia.

Concebir SITA como un sistema de tutorización que utiliza como plataforma un sistema comercial de e-learning existente en el mercado, conocido y distribuido mundialmente, proporciona la ventaja de aprovechar sus capacidades, ya probadas y consolidadas, tradicionales en los LMS comerciales, relativas a la gestión y distribución de cursos y alumnos.

Gracias a la utilización de los diagramas EPC, que hasta la fecha se venían utilizando para representar otro tipo de estructuras, creemos posible el obtener unos grados de rendimiento a la hora de capturar e implementar reglas muy superiores a los logrados hasta la fecha. El proceso se simplifica, a partir de la representación de las reglas, gracias al uso de la herramienta ARIS que permite, de forma automática, la validación del modelo obtenido y la transformación de las reglas en ficheros de datos con los que cargar la base de conocimientos del sistema.

Como continuación de este trabajo de investigación y como propuesta de trabajos futuros podríamos indicar los dos aspectos, teórico y prácticos, inherentes al sistema desarrollado.

Desde un punto de vista teórico continuaríamos en las dos siguientes líneas:

1) Sería deseable estudiar, diseñar y evaluar indicadores sobre la estandarización de las actuales estructuras del conocimiento, analizando la situación actual de los organismos de estandarización en este aspecto (por ejemplo LOM de IEEE [12]).

2) Analizar y diseñar interfaces entre nuestro sistema SITA y otros productos de teleformación que puedan ser utilizados como plataforma, para cumplir con los criterios de interoperabilidad.

Desde una perspectiva práctica presentamos dos posibles líneas de actuación:

1) El trabajo inicial realizado para el proyecto GEKA debería continuar y ampliarse completando todas las fases de manipulación de la maquinaria propuesta, analizando el conjunto de los manuales de operación.

2) La Ingeniería Lingüística del Conocimiento como metodología de soporte en la Configuración de Productos Manufacturados. Este estudio podrá no limitarse al diseño del sistema tutorizado, avanzando en la investigación de su integración con grandes sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) que gestionan el proceso de la cadena de suministro de los productos en todas sus fases.

Referencias

1. LUVIT CORPORATION, "Introduction to e-Learning", Certification curses, Educational Partner Certification Program, Luvit AB, Lund 2000.
2. M.Rodriguez. "Una Arquitectura cognitiva para el diseño de entornos telemáticos de enseñanza y aprendizaje". Tesis Doctoral de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, UNED, 2000.
3. P.Brusilovsky. "Intelligent Tutor, Environment and Manual for introductory Programming". Educational and Training Technology Internacional, 29(1), 26-34. 1992
4. P.Brusilovsky. "Integrating hypermedia and intelligent tutoring technologies: from systems to authoring tools". In P.Kommers, A.Dovgiallo, V.Petrushin y P.Brusilovsky (eds.) New media and telematic technologies for education in Eastern European countries, Twente University Press, Enschede, 129-140. 1997.
5. P.Brusilovsky. "Adaptive Navigation Support in Educational Hypermedia: the Role of Student Knowledge Level and the Case for Meta-Adaptation". British Journal of Educational Technology. Volume 34 Issue 4 Page 487. September 2003.
6. J.Rickel et alt. "Task-Oriented Tutorial Dialogue: Issues and Agents". In AAAI Fall Symposium on Building Dialogue Systems for Tutorial Applications, Technical Report FS-00-01, 52-57. November 2000.
7. J.R.Anderson et alt. "Cognitive tutors: Lessons learned". Journal of the Learning Sciences. 4(2), 167-207. 1995.
8. G.Keller, M.Nüttgens y A.W.Scheer. "Semantische Processmodellierung auf der Grundlage Ereignisgesteuerter Processketten (EPK)". Ver öffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 89, University of Saarland (ed.) Saarbrücken: 1992.
9. A.Scheer. "Architecture of integrated information systems systems - bases for company modeling" Berlin: 1992.
10. J.Macias, J.J.Martinez, R.Barchino y J.M.Gutierrez. "Experiencia en la aplicación de un entorno virtual como apoyo a la docencia de laboratorios presenciales". En: Actas de las IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática –Jenui 2003 (Cádiz, 9-11 julio 2003).
11. J.R.Fernandez, J.J.Martinez. "Aplicación de Luvit en la clase presencial. Un soporte distribuido y continuado mediante eLearning". En: Actas del 1º Congreso Internacional de la Sociedad de la Información - CISIC (Las Palmas de Gran Canaria, 27-28 febrero y 1 marzo 2002).
12. IEEE 1484.12.1-2002. "Draft Standard for Learning Object Metadata".
13. IMS GLOBAL LEARNING CONSORTIUM. "IMS Learning Resource Meta-Data Best Practice and Implementation Guide" [online]. Versión 1.2.1 Final Specification, septiembre 2001. http://www.imsproject.org/metadata/ims_md_bestv1p2.html.