

INTERFACES ADAPTATIVAS PERSONALIZADAS PARA BRINDAR RECOMENDACIONES EN REPOSITORIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE

PERSONALIZED ADAPTIVE INTERFACES FOR SUPPORTING RECOMMENDATION FROM LEARNING OBJECT REPOSITORIES

Oscar Mauricio Salazar Ospina

Magister de la Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas, sede Medellín (Colombia)

(omsalazaro@unal.edu.co)

Paula Andrea Rodríguez Marín

Magister de la Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas, sede Medellín (Colombia)

(parodriguezma@unal.edu.co)

Dr. Demetrio Arturo Ovalle Carranza

Profesor titular del Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión, Facultad de Minas -

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (Colombia) (dovalle@unal.edu.co)

Dr. Néstor Darío Duque Méndez

Profesor asociado del Departamento de informática y computación, Facultad de administración -

Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales (Colombia) (ndduqueme@unal.edu.co)

RESUMEN

Las interfaces adaptativas personalizadas juegan un papel muy importante actualmente en los ambientes virtuales de aprendizaje ya que buscan adaptar la presentación y

visualización de los contenidos educativos, tales como los objetos de aprendizaje, a través de las preferencias, necesidades y características cognitivas de los estudiantes. Existen muchos repositorios que permiten buscar y recuperar objetos de aprendizaje y de esta forma se puede tener acceso a millones de recursos educativos. El objetivo de este artículo es incorporar una interfaz adaptativa personalizada a un sistema multi-agente de recomendación de objetos de aprendizaje, desde repositorios locales y remotos, teniendo en cuenta las preferencias y necesidades de los estudiantes, con el fin de mejorar la presentación, visualización y satisfacción de uso de dichos contenidos educativos. La validación del prototipo se realizó a través de un caso de estudio que demuestra la eficacia de la utilización de interfaces adaptativas personalizadas en entornos de aprendizaje virtual.

Palabras clave: Interfaces adaptativas personalizadas, perfiles de estudiante, repositorios de objetos de aprendizaje, estilos de aprendizaje, sistemas multi-agente, sistemas de recomendación.

ABSTRACT

Personalized adaptive interfaces nowadays play an important role in virtual learning environments, inasmuch as they seek to adapt the presentation and visualization of learning resources, i.e., we refer to adapt learning objects to the preferences, needs and cognitive features of students. There are many repositories allowing search and retrieve learning objects and thus we can have access to a lot of learning resources. The aim of this paper is to incorporate a customized interface with an adaptive multi-agent system for learning objects recommendation. This system is able to retrieve information from local and remote repositories, taking into account the preferences and needs of students in order to improve

the presentation, visualization and satisfaction of using such learning resources. The prototype validation was made through a case study that demonstrates the efficacy of using customized and adaptive interfaces with virtual learning environments.

Keywords: Personalized adaptive interfaces, student profiles, repositories of learning objects, learning styles, multi-agent systems, recommendation systems.

1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

Las interfaces de usuario han evolucionado en las últimas décadas desde interfaces eminentemente textuales a interfaces más complejas de tipo multimodal (i.e. integrando diversas formas de interacción tales como multimedia, táctil, vocal, etc.). Lo anterior ha permitido mejorar la interacción entre el ser humano y la máquina. Según López et. al., en (López-Jaquero, Montero, & González, 2009) se debe distinguir entre adaptabilidad y adaptatividad en las interfaces de usuario. En una interfaz adaptable el usuario es quien explícitamente adapta la interfaz para que se ajuste a sus gustos y características. Por ejemplo los gestores de ventanas pueden permitir al usuario cambiar la configuración del aspecto del escritorio con respecto a colores, fuentes, fondo del escritorio o comportamiento de algunos de sus componentes. En contraste, en una interfaz adaptativa el mismo sistema es el actor responsable de activar las acciones necesarias para realizar la adaptación. Así por ejemplo cuando en un procesador de texto se detecta un error gramatical el mismo procesador automáticamente lo marca o incluso lo corrige sin intervención humana. Las interfaces adaptativas personalizadas se pueden definir entonces como aquellos parámetros de la interfaz que se adecuan automáticamente a las

características de los usuarios (Bolotnikova, Gavrilova, & Gorovoy, 2011), permitiendo la mejora en la satisfacción y la permanencia del usuario interactuando con la aplicación ó en el sitio web. Las tendencias actuales van hacia los sistemas de recuperación de información web que permitan adaptar los resultados mediante interfaces adaptativas personalizadas que tienen en cuenta las propiedades y contextos de los usuarios (Smyth, McGinty, Reilly, & McCarthy, 2004) (Steichen, Ashman, & Wade, 2012).

Por su parte, los objetos de aprendizaje (OA) son definidos por la IEEE como como una entidad digital con características de diseño instruccional, que puede ser usado, reutilizado o referenciado durante el aprendizaje soportado en computador (Learning Technology Standards Committee, 2002) y se diferencian de los tradicionales recursos educativos por su disponibilidad inmediata a través de repositorios basados en Web, para acceder a ellos se realizan búsquedas por medio de metadatos. Con el fin de maximizar el número de OA a los que un estudiante puede tener acceso, para apoyar el proceso de enseñanza/aprendizaje, los repositorios digitales centralizados se unen en federaciones de repositorios para compartir recursos y tener acceso a los recursos de los demás (Van de Sompel & Chute, 2008).

