

Personalización de servicios para aplicaciones de aprendizaje ubicuo

Elena Beatriz Durán¹
Universidad Nacional de Santiago del Estero
eduran@unse.edu.ar

Silvina Isabel Unzaga²
Universidad Nacional de Santiago del Estero
sunzaga@unse.edu.ar

Margarita María Álvarez³
Universidad Nacional de Santiago del Estero
alvarez@unse.edu.ar



Cómo citar este artículo: Durán, E.B.; Unzaga, S. I. y Álvarez, M.M. (2017). Personalización de servicios para aplicaciones de aprendizaje ubicuo. *Revista Virtu@lmente*, 5(2), 7-25.

Fecha de recepción: 20 de octubre de 2017
Fecha de aprobación: 15 de diciembre de 2017

¹ Doctor en Ciencias de la Computación por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Máster en Ingeniería del Software por la Universidad Politécnica de Madrid, España. Especialista en Enseñanza de la Educación Superior por la Universidad Católica de Cuyo, Argentina. Ingeniera en Computación otorgado por la Universidad Católica de Santiago del Estero, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3978-5194>

² Master en Ingeniería de Software, por la Universidad Politécnica de Madrid, España. Ingeniera en Computación y Programadora Universitario por la Universidad Católica de Santiago del Estero, Argentina. Master en Ingeniería de Software, por la Universidad Politécnica de Madrid, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5100-5544>

³ Master de Ingeniería del Software por la Universidad Politécnica de Madrid. España. Especialista en Docencia Universitaria por la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.

RESUMEN

El aprendizaje ubicuo más que un fenómeno de la tecnología es una visión que desafía a revisar el entorno educativo para proponer nuevos escenarios de aprendizaje, ya que permite poner a disposición de los estudiantes una gran diversidad de recursos, crear nuevos y variados entornos de formación, personalizar el aprendizaje y posibilitar la realización de un conjunto de actividades formativas adaptadas de acuerdo al perfil y al contexto de aprendizaje.

En este trabajo se presenta un esquema de personalización de servicios de recomendación en contextos ubicuos para aplicaciones de aprendizaje, considerando aspectos tales como: objetos de aprendizaje según puntos de interés, caminos de aprendizaje personalizados, puntos de interés más cercanos, asesoramiento de expertos y colaboración entre pares. El esquema de personalización propuesto fue diseñado a partir de una arquitectura que abarca cuatro dimensiones: los modelos, las ontologías, los componentes de *software* y el mundo exterior.

Palabras clave: aprendizaje ubicuo, servicios, arquitectura dirigida por modelos, ontologías, personalización.

Personalization of services for ubiquitous learning applications

ABSTRACT

Ubiquitous learning, rather than a phenomenon of technology, is a vision that challenges the academic community to the revision of the educational environment in order to propose new learning scenarios, since it allows to make available a great diversity of resources to students, create new and varied training environments, personalize learning, and enable the implementation of a set of training activities that are adapted according to the profile and learning context.

This paper presents a scheme of personalization of recommendation services in ubiquitous contexts for learning applications, considering aspects such as: learning objects according to points of interest, personalized learning paths, closer points of interest, expert advice, and collaboration between peers. The proposed personalization scheme was designed from an architecture that encompasses four dimensions: models, ontologies, *software* components, and the outside world.

Keywords: ubiquitous learning, services, architecture directed by models, ontologies, personalization.

Personnalisation des services connexes pour les applications d'apprentissage

RÉSUMÉ

L'apprentissage ubiquitaire est plus qu'un phénomène technologique car il s'agit davantage d'une vision qui nous oblige à repenser l'environnement éducatif dans son ensemble en proposant de nouveaux scénarios d'apprentissage qui mettent à disposition des étudiants une ample variété de ressources, créent des environnements d'apprentissage nouveaux et variés, personnalisent l'apprentissage et réalisent un ensemble d'activités de formation adaptées en fonction du profil et du contexte d'apprentissage.

Cet article présente un schéma de référencement et de personnalisation des services en environnements ubiquitaires pour les applications, objets et moyens d'apprentissages personnalisés, les centres d'intérêt, les conseils et la collaboration d'experts. Le schéma de personnalisation proposé a été conçu à partir d'une architecture en quatre dimensions: modèles, ontologies, composants logiciels et environnement externe.

Mots clefs: apprentissage ubiquitaire, services, modèles d'architecture dirigée, ontologies, personnalisation.

