

Arquitectura para la creación de ambientes móviles de recomendación, interacción y alertas para usuarios de una plataforma de EaD

Gisela T. de Clunie^{1§}, Sérgio Crespo², Aris L. Castillo³, Lucas M. Braz⁴,
Tássia Serrao⁵, Norman Rangel⁶, Jeanette Riley⁷, Olinda de Barraza⁸, Kexy
Rodríguez⁹, Boris Gómez¹⁰

Fecha de Recibido: 04/03/11

Fecha de aprobación: 15/05/11

Resumen

El desarrollo de la computación móvil y su aplicación en la educación, hizo surgir un nuevo enfoque de educación a distancia, denominado aprendizaje móvil (*o m-learning*), el cual facilita a los estudiantes el aprendizaje a cualquier momento y en cualquier lugar. Este trabajo presenta la propuesta de diseño de una arquitectura de apoyo al aprendizaje móvil, que facilite a los usuarios del Programa de la Universidad Virtual, de la Universidad Tecnológica de Panamá, interactuar de forma eficiente, flexible y transparente en un ambiente colaborativo y personalizable de recomendación, interacción y alertas, por medio de teléfonos celulares con Sistema Android (Google) incrustado. Para ello se hace uso de la metodología SOA (*Service Oriented Architecture*) que facilita la reutilización de módulos.

Palabras clave: Educación a distancia, ambientes virtuales de aprendizaje, aprendizaje móvil, computación móvil, SOA, Moodle

Abstract

The mobile computing development and its application in education have allowed the emerging of a new distance education approach, mobile learning (*m-learning*), which lets students reach learning everywhere and any time. This paper presents a proposal for the design of an architecture to support mobile learning that should allow users of the Online Education Environment of Technological University of Panama interact efficiently, flexibly and seamlessly in a collaborative environment, which can be customized for recommendations, interaction and alerts through cellphones based on Android. For this, SOA (*Service Oriented Architecture*) methodology is used given that it eases module reuse.

Keywords: Distance education, virtual education, movil learning, movil computing, SOA, Moodle

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, e-mail: gisela.clunie@utp.ac.pa

²Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Maestría en Computación Aplicada, e-mail: crespo.sergio@gmail.com

³Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, e-mail: aris.castillo@utp.ac.pa

⁴Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Maestría en Computación Aplicada, e-mail: lmonteibraz@gmail.com

⁵Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Maestría en Computación Aplicada, e-mail: tassiacomp@gmail.com

⁶Universidad Tecnológica de Panamá, CIDITIC, e-mail: norman.rangel@utp.ac.pa

⁷Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, e-mail: jeanette.riley@utp.ac.pa

⁸Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, e-mail: olinda.velarde@utp.ac.pa

⁹Universidad Tecnológica de Panamá, CIDITIC, e-mail: kexy.rodriguez@utp.ac.pa

¹⁰ Universidad Tecnológica de Panamá, CIDITIC, e-mail: boris.gomez@utp.ac.pa

† Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

1. Introducción

El desarrollo de la computación móvil y su amplia difusión han promovido la creación de aplicaciones móviles orientadas al campo educativo, mediante la integración de servicios diversos que favorecen el surgimiento de una nueva categoría de educación a distancia denominada “aprendizaje móvil”, conocida comúnmente como *m-learning*. Mientras tanto, para conectar software se hace necesaria la creación de procesos que integren las aplicaciones individuales de forma coherente y eficiente. De acuerdo con [1], este enfoque educativo viabiliza el aprendizaje de los estudiantes desde cualquier lugar y en cualquier momento, mediante conexiones de redes inalámbricas.

Diversos dispositivos móviles pueden ser utilizados en el proceso educativo, tales como *smartphones*, *tablets* y reproductores multimedia. Dentro de estos, el teléfono celular surge como más promisor, por tratarse de un dispositivo ampliamente difundido en todo el mundo y en todos los sectores, independientemente de la edad y clase económica. Otro factor importante es el notable aumento del poder computacional de los teléfonos celulares, que hoy poseen capacidad de procesamiento y almacenamiento igual o superior a la que las computadoras tenían hace unos pocos años. Además de eso, ya es posible utilizar software como editores de texto y lectores de PDF, que inicialmente fueron desarrollados para computadoras. La posibilidad de integrar la educación con dispositivos móviles impulsa el desarrollo de las redes y permite incorporar metodologías de trabajo y aprendizaje colaborativo.

Las redes promueven ambientes de comunicación con gran potencial, haciendo posible el intercambio de experiencias entre estudiantes de un mismo centro o de diferentes contextos geográficos. En varios países ya existen ciudades que están completamente cubiertas por redes WI-FI, facilitando la combinación de ambientes educativos con la movilidad ofrecida por los dispositivos móviles. Estas tecnologías promueven el aprendizaje móvil, que fortalece y refuerza el proceso de cooperación e interacción entre sus usuarios. De esta forma, el potencial de Internet móvil permite el acceso más fácil a sus recursos, desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Moodle es un Sistema de Administración de Cursos (CMS, del inglés *Course Management System*), una aplicación que permite a los profesores la construcción de sitios para el aprendizaje en línea. De acuerdo con [2], las principales fortalezas de Moodle son las herramientas de comunicación, creación y administración de objetos de aprendizaje. Mientras tanto, a pesar de esto y de todas las ventajas que proporciona el *m-learning*; Moodle, así como otras plataformas educativas, no brinda un ambiente colaborativo de recomendación en dispositivos móviles.

