RESEARCH IN COMPUTING SCIENCE

ISSN: 1870-4069

Advances in Information Technology

Juan Manuel Ramírez Alcaraz
Pedro Damián Reyes
Pedro César Santana Mancilla
Carlos Alberto Flores Cortés
(Eds.)

Vol. 64

RCS
Research in Computing Science

Special Issue: Advances in Information Technology

Research in Computing Science

Series Editorial Board

Comité Editorial de la Serie

Editors-in-Chief:

Editores en Jefe

Grigori Sidorov (Mexico)
Gerhard Ritter (USA)
Jean Serra (France)
Ulises Cortés (Spain)

Associate Editors:

Editores Asociados

Jesús Angulo (France)
Jihad El-Sana (Israel)
Jesús Figueroa (Mexico)
Alexander Gelbukh (Russia)
Ioannis Kakadiaris (USA)
Serguei Levachkine (Russia)
Petros Maragos (Greece)
Julian Padget (UK)
Mateo Valero (Spain)

Editorial Coordination:

Coordinación Editorial

Socorro Méndez Lemus

Research in Computing Science es una publicación trimestral, de circulación internacional, editada por el Centro de Investigación en Computación del IPN, para dar a conocer los avances de investigación científica y desarrollo tecnológico de la comunidad científica internacional. **Volumen 64,** septiembre 2013. Tiraje: 500 ejemplares. *Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título* No. : 04-2005-121611550100-102, expedido por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. *Certificado de Licitud de Título* No. 12897, *Certificado de licitud de Contenido* No. 10470, expedidos por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de sus respectivos autores. Queda prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio, sin el permiso expreso del editor, excepto para uso personal o de estudio haciendo cita explícita en la primera página de cada documento. Impreso en la Ciudad de México, en los Talleres Gráficos del IPN – Dirección de Publicaciones, Tres Guerras 27, Centro Histórico, México, D.F. Distribuida por el Centro de Investigación en Computación, Av. Juan de Dios Bátiz S/N, Esq. Av. Miguel Othón de Mendizábal, Col. Nueva Industrial Vallejo, C.P. 07738, México, D.F. Tel. 57 29 60 00, ext. 56571.

Editor responsable: *Grigori Sidorov, RFC SIGR651028L69*

Research in Computing Science is published by the Center for Computing Research of IPN. **Volume 64,** September 2013. Printing 500. The authors are responsible for the contents of their articles. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of Centre for Computing Research. Printed in Mexico City, in the IPN Graphic Workshop – Publication Office.

Volume 64
Volumen 64

Advances in Information Technology

Editores del volumen:
Volume Editors

Juan Manuel Ramírez Alcaraz,
Pedro Damián Reyes,
Pedro César Santana Mancilla,
Carlos Alberto Flores Cortés (Eds.)

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Computación
México 2013

ISSN: 1870-4069

Copyright © Instituto Politécnico Nacional 2013

Instituto Politécnico Nacional (IPN)
Centro de Investigación en Computación (CIC)
Av. Juan de Dios Bátiz s/n esq. M. Othón de Mendizábal
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco
07738, México D.F., México

http://www.ipn.mx
http://www.cic.ipn.mx

The editors and the publisher of this journal have made their best effort in preparing this special issue, but make no warranty of any kind, expressed or implied, with regard to the information contained in this volume.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored on a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, including electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior permission of the Instituto Politécnico Nacional, except for personal or classroom use provided that copies bear the full citation notice provided on the first page of each paper.

Indexed in LATINDEX and Periodica / Indexada en LATINDEX y Periódica

Printing: 500 / Tiraje: 500

Printed in Mexico / Impreso en México

Preface

Information Technologies (IT) encompasses an important number of topics including the design, development, implementation and application of computer and telecommunication based systems. Researchers are currently investigating systems capable of processing relevant information for supporting decision-making. The development of systems that contribute to health improvement or propose novel strategies for enhancing current educational schemes are also being studied. Similarly, development of security and transparency of information and services are areas of interest. During the last years, IT its being also investigating the development of intelligent environments for contributing to solve problems that are present in cities and motorways.

This volume includes 21 state of the art research papers that were carefully reviewed and selected. This edition includes evaluation of systems designed to manage vehicular traffic and detection of risky driving behaviour patterns in urban environments. Study of sensor networks is also covered by projects that propose an architecture platform for opportunistic and participative sensing, and analyse performance of MAC protocols in wireless sensor networks. In the area of decision-making authors describe schemes for acting in emergency events such as forest fires, and describe a pattern learning mechanism for assisting medical decisions. Topics also covered in this issue include web services, IT and education, smart cities and urban environments.

A total of 37 articles were peer-reviewed and the acceptance rate was 56.7%. The reviewing process was carried out in conjunction with the Mexican Computer Science Society and the Mexican Association on Human-Computer Interaction. With a participation of 38 submitting Mexican universities and research centres this proceedings are an important reference of the topics that Mexican researchers are currently investigating. Future research directions can be taken from the results that researchers are presenting.

We would like to thank, all submitting universities and research centres and the collaboration of the University of Colima, the Mexican Computer Science Society and the Mexican Association on Human Computer Interaction.

Carlos Alberto Flores Cortés

September 2013

Table of Contents
Índice

Page/Pág.

Estudio Comparativo de Herramientas de Autor empleadas en Bachillerato Presencial y En Línea 1
Citlali Nieves, Victor Menendez, Omar Gómez

Análisis de desempeño de protocolos MAC para Redes Inalámbricas de Sensores 9
Luis Garcia, Juan Guerrero, Carlos Flores

Aplicación Web para el análisis de Distribución de Frecuencias empleando Netnografía 17
Norma Hernández, Luis Reyes

Toward Automated Detection of Risky Driving Behavior Patterns in Urban Environments 25
Luis Cruz, Adrián Estrada, Manuel Kono, Luis Castro, Luis Rodríguez

Aprendizaje de patrones relacionales para la extracción de información en apoyo a la toma de decisiones en medicina 33
José Reyes, Ana Jiménez, Cesar Meléndez, Patricia Márquez, Marlon García, Fernando Olvera, Juan Contreras, Gustavo Farfan, Jaime Cater

Explorando el Enfoque Instruccional del Aula Invertida en la Enseñanza y Aprendizaje de la Programación de Computadoras en Estudiantes Universitarios 43
Rubén Benítez, Víctor Torres

Comparación entre el procesamiento de señales por Wavelets y Fourier, aplicados a la predicción de cáncer de próstata por una red neuronal 51
Isidro Amaro, Jesús Celis

Applying a User Centered Methodology to the Development of Mixed Initiative Web Interfaces for English Education 61
Marvelia Jiménez, Lluvia Morales, Paul Craig, Mario A Rocha

Usability Test on the Development of SIMACAE System 69
Venustiano Soancatl, Gabriel Ruiz, Luis Huerta, Carmen Martinez, Óscar Velasquez

Finding patterns in a wildfire data warehouse by applying data mining techniques 77
María Somodevilla, Maribel Fortiz, Ivo Pineda, Concepción Pérez

Visualización tridimensional de consultas OLAP de un cubo de datos utilizando la paginación 87
Eduardo Martínez, Maria Serna, César Rose, Sonia Meneses, Oscar Rodríguez

Propuesta de Interfaz estilo Modern UI para un Sistema de Recomendaciones de Información Médica 95
José Herrera-Morales, Liliana Barbosa-Santillán, J. Arámburo-Lizárraga

Relación entre la Aceptación Tecnológica y la Actitud: Influencia de los Factores de Resistencia en el Proceso 105
María Ballinas, Marisol Arroyo, Dora Álvarez

Dos métricas para evaluar el sistema CBIR-Esporas 113
Nayeli Meléndez, Homero Rios, Antonio Marín
Servicios Web para Aprendizaje Electrónico 121
Olivia Fragoso, René Santaolaya, Jaime Muñoz, Juan Rojas, Blanca Valenzuela
Plataforma Virtual para la Captura y Evaluación de Propuestas de Control de Tráfico Vehicular 129
Emmanuel Lopez, Octavio Gutierrez-Garcia
Directorio geográfico de la Universidad Veracruzana aplicado a la ubicación y transporte colectivo 137
Carlos Ochoa, Gerardo Contreras, Joel Gómez
Arquitectura de componentes para la plataforma de sensado oportunista y participativo InCense 145
Roberto Martinez, Moisés Pérez, Marcela Rodríguez, Luis Castro, Jesus Favela
Smart City Learning: Qualitative Analysis of Interaction, Interactivity and Multimedia Usage in Outdoor Science Exhibitions Using Body Senses 153
César Cárdenas, Roberto Hernández
Análisis y Mejoramiento del Nivel de Competencias Digitales Ofrecido por el Programa CONET del Gobierno del Estado de Aguascalientes 161
Ricardo Mendoza, Jaime Muñoz, Francisco Alvarez, Juana Avila, Jose Guzman
Diseño de una Red Social Universitaria para Estudiar los Efectos de la Incorporación de Recursos Educativos 169
Jesús Hernández, Mónica Carreño, Andrés Sandoval, Italia Estrada, Elvia Aispuro, Jaime Suárez, Javier Aguilar

Reviewing Committee 177
Comité de revisión

Estudio Comparativo de Herramientas de Autor empleadas en Bachillerato Presencial y En Línea

Citlali Nieves Guerrero, Víctor H. Menéndez Domínguez, Omar S. Gómez
Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, Anillo Periférico Norte, Tablaje Cat. 13615, Colonia Chuburná Hidalgo Inn, Mérida, México
citlalignng@gmail.com, mdoming@uady.mx, omar.gomez@uady.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. En la actualidad, diversas Herramientas de Autor se encuentran disponibles para apoyar el proceso de Enseñanza y Aprendizaje. Mejorando la habilidad de los profesores en la construcción de recursos educativos, cursos y objetos de aprendizaje (OA´s). El presente trabajo se centra en las herramientas exe-Learning y Reload Editor con el fin de evaluar su utilidad, facilidad de uso y el tiempo empleado en completar un OA por profesores de diversas disciplinas de educación media superior presencial y en línea. Los profesores fueron asignados aleatoriamente a cada herramienta realizando las tareas de: diseñar un OA y desarrollar el OA. Derivado del análisis de las pruebas Wilcoxon y T-student, se observa una pequeña diferencia que favorece a Reload Editor respecto a la utilidad percibida. En relación a la facilidad de uso, se sugiere a Exe-Learning. Finalmente, los resultados favorecen a Reload Editor con respecto al tiempo empleado para completar un OA.

Palabras clave: Herramientas de Autor, Utilidad, Facilidad de Uso, Objetos de Aprendizaje.

1 Introducción

Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC´s), se involucran cada vez más en el proceso de enseñanza y aprendizaje (E-A), apoyando las actividades o basando todo el proceso en ellas (e-Learning).

El profesor desarrolla o recupera de Internet diversos recursos digitales que brinda a los estudiantes como herramientas que facilitan el proceso E-A. Esos recursos, en el ámbito del e-Learning, son conocidos como objetos de aprendizaje (OA) y/o recursos digitales abiertos (RDA).

Si bien ambos conceptos definen recursos digitales educativos, los OA cuentan con características tecnológicas (reusabilidad e interoperabilidad, entre otras [1]) que hacen fácil su integración en una variedad de plataformas y situaciones. Además, las experiencias de creación y difusión de repositorios de OA han aumentado en los últimos años, incluso las aplicaciones para su elaboración han ido evolucionando.

Diversas aplicaciones, también conocidas como Herramientas de Autor (HA), están disponibles de forma gratuita o comercial para los profesores que deseen diseñar sus propios OA. Con estas herramientas se crean actividades o pequeñas aplicaciones por parte del autor [2] que generan un entorno de aprendizaje dinámico.

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 1-8

Encontrar la herramienta adecuada y con un entorno amigable en su manejo, conlleva un trabajo adicional. Por otro lado, un OA debe contemplar su compatibilidad a través de diferentes formatos, mismos que son asignados por las HA al momento de su creación.

Aplicando el paradigma experimental, en este trabajo se presenta un estudio comparativo de las herramientas Exe-Learning [3] y Reload Editor [4], muy conocidas en el ámbito del e-Learning, que fueron elegidas por sus características tecnológicas, independencia de plataforma, formato de exportación, así como por el beneficio de que son de libre distribución. De las herramientas se evalúa la utilidad, facilidad de uso y tiempo empleado en completar un OA por profesores de bachillerato presencial y en línea.

En la sección 2 se presentan los conceptos involucrados con las herramientas que fueron elegidas para el experimento. La sección 3 proporciona la definición y diseño del experimento. El análisis y resultados del experimento se detallan en la sección 4. Y finalmente, la sección 5 contiene la discusión y conclusión.

2 Estado del Arte

Un OA es una unidad de información auto-contenida basada en conceptos de la Programación Orientada a Objetos que emplea elementos y propiedades para ser reutilizado en múltiples contextos y permite la interoperabilidad entre sistemas y plataformas [5]. Pueden ser imágenes, archivos de audio o video, animaciones, etc., o una combinación de diferentes tipos de archivo que llegan a constituir una lección o curso completo. Apoyan los procesos de E-A promoviendo la construcción y distribución del conocimiento [6].

Existe un número importante de Herramientas de Autor (HA) o Sistemas de Autoría (SA). Esta situación hace que sea una tarea difícil seleccionar entre la mayoría de las herramientas la más útil para un profesor de acuerdo a los criterios que quiere cubrir en sus metas planteadas para una clase o curso (aspecto educativo). Por otro lado, también debe analizar la interoperabilidad y reusabilidad (aspecto tecnológico), así como si es fácil de aprender y manejar (usabilidad). Más importante es que una herramienta sea seleccionada de acuerdo a una combinación de estos aspectos.

Una HA es una aplicación que permite la creación de sistemas digitales de aprendizaje cuyo contenido incluye texto, imágenes, ecuaciones en notación científica, audio, video y animación [7].

En el aspecto tecnológico interesa la independencia que permiten para que el objeto creado pueda ser usado en diferentes plataformas educativas, el etiquetado de los OA a través de los metadatos, los diferentes formatos de archivos digitales que se pueden importar y exportar, las diversas funcionalidades, y la manera de organizar la estructura interna del producto final.

En el aspecto educativo interesa que permitan la creación de estructuras organizadas de contenidos ya sea para una lección, cursos o un simple OA, que permitan diseño de contenidos y diseño de páginas.

Por último y no menos importante, es que sean de libre distribución, que las actualizaciones y la documentación se encuentren disponibles en el sitio oficial de la herramienta. Esto evita generar gastos por la adquisición de la herramienta y su posterior actualización.

Exe-Learning es una HA de código abierto que apoya a los docentes en la creación y publicación de OA con la que puede estructurar sus contenidos, insertar otros recursos y exportar el trabajo para ser usado desde una plataforma educativa o bien desde un USB. Su principal ventaja que publicita es la sencillez en su manejo pues no requiere que el usuario tenga grandes conocimientos informáticos [8, 9].

Reload Editor (Content Package and Metadata Editor) es un programa que define la estructura de un OA, asigna sus metadatos y empaqueta todo en un objeto SCORM [9].

Esta herramienta no es para desarrollar nuevo contenido de los OA, su propósito se orienta a agrupar los contenidos ya creados con otras herramientas. Posibilita crear objetos nuevos según las necesidades del usuario. Crea una jerarquía entre los OA y empaqueta el contenido bajo la especificación SCORM [10, 11]. Es la herramienta oficial de ADL, la organización que promociona la especificación SCORM.

3 Definición y Diseño del Experimento

El experimento se centra en comparar los tratamientos, herramientas Exe-Learning (EX) y Reload Editor (RE), con el propósito de evaluarlos respecto a su utilidad (UT) y facilidad de uso (US) aplicando la prueba no paramétrica de Wilcoxon [12], y tiempo empleado (TE) en completar un OA empleando la prueba paramétrica T-student [13, 14]. Para esto, se emplea como sujetos a profesores de diversas disciplinas de educación media superior de la modalidad presencial y en línea.

Durante el desarrollo del experimento se trabajó por separado con cada grupo de sujetos (presencial y en línea) asignando de manera aleatoria cada sujeto a un tratamiento (EX y RE). Esta asignación se realizó de acuerdo al orden de llegada al lugar de la aplicación del experimento. Para mantener las condiciones del experimento bajo control, cada sujeto utilizó los mismos materiales y realizaron las mismas tareas con uno de los tratamientos asignados.

Para el experimento, la utilidad percibida (UT) se define como el grado en que un sujeto cree que el uso de una herramienta en particular le ayudará a mejorar su desempeño y eficacia en la construcción de un OA.

Por otra parte, la facilidad de uso percibida (US) es definida como el grado en que un sujeto cree que el uso de una herramienta en particular estará libre de dificultad.

La tercera variable a estudiar es el tiempo empleado (TE) en completar un OA. Esta variable se estudia con el fin de analizar si alguna de las dos herramientas (EX, RE) reduce el tiempo requerido para completar un OA. Para recolectar información de esta variable, los sujetos registran la hora de inicio y fin de la actividad de desarrollo, haciendo referencia del reloj de la computadora asignada. La diferencia de estos tiempos representa la variable TE.

Los sujetos participantes se inscribieron de manera voluntaria respondiendo a una invitación emitida en cada institución. Para este experimento se emplearon 39 sujetos

de los cuales 21 son profesores de bachillerato en la modalidad presencial, y 18 son profesores de bachillerato en la modalidad en línea. La mayoría de los sujetos cuenta con una experiencia docente mayor a 5 años. El 51% sólo cuenta con estudios de licenciatura, el resto ha cursado una especialización o maestría. La mayoría (77%) de los sujetos cuenta con menos de 5 años en el uso de alguna herramienta de Autor, y el 54% de los sujetos indica que su conocimiento sobre las herramientas de autor se encuentra en desarrollo.

Cada grupo de sujetos trabajó en el centro de cómputo de su institución el cual contaba con equipo de cómputo para cada participante con los requisitos de software y hardware necesarios para el desarrollo de las tareas.

Previo al experimento se realizó una fase de entrenamiento donde los sujetos recibieron un curso teórico-práctico de 12 horas presenciales sobre OA y sobre las herramientas a evaluar. Esta fase se realizó con el fin de que los sujetos durante la ejecución del experimento apliquen bajo las mismas condiciones los tratamientos a examinar.

Durante el entrenamiento se realizaron prácticas guiadas para la creación y edición de OA con cada una de las herramientas. Para estas prácticas se contaba con recursos proporcionados por el instructor y un manual de apoyo con información de cada herramienta.

Una vez finalizado el entrenamiento se llevó a cabo el experimento. Durante la fase de ejecución se realizaron de manera individual las tareas de diseño y desarrollo de un OA, siendo en la tarea de desarrollo del OA donde se asignó de manera aleatoria una de las dos herramientas a cada sujeto. Se establecieron los elementos y estructura para cada OA y se solicitó a cada sujeto que llevara un registro de su tiempo.

Cada sujeto contaba con un manual de apoyo durante todo el proceso y podía solicitar asesoría del instructor. También proporcionó sus propios recursos (impresos y digitales) de las materias afines para las tareas.

Durante la asignación de las herramientas conforme a la llegada de los sujetos, algunos optaron en cambiar la herramienta asignada debido a su desconocimiento de la misma ya que por causas personales no asistieron al curso de inducción completo y no entrenaron con la herramienta asignada en primera instancia, por lo que las muestras recolectadas de cada herramienta difieren de tamaño.

Al concluir la última tarea, los sujetos contestaron de manera anónima una encuesta para registrar su opinión con respecto a la utilidad y facilidad de uso de cada herramienta.

La encuesta aplicada para recabar la información está basada en un cuestionario estándar del Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) [15, 16], el cual consta de 12 preguntas divididas en grupos de 6 para cada una de las variables (UT y US). Cada reactivo emplea una escala de Likert de 7 puntos donde 1 es "completamente en desacuerdo", 2 es "parcialmente en desacuerdo", 3 es "en muy poco desacuerdo", 4 es "neutral", 5 es "en muy poco de acuerdo", 6 es "parcialmente de acuerdo" y 7 es "completamente de acuerdo".

4 Resultados del Experimento

El test estadístico no paramétrico de Wilcoxon puede emplearse para el análisis de variables ordinales (UT y US) ya que emplea las medianas como medida de tendencia central y estas no se afectan por valores extremos.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos tras aplicar la prueba Wilcoxon con un valor fijo en α=0.05 en cada una de las preguntas de la variable UT.

Dados los resultados estadísticos, en cada pregunta se acepta que no existe diferencia significativa en la utilidad percibida entre las herramientas EX y RE. Cabe señalar que el valor p observado en la pregunta 2 para bachillerato presencial es de 0.0811, por lo que relajando el valor α (0.05) podría existir una ligera ventaja a favor de RE en este tipo de bachillerato.

Tabla 1. Pruebas estadísticas de acuerdo a la variable UT.

	B. Presencial				B. en Línea			
Pregunta	*W*	$\tilde{X}_{(EX)}$	$\tilde{X}_{(RE)}$	Valor *p*	*W*	$\tilde{X}_{(EX)}$	$\tilde{X}_{(RE)}$	Valor *p*
1. Usar la herramienta me permite realizar las tareas con mayor rapidez	39	7	7	0.2996	44.5	6	5	0.6086
2. Usar la herramienta mejora mi desempeño	30.5	6	7	**0.0811***	47	6	6	0.4502
3. Usar la herramienta facilita la realización de mis actividades de trabajo	39.5	6	7	0.3334	42.5	6	5	0.7415
4. Usar la herramienta mejora mi eficacia en el trabajo	46	6	7	0.6641	46.5	7	5	0.4719
5. Interactuar con la interfaz de la herramienta aumenta mi productividad	50	6	6.5	0.9077	49	6	5	0.3497
6. La herramienta me resulta útil en mi trabajo	38	6	7	0.2775	38.5	6	6	1
Resultados al combinar las preguntas	*1,443.5*	*6*	*7*	***0.0171****	*1607.5*	*6*	*6*	*0.1491*

Ya que las preguntas de 1 a 6 se relacionan con la utilidad, es posible combinarlas y examinar a nivel general ambos tratamientos obteniendo una mayor precisión. Al combinar las preguntas y realizar de nuevo la prueba de Wilcoxon se obtiene una diferencia significativa a favor de RE para los sujetos de bachillerato presencial.

Respecto a la variable US, en la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos tras aplicar la prueba Wilcoxon a cada pregunta (definiendo un valor α=0.05). Como se observa en esta tabla, en cada pregunta se acepta que no existe diferencia significativa en la facilidad de uso percibida entre las herramientas EX y RE. Cabe señalar que el valor p observado en la pregunta 8 para bachillerato en Línea es de 0.0939, por lo que relajando el valor α (0.05) podría existir una ligera ventaja a favor de EX en este tipo de bachillerato.

Al combinar las preguntas afines a US (7-12) se observa una diferencia significativa en el bachillerato en Línea a favor de EX pero no existe alguna diferencia significativa en bachillerato presencial.

Referente a la variable TE, puede emplearse una prueba estadística paramétrica ya que se emplea un tipo de variable de razón, el tiempo en minutos que conlleva

desarrollar un OA. Cuando se usa alguna prueba paramétrica, se asume que las observaciones recolectadas están normalmente distribuidas.
Realizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov [17, 18] para evaluar la normalidad sobre la variable TE, se obtiene que las observaciones recolectadas están normalmente distribuidas.

Tabla 2. Pruebas estadísticas de acuerdo a la variable US.

	B. Presencial				B. en Línea			
Pregunta	*W*	$\tilde{X}_{(EX)}$	$\tilde{X}_{(RE)}$	Valor *p*	*W*	$\tilde{X}_{(EX)}$	$\tilde{X}_{(RE)}$	Valor *p*
7. Me resulta fácil que la herramienta haga lo que quiero que realice	55	6	6	0.8518	48	6	4	0.4059
8. Mi interacción con la herramienta es clara y entendible	58.5	5	6	0.6557	57	6	5	**0.0939***
9. Aprender a utilizar la herramienta me resultó fácil	59.5	6	6	0.6025	45.5	7	6	0.5242
10. Me resultó sencillo adquirir destreza en el uso de la herramienta	61	6	5.5	0.5288	49.5	7	5	0.3071
11. Encuentro la herramienta fácil de usar	60	6	6	0.5727	48	7	5	0.3897
12. Considero que la herramienta es flexible para interactuar con ella	60	7	5.5	0.5636	50	6	6	0.2925
Resultados al combinar las preguntas	*2,107*	*6*	*6*	*0.2253*	*1798*	*6*	*5*	***0.0068****

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos tras aplicar la prueba estadística paramétrica T-student, (definiendo un valor α=0.05).

Tabla 3. Prueba estadística para variable TE.

	B. Presencial					B. en Línea				
var.	*gl*	*t*	$\tilde{X}_{(EX)}$	$\tilde{X}_{(RE)}$	Valor *p*	*gl*	*t*	$\tilde{X}_{(EX)}$	$\tilde{X}_{(RE)}$	Valor *p*
TE	18.3	2.355	101	67	**0.0298***	15.9	-1.231	50.545	58.857	0.2359

De acuerdo a los resultados de la prueba t-student, se acepta una diferencia significativa entre EX y RE con respecto al tiempo empleado en completar un OA para los sujetos de bachillerato presencial, sin embargo, en bachillerato en Línea no existe una diferencia significativa.

5 Discusión y conclusiones

Las HA son un complemento adecuado en la labor docente pues apoyan en la creación de OA que se puede implementar en cursos a distancia o como apoyo en los cursos presenciales.

Los resultados de la prueba Wilcoxon para la variable UT con los sujetos de bachillerato presencial sugieren que la herramienta RE es de mayor utilidad. No así para los sujetos de bachillerato en Línea cuyos resultados sugieren que ambas herramientas son igualmente aceptadas por su utilidad.

Respecto a la variable US, los resultados de bachillerato presencial sugieren que ambas herramientas son igualmente aceptadas por la facilidad de uso. En los resultados de bachillerato en Línea, sugieren que la herramienta EX es más fácil de usar para generar OA.

En relación a la variable TE, los resultados de la prueba t-student con el bachillerato presencial sugieren que la herramienta RE es 33% más rápida para completar un OA que EX. A diferencia del bachillerato en Línea que encuentra EX un 14% más rápida que RE, esta diferencia es pequeña en relación a tiempo (8 min).

Se supone que los sujetos de bachillerato en Línea están en mayor contacto con el uso de las herramientas de autor y por ende saben de las necesidades tecnológicas que deben cubrirse para su instalación y correcta exportación de los OA´s generados, pues posibilitan la compatibilidad con las plataformas educativas y repositorios. Sin embargo examinando el perfil de los sujetos participantes, se observa que no existe una gran diferencia (b. presencial 71%, b. en Línea 78%) entre los sujetos que empiezan a usar alguna herramienta de autor.

Los resultados de bachillerato en Línea sugieren favorecer a la herramienta EX por su facilidad de uso, sin embargo no se observa alguna diferencia entre estas herramientas respecto a la utilidad y tiempo empleado.

Respecto a los sujetos de bachillerato presencial, los resultados sugieren favorecer la herramienta RE por su utilidad y tiempo empleado, sin embargo no se observa alguna diferencia con respecto a la facilidad de uso.

Un aspecto relevante de ambas herramientas es la posibilidad de generar objetos de aprendizaje conforme con la especificación SCORM, lo que garantiza la inter-operabilidad y la reutilización de los recursos generados en alguna de las dos herramientas.

En este trabajo se ha realizado un experimento para analizar la utilidad, facilidad de uso y tiempo empleado en completar un Objeto de Aprendizaje comparando dos herramientas: exe-Learning y Reload Editor con sujetos que trabajan en bachillerato presencial y en Línea. Los resultados sobre la utilidad y tiempo empleado sugieren favorecer a Reload Editor, y respecto a la facilidad de uso se sugiere favorecer a exe-Learning.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido desarrollado gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt, México), al Programa de Mejoramiento del profesorado (PROMEP) y el Sistema Nacional de Educación a Distancia (SINED).