Personalização de serviços para aplicativos de aprendizagem ubíqua

RESUMO

A aprendizagem ubíqua, mais que um fenômeno da tecnologia, é uma visão que convida a revisar o meio educativo com o fim de propor novos cenários de aprendizagem, já que permite pôr à disposição dos estudantes uma grande diversidade de recursos, criar novos e variados meios de formação, personalizar a aprendizagem e possibilitar a realização de um conjunto de atividades formativas adaptadas de acordo com o perfil e o contexto da aprendizagem.

Neste trabalho, apresenta-se um esquema de personalização de serviços de recomendação em contextos ubíquos para aplicativos de aprendizagem, considerando aspectos tais como: objetos de aprendizagem segundo pontos de interesse, caminhos de aprendizagem personalizados, pontos de interesse mais próximos, assessoramento de peritos e colaboração entre iguais. O esquema de personalização proposto foi desenhado a partir de uma arquitetura que abarca quatro dimensões: os modelos, as ontologias, os componentes de *software* e o mundo exterior.

Palavras-fínque: aprendizagem ubíqua, serviços, arquitetura dirigida por modelos, ontologias, personalização.

1. Introducción

El desarrollo de la tecnología en comunicaciones inalámbricas y dispositivos móviles ha experimentado un gran avance en los últimos tiempos y permitido el desarrollo de la computación, denominado computación ubicua. Este nuevo sector de la computación pretende incorporar a los objetos de la vida cotidiana capacidad de cómputo, de comunicaciones inalámbricas y de interacción entre ellos, para crear un nuevo modelo de la realidad en la que estos objetos interoperan entre sí para facilitar la realización de las tareas a las personas.

Por otra parte, el aprendizaje, tradicionalmente, se lo ha considerado como un proceso mediante el cual el aprendiz entra en contacto y adquiere conocimientos o destrezas de alguna fuente autorizada. Esta definición ya no es suficiente para describir la convergencia de las condiciones del conocimiento en la sociedad de la información. Las teorías más avanzadas sobre el aprendizaje sostienen que los aprendices no absorben de forma pasiva el conocimiento, personalmente significativo, sino que más bien lo crean de forma activa, a partir de su experiencia del mundo. Así es como surge una nueva forma de aprendizaje: el aprendizaje ubicuo –*u-learning*–.

Se han planteado varias definiciones de aprendizaje ubicuo. Una de las aceptadas más ampliamente es la propuesta en Hwang Chin-Chung y Yang (2008) quienes lo definen como «un aprendizaje que emplea dispositivos móviles, comunicación inalámbrica y tecnología de sensores en el desarrollo de actividades»⁴ (p. 81). Este paradigma de aprendizaje tiene lugar en un entorno de computación ubicua que permite el

aprendizaje del contenido correcto, en el lugar correcto, en el momento correcto y de la manera correcta (Yahya, Ahmad y Jalil, 2010).

En los ambientes ubicuos, es fundamental proporcionar una educación personalizada. La personalización en el contexto de la informática se refiere a la capacidad de un sistema o aplicación para adaptarse y satisfacer las necesidades de cada usuario, teniendo en cuenta, por ejemplo, su nivel de conocimientos, estilos de aprendizaje, habilidades cognitivas, ubicación actual, motivación, intereses, idioma preferido, etc., y así lograr que los entornos de aprendizaje permitan al estudiante una experiencia más eficaz, conveniente y exitosa (Graf y Kinshuk, 2008).

En entornos de aprendizaje ubicuos, el ambiente físico está enriquecido con tecnologías computacionales en red, sensores y actuadores. Esto proporciona excelentes medios a aplicaciones que se ejecutan en dichos entornos para capturar la situación, analizarla y modificar su comportamiento en consecuencia (Gilman, Milara, Cortés y Rieki, 2015). Por tanto, en el aprendizaje ubicuo, la personalización o adaptación no solo se realiza según las características y los conocimientos previos del estudiante, sino los aspectos y la información del contexto como la ubicación, el momento, los diferentes dispositivos, etc.

Algunos investigadores, como Jones y Jo (2004), separan el aprendizaje ubicuo de la función de personalización o adaptación; otros utilizan el término sistema de aprendizaje

⁴ Traducciones nuestras.

ubicuo adaptativo para hacer énfasis en que un aprendizaje ubicuo tiene una funcionalidad adaptativa (Gilman et al., 2015); mientras que un tercer grupo considera la funcionalidad de adaptación como una de las propiedades centrales del aprendizaje ubicuo (Hwang et al., 2008; Bomsdorf, 2005). Considerando este último enfoque, en este trabajo, se asume que el desarrollo de aplicaciones de *u-learning* requiere tener en cuenta las necesidades del usuario y considerar el conjunto complejo de múltiples formas de movilidad, diferentes tecnologías móviles, diversidad de transportistas, así como distintas situaciones de aprendizaje que se pueden presentar con fines de personalización. En consecuencia, se hace necesario que estas aplicaciones manejen información e infieran las características diferenciadas de los usuarios, de la tecnología que se utiliza y de los contextos en los que se concreta el aprendizaje. Se requiere, entonces, una arquitectura que permita gestionar los problemas mencionados y ontologías para permitir el razonamiento necesario e inferir características y estados durante el aprendizaje. De esta forma, será posible formular un esquema conceptual exhaustivo y riguroso del dominio, con la finalidad de facilitar la comunicación, reusar y compartir información (Ramos y Núñez, 2007).