Bajo esta perspectiva, este artículo propone el desarrollo de una arquitectura que facilita la integración de diversos recursos educativos de apoyo al aprendizaje móvil (*m-learning*), con la intención de cambiar el paradigma de la enseñanza a distancia, a través de una solución innovadora, modular, móvil y adaptable a cada necesidad, haciendo uso de las máximas capacidades de comunicación que nos brinda la tecnología de información hoy en día. La arquitectura permite la formación de un ambiente colaborativo personalizable de recomendación, interacción y alertas para usuarios de la plataforma de Educación a Distancia (EaD), en la Universidad Virtual, de la Universidad Tecnológica de Panamá, por medio de teléfonos celulares con sistema operativo Android (Google) incrustado. Este ambiente colaborativo es definido de acuerdo con la visión del profesor y los estudiantes. Para cada metáfora (profesor y estudiante), estarán disponibles diferentes formas de alertas y recomendación, así como de interacción con las herramientas de Moodle.

Android¹⁰ es una plataforma de software open source, basada en Linux, creada específicamente para dispositivos móviles, lo que puede ser fácilmente identificado mediante el análisis de sus características:

- *Layouts* de los dispositivos: adaptable para pantallas con formato tradicional y con formatos mayores, sensibles al tacto (*touchscreen*);
- *Conectividad*: principales estándares del mercado, tales como GSM, CDMA, Bluetooth, EDGE, EV-DO, 3G e Wi-Fi;
- *Media Support*: principales medios del mercado, tales como MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, PNG, GIF;
- *Intercambio de mensajes*: SMS y MMS;
- *Máquina virtual optimizada para dispositivos móviles*: Dalvik Virtual machine¹¹;

¹⁰ <http://www.android.com/>

- *Soporte a hardware adicionales:* cámara, GPS, brújula, acelerómetro;
- *Almacenamiento:* base de datos SQLite;
- *Web browser:* WebKit.

La decisión de invertir en esta API se debe al hecho de ser una arquitectura *OpenSource*, tener disponible en el mercado celulares de tipo 3G y tener un gran número de instituciones de investigación y desarrolladores creando nuevas funcionalidades para ser incorporadas en su hardware.

La siguiente sección presenta los antecedentes que dan sustento a la presente propuesta. Inicia con un resumen sobre el surgimiento del Programa de Educación Virtual en la Universidad Tecnológica de Panamá, para ampliar el alcance de la educación superior a todos y cualquier panameño que no pueda asistir a un salón de clases presencial; discute *m-learning*, destacando sus principales bondades, se resalta el problema de la educación a distancia frente a la gran proliferación de herramientas educativas aisladas y una posible solución a través de la integración de las herramientas necesarias para que el usuario saque el mayor provecho de su experiencia, la sección concluye presentando los principales beneficios que se generan con el desarrollo de la propuesta. En la sección 3, se presentan los trabajos relacionados, diversos trabajos que tratan *m-learning* como un complemento para la educación a distancia. La sección 4 describe la arquitectura propuesta, trata el paradigma de trabajo SOA que permite la integración de servicios heterogéneos en distintos ambientes de trabajo de forma flexible y aplicando reutilización; discute los niveles de trabajo que componen la arquitectura y define las principales funcionalidades y los aspectos de escalabilidad de la arquitectura. Para finalizar, en la sección 5, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Antecedentes

Los inicios del Programa de la Universidad Virtual, de la Universidad Tecnológica de Panamá, se remontan al año 2000, cuando hablar de educación virtual o “e-learning”, resultaba algo novedoso en el país y no se reportaba evidencia de experiencias locales. El programa surge como un “tímido” proyecto de uso y aplicación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en el cual participaron las seis Facultades y los siete Centros Regionales de la Universidad Tecnológica de Panamá.

En el año 2003, la Universidad Tecnológica de Panamá, consciente del papel protagónico que debe desempeñar y de la responsabilidad que le incumbe la sociedad panameña, en atención a su misión y visión, crea la Universidad Virtual (UTPVirtual) [3], aprovechando las ventajas introducidas por las hipertecnologías [4] para resolver las necesidades de formación y especialización de aquellas personas que por razones de tiempo, compromiso de trabajo, distancia, responsabilidades familiares, discapacidad física y otros, no pueden beneficiarse de una educación presencial especializada. UTPVirtual surge como elemento democratizador de la educación superior y como alternativa a la educación presencial, que busca ofrecer igualdad de oportunidades de aprendizaje a quienes, de manera general, encuentran dificultades para asistir a un salón de clases presencial. Al tener cobertura global, su presencia a lo largo del territorio nacional permite potenciar los procesos de desarrollo local y nacional.

2.1 M-Learning

m-Learning (o aprendizaje móvil) es definido por [5], como cualquier tipo de aprendizaje que ocurre cuando el estudiante no está en un local fijo, predeterminado, o cuando éste obtiene provecho de las oportunidades ofrecidas por las tecnologías móviles. Además, *m-learning* puede ser visto como un complemento a los enfoques de educación a distancia tradicionales, que ofrecen a los estudiantes libertad de tiempo y espacio [1], a través del uso de dispositivos móviles como *Smartphones*, PDA, Tablet PC y teléfonos celulares [6].