Tener un perfil de usuario permite identificar las necesidades, preferencias y características del estudiante que está haciendo una búsqueda de OA lo que puede ser utilizado para primero, obtener resultados de búsqueda acorde con su especificidad y segundo adaptar la visualización de la interfaz. Manejar un perfil de usuario permite apoyar a un estudiante o a un docente en la selección de objetos educativos acordes con sus características personales

y preferencias (Kritikou et al., 2008). Además con esas características se puede hacer una personalización del repositorio y hacer más agradable su visita al sitio. Los agentes inteligentes son entidades que poseen la suficiente autonomía e inteligencia como para poder encargarse de tareas específicas con poca o ninguna supervisión humana, se caracterizan por ser la técnica más utilizada actualmente de la inteligencia artificial distribuida (Wooldridge, Jennings, & Kinny, 1999). Estos agentes se están empleando casi de igual manera que los sistemas tradicionales, convirtiéndose en una muy buena opción para resolver problemas donde se necesita de sistemas autónomos que trabajen individualmente y se cooperen entre ellos para lograr una meta común. Además tienen la facilidad de adquisición y procesamiento de información que se encuentra altamente distribuida, lo que se complementa perfectamente con la computación ubicua y los dispositivos móviles.

Según Tim Berners-Lee (Berners-Lee & Hendler, 2001), “La web semántica es una extensión de la web actual en donde la información tiene un significado bien definido, es más entendible por los computadores y en donde las personas pueden trabajar cooperativa y colaborativamente”. A partir de este nuevo paradigma, las ontologías aparecen como la vía para representar el conocimiento de la Web de forma que se haga legible y reutilizable por los computadores.

“Una ontología es el resultado de seleccionar un dominio y aplicar sobre el mismo un método para obtener una representación formal de los conceptos que contiene y las relaciones que existen entre estos” (Liang, Zhu, Tian, & Ji, 2010). Existen diferentes

lenguajes para representar ontologías, el más utilizado es OWL, el objetivo principal de este lenguaje es el procesamiento automático de información por parte de las aplicaciones en la web, en vez de que sea procesada con intervención humana como se realiza en la Web tradicional.

A continuación se presentan los trabajos relacionados con el desarrollo de interfaces adaptativas personalizadas para brindar recomendaciones:

Papanikolaou et al. describen en el prototipo INSPIRE con el fin de personalizar la interacción en un sistema hipermedia educativo basado en la web, enfatizan que los estudiantes integran las ideas desde las teorías a través de su propio estilo, su objetivo principal es entregar una secuencia de tareas que coincidan con la manera de estudiar de cada alumno. Del estudiante tienen en cuenta los conocimientos previos de los conceptos del dominio y el estilo de aprendizaje, evaluando las actitudes de los alumnos hacia el diseño instruccional que se le propone, en el modelo de aprendizaje se almacena la información acerca de la interacción del alumno con el contenido. Aunque es un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje, basado en objetivos de aprendizaje que maneja los estilos de aprendizaje, donde se tiene en cuenta las interacciones del estudiante, no se realizan adaptaciones de la interfaz (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis, & Magoulas, 1895).

Uruchrutu et al. realizan en (Uruchrutu, MacKinnon, & Rist, 2005) un estudio para evaluar el diseño de interfaz según el estilo cognitivo de aprendizaje de un estudiante para facilitar

el rendimiento en su aprendizaje, concluyen que se deben considerar las diferencias individuales para la construcción de modelos de usuario y así proporcionar entornos de aprendizaje adaptados, además con el análisis de los datos se discute que el estilo de la interfaz tiene un impacto en las preferencias de los estudiantes, que a su vez tienen un impacto en su capacidad de aprendizaje. Sin embargo, no trabajan con repositorios de objetos de aprendizaje.

Peissner et al. proponen en (Peissner & Edlin-White, 2013) interfaces adaptativas para usuarios con necesidades especiales, presentan los requisitos esenciales de los sistemas adaptativos, usando los patrones de diseño de interacción para la implementación de interfaces de usuario, con el fin de mejorar la accesibilidad a un máximo de la heterogeneidad de los grupos de usuarios. Aunque es un estudio preliminar para el desarrollo modular de interfaces adaptativas según características de usuarios (necesidades especiales) sin embargo, no trabajan sobre materiales de educación almacenados en repositorios de objetos de aprendizaje y no utilizan el estilo de aprendizaje como el factor más relevante.

Kolas y Staupe presentan en (Kolas & Staupe, 2007) una interfaz personalizada para apoyar el proceso de e-learning. Esta interfaz tiene la capacidad de adaptar OA y actividades de aprendizaje de acuerdo a las características de los estudiantes, considerando también las áreas de interés y el nivel de experticia en dichas áreas. Es importante denotar que esta investigación tiene en cuenta varias características del perfil, sin embargo, no considera gustos visuales de los estudiantes, tales como color y tamaño de las fuentes, tipos de recursos, formatos, etc.