En consecuencia, se ha decidido enfocar el problema del diseño de aplicaciones de apoyo al aprendizaje ubicuo a partir del planteo de una arquitectura basada en modelos ontológicos (Durán, Álvarez y Unzaga, 2014). Sobre la base de esta arquitectura se ha diseñado un esquema de personalización de servicios para ofrecer a los estudiantes en contextos ubicuos.

En la sección dos, se presentan investigaciones relacionadas con la temática de este trabajo, en la sección tres se detalla la arquitectura dirigida por modelos ontológicos para aplicaciones de aprendizaje ubicuo, en la sección cuatro se

describe el esquema de personalización de los servicios que se les ofrece a los estudiantes y se ejemplifican estos para un curso de ingreso a la universidad y en la sección cinco se presentan las conclusiones.

2. Trabajos relacionados

En esta sección, se exponen algunos antecedentes de trabajos que proponen arquitecturas o modelos de personalización para sistemas de aprendizaje ubicuo. Cho y Hong (2008) describen la arquitectura conceptual y modelo de contexto basado en ontologías para proporcionar servicios de aprendizaje conscientes del contexto en entornos de aprendizaje ubicuo. La ontología hace referencia a un ambiente de aprendizaje ubicuo y se denomina CALA-ONT –*Context Aware Learning Architecture Ontology*–.

Liao, Chou y Yang (2009) proponen una malla curricular de aprendizaje ubicuo basado en ontologías –OULG– para resolver las dificultades relativas a la manera de adaptar el ambiente de aprendizaje a los diferentes alumnos, dispositivos y lugares. OULG, a través de la ontología, identifica y adapta los contenidos de aprendizaje a aspectos del dominio, las tareas, los dispositivos y la información contextual.

Luyi, Zheng, Y. y Zheng, F. (2010) presentan un marco funcional de un sistema de aprendizaje ubicuo asistido por computadora que hace hincapié en el diseño de interacciones, la elección de los dispositivos y el servicio de aprendizaje. Este sistema presenta una arquitectura en capas, que consta de capa de recogida de datos, capa de servicios de aprendizaje, capa de gestión de servicios, capa de dispositivos y capa del usuario.

Wang y Wu (2011) presentan la arquitectura de un sistema *u-learning* basado en teléfonos inteligentes como el principal medio de conexión del estudiante. La arquitectura utiliza las transmisiones de red inalámbrica y la detección en tiempo real de los objetivos de aprendizaje en situaciones reales, y a partir de ello recomienda el material del curso para ese contexto a través de la plataforma de aprendizaje del usuario. La arquitectura del sistema está organizada en módulos: el módulo de presentación del curso y administración del perfil de aprendizaje, el módulo de administración del curso y el módulo de recomendación del curso.

Ovalle, Salazar y Duque (2014) proponen una arquitectura para recomendaciones personalizadas. Esta está basada en agentes inteligentes proactivos y deliberativos que permiten la búsqueda y recomendación de información adaptada al perfil del estudiante. Se emplearon ontologías en la descripción de los conceptos necesarios para definir la estructura del perfil del usuario y en las reglas a fin de poder seleccionar de forma adaptativa los contenidos para planificar el curso virtual y la adaptación de los objetos de aprendizaje a las características del usuario.

Karoudis y Magoulas (2016) proponen una arquitectura de sistema que proporciona caminos de aprendizaje personalizados utilizando estrategias pedagógicas e integrando ofertas de formación formal, informal y social. La arquitectura del sistema dirigido por pedagogías propuesto se basa en las siguientes capas: capa de presentación, que comprende los módulos de personalización y visualización; capa de adaptación, que contiene las reglas para seleccionar tanto el concepto como el contenido del camino de aprendizaje; y locker de datos personales, que se utiliza para almacenar información en los modelos de usuario y dominio.