Referencias

1. Gonzalez-Barbone, V., Anido-Rifon, L.: Creating the first SCORM object. Computers & Education 51:1634–1647 (2008). doi: 10.1016/j.compedu.2008.04.004

2. Programa Integración de Tecnologías a la docencia Herramientas de Autor. http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/course/view.php?id=654. Accessed 11 Feb 2013
3. eXe-Learning. http://exelearning.net/. Accessed 8 Mar 2013
4. RELOAD, Reusable eLearning Object Authoring & Delivery. http://www.reload.ac.uk/background.html. Accessed 8 Mar 2013
5. Nieves-Guerrero, C., Menéndez-Domínguez, V.: Composición Asistida de Objetos de Aprendizaje. In: 2° Encuentro Institucional de Educación a Distancia. Mérida, pp 117–122 (2012)
6. Ossand, Y.: Objetos de Aprendizaje: Un recurso pedagógico para e-learning. In: Dirección de Educación Virtual. Universidad de Valparaíso. http://www.uvalpovirtual.cl/archivos/simposio2005/YankoOssandon-ObjetosDeAprendizaje.pdf. (2005). Accessed 13 Sep 2012
7. Ryane, I., Khalidi, M.: A proposition of an authoring tool, for pedagogical scripting, adapted to teachers. International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) 3:8226–8237 (2011).
8. Exe-Learning. http://exelearning.net/. Accessed 12 Feb 2013
9. Ojea, A.M.: Free software tools for the authoring of SCORM learning objects. International Conference on Technology, Training and Communication. (2007)
10. Dodds, P.: The SCORM Overview. http://www.adlnet.org/. (2001). Accessed 27 Jan 2013
11. Dodds, P.: The SCORM Content Aggregation Model. http://adlnet.org/. (2001). Accessed 27 Jan 2013
12. Wilcoxon, F.: Individual Comparisons by Ranking Methods. Biometrics Bulletin 1:80–83 (1945).
13. Fisher, R.A.: Applications of "Student"s' Distribution. Metron 5:3–17 (1925).
14. Student.: The Probable Error of a Mean. Biometrika 6:1–25 (1908).
15. Davis, F., Bagozi, R., Warshaw, P.: User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of to Theoretical Models. Management Science 35:982–1003 (1989).
16. Menéndez-Domínguez, V., Castellanos, E., Zapata, A., Prieto, E.: Generación de objetos de aprendizaje empleando un enfoque asistido. Pixel-Bit Revista de Medios y Educación 141–153 (2010).
17. Kolmogorov, A.N.: Sulla Determinazione Empirica di una Legge di Distribuzione. Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari 4:83–91 (1933).
18. Smirnov, N.: Table for Estimating the Goodness of Fit of Empirical Distributions. The Annals of Mathematical Statistics 19:279–281 (1948). doi: 10.1214/aoms/1177730256

Análisis de desempeño de protocolos MAC para Redes Inalámbricas de Sensores

Luis García-Morales, Antonio Guerrero-Ibáñez y Carlos Flores-Cortés

Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Av. Universidad #333,
28040 Colima, México
{lgmorales, antonio_guerrero, cfcortes}@ucol.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. Las redes inalámbricas de sensores (WSN) han evolucionado en los últimos años. Sin embargo, la clave para el éxito de comunicación radica en el protocolo de la capa MAC que se utilice en las WSN. En este trabajo se evalúan dos de los protocolos de esta capa que se utilizan como base para el diseño de propuestas de nuevos protocolos MAC. Los resultados muestran el rendimiento de éstos dentro de escenarios de redes WSN fijas y móviles. Además marcan la pauta para identificar las limitantes de estos protocolos y que sirvan de base para la creación de un nuevo protocolo para la aplicación de WSN en entornos de monitoreo de variables marinas.

Keywords: WSN, T-MAC, S-MAC, protocolo MAC, consumo energético.

1 Introducción

En las últimas décadas los sistemas de comunicaciones modernos han comenzado a explotar las capacidades únicas de las tecnologías inalámbricas. Estas tecnologías inalámbricas han abierto las puertas a tecnologías novedosas que hacen a las comunicaciones inalámbricas una primera opción para un amplio rango de aplicaciones dentro de una gran variedad de dominios. Dentro de una gran variedad de sistemas inalámbricos, una nueva tecnología ha captado la atención de los investigadores y desarrolladores de aplicaciones: las redes inalámbricas de sensores o WSN (por sus siglas en inglés – *Wireless Sensor Networks*). WSN es una red inalámbrica formada de dispositivos autónomos distribuidos espacialmente que trabajando de forma colaborativa monitorean condiciones ambientales o físicas, como por ejemplo: temperatura, sonido, vibraciones, presión, contaminación, en diferentes locaciones [1].

Uno de los entornos que se ha convertido en un área de interés científico desde hace varios años es la monitorización de las zonas marinas costeras. El interés radica en que estas zonas son vulnerables a la influencia de la actividad humana con el desarrollo industrial, turístico y urbanístico.

Como parte de los esfuerzos se ha visualizado la necesidad de crear los sistemas de observación costeros (SOC), tanto *in situ* como remotos con el objetivo de realizar los estudios de monitoreo [2].

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 9-16

Este nuevo entorno plantea nuevos retos distintos a los que surgen en otros ambientes, como el impacto del medio marino en la conectividad inalámbrica de los nodos, ya que el movimiento de éstos causado por las mareas, olas, corrientes, etc. representa un serio problema que afecta gravemente la calidad de la comunicación dentro de la WSN. Aunado a esto, realizar pruebas en entornos reales, para un escenario que incluya decenas o incluso centenas de nodos, se vuelve un proceso significativamente más demandante, tanto en tiempo como en presupuesto, en comparación con llevar a cabo simulaciones, las cuales proveen una manera más fácil y relativamente rápida de evaluar las propuestas [3].

Una de las claves para el éxito de estas redes es el control que se tenga en la capa de acceso al medio o MAC. Un protocolo MAC sirve de soporte para los protocolos de más alto nivel. Los protocolos de esta capa afectan directamente la disipación de energía, además de que son clave para especificar la latencia y el nivel de seguridad del sistema entre otras cosas.

En este trabajo se realiza el análisis de desempeño de dos de los protocolos de la capa MAC definidos para redes WSN. La evaluación se lleva a cabo a través del uso de simulaciones utilizando la herramienta Castalia, la cual es un simulador de WSN de código libre que sirve para validar algoritmos de alto nivel antes de adentrarse a plataformas específicas de sensores [4]. Esta herramienta se ejecuta como módulo adicional sobre el simulador Omnet++. Las métricas que se evalúan son el impacto de cada protocolo en relación al consumo de energía, el porcentaje de paquetes perdidos y la cantidad de paquetes recibidos por un nodo *SINK* en la red, según las topologías planteadas.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección dos se explica en forma general los protocolos MAC que se evaluarán. La sección tres describe el escenario y los casos de estudio que se utilizarán en la evaluación. Los resultados de la evaluación se discuten en la sección cuatro de este artículo. Finalmente, este artículo termina con una discusión sobre las conclusiones y el trabajo futuro a desarrollar.

2 Descripción de los Protocolos T-MAC y S-MAC

Los protocolos T-MAC (Time-Out MAC) [5] y S-MAC (Sensor-MAC) [6] han sido motivo de investigación como lo muestra la literatura. Estos protocolos se utilizan como base para la creación de nuevos protocolos basados en contención. Por esta razón, como parte del proyecto de investigación que se está desarrollando es necesario entender el funcionamiento de estos protocolos y analizar su desempeño dentro de un ambiente y condiciones similares a las del proyecto. Como las WSN están siendo aplicadas en entornos con condiciones complicadas (como las hay en el nuestro) es necesaria la comparación de esos dos protocolos considerando esas situaciones.

2.1 Protocolo S-MAC

El protocolo S-MAC es un protocolo basado en contención diseñado específicamente para redes WSN. Éste define un método "Listen and Sleep" periódico para evitar los tiempos de escucha "Idle" y reducir el desperdicio de energía (ver fig. 1a). Cada nodo debe seguir un programa *listen and sleep* periódico. Durante la fase *listen* los nodos monitorean la red, si encuentran un *idle*, se comunican con otros nodos. Cuando un ciclo *sleep* se presenta, el nodo tratará de dormir apagando su radio. Con esto se reducen los tiempos de escucha *idle*.

Este protocolo propone una operación *low-duty-cycle* que está enfocada a reducir el consumo de energía. Al ciclo completo del periodo *listen and sleep* se le llama un marco. Durante el tiempo *sleep* el nodo tratará de apagar su radio si es posible, con lo cual se evita un consumo de energía causado por escuchas *idle* en lapsos sobre todo donde la carga de tráfico es ligera. Los nodos en la red se organizan en *cluster* virtuales y comparten un calendarizador de sincronización para los periodos de *listen and sleep*. Como pueden existir diferentes *clusters*, los nodos utilizan un paquete *SYNC* periódico para encontrar a sus vecinos y a este proceso se le denomina *PND* (por sus siglas en inglés *–Periodic Neighbor Discovery*). El protocolo S-MAC esencialmente cambia la energía usada por *throughput* y latencia. El *throughput* se reduce porque solamente la parte *active* del marco se utiliza para comunicación. Por otro lado la latencia se incrementa porque un evento generador de mensaje puede ocurrir durante un tiempo *sleep*.

2.2 Protocolo T-MAC

El protocolo T-MAC es un protocolo hijo del protocolo S-MAC y se desarrolló como una mejora sobre éste. Aunque se puede decir que desde el punto de vista de implementación S-MAC es más sencillo de implementar y se obtienen resultados bastante buenos. Por otro lado, T-MAC utiliza un parámetro denominado *activation time out* que proporciona un ciclo de trabajo flexible ya que el nodo sensor se puede poner en estado dormido si no escucha nada durante el periodo *activation time out*. Esta técnica reduce el ciclo de trabajo si no existen mensajes que escuchar y al mismo tiempo reduce el consumo de energía en los periodos donde se coloca en estado de dormido.

El protocolo T-MAC transmite todos los mensaje en una ráfaga de longitud variable y existe un espacio de tiempo entre ráfagas que se denomina tiempo *sleep/sleep*. Este se utiliza para reducir la escucha *idle*. Un nodo despierta periódicamente para comunicarse con sus vecinos utilizando el esquema RTS/CTS y ACK que proporciona transmisiones confiables y evita colisiones. En este proceso los mensajes se almacenan en un *buffer* y se genera un marco para transmitir los mensajes contenidos durante el tiempo *active*. Este periodo termina cuando no existe ningún evento activo por un periodo de tiempo *TA* por lo tanto el nodo cambia al modo *sleep*. Sin embargo, en periodos de alta carga, los nodos se comunican continuamente sin pasar al estado *sleep (*ver fig. 1b).

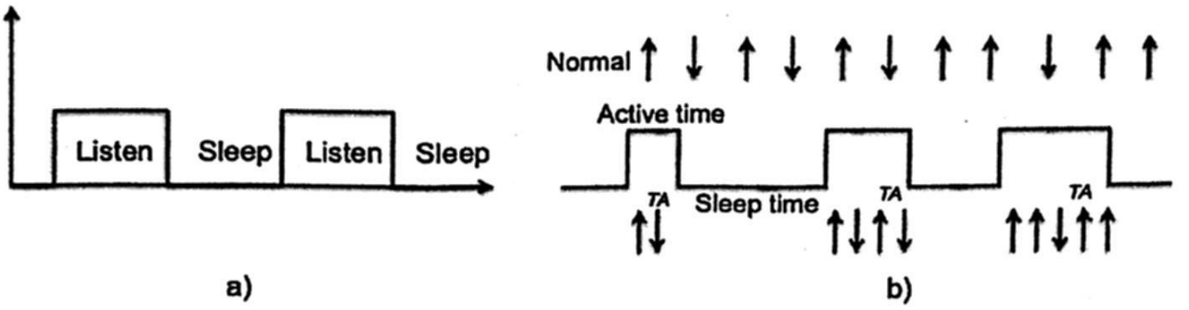

Fig. 1. Representación de funcionamiento de protocolos MAC. a) S-MAC, representando su modo de operación *listen* and *sleep*. b) T-MAC, representando los tiempos *active* y *sleep*, así como el periodo de tiempo *TA*.

3 Casos de estudio

Como parte del estudio, se consideraron dos casos para analizar, en los cuales se hizo la comparativa de ambos protocolos de capa MAC utilizados ampliamente en WSN: S-MAC y T-MAC. A continuación se describe detalladamente cada caso en particular.

3.1 Caso I

Este caso plantea una situación donde todos los nodos que se utilizan dentro del escenario de evaluación tienen un comportamiento estático, es decir, no tienen movilidad. Además todos los nodos tienen que enviar la información recolectada a un punto central, el cual se denomina *SINK*. Un punto relevante que se debe resaltar es que todos los nodos tienen una comunicación directa con el *SINK*, con lo cual es lógico que se produzcan interferencias entre ellos mismos al momento de realizar el proceso de envío/recepción de datos.

3.2 Caso II

En el segundo caso la distribución inicial de los nodos es la misma, sin embargo, la principal variación con respecto al caso anterior es que en éste se añade cierta "movilidad" a los nodos recolectores. Los parámetros generales de la simulación son los indicados en la tabla 1 y la figura 2 describe el movimiento que sigue cada uno de los nodos para este segundo escenario.

Con esta variación se pretende comparar el comportamiento de los protocolos S-MAC y T-MAC, cuando los nodos recolectores presentan algún tipo de movilidad, en cuanto a su desempeño en cuestión de consumo de energía, paquetes perdidos y paquetes recibidos en el *SINK* principalmente.

4 Evaluación y resultados

En esta sección primeramente se explica el escenario de simulación definido para la evaluación de los casos de estudio descritos en la sección anterior. Posteriormente se discuten los resultados obtenidos en la simulación. En este caso se analizan los resultados obtenidos por cada una de las métricas definidas para los casos de estudio y se realiza el comparativo obtenido por cada uno de los protocolos MAC evaluados con el objetivo de poder tomar decisiones sobre el trabajo futuro de este proyecto de investigación.

Para la evaluación de los casos de estudio, se hizo uso del simulador *Castalia*. Este simulador está diseñado especialmente para redes de sensores inalámbricas y utiliza las características de Omnet++ [7]. Omnet++ es una herramienta de simulación de eventos discretos con la filosofía de código abierto. El lenguaje de desarrollo está basado en C++ y además proporciona una interfaz gráfica basada en *Eclipse* [8].

4.1 Escenario de simulación

El escenario de simulación utilizado plantea un entorno conformado por 26 nodos, de los cuales 25 cumplen con la tarea de recolección de datos y 1 nodo actúa como el *SINK* de la red. Las dimensiones del área a simular son: un rectángulo de 4 Km de largo x 2 Km de ancho. La distribución de los nodos en el área descrita se muestra en la figura 2. Para el segundo caso de estudio se definió una movilidad aleatoria con velocidad de 1Km/h.

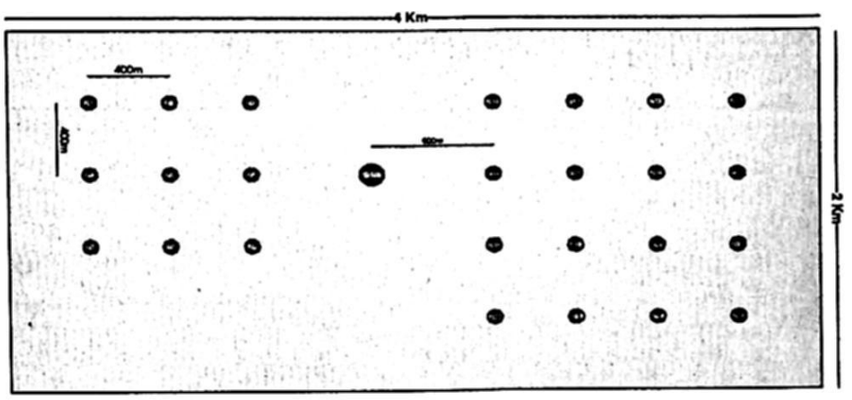

Fig. 2. Representación de la distribución de nodos dentro del escenario de simulación definido para la evaluación de los casos de estudio.

Como interfaz de comunicación se utiliza el radio modelo XBee-PRO 900, el cual es un módulo de RF (radio-frecuencia) embebido de largo alcance (hasta 10 Km en exteriores con antenas de alta ganancia) ideal para aplicaciones que requieran un bajo retardo y alta transferencia de datos, según las especificaciones indicadas en [9]. Los parámetros de configuración utilizados en el módulo de radio en *Castalia* son los indicados en la fuente citada previamente y los parámetros generales de la simulación se muestran en la tabla 1.

Tabla1. Parámetros generales de configuración utilizados en la simulación de los dos casos de estudio dentro de la herramienta *Castalia*.

Parámetro	Valor
Tiempo de simulación	1000 segundos
Paquetes por segundo	1
No. De nodos	26
Tamaño del paquete	10 bytes
Potencia de transmisión	17dBm
Frecuencia	915MHz
Protocolo MAC	SMAC y TMAC
Tiempo de sincronización MAC	30 seg.
Uso de RTS/CTS	Si
PathLossExponent	2.7
Distancia de referencia	100 m
Tamaño de celda	$100m^2$

4.2 Evaluación de resultados

A continuación se discuten en forma general los resultados obtenidos mediante las simulaciones realizadas para evaluar los dos casos de estudio descritos en la sección 3.

La primera métrica que se discute en ésta sección es el porcentaje de paquetes perdidos, la comparativa de sus resultados se observa en la figura 3. A través de ésta se puede comparar este parámetro utilizando ambos protocolos, resaltando que para T-MAC esta proporción es menor en ambos casos simulados; en S-MAC, se tiene un valor de paquetes perdidos que es mayor en un 3%, aproximadamente, con respecto a T-MAC para ambos casos.

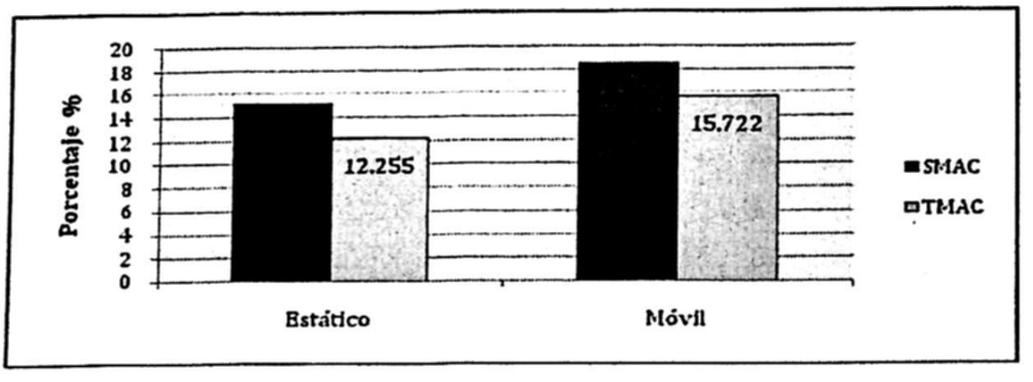

Fig. 3. Porcentaje de paquetes perdidos en la *WSN* para ambos casos de estudio evaluados.

La segunda métrica que se analizó es la cantidad de paquetes recibidos por nodo en el *SINK*. La figura 4 muestra la cantidad de paquetes que llegaron al nodo *SINK*, con referencia al nodo que los envió, durante la simulación. Como se puede observar en la figura, ambos protocolos tuvieron un desempeño similar, sin embargo, el protocolo T-

MAC obtuvo un desempeño mejor en comparación a S-MAC para ambos casos simulados.

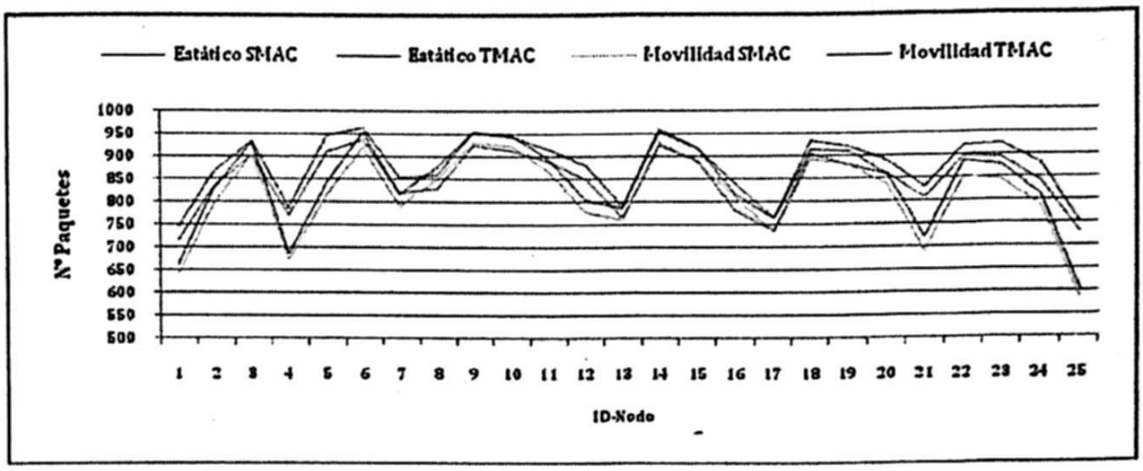

Fig. 4. Cantidad de paquetes recibidos por nodo en el *SINK* para ambos casos de estudio evaluados.

Por último en la figura 5 se observa el consumo de energía, el cual es el parámetro de mayor relevancia para la presente investigación. Se aprecia que con T-MAC se obtiene un mejor rendimiento en cuanto al consumo energético en ambos casos, el cual es cercano al 13% para el caso de los nodos estáticos; mientras que en el escenario con movilidad la ventaja aumenta a un porcentaje cercano al 15%. Esto se debe al funcionamiento en particular de T-MAC, el cual asigna tiempos de espera variables para detectar si el canal inalámbrico se encuentra disponible, adaptándose al estado de la red; a diferencia de S-MAC, en donde estos tiempos son fijos.

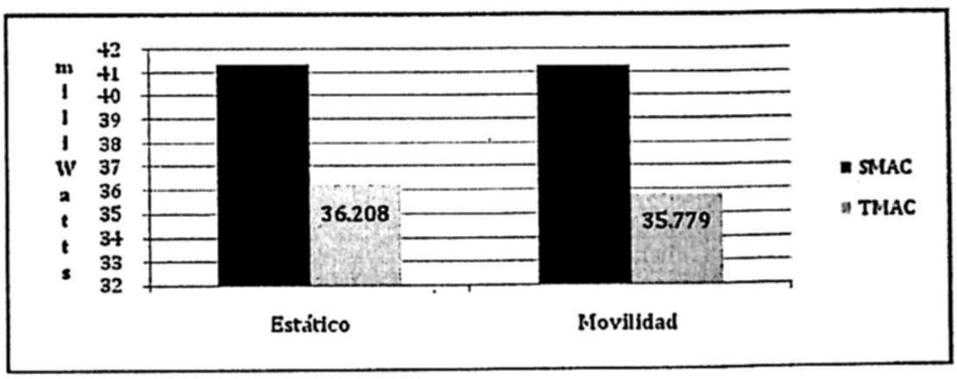

Fig. 6. Consumo promedio de energía por parte de los dos protocolos MAC para cada uno de los casos de estudio evaluados.

A partir de las tres gráficas se puede inferir que utilizando el protocolo T-MAC, se reduce el consumo energético promedio de la WSN, con lo cual se garantiza que los nodos aumentan su tiempo de vida útil, y obtienen un mejor rendimiento en cuanto a paquetes recibidos y perdidos en el *SINK*. Los resultados son coherentes con los obtenidos en [8] con relación a la mejor eficiencia de T-MAC sobre S-MAC. Sin

embargo, en la presente investigación se aporta el análisis de ambos protocolos en un escenario con movilidad, en el cual se demuestra la utilidad de T-MAC en el análisis de corrientes marinas.

Conclusiones

A través del trabajo de investigación realizado se logró comprobar que el protocolo T-MAC ofrece un mejor rendimiento con respecto a S-MAC en redes del tipo WSN, tanto en escenarios con nodos totalmente estáticos como en casos en los que algunos de los nodos son móviles. Esta mejoría obtenida por T-MAC fue con respecto a las variables de interés: paquetes perdidos, paquetes recibidos y consumo de energía (el más importante según el enfoque del proyecto).

Otro aspecto de interés comprobado fue el funcionamiento del radio utilizado para la comunicación inalámbrica en la simulación, ya que debido a las distancias que se pudieran manejar en un entorno real (las cuales se intentaron plasmar en los escenarios definidos), el desempeño mostrado por éste es aceptable para poder iniciar pruebas en campo pues se observó que sí es capaz de cubrir la necesidades de esos requerimientos.

Como punto final es importante mencionar que el presente trabajo marca la pauta a seguir para el desarrollo de un proyecto de mayores dimensiones en el que se busca diseñar una arquitectura completa de WSN para aplicaciones en entornos marinos.

Referencias

1. Raghavendra, C.S., Sivalingam, K.M., Znati, T.: Wireless Sensor Networks. Springer, New York (2004).
2. Albarejo Pérez, C.: Propuesta de una red de sensores inalámbrica para un sistema de observación costero. Departamento de Tecnologías Electrónica, Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Tesis doctoral. (2011).
3. Stetsko, A., Stehlik, M., and Matyas, V.: Calibrating and Comparing Simulators for Wireless Sensor Networks. Eighth IEEE International Conferenceon Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems. Pp. 733-738, (2011).
4. Castalia Software: Castalia, Wireless Sensor Networks Simulator. [en línea] http://castalia.research.nicta.com.au/pdfs/Castalia%20-%20User%20Manual.pdf.
5. Van Dam, T., Langendoen, K.: An adaptive energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks. ACM International conference on embedded networked sensor systems (SenSys). L.A., CA, (2003).
6. Ye, W., Heidemann, J., Estrin, D.; An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks. INFOCOM 2002. Twenty-First Annual Joint Conferences of the IEEE Computer and Communications Societies. (2002).
7. Omnet++ community, official website. http://www.omnetpp.org.
8. Eclipse community official website. http://www.eclipse.org
9. Digi: Digi, your M2M expert. Xbee-Pro 900. Long-range RF connectivity using multipoint protocol. [en línea]: http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/point-multipoint-rfmodules/xbee-pro-900#specs. (2013).

Aplicación Web para el análisis de Distribución de Frecuencias empleando Netnografía

Norma Leticia Hernández Chaparro [1,1], Luis Ángel Reyes Hernández [1]

[1] Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852
Col. Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz
{norma.hdez16, l.a.reyes.h}@gmail.com
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. El presente artículo propone una aplicación *Web* dirigido al sector educativo tomando como caso de estudio la materia de Probabilidad y Estadística, puntualmente el tema de Distribución de Frecuencias impartida en todas las carreras en el Instituto Tecnológico de Orizaba donde existe un déficit de atención por parte de los alumnos ya que hace uso de datos ficticios y en consecuencia un impacto en los índices de aprobación. El objetivo es proporcionar una herramienta de ayuda para los maestros del instituto, utilizando Netnografía para establecer qué datos extraer de una Red Social como Facebook o Twitter y trabajar con datos de una fuente real. La aplicación *Web* propuesta es desarrollada mediante el lenguaje de programación JSP que se encarga de hacer la interfaz entre el usuario y la Red Social a elegir, extraer un conjunto de parámetros específicos y realizar el análisis de Distribución de Frecuencias.

Keywords: *Aplicación Web*, Distribución de Frecuencias, *Netnografía, JSP.*

1 Introducción

El gran impacto que tienen las aplicaciones *Web* usadas en muchos servicios hace que cada día desarrolladores de este tipo de aplicaciones provean mejoras e implementen interfaces cada vez más interesantes y creativas a la vista del usuario. Las aplicaciones *Web* permiten el envío de información importante, en conjunto con los colores, imágenes, videos y demás, genera interés en los usuarios para continuar con la navegación dentro de estas aplicaciones, factor muy importante puesto que sin ella el usuario queda fuera o perdido en la aplicación sin darse cuenta. Dentro del programa de la materia de Probabilidad y Estadística impartida en el Instituto Tecnológico de Orizaba, existe un tema en especial que es la Distribución de Frecuencias, en la cual se analiza una serie de datos que posteriormente de forma ordenada y agrupada permite hacer predicciones a futuro. Estos datos normalmente son ficticios no provienen de una fuente real y provoca la falta de interés en el alumno ya que no observa el alcance que el análisis de Distribución de Frecuencias pueda tener, además del desconocimiento de las áreas de aplicación. La Netnografía es el estudio de las redes sociales, proporciona información de estos grupos basada en ciertos criterios, la importancia de la

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 17-24

Netnografia ha incrementado conforme el paso del tiempo y da a conocer ventajas de llevar acabo alguna investigación basada en esta rama de la ciencia de la Etnografía.

2 Trabajos Relacionados

La Etnografía más que una metodología, es una forma de vida [1], en un principio utilizada para analizar grupos de aborígenes. La función de la Etnografía es el análisis del comportamiento así como prácticas de un grupo en específico de personas, sugiere la participación con este grupo para generar un contraste de lo que las personas hacen y dicen. Internet es uno de los recursos más poderosos disponible para el uso de la Etnografía, un estudio profundo de los múltiples usos de Internet, encuestas online, el manejo de sitios *Web*, videoconferencias, acceso a revistas en línea y materiales relacionados. Indiscutiblemente hoy en día las herramientas basadas en *Web* son de gran utilidad e indispensables para los etnógrafos, aunque realmente el objeto de estudio son los humanos. Aplicar la interpretación cultural o la perspectiva interna, genera una sensibilidad en cuanto a las necesidades, temores y aspiraciones de la gente.