Una arquitectura de alto nivel para entregar interfaces adaptativas en dispositivos móviles es presentada en (Nivethika, Vithiya, Anntharshika, & Deegalla, 2013). Este trabajo tiene en cuenta interacciones pasadas del usuario con el dispositivo para poder adaptar de mejor manera las interfaces, de esta manera, el Framework incluye una serie de pasos de pre procesamiento de la información, de aprendizaje y de renderización de la interfaz. También considera el nivel de experticia del usuario dentro de una aplicación, así es capaz de determinar si es un usuario nuevo para ofrecer mensajes de ayuda que le permitan navegar en la aplicación. Como falencia, esta arquitectura no considera recomendación de recursos educativos o de otra naturaleza y tampoco establece un esquema de representación del conocimiento referente a gustos y limitaciones de los usuarios.

Lee et al. desarrollan en (Lee, Choi, & Kim, 2011) un prototipo de interfaz para dispositivos móviles con sistema operativo Android, el cual permite recomendar aplicaciones con base en el contexto espacio-temporal de los usuarios. Este trabajo recoge algunas características de los usuarios como el tiempo, la ubicación y el clima para filtrar las aplicaciones y recomendar las que más se acoplan al usuario en ese instante de tiempo. De esta manera, la aplicación pretende saber lo que el usuario quiere, ahorrando así tiempo en la búsqueda de las aplicaciones por parte de los usuarios. Sin embargo, este trabajo no considera una estructura portable y extensible que permita representar no solo los perfiles de los usuarios sino también los recursos que se desean recomendar.

El objetivo de este artículo es entonces incorporar una interfaz adaptativa personalizada a un sistema multi-agente de recomendación de OA (Rodriguez, Tabares, Duque, Ovalle, &

Vicari, 2013), desde repositorios locales y remotos, o incluso desde federaciones de repositorios, accesibles vía web y con metadatos descriptivos de estos objetos, teniendo en cuenta las preferencias y necesidades de los estudiantes. Lo anterior con el fin de mejorar la presentación, visualización y satisfacción de uso de dichos contenidos educativos. La validación del prototipo se realizó a través de un caso de estudio que demuestra la eficacia de la utilización de interfaces adaptativas personalizadas basadas en agentes en entornos de aprendizaje virtual.

Este artículo está organizado como sigue: en la sección 2 se expone el marco conceptual de la investigación y en la 3, se presentan los trabajos relacionados. En la sección 4, se plantea el diseño del SMA propuesto con interfaz adaptativa. Posteriormente en la sección 5 se presenta un caso de estudio y finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de esta investigación es la incorporación de una interfaz adaptativa y personalizada a un sistema multi-agente de recomendación de objetos de aprendizaje, desde repositorios locales y remotos. Dicha interfaz considera las preferencias y necesidades de los estudiantes, con el fin de mejorar la presentación, visualización y satisfacción de uso de dichos contenidos educativos. A partir del planteamiento del trabajo surgieron las siguientes preguntas de investigación:

a) ¿Es posible generar un mecanismo de representación del conocimiento relacionado con los perfiles de los usuarios?

b) ¿Es posible generar un mecanismo de representación del conocimiento relacionado con los recursos educativos (OA)?

c) ¿Existe algún mecanismo que permita adaptar automáticamente las interfaces gráficas de los repositorios de OA, con el fin de presentar información útil, adaptada y de fácil visualización?

Con base en esto, se generó la necesidad de plantear e implementar un modelo ontológico que permitiera la representación del conocimiento de los perfiles de usuario así como los metadatos que describen los OA. Posteriormente, se realizó el análisis y diseño de un sistema multi-agente de recomendación de OA basado en el modelo ontológico propuesto, con interfaz adaptativa. A continuación se presentan los procesos de desarrollo de cada uno de estos módulos.

2.1 Modelo Ontológico del Perfil del Estudiante

Con el fin de adaptar las interfaces y realizar las recomendaciones, es necesario contar con un mecanismo de representación del conocimiento, en el cual se definen las características del estudiante, además de sus gustos y limitaciones. Con base en esto, se decidió definir una ontología que permitiera no solo representar dicho conocimiento sino también realizar inferencias a partir de una estructura estandarizada, portable y extensible.

La figura 1 presenta la estructura ontológica definida para representar el conocimiento del SMA. En primera instancia se define la estructura de los perfiles de los estudiantes, donde se tienen almacenados datos personales como su nombre y fecha de nacimiento, aspectos académicos ligados a su historia académica, datos relacionados con preferencias visuales y

de contenido, y aspectos psicopedagógicos como el estilo de aprendizaje. Las demás entidades de la ontología están relacionadas con los componentes technical y educational del estándar IEEE-LOM, utilizados para adaptar los OA al perfil del estudiante.