De los trabajos presentados, se evidencia la importancia de diseñar aplicaciones de aprendizaje ubicuo sobre la base de una arquitectura. Si bien en los dos últimos trabajos presentados se evidencia el tratamiento de la adaptación o personalización, solo en el de Karoudis y Magoulas (2016) se incluye en la arquitectura una capa de adaptación. No obstante, esta capa solo permite adaptar el contenido y el camino de aprendizaje. La arquitectura utilizada en nuestro trabajo prevé un módulo de personalización. Este utiliza el esquema de personalización de servicios de recomendación, que aquí se propone, para contextos ubicuos en aplicaciones de *u-learning*. El esquema permite personalizar recomendaciones de objetos de aprendizaje según puntos de interés, caminos de aprendizaje personalizados, puntos de interés más cercanos, asesoramiento de expertos y colaboración entre pares.

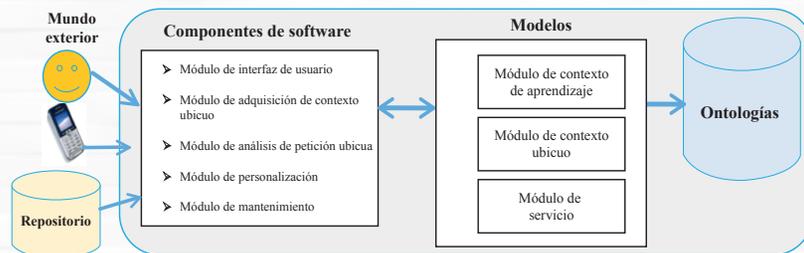
Por otra parte, se puede concluir que, si bien hay trabajos que usan ontologías en ambientes de aprendizaje ubicuo, no todas describen contextos ubicuos, y en las que sí lo hacen, no cubren todos los elementos del contexto que se modelan en este trabajo.

3. Arquitectura para aplicaciones ubicuas

Para poder desarrollar aplicaciones de aprendizaje ubicuo, se ha diseñado una arquitectura basada en modelos ontológicos. Esta facilita el manejo de la complejidad de este tipo de sistemas al ofrecer al estudiante distintos servicios personalizados de acuerdo con el estilo de aprendizaje, los conocimientos previos, la ubicación, el tipo de dispositivo móvil que usa, etc.

La figura 1 presenta la arquitectura propuesta, que abarca *cuatro dimensiones*: Mundo exterior, Componentes de software, Modelos y Ontologías.

Figura 1. Arquitectura basada en modelos ontológicos.



Fuente. Elaboración propia.

3.1 Dimensión modelos

La dimensión de los modelos representa el contexto y los servicios por ofrecer al estudiante. Se ha considerado la definición de contexto dada en Siadaty et al. (2008), que expresa que, en el aprendizaje, el contexto abarca dos ámbitos fundamentales, a saber: el contexto de aprendizaje y el contexto móvil. En este trabajo, se ha cambiado el contexto móvil por contexto ubicuo, debido al tipo de tecnología considerada. Ambos modelos pueden contener información contextual estática, que describe aspectos invariantes, y dinámica, que se refiere a observaciones que varían con el tiempo.

El modelo de contexto de aprendizaje aglutina tres modelos:

- Modelo del estudiante: describe las características más relevantes de este con fines de personalización. Se actualiza permanentemente de acuerdo con los

cambios que presenta el estudiante en su interacción con el sistema. Contiene información referida a los datos personales e incluye datos académicos como grado académico, estudios actuales, etc. A fin de poder personalizar las actividades de aprendizaje, se incluyen datos del estilo de aprendizaje y nivel de conocimiento con respecto a los contenidos de aprendizaje del curso.

- Modelo de dominio: representa las piezas de conocimiento que serán transmitidas por el sistema; temas para los cuales se dispone de material de aprendizaje, tareas que tienen que ser realizadas por el estudiante, entre otras. El modelo de dominio contiene las clases que permiten la organización, representación y estructura de los objetos de aprendizaje –OA– sobre temas del dominio de la aplicación. El modelo de dominio está constituido por un espacio de conocimiento –red de conceptos– y por un hiperespacio que contiene un conjunto de OA, ambos interconectados entre sí (Brusilovsky y Peylo, 2003). Atendiendo a la necesidad de estructurar el hiperespacio, se realizó el modelo conceptual del dominio presentado en (Álvarez et al., 2015a). Para ello, se consideró que este está compuesto por los OA existentes en diferentes repositorios de la web.
- Modelo de la estrategia de aprendizaje: describe las diferentes acciones que se pueden utilizar para posibilitar un aprendizaje mayormente significativo en el contexto de aprendizaje ubicuo.