La característica principal del aprendizaje móvil es la posibilidad de que los estudiantes realicen sus estudios desde cualquier lugar y en cualquier momento (por ejemplo, de regreso a sus casas o esperando en un consultorio médico), de acuerdo con las necesidades de combinar el estudio con el trabajo, la familia y la vida social [ibíd]. Dentro de los dispositivos móviles que pueden ser utilizados para *m-learning*, el teléfono celular surge como el más promisorio. Algunos factores que evidencian esta condición son:

- i) **ubicuidad:** los celulares forman parte importante en la vida de las personas, que los llevan a todos los lugares. Se estima que en el año 2005 había 1.5 millones de celulares en el mundo, con un promedio de 500 millones vendidos anualmente [7]. Datos más recientes demuestran que la cantidad de teléfonos

¹¹ <http://www.dalvikvm.com/>

celulares vendidos en Brasil supera los 180 millones, lo que representa un poco más de 95 celulares por cada 100 (cien) habitantes [8]. En el caso de Panamá, el índice anual de teléfonos celulares por cada 100 habitantes, para el año 2010, se estimó en 185.4 y un 90.7% de cobertura de la población [18];

- ii) **desempeño:** la capacidad de procesamiento y almacenamiento de estos dispositivos llega a superar la capacidad de los computadores de hace pocos años atrás [7];
- iii) **GPS:** la integración entre los celulares y la tecnología de posicionamiento por satélites proporciona nuevas posibilidades educativas basadas en la localización del estudiante. Por ejemplo, es posible recomendar la formación de grupos de alumnos para discusiones, debates u otras actividades, de acuerdo con su localización física.

Un aspecto muy importante, al hablar de aprendizaje móvil, es que este no tiene que ser entendido como una sustitución al paradigma usual de educación a distancia facilitada por la computadora, sino como un complemento, en el sentido que ésta ofrece más libertad (y a veces más motivación) a los estudiantes en sus actividades de aprendizaje. En este sentido, la arquitectura propuesta es apropiada, dado que tiene como objetivo la integración entre una plataforma educativa (Moodle) con la nueva tendencia de enseñanza-aprendizaje móvil.

2.2 Situación problema

Al igual que en otras áreas o dominios de conocimiento, en la educación a distancia las aplicaciones no están aisladas unas de otras; y, a pesar de que muchas han sido creadas para propósitos específicos, hoy día resulta común la integración de aplicaciones [10]. Mientras tanto, conectar software resulta más que el simple intercambio de “bytes”, razón por la cual se hace necesaria la creación de procesos que integren las aplicaciones individuales de forma coherente y eficiente. Por otro lado, la mayoría de las veces, la metodología de desarrollo utilizada para las interfaces de aplicativo consiste en la creación de interfaces directas, de punto a punto.

Hoy por hoy, observamos la creciente proliferación de investigaciones y trabajos realizados en el área de educación a distancia, a partir de simples herramientas de comunicación, evaluación y soporte para ambientes integradores los cuales, a partir de un único sitio, tornan disponibles diversos recursos y herramientas para atender las principales necesidades que resultan de las actividades de profesores y estudiantes [11]. La integración que proporciona Internet trae consigo un cambio significativo en la postura de los usuarios frente al software educativo. El problema deja de ser ¿cómo producir el software necesario? para convertirse en ¿dónde encontrar y cómo usar el software necesario?g Aunque es mucho el software educativo que existe en Internet, con frecuencia nos encontramos que prevalece una u otra de las siguientes situaciones: se abordan diversos aspectos del mismo problema, o, el mismo problema bajo perspectivas diferentes. De esta forma, al buscar un recurso que atienda su necesidad, frecuentemente el usuario se encuentra con una colección de piezas de software que son incompatibles y, además, no disponen de mecanismos de integración. Esta propuesta tiene la intención de cambiar el paradigma de la enseñanza a distancia, a través de una solución innovadora, mediante el desarrollo de una arquitectura modular, móvil y adaptable a cada necesidad, que permita la formación de un ambiente colaborativo personalizable de recomendación, interacción y alertas para usuarios de la plataforma Moodle.

2.3 Principales beneficios

La combinación de un ambiente educativo con la movilidad ofrecida por *smartphones*, *tablets* y reproductores multimedia, para constituir un aprendizaje móvil, fortalece y aumenta el proceso de cooperación e interacción entre sus usuarios [12]. De esta forma, el potencial de Internet móvil, permite crear facilidades de acceso a sus recursos, desde cualquier lugar y en cualquier momento. El proyecto genera, directamente, entre otros, los siguientes beneficios:

- a) Promueve la generación de respuestas a las necesidades de formación y/o especialización de las personas que no pueden asistir regularmente a un salón de clases presencial.
- b) Se consolida un aporte profesional y especializado, de parte de las instituciones participantes, alineado a las políticas nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- c) Se fundamenta en la sinergia, y aprovecha el prestigio y la experiencia, con que cuentan la Universidad Tecnológica de Panamá, a través del Centro de Investigación, Postgrado y Extensión UTPVirtual y la UNISINOS a través de los equipos de Ingeniería de Software y lenguajes de Programación.
- d) Potencia la imagen del país, respecto al desarrollo de la educación a distancia en línea, al impulsar el desarrollo de soluciones innovadoras.