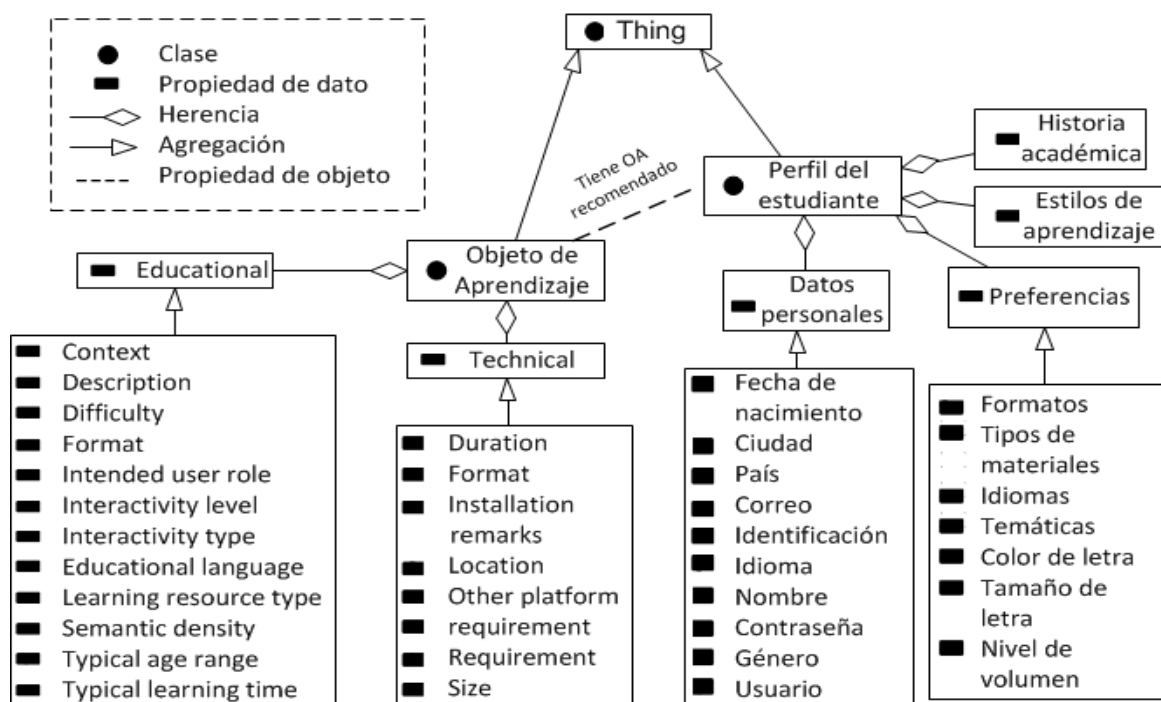


Figura 1. Modelo Ontológico del SMA.

Fuente: elaboración propia

2.2 Arquitectura BROA con Interfaz Adaptativa

BROA es un sistema Multi-Agente para búsqueda, recuperación, recomendación y evaluación de OA, de acuerdo a una cadena de búsqueda ingresada por el usuario. Los OA resultantes de la búsqueda son recomendados según el estilo de aprendizaje y la evaluación realizada por otros usuarios.

La búsqueda se realiza en repositorios locales y remotos, o en federaciones de repositorios, accesibles vía web y con metadatos descriptivos de estos objetos. Debido a que los ROA están distribuidos, son diferentes en su diseño y estructura, y no manejan los mismos estándares de metadatos, se tiene por cada uno un agente que conozca cómo están almacenados los OA y cómo es su forma de acceso y recuperación, con el fin de facilitar las búsquedas. El sistema fue construido bajo el enfoque de SMA con el fin de aprovechar sus ventajas, entre las que encontramos: el Paralelismo para realizar simultáneamente la búsqueda en el ROA local y en los remotos, la capacidad de Deliberación para tomar la decisión sobre que ROA se debe realizar la búsqueda y que recomendaciones realizar al usuario, la Cooperación, Coordinación y Distribución de tareas para identifica claramente los problemas que debe resolver cada agente y definir sus límites. En la figura 2, se muestra la arquitectura del SMA propuesto y cada uno de sus componentes.