El modelo de contexto ubicuo está formado por cinco modelos:

- Modelo de dispositivos: describe los distintos tipos de dispositivos como PDA –*public display of affection*–, sensores y teléfonos móviles que están equipados con diferentes hardware y *software*, y que puedan ser usados por los estudiantes en un entorno de *u-learning*.
- Modelo de comunicación: describe los diferentes tipos de redes de comunicación entre el sistema de *u-learning* y el usuario.
- Modelo del ambiente: describe los diferentes ambientes –hogar, universidad, calle, etc.– en los que se puede concretar el aprendizaje ubicuo y los puntos de interés –PI– que se encuentren en esos ambientes.
- Modelo del contexto social: describe a las personas que pueden colaborar en el desarrollo de actividades con el estudiante.
- Modelo de servicio: describe las categorías y los tipos de servicios que puede ofrecer una aplicación. La categoría representa la clase de servicio que se ofrece. El tipo representa un grupo de servicios con características comunes dentro de una categoría.

3.2 Dimensión Ontologías

A partir de los modelos desarrollados en la dimensión anterior, y considerando que estos modelos son muy ricos en información y en relaciones entre los conceptos, se consideró el uso de ontologías para su implementación. Estas son un instrumento potente para especificar conceptos e interrelaciones en un

dominio. Sus componentes son las clases, las propiedades, las relaciones y la información sobre su significado y limitaciones.

En la figura 2, se presentan las principales clases identificadas, a partir del modelo de contexto definido anteriormente. Estas son:

- Estudiante: describe los datos personales, de preferencias, de conocimientos previos y estilo de aprendizaje de los estudiantes.
- Curso: describe los datos identificatorios, las características de un curso y sus objetivos pedagógicos.
- Tema: describe la segmentación de los contenidos educativos en partes más pequeñas.
- Objeto de aprendizaje: considerando que los cursos se conforman de OA, los que se toman de diferentes repositorios y contienen metadatos que facilitan su identificación y recuperación, se modela en esta clase los datos establecidos en el estándar IEEE LOM.
- Estrategia de aprendizaje: describe el tipo de estrategia por utilizar –por ejemplo de prueba y error, con preorientaciones, de composición completa, etc.–, las herramientas por emplear, los tipos de actividades y de evaluaciones para cada estrategia.
- Dispositivo: describe el dispositivo que utiliza el estudiante para acceder a los cursos y las características de hardware y *software* de este.
- Red de comunicación: describe las posibles redes de comunicación por las que se puede conectar el estudiante con el sistema.

3.4 Dimensión Mundo exterior

Esta dimensión refleja el medio ambiente del sistema – estudiante, administrador del sistema, dispositivos móviles con los que el estudiante se puede conectar al sistema, y los recursos de datos externos a los que accede el sistema, como repositorios de OA– que se debe considerar en todas las dimensiones anteriores, ya que serán los actores en algunos casos y en otros se estima relevante la información que de ellos se debe tener.

4. Personalización de los servicios

En esta sección, se describe el enfoque de personalización propuesto para adaptar los servicios ofrecidos a los estudiantes en ambientes ubicuos y se ejemplifica este en el curso de ingreso a la universidad, y en particular para el área de orientación educativa universitaria. Esta área abarca, entre otras temáticas, información general relacionada con la universidad, y en particular de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías.

Los distintos sectores de la universidad conforman los PI para los cuales se desarrollarán OA, que le permitan al estudiante aprender normativas, organización de las áreas y procedimientos que lo involucren –por ejemplo funciones de los órganos de gobierno de la universidad, trámites de inscripción en materias, exámenes, trámites en las facultades, procedimiento para asociarse a la biblioteca, para solicitar libros, etc.–. Además, los OA incluirán actividades prácticas y evaluativas.

El enfoque de personalización fue diseñado considerando distintos tipos de servicios que una aplicación de apoyo al aprendizaje ubicuo puede ofrecer. En este enfoque, se han considerado los siguientes tipos de adaptación presentados previamente en Álvarez et al. (2015b):

- Adaptación didáctica: consiste en adaptar el diseño instruccional a partir de un planeamiento riguroso en el que se establecen criterios respecto a los contenidos con que se abarcarán las unidades de aprendizaje del dominio de conocimiento, el conjunto de actividades y la ruta instruccional por proponer al estudiante conforme a sus características y condiciones contextuales.
- Adaptación de interfaz: se fundamenta en la disposición del sistema para el estudiante con las adaptaciones de presentación respecto de la disposición en que los materiales y las actividades son provistos, con una apariencia e interacción conforme a las condiciones de cada estudiante, y de navegación, que incluye la estructura de los enlaces –basado en web– o relaciones interobjetos para el desplazamiento por el sistema.
- Adaptación colaborativa: consiste en adaptar las recomendaciones para las actividades colaborativas del estudiante, abarcando principalmente la recomendación de colaboradores acorde con las características personales y contextuales propias de los estudiantes y de sus posibles colaboradores –pares o expertos–.