La investigación Netnográfica descrita en [2] basada en los métodos clásicos de la investigación etnográfica, denota la sociabilidad online por la comunicación y la cultura presente en comunidades o redes sociales, la Netnografía es una disciplina nueva y en proceso de construcción creada para entender lo que millones de personas expresan a lo largo del día en las diversas redes sociales existentes, obtener el carácter normal de las ciberculturas es la parte medular de la Netnografía que es la referencia a la cultura dentro de las redes sociales o mejor dicho el ciberespacio, analizada por muchos netnógrafos con el fin de comprender también el ciberespacio, cómo se dió el origen de las comunidades nativas online y el fenómeno que Manuel Castells ha denominado la autocomunicación de las masas que consiste en que este tipo de comunicación no es unidireccional si no que permite a una persona qué quiere saber y qué información desea obtener.

El reconocido experto Robert V. Kozinets en [3] emplea un término basado en la Etnografía conocido como Netnografía que consiste en seis pasos: la planificación de la investigación, introducción, recopilación de los datos, interpretación, garantizar estándares éticos y representación de la investigación, además se enfoca en la recolección de información como el comportamiento de los individuos en las redes sociales exponiendo conocimientos, sentimientos y el por qué de la existencia de esos grupos que se forman por tener identidad compartida o ciertos intereses en común, estos datos son importantes y de alto impacto para el marketing y otras áreas, aunado a la investigación cualitativa la cual busca obtener datos no cuantitativos con el fin de explorar las relaciones sociales y describir la realidad que los integrantes de dichas redes sociales viven. Se ha designado a Internet como objeto de estudio que la Netnografía utiliza para investigar cómo se comporta un "consumidor" de servicios en una comunidad virtual mediante filtros inteligentes logrando la esencia de la opinión sincera y espontánea que ellos tienen sobre cualquier tema, el análisis a obtener depende de la finalidad que se persigue o para qué realizar la investigación, es de

suma importancia para empresas preocupadas por conocer que piensan los usuarios de los productos o servicios que ofrecen, esto permite a las empresas medir, juzgar, valorar las opiniones y realizar mejoras.

El proceso de la Netnografía se manifiesta en dos fases especificadas en [4], la primera (proceso automático) las computadoras conectadas en red indagan en foros, chats, listas de distribución, grupos de noticias y todas las vivencias relacionadas con el tema de análisis de consumo, posteriormente se convierten en información filtrada de acuerdo a interés y credibilidad. Programas inteligentes analizan la información y seleccionan la de mayor utilidad para el estudio. En la segunda fase (proceso manual) un grupo de especialistas clasifican la información en comentarios favorables, neutros o no favorables acerca del objeto de análisis. Gracias a lo anterior los expertos emiten conclusiones, recomendaciones y el informe final a la empresa que solicitó la investigación. La ventaja que tiene la Netnografía sobre la Etnografía o cualquier otra técnica es que los errores se eliminan en la encuesta directa para presentar resultados únicos de la opinión del usuario de los servicios o productos que consumió.

La cadena de hoteles Sharm El Sheikh en Egipto solicitó una investigación para medir y analizar los comentarios de los usuarios que se hospedaron en alguno de los hoteles de esta cadena, en [5] se publicaron los resultados obtenidos y arrojaron ocho dimensiones: confort, educación, hedonista, la novedad, el reconocimiento, la relacional, la seguridad y el sentido de belleza. Es importante mencionar el interés producido por realizar una investigación de los antecedentes y de las consecuencias poco investigadas para la construcción de la experiencia del cliente que tiene una gran lealtad con la marca. El turismo juega un papel importante en el tema de la Netnografía, siendo ejemplo pionero de la economía y la experiencia que muestran los consumidores.

De acuerdo a cualquier ciencia aplicada como la informática, la ingeniería, la física y demás, el objetivo principal en [6] es la explicación de teorías de probabilidades, procesos estadísticos y procesos estocásticos donde su comportamiento es no determinista. Temas como frecuencias relativas, probabilidad, análisis combinatorio, probabilidad condicional, independencia, variables aleatorias, función de distribución, la importancia de las variables aleatorias discretas, estimación y pruebas son explicadas ampliamente por el autor. Realiza una aplicación a un caso de estudio tomando en cuenta similares propuestas detalladas.

Actualmente las redes sociales representan un cúmulo de información conformado por opiniones, sentimientos y otros datos que los usuarios inscritos en estas redes proporcionan; en [7] describe algunas de las redes sociales más utilizadas por las personas en todo el mundo como Facebook, Twitter, Linked In y algunas otras más. El cómo combinar datos de estas redes, el uso de las técnicas de análisis y visualización, ayudará a que la búsqueda de información sea la idónea y correcta. La minería de datos está presente por las técnicas empleadas para las áreas de la *Web* social, una de las técnicas más avanzadas es TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency, Término de Frecuencia – Documento de Frecuencia Inversa) basada en la observación de la frecuencia de aparición de los términos. La opción del

uso de tecnologías *Web* como HTML5 y JavaScript toolkits es propuesta para crear visualizaciones interactivas mediante estas tecnologías. Gracias al uso de XFN (XHTML Friends Network, eXtensible HyperText Markup Language Redes de Amigos) mediante los enlaces de una página *Web* se representa las relaciones entre personas, logra explorar las conexiones sociales existentes. La finalidad entonces es descubrir y obtener el máximo provecho de las redes sociales que son una inmensa fuente de información, donde la minería de datos juega un papel importante para lograr ese objetivo.

El gran número de sistemas de autenticación de usuarios y de acceso a los recursos y datos personales se ha convertido en un gran problema mencionado en [8], sobre todo en los servicios en internet relacionados con las redes sociales. Actualmente existen diversos estándares y protocolos para satisfacer necesidades de autenticación y autorización. Debido a que un usuario hace uso de diversas aplicaciones como la consulta de su correo electrónico, redes sociales, entre otras, la mayoría requiere que el usuario se autentique, es decir, se identifique ante la aplicación que normalmente lo hace mediante un usuario y una contraseña. Estas aplicaciones cuentan con su propio sistema de autenticación y gestión de datos personales lo que ocasiona al usuario tener que recordar diversos identificadores y contraseñas para cada aplicación. El uso de los protocolos y tecnologías permite precisamente solventar esas situaciones a las que son orillados los usuarios. Es importante identificar la diferencia entre autentificar, que es la certificación de un usuario en un sistema y autorizar que significa otorgar acceso a un usuario o sistema sobre la información o recursos de algún usuario en concreto. *OAuth 2.0* (Open Authorization, Autorización Abierta) es un protocolo que define como un tercero (consumidor) accederá a los recursos propios de otro usuario, su propósito es que un usuario proporcione acceso a un tercero sobre los recursos que tenga en un servidor sin que el consumidor conozca al usuario ni su contraseña.

En la Tabla 1 se muestra una comparativa de las aportaciones de cada trabajo, técnicas o algoritmos empleados, aplicación *Web*, aplicación estadística y dominio. De los trabajos mencionados la mayoría son empleados para la enseñanza, emplean técnicas o algoritmos y algunos realizan la aplicación de estadísticas pero ninguno hace uso de una aplicación *Web*.

Tabla 1. Comparativa de trabajos relacionados.

Autor	Técnicas o Algoritmos	Aplicación *Web*	Aplicación Estadística	Dominio
David M. Fetterman, Leonard Bickman.	No aplica	No aplica	Aplica	Enseñanza
Miguel del Fresno.	Aplica	No aplica	No aplica	Enseñanza
Gary M. Bowler Jr.	Aplica	No aplica	No aplica	Enseñanza
O. W. Turpo Gebera.	Aplica	No aplica	No aplica	Marketing
Ismail A. R., Prof. T.C.	Aplica	No	Aplica	Marketing

Melewar, Prof. Arch W.		aplica		
Russell, Matthew A.	Aplica	No aplica	No aplica	Enseñanza
Norma L. Hdez. Ch.	Aplica	Aplica	Aplica	Enseñanza

3 Desarrollo

La Netnografía proporciona un método de dos fases [4], la primera consta de un listado de redes sociales a emplear, recolección de datos y su duración definido en días, semanas y meses. La segunda fase corresponde a la lectura y clasificación de todos los datos obtenidos de acuerdo a la lista de criterios establecidos y por último una evaluación global para la interpretación de las estadísticas obtenidas y redacción de conclusiones que serán entregadas junto con el informe final. El siguiente paso realizado es el desarrollo del estudio netnográfico que permite identificar el objeto de estudio: las redes sociales Facebook y Twitter con sus respectivos criterios de búsqueda mostrados en la Tabla 2, la elección de estos criterios es debido a que se requiere información que pueda contabilizarse, para realizar las operaciones propias de la Distribución de Frecuencias mencionada en [6]. La frecuencia relativa (*f.r.*) es la representación de cada intervalo expresada en porcentaje. La frecuencia acumulada (*f.a.*) indica cómo se van acumulando los datos conforme pasa de un intervalo al siguiente. La frecuencia relativa acumulada (*f.r.a.*) representa el porcentaje acumulado hasta un determinado intervalo.

Tabla 2. Objeto de estudio con sus respectivos criterios de búsqueda.

Twitter		Facebook	
Usuario	Persona concreta	Usuario	Persona concreta
Seguidor	Usuario que sigue a una usuario concreto	Lista de amigos	Listado de los contactos o amistades pertenecientes a un Usuario
Siguiendo	Persona a la que el usuario concreto sigue	Intereses	Temas importantes para el usuario
Tweet	Mensaje formado por mínimo 1 y máximo 140 caracteres publicado por un usuario	Likes	Calificación positiva de usuario hacia un comentario, una fotografía, un tema de interés, una página que proporcione un servicio o de algún otro usuario
Hashtag	Palabra denotada como muy importante precedida del símbolo #	Estado	Conjunto de caracteres que permiten expresar un sentimiento o pensamiento en un instante dado.
		Fotos	Imagen compartida por un usuario

El análisis realizado de la Distribución de Frecuencias permite mostrar los datos recolectados y ordenados en una tabla, la frecuencia absoluta (*f.i.*) es el número de veces que aparece cada dato, la suma de las frecuencias absolutas se representa con *N*,

siendo igual al número total que existe de datos. En la Tabla 3, se muestra un ejemplo de datos analizados mediante Distribución de Frecuencias, tomando como dato extraído el número de "*likes*" publicados por un usuario de Facebook durante una semana, se observan los días de la semana que representan las siete clases que agrupan y ordenan la información.

Tabla 3. Análisis de Distribución de Frecuencias de una semana para los "likes" de un usuario.

Semana 1	Clase	*f.i.*	*f.a.*	*f.r.* %	*f.r.a.* %
Lunes	1	70	70	35	35
Martes	2	40	110	20	55
Miércoles	3	30	140	15	70
Jueves	4	10	150	5	75
Viernes	5	5	155	2.5	77.5
Sábado	6	40	195	20	97.5
Domingo	7	5	200	2.5	100
		∑=200 *likes*			

Una vez identificado el objeto de estudio, se obtuvo la definición de parámetros que son los componentes de cada clase existente de las redes sociales. La definición del universo se determinó para cada una de las redes sociales, en común mantienen la clave del usuario registrado en una cuenta, pero específicamente en el caso de Facebook se determinó también como universo las amistades que tiene un usuario, sus intereses, los "*Likes*" que provea y el número de estados publicados, para el caso de Twitter, el universo se conforma por el número de seguidores, el número de personas que sigan a este usuario, el número de los "*Tweets*" enviados así como la cantidad de los "*Hashtag*" publicados. El desarrollo de la aplicación *Web* está basado en el lenguaje de programación *JSP* (*JavaServer Pages*), fue necesario crear una aplicación independiente de la aplicación *Web* en Facebook para solicitar los permisos necesarios al usuario y extraer su información, hay datos que no requieren un permiso en especial que sea registrado en la aplicación de Facebook como el nombre del usuario, la foto de su perfil, su dirección, entre otros, pero para obtener el correo electrónico del usuario, es necesario indicar en la aplicación de Facebook que requiere solicitar permiso especial con el consentimiento del usuario para obtener esa información. La aplicación de Facebook entabla conexión con el protocolo de autorización *OAuth* [8] estándar abierto para incluir seguridad en la autenticación de aplicaciones *Web* y de escritorio, es el puerto de autenticación de credenciales de Facebook y Twitter por mencionar algunas redes sociales, permite a una aplicación cliente actuar en nombre de un usuario concreto para obtener recursos de ese usuario, estos recursos se encuentran en un determinado servidor de recursos. Una vez autenticado el usuario, el protocolo *OAuth* obtiene los permisos otorgados por el usuario y la aplicación *Web* puede acceder a los recursos del usuario para ser extraídos y utilizados para el análisis de *Distribución de Frecuencias*. Cabe mencionar que este protocolo empleado en Facebook, evita el mal uso de una cuenta de usuario. Los elementos básicos de la arquitectura de *OAuth* son los siguientes:

Aplicación cliente: Aplicación que solicita y utiliza la información del usuario para un fin concreto.

Servidor de autorización: Servidor que recoge la información de la aserción, de la aplicación cliente y del recurso al cual se desea acceder y devuelve un código de acceso a los recursos para ser utilizado en el servidor de recursos.

Servidor de recursos: Servidor que permite acceder a los recursos con un código de acceso determinado. En la Figura 1, se muestra el comportamiento del protocolo *OAuth* en [8].

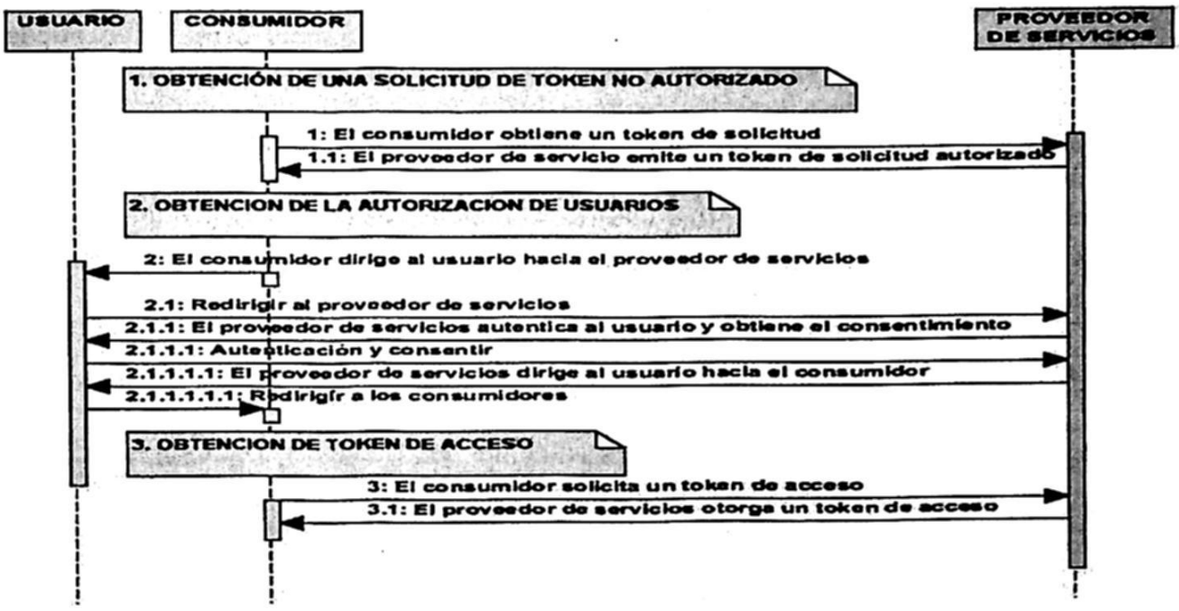

Fig. 1. Secuencia de autorización *OAuth.*

4 Trabajo a Futuro

Realizar la codificación en *JSP* para efectuar la conexión y solicitud de permisos para extraer información de un usuario registrado en Twitter. Aplicar la Distribución de Frecuencias en los datos obtenidos de Twitter y mostrar los resultados correspondientes del análisis.

5 Conclusiones

El uso de las aplicaciones *Web* ha incrementado y con ello la necesidad de contar cada día con mejores aplicaciones para solventar diversos problemas que surgen actualmente como el caso especial observado en el Instituto Tecnológico de Orizaba en cuanto a la materia que se imparte de Probabilidad y Estadística y puntualmente en el tema de Distribución de Frecuencias, debido a que no existe interés por parte de los alumnos al realizar los análisis correspondientes y emplear datos ficticios que no

proveen ningún foco de atención hacia los alumnos, se presenta como solución a este problema utilizar la Netnografía para obtener datos provenientes de una fuente real, como son las redes sociales donde la mayoría o casi todos los alumnos están familiarizados con ellas puesto que son parte de su vida cotidiana, la aplicación *Web* desarrollada permite la interacción con redes sociales, la extracción de información y el desarrollo completo del análisis de Distribución de Frecuencias, de esta manera los alumnos de esta institución podrán valorar la importancia del uso de la Distribución de Frecuencias, ampliar su panorama de las áreas donde pueden utilizar estos conocimientos y la disminución del nivel reprobatorio de los alumnos se observará en un porcentaje significativo y se prevé que con el uso de esta aplicación, los mismos alumnos generen ideas propias para enriquecer la herramienta e inclusive puedan crear aplicaciones con este enfoque para otras áreas empleando la Distribución de Frecuencias. Así mismo esta herramienta busca ser una ayuda completa para los maestros ya que especifican que el promedio de tiempo empleado para enseñar a sus alumnos todo el análisis de Distribución de Frecuencias es alrededor de 3 a 4 semanas de esta forma la aplicación disminuiría ese tiempo de enseñanza a 1 semana aproximadamente.

Agradecimientos

Agradecemos a CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). El gran apoyo del M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández, al Dr. Giner Alor Hernández y a la M.C.E. Beatriz Alejandra Olivares Zepahua por el aporte en el proyecto.

Referencias

1. Fetterman D.M., and Bickman L., "Ethnography: Step-by-Step (Applied Social Research Methods)", Nashville: Debra J. Rog, Westat. 2010
2. del Fresno M., "Netnografía Investigación, análisis e intervención social online", Editorial UOC, Barcelona, 03/2011.
3. Bowler G.M., "Netnography: A Method Specifically Designed to Study Cultures and Communities Online", The Qualitative Report 15, no. 5, 2010, 1270-1275.
4. Turpo Gebera W.O., "La Netnografía: un método de investigación en Internet", edited by la Ciencia y la Cultura (OEI) Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, Revista Iberoamericana de Educación, no. 47/2, 2008.
5. Ahmed Rageh I., Prof. Melewar T.C., Prof. Woodside A., "A Netnography study to uncover the underlying dimensions of customer experience with resort brands". Brunel Business School, Brunel University, UK. 2010
6. Lefebvre M., "Applied Probability and Statistics", 2006, 358 p.
7. Russell M.A., "Mining the Social *Web*: Analyzing Data from FaceBook, Twitter, LinkedIn, and Other Social Media Sites", O'REILLY, United States of America, 2011.
8. Sánchez J., "Sistemas de Autenticación y Autorización en Internet", UdL, Máster en Interacción Persona-Ordenador, Universidad de Lleida, 2010-2011.

Toward Automated Detection of Risky Driving Behavior Patterns in Urban Environments

Luis Carlos Cruz Díaz, Adrián Macías Estrada, Manuel Domitsu Kono,
Luis A. Castro, Luis-Felipe Rodríguez
Depto. de Computación y Diseño, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)
luiscruz.2908@gmail.com, {adrian.macias, manuel.domitsu,
luis.caztro, luis.rodriguez}@itson.edu.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. In Mexico, like in other countries, car accidents are the leading cause of death among young people. Therefore, the identification of drivers that can be potentially involved in car accidents is of particular interest. There are certain risky driving behaviors that are highly correlated to car accidents, including speeding, overtaking, and tailgating. In this work, we present a system for automated detection of risky driving behavior patterns in urban environments. The system makes use of GPS data to compute mobility traces and other several features useful to characterize driving behaviors. This work presents encouraging results toward automated identification of risky driving behaviors. Results from this work can be of interest for insurance companies, parents, police, and even for drivers' self-awareness of such driving behaviors.

1 Introduction

With the ever growing penetration of mobiles phones in people's daily activities and the emergence of increasingly cheap hardware components for tracking people and vehicles, there is a shift toward developing systems that can reach out of the desktop, even outside the home and work settings, in the city. These spaces between these two private locations have been referred to as third spaces [1] and have posed new opportunities for research in urban computing. Particularly, one of such opportunities has been receiving considerable attention from media and researchers: the development of systems for real-time tracking of persons and vehicles in large cities.

Of particular attention is the study of motor vehicles mobility as this is a major aspect associated with traffic accidents. In Mexico, car accidents are the leading cause of death among people under 30. According to the National Institute of Statistics and Geography (INEGI), in 2011 there were 387,185 car accidents in Mexico, from which around 95% were ascribed to human factors (e.g., distracted driving, drowsy driving, drunk driving). Also, in 2011 there were slightly more car accidents at 8, 14, 15, and 18hrs, which reflects that during the rush hour, the probability of being involved in a car accident increases, which is not surprising as such. Even more, age seems to be a factor, being young drivers those who experience more car accidents.

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 25-32

The collection and study of mobility traces of motor vehicles can help identify risky driving behavior patterns of people. Researchers have analyzed these types of patterns in order to find appropriate strategies for reducing traffic accidents [2, 3]. In general, these studies have been conducted using questionnaires to ask people if they behave in certain ways and thus detect risky driving habits. However, as the authors of such studies state, this methodology may lead to inconsistences because of imprecise data provided by users [2]. In this sense, mobile technology provides an appropriate framework for the development of computational systems capable of collecting data regarding mobility traces of motor vehicles useful to identify risky driving behavior patterns. This technology based approach addresses the limitations of studies that make use of questionnaires as drivers' behavior is analyzed based on data collected in their daily life and, if desired, without awareness of the driver.

In this paper, we present a system based on mobile technology for collecting mobility traces of vehicles in urban settings. This collection of traces aims at detecting risky driving behavior patterns such as speeding and tailgating. This paper is organized as follows. In the next section we review related work. Then, in Section 3 we discuss basic requirements for identifying risky behavior patterns from mobility data collected using mobile technology. Afterwards, we present the design of the proposed system. Finally, preliminary results and closing remarks are provided.

2 Vehicle Tracking and Mobility Patterns

Many applications have been devised in the domain of urban computing. However, many of them need to carry out vehicle mobility tracking if they are to implement systems that use vehicles' location as input. For example, systems that use location for real-time tracking of fleet aimed at reducing costs in good manufacturing. In the literature, many of these types of systems use 'off-the-shelf' location systems (e.g., GPS units) whereas others manufacture in-house devices or applications for mobile phones. In particular, most research in vehicle tracking has been devoted to mainly study fleet management, understanding urban mobility, and enhancing road safety.

Fleet management involves real-time location of motor vehicles [4]. Fleet management systems aim at diminishing misuse of fleet, reduction of costs, and increase in safety of goods and drivers by knowing the whereabouts of their fleet (and drivers). In many cases, fleet management systems involve installing an in-car sensing unit that allows monitoring aspects that are of interest to the company such as fuel consumption, speed, and estimated time of arrival.

The second application is data analysis from mobility traces that can be used for urban planning. For instance, in [5] they collected data from GPS units installed in 30,000 taxicabs. The data were collected for two years and the analysis provided valuable insights for urban planners in terms of the zones of the city where most movement generated, which gave place to a redesign of traffic routes in the city. In a similar fashion, in [6] they used trajectories commonly followed by taxi drivers to create alternatives routes that could guide drivers through the fastest route, based on taxi drivers' experiences.

Lastly, for road safety there have been some systems created with the aim of reducing risks while driving. For example, CarSafe is an app that uses the front and rear cameras of a smartphone to provide alerts of risky driving behaviors such as drowsy driving or tailgating [7]. This behavior is not uncommon, as there are many people who drive while they are tired or drowsy [8]. DriveDiagnostics [9] is an in-vehicle data recorder used to monitor and analyze driver behavior. This system capture mobility traces that help determine overall trip safety and risky driving behavior by identifying and classifying a series of maneuver types.

In contrast to related work, the system proposed in this paper aims at taking advantage of the data collected only from GPS-enabled devices to detect patterns of risky driving behavior. These patterns are an essential requirement to classify users in terms of driving habits and to develop strategies for reducing traffic accidents.

3 Requirements for a System to Detect Risky Driving Behavior

There are several patterns of driving behavior that can be considered risky and that can be associated with traffic accidents. Detecting and analyzing such behavior patterns becomes important mainly for road safety purposes. Among other things, the causes of such behavior can be related to factors such driver's personality, using old vehicles, dangerous roads, or heavy traffic. This kind of information about driving behaviors and their potential causes are of interest to researchers, especially for the development of strategies for preventing traffic accidents.

Table 1. Behaviors or practices that can be identified using GPS information

Behavior	Identified?	Identification method
Aggressive driving	Yes	Speed data can be obtained from GPS data. Acceleration data can be computed
Breaking speed limits	Yes	Using geo-fences or marks on maps
Going through a Stop sign	Yes	Placing points of interest at stop signs (i.e., geolocation) and determining a speed threshold at that particular spot.
Going through red lights	No	Placing points of interest for traffic lights and determining the rate of stops made at this point
Changing lines	No	Identifying zones with multiple lines and detecting if drivers usually moves from one line to another
Overtaking	No	Computing speed and location difference, relative to other vehicles
Tailgating	No	Real time location and speed information of other vehicles is needed

As we mentioned above, data collected from GPS devices allow the monitoring and analysis of risky driving behavior. Commercial GPS devices generally provide a pair of geographic coordinates as well as visual information about current locations.

Most GPS-enabled smartphones can also provide these types of data. Moreover, through the Application Programming Interface (API) provided by the operating system of mobile devices, traces of GPS data along with speed, error, number of satellites used, and satellite timestamp can be usually obtained. Some aspects of risky driving behavior can be analyzed on the basis of such data collected from GPS-enabled smartphones. Nevertheless, there are limitations in terms of which patterns of risky driving behavior can be identified. Table 1 presents some examples of risky driving behavior and indicates which of them can be determined by using GPS data and which of them are addressed in this paper. Moreover, this table describes a possible pattern identification method.

4 Mobility Data and Risky Driving Behavior System Design

Given the requirements for risky behavior identification highlighted in section 3, we devised a system that could be scalable and flexible. Figure 1 illustrates the architecture of the system. There are three main elements: Mobile device (data collector), Server (data storage, retrieval, and analysis), and Web Client (data visualization).

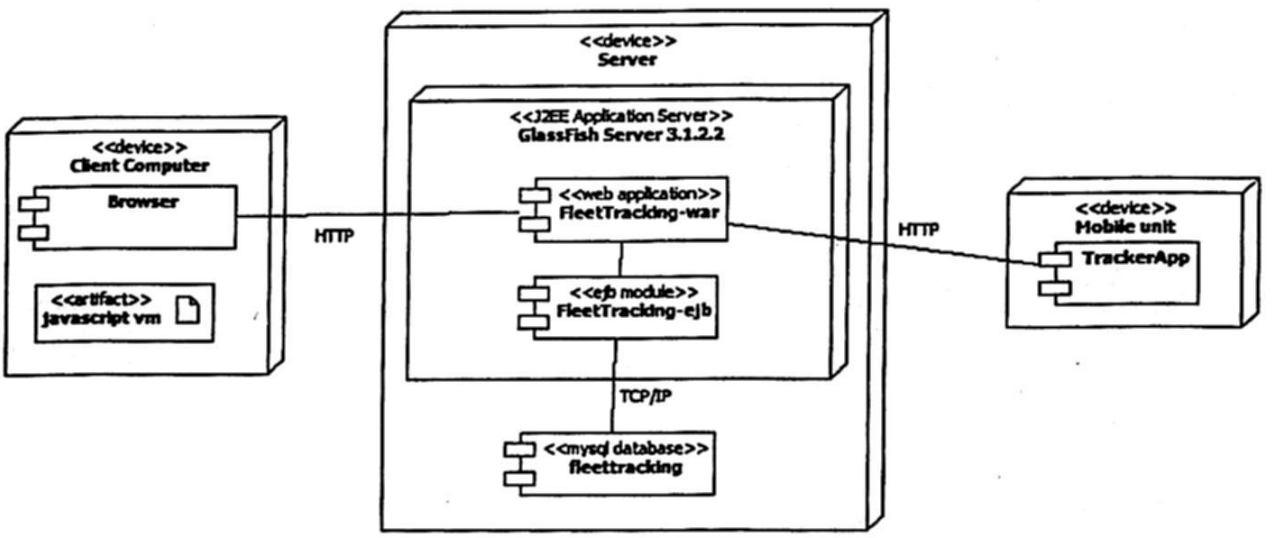

Fig. 1. Diagram showing the main components on the server and mobile device

- Web client: It is represented by the web client nodes, using a browser with JavaScript VM enabled. It comprises of two components:
  - Browser: It handles the communication between the web client and the web server.
  - Javascript VM: It is responsible for processing the information obtained from the server and showing it in a visual way.
- Server: The server node stores and processes the data collected and sent by mobile devices using HTTP GET commands. The system is deployed into an Application server which is composed internally by a web Server and a business server. It mainly comprises three components:

  - Web application (FleetTraking-war component): It works as the end point communications to mobile devices to send the data collected. Also, it works as the main application to which web client must connect to get traffic data. This element only contains presentation layer facilities.
  - EJB Module (FleetTraking-ejb): It is the main business logic module. All business logic is outside the presentation layer as a means to enable scaling using distributed processing.
  - Database: It stores and retrieves data. We used a MySQL 5.6 database.
- Mobile device: A mobile node where GPS data are collected. The mobile device can be any type of device that can make HTTP requests.
  - TrackerApp: We used a smartphone running Windows Phone 7.8, but the system is designed to allow any type of clients (e.g., smartphones of any make, devices with embedded software such as Arduino or Rasberry PI).