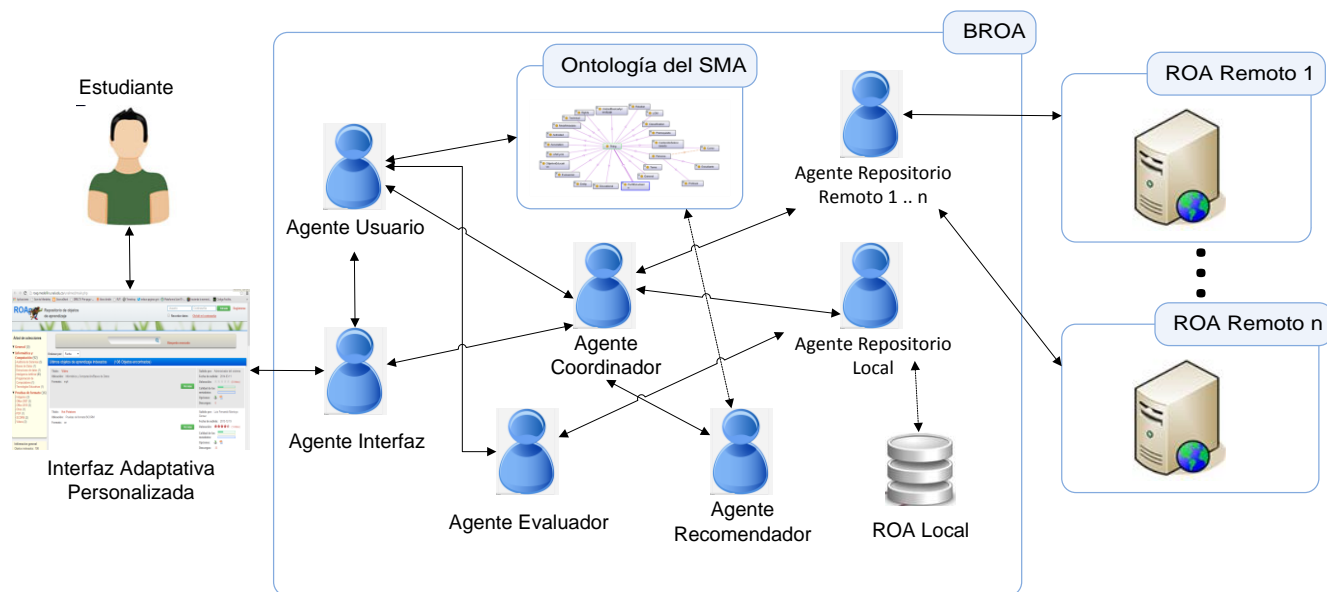


Figura 2. Arquitectura del SMA

Fuente: elaboración propia

A continuación se describen cada uno de los agentes pertenecientes a la arquitectura y las interacciones entre ellos:

Agente Interfaz: Este agente se encarga de hacer la adaptación de la interfaz del repositorio, según las características que definen el perfil del estudiante que está realizando las búsquedas. Se comunica con el agente usuario para conocer las preferencias del usuario, tales como formatos de los archivos, idiomas, tipos de materiales, color y tamaño de letra y nivel del volumen para los contenidos auditivos. De igual manera, se comunica con el agente coordinador que es el encargado de entregar los OA resultantes de la búsqueda.

Agente Usuario: Es el agente encargado de representar al usuario humano dentro de la plataforma multi-agente, es decir, administra el perfil del usuario, permitiendo la creación y modificación de las características y sus preferencias, envía la cadena de consulta para que el agente Coordinador realice la búsqueda y permite evaluar los OA que son recomendados. De igual manera, este agente realiza inferencias a la ontología utilizando el lenguaje de consultas ontológicas SPARQL, con el fin de enviar características importantes al agente interfaz y este a su vez adapte los contenidos visuales.

Agente Coordinador: Este agente es deliberativo ya que se encarga de redireccionar las consultas que hace el usuario al repositorio local y a los remotos para realizar la búsqueda. Este agente conoce los repositorios asociados al sistema y cuales manejan que información. Además, accede a la información del agente usuario para conocer las características útiles para la recomendación (Estilo de aprendizaje, grado de escolaridad, preferencia de idioma). Los resultados los entrega al agente interfaz.

Agente Repositorio Local y Agentes Repositorios Remotos: Son los encargados de hacer las búsquedas propiamente en los repositorios, tanto de forma local como remota. Estos agentes conocen cómo están almacenados los OA en el repositorio respectivo, bajo que estándar y el tipo de metadatos que maneja;

también conoce el tipo de búsqueda que se puede realizar dentro del repositorio y cómo recuperar los OA que hay en él. Cabe señalar que el agente del repositorio local se encarga además de almacenar la evaluación que le entrega el agente evaluador de cada OA. Igualmente, en la arquitectura propuesta existe un agente por cada repositorio local o remoto.

Agente de Recomendación: Este agente realiza el proceso de recomendación sobre los metadatos que describen los OA y en las informaciones de estilo de aprendizaje, grado de escolaridad y preferencia de idioma del estudiante registrado. Se buscan aquellos OA acordes al perfil del estudiante.