En el proyecto emergen como principales beneficiarios [13]:

- Los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá, a nivel nacional, que participan en la Universidad Virtual (UTPVirtual).
- La sociedad global en su conjunto, ya que los resultados del proyecto constituyen soluciones efectivas para quienes realizan sus estudios en la modalidad de EaD en línea.

El desarrollo del presente proyecto, el cual utiliza técnicas computacionales y de Ingeniería de Software tales como: *web services*, *design patterns*, ontologías y tecnologías de computación móvil; resuelve la problemática de los diferentes participantes que se benefician de los programas de educación virtual. Además, impacta mediante la creación de una arquitectura que hace posible la integración de diversos recursos educativos, los cuales le permitirán al usuario la definición, de forma modular e integrada, de los recursos que le resulten más convenientes, tal arquitectura proporcionará un ambiente educativo móvil, el cual podrá ser accedido a través de *smartphones*, en cualquier lugar que posea un acceso a Internet.

3. Trabajos relacionados

Diversos trabajos discuten los avances de la tecnología móvil y el surgimiento del término *m-learning* como un complemento para la educación a distancia. Esta sección presenta una breve descripción de algunos trabajos encontrados que presentan similitud con el proyecto que estamos realizando.

En [14], se presenta una adaptación de un sistema de administración de cursos para satisfacer las necesidades de usuarios móviles, utilizando tecnología de *web services* para definir la interface de comunicación entre el CMS y sus extensiones móviles.

Luego, en [6] encontramos la propuesta de un *framework* para la integración de un ambiente de aprendizaje móvil con un ambiente de *e-learning* donde, a partir de la disponibilidad de salas de chat basado en SMS, se promueve el aprendizaje que los estudiantes mediante la utilización de foros y debates para discutir sus problemas, pensamientos e ideas, se realizan llamadas de voz y transmisiones de radio y televisión. Mientras tanto, la mayor parte del contenido puede accederse a través de las conexiones a Internet de los celulares, sin ninguna adecuación de los objetos de aprendizaje.

La literatura técnica reporta algunos trabajos relativos a comunicaciones móviles y distribución de servicios. [16] presentan un modelo conceptual de *framework* para comunicación en dispositivos móviles que da soporte a la movilidad y distribución de servicios, sobre múltiples dispositivos y plataformas. Este modelo está basado en requerimientos de la comunicación ubicua, a saber interoperabilidad espontánea, movilidad y adaptabilidad de software. Muchos de los principios, entre ellos las bases de la comunicación cliente – servidor y de agentes móviles, son un referente para nuestro proyecto, pero a diferencia de la aplicación propuesta, este modelo está diseñado para Java Virtual Machines (JVM).

En el caso de ontologías aplicadas a la computación ubicua [17] discute algunas, entre ellas CoBrA (SOUPA), Gaia, GLOSS, ASC (CoOL), SOCAM (CONON), GAS y CoDAMoS que nos sirven de referencia. A pesar que en su estudio no incluyen SOA, la ontología de nuestro proyecto, podemos identificar algunas características y relaciones comunes que permiten la construcción y rápido prototipaje de servicios alertas al contexto (context-aware services) en ambientes de computación ubicua. SOA es una arquitectura orientada a servicios que favorece el desarrollo rápido de procesos en ambientes complejos. Apoya la autonomía, semánticas de contexto abierto, compartimiento y reusabilidad de patrones de procesos de negocios. También utiliza OWL DL como lenguaje, que según [ibid] es la opción más práctica para la mayoría de las aplicaciones ontológicas. Mientras tanto, en la literatura no ha sido identificada ninguna ontología que atienda de forma completa las necesidades de los diseñadores.

4. Arquitectura

Esta sección describe la arquitectura propuesta, con la intención de aumentar las funcionalidades del ambiente Moodle por medio de teléfonos celulares, brindándoles a los estudiantes los beneficios del aprendizaje móvil. Es importante destacar que el ambiente, conformado por la arquitectura propuesta, no tiene la finalidad de competir

con Moodle *Desktop*, ni portarlo para dentro de la pantalla del teléfono celular. La arquitectura propuesta provee un conjunto de recursos que no son ofrecidos por el CMS Moodle.

4.1 Paradigma de trabajo

La plataforma propuesta está basada en *Service Oriented Architecture* (SOA). SOA es un enfoque de desarrollo de software en el cual los servicios son construidos como componentes reutilizables [15]. Un servicio es un componente que atiende a una función de negocio específica para sus clientes. El servicio recibe las solicitudes y las responde ocultando todo el detalle de su procesamiento. SOA busca brindar un bajo acoplamiento, incrementar la interoperabilidad, habilidades de descubrimiento, gerencia de cambios y operación de servicios de negocio en un ambiente bien administrado. El principio que orienta a SOA es apoyar los requerimientos del negocio, normalmente implementados a través de *Web Services*; aunque la arquitectura de SOA puede ser implementada con otros empaquetamientos. SOA es visto como un paradigma ideal para la integración de ambientes heterogéneos, pues su unidad de desarrollo son los servicios; así éstos pueden ser ejecutados en ambientes distintos. En el contexto de la presente propuesta, este paradigma permitirá explotar de manera más eficiente las nuevas composiciones de servicios que estarán siendo desarrollados durante y después de la entrega del ambiente. Esto conlleva una gran flexibilización y capacidad de reutilización en gran escala para los nuevos componentes que se integrarán a futuro.