4.1 Main features of the System

The design of the architecture enables three main characteristics of the system:

- Scalable: It is based in distributed processing, one of the features of the Glassfish Java Application Server that conforms with the J2EE (java Enterprise specification), where business components can be distributed in several ways into Applications Servers Federations to raise up the process power of an application.
- Heterogeneous software environments: Communication between server and mobile devices is made through HTTP requests through a JSON (Javascript Object Notation) file.
- Flexible: As a main concern of the architectural design because of the heterogeneous nature of the environments where the applications are expected to work, we used the factory and strategy patterns, and the reflection mechanism to enable application adaptability to such changes. Also, using J2EE AppServer allow us to exploit intrinsic features related to change order process executions, pre and post conditions and message driven triggered business process among others, in many cases just by modifying XML configuration files.

5 Overview of the Deployment Area

Our experimental testbed was deployed in public transport in two cities in northwest Mexico (population around 120k and 400k). The cities' geography is mainly flat with a few buildings taller than 3 floors. The server was implemented on a laptop (Windows 8) with a Glassfish Java Application Server running. Communication with mobile devices was carried out via commercial mobile carriers (i.e., 3G). In addition, the Web client was implemented using standard technologies for web development (e.g., HTML5, CSS3, Javascript) and the Google Maps API.

5.1 Data collection

To facilitate the collection of samples, we designed a mobile phone-based application. The mobile phone used was a Nokia Lumia 710 running the Windows Phone 7.8. The application was collecting samples every 5 meters, meaning that the phone API provided an event whenever it detected a 5m change in location.

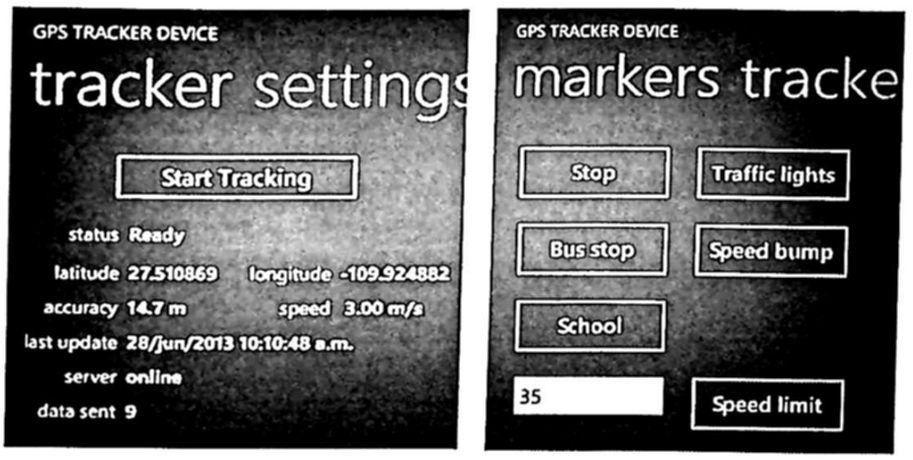

Fig. 2. Screenshot of the mobile phone app used for data collection

For this experiment, we collected samples 12,477 samples corresponding to three local routes of public transport in the aforementioned cities. Rather than extensive, the experiment was intended to test the functionalities of the system as well as the feasibility of detecting risky behaviors. We devised a heuristic to determine when a driver was externalizing risky behaviors. The analysis of the data was carried out offline using commercial spreadsheet software.

6 Results

This section presents preliminary results toward an automated detection of risky driving behaviors. In general, the analysis focused on detecting three main risky behaviors in drivers: aggressive driving, breaking speed limits, and going through a stop sign.

6.1 Aggressive driving

Aggressive driving is when a bus driver accelerates the vehicle too rapidly. Avoiding aggressive driving behavior can save around 25 liters of diesel per day [10]. According to [10], fuel consumption upsurges 67% for acceleration increase in the range of 0.5 m/s^2 to 1.5 m/s^2. This is highly relevant since the max acceleration detected in our experiment was 1.66 m/s^2. This is important not only for fuel optimization but also for passenger safety. In our experiment, the Min acceleration detected was -2.76 m/s^2, meaning that at some points of the route segment the bus driver braked sharply.

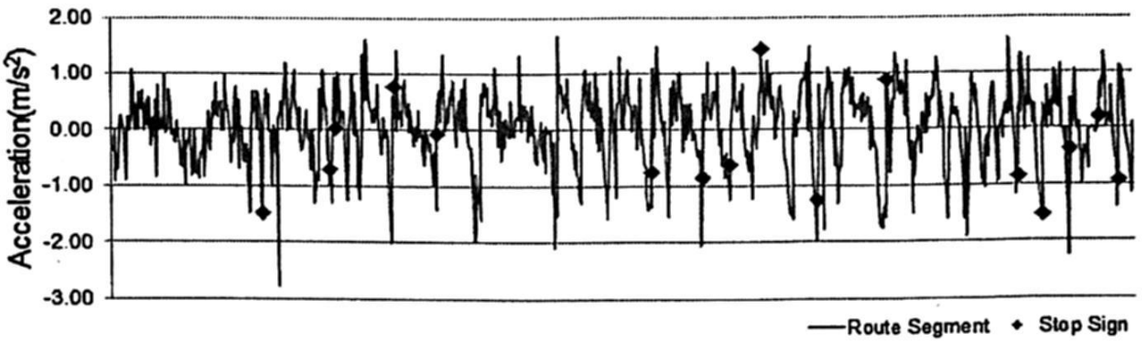

Fig. 3. Vehicle acceleration during a 30min window

Following Figure 3, we can observe the acceleration/deceleration at stop signs. In general, for this route segment, the average acceleration was 0.5 m/s^2, which is reasonable since an average sport car takes around 6s to reach 0.100 km/h at around 4 m/s^2. In Figure 3, it can be seen that the driver decelerates before stop signs in 11 times. However, there are two times in particular when the acceleration rate is really high at stop signs. For deceleration, the average was -0.53 m/s^2.

6.2 Breaking speed limits

According to the World Health Organization (WHO), speed control is one the various interventions likely to reduce road casualties. This is one of the reasons why is important to identify such behavior. In figure 4, we can see two street signs: stops and speed limits.

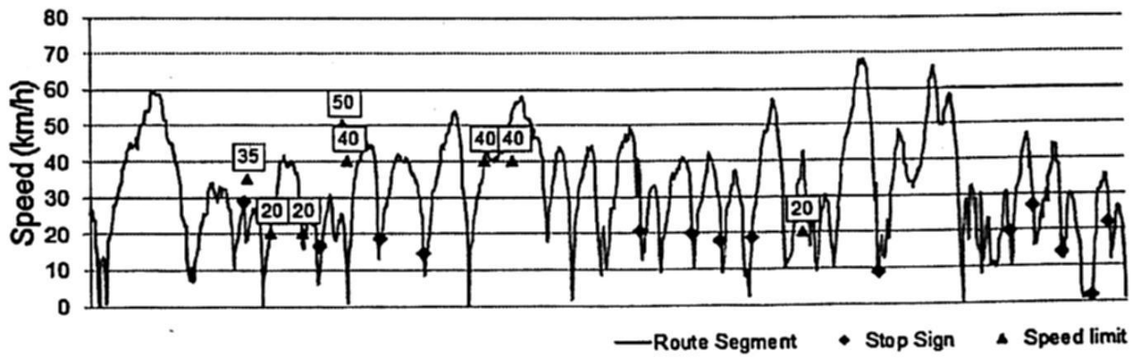

Fig. 4. Vehicle speed during a 30min window

Following Figure 4, it can be seen that speed is mainly decreased at stop signs. However, at only one stop sign the driver seemed to have made a full stop (speed below 10 km/h). The average speed was 32 km/h, and the max speed for this route segment is 68km/h. In this particular road segment, the driver seems to break the speed limits in two occasions. Still, from these data, it is difficult to determine when a traffic sign (e.g., speed limit at a school) is no longer relevant for the driver i.e., if the driver turns around a corner.

6.3 Going through a stop sign

In Figure 4, 16 stop signs are illustrated. However, it was difficult to detect if the driver made a full stop, as required by law. Instead, the driver seemed to have made semi-stops by reducing the overall speed of the vehicle. Two possible explanations arise. One the one hand, the driver does not stop at most stop signs, which can be worrisome as passenger and road safety must be paramount. On the other hand, this can also be caused by faulty GPS readings or error. Thus, additional experiments must be carried out to fully determine when a vehicle makes a full stop.

7 Closing Remarks

In this work, we presented preliminary results toward automated detection of risky driving behaviors. We carried out an experiment to determine the feasibility of detecting such behaviors with GPS data. Future work includes combining the results from analyzing risky driving behavior with other kind of information such as drivers' background and driver affective condition when exhibiting risky driving behavior as well as with information about city zones and places of interest. This may help to understand the relation of people's background and their driving habits. Thus, this can lead to strategies for improving people driving behavior and increasing road safety.

8 References

1. Shklovski, I. and M.F. Chang, *Urban Computing: Navigating Space and Context*. Computer, 2006. **39**(9): p. 36-37.
2. Ivers, R., et al., *Novice Drivers' Risky Driving Behavior, Risk Perception, and Crash Risk: Findings From the DRIVE Study*. American Journal of Public Health, 2009. 99(9): p. 1638-1644.
3. Blows, S., et al., *Risky driving habits and motor vehicle driver injury*. Accident Analysis and Prevention, 2005. **37**(4): p. 619-624.
4. Ghoshal, S., *Automatic Fleet Management System*, 2008, Jadavpur University. p. 86.
5. Zheng, Y., et al., *Urban Computing with Taxicabs*, in *13th ACM International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2011)*2011, ACM Peess: Beijing, China.
6. Yuan, J., et al., *T-drive: driving directions based on taxi trajectories*, in *Proc. of the 18th SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (GIS 2010)*2010, ACM: San Jose, California. p. 99-108.
7. You, C.-W., et al., *CarSafe App: Alerting Drowsy and Distracted Drivers using Dual Cameras on Smartphones*, in *11th International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys 2013)*2013, ACM: Taipei, Taiwan.
8. Sahayadhas, A., K. Sundaraj, and M. Murugappan, *Detecting Driver Drowsiness Based on Sensors: A Review*. Sensors, 2012. 12: p. 16937-16953.
9. Toledo, T. and T. Lotan, *In-Vehicle Data Recorder for Evaluation of Driving Behavior and Safety*. Transportation research record, 2006. 1953: p. 112-119.
10. Rohani, M.M., *Bus Driving Behaviour and Fuel Consumption*, in *School of Civil Engineering and the Environment*2012, University of Southampton: Southampton, UK.

Aprendizaje de patrones relacionales para la extracción de información en apoyo a la toma de decisiones en medicina

José A. Reyes-Ortiz, Ana L. Jiménez, Jaime Cater, Cesar A. Meléndez, Patricia B. Márquez, Marlon García, Fernando Olvera, Juan C. Contreras, Gustavo Farfán

Health Digital Systems
Insurgentes Sur 617, 03810, Distrito Federal, México.
{alejandro.reyes,ajimenez,jaimecater,cmelendez,pmarquez,
marlon.garcia,fernando.olvera,ccontreras,
gfarfan}@saludhds.com.mx
http://www.saludhds.com.mx

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. La obtención de un diagnóstico definitivo en los sistemas de información basado en el Expediente Clínico Electrónico (ECE) se realiza por un médico, el cual analiza variables como síntomas y antecedentes del paciente. Este proceso puede ser realizado de manera incorrecta debido, entre otros factores, a la interpretación inexacta de la información descrita en lenguaje natural. Esto refleja la importancia de generar sistemas de extracción de información médica a partir de textos como apoyo a los médicos en el proceso de toma de decisiones diagnósticas. Estos sistemas se basan en patrones semánticos que localicen la información relevante. En este artículo se presenta un enfoque de aprendizaje automático para la construcción de patrones semánticos relacionales, los cuales extraen la información necesaria para apoyar el proceso generación de diagnósticos probables en el campo de la medicina. El aprendizaje utiliza un corpus de notas médicas para generar los patrones relacionales, generalizarlos y filtralos con base en su frecuencia de aparición.

Palabras clave: aprendizaje automático, diagnóstico médico, patrones semánticos relacionales, extracción de información.

1 Introducción

La extracción de información en el dominio médico ha despertado un interés creciente en los últimos años. Es necesario crear sistemas que identifiquen y realicen la extracción de información relevante de documentos médicos para un objetivo específico. El tipo de información extraída depende de su uso posterior, el cual determina su formato prefijado. Por ejemplo, un sistema que genera una lista de diagnósticos probables de manera automática necesita datos del paciente, síntomas, partes anatómicas, entre otras. Este sistema necesita de métodos que extraigan dicha información de los docu-

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 33-42

mentos médicos generados en una consulta. Actualmente, esta información se regula por las reglas para generar sistemas de Expediente Clínico Electrónico [1] de cada paciente.

Los métodos de extracción de información a partir de textos necesitan patrones sintácticos, semánticos o lingüísticos para localizar los datos correspondientes. La generación de estos patrones se puede realizar de manera manual, sin embargo, esta opción conlleva diversos inconvenientes como el alto consumo de tiempo, los costos y se necesita de humanos para realizar todo el proceso. Una propuesta a este problema es el aprendizaje automático, el cual se encarga de proponer técnicas para que los dispositivos electrónicos *aprendan* a partir de ejemplos, también conocido como aprendizaje supervisado [2]. El aprendizaje automático se puede aplicar en la construcción automática de patrones, tarea que consiste en descubrir un conjunto de patrones textuales a partir de ejemplos proporcionados a la aplicación.

El diagnóstico médico es un procedimiento mediante el cual se identifica una enfermedad, síndrome o cualquier condición de salud de un paciente haciendo uso de diversas variables entre las que destacan la sintomatología y factores de riesgo.

Los diagnósticos pueden ser generados en los sistemas de Expediente Clínico Electrónico (ECE) de manera manual por un médico, el cual selecciona el diagnóstico definitivo del catálogo internacional de enfermedades llamado CIE10 [3]. Este proceso es tedioso, consume bastante tiempo y pueden ser generados de manera incorrecta. Se ha registrado que el porcentaje de errores médicos durante la atención hospitalaria es de entre 3.5% al 16.6% [4]. Estos problemas reflejan la importancia de generar sistemas de información que permitan apoyar a los médicos durante la toma de decisiones en el proceso de diagnóstico definitivo. Para que un sistema de este tipo sea una realidad es necesario el uso de técnicas de extracción de información en las notas médicas. Estas técnicas necesitan patrones los cuales se pueden generar de manera semiautomática.

Este artículo propone un enfoque de aprendizaje automático para generar un conjunto de patrones de extracción de información con la finalidad de alimentar un sistema de generación de diagnósticos probables. El aprendizaje presentado parte de un corpus de notas médicas anotadas con entidades nombradas que intervienen en un diagnóstico médico: anatomía, enfermedades, síntomas, intensidades, entre otras. A partir de estos datos el enfoque propuesto genera un conjunto de patrones de extracción enfocados en relacionar las entidades de síntoma con anatomía, paciente con síntoma, síntoma con evolución, paciente con antecedente y antecedente con familiar. Los patrones obtenidos se generalizan por sinonimia, se filtran por frecuencia y se validan por un experto médico.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta las bases teóricas de la tarea de aprendizaje y se describen los elementos que intervienen en el proceso de obtención de un diagnóstico médico. En la sección 3 se presenta la descripción del corpus utilizado para el entrenamiento y las pruebas. El enfoque propuesto de aprendizaje de los patrones, el cual incluye una tarea de obtención de las raíces de las palabras, la generación de patrones y un filtrado se exponen en la sección 4. En la sección 5 se presenta la evaluación de los patrones en términos de precisión y su frecuencia de aparición en el corpus. Finalmente, en la sección 6 se muestran las conclusiones.

2 Bases teóricas

El trabajo presentado en el presente artículo se basa en un enfoque de aprendizaje de patrones con una intervención de expertos médicos para validar los resultados. Por ello, en esta sección se presentan las bases del aprendizaje de patrones, los elementos necesarios para realizar un diagnóstico médico y los trabajos relacionados en estas áreas.

2.1 Diagnóstico médico

El diagnóstico médico es un procedimiento mediante el cual se identifica una enfermedad, síndrome o cualquier condición de salud. Este proceso se lleva a cabo haciendo uso de diversos criterios, tales como: la sintomatología, factores de riesgo, signos vitales, datos personales del paciente como sexo y edad, estudios de laboratorio y estudios de gabinete.

Los criterios más relevantes para realizar un diagnóstico son los síntomas con su anatomía y evolución, los factores de riesgo como antecedentes y el familiar que lo padece. Los síntomas se identifican mediante el proceso de impresión diagnóstica, la cual consiste en un razonamiento clínico con el objetivo de explicar la enfermedad. Para consolidar un diagnóstico es necesario identificar los factores de riesgo internos y externos. Una vez determinado el diagnóstico definitivo se procede con el tratamiento, el control y seguimiento de la enfermedad.

En el área de la atención clínica, el proceso descrito anteriormente se realiza por un médico asignado a las consultas. Este proceso puede ser realizado de manera incorrecta, derivado de diversos factores entre los errores más frecuentes documentados son: mal uso de la relación médico-paciente, interrogatorio mal dirigido y la incorrecta interpretación clínica de la semiología [5]. Como apoyo a este proceso se han propuesto enfoques computacionales automáticos o semiautomáticos para la generación de diagnósticos probables, los cuales se discuten en la sección de trabajos relacionados.

2.2 Aprendizaje de patrones

La obtención automática de patrones es el principal obstáculo de un sistema de extracción de información a partir de texto. En el área de la generación de diagnósticos probables, el aprendizaje los patrones que relacionen la información del paciente con sus síntomas, los síntomas con su anatomía y evolución y los pacientes con sus antecedentes se han convertido en un reto para el aprendizaje automático.

El aprendizaje puede ser realizado de manera supervisada, el cual consiste en implementar algoritmos para que las máquinas *aprendan* a partir de ejemplos disponibles [10]. En la extracción de información para obtener un diagnóstico médico, la idea es que el aprendizaje ayude a construir el conjunto de patrones relevantes para dicha tarea.

El aprendizaje se puede aplicar para la construcción automática de conjuntos de patrones de extracción de información. En la literatura existen propuestas que hacen la construcción de diccionarios de patrones para la extracción de información en general. Estas propuestas y enfoques se discuten, más adelante, en la sección 3.

3. Trabajos relacionados

Las áreas de diagnósticos médicos y el aprendizaje de patrones convergen en este trabajo con la finalidad de obtener un conjunto de patrones semánticos relacionales para la obtención de información relevante a partir de los textos médicos. El objetivo de esta identificación es apoyar la toma de decisiones en los diagnósticos clínicos.

La generación de diagnósticos probables ha sido abordada por enfoques computacionales automáticos y semiautomáticos. En este aspecto existen dos tipos de enfoques: a) los enfoques estadísticos basados en aprendizaje, tales como [6] que presenta una actualización del algoritmo C4.5 para '*aprender*' a partir de ejemplos y poder determinar el diagnóstico, un enfoque estadístico mediante el algoritmo de Máquinas de Soporte Vectorial (MSV) es expuesto en [7]; b) finalmente, los enfoques basados en reglas de extracción de información a partir de textos, las cuales son generadas por expertos de manera manual[8] y [9].

Por su parte, el aprendizaje de patrones ha sido abordado desde diversas perspectivas para dominios ajenos a la medicina. De esta manera, se analiza la literatura correspondiente donde se propone la construcción automática de diccionarios de patrones de extracción de información, el cual se basa en corpus textuales sin anotaciones y consta de diversas etapas, de las cuales destaca la generación de patrones específicos, la generalización de patrones y el filtrado [11]. El aprendizaje de patrones de relación en presentado en [12] y [13] donde se expone un sistema para adquirir patrones a partir de documentos etiquetados con partes de la oración y clases semánticas. En el campo del aprendizaje de reglas de extracción de información en dominios genéricos se han propuesto diversos trabajos ([14], [15] y [16]).

Los patrones aprendidos de manera automática representan las estructuras semánticas del corpus de entrenamiento en cuestión de los elementos que caracterizan, de esta manera, se tienen patrones semánticos relacionales que generalizan las estructuras de los textos para la información que se desea extraer. Estos patrones sirven para detectar información relevante en textos futuros.

La investigación sobre el aprendizaje de patrones en la literatura existente es nula. Por lo tanto, nuestro enfoque aplica aprendizaje automático con la finalidad de generar los patrones semánticos relacionales, los cuales son necesarios para identificar a partir de los textos de las notas médicas la siguiente información: las relaciones de síntomas con anatomía y evolución; la relación de paciente con sus síntomas; la relación de paciente con antecedentes heredofamiliares y patológicos; y la relación de antecedentes con familiares que los padecen o padecieron.

Los patrones ayudan a identificar la información descrita anteriormente, la cual es utilizada como apoyo a la tarea del médico para la toma de decisiones en los procesos de diagnósticos clínicos. Para que los patrones puedan extraer el mismo tipo de información en nuevos textos, es necesario contar con un corpus de entrenamiento lo suficientemente extenso para generalizar los textos de las notas médicas del dominio deseado. Por ello, en la siguiente sección se describe el corpus creado y validado, manualmente, por expertos médico, y que finalmente es utilizado para el aprendizaje de los patrones semánticos relacionales.

4. Corpus de notas medicas

El corpus utilizado para nuestro enfoque consta de 2500 notas médicas que son utilizadas para generar un diagnóstico a partir de los datos que contienen (síntomas, anatomía, intensidad, antecedentes personales, antecedentes patológicos, entre otros). Este corpus está compuesto de 13,000 oraciones y 156,000 palabras. Este corpus es dividido en dos partes, 2000 notas médicas utilizadas para el aprendizaje de patrones de extracción y 500 notas médicas utilizadas para la fase de pruebas de los patrones.

El aprendizaje de los patrones se lleva a cabo con el corpus de entrenamiento de notas médicas. Por su parte, el extracto de corpus extraído para las pruebas es utilizado para la evaluación de los patrones extraídos, la cual se basa en determinar la precisión de los patrones, además de presentar un estudio de frecuencia de aparición de cada patrón.

Este corpus fue construido y validado manualmente por expertos médicos. Éste se utiliza para aprender los patrones que generalizan las estructuras semánticas en lenguaje natural de los elementos necesarios para llevar a cabo un diagnóstico. A partir de este corpus se aplica el enfoque propuesto, el cual se describe en la siguiente sección.

5. Enfoque propuesto

Las distintas aproximaciones presentadas en las secciones anteriores se basan en aprendizaje de reglas o patrones para dominios ajenos a la medicina. En la obtención de diagnósticos médicos probables, se han propuesto trabajos enfocados directamente en aprendizaje con estadística. El enfoque propuesto se basa en el aprendizaje de patrones relacionales de extracción de información utilizada para la obtención de diagnósticos probables en el área de medicina. El objetivo es reducir la intervención y esfuerzo del experto humano en la creación de los patrones de extracción. Para conseguir este objetivo el enfoque propuesto utiliza las raíces de las palabras para la obtención y generalización de patrones, esto elimina la intervención del experto para analizar el volumen de información. El experto interviene hasta la etapa de filtrado donde trabaja directamente con los patrones extraídos en lugar de trabajar con el corpus.

Nuestro enfoque se describe detalladamente en las siguientes secciones donde se expone el funcionamiento de cada fase.

5.1 Obtención de las raíces de las palabras

El proceso truncamiento (en inglés *stemming*) se lleva a cabo con la finalidad de reducir las palabras del corpus a sus raíces y con ello evitar la duplicidad de los patrones. Este proceso consiste en remover los sufijos comunes morfológicos e inflexionales de las palabras [17].

En nuestro enfoque se utiliza el algoritmo de *Porter* como un proceso de normalización mediante la obtención de la raíz de las palabras. Este algoritmo consiste en reglas para la eliminación de sufijos y acentos en las palabras [18]. Algunos ejemplos

de este proceso son: *embarazo confirmado:embaraz confirm; cirugía de rodilla:cirug de rodil; abdom:abdomen.*

Una vez que se realiza la obtención de las raíces de las palabras, el enfoque realiza el etiquetado de las entidades nombradas de los diagnósticos y la obtención de los patrones relacionales entre las entidades.

5.2 Etiquetado de las entidades nombradas

El etiquetado de entidades nombradas es el proceso de asignar una categoría semántica a una palabra o secuencias de palabras [19]. El objetivo de esta fase consiste en obtener un corpus etiquetado con entidades de los diagnósticos que servirá como base para la obtención de patrones relacionales.

En este enfoque se consideran las siguientes categorías semánticas de entidades: nombres de enfermedades, partes anatómica, síntomas, familiares, unidades de tiempo (día, mes, semana, hora, minuto) y cantidades (20, dos, una, 30). Para realizar el etiquetado semántico de entidades diagnósticas se utilizan listas de las entidades expresadas en su raíz. En la Tabla 1 se muestra el etiquetado mediante una lista de entidades completas y sus raíces de la categoría semántica "síntomas" para un texto de una nota médica.

Tabla 1. Lista de entidades de la categoría "síntomas"

Texto	Entidades	Raíces de las entidades
acude traído por la madre por presentar palpitaciones y agitación sin predominio de horaria, estreñimiento crónico, dolor cólico abdominal. rinorrea anterior, obstrucción nasal bilateral, prurito nasal, prurito faríngeo de evolución crónica.	palpitaciones	palpit
	agitación	agit
	estreñimiento crónico	estreñ cronic
	dolor cólico abdominal	dolor colic abdominal
	rinorrea anterior	rinorre anterior
	obstrucción nasal bilateral	obstruccion nasal bilateral
	prurito nasal	prurit nasal
	prurito faríngeo	prurit faringe

El corpus con las palabras en sus raíces y etiquetado con todas las categorías semánticas de los diagnósticos se utiliza para la obtención del conjunto de patrones relacionales.

5.3 Obtención de patrones relacionales

En esta fase el enfoque propuesto utiliza el corpus con las raíces de las palabras y con anotaciones de las entidades nombradas de los diagnósticos para obtener los patrones relacionales entre dichas entidades. El objetivo de esta fase es obtener un conjunto de patrones que serán validados y filtrados por los expertos médicos.

La obtención de patrones relacionales específicos se inicia con una identificación de las etiquetas semánticas en cada una de las sentencias del corpus de entrenamiento. Esta identificación proporciona los constituyentes semánticos (entidades de los diagnósticos) de las oraciones. Las palabras que se encuentren entre cada entidad se convierten en sentencias de los patrones específicos. Se les denomina patrones específicos debido a que sólo cubren la sentencia que representa.

En esta fase se obtienen patrones para relacionar las siguientes entidades: síntoma-anatomía, paciente-síntoma, síntoma-evolución, paciente-antecedente y antecedente-familiar. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un patrón relacional específico para una sentencia del corpus entre las entidades *síntoma* y *anatomía*.

Sentencia: *el paciente masculino de 45 años presenta edema en la pierna y temperatura local.*

Patrón relacional: <*síntoma:edem*> en <*parte_anatómica: piern*>

Figura 1. Patrón relacional específico para una sentencia del corpus.

Los patrones específicos obtenidos del corpus se generalizan, es decir, se obtiene una lista reducida en la cual se elimina la duplicidad de los mismos. Además se agrupan por el tipo de elemento que relacionan y se generalizan considerando la sinonimia de las entidades de los diagnósticos.