En cuanto a los enfoques de personalización para proporcionar servicios personalizados en entornos ubicuos, en Park, W.-I., Park, J.-H., Kim y Kang (2010), se propone: personalización sensible al contexto, personalización basada en el perfil de usuario y el enfoque híbrido. En este trabajo, se adoptó

el enfoque híbrido que combina la personalización basada en perfiles de usuario, permite adaptar a las características relevantes de los estudiantes con la personalización sensible al contexto y realiza la adaptación según los aspectos que caracterizan una situación de aprendizaje particular, el ambiente donde se concreta y los dispositivos y medios que se usan. Se utiliza, además, un enfoque semántico mediante el uso de ontologías para el modelado tanto de los datos del perfil como del contexto. En ambos casos, la técnica aplicada para filtrar los aspectos relevantes por recomendar son las reglas.

- Servicio 1. El estudiante requiere OA de un PI específico: el estudiante se posiciona frente a un PI –por ejemplo frente al Departamento Alumnos– sobre el cual quiere aprender, entonces, usando su dispositivo móvil, registra el código QR asociado a ese PI. La aplicación despliega en la pantalla del dispositivo la lista personalizada de OA para que el estudiante seleccione el de su interés (tabla 1).

A continuación, se describen los servicios y se muestra en las tablas 1 a 5 las consideraciones de diseño de la personalización definidas para cada uno.

Tabla 1. Consideraciones de la personalización del servicio 1

Objetivo de la personalización	Tipo de adaptación	Clases y propiedades de la ontología/información adquirida del contexto	Ejemplo de personalización
Proporcionar asistencia personalizada en el reconocimiento de puntos de interés	Didáctica: de contenido	Puntos de interés	Se obtiene una lista con los OA que estén relacionados con el PI, cuyo código QR fue sensado por el dispositivo móvil del estudiante y cuyas características técnicas coincidan con las del dispositivo usado por el estudiante –adaptación de presentación–. Luego, se filtran de la lista anterior los OA, cuyas características pedagógicas coincidan con el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento del estudiante –adaptación de contenido–.
	De interfaz: presentación	Estudiante: estilo de aprendizaje y nivel de conocimiento	
		Dispositivo	
		Red de comunicación	

Fuente. Elaboración propia.

- Servicio 2. El estudiante selecciona un objetivo de aprendizaje y se le ofrece un camino de aprendizaje personalizado: en este servicio, el estudiante se encuentra en la universidad, ha iniciado la sesión en la aplicación y seleccionado un objetivo de aprendizaje vinculado con el curso de ingreso. La aplicación identifica la ubicación del estudiante a partir de su dispositivo móvil y elabora un camino de aprendizaje con los PI que debe visitar el estudiante para cumplir con el objetivo seleccionado. Una vez que el estudiante se encuentra frente a un PI, deberá sensar el código QR correspondiente a este y la aplicación le devolverá los OA de acuerdo con su estilo de aprendizaje y las características del dispositivo móvil utilizado (tabla 2).

Tabla 2. Consideraciones de la personalización del servicio 2

Objetivo de la personalización	Tipo de adaptación	Clases y propiedades de la ontología/información adquirida del contexto	Ejemplo de personalización
Proporcionar un camino de aprendizaje personalizado	Didáctica: Ruta instruccional	Ubicación del estudiante	<p>Primero, se selecciona una secuencia de temas que corresponda con el objetivo seleccionado por el estudiante. Luego, por cada tema de la secuencia, recupera los PI asociados a este. A continuación, se filtran aquellos PI que el estudiante no visitó. A continuación, para cada PI calcula la distancia en relación con la posición actual del estudiante y genera una lista por orden creciente de estos PI –adaptación de ruta instruccional–.</p> <p>Una vez que el estudiante haya sensado el PI, se obtiene una lista con los OA, cuyas características técnicas coincidan con las del dispositivo usado por el estudiante –adaptación de presentación–. Luego, se filtran de la lista anterior los OA, cuyas características pedagógicas coincidan con el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento del estudiante –adaptación contenidos–.</p>
		Estudiante: estilo de aprendizaje y nivel de conocimiento	
		Estrategia de aprendizaje: objetivo de aprendizaje	
	De interfaz: presentación	Tema	
		Didáctica: de contenido	
	Dispositivo		
	Red de comunicación		

Fuente. Elaboración propia.