4.2 M-LEA (Mobile LEarning)

La arquitectura está dividida en los siguientes niveles:

4.2.1 Nivel de Descripción del modelo de datos de Moodle

Este nivel se representa por medio de una ontología OWL, que hace posible la interacción de los agentes de software con la base de datos de Moodle, para actualizar las informaciones que requieren los usuarios que están conectados por medio de los dispositivos móviles. El uso de esta ontología ofrece una gran flexibilidad, pues si en las versiones futuras de Moodle se presentan cambios de persistencia, solo hay que actualizar la ontología para que los agentes, automáticamente, puedan interactuar con el nuevo modelo de datos del CMS.

Este nivel tiene la responsabilidad de realizar la composición de los diversos servicios desarrollados, permitiendo que nuevos clientes (módulos de estudio) puedan incorporarse fácilmente al ambiente que está ejecutándose en los dispositivos móviles.

4.2.2 Nivel de dominio de la aplicación

Este nivel se representa por una ontología que describe las posibles formas de composición de los servicios provistos por Moodle y las necesidades de alertas y recomendaciones configuradas por los usuarios, con la intención de recibir las informaciones relativas a sus cursos, así como datos relacionados con su productividad.

Por medio de este nivel, los profesores pueden configurar agentes de software que estarán monitoreando el ambiente Moodle para una determinada situación. Los estudiantes, por su parte, pueden configurar un conjunto de acciones para activar los diversos servicios y para percibir dichas acciones durante sus desplazamientos, usando sus dispositivos móviles.

Un agente desempeña el rol de un *Adapter Patterns*, garantizando que los datos puedan transferirse entre dos aplicaciones sin que las mismas conozcan detalles de sus implementaciones. La Figura 1, presentada a continuación, ejemplifica el concepto.

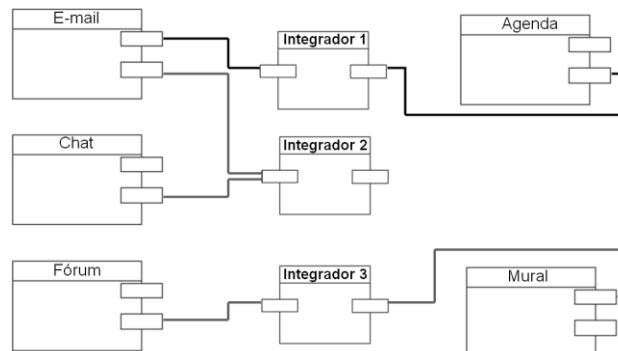


Figura 1: Agente *web services* actuando como un middleware de aplicaciones

Todas las formas de integración requieren que se establezca una comunicación entre los proveedores y los consumidores de datos. Por tanto, con miras a permitir esta comunicación, los agentes serán desarrollados bajo la óptica de *web services*, standard de tecnología usado para la integración entre aplicaciones y sistemas abiertos. De esta forma, desarrollarlo como un servicio permite su agregación a otras aplicaciones, independientemente del lenguaje en que fueron implementadas y de la plataforma para la cual están siendo ejecutadas. De manera resumida, el agente tiene la función de realizar un proceso de mapeamiento entre las aplicaciones.

4.3 Funcionalidades

Las funcionalidades ofrecidas por M-LEA son las siguientes:

- i) **Foros:** los usuarios pueden participar en los foros, leyendo y creando nuevas discusiones. Además, los profesores tienen la posibilidad de evaluar las participaciones (*post*) de los estudiantes a medida que las leen;
- ii) **Evaluación:** permite que los estudiantes puedan responder encuestas y evaluaciones en forma de preguntas cortas, de selección múltiple y cierto y falso;
- iii) **Mensajes:** los usuarios pueden intercambiar mensajes asincrónicos semejantes a e-mails;
- iv) **Chat:** los estudiantes pueden participar en conversaciones abiertas, con el profesor, tutor u otros estudiantes que estén disponibles para aclarar dudas en el momento en que éstas surjan;
- iv) **Archivo:** es posible realizar la descarga de archivos (*download*) al celular, de manera que los estudiantes puedan estudiar/aprender/realizar sus actividades aunque se encuentren en locales sin conexión a Internet;
- vi) **Localización:** la aplicación utiliza la tecnología de GPS de los celulares para sugerir la formación de grupos de estudio a los estudiantes con intereses comunes y que se encuentren cercanos físicamente;
- vii) **Avisos y recomendaciones:** los estudiantes pueden configurar los eventos de su interés (por ejemplo: cuando se inicia una nueva discusión en el foro, cuando el profesor evalúa una actividad específica) y ser notificados cuando éstos ocurran; los profesores también pueden darle seguimiento al desempeño de los estudiantes por medio de estadísticas como, por ejemplo, la cantidad de preguntas respondidas y el tiempo transcurrido desde el último acceso al ambiente.