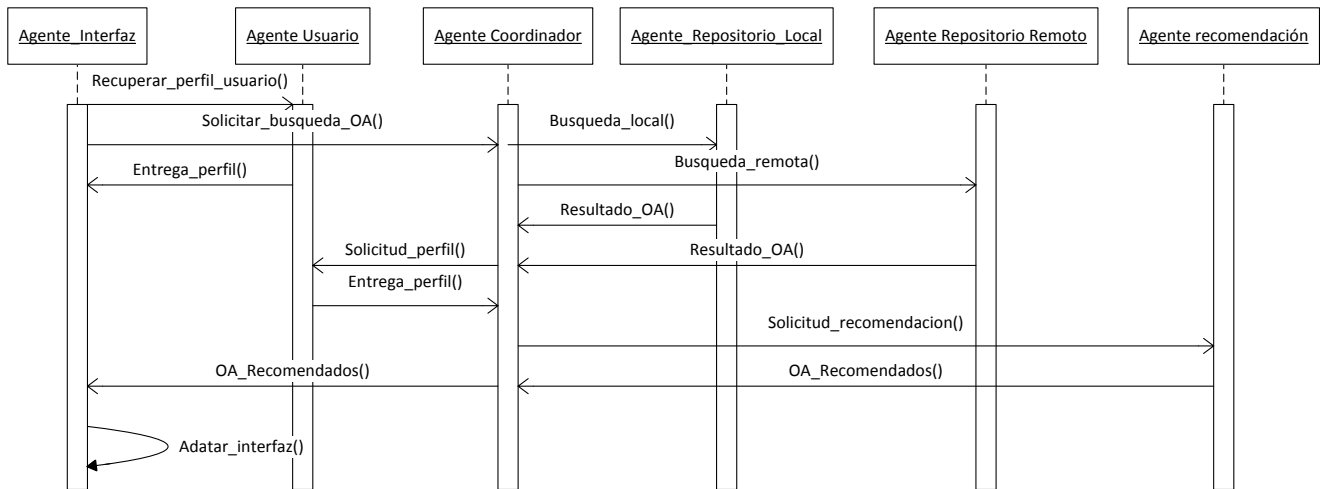


Figura 3. Diagrama de secuencias de la comunicación entre agentes para la adaptación de la interfaz gráfica del repositorio

Fuente: elaboración propia

Agente Evaluador: Es el agente que se encarga de gestionar las evaluaciones que realiza un usuario a algún OA que ha sido explorado. Se comunica así con el agente ROA local para almacenar estas evaluaciones, producto de la calificación explícita que da el estudiante seleccionando una puntuación de 1 a 5 de acuerdo a su nivel de satisfacción respecto a ese OA, donde 5 es muy satisfecho y 1 muy insatisfecho.

La figura 3 presenta el mecanismo de comunicación entre cada uno de los agentes descritos previamente para realizar la adaptación de la interfaz de usuario del repositorio de OA. Es importante resaltar que aunque se evidencia un proceso secuencial, este solo representa una interacción entre el usuario y el sistema; es decir, la fortaleza del sistema multi-agente está en la distribución de tareas con el fin de atender diversas solicitudes en un mismo intervalo de tiempo sin que el usuario se vea afectado.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación se explican los principales «framework» utilizados para la implementación del prototipo de validación.

Tabla 1. Tabla de valores para el caso de estudio realizado

Caso de estudio	
Formatos	jpg – pdf - png
Idiomas	Inglés
Tamaño de letra	Grande
Color de letra	Oscura
Tipos de materiales	Visuales - Textuales
Nivel de volumen	Alto

Fuente: elaboración propia

JADE (Java Agent DEvelopment Framework) ofrece un conjunto de recursos para facilitar el desarrollo e implementación de ambientes computacionales para ser utilizados como instrumentos de la educación a distancia (Bellifemine, Poggi, & Rimassa, 1999). A partir de esto, se utilizó esta tecnología para implementar la plataforma multi-agente, debido a que está desarrollada en JAVA lo que permite la fácil integración con otras herramientas y tecnologías. Para el desarrollo e implementación de la ontología se utilizó Protegé, una herramienta de código abierto desarrollada en JAVA, la cual permite

el desarrollo de ontologías OWL. Posteriormente y luego de tener el archivo OWL con la estructura ontológica, se procedió a integrarlo con el SMA a través del Framework JENA, mediante el cual se crearon las instancias y se realizaron las inferencias utilizando consultas SPARQL. Finalmente, el repositorio local está implementada con el gestor de bases de datos PostgreSQL que se caracteriza por ser un sistema estable, de alto rendimiento y gran flexibilidad.

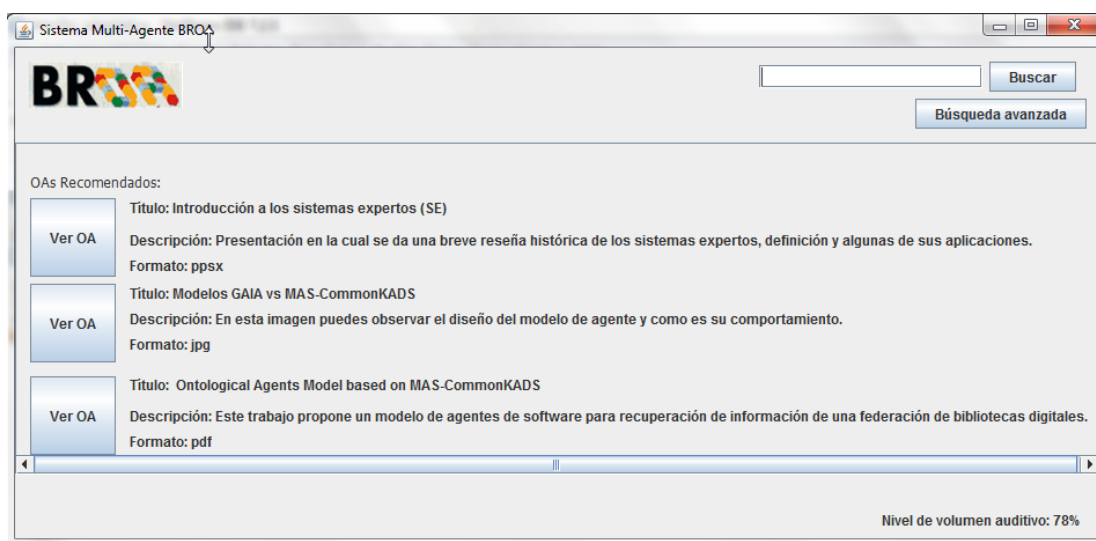


Figura 4. Interfaz original sin adaptar

Fuente: elaboración propia

Para el caso de estudio aplicado al prototipo implementado, se seleccionó un perfil de estudiante aleatorio, el cual permitió evaluar qué tan bien se adapta la interfaz a las necesidades y los requerimientos del estudiante. La tabla 1 presenta los valores de preferencias y gustos de dicho perfil, los cuales serán tenidos en cuenta para adaptar tanto los OA presentados en la interfaz principal del SMA, como los aspectos visuales de esta interfaz. BROA entrega a través del agente de interfaz un listado de objetos recomendados al usuario, que son aquellos OA que se adaptan a su estilo de aprendizaje y a sus preferencias.