- Servicio 3. El estudiante obtiene una recomendación de PI cercanos de acuerdo con su ubicación actual: el estudiante se encuentra en la universidad. El sistema detecta su ubicación y determina el o los PI más cercanos y que no han sido visitados aún por el estudiante. Una vez que el estudiante se encuentre en algún PI recomendado, la aplicación le sugiere los OA apropiados según su perfil personal y las características del dispositivo móvil usado (tabla 3).

Tabla 3. Consideraciones de la personalización del servicio 3

Objetivo de la personalización	Tipo de adaptación	Clases y propiedades de la ontología/información adquirida del contexto	Ejemplo de personalización
Recomendar un punto de interés cercano a la ubicación actual del estudiante	Didáctica: de contenido De interfaz: presentación	Ubicación del estudiante	Se obtienen los PI más cercanos a la ubicación actual del estudiante y que no hayan sido realizados por este. Luego, el estudiante usa su dispositivo para sensar un PI y se obtiene una lista con los OA de ese PI, cuyas características técnicas coincidan con las características técnicas del dispositivo usado por el estudiante –adaptación de presentación–. Por último, se filtran de la lista anterior los OA, cuyas características pedagógicas coincidan con el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento del estudiante –adaptación contenidos–.
		Estudiante: estilo de aprendizaje y nivel de conocimiento Puntos de interés Dispositivo Red de comunicación	

Fuente. Elaboración propia.

- Servicio 4. El estudiante solicita asesoramiento experto para cumplir con una tarea específica: en este servicio, el estudiante solicita a la aplicación la posibilidad de realizar consultas a expertos. La aplicación busca a los que se encuentran online en ese momento o que se encuentren cerca de la ubicación del estudiante. Escoge con quién comunicarse de acuerdo con las listas que la aplicación le muestra (tabla 4).

Tabla 4. Consideraciones de la personalización del servicio 4

Objetivo de la personalización	Tipo de adaptación	Clases y propiedades de la ontología/información adquirida del contexto	Ejemplo de personalización
Recomendar un experto	Colaborativa	Ubicación del estudiante Ubicación de los expertos Tema seleccionado Contexto social: expertos, tema de experticia Red de comunicación	Se genera una primera lista con los expertos del contexto social, cuyo tema de experticia se corresponda con el tema en el que está trabajando el estudiante. De esa lista, se obtiene una segunda lista con aquellos expertos que cumplan con la condición de estar en línea. Luego, se obtiene una tercera lista con los expertos que se encuentren físicamente cerca de la ubicación actual del estudiante –adaptación colaborativa–.

Fuente. Elaboración propia.

- Servicio 5. El estudiante solicita la colaboración de pares para cumplir con una tarea específica: para este servicio, el estudiante solicita a la aplicación la posibilidad de contactarse con sus compañeros. La aplicación busca entre los estudiantes *online* o que se encuentren físicamente cerca aquel que mejor pueda apoyar el aprendizaje del alumno solicitante, en función del grado de avance en la tarea y el nivel de conocimiento (tabla 5).

Tabla 5. Consideraciones de la personalización del servicio 5

Objetivo de la personalización	Tipo de adaptación	Clases y propiedades de la ontología/información adquirida del contexto	Ejemplo de personalización
Recomendar un compañero	Colaborativa	Ubicación del estudiante Ubicación de los compañeros Estudiante: conocimiento previo del compañero Red de comunicación Tema seleccionado	Se genera una primera lista con los pares que pertenecen a este curso del estudiante y tienen aprobada la tarea que el estudiante ha seleccionado para realizar. A partir de esta lista, se filtran los pares que se encuentren conectados al sistema en ese momento. Luego, se obtiene una tercera lista formada por los pares que se encuentren físicamente cerca de la ubicación actual del estudiante.

Fuente. Elaboración propia.

5. Conclusiones

En este trabajo, se presentó un enfoque para la personalización de servicios en contextos ubicuos, implementable en el módulo de personalización de la arquitectura dirigida por modelos ontológicos, y se demostró la aplicabilidad del enfoque propuesto ejemplificando este en la personalización de servicios para el curso de ingreso a la universidad, y en particular para el área de orientación educativa universitaria.

Se pueden destacar las siguientes conclusiones en relación con el enfoque propuesto:

- La arquitectura dirigida por modelos aporta un marco adecuado para la aplicación del enfoque, ya que facilita el manejo de la complejidad de las aplicaciones ubicuas con la estructuración en modelos que permiten ofrecer al estudiante distintos servicios personalizados de acuerdo con el estilo de aprendizaje, los conocimientos previos, la ubicación, el tipo de dispositivo móvil que usa, etc.