La generalización por sinonimia de las entidades consiste en hacer grupos de patrones a partir de la similitud de las entidades diagnósticas asociadas a las sentencias. A continuación se muestra un ejemplo de una similitud por sinonimia entre dos patrones específicos (1 y 2), los cuales pueden generalizarse en el mismo grupo (patrón generalizado).

Patrón relacional específico 1: <*síntoma:prurit*> en <*parte_anatómica: región ocul*>
Patrón relacional específico 2: <*síntoma:escoz*> en <*parte_anatómica: región ocul*>
Patrón relacional generalizado: <*síntoma*> en <*parte_anatómica*>

En este enfoque, el proceso de generalización por similitud se apoya de un diccionario de sinónimos de las entidades creado por expertos médicos.

El conjunto de patrones relacionales obtenidos puede resultar muy extenso aun cuando se ha realizado una generalización. Como propuesta para reducir los patrones relacionales se propone un proceso de filtrado.

5.4. Filtrado de patrones relacionales

Algunos patrones del conjunto generalizado pueden resultar poco útiles para la tarea de extracción de información de diagnósticos médicos. Por ello, se propone un proceso de filtrado de patrones basado en su frecuencia cuyo objetivo es eliminar los patrones irrelevantes.

El filtrado por frecuencia consiste en eliminar patrones generales que tienen poca o nula aplicabilidad en todo el corpus. El objetivo es obtener únicamente los patrones mínimamente útiles sin sacrificar la cobertura de la tarea de extracción.

Después de realizar el filtrado por frecuencia se lleva a cabo una validación por relevancia, con la diferencia de que este proceso es realizado por expertos médicos que determinan la relevancia y confiabilidad de cada patrón. Este proceso es apoyado por la precisión que tienen los patrones para extraer la información. La precisión de los patrones se mide en términos de los ejemplos relevantes que cubre cada patrón.

Los cinco patrones más frecuentes obtenidos para cada tipo de entidad relacionada se evalúan en términos de su precisión, los cuales se presentan en la siguiente sección.

Además, se presenta la frecuencia de aparición de cada patrón en el corpus de entrenamiento.

6. Evaluación de los patrones

La obtención de los patrones relacionales finales se realiza mediante la generalización, la validación por los expertos y el filtrado por frecuencia.

El filtrado por frecuencia ordena los patrones de mayor a menor representado el nivel de importancia en el corpus. El hecho de que un patrón relacional aparezca varias veces no significa que en cualquier dominio sea así, en este artículo, las cifras de frecuencia de aparición están altamente relacionadas al corpus de notas médicas.

La evaluación de los patrones más frecuentes se presente en términos precisión, es decir, la cantidad de relaciones correctamente extraídas por el patrón contra el total de relaciones extraídas.

En la Tabla 2 se muestra la frecuencia de aparición y la precisión de cada patrón relacional para los cinco más frecuentes en cada tipo de entidad.

Tabla 2. Frecuencia y precisión de los cinco patrones relacionales más frecuentes para cada entidad relacionada.

Entidades relacionadas	Patrón relacional	Frec.	Prec.
síntoma-anatomía	*<síntoma>* en *<parte_anatómica>*	1708	98.3
	<síntoma> *<parte_anatómica>*	486	98.3
	<síntoma> *de* *<parte_anatómica>*	387	88.3
	<síntoma> a nivel de *<parte_anatómica>*	101	94.0
	<síntoma> sobre *<parte_anatómica>*	27	96.2
paciente-síntoma	*<paciente>* refiere * *<síntoma>*	1987	95.6
	<paciente> presenta * *<síntoma>*	390	97.4
	<paciente> con *<síntoma>*	313	92.9
	<paciente> acude por *<síntoma>*	202	98.0
	<paciente> con presencia de *<síntoma>*	92	93.4
síntoma-evolución	*<síntoma>* de *<cantidad>* *<unidad_tiempo>* de evolución	727	100
	<síntoma> desde hace *<cantidad>* *<unidad_tiempo>*	646	99.0
	<síntoma> por *<cantidad>* *<unidad_tiempo>*	65	86.1
	<síntoma> inicio hace *<cantidad>* *<unidad_tiempo>*	49	91.8
	<cantidad> *<unidad_tiempo>* con *<síntoma>*	42	90.4
paciente-antecedente	*<paciente>* con antecedente de *<enfermedad>*	312	97.1
	<paciente> con *<enfermedad>*	172	94.1
	<paciente> presenta antecedente de *<enfermedad>*	79	100
	<paciente> tiene antecedente de *<enfermedad>*	45	100
	<paciente> sufrió de *<enfermedad>*	22	95.4
antecedente-familiar	*<familiar>* padece *<enfermedad>*	118	97.4
	<familiar> con *<enfermedad>*	95	89.4
	<familiar> positivo a *<enfermedad>*	35	91.4
	<familiar> finada por *<enfermedad>*	28	100
	antecedentes de *<enfermedad>* en *<familiar>*	17	100

7. Conclusiones y trabajo futuro

Este artículo ha propuesto un enfoque de aprendizaje automático para la creación de patrones relacionales de extracción de información con la finalidad de apoyar la toma de decisiones diagnósticas en la medicina. Con este enfoque se pretende minimizar la intervención del experto en la creación de estos patrones. Los patrones son obtenidos, generalizados y filtrados por el enfoque para que, finalmente, el experto realice una validación y evaluación.

El enfoque presentado consiste en una fase de preparación del corpus (obtención de las raíces de las palabras), un etiquetado semántico de las entidades de los diagnósticos médicos, una obtención automática de patrones y el filtrado semiautomático.

Como resultado del enfoque se obtiene un conjunto de patrones para cada tipo de las siguientes entidades relacionadas que intervienen para la obtención de diagnósticos probables: síntoma-anatomía, síntoma-anatomía, síntoma-evolución, paciente-antecedente y antecedente-familiar. Para el conjunto de los cinco patrones más frecuentes para cada entidad relacionada se presenta un estudio de relevancia por frecuencia y por precisión.

Debido a la generalización de patrones, su obtención del corpus médico y su inminente dependencia con el dominio, la precisión promedio de la información que extraen es de 95.3 para los patrones más frecuentes.

Los patrones obtenidos tienen como propósito final la extracción de información del área de medicina, la cual es útil para la obtención automática de diagnósticos probables. Esto apoya la generación del diagnóstico definitivo, actividad que es responsabilidad del experto médico.

El enfoque propuesto se ha probado con un corpus de medicina general, sin embargo, éste puede ser aplicado para cualquier conjunto de datos de entrenamiento etiquetado con entidades nombradas.

Referencias

1. La Secretaría de Salud de México: La Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2010. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México (2010).
2. Mitchell, T.: *Machine Learning*, McGraw Hill, ISBN 0-07-042807-7, New York (1997).
3. Organización Mundial de la Salud: Clasificación Internacional de Enfermedades, décima versión CIE-10. Informe de la Conferencia Internacional para la Décima Revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (1998).
4. Martínez, C. M.: Errores médicos en la práctica clínica, del paradigma biologicista al paradigma médico social. Revista Cubana Salud Pública 32(1). Ciudad de La Habana (2006).
5. Díaz, J., Gallego, B., León, A.: El diagnóstico médico: bases y procedimientos. Revista Cubana de Medicina General Integral. Revista Cubana Medicina General Integral 22(1). Ciudad de La Habana (2006).
6. Alexopoulos, E., Dounias, G. D., Vemmos, K.: Medical Diagnosis of Stroke using Inductive Machine Learning. Proceedings of Workshop on Machine Learning in Medical Applications, Advance Course on Artificial Intelligence ACAI99, pp. 91--101. Chania, Greece (1999).
7. Shashikant, U. G., Ghatol A. A.: Heart Disease Diagnosis Using Machine Learning Algorithm. Proceedings of the International Conference on Information Systems Design and Intelligent Applications. Advances in Intelligent and Soft Computing vol. 132, pp. 217--225. India (2012).
8. Drastal, G. A., Kulikowski, C. A.: Knowledge-Based Acquisition of Rules for Medical Diagnosis. Journal of Medical Systems 6(5), pp. 433--445. Springer, Netherlands (1982).

9. Jianwei, X., Ke, X.: A novel extracting medical diagnosis rules based on rough sets. The 2009 IEEE International Conference on Granular Computing, pp. 608--611. IEEE Press, Nanchang, China (2009).
10. Jiménez, C.: Razonamiento Aproximado y Adaptable en el Procesamiento de Consultas Vagas. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia. Medellín (2008).
11. Catalá, N., Castell, N.: Construcción automática de diccionarios de patrones de extracción de información. Procesamiento del Lenguaje Natural No. 21, pp. 123--136. España (1997).
12. Califf, M. E., Money, R. J.: Relational Learning of Pattern-Match Rules for Information Extraction. Proceedings of the Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence, pp. 328--334. Orlando, Florida (1999).
13. Califf, M. E., Money, R. J.: Bottom-up relational learning of pattern matching rules for information extraction. Journal of Machine Learning Research 39(2-3), pp. 177--210. Association for Computing Machinery (2003).
14. Soderland, S.: Learning Information Extraction Rules for Semi-Structured and Free Text. Machine Learning - Special issue on natural language learning 34 (1-3), pp. 233--272. The Netherlands (1999).
15. Huffman, S.: Learning Information Extraction Patterns from Examples. Proceeding of Connectionist, Statistical, and Symbolic Approaches to Learning for Natural Language Processing, pp. 246--260. Springer-Verlag, London (1996).
16. Riloff, E., Wiebe, J.: Learning extraction patterns for subjective expressions. Proceedings of the 2003 conference on Empirical methods in natural language processing, pp. 105--112. Stroudsburg, USA (2003).
17. Lovins, J. B.: Development of a Stemming Algorithm. Mechanical Translation and Computational Linguistics vol. 11, pp. 22--31. (1977).
18. Porter, M. F.: An Algorithm for Suffix Stripping, Readings in information retrieval, pp. 130--137. Morgan Kaufmann, San Francisco (1997).
19. Solorio, T.: Taking Advantage of Existing Named Entity Taggers by Machine Learning. Tesis de doctorado, National Institute of Astrophysics, Optics and Electronics. Puebla, México (2005).

Explorando el Enfoque Instruccional del Aula Invertida en la Enseñanza y Aprendizaje de la Programación de Computadoras en Estudiantes Universitarios

Rubén Benítez[1] y Víctor Torres[1]

[1] Unidad Académica de Economía e Informática, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo S/N, Tepic, Nayarit, México
{rpbencor, vicjav}@hotmail.com
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. El Aula Invertida (AI) es un enfoque instruccional en el que se utilizan las tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para invertir el contexto tradicional de enseñanza y aprendizaje. Para este propósito, el profesor produce en video la exposición de los temas del curso y otro tipo de materiales instruccionales digitales y los distribuye a los estudiantes. Así, el tiempo de clase en el aula es utilizado para que los alumnos planteen sus dudas y desarrollen actividades prácticas en forma individual o colaborativa con el apoyo del profesor. En el presente trabajo se expone la implementación del enfoque AI en 2 grupos de estudiantes universitarios de carreras relacionadas a las TIC. Los resultados de investigación sugieren que la implementación del AI permitió que los estudiantes se sintieran apoyados instruccionalmente para aprender por sí mismos y confiados para desarrollar las actividades prácticas debido al apoyo y guía del profesor.

Palabras Clave: Video, Podcast, Aula Invertida, Estilos de Aprendizaje, Estilos de Enseñanza.

1 Introducción

Los estudiantes de nuevo ingreso de las licenciaturas de Informática (LI) y de Sistemas Computacionales (LSC) de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), frecuentemente obtienen un bajo rendimiento o reprueban su primer curso de programación de computadoras. Con el fin de identificar la causa de este fenómeno, un estudio de Benítez et al. [1], concluyó que la principal causa del problema es que los estudiantes no logran comprender adecuadamente los conceptos de programación que se les enseñan y les es difícil aplicarlos en la solución de los problemas que les son planteados por el profesor. En consecuencia, mencionaron estos mismos autores, los alumnos muestran poco interés en este tipo de asignaturas, obtienen un bajo rendimiento y tienen una percepción negativa sobre la programación de computadoras.

El fenómeno del bajo rendimiento y la falta de interés de los estudiantes en

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 43-50

asignaturas de programación ha sido estudiado por Kinnunen y Malmi [2], quienes han señalado que las causas principales de este problema son que: a) los estudiantes no obtienen suficiente ayuda del profesor para aclarar sus dudas, y b) a los estudiantes les es difícil entender los conceptos de programación. Con relación a estas dos posibles causas, Benítez y Torres [3] realizaron un estudio diagnóstico a un grupo de 35 estudiantes de la LI y de la LSC de la universidad objeto de estudio, para determinar el origen del problema de aprendizaje de los alumnos en los cursos de programación de computadoras. Entre algunos de los aspectos negativos que estos autores identificaron, a partir de las opiniones de los estudiantes, se tienen los siguientes: a) la enseñanza de los temas del curso se basa únicamente en la exposición del profesor, lo cual a los alumnos les parece monótono y aburrido; b) los ejemplos que plantea el profesor no les son significativos a los estudiantes; c) no les es ofrecido apoyo a los estudiantes sobre los temas del curso fuera del contexto de la clase; y d) los contenidos del curso son abordados desorganizadamente por el profesor.

Existe evidencia que indica que el desajuste entre el estilo de enseñanza del profesor y los estilos de aprendizaje de los estudiantes, puede resultar en un menor rendimiento académico de los alumnos y en la falta de interés de estos por estudiar una asignatura [4]. Por consiguiente, en el presente estudio, el enfoque instruccional aula invertida (AI) se utilizó como un mecanismo para aparejar en lo posible el estilo de enseñanza del profesor al estilo de aprendizaje de los alumnos, esto a partir de diversos recursos didácticos basados en las TIC y en un cambio en las actividades que los estudiantes y el profesor realizan tradicionalmente en el aula.

Un objetivo común en los perfiles de egreso de la LI y la LSC, es la formación de profesionales competentes en el desarrollo de sistemas de software. Por consiguiente, el dominio de la programación de computadoras es inminentemente obligatorio para los estudiantes inscritos a alguna de estas dos licenciaturas. Para este propósito, tanto el currículo de la LI como el de la LSC contienen cuatro cursos de programación obligatorios, los cuales son necesarios para que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades para desarrollar sistemas de software; pero también son obligatorios en el currículum de ambas licenciaturas para atender una recomendación de carácter nacional establecida por la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Tecnologías de Información (ANIEI).

En la LI y la LSC, la falta de interés de los estudiantes por las asignaturas de programación de computadoras se ha traducido en reprobación, lo cual ha impactado en el rezago de cohortes generacionales y en un mayor costo financiero para la universidad objeto de estudio a causa del ofrecimiento de cursos de programación extraordinarios. Bajo esta situación, para los responsables de coordinar la LI y la LSC, la búsqueda de alternativas de solución a este problema se ha vuelto inaplazable.

Con base en este contexto, el presente estudio de tipo cualitativo, tuvo como propósito explorar las ventajas y desventajas de la implementación del AI en un curso de programación de computadoras ofrecido a dos grupos de estudiantes de carreras relacionadas a las TIC de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN). Para este fin, se recuperaron las opiniones de los participantes respecto al apoyo instruccional que el AI aportó en su aprendizaje.

2 Fundamentación Teórica

2.1 Estilos de Aprendizaje

Se puede definir estilo de aprendizaje como el patrón habitual o natural de un individuo para adquirir y procesar información en situaciones de aprendizaje. En este sentido, existe un amplio rango de literatura de la psicología, sociología y pedagogía que señalan que las poblaciones de estudiantes están compuestas por individuos con diferentes estilos de aprendizaje y, desgraciadamente, estos no seleccionan de manera explícita sus cursos con base al estilo de enseñanza del profesor y ni tampoco pueden esperar que el profesor se acomode a sus estilos de aprendizaje individuales [4]. Con relación a esta premisa, Hawk y Shah [5] mencionaron que en algunas instituciones de educación superior aún se asume que: a) todos los estudiantes aprenden de la misma forma, y b) el estilo de enseñanza del profesor se acomoda a las necesidades de todos los estudiantes.

Con fines de clasificar los estilos de aprendizaje se han desarrollado modelos, entre estos se encuentra el Modelo de Aprendizaje Experiencial (MAE) de Kolb [6]. Este modelo se basó en la Teoría de Aprendizaje Experiencial, la cual expone a la experiencia como la fuente de aprendizaje y desarrollo, y asume que el conocimiento es creado a través de la transformación de la experiencia. En otras palabras, el aprendizaje es producto de la forma en que se percibe la experiencia y luego se procesa esta. El MAE señala dos enfoques relacionados con la forma de percibir la experiencia (concreta y conceptualización abstracta) y dos enfoques relacionados a la transformación o procesamiento de la experiencia (observación reflexiva y experimentación activa). El supuesto básico de estos cuatro enfoques es el siguiente:

1. En la experiencia concreta los individuos aprenden a través de los sentimientos y uso de los sentidos. El individuo se sumerge en una realidad concreta para percibir nueva información.
2. En la conceptualización abstracta los individuos aprenden pensando. Este enfoque comprende el uso de la lógica e ideas. Los individuos perciben y se apropian de información a partir de su representación simbólica o conceptualización.
3. En la experiencia reflexiva los individuos aprenden observando y a través de la reflexión de lo que ven.
4. En la experimentación activa los individuos aprenden haciendo.

Con referencia a lo anterior, Kolb [6] señaló que todos los individuos intentan utilizar los cuatro enfoques; sin embargo, desarrollan fortalezas en un solo enfoque para percibir y transformar la experiencia. Esto implica que los individuos pueden adoptar combinaciones de estilos de aprendizaje, los cuales pueden ser los siguientes:

1. Divergente. Las habilidades de aprendizaje dominantes de estos individuos son la experiencia concreta y la experiencia reflexiva. Este estilo de aprendizaje es mejor para ver situaciones concretas desde diferentes puntos de vista. A un individuo se le etiqueta como divergente porque se desempeña mejor en la generación de ideas, es imaginativo y emocional, se especializa en las artes, trabaja en grupo, escucha con mente abierta y le gusta la retroalimentación personalizada.
2. Asimilador. Las habilidades de aprendizaje dominantes de estos individuos son

la conceptualización abstracta y la observación reflexiva. El estilo de aprendizaje de estos individuos es mejor para entender un amplio rango de información y poner ésta en una forma concisa y lógica. Se enfocan menos en las personas y se interesan más en las ideas y conceptos abstractos. Así mismo, encuentran más atractiva una teoría que tenga solidez lógica que valor práctico. El estilo de aprendizaje del asimilador es importante para desempeñarse efectivamente en carreras relacionadas a la información y las ciencias.

3. Convergente. Las habilidades de aprendizaje dominantes de estos individuos son la conceptualización abstracta y la experimentación activa. Las personas con este estilo de aprendizaje se desempeñan mejor en el uso práctico de ideas y teorías, tienen la habilidad para resolver problemas y tomar decisiones con base a la búsqueda de soluciones a preguntas y problemas. Estos individuos prefieren tratar con tareas técnicas que con asuntos sociales e interpersonales. Estas habilidades de aprendizaje se acomodan mejor para el estudio de carreras relacionadas a la tecnología.

4. Acomodador. Las habilidades de aprendizaje dominantes de estos individuos son la experiencia concreta y la experimentación activa. Las personas con este estilo de aprendizaje tienen la habilidad de aprender mediante la experimentación, disfrutan llevando a cabo planes e involucrándose ellos mismos en experiencias nuevas y retadoras. Es decir, aprenden haciendo cosas, aceptan desafíos, y tienden a actuar más por lo que sienten que por un análisis de tipo lógico. Resuelven sus problemas por medio del ensayo y error, se apoyan en otras personas para buscar información que en su propio análisis técnico. Este estilo de aprendizaje es importante para ser efectivo en carreras relacionadas a la mercadotecnia o las ventas.

Con base a las consideraciones anteriores, es posible deducir que los estudiantes de nivel universitario cuando se integran en un grupo para tomar alguna asignatura, difícilmente pueden todos poseer el mismo estilo de aprendizaje o que, en su caso, el estilo de enseñanza del profesor pueda adaptarse a las necesidades específicas de aprendizaje de todo el grupo. Sobre este contexto, y con el propósito de mejorar el ofrecimiento de las asignaturas de programación de computadoras, es necesario explorar nuevas estrategias y medios instruccionales que permitan establecer mejoras dirigidas a aparejar la forma en que profesor enseña y los estudiantes aprenden.

2.2 El Aula Invertida

Este enfoque instruccional presenta una forma diferente de pensar acerca de la enseñanza y el aprendizaje. En el enfoque tradicional de enseñanza/aprendizaje, los estudiantes escuchan la exposición del profesor en el aula y luego van a casa a desarrollar proyectos, tareas, resolver problemas y otras actividades prácticas, las cuales realizan con la ayuda mínima del profesor. En el AI, el enfoque tradicional se invierte; es decir, la exposición que el docente hace en el salón de clase se intercambia por actividades exclusivamente prácticas que los estudiantes realizan en un contexto interactivo y colaborativo facilitado y supervisado por el profesor. Esto implica que los estudiantes tienen la responsabilidad de revisar en casa, en la biblioteca o en donde les sea posible, una versión del contenido que en el enfoque tradicional el profesor expone en el salón de clase.

Según Hall [7], la implementación del AI como una alternativa al enfoque

tradicional presenta ventajas, entre algunas se pueden mencionar las siguientes:

1. Permite priorizar el tiempo de la clase en actividades inminentemente prácticas.
2. Permite a los estudiantes trabajar en la solución de problemas en forma individual o colaborativa con la guía y apoyo del profesor.
3. Promueve el aprendizaje activo.
4. Permite a los estudiantes desarrollar habilidades de auto-aprendizaje que les serán útiles no solo en la asignatura de estudio, sino para toda la vida.
5. El rol del profesor cambia (de fuente de información al de facilitador o coach).

Entre las desventajas del AI se tiene el reto de la resistencia del profesor al cambio, la gran cantidad de trabajo que implica la preparación de materiales instruccionales eficientes para que el estudiante pueda estudiarlos en casa, y un cambio en la forma en que los estudiantes aprenden. Según Lage et al. [4], el intercambio de la exposición del profesor por los materiales instruccionales que el estudiante revisará y aprenderá en casa, es uno de los aspectos más importantes para la implementación del AI. Para ese propósito, el uso de la Internet y los materiales digitales tales como las dispositivas PowerPoint®, podcast (lecciones en audio) y vodcast (lecciones en video), parecen ser los más pertinentes [8][9].

2.3 El Aula Invertida y Los Estilos de Aprendizaje

La implementación del AI con el uso de materiales instruccionales digitales basados en imágenes, audio y video; permite establecer una marcada diferencia respecto al enfoque de enseñanza/aprendizaje tradicional. Sin embargo, es importante que el diseño de los materiales sea pertinente a las diferentes capacidades de aprendizaje de los estudiantes.

Si se toma de referencia la teoría de Kolb [6], los estudiantes inscritos a carreras relacionadas a la tecnología deberían poseer un estilo de aprendizaje convergente, pero la realidad es otra; es común que en las instituciones de educación superior la aceptación de estudiantes consista en un examen general de conocimientos, y no con base al estilo de aprendizaje de los aspirantes y la relación de este con la disciplina de estudio. Por tal motivo, con el fin de empatar en lo posible el estilo de aprendizaje de los estudiantes al estilo de enseñanza del profesor, dos de los aspectos clave en la implementación del AI son las actividades prácticas que los alumnos realizarán en el aula y el diseño de los materiales instruccionales.

Respecto a las actividades prácticas, estas deben ser diseñadas con base al contexto, proyectos y metas personales de los estudiantes, ya que de esta forma es más fácil conectarlos con los tópicos que necesitan aprender de la asignatura. Sobre este aspecto, Jonassen [10] comentó que la construcción de conocimientos pueden facilitarse mediante un ambiente de aprendizaje que proporcione a los estudiantes: a) múltiples representaciones de la realidad; b) actividades reales y contextualizadas; c) reforzar la práctica de la reflexión; y d) facultarles el contenido que debe aprenderse. Por otra parte, es importante que en los materiales instruccionales se exponga el contenido del curso en forma concreta, y considerar en su diseño los aspectos teóricos, metodológicos y técnicos que han probado favorecer el aprendizaje.

3 Metodología

La implementación del aula invertida se hizo en un curso de programación de computadoras cuya duración fue de 14 semanas. Por cada semana se tuvieron dos sesiones en el aula de dos horas cada una. El estudio fue de tipo cuasi-experimental y se ofreció a dos grupos de estudiantes previamente conformados por los coordinadores de la LI y la LSC con base al procedimiento institucional, por esta razón no fue posible hacer la asignación aleatoria de los participantes. El primer grupo se integró con 30 estudiantes de la LI y el segundo con 25 de la LSC. El curso fue impartido en ambos grupos por el mismo profesor. Las edades de los participantes oscilaron entre los 19 y 21 años.

Para distribuir a los estudiantes los materiales del curso se utilizó la plataforma Moodle®. Los materiales consistieron en una guía de estudio; apuntes en formato electrónico (pdf); presentaciones PowerPoint® con audio (para la presentación de conceptos); y video-tutoriales producidos con el software Camtasia® (para exponer procedimientos). Las actividades en el aula se enfocaron a que los estudiantes desarrollaran programas dirigidos a solucionar problemas de enfoque administrativo y que plantearan sus dudas sobre las lecciones. De este modo, el profesor se dedicó a proveerles apoyo y promover la reflexión sobre los tópicos de estudio abordados.

Para recopilar las opiniones de los estudiantes respecto a la implementación del AI se hicieron entrevistas a los dos grupos. Las entrevistas tuvieron lugar en los últimos tres días del curso, y tuvieron una duración de entre 25 y 30 minutos. El instrumento de investigación utilizado para guiar la entrevista consistió de cuatro preguntas abiertas, las cuales estaban dirigidas a recuperar opiniones de los estudiantes sobre las ventajas y desventajas del enfoque instruccional que se expone en el presente estudio.

4 Resultados

La aplicación de las entrevistas a los dos grupos de estudiantes arrojó una gran cantidad de datos, los cuales fueron categorizados en ventajas y desventajas sobre la implementación del AI, y esto se hizo con base al número de frecuencias de opiniones coincidentes de los estudiantes. En este sentido, tanto las ventajas como las desventajas identificadas en el presente estudio, fueron agrupadas a cada una de las problemáticas encontradas por Benítez et al. [3] en los estudiantes de la LI y la LSC de la universidad objeto de estudio.

4.1 Apoyo del Profesor para Resolver Dudas de los Estudiantes

La principal ventaja para el 90% de los estudiantes participantes en el estudio, fue que el apoyo y guía constante del profesor durante la clase en el aula les permitió resolver con más confianza los problemas que les fueron planteados. Sin embargo, el 10% restante mencionó que en algunas sesiones no pudieron terminar las actividades prácticas a causa de no haber revisado anticipadamente los materiales instruccionales, y expusieron que el principal motivo había sido la falta de tiempo para estudiar los

materiales y los videos. Además, este 10% de estudiantes mencionó, como una desventaja, que en el AI revisar las lecturas y la exposición de los temas del curso les demandó mayor tiempo en comparación a su rutina tradicional de estudio.

4.2 Exposición de los Temas del Curso

El 83% de los estudiantes tuvo marcadas coincidencias respecto a las ventajas que el AI ofrece para el aprendizaje de los temas del curso. Entre las ventajas que los estudiantes mencionaron se obtuvieron las siguientes: a) "el apoyo gráfico de los materiales me permitió comprender mejor los conceptos que se explicaban"; b) "es posible revisar el material digital una y otra vez, hasta tener una mejor comprensión de lo que se expone en este"; c) "los materiales digitales me hicieron sentir que la exposición de los temas fue personalizada"; y d) "cuando reviso los video-tutoriales me es más sencillo entender el uso de las instrucciones del lenguaje de programación que en una clase en el aula". Por otra parte, el 17% restante de estudiantes, mencionó como ventajas del AI otros elementos, entre los de mayor frecuencia fueron: a) "los materiales me fueron de gran apoyo cuando faltaba a alguna clase"; b) "los videos me fueron útiles porque me guiaron paso a paso en el desarrollo de los programas de ejemplo, lo cual es más difícil en el salón de clase por la restricciones de tiempo"; y c) "en el salón de clase es fácil distraerse y perder detalle de los temas que expone el profesor, pero con los materiales digitales no me perdí detalle y pude enfocar mejor mi atención en los temas".

En cuanto a las desventajas de esta categoría, el 62% de los estudiantes comentó que la duración de los video-tutoriales debería ser menor, el 23% mencionó que algunos de los conceptos fueron redundantes en los diferentes materiales del curso y se llegaban a confundir, y el 12% señaló que les gustaría que la persona que narra las diapositivas con audio y los video-tutoriales fuera el profesor que les impartió el curso.