Con base en el perfil seleccionado, el sistema adaptó adecuadamente los componentes en la interfaz principal. La transición entre la interfaz original (figura 4) y la nueva interfaz adaptativa del sistema

BROA (figura 5) presenta modificaciones respecto a idioma, color y tamaño del texto, recomendaciones iniciales de OA que pueden ser de interés al estudiante de acuerdo a su perfil y materiales adaptados a sus preferencias. Las acciones anteriores son realizadas por el agente de interfaz en coordinación estrecha con el agente recomendador. De igual manera, el SMA a través del agente interfaz, es capaz de adaptar los contenidos en el momento que el estudiante decide accederlos, es decir, cuando el usuario decide acceder a un OA, el SMA está en la capacidad de activar automáticamente características del contenido. Por ejemplo, si el estudiante accede un OA visual-auditivo, el SMA activa los subtítulos o acomoda el tamaño de la pantalla si el estudiante así lo desea.

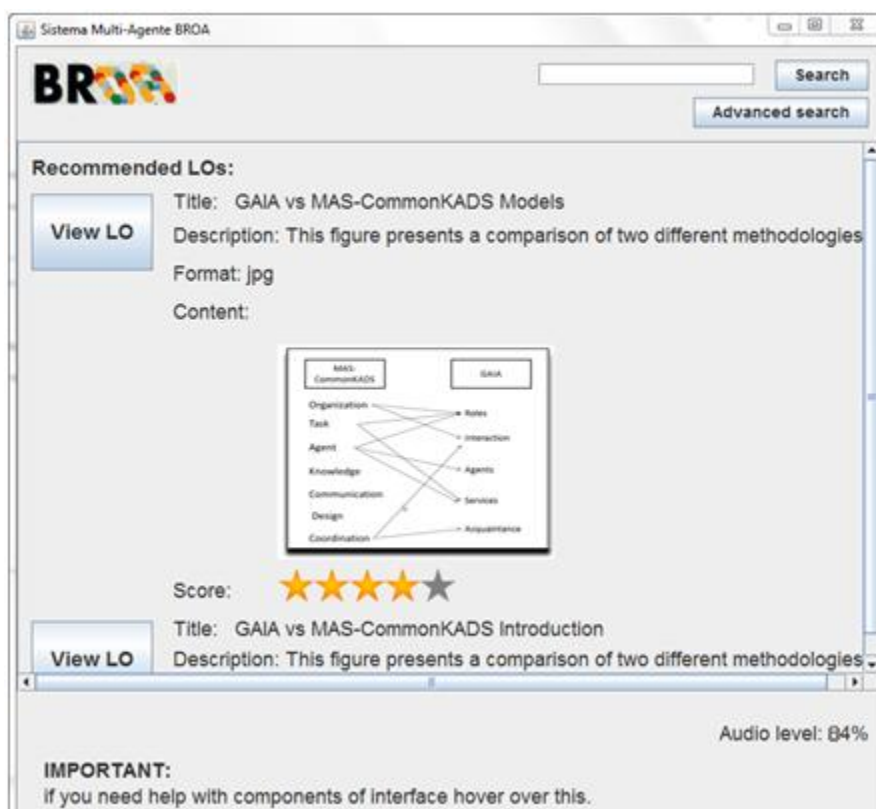


Figura 5. Interfaz adaptada al perfil del estudiante

Fuente: elaboración propia

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir del caso de estudio realizado y del perfil seleccionado para este, los resultados fueron divididos en dos frentes. El primero de ellos fue la adaptación de la interfaz del sistema BROA, personalizando

aspectos como color y tamaño del texto, idioma, nivel de volumen auditivo y distribución del contenido. Mientras que en el segundo, se realizó una recomendación de OA inicial, teniendo en cuenta calificaciones previas, tipos de materiales y formatos preferidos. Es importante resaltar que algunas de las características tomadas del perfil del estudiante ya habían sido establecidas previamente, por ejemplo, el estilo de aprendizaje fue identificado mediante un test realizado al estudiante al momento del registro.

Adicionalmente, cabe señalar se tiene un agente por cada repositorio asociado al sistema, que conoce cómo están almacenados los OA y cómo es su forma de acceso y recuperación, con el fin de facilitar las búsquedas. Las búsquedas se realizan en un ROA local, donde están los OA que ya fueron evaluados, y en los ROA remotos asociados al sistema.