- El enfoque híbrido utilizado en la personalización permitió adaptar los servicios tanto a las características registradas en el perfil de usuario como a las características contextuales en las que se concreta el aprendizaje.
- El enfoque semántico aplicado, con el uso de ontologías para el modelado tanto de los datos del perfil como del contexto, resultó útil, ya que permite la inferencia de características no declaradas, así como la posibilidad de instanciar para un caso concreto los aspectos generales de cada ontología.

En concreto, el enfoque aporta consideraciones de diseño para lograr la personalización de distintos tipos de servicios a ofrecer en aplicaciones de aprendizaje ubicuo. Establece las clases del modelo ontológico que se utilizarán y la información que se debe adquirir del contexto, según los objetivos de personalización de cada servicio.

Continuando con esta línea, se está avanzando en el desarrollo de los modelos ontológicos y los distintos servicios planteados. A mediano se plazo se considera evaluar la aplicación en contextos reales.

Referencias

- Álvarez, M., Únzaga, S., Durán, E. B. (2015a). *Modelo de dominio en sistemas de aprendizaje ubicuo*. Ponencia presentada en X Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, Salta, Argentina.
- Álvarez, M., Únzaga, S., Durán, E. B. (2015b). *Recomendaciones personalizadas para aplicaciones de soporte al aprendizaje ubicuo*. Ponencia presentada en XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Junín, Argentina.
- Bomsdorf, B. (2005). Adaptation of learning spaces: Supporting ubiquitous learning in higher distance education. Recuperado de <https://bit.ly/2raIMW8>
- Brusilovsky, P. y Peylo, C. (2003). Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 159-172.
- Cho, D. J. y Hong, M. W. (2008). *A design of ontology context model in ubiquitous learning environments*. Ponencia presentada en 12th WSEAS International Conference on COMPUTERS, Heraclión, Grecia.
- Durán, E. B., Álvarez, M. M. y Únzaga, S. I. (2014). *Ontological model-driven architecture for ubiquitous learning applications*. Ponencia presentada en 7th Euro American Association on Telematic and Information Systems, Valparaiso, Chile. Recuperado de <https://bit.ly/2HEHJTq>
- Gilman, E., Milara, I. S., Cortés, M. y Riekk, J. (2015). Towards user support in ubiquitous learning systems. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(1), 55-68.
- Graf, S. y Kinshuk (2008). Adaptivity and personalization in ubiquitous learning systems. *En Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group* (pp. 331-338). Berlín: Springer.
- Hwang, G. J., Chin-Chung, T. y Yang, S. J. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 11(2), 81-91.

- Jones, V. y Jo, J. H. (2004). *Ubiquitous learning environment: An adaptive teaching system using ubiquitous technology*. Ponencia presentada en 21st ASCILITE Conference, Perth, Western Australia. Recuperado de <https://www.ascilite.org/conferences/perth04/procs/jones.html>
- Karoudis, K. y Magoulas, G. D. (2016). Ubiquitous learning architecture to enable learning path design across the cumulative learning continuum. *Informatics*, 3(4).
- Liao, C. J., Chou, C. C. y Yang, J. T. D. (2009). The construction of an ontology-based ubiquitous learning grid. *International Journal of Distance Education Technologies*, 7(3), 1-25.
- Luyi, L., Zheng, Y. y Zheng, F. (2010). *Design of a computer-supported ubiquitous learning system*. Ponencia presentada en *International Conference on Networking and Digital Society*, Wenzhou, China. Recuperado de <https://bit.ly/2r77xAw>
- Ovalle, D. A., Salazar, O. M. y Duque, N. D. (2014). Modelo de recomendación personalizada en cursos virtuales basado en computación ubicua y agentes inteligentes. *Información tecnológica*, 25(6), 131-142.
- Park, W.-I., Park, J.-H., Kim, Y. K. y Kang, J.-H. (2010). *An efficient context-aware technique for ubiquitous learning*. Ponencia presentada en 4th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, Nueva York, Estados Unidos.
- Ramos, E. y Núñez, H. (2007). *Ontologías: componentes, metodologías, lenguajes, herramientas y aplicaciones*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Yahya, S., Ahmad, E. A. y Jalil, K. A. (2010). The definition and characteristics of ubiquitous learning: A discussion. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 6(1), 117-127.
- Siadaty, M., Torniai, C., Gašević, D., Jovanovic, J., Eap, T. y Hatala, M. (2008). *m-LOCO: An ontology-based framework for context-aware mobile learning*. Ponencia presentada en Sixth International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning in conjunction with ITS.
- Wang, S. L. y Wu, C. Y. (2011). Application of context-aware and personalized recommendation to implement an adaptive ubiquitous learning system. *Expert Systems with applications*, 38(9), 10831-10838.