4.3 Relevancia de las Actividades Prácticas

Como una ventaja, el 74% de los estudiantes consideró que los ejercicios que les fueron planteados por el profesor durante la clase en el aula les resultaron interesantes y fáciles de resolver. Sin embargo, el resto de los estudiantes (26%), consideró que no les fueron de total agrado, y comentaron que deberían desarrollar programas más interesantes, tales como juegos; gestión de imágenes, audio y video; y aplicaciones para dispositivos móviles.

5 Conclusiones

Las opiniones expresadas por los estudiantes que participaron en el estudio sugieren que la implementación del aula invertida presentó más ventajas que desventajas. La evidencia obtenida indicó que los estudiantes se sintieron apoyados en el proceso de instrucción por el contenido de los materiales instruccionales digitales, y se sintieron

confiados por la ayuda constante del profesor durante la clase para desarrollar los problemas computacionales que les fueron planteados. Respecto a las desventajas mencionadas por los estudiantes, estas correspondieron a aspectos metodológicos y técnicos de los materiales y de organización de las actividades en el aula, las cuales pueden ser resueltas fácilmente.

El aula invertida como un enfoque alternativo al tradicional, permite establecer condiciones para que los estudiantes reciban el contenido y actividades del curso en función de sus estilos de aprendizaje y necesidades individuales, lo cual facilita que el profesor centre su atención en el estudiante y en su aprendizaje. Por otra parte, el otorgarle a los alumnos la responsabilidad de la revisión y análisis de los contenidos del curso, promueve en ellos el desarrollo de sus habilidades de autoaprendizaje. Las opiniones expresadas por los participantes hacen suponer que la implementación del AI es una estrategia que además de crear un ambiente de aprendizaje satisfactorio para los estudiantes, podría ayudar a mejorar su rendimiento académico. Sin embargo, esta relación será investigada en estudios posteriores.

Referencias

1. Benítez, R., Torres, V., Camacho, M., Ramírez, V.: Propuesta Pedagógica de un Curso de Programación en Java con un Enfoque en ABP. In: Proceedings of XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación, Puerto Vallarta, Jalisco, México (2010)
2. Kinnunen, P., Malmi, L.: CS Minors in a CS1 Course. In: ICER'08. Sydney, Australia (2008)
3. Benítez, R. Torres, V.: La Influencia de las Estrategias de Instrucción sobre la Motivación de los Estudiantes en un Curso de Programación Java: Un caso de estudio. In: Proceedings of XXII Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional de Informática y Computación, Ensenada, Baja California, México (2009)
4. Lage, M., Platt, G., Treglia, M.: Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. Journal of Economic Education, Vol. 31, 30-43 (2000)
5. Hawk, T., Shah, A.: Using Learning Style Instruments to Enhance Student Learning. Decision Sciences Journal of Innovative Education, Vol 5, 1-19 (2007)
6. Kolb, D.: Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall, New Jersey (1984)
7. Hall, M.: Flipping Your Class, http://ii.library.jhu.edu/2013/01/23/flipping-your-class/
8. Cannod, G., Burge, J., Helmick, M.: Using the Inverted Classroom to Teach Software Engineering. In: Proceedings of ICSE'08, Leipzig, Germany (2008)
9. Murphy, L., Wolf, D.: Creating Video Podcast for CS1: Lesson Learned. Journal of Computing Sciences in Colleges, Vol. 25, 152-158 (2009)
10. Jonassen, D.: Objetivism Versus Constructivism: Do We Need a New Philosophical Paradigm?. Educational Technology Research and Development, Vol 39, 5-14 (1991)

Comparación entre el procesamiento de señales por Wavelets y Fourier, aplicados al diagnóstico de cáncer de próstata por una red neuronal

Isidro Amaro[1] , Jesus Celis[2]

[1] Doctorado en Sistemas Computacionales. Universidad Da Vinci
iamaro11@udavinci.edu.mx
[2] Departamento de Ingenierías Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Durango.
Durango, Dgo., México
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. The present study compares two powerful tools for signals analysis; the result is used in a backpropagation neural network, to diagnose prostate cancer. Obtaining as a result, the use of wavelet analysis as the best strategy for building a diagnostic model, which simplifies the representation of the information in the universe of study, making possible the development of a predictive model more simple, robust and efficient as the results show.

For these results, the database was subjected to an analysis through the Transform Fourier and one analysis through Wavelets, thereby applying a statistical method, non-parametric: Kruskal-Wallis, for dimensionality reduction. And finally submit the information to a neural network for classification, and therefore the diagnosis of the disease.

Keywords: Fourier, Wavelets, Neuronal Networks, Cancer, Prostate.

Resumen. El presente estudio, realiza un análisis experimental, el cual compara dos herramientas poderosas para el análisis de señales, cuyo resultado se utiliza en una red neuronal backpropagation, para el diagnóstico de cáncer de próstata. Obteniendo como resultado, el uso del análisis Wavelets como la mejor estrategia de construcción para el modelo de diagnóstico; el cual simplifica la representación de la información del universo de estudio, haciendo posible el desarrollo de un modelo de predicción más sencillo, robusto y eficiente, como los resultados lo demuestran.

Para tales resultados, la base de datos fue sometida a un análisis a través de la Transformada de Fourier y un análisis a través de Wavelets, para así aplicar un método estadístico, no paramétrico: Kruskal-Wallis, para una reducción de dimensionalidades. Y al final se sometió la información a una red neuronal para su clasificación, y por ende el diagnóstico de la enfermedad.

Palabras clave: Fourier, Wavelets, Redes Neuronales, Cáncer, Próstata.

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 51-60

1 Introducción

Para el análisis de señales se pueden enumerar un gran número de herramientas que se han ido desarrollando a lo largo del tiempo, aunque en este documento nos centraremos en dos de las más usuales, la Transformada de Fourier y el análisis Wavelets. Dichas herramientas ya han probado el arrojar excelentes resultados en el análisis de señales. El propósito de este estudio es la aplicación de estas dos herramientas, para así poder determinar la mejor estrategia de construcción de un modelo de diagnóstico de cáncer de próstata, basado en la espectrometría de masa de la proteína, obteniendo las mejores características aplicadas a una rede neuronal. Obteniendo como resultado un modelo de diagnóstico automatizado no invasivo.

Se han encontrado algunos artículos que muestran de forma matemática las diferencias, ventajas y desventajas de la Transformada de Fourier y el análisis Wavelets, como en el artículo de Gilbert Strang[2], además han hecho trabajos sobre la comparación entre estas herramientas como en el análisis de reconocimiento de voz, eliminación de ruido, detección de vibraciones[5] y comparación de espectros, y existe uno en específico, el de Petricoin E. F.[6], donde se utilizan técnicas diferentes a las propuestas, usando en su trabajo un algoritmo genético para extraer las características más importantes de sus señales en crudo y una red de Kohonen perteneciente a la categoría de redes no supervisadas, para la clasificación de los datos, los cuales muestran sus resultados que se comparan al final del trabajo.

1.1 Análisis de Fourier

En la ingeniería, muy a menudo, se representan señales en función del tiempo, pero en muchos casos, se requieren dichas señales en el dominio de la frecuencia, y para hacer el cambio, se hace uso de la Transformada de Fourier, sin que haya pérdida de información en este proceso, aunque se tendrán enfoques distintos, véase figura 1.

Fig. 1. Representación gráfica sobre el cambio de tiempo a frecuencia por la transformada de Fourier.

La Transformada de Fourier descompone mediante sus coeficientes una señal en senos y cosenos de diferentes frecuencias y amplitudes. Se puede ver este análisis como la división de la señal en pequeñas ventanas de tiempo, en las cuales se aplica la función de Fourier a cada una de ellas, el inconveniente es que una vez elegido el tamaño de ventana de tiempo, éste es el único que se le aplica a toda la señal.

1.2 Análisis Wavelets

El análisis por medio de Wavelets, se presenta como una extensión de Fourier, en el cual la información de la señal es convertida a números, los cuales son más fáciles de manipular, incluso al reconstruir la señal original.

Una de las ventajas de esta herramienta, es la posibilidad de mostrar para cada punto de la señal, de manera casi instantánea, la información en el tiempo y frecuencia.

El análisis Wavelet consiste en la descomposición de una señal en un conjunto jerárquico de aproximaciones y detalles. Su principal objetivo es encontrar discontinuidades o picos de corta duración en la señal original, como se observa en la figura 2.

La definición de Wavelet es una forma de onda de duración limitada que tiene un valor promedio de ceros.

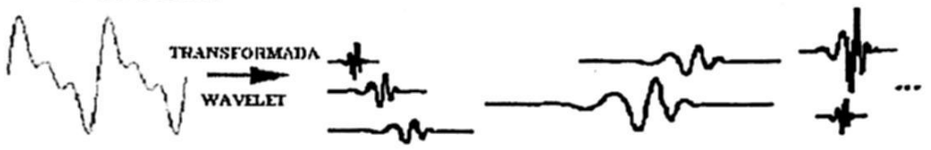

Fig. 2. División de la señal en un conjunto ondas wavelets con distinta posición (adelantar o retrasar) y escala (estirar o encoger) del wavelet original.

1.3 Cáncer de próstata

El cáncer de próstata es reconocido como el tumor maligno más frecuente del varón mayor de 50 años[4]. Tradicionalmente, el método de detección precoz del cáncer de próstata es el tacto rectal, en el que el médico introduce un dedo en el recto para poder palpar la glándula prostática para comprobar la existencia de nódulos sospechosos; ahora bien, después de este examen, se puede llevar a cabo una biopsia transrectal de próstata guiada con ultrasonido, esto debido a la detección de alteraciones en el tacto o en el antígeno prostático.

1.4 Prueba PSA

Para el diagnóstico del cáncer de próstata, desde hace unos años, se puede hacer una prueba de laboratorio llamada como la detección del antígeno prostático específico, conocido como PSA (sus siglas en inglés). Esta prueba inicialmente fue introducida como prueba de laboratorio para el diagnóstico y seguimiento del cáncer de próstata y posteriormente fue propuesta como prueba de diagnóstico precoz.

El PSA elevado (por encima del 4), puede indicar que hay un cáncer de próstata, pero también puede indicar otras patologías como la hiperplasia prostática benigna, o una infección.

2 Proceso

2.1 Descripción General

Una prueba de detección del cáncer de próstata realizada entre 1996 y 2001, fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional (IRB) de la Universidad Católica de Chile (Santiago, Chile)[6]. Hombres asintomáticos de 50 años de edad o más sin antecedentes de cáncer de próstata fueron elegibles.

De dicho estudio, se cuenta con una base de datos con la lectura de señales de 322 pacientes basados en la espectrometría de masa de la proteína PSA, para revelar el nivel en que se encuentra dicha proteína, sobre hombres con un diagnóstico histopatológico de cáncer de próstata, de las cuales se tiene información sobre PSA, distribuidas de la siguiente manera:

- 63 pacientes que no muestran evidencia de cáncer o crecimiento benigno con un PSA menor a 1.
- Lecturas de 190 pacientes con crecimiento Benigno con un PSA mayor a 1 y menor que 4.
- 26 pacientes que tienen detectado cáncer de próstata con un PSA entre 4 y 10
- Y 43 pacientes también con diagnóstico de cáncer de próstata con un PSA mayor a 10.

Esta investigación pretende identificar cual herramienta, entre Fourier y Wavelets, extrae las mejores características sobre el análisis de la base de datos, para después con el uso de una herramienta estadística reducir la dimensionalidad de la misma, y con ello alimentar una red neuronal de tipo backpropagation, para así obtener un modelo capaz de diagnosticar si una persona está enferma de cáncer, si tiene crecimiento benigno o se encuentra sana, esto por medio de la espectrometría de masa de proteínas de suero para la detección de cáncer de próstata.

3 Análisis con Fourier

Teniendo la base de datos compuesta de los 322 pacientes, con sus 15154 concentraciones, se realizó el análisis de cada uno de ellos por medio de la Transformada Rápida de Fourier, cabe mencionar que dicho análisis pone algunas limitaciones en la señal y en el espectro resultante. De las señales que se tienen deben consistir de un número de muestras igual a una potencia de dos, en este caso 16384, siendo ésta la más cercana al número de muestras obtenidas, las cuales son rellenadas con ceros, lo que no implica desajustes.

Se realizaron los análisis correspondientes para poder ver el comportamiento de la señal con los distintos pacientes, como se observa en las figuras 3, 4 y 5, donde se aprecia el comportamiento de un paciente de control.

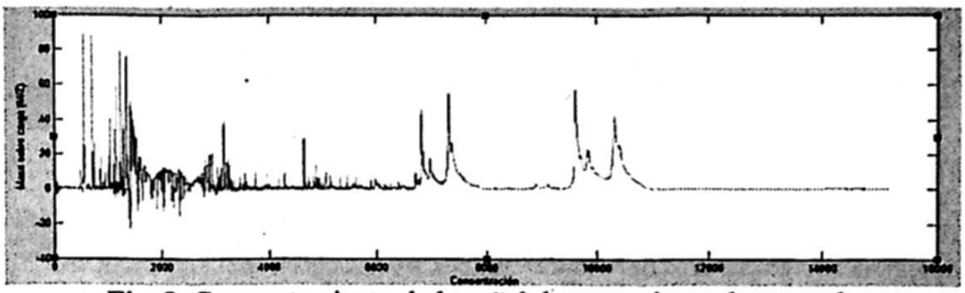

Fig. 3. Comportamiento de la señal de un paciente de control.

Fig. 4. Señal analizada con la Transformada Rápida de Fourier.

Como se puede ver en la figura4, muestra la señal con Fourier, pero sólo la mitad es útil para el análisis, ya que a la mitad de la señal se repite la misma como si fuera un espejo, y haciendo un acercamiento a los puntos más importantes se logran distinguir ciertos elementos que tienen puntos diferenciables por su mayor concentración de carga, que son observables a la vista, pero que será necesario determinar si éstos son características posibles de utilizar en la aplicación de la red neuronal, véase la figura 5.

Fig. 5. Representación de la señal en el rango de 10 a 2000.

Al finalizar el análisis de la base de datos, se pueden comparar los tres niveles analizados como se observa en la figura 6, la primera gráfica muestra el análisis realizado a los pacientes de control, la segunda muestra el análisis a los pacientes con crecimiento benigno y en la última se observa a los pacientes con cáncer de próstata.

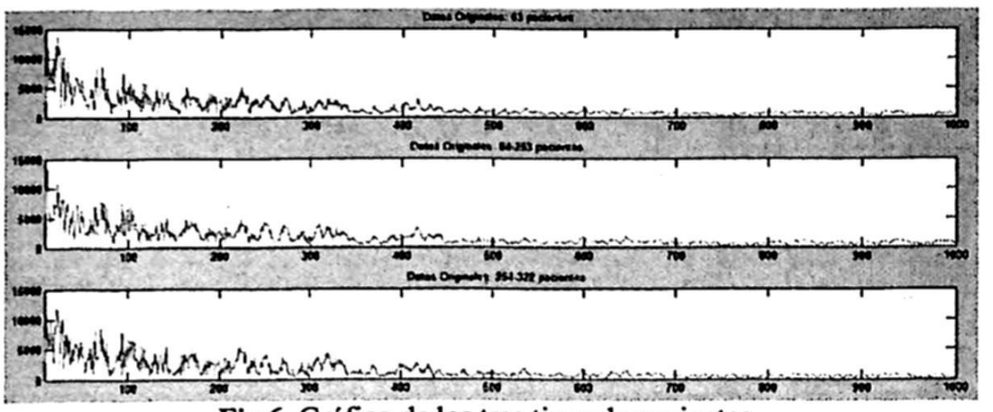

Fig.6. Gráfico de los tres tipos de pacientes.

Con los datos obtenidos, después de la aplicación de Fourier, se realiza la reducción de dimensionalidades por medio de la prueba estadística de Kruskal-Wallis, para así, de tener 16384 características, obtener las principales, que en este caso se extrajeron 505 más significativas, para usarlas en una red neuronal backpropagation.

La arquitectura de la red para construir el modelo de clasificación utilizó una red neuronal de una capa oculta con 15 neuronas con funciones tangente sigmoidea, y una capa de salida con 3 neuronas con funciones tangente sigmoidea.

Su aprendizaje redujo el error cuadrático medio a 0.00001 en 34 épocas, donde se usó el algoritmo de optimización gradiente descendente conjugado para la reducción del error, además de utilizar el algoritmo de detección temprana para evitar el sobre entrenamiento en la red.

1. Los datos de entrada hacia la red fueron 322 pacientes con 505 características significativas cada uno.
2. Para la validación y prueba de los datos se dividieron las 322 muestras de forma aleatoria, poniendo un 70% para el entrenamiento de la red, un 15% para la validación y un 15% para la prueba.
3. Para la arquitectura de la red, se utilizaron 15 neuronas en la capa oculta, con tres a la salida.

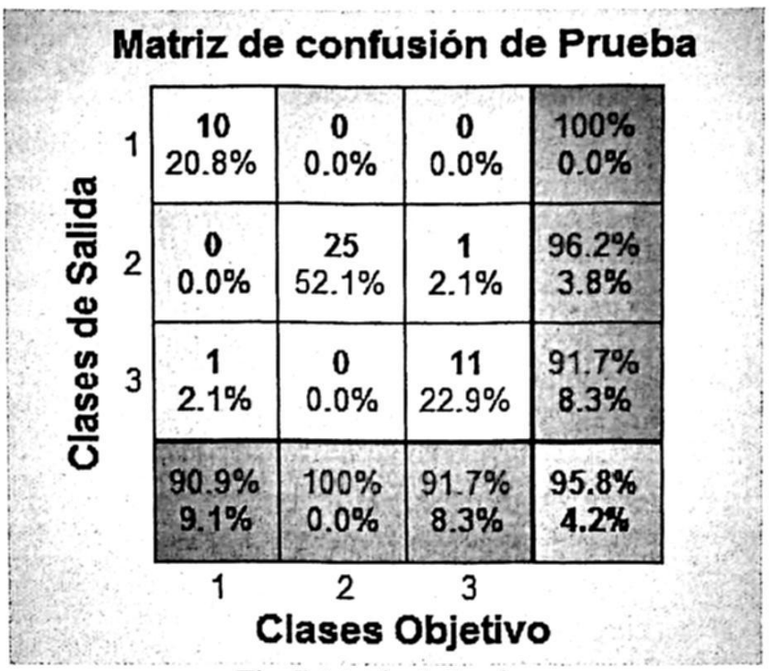

Fig. 7. Matriz de Prueba.

Después del procesamiento de los datos por medio de la red neuronal, se observó que en la matriz de entrenamiento existe un 100% de efectividad, lo cual indica que los patrones utilizados para entrenar la red fueron clasificados de manera exacta.

Sin embargo, la matriz de validación clasificó de manera correcta los pacientes del grupo de control y los de crecimiento benigno, pero tuvo dos elementos clasificados erróneamente, ya que se clasificaron como de crecimiento benigno, y éstos eran pacientes determinados con cáncer, lo que nos genera un 95% de efectividad en ese rubro.

En lo que respecta a la matriz de prueba, figura 7, se observa de manera clara que la red clasificó con gran acierto el grupo de control, en tanto en el grupo de crecimiento benigno se tuvo un error, al clasificar a un paciente diagnosticado con cáncer, y en la tercera parte de la gráfica, donde se concentran los pacientes con la enfermedad, se clasificó de forma incorrecta a un elemento, al colocarlo en el grupo de control. Tales datos da un 95.8% de efectividad en el total de la clasificación, nada despreciable.

4 Análisis con Wavelets

Haciendo uso de la misma base de datos, se realizó el análisis con wavelets, el cual fue utilizado para un análisis multiseñal de una dimensión.

Existen varias familias de wavelets (Haar, Daubechies, Coiflets,...), y por ende, la necesidad de saber cómo elegir la correcta para nuestro trabajo es una tarea difícil, sin embargo, no existen criterios para escoger una familia frente a otra, aunque hay varios trabajos que muestran ciertos puntos a notar a la hora de la elección.

En este trabajo, se llevó a cabo una descomposición wavelet con nivel 5 y la familia Symmlets de nivel 4, ya que tienen soporte compacto y máxima cantidad de momentos, además de que posee las características de ortogonalidad y biortogonalidad.

En la figura 8, la primera gráfica corresponde a las señales originales, la segunda gráfica ilustra el análisis con wavelets, según los criterios especificados con anterioridad, y en la tercera gráfica se muestra la matriz que contiene la suma de todos los detalles analizados.

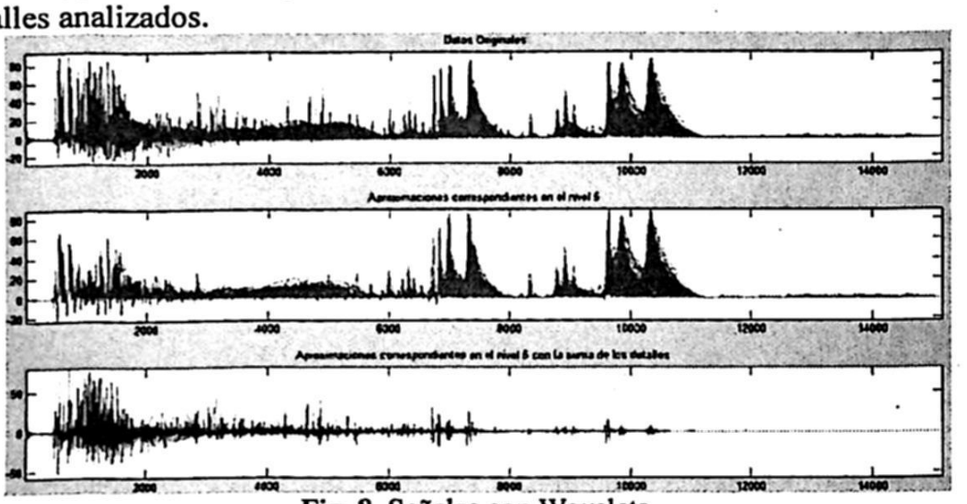

Fig. 8. Señales con Wavelets.

De la misma manera que en Fourier, a los datos obtenidos con el análisis Wavelests, se les realiza la reducción de dimensionalidades por medio de la prueba estadística Kruskal-Wallis, para así, de tener 15154 características originales, se extrajeron 907 que fueron las más significativas, las cuales fueron usadas en una red neuronal backpropagation, de las mismas características que el análisis anterior.

La arquitectura de la red para construir el modelo de clasificación utilizó una red neuronal de una capa oculta con 15 neuronas y una capa de salida con 3 neuronas con funciones tangente sigmoidea.

Su aprendizaje redujo el error cuadrático medio a 0.00001 en 31 épocas, donde se usó el algoritmo de optimización gradiente descendente conjugado para la reducción del error, además de utilizar el algoritmo de detección temprana para evitar sobre entrenamiento en la red.

1. Los datos de entrada hacia la red fueron 322 pacientes con 907 características significativas cada uno.
2. Para la validación y prueba de los datos se dividieron las 322 muestras de forma aleatoria, poniendo un 70% para el entrenamiento de la red, un 15% para la validación y un 15% para la prueba.
3. Para la arquitectura de la red, se utilizaron 15 neuronas en la capa oculta, con tres a la salida.

Después del procesamiento de los datos por medio de la red neuronal, se pueden observar datos importantes en cada una de las matrices obtenidas en el proceso; en la

matriz de entrenamiento se pudo observar un 99% de efectividad, esto debido a que la red clasificó a dos pacientes con cáncer como pacientes con crecimiento benigno.

En la matriz de validación se observó que la red clasificó de manera correcta los pacientes de control; en los de crecimiento benigno, uno lo clasificó como paciente con cáncer, y en los pacientes con cáncer, tres de ellos los clasificó como de crecimiento benigno, lo que nos generó un 91% de efectividad en ese rubro.

La matriz más importante que es la de prueba, véase la figura 9, explica de manera clara que la red no tuvo problemas con la clasificación de ningún paciente, esto nos da un 100% de efectividad en la clasificación.

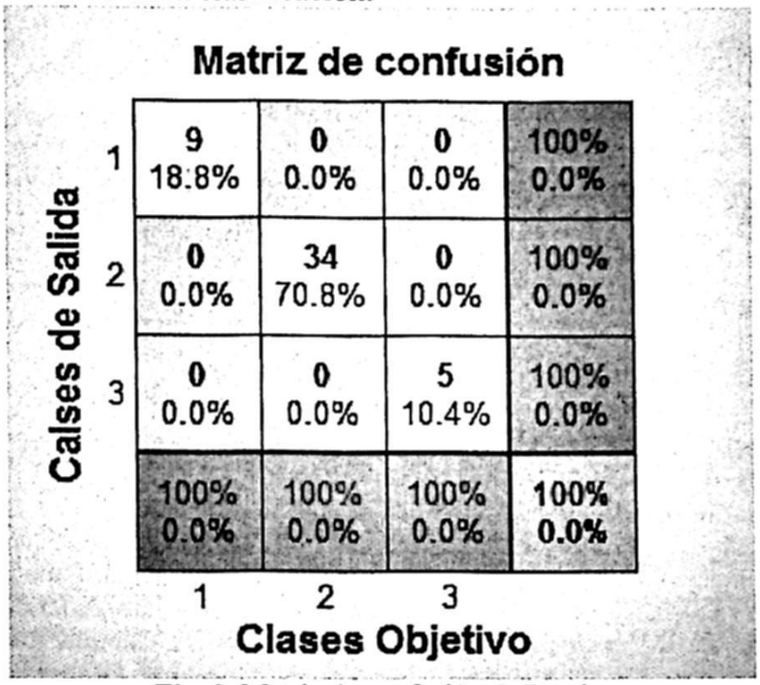

Fig. 9. Matriz de confusión de Prueba.

5 Comparación de Resultados

Se realizó un comparativo de dos técnicas de análisis de señales: la Transformada de Fourier y Wavelets, con el fin de simplificar la complejidad de la base de datos y extraer las mejores características, y así determinar cuál es la herramienta más adecuada para su uso en la construcción de un modelo de clasificación para un sistema automatizado de diagnóstico no invasivo de cáncer de próstata por medio de una red neuronal.

Estas técnicas hacen posible el desarrollo del modelo de predicción más sencillo, robusto y eficiente, ya que si se intentara trabajar la red neuronal con los datos totales que se tienen en la base de datos, las necesidades computacionales se verían afectadas creando la necesidad de máquinas más robustas de mayor procesamiento, por tratar de manejar miles de variables, que en este caso no sería posible.

En cuanto a los resultados obtenidos, primeramente se menciona el uso de las mismas características para ambos análisis, con la intención de tener una igual

comparación de datos, donde se observa que el porcentaje de clasificación es aceptable para ambos análisis realizados, Fourier y Wavelets, pero en números, se observa un mejor diagnóstico de la red haciendo uso de los datos previamente analizados con Wavelets.

Se obtuvo un 95% de efectividad usando el análisis de Fourier, y un 100% con Wavelets, como se mostró en cada análisis. Cabe hacer mención, que se realizaron varios ajustes a la red, trabajando con diferente números de neuronas y reentrenando en varias ocasiones, obteniendo resultados similares con ambas técnicas, lo que nos indica que Wavelets tiene un mayor poder de representación del problema sobre Fourier.

Con respecto a los resultados presentados en el artículo de Petricoin E. F.[6], se muestra que ellos tienen un 95% de efectividad en su diagnóstico, mientras que en nuestro trabajo se obtuvo el mismo porcentaje usando Fourier, pero realizando el análisis Wavelets, se incrementó al 100%, lo que asevera una mejoría en los resultados siguiendo las técnicas aquí presentadas, sobre todo el análisis Wavelets.