La Figura 2 presenta la arquitectura de la aplicación propuesta. La misma utiliza un modelo cliente/servidor, en el cual los celulares desempeñan el papel de cliente y el lado servidor es representado por el ambiente donde Moodle está instalado.

Para cada funcionalidad, por ejemplo foro o chat, hay un agente de software en el lado del cliente. Estos agentes se comunican con el lado servidor a través de la figura de un agente mediador; de forma análoga, en el lado servidor hay un agente correspondiente para cada funcionalidad y también existe la presencia de un mediador. Las solicitudes de los clientes son recibidas por el mediador, que las envía a los agentes apropiados, los cuales acceden al banco de datos de Moodle para modificación, consulta, inclusión o eliminación de datos. Las respuestas a las solicitudes toman el camino contrario.

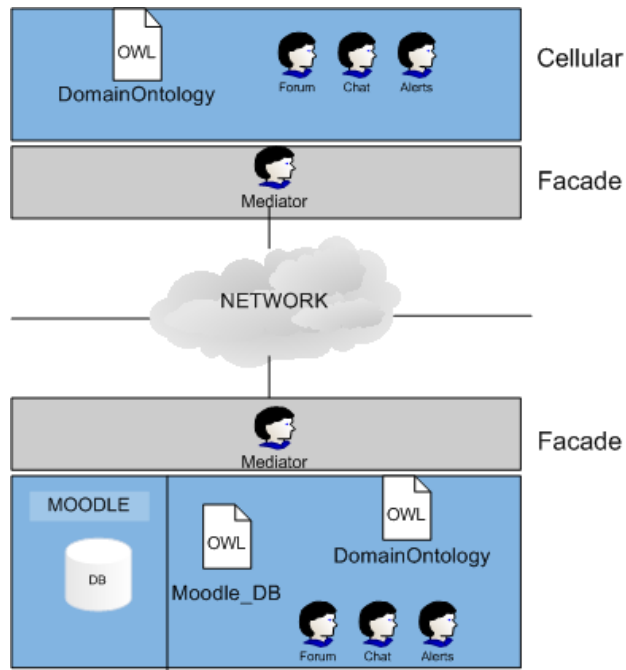


Figura 2: Arquitectura de la aplicación propuesta

4.4 Alertas Personalizadas

Un aspecto importante de la propuesta presentada, es la oferta de una herramienta para proveer alertas personalizadas a los estudiantes y los profesores, facilitando que estos se mantengan actualizados sobre las actividades que se realizan en los cursos.

Los usuarios que desean recibir las alertas tienen a su disposición una interfase web por medio de la cual ellos pueden definir, para cada curso, de manera individual, los eventos para los cuales les interesa recibir las alertas. Para utilizar esta facilidad de la aplicación, los usuarios requieren ser autenticados. La Figura 3 presenta la pantalla de autenticación, en la cual los usuarios deben introducir las mismas informaciones utilizadas para autenticarse en el ambiente Moodle.

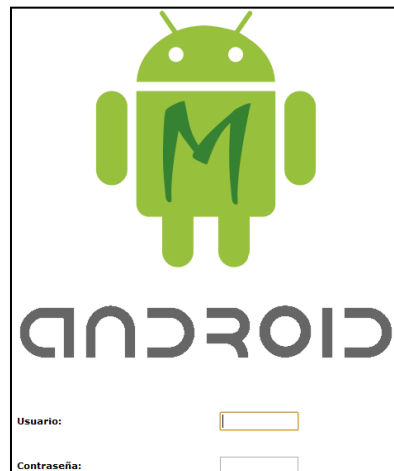


Figura 3: Pantalla de autenticación, donde los usuarios deben introducir los datos de autenticación en Moodle

La Figura 4 presenta la pantalla de configuración, por medio de la cual los usuarios especifican las alertas que desean recibir. Es importante destacar que los usuarios tienen diferentes posibilidades de personalización, de acuerdo con su rol en el curso, como describimos a continuación:

- i) **Estudiantes:** pueden configurar las alertas para las siguientes situaciones: creación de una nueva discusión en los foros, envío de una noticia por parte del profesor, evaluación de alguna actividad del estudiante, creación de nuevas actividades (chat, quiz ...), o cuando otros estudiantes, o el profesor, estén en línea. Mientras tanto, las posibilidades de configuración que tienen los estudiantes pueden ser restringidas por el profesor.
- ii) **Profesores:** pueden personalizar las alertas para las siguientes situaciones: cuando un estudiante responde una pregunta, envía informaciones o inicia una nueva discusión. El profesor puede monitorear y ser notificado (alertas) de todas las acciones que realizan los estudiantes. Además, puede definir que los estudiantes – obligatoriamente – sean avisados de algunas de las acciones que él considere importantes. Por ejemplo, el profesor puede definir que todos los estudiantes tienen que ser notificados cuando sea creada una nueva actividad. De esta forma, los estudiantes no podrán configurar esta alerta, pero mantienen el control sobre las otras alertas que ellos definieron.