El agente interfaz es clave para el desempeño de la interfaz adaptativa pues realiza adaptaciones visuales y de contenido. Las visuales se refieren a características gráficas de la interfaz principal como texto e imágenes, mientras que las de contenido permiten ofrecer OA de interés para el usuario sin que éste lo solicite, exhibiendo así características de proactividad. Por ejemplo, si el usuario desea acceder OA visuales y/o auditivos, el agente permite adaptar el nivel de volumen sonoro, los subtítulos del contenido del OA y el tamaño de la pantalla.

Como trabajo futuro se propone ampliar los comportamientos del agente interfaz para que realice adaptaciones a interfaces de dispositivos móviles, con el fin de brindar al sistema características de ubicuidad y movilidad. De igual manera, utilizar plataformas como Android puede ser de gran utilidad al momento de adaptar tanto las interfaces como los OA, puesto que estas tecnologías ofrecen información contextual de gran utilidad como posición geo-espacial, acelerómetro, cámara fotográfica, redes sociales, etc.

5. APOYOS Y AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación presentado en este artículo fue financiado parcialmente por el proyecto de COLCIENCIAS titulado: "RAIM: Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos" de la Universidad Nacional de Colombia, con código 1119-569-34172.

6. REFERENCIAS

Bellifemine, F., Poggi, A., & Rimassa, G. (1999). JADE – A FIPA-compliant Agent Framework. *Proceedings of PAAM*.

Berners-Lee, T., & Hendler, J. (2001). Publishing on the semantic web. *Nature*, 410(6832), 1023–4. doi:10.1038/35074206

Bolotnikova, E. S., Gavrilova, T. a., & Gorovoy, V. a. (2011). To a method of evaluating ontologies. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 50(3), 448–461. doi:10.1134/S1064230711010072

Kolas, L., & Staupe, A. (2007). A personalized E-learning Interface. In *EUROCON 2007 - The International Conference on "Computer as a Tool"* (pp. 2670–2675). IEEE. doi:10.1109/EURCON.2007.4400362

Kritikou, Y., Demestichas, P., Adamopoulou, E., Demestichas, K., Theologou, M., & Paradia, M. (2008). User Profile Modeling in the context of web-based learning management systems. *Journal of Network and Computer Applications*, 31(4), 603–627. doi:10.1016/j.jnca.2007.11.006

Learning Technology Standards Committee. (2002). IEEE Standard for Learning Object Metadata. *Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York*.

- Lee, H., Choi, Y., & Kim, Y.-J. (2011). An adaptive user interface based on spatiotemporal structure learning. *IEEE Communications Magazine*, 49(6), 118–124. doi:10.1109/MCOM.2011.5783996
- Liang, Y., Zhu, H., Tian, Q., & Ji, S. (2010). A method for OWL ontology module partition. *Proceedings - 2010 IEEE 2nd Symposium on Web Society, SWS 2010*, 372–377. doi:10.1109/SWS.2010.5607424
- López-Jaquero, V., Montero, F., & González, P. (2009). AB-HCI: an interface multi-agent system to support human-centred computing. *IET Software*, 3(1), 14. doi:10.1049/iet-sen:20070108
- Nivethika, M., Vithiya, I., Anntharshika, S., & Deegalla, S. (2013). Personalized and adaptive user interface framework for mobile application. In *2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)* (pp. 1913–1918). IEEE. doi:10.1109/ICACCI.2013.6637474
- Papanikolaou, K. a, Grigoriadou, M., Kornilakis, H., & Magoulas, G. D. (1895). Personalizing the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System : the case of INSPIRE Department of Information Systems and Computing , Brunel University ., *Information Systems*, 13(3), 213–267. doi:10.1023/A:1024746731130
- Peissner, M., & Edlin-White, R. (2013). User Control in Adaptive User Interfaces for Accessibility. *Lecture Notes in Computer Science*, 8117, 623–640. doi:10.1007/978-3-642-40483-2_44
- Rodriguez, P., Tabares, V., Duque, N., Ovalle, D., & Vicari, R. (2013). BROA: An agent-based model to recommend relevant Learning Objects from Repository Federations adapted to learner profile. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2(1), 6–11. doi:10.9781/ijimai.2013.211

- Smyth, B., McGinty, L., Reilly, J., & McCarthy, K. (2004). Compound Critiques for Conversational Recommender Systems. In *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'04)* (pp. 145–151). Ieee. doi:10.1109/WI.2004.10098
- Steichen, B., Ashman, H., & Wade, V. (2012). A comparative survey of Personalised Information Retrieval and Adaptive Hypermedia techniques. *Information Processing & Management*, 48(4), 698–724. doi:10.1016/j.ipm.2011.12.004
- Uruchrutu, E., MacKinnon, L., & Rist, R. (2005). User cognitive style and interface design for personal, adaptive learning. What to model? *User Modeling*, 3538, 154–163. doi:10.1007/11527886_20
- Van de Sompel, H., & Chute, R. (2008). The aDORe federation architecture : digital repositories at scale. *International Journal*, (9), 83–100. doi:10.1007/s00799-008-0048-7
- Wooldridge, M., Jennings, N. R., & Kinny, D. (1999). A methodology for agent-oriented analysis and design. *Proceedings of the Third Annual Conference on Autonomous Agents - AGENTS '99*, 27, 69–76. doi:10.1145/301136.301165