Referencias

1. Cortés, Jimmy Alexander., Cano, Hugo., Chaves, José Andrés.: Del análisis de Fourier a las Wavelets - transformada continua Wavelet (CWT). Scientia et Technica Año XIII, No 37. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. PAG 133. (2007)
2. Gilbert Strang. Wavelet transforms versus Fourier transforms. Bull. Amer. Math. Soc., 288-305. Primary 42C15; Secondary 65T20, 94A11. (1993)
3. Hernández Díaz, Marianito. Análisis Comparativo de Algoritmos para Reducción de Ruido en Señales Utilizando Wavelets. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Electrónica. Cholula, Puebla. (2003)
4. Jiménez et al, Cancerología 6 (2011): 13 - 18. Oncoguía: Cáncer de Próstata. Revista del Instituto Nacional de Cancerología. Volumen 6, Número 3. (2011)
5. Osorio Sánchez, A. 2006. Algoritmo para detección de vibraciones anormales en maquinarias utilizando la transformada wavelet. Tesis Maestría. Ciencias con Especialidad en Ingeniería Electrónica. Departamento de Computación, Electrónica, Física e Innovación, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. Mayo. Derechos Reservados © 2006.
6. Petricoin E. F., III, Ornstein D. K., Paweletz C. P., Ardekani A., Hackett P. S., Hitt B. A., Velassco A., Trucco C., Wiegand L., Wood K., Simone C. B., Levine P. J., Linehan W. M., Emmert-Buck M. R., Steinberg S. M., Kohn E. C., Liotta L. A. Serum proteomic patterns for detection of prostate cancer. Brief Communications. Journal of the National Cancer Institute, Vol. 94, No. 20. (2002).
7. Rufiner Di Persia, Hugo Leonardo. Comparación entre análisis Wavelets y Fourier aplicados al reconocimiento automático del habla. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. División Ciencias Básicas e Ingeniería. (1996)
8. The MathWorks, Inc, http://www.mathworks.es/es/help/wavelet/ref/mdwtrec.html
9. Triola, Mario F. Estadística. Décima edición. Editorial Pearson (2009)

Applying a User Centered Methodology to the Development of Mixed Initiative Web Interfaces for English Education

Marvelia Gizé Jiménez Guzmán, Lluvia Morales, Paul Craig, Mario A Moreno Rocha

Carretera a Acatlima Km. 2.5 Huajuapan de León, Oax., México C.P. 69000
marvgize@gmail.com, lluviamorales@mixteco.utm.mx, p.craig@mixetco.utm.mx,
mmoreno@mixteco.utm.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract

This paper describes the application of a user centered methodology to the design of mixed initiative web interfaces for English education. While user centered design methodologies are common for general web design, mixed initiative systems are generally developed within the artificial intelligence community with designs focusing on functionality rather than end user satisfaction. As a result, the usability of these systems is poor and real-world users are unable to make proper use of the systems. These systems cannot be thought of as 'true' mixed initiative since a user initiative cannot be adequately combined with artificial intelligence. This paper describes our efforts to address this issue using a case study focusing on English teaching and b-learning. This involves the use of interviews, questionnaires and focus groups aimed at involving users during successive stages of a prototype life cycle development model. The resulting interface is found to be more accessible and generally more useful for our target user groups of students and teachers.

Keywords: Mixed Initiative, User Centered Design, Adaptive Web Interfaces, Planning, b-learning

1 Introduction

Education plays an important role in multiple aspects of development and infrastructure. However, in order to encourage people to learn and take part in the educational system it is important to provide them with the tools they need to learn whilst taking into account different styles of learning [1]. Adapting educational activities to individuals is not easy since each one of us has different educational needs and requirements. Nonetheless, recent years have seen a dramatic rise on the use of information technologies for teaching, particularly for the use of e-learning and b-learning [2]. These technologies are being developed and adapted for the use of a growing number of organizations for both internal training and education. While each different mode of education has its relative advantages and disadvantages regardless of the method of

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 61-68

delivery, it is important to deliver the right tools necessary for people to achieve their desired learning objectives. Here, the degree of communication between student and teacher is essential.

One of the main platforms of communication between teachers and students during the e-learning process are Learning Content Management Systems (LCMS) [3] These allow the reuse and share of e-learning content center held in a central repository. Popular LCMSs include Moodle, Chamilo, WebCT, Sakai and Claroline [4]. These do not however display or allow for the management of learning activities sequences adapted to individual students profiles and only allow the teacher to develop a generic sequence for a whole group. A more flexible approach, known as mixed initiative e-learning [5], combines Artificial Intelligence (AI) techniques with LCMSs to adapt learning sequences to individual student needs. There currently exist a number of e-Learning systems that use Planning and Scheduling (P&S) techniques [6,7] to make smarter sequences of activities in a course to meet the needs of individual students. However, the majority of these systems were developed considering the functionality of specific learning objectives without taking into account the satisfaction of end users. These systems are limited in their capacity to function in an e-learning context due to the limitations of their interfaces which are not properly adapted for public use. An example of such an interface can be seen in Fig. 1. This is a prime example of an interface developed by software developers *for* software developers with an excessive amount of poorly distributed information, making it difficult for users to understand or operate [8]. While these interfaces are often described as being 'mixed initiative', we believe this to be a misnomer since it is difficult for normal users to take the initiative in their part of the interaction due to usability limitations. For this reason we describe the interface we plan to develop as being a *true* mixed initiative interface, using AI techniques such as P&S and agents that interact with these interfaces. This paper describes how our true mixed initiative interface is developed through the adoption of a user centered methodology [9] based around a Visual Ethnographic-Contextual study including interviews, focus groups and low-fidelity prototyping.

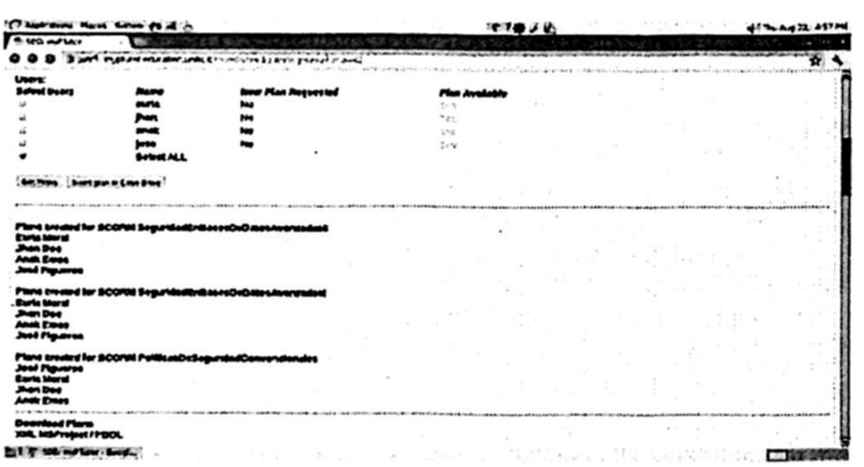

Fig. 1. A typical Content Planning Interface. Here we can see evidence of information overload, ill-considered distribution of components and an un-intuitive layout, contributing to an overall poor user experience.

2 Case Study

As a case study for our true mixed initiative interface we are developing an on-line course generation/adaptation module for a Virtual Campus e-learning environment. This will provide the necessary tools to allow teachers and students to extend both the coverage and scope of teaching/learning while providing a satisfying user experience. As part of an initial requirements analysis for this project, we found that undergraduate students in our university do not have a consistent interest in learning English and do not make a proper effort to learn. A sufficient knowledge of English would only become important after a student graduates, or whenever it becomes a mandatory requirement in order to obtain their degree. Taking advantage of the Virtual Campus b-learning environment based on the LCMS Moodle used in our university, we have developed a prototype mixed initiative on-line course generation/adaptation module.

3 Methodology

The overarching objective of our research is to tackle the problems of English language learning in our university through an improved understanding of the requirements and activities of students and teachers, and use this information to develop adaptive mixed initiative e-learning interfaces. For this, our methodology process began with a Visual Ethnographic-Contextual study, interviewing seven teachers from our university's Language Center. This was followed by the application of two different questionnaires to a group of thirty three PETB (intermediate) level students. These were a Felder and Silverman learning style questionnaire and a multiple-choice questionnaire based on the Iceberg Theory [10] to try and understand the student' thoughts on English learning and the use of technology. The objective here was to develop an understanding of how students learn, and use the results to support our teachers in the development of their work.

Our choice of a Felder and Silverman learning style questionnaire was made in order to assess the adaptability of students. This was important since adaptability is generally crucial for a student to perform well in an e-Learning environment. The Felder and Silverman test is also known to work well with engineering students, and the majority of our students are from an engineering or scientific background. Our other questionnaire took into account the Iceberg Theory [10] to consider aspects such as action, environment, communication, solving problem and thinking.

4 Results

Figure 2 shows an English teacher at our university being interviewed in her normal working environment. Our typical teacher profile was found to be foreign (usually from the United States), aged between twenty-nine and sixty-one years old, with at least a bachelor degree and a teaching English as a foreign language (TEFL) certificate. From the interviews we found that these teachers considered that the methods

and resources for teaching and learning of English in the university are not always relevant. They considered that classes alone are not enough to learn English and that, if a student is to be successful, they should really be able to apply more of their personal time to learning. Teachers felt they needed to adapt their learning materials to a Mexican context in order to attract students and take account of the students' course of study, so they could incorporate interesting course material into study programs. The teachers also had the feeling that the books and materials used for learning English were not suitable. The teachers were not able to customize their learning materials, and felt that resources did not reflect the students' natural learning style. They also had a larger number of students enrolled in courses (between 30 and 100 students for each teacher) and found that it took too long to mark assignments. Another problem was that the teachers did not have the necessary computing equipment or software to provide additional support to classes. Moreover, whenever such materials were made available, students did not make use of them. Despite this, all the teachers are motivated to teach their native language and would work hard to improve the courses wherever possible. They would often share advice and discuss their work amongst themselves and they considered technology as a great way to attract the attention and interest of the students to encourage a more active participation in English language learning.

Fig. 2. Interview with an English teacher (left) in her normal working environment.

The students involved in our study were Mexican (twelve men, eleven women), aged between eighteen and twenty four studying for a bachelor degree. The results of the Silverman and Felder questionnaire were that pupils tended to be, for the most part, active, sensory, visual and sequential learners. Students also preferred to work in teams, liked to learn through real-life events, learned best by seeing pictures and diagrams, and learned in small steps with a linear progress. The results of the second questionnaire told us that: 65% of our students believed they already had enough classes to learn English and only 13% spent more than an hour a day in personal study. 100% of the students told us they enjoyed learning English and were motivated because they wanted to learn a new language (31%), travel and see other countries (25%), work in a transnational corporation (20%) or simply graduate from university (12%). 60.86% of our students considered learning English difficult. This was mostly due to the fact that they could not find the time for private study due to the accumula-

tive workload from other courses. However, all of our students considered it important to learn English in order to develop professionally, and they spent a lot of time on social media, watching videos, listening to music in English, interacting with peers and posting online.

5 Implementation: A 'true' mixed initiative b-learning interface

According to the results of our interviews and questionnaires, we began to develop mixed initiative learning management system interfaces that combine artificial intelligence with teacher input to cater course material to the needs of individual students. Once implemented, this will involve the creation of generic models for adaptable systems to be used in a university environment. These systems will be both easy to use and intuitive for lecturers and students alike; provide intelligent content and learning activity sequences to lecturers and students; and allow lecturers to adapt course content in order to improve the educational experience of the student while elevating some of the logistical problems associated to a larger student to teacher ratio. We aim to assure that these interfaces comply with real world user needs by continuing to enact a user centered approach to requirements analysis, development and evaluation of software prototypes.

Another important aspect being considered is that the interfaces should allow a teacher to work with agents and collaborate to generate an appropriate Learning plan for each student. Agents should be able to support the teacher in the preparation of their working material. On the other hand, agents should support students in their continuous evaluation and the adaptation of learning material to each students as well as monitoring their progress.

Throughout this work, feedback and involvement from users has been crucial for enabling interfaces to meet the needs and requirements of actual system users. So far we have conducted usability tests using low-fidelity interface mockups and card sorting [11] involving usability experts, teachers with experience of e-learning and sample users from the languages department (see Figure 3).

Fig. 3. Usability tests with paper prototypes and sample users from the languages department.

The results obtained during the early usability tests were taken into account in order to improve our interface by adapting it to the vocabulary of the users and organization

of the interface. These early studies also helped us refine our understanding of the initial user requirements. Latter usability tests were performed with medium fidelity prototypes. The results of these tests were that 60% of users did not like the distribution of elements and colors used and all users found it necessary to include technical support options with more intuitive controls and operational mechanisms. Before testing, we expected figures around 70% of approval. Results were not as expected, so changes must be made. Figure 4, 5, 6 and 7 show the evolution of the interface through various prototype stages, according to the users' feedback.

The users had a positive reaction after seeing the final prototype and were encouraged by the idea of using a mixed initiative b-learning system for their courses in the future.

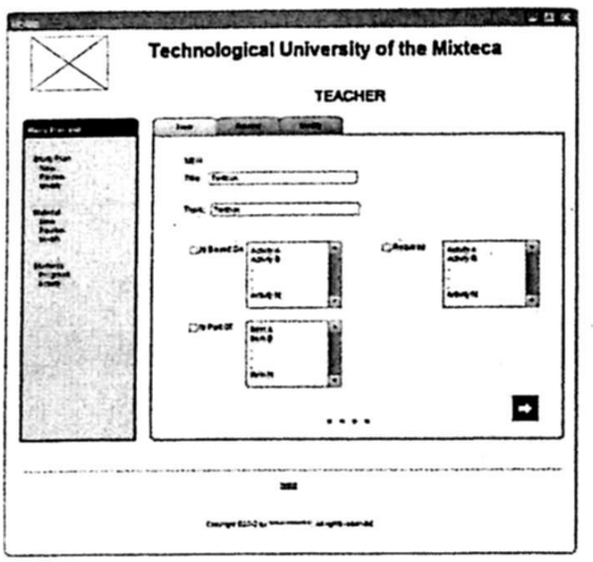

Fig. 4. Paper prototype.

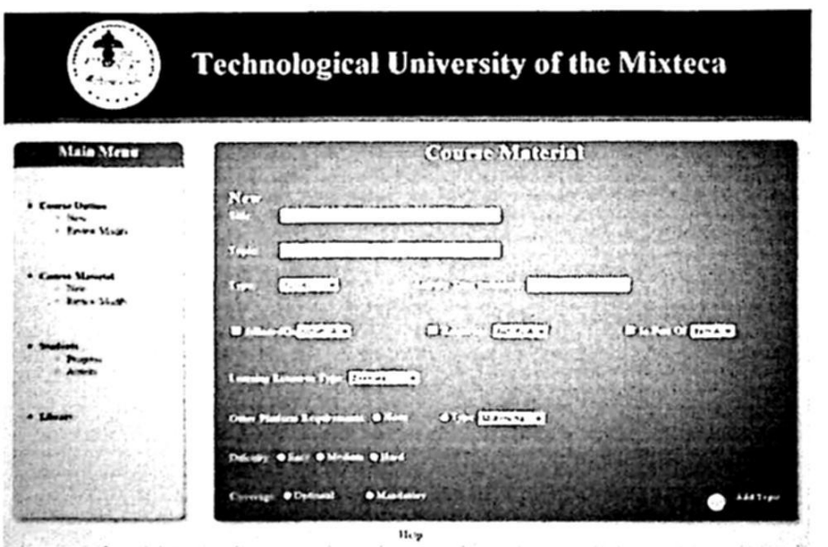

Fig. 5. Medium fidelity prototype.

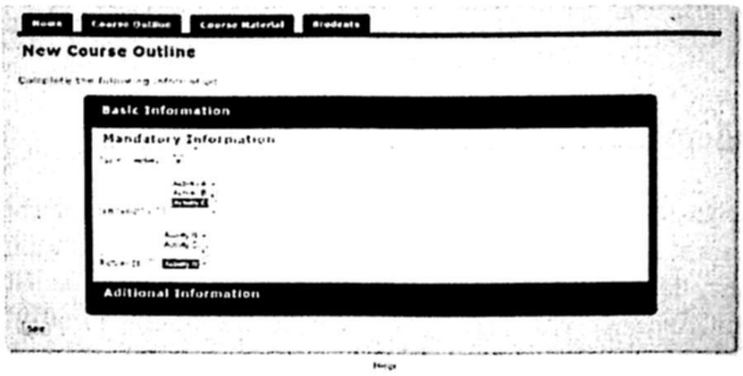

Fig. 6. Initial working prototype.

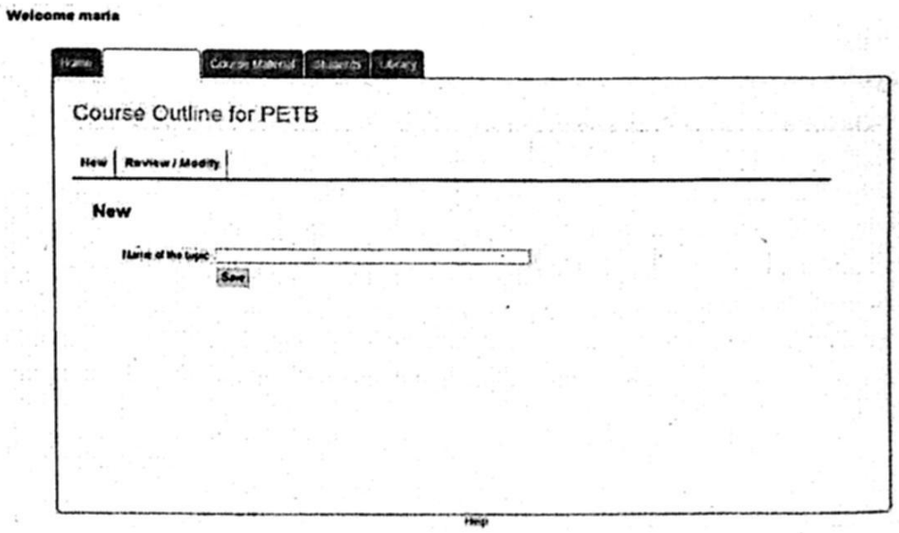

Fig. 7. Further refined working prototype integrated with Moodle LMS.

6 Conclusions and Future Work

Due to the need for what we have called a *true* Mixed Initiative e-Learning framework (i.e. with an usable accessible interface), we are developing a number of interfaces prototypes using a user centered methodology. These interfaces show the potential of Mixed Initiative to improve the overall user experience, making it possible to allow teachers to adapt the content and sequence of learning activities for students, to students by making course material more relevant, and at the same time helping to resolve their own workload issues by increasing the capacity of students to work independently, although further work is needed.

These early results show great promise for the development of our final prototype, which will include a full implementation of a mixed initiative system that combines artificial intelligence controlled course sequence planning with human input. This will be evaluated using a full ethnographic study to assess the extent to which a mixed

initiative enabled adaptive systems can improve the educational experience of both lecturers and students.

Acknowledgements

We would like to thank the lecturers at the Language Center for their willingness to contribute to this study, the students who took part in the questionnaire, the staff at the UsaLab usability laboratory at the UTM for the use of their facilities and Dr. José Figueroa for his guidance during the interfaces development. Finally we would like to thank the Mexican government development program, Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), for funding the project being developed.

References

1. González, S., Heras, L.: La Universidad entre lo Presencial y lo Virtual. Universidad Autónoma del Estado de México (2006)
2. Fernández-Pambillón, A.: Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet. Universidad Computense de Madrid (2009)
3. Robbins, S.R.: The evolution of the learning content management system. Learning Circuits (2002)
4. Kušen, E., Hoic–Bozic, N.: In search of an open–source LMS solution for higher education using a criterion–based approach. International Journal of Learning Technology 7, 115-132 (2012)
5. Garrido, A., Onaindia, E., Morales, L., Castillo, L., Fernández, S., Borrajo, D.: Modeling E-Learning Activities in Automated Planning*. (2009)
6. Garrido, A., Morales, L., Serina, I.: Using AI Planning to Enhance E-learning Processes. Twenty-Second International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS), AAAI Press, 47-55 (2012)
7. Gorayska, B., Mey, J.L.: Cognitive Technology: In Search of a Humane Interface, North-Holland (1996)
8. Almenara, J.C.: Bases pedagógicas del e-learning. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, RUSC 3, 1 (2006)
9. Nielsen, J.: Usability Engineering. Academic Press Professional, Boston (1993)
10. Rader, D., Harris, L.: New Kid in School, Teachers College Press (2003)
11. Usability.gov: Your guide for developing usable & useful Web sites. Card Sorting. At http://www.usability.gov/methods/design_site/cardsort.html. Link accessed on February 10, 2013

Usability Test on the Development of the SIMACAE System

Venustiano Soancatl[1], Juan Gabriel Ruiz[1], Oscar Velasquez[1], Luis David Huerta[1], and Carmen Martínez[2]

[1]Universidad del Istmo, Departamento de Informática, Carr. Chihuitan Ixtepec s/n Ixtepec, Oax., México C.P. 70110
[2]Universidad de la Cañada, Departamento de Informática, Carr. Teotitlán - San Antonio Nanahuatipán Km 1.7 s/n. Paraje Titlacuatitla. Teotitlán de Flores Magón, Oax. México, C.P. 68540
[1]{venus,oscar.velasquez,jugaruiz,luisdh2}@bianni.unistmo.edu.mx
[2]cmartinez@unca.edu.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. One of the main problems with very large paper-based surveys is data input. The advantages and disadvantages of data-input methods from paper-based data collection instruments are outlined. To contribute to the improvement of data input processes, a data input system (SIMACAE) has been developed and a usability test was conducted in order to identify drawbacks and to improve its quality. Effectiveness, efficiency and satisfaction were the criteria used to assess the system's degree of usability. The test was composed of two stages with eight participants. The results of the first stage allowed making improvements to the system, and the second stage showed the degree of improvement from the users' point of view.

Keywords. Data input, interface, data collection instruments, input methods, usability.

1 Introduction

Nowadays, paper-based data collection instruments are still being used, despite the existence of modern techniques and tools for data collection such as phones, the Internet and mobile devices [1]. There are many positive aspects of paper-based instruments. For example, as a more intuitive approach for data collection, they allow more flexibility than other kinds of instruments and scales, because participants work directly with the instruments, and they can be completed anywhere, at any time, and in any order. They have a minimum degree of risk due to technical failures [2]. However, there are also negative aspects such as printing costs, tedious interviews due to large instruments, the need for a legible handwriting, high data processing costs. They are complex, slow and more prone to errors due to hand entry [3].

Although there are many data input methods such as Optical Mark Reader (OMR), Optical Character Recognition (OCR), Intelligent Character Recognition (ICR) and Bar Recognition (BR), manual entry is by far the method that requires simpler

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 69-76

software and hardware, the least amount of technical knowledge, and it is cheaper than other hi-tech methods. However, this method requires a very large staff. Tasks require many man hours to be completed. It requires high quality control procedures due to potential errors during data input, and staff must be motivated due to repetitive nature of their work [5]. All in all, the manual entry method is still used a lot in statistical software such as SPS, STATA and SAS [6]. They provide a spreadsheet to carry out the manual data entry; however, it is prone to making errors, especially, when data with a great number of variables have to be input [7]. Forms are tools designed to make data input easy and also decrease the number of errors with fields that can be validated and adapted to capture different data types such as numerical and string data. Furthermore, they dispose of the spreadsheet format. There are specialized software like CSPro [8] and Limesurvey [9] for interface design (forms) and data input, however, these kinds of software requires intensive training and a big investment. Therefore, the "*Sistema para el Manejo y Captura de Encuestas*" (SIMACAE) has been developed in order to improve the process of data input, so that it is neither as boring as the spreadsheet format nor as expensive as the use of complex forms.

2 Related Works

According to [10, 11], usability is an attribute of quality that assesses the ease with which interfaces can be used. Usability is not exclusively for computational elements. It can be applied to any kind of interface and englobe series of methods and metrics in order to make a system easier to use and learn. Therefore it should be included thorough out the process of software development in order to assure user's effectiveness, efficiency and satisfaction of the product [12, 13]. Nowadays, usability tests are applied to information systems of many kinds such as web-based, mobile, and desktop systems, because usability tests reduce development, maintenance and training expenses [14]. For example, by using low, medium and high fidelity prototypes [12], Romano et al. have shown the value of iterative usability tests in improving the usability of the webpage (U. S. Census Bureau's American FactFinder) during its development process [17]. Also, Bill and Morris point out that usability tests are more effective when they are carried out in the design process and that a way to encourage their use is by means of low, medium and high fidelity prototypes [18]. Usability tests were conducted by Prata, Mont' and Cuaresma to assess the searching, buying and evaluation process of applications in the two main stores in Brazil, Google Play Store and iPhone App Store, for mobile devices. Their results helped assess the Brazilian users' general opinions and their attitudes toward each system [19]. Hu, Yen and Guan emphasize the importance and usefulness of the data collection method "think-aloud" by using usability tests in order to find out the feeling of the users about difficulties faced during the development of each task during the tests [20].

3 Development of the System

SIMACAE was developed to fulfill the requirements of the "*Encuesta Nacional Sobre Movilidad y Estratificación Social en Zonas Rurales y de Escasa Urbanización*" (ENAMES-ZOREU), which is part of 91584 project funded by SEDESOL-CONACYT. The ENAMES-ZOREU is a paper-based survey which includes 10 sections: A, Family; B, Infrastructure and dwelling; C, Job; D, Migration; E, Education; F, Health; G. Culture; H, Social Capital; I, Social Welfare; J, Opinion, plus title page information such as folio, date, time, and place. The survey contains 23 pages and more than 900 choices and fields for registering data. The survey was used to interview approximately 4,000 people in the 11 poorest states of Mexico. Clearly, a manual input process in a spreadsheet format would be tedious and prone to errors.

SIMACAE has three main modules: question module, data input module and queries module. The question module allows manipulating information about the survey, such as sections, sub-sections, questions, multiple choice questions and instructions. The data input module automatically shows questions one by one and their possible answers. In addition, this module stores people's answers, which can be numerical (ages and salaries), open answers (names, opinions, places and addresses), and multiple choice answers. Also, the queries module allows getting specific information by means of cross references such as incomes, ages and states. Such information can be exported to STATA or Excel. In this paper we specifically focus on the data input module.

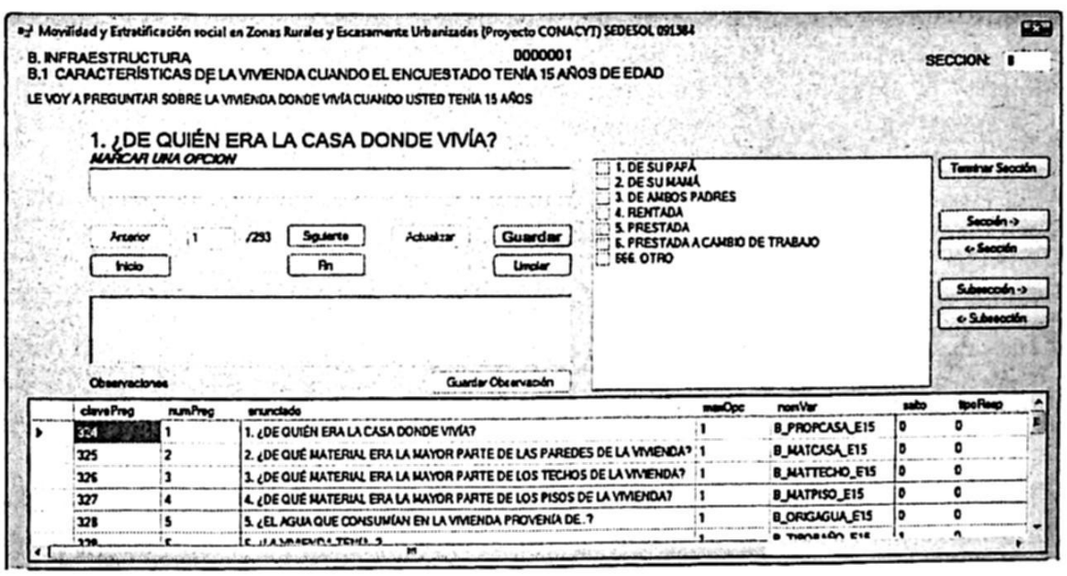

Fig. 1. Prototype of the Data input interface.

The data input interface includes specific information about the survey, such as folio, sections, sub-sections, questions and answer choices. The interface only has a text box to capture all kinds of answers (numerical, open and multiple choice). Some buttons were added to move between questions, sections and subsections, and other buttons allow saving, modifying and dropping a selected answer. A text box for

commentaries in each section of the survey was also added. A table located at the bottom of the interface shows the questions which belong to the sub-section of the question displayed at the moment. A high fidelity prototype of SIMACAE is shown in Figure 1.

4 Usability test

The usability test reported in this section is specifically for the data input module and the results were obtained by using a high fidelity prototype. Observation, the Think Aloud method and the System Usability Scale questionnaire were the research techniques used to carry out the data collection [16, 21].

Such test was done in two stages, 4 participants for each stage, in total 8 participants (3 beginners, 3 standard and 2 experts). According to Nielsen [11], the number of participants required in a usability study should be 5, because 5 participants indentify as many usability problems as with many more test participants. Also, a pilot test was done with an additional participant.

The goals of the usability test are as follows: to identify whether labels clearly describe what users have to give as input; to identify whether buttons clearly describe what users have to do; to identify whether users are able to input data, save, search, modify and delete an answer in the system; and to identify if users are able to navigate between sections thorough the search box and the buttons on the interface.