Figura 4: Pantalla de configuración de las alertas

Cuando se ejecutan los eventos configurados por los usuarios, ellos reciben las alertas directamente en sus celulares, por medio del sistema de notificaciones nativo del sistema operativo Android (ver Figura 5). Ellos tienen instalada una aplicación que solicita informaciones al servidor; dependiendo de la respuesta, muestran las alertas al usuario de acuerdo con las configuraciones pre-establecidas.

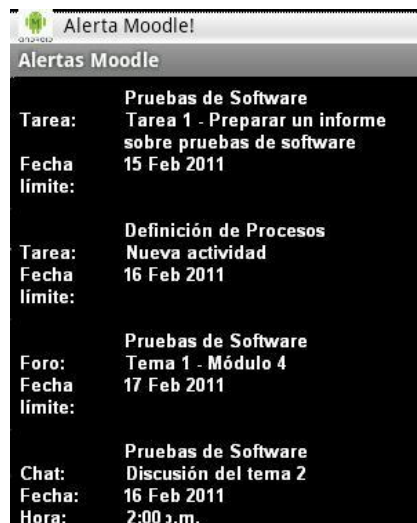


Figura 5: Alerta recibida por el estudiante informando que fue creada una nueva discusión

4.5 Escalabilidad de la Arquitectura

Cuando se utilizan agentes de software de manera extensiva, es necesario identificar el punto donde la escalabilidad del modelo resulta fragilizada; por tanto, este modelo fue simulado para utilizarse con el mayor número de agentes simultáneos. Para el modelo de simulación propuesto se utilizó la herramienta JADE.

Se construyó un ambiente de comercio de libros donde los usuarios, a partir de una interfase gráfica, podían especificar los libros que querían comprar o vender. Para cada libro especificado por los usuarios fue creado un agente con la tarea de comprar o vender el libro especificado. Se utilizaron pruebas de señales [21], para inferir la capacidad del servidor para soportar una gran cantidad (miles) de agentes ejecutándose de forma simultánea. Las pruebas realizadas resultaron buenas herramientas para evaluar el desempeño del sistema, confirmando la capacidad del servidor para soportar el volumen de agentes esperado.

Después de muchas pruebas realizadas con los sistemas operativos Windows 7 y Linux, se comprobó que el número máximo de agentes simultáneos se encuentra alrededor de 7 mil para Linux y 6,500 para Windows 7. Con esta seguridad, proyectamos la arquitectura para utilizar el número mínimo posible de agentes de forma simultánea. Esto se puede observar con el uso de dos fachadas, que actúan como agentes de software. Dichos agentes reducen la cantidad de agentes creados para los recursos seleccionados por los usuarios, lo cual permite que la comunicación de los agentes en el celular con los agentes instanciados se realice de 1:1 entre el celular y el servidor. De otra forma, resultaría una comunicación n:n, lo que podría aumentar exponencialmente el número de agentes ejecutándose en el servidor Moodle.

5. Conclusión y Trabajos Futuros

El uso de los dispositivos móviles aumenta de manera vertiginosa. En muchos países desarrollados y en desarrollo, la penetración de los celulares alcanza una relación próxima a 1:1 (1 celular por 1 habitante) y, en algunos casos, esta relación es superada. En América Latina, la realidad no es diferente, ya que en países como Panamá y Brasil, las estadísticas oficiales reportan un elevado índice anual de teléfonos celulares por cada 100 habitantes. Estos dispositivos permiten la convergencia de medios y una gran movilidad; siendo así, aliar EaD y movilidad constituye una necesidad de cara al nuevo perfil de usuarios.

El modelo de arquitectura propuesto actúa como un *middleware* entre el CMS Moodle y los dispositivos móviles con sistema operativo Android. Esta arquitectura incorpora nuevas funcionalidades no previstas en la plataforma de EaD, facilitando a los usuarios la configuración de una gran variedad de servicios a través de agentes de software que actúan como asistentes del alumno y del profesor; refuerzan determinadas acciones por medio de alertas o recomendaciones y permiten al alumno una interacción con la herramienta Moodle en sus servicios.

Los clientes desarrollados puedan intercambiar datos e informaciones por medio de los agentes de software basados en *web services* de forma transparente al usuario, estableciéndose de esta forma una capa de adaptación entre el ambiente de educación a distancia de la Universidad Tecnológica de Panamá – UTPVirtual y la infraestructura robusta que dará soporte a la ejecución y simulación del software (*Grid* computacional).

El Programa de la Universidad Virtual viene contribuyendo a que, cada día más, un mayor número de personas puedan tener acceso a una formación de nivel superior o puedan concluir sus estudios universitarios, sin que esto dependa de la ubicación física de los interesados. La conclusión de estudios ha permitido que nuevos profesionales incursionen en nuevas y mejores plazas del mercado de trabajo, nacional e internacional. Ha permitido, también, que los egresados accedan a estudios de especialización que complementan su formación profesional [19].

A partir de la implementación del proyecto, se espera realizar experiencias de validación, en los diversos

escenarios y sedes de la Universidad Tecnológica de Panamá, que participaron en el desarrollo del mismo. Esto nos permitirá identificar situaciones y casos que orienten hacia el mejoramiento/adequación continua del proyecto.

6. Agradecimientos

Este trabajo es financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - SENACYT, en el marco de la Convocatoria Pública de Fomento a la Colaboración Internacional en I+D. Los autores expresan sus agradecimientos a SENACYT y a la Universidad Tecnológica de Panamá, en Panamá, y a la Universidade do Vale do Rio dos Sinos en Porto Alegre, Brasil, por el apoyo para el desarrollo del presente proyecto. El agradecimiento se extiende a los estudiantes Stephen Krol y Ariel Jaramillo; así como a los voluntarios Guilherme Sesterhei, Clifton Clunie Jr., Víctor Shum y Josué Manzzo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Georgiev, T.; Georgieva, E.; Smrikarov, A.; M-Learning – a new stage of e-learning. CompSysTech '04: Proceedings of the 5th international conference on Computer systems, 1-5, 2004.
- [2] Felizardo, K.; Amaral, M.; Vedoato, R.; O uso do Moodle no apoio de ensino de programação para alunos iniciantes. 13º Congresso Internacional de Educação a Distância, 2007.
- [3] Clunie, G.T. de, Educación a Distancia y Tele-educación: El Modelo de la Universidad Tecnológica de Panamá, Memorias del 1er. Congreso “Recursos Satelitales aplicados a Programas Sociales: Educación y Salud”, Auditorio de la Fundación de Estudios Avanzados IDEA, Caracas. 2008
- [4] Clunie, G. T. de, Hipertecnologias: Recursos Educacionais. Reporte Técnico ES-340/95. COPPE-Sistemas/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 1995
- [5] Pan, Y.; Zhang, X.; Li, L.; Learning can happen anytime and anywhere: the application of m-learning in medical education. Education Technology and Computer Science (ETCS), 2010 Second International Workshop, 2:508-511, 2010.
- [6] Wains, S.; Mahmood, W.; Integrating m-learning with e-learning. SIGITE '08: Proceedings of the 9th ACM SIGITE conference on Information technology education, 2008.
- [7] Prensky, M.; What can you learn from a cell phone? Almost anything!. Innovate, Journal of Online Education, jun. 2005.
- [8] ANATEL (2010). Quantitativo de acessos móveis e participação de mercado. Portal Anatel. Disponível: <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do#>. [13 ago. 2010].
- [9] Hansen, R.P.; Crespo C.S.P., S.; Construindo Ambientes de Educação Baseada na Web Através de Web Services Educacionais. In: XIV Simpósio Brasileiro de Informática e Educação - SBIE2003, 2003, Rio de Janeiro. Simpósio Brasileiro de Informática e Educação - SBIE2003
- [10] Hansen, R.P.; Crespo, C.S.P., S. and Hansen, C.R.; Integrando Web Services e Recursos Educacionais Através de Composição. In: XATA2005 - XML: Aplicações e Tecnologias Associadas, 2005, Braga, Portugal. XATA2005 -XML: Aplicações e Tecnologias Associadas. 2005
- [11] Baloian, N.; Galdames, P.; Collazos, C.; Guerrero, L.; A Model for a Collaborative Recommender System for Multimedia Learning Material. Springer LNCS 3198, Berlin Heidelberg, Germany. 10th. International Workshop on Groupware (CRIWG'2004)

- [12] Clunie, G. T.; Educación Virtual: una visión de inclusión, Primer Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación a Distancia, Buenos Aires, 2008
- [13] Colazzo, L.; Molinari, A.; Ronchetti, M.; Trifonova, A.; Towards a multi-vendor mobile learning management system. Proceedings of e-learn Conference, 2003.
- [14] Barry, D.K.; Service-oriented architecture (SOA) definition, 2010 DOI= http://www.service-architecture.com/web-services/articles/service_oriented_architecture_soa_definition.html
- [15] Ibrahim, A.; Zhao, L.; Supporting the OSGi Service Platform with Mobility and Service Distribution in Ubiquitous Home Environments. The Computer Journal. London:Mar 2009. Vol. 52, Iss. 2, p. 210-239 (30 pp.)
- [16] Ye, J.; Coyle, L.; Dobson, S.; Nixon, P.; Ontology-based models in pervasive computing systems. The Knowledge Engineering Review. Cambridge:Dec 2007. Vol. 22, Iss. 4, p. 315-347 (33 pp.)
- [17] Autoridad Nacional de los Servicios Públicos – ASEP, <http://www.asep.gob.pa/> Accesado el 21 de febrero de 2011
- [18] Clunie, G., Crespo, S., Rangel, N., Castillo, A., Rodríguez, K., Gómez, B., Riley, J., Barraza, O.; “Ambiente de apoyo al aprendizaje móvil”. In Memorias de la 5ta. Conferencia Euro-Americana de Telemática y Sistemas de Información - Eatis 2010, <http://www.eatis.org/eatis2010/portal/>. Ciudad de Panamá, los días 22, 23 y 24 de septiembre de 2010. ISBN 978-958-44-7280-9
- [19] Google Projects for Android 2010 DOI= <http://code.google.com/intl/es-PA/android/>
- [20] Braz, L. M., Lermen, M., and Serrão, T., O uso de agentes para implementação de um ambiente de negociação de livros. In V Congresso Simulado de Técnicas de Programação (CONSIPRO). 2010