Effectiveness, efficiency and satisfaction were the criteria used to assess the system's degree of usability. No matter how long it takes, effectiveness is understood as the measurement in which the user finishes the asked tasks using the system. Efficiency is understood as the speediness and easiness in which the user completes the proposed tasks with the least number of mistakes. Satisfaction is understood as the general preference and likability for the system.

The tasks for the participants were designed and selected to perform the most important activities allowed by the data input module:

- Task 1. From the survey input page 1 in the title page section.
- Task 2. From the survey, section A, page 2, input sub-sections A1, A2 and A3.
- Task 3. From the survey, section B, page 9, input sub-section B1.
- Task 4. From the survey, section F, page 18, input the whole page.
- Task 5. From the survey, section G, page 19, input the whole page.
- Task 6. Section F, input the following commentary "Health section keeps information about diseases that the participant has had".
- Task 7. Subsection A3, question 12, update the father's job to "work cleaning" with the code 8124019.
- Task 8. Search for the survey '0110' and exchange the gender's participant, increase one more month to the birthday and increase in one hour to the ending visit.

4.1 Results of effectiveness

Table 1 shows the results of effectiveness from the two stages of the usability test. A successful task is one which is finished by the participant as it was designed to be carried out throughout the system.

Table 1. Results of effectiveness.

	Stage 1		Stage 2	
Task	**Successful tasks**	**Rate of effectiveness**	**Successful tasks**	**Rate of effectiveness**
1	4/4	100%	4/4	100%
2	¼	25%	3/4	75%
3	¾	75%	4/4	100%
4	¾	75%	4/4	100%
5	4/4	100%	4/4	100%
6	2/4	50%	4/4	100%
7	4/4	100%	4/4	100%
8	2/4	50%	4/4	100%

Table 1 shows that in stage 1 of the usability test. The participants couldn't finish all attempted tasks which were by the facilitator. The problems were linked to the ambiguous labels which did not represent clear information about what buttons and text boxes do. The participants hesitated or did not carry out correctly the task involved in saving, modifying, searching and dropping an answer. Participants also had some difficulties while moving between questions because operating the buttons was not completely intuitive. Most of the participants had difficulties while inputting commentaries for a section because the text box was not activated. Some participants were confused at the moment of saving an answer, they thought that pushing the key "Intro" would automatically save the answer. They also had difficulties navigating between sections. The search text box on the interface is a useful tool for navigating between sections but it was almost never used. Participants felt more comfortable using the set of buttons to move between sections, even though it was slower.

Tabla 2. Results of efectiveness.

	Participants	**Number of tasks**	**Successful tasks**	**Effectiveness**
Stage 1	4	32	23	72%
Stage 2	4	32	31	97%

The results of the usability test for Stage 2 clearly show improvement in the system and most of the difficulties indentified in stage 1 have been solved (see Table 2). The rate of effectiveness from the stage 1 to stage 2 is statistically significant, from 72% to 97 %.

4.2 Results of efficiency

A system is efficient if participants carry out the proposed tasks in a successful way as quickly as possible and the least number of mistakes. Table 3 shows the mean time invested by the participants to complete the proposed tasks in the two stages. The mean time from stage 1 is reduced in stage 2 because of the improvements to the system. Perhaps the time reduction is only for a few seconds as it was in task 8. However, if the task has to be done thousands of times, then this is a significant reduction of time.

Table 3. Results of efficiency.

	Stage 1	Stage 2
Task	Mean time	Mean time
1	05 min. 41 seg.	03 min. 41 seg.
2	08 min. 12 seg.	07 min. 17 seg.
3	03 min. 59 seg.	02 min. 16 seg.
4	05 min. 15 seg.	04 min. 19 seg.
5	02 min. 58 seg.	02 min. 56 seg.
6	01 min. 59 seg.	01 min. 36 seg.
7	01 min. 56 seg.	01 min. 28 seg.
8	01 min. 33 seg.	00 min. 29 seg.

4.3 Results of satisfaction

Results of satisfaction represent what participants liked the most and the least about the SIMACAE during stage 1 of the test. Also, some recommendations are given by the participants to improve the system. Their points of view are given in the following list:

1. What they like the least. The system is complex. Some instructions are not visible. Data input requires a lot of concentration. At the beginning, data input is tedious. Some parts are not understandable. The interface has a small and non-attractive design. Some elements of the interface may cause confusion. The interface agglomerates a lot of information and many answers can be stored at once.
2. What they like the most. Mistakes can be corrected. The display of questions is done automatically. The mobility between questions is dynamic. The functionality of the interface is good. The interface is practical. The system is good, easy to use, efficient, and quick. The interface is intuitive.

4.4 Recommendations to improve the system

Some of the recommendations were to add icons to the buttons, replace labels in order to increase clarity of actions, improve functionality of the interface in order to move between sections, sub-sections and questions; make error messages clearer by explaining its solutions, keep the text box for comments activated, and finally, hide the table which contains questions of a sub-section because if creates confusion.

Fig. 2. Interface of the data input module after improvements of the usability test.

4.5 Latest version of the SIMACAE data input module

Figure 2 shows the latest version of the improved data input interface of the SIMACAE. It was modified according to the difficulties observed throughout the test and recommendations suggested by the participants were set up to achieve a clearer design which is better organized whit a more intuitive interface.

5 Conclusions and future work

A system was developed to handle paper-based instruments of data collection which is simple and easy to use. So far, it has been tested with a social mobility survey, but it can be used with any other instrument of data collection allowing the addition of sections and sub-sections, open questions and multiple choice questions. Moreover, it does not require changes on the interface. Additionally, the system can be used not only for paper-based instruments, but for phone interviews too. Finally, usability test results allowed significant improvement of the SIMACAE data input module by solving the indentified problems and participants' recommendations.

In the future we plan to adapt the data capture module to be installed on Personal Digital Assistants, which will make data processing and analysis much faster and to enable the system to work throughout the internet.

Acknowledgements. We want to give many thanks to SEDESOL-CONACYT for supporting this work, which is part of the project 91584.

References

1. Teganga, S.P., Emukulea G., Wambugu S., Kaboreb I., Mwarogoa P.: A comparison of paper-based questionnaires with PDA for behavioral surveys in Africa. Findings from a behavioral monitoring survey in Kenya. Journal of Health Informatics in Developing Countries. 3, 1, 22—25 (2009)
2. Martins, N.: Measurement model equivalence in web- and paper-based surveys. Southern African Business Review. 14, 3, 77—107 (2010)
3. Stinson, L. L., Fisher S. K.: Overview of Data Editing Procedures in Surveys Administered by the Bureau of Labor Statistics: Procedures and Implications. First International Computer-Assisted System Information Computing. (1996)
4. Lumbantobin, S., Nachrowi, N., Artono, W.: Guidelines on the Application of New Technology to Population Data Colletion and Capture. United Nations. (1999)
5. Tye, A.: Census Data Capture Methodology. Technical Report. United Nations Secretariat (2009)
6. Oyeyemi, G.M., Adewara, A.A, Adeyemi, R.A.: Complex Survey Data Analysis: A comparison of SAS, SPSS and STATA. Asian Journal od Mathematics and Statistics. 3,1, 33—39 (2010)
7. Statistical Services Centre. Competent Data Management – a key component. Part II – Illustrating the data entry application using CS-Pro. University of Reading. (2009)
8. Census and Survey Processing System, http://www.census.gov/population/international/software/cspro/
9. Limesurvey, the open source survey application, http://www.limesurvey.org/
10. Nielsen, J.: Usability engineering. Morgan Kaufmann (1993).
11. Nielsen Norman Group: http://www.nngroup.com/ - Last access: June 2013.
12. Baeza, R., Rivera, C. y Velasco, J.: Arquitectura de la Información y Usabilidad en la Web. El profesional de la información.13, 3, 168-178 (2004)
13. Carvajal, M. y Saab, J.: Directrices de usabilidad para sitios web del estado colombiano (2010)
14. UsabilityProfesionals' Association: http://www.upassoc.org/ - Last access: June 2013.
15. Usability.gov: http://www.usability.gov/ - Last access: June 2013.
16. Hassan, M. y Ortega, S.: Informe APEI sobre usabilidad (2009)
17. Romano, J. C., Olmsted-Hawala, E. L., Chen, J. M. and Murphy, E. D.: ConductingIterative Usability Testing on a Web Site: Challenges and Benefits. Journal of Usability Studies. 7, 1, 9 – 30 (2011)
18. Still, B. ; Morris, J.: The Blank-Page Technique: Reinvigorating Paper Prototyping in Usability Testing. Professional Communication, IEEE Transactions. 53, 2, 144 – 157 (2010)
19. Prata, W., Mont', C. R. And Quaresma, M.: Usability Testing of Mobile Applications Store: Purchase, Search and Reviews. Lecture Notes in Computer Science. 8015, 714-722 (2013)
20. Hu, H., Yen, J., Guan, S.: A Study on the Interface Usability of B2C Hypermarket E-commerce Website. Asia-Pacific Services Computing Conference. 2008. APSCC '08. IEEE. 1202 – 1207 (2008)
21. Measuringusability: http://www.measuringusability.com/sus.php - Last access: June 2013

Finding patterns in a wildfire data warehouse by applying data mining techniques

María J. Somodevilla, Maribel Fortiz Flores, Ivo H. Pineda T., Concepción Pérez de Celis H.
FCC, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México
{mariajsomodevilla, maribel.fortiz, ivopinedatorres,mcpelish}@gmail.com
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. This paper presents a decision support system on prevention of wildfires. Over the last 15 year in the state of Tlaxcala, it has been collected a large amount of data about wildfires and its origins, using this a data warehouse was developed. Applying descriptive and predictive data mining techniques, it is possible to determine wildfires causes, and other data related to.

Keywords: wildfires, Forest fires, data warehouse, data mining, classification methods, clustering, association.

1 Introduction

Names such as brush fire, bushfire, forest fire, desert fire, grass fire, hill fire, peat fire, vegetation fire, and veldfire may be used to describe phenomenon known as wildfires. Wildfires involve a major change in the ecological factors that govern the behavior of ecosystems and the importance, they have acquired in recent decades, is one of the most serious environmental problems which have to face environmental managers. Given the problems and concerns facing the managers of the environment, the operational use of new communication infrastructures with powerful and flexible information processing tools is sought.

This paper proposes a wildfires data warehouse for being exploited by an OLAP queries and data mining techniques. Data are provided by the National Forest Commission of the State of Tlaxcala (CONAFOR), to which it is applied a process Knowledge Discovery in Databases (KDD) in order to extract valid, useful and novel information. This research focuses on wildfires that have been generated in the state of Tlaxcala in the last 15 years. The work aims for a description of the conditions and characteristics that represent the major causes for wildfires, considering affected surfaces and vegetation, areas with the greatest impact, it is considered important to determine seasons and/or months with the highest incidence among others. The Data mining techniques implementations used come from WEKA.

The paper's structure is as follows. Section 2 describes current research as well state of the art related with wildfires, in Section 3 it is explained the architecture used for the development of this research work. Section 4 explains data mining techniques considered for analysis of wildfires or forest fires. Section 5 describes final results of several experiments that confirm our hypothesis. Finally, Section 6 which presents the conclusions drawn from experiments related with the research.

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 77-86

2 Related work

Forest fires are one of the significant causes of deforestation and degradation of ecosystems, 90% of forest fires worldwide are manmade. Wildfires negatively affect environment through deforestation, erosion, loss of biodiversity and the emission of CO2, which affect landscape and wildlife habitat [1].
Fire prevention is crucial to avoid forest fires and/or to minimize its consequences once declared. Under this context paper[2] explains how to deal with a KDD process, including image analysis process based on image partitions in order to obtain two classes let's say presence or absence of wildfires, the experiments in that paper, use data from the Secretary of Environment of State of Puebla. In reference [3] found that in Chile, it was developed a system for the analysis of social-demographic variables affecting wildfire through data mining techniques. For instance in work [4], it addressed the problem of forest fires in Spain focusing on obtaining additional information in making decisions aimed at prevention. Based on such experiences, for this project it were considered two phases, called data preparation in which data are selected, cleaned and transformed for next phase called analysis , where different procedures are applied to extract information or a summary information.

3 Design of the decision support system

Data warehouses and OLAP operations are of great importance for large databases analysis. A data warehouse includes mainly historical data, for example facts about the context in which the organization operates [5].
In this research a system is used as a support for decision-making on forest fires generated in the state of Tlaxcala. Due to a lack of method to collect information, most of the information was provided by CONAFOR. The first step of the process consist of mapping an ER model to a multidimensional model, which was implemented as a SQL Server data warehouse, which is exploited by data mining techniques. These techniques allow finding patterns that explain and describe forest fires, particularly using classification and prediction methods.

4 Data mining techniques applied to the data warehouse

Data mining techniques are applied to the data set, having previously obtained in order to analyze the characteristics of forest fires and its causes that generate them, to thereby find patterns that explain and describe their behavior. These patterns will be used to identify areas of risk and creating contingency plans to be used in case a fire occurs.

The predictive models attempt to estimate future values of unknown variables. Descriptive models identify patterns that explain or summarize the data [5].

4.1 Predictive model

4.1.1 Classification

This task is chosen in order to predict the new instances of the class for which the class is unknown. The decision trees technique was chosen, the C4.5[8] in particular, to know municipalities and month(s), in which they are affected by forest fires.

The attribute that is to be predicted is known as the dependent variable for our situation is *cause of fire*, since its value depends upon, or is decided by, the values of all the other attributes such as *type of fire*. The attributes help in predicting the value of the dependent variable or wildfires, are the independent variables in the dataset.

4.2 Descriptive model

4.2.1 Clustering

This task forms groups such as the objectives of the same group are very similar to each other and at the same time are different from the goals of other groups.

Given n vectors $x_1:::;x_n$ in R^d, and an integer k, find k points $\mu_1....\mu_k$ in R^d which minimize the expression:

$$f_k\text{-means}= \sum \min \| x_i - \mu_j \|^2$$

We aim to find k cluster centers. The cost is the squared distance between all the points to their closest cluster center. k-means clustering and Lloyd's algorithm [9] are probably the most widely used clustering procedure. This is for three main reasons:

- The objective function is simple and natural.
- Lloyd's algorithm is simple, efficient and often results in the optimal solution.
- The results are easily interpretable and are often quite descriptive for real data sets

For these reasons *K-Means* was selected for clustering for making main groups of conditions under which a fire takes place.

4.2.2 Association

With this work we seek to establish partnerships between databases instances. Association Rules do not imply a cause-effect relation, for instance, it may or may not be a cause for which the data is associated. Therefore, *Predictive Apriori* method was chosen in order to know the relationship between municipalities, months and affected surface.

5 Experiments and results

5.1 *Clustering*

K-Means was applied to the dataset from table 1.

Table 1 Data under analysis.

Atributes
Cause
Municipality
Month
Adult_Trees
Young_Trees
NoTrees_Bushes
NoTrees_Grasslands

The results found which factors discriminate groups, those are months and municipalities. As a conclusion it is possible to say that wildfires usually were promoted in some municipalities during months of February, March and April, when climatic conditions are more favorable for their generation and spread than other months. Another important aspect, that is observed is the type of vegetation involved, mostly in pasture followed by bushes which by their nature are easy to ignite and spread a fire faster.

A description of the results obtained by applying K-Means to municipalities can be found in Table 2. Figure 2 shows results obtained. Dimensions of vegetation affected are given in hectares.

Table 2 Applying K-Means for the municipalities.

Cause	1	1	1	1
Municipality	Teolocholco	Huamantla	Zitlaltepec	Chiautempan
Month	4	2	4	3
Adult_Trees	0.0051	0	3.8333	0.0296
Young_Trees	0.0409	0.0398	2.3654	0.1091
NoTrees_Bushes	0.5678	0.5962	14.9038	0.9663
NoTrees_Grasslands	1.4565	1.6573	16.266	2.6261

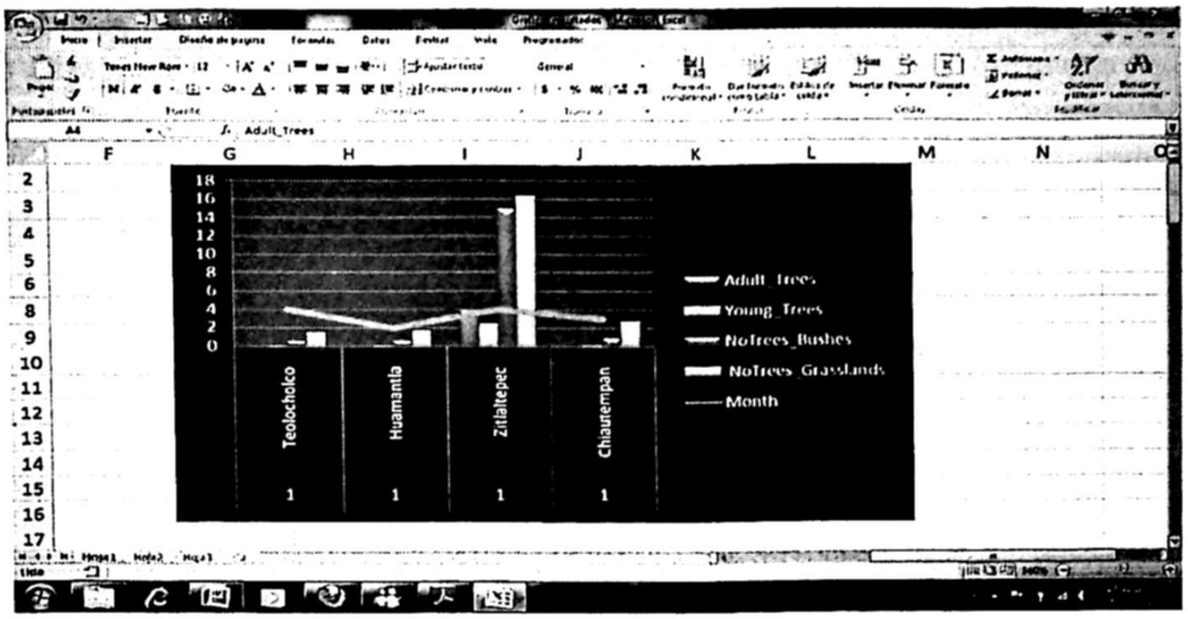

Figure 1 Results from *Simple KMeans* to the municipalities.

Following analysis of state-level data is necessary to examine the properties of municipalities Teolocholco, Huamantla Zitlaltepec and Chiautempan, which were obtained in the previous analysis.

To Teolocholco *K-Means* method is applied with three clusters, resulting that the cause is "1", which corresponds to farming and this affects all three properties. For San Luis' fires occur mainly in months of March and April, while in Acxotla only in March. In terms of vegetation, it is more affected grassland, while the adult trees have a negligible involvement. The data display already described can be seen in table 3.

Table 3 Results from *K-Means* for Teolocholco.

Cause	1	1	1
Site	San Luis	San Luis	Acxotla
Month	3	4	3
Adult_Trees	0	0	0.0909
Young_Trees	0.0323	0.0366	0.0455
NoTrees_Bushes	0.6694	0.5244	0.3977
NoTrees_Grasslands	1.5161	0.878	1.4943

In the municipality of Huamantla, Pillars was the site most affected with a wide variety of causes, among which we have cause 1, 2 and 6 for farming, forestry and walkers bonfires respectively, with a greater involvement in the months of March and April. The vegetation affected is grassland, while the adult trees have a zero involvement. Table 4 displays data already explained.

Table 4 Results from K-Means for Huamantla

Cause	2	6	1
Site	Los Pilares	Los Pilares	Los Pilares
Month	3	4	3
Adult_Trees	0	0	0
Young_Trees	0.1964	0.0656	0.5545
NoTrees_Bushes	0	0.225	0.3636
NoTrees_Grasslands	2.3036	1.0906	2.9273

In the municipality of Zitlaltepec, K-Means method is applied with two clusters, the result shows that the cause was 1 (agricultural activities), affecting the site of Javier Mina and St. Paul in the months of April and March respectively. As seen in Javier Mina, it exists a significant effect on grassland and scrub woodland but for adult involvement is nil. The affected vegetation in San Pablo is pastures. To corroborate the information described above can be seen in Table 5.

Table 5 Results from K-Means for Zitlaltepec.

Cause	1	1
Site	Javier Mina	San Pablo
Month	4	3
Adult_Trees	0	0
Young_Trees	0.1667	0.0847
NoTrees_Bushes	1.5714	0.1949
NoTrees_Grasslands	5.6176	2.0847

To analyze the properties of Chiautempan K-Means method was used with 3 clusters. The result was that the site of San Bartolo is affected by the case 1 (agricultural activities) in the month of April with a major involvement in pasture followed by bush. Farm Tlalcuapan was affected by cause 1 (agricultural activities) in March, mainly affected pastures. Finally, in the site Muñoztla fires are generated by the case 1 (agricultural activities) in the month of March, affecting mainly grassland. To get a better idea about the results and analysis described in Table 6.

Table 6. Results from K-Means to Chiautempan.

Cause	1	1	1
Site	San Bartolo	Tlalcuapan	Muñoztla
Month	4	3	3
Adult_Trees	0.0339	0	0

Young_Trees	0.0678	0.0287	0.1173
NoTrees_Bushes	1.3305	0.2644	1.0816
NoTrees_Grasslands	3.1102	1.1552	2.2194

Once analyzed and explained the results obtained with the method K-Means, it is concluded that the main cause of fires in the state of Tlaxcala is the one which corresponds to agricultural activities indicating the need to create fire prevention campaigns aimed to this sector.

5.2 Classification

Decision trees were used to determine affected municipalities any time of the year, by taking as inputs months, municipalities and affected area, specially to affected area a discrete filtering is applied considering in three intervals. The resulting model is robust so it can obtain valuable information.

In Figure 2, trees show the municipalities that are affected in a given month and together with the affected surface. It is observed that there are municipalities that do not have a high rate of fire (based on cluster analysis explained above), but the forest area affected is large, among these municipalities can be found Calpulalpan, Tlaxco and Altzayanca. Otherwise it was observed that some municipalities that have been identified with a high rate of fire, the affected area is small. One reason for this phenomenon could be its location, vegetation, climate, materials and fuels, and other factors such as influence the spread or fire can be extinguished easily.

Based on these results, it is proposed to the Government of the State of Tlaxcala, a campaign for adequate fire prevention at each location, and creates contingency plans for each municipality.

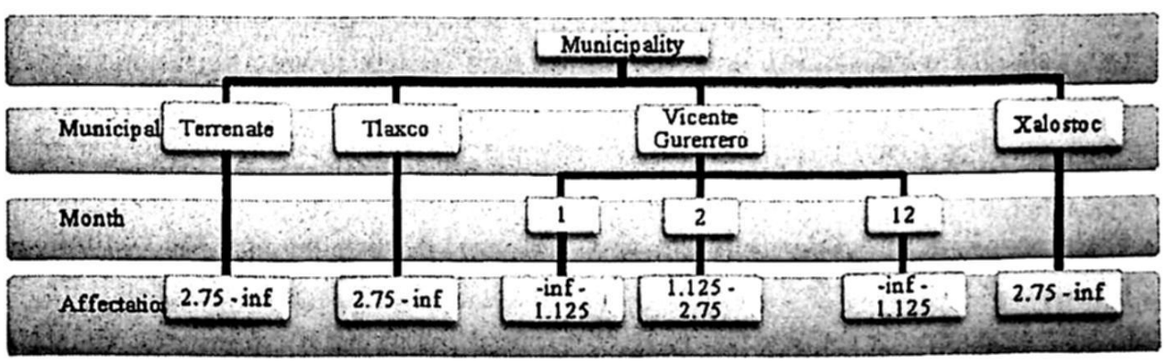

Figure 2 Decision Tree.

5.2 Association Rules

The association rules technique was used to analyze the relationship between municipality, month and area concerned. The association algorithm implemented in WEKA is *PredictiveApriori* algorithm. For simplicity, a filter attribute discretization in four intervals for affected area to explore the most significant relationships was applied. The algorithm is computed with the default parameters. For this case, among the most significant rules are obtained are:

1. Municipality=calpulalpan Beginning_Month=5 9 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 9 acc:(0.9873)
2. Municipality=xaltocan 7 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 7 acc:(0.9793)
3. Municipality=altzayanca 17 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 16 acc:(0.96005)
4. Municipality=terrenate Beginning_Month=5 5 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 5 acc:(0.95785)
5. Municipality=terrenate Beginning_Month=3 4 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 4 acc:(0.9337)
6. Municipality=juan cuamatzi Beginning_Month=6 4 ==> Affected_Area='(-inf-1.125]' 4 acc:(0.9337)
7. Municipality=panotla Beginning_Month=5 4 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 4 acc:(0.9337)
8. Municipality=xicohtencatl Beginning_Month=1 4 ==> Affected_Area='(2.75-inf)' 4 acc:(0.9337)
9. Municipality=huamantla Beginning_Month=6 4 ==> Affected_Area='(-inf-1.125]' 4 acc:(0.9337)

These rules provide information not so trivial: 98% of fires in Calpulalpan generated in the month of May exceed 2.75 hectares affected, and 97% generated in Xaltocan fire affected more than 2.75 hectares.

It is significant to note that the affected area in the municipalities listed with a high rate of fire is lower, as in the case of rule 9, which states that 93% of fires in the Municipality of Huamantla in the month of June show a lower affectation to 1,125 acres.

This analysis concludes that there are municipalities that do not have a high incidence of fires, but with a high degree of involvement, which must be considered for prevention campaigns, floor cleaning, training brigades and creating contingency plans.

6 Conclusions

Forest fires are considered a major problem in both forests and for society in general. It is clear the need for explicit information especially about the phenomenon

in order to analyze possible occurrence patterns that could help make the surveillance and protection of the most affected areas. In this sense, this work was developed with support from WEKA and data analysis methods to assist the interpretation of information.

A data warehouse has been created, which contains information on forest fires that have occurred in the state of Tlaxcala, and then they are analyzed by data mining tools. This has allowed us to know in great detail the behavior of forest fires in Tlaxcala. Overall it can be concluded that:

The fire´s behavior in every month of the year was analyzed in order to discover what months have highest rate of fire. Clustering was applied concluding that March followed by Abril was the months with the highest rate of fire, where rainfall is scarce and dry land creating an ideal setting for the generation and spread of fire.

The fires causes were also analyzed by applying *K-Means method,* concluding that fires are generally initiated by agricultural activities followed by bonfires of strollers.

Using a decision tree, generated by the C4.5 algorithm, a relationship between the municipality and affected area was found. The affected area and in some cases the previous relationship is taken for months.

Finally, association rules helped to identified municipalities with a high degree of involvement in forest resources, concluding that these municipalities are among those with a higher incidence of fires.

7 References

[1]. Sistema estatal de protección civil de Chiapas, Ciencias de la tierra para la sociedad, tema: incendios forestales. On line jan-2013: http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/ciencia/ciencia&tierra/incendios.pdf

[2]. Detección de incendios forestales a través de imágenes digitales usando árboles de clasificación. System by Arturo Bustamante Blanco. On line jan-2013:< http://perseo.cs.buap.mx/bellatrix/tesis/TES1411.pdf>

[3]. Análisis de variables sociodemográficas que inciden en incendios forestales, a través de técnicas de Data Mining. System by Hans Carlos Lucero Salinas. On line jan-2013: <http://www.cifag.cl/_file/file_294_tesis_hans_lucero.pdf>

[4]. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica al análisis de los datos de incendios forestales en España, System by Rosa Almudena Seco Granja On line jan-2013: <http://digital.csic.es/handle/10261/25971>

[5]. J. Hernández-Orallo, M. J. Ramírez-Quintana y C. Ferri. Introducción a la Minería de Datos. Prentice Hall / Addison-Wesley, 2004.

[6]. Jiawei Han,Micheline Kamber. Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann, Third Edition 2012.

[7]. William H. Inmon, Derek Strauss, Genia Neushloss. DW 2.0: The Architecture for the Next Generation of Data Warehousing. Morgan Kaufmann, 2008.
[8]. Quinlan, J. R. C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
[9]. Stuart P. Lloyd. Least squares quantization in pcm. IEEE Transactions on Information Theory, 28:129-137, 1982.

Visualización tridimensional de consultas *OLAP* de un cubo de datos utilizando la paginación

E. Bojórquez-Martínez[1], M.T. Serna-Encinas[2], C.E. Rose-Gómez[2], S.R. Meneses-Mendoza[2], O.M. Rodriguez Elías[2]

[1]Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial,
Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México.
[2]Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Tecnológico S/N CP 83170, Hermosillo, Sonora, México.
eddiebomtz@gmail.com, {tserna, crose, so_meneses, omrodriguez}@ith.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. Actualmente, las herramientas con arquitectura *ROLAP* (Procesamiento Analítico en Línea Relacional) permiten la visualización de datos multidimensionales en forma de reporte bidimensional, este proceso dificulta el análisis de la información ya que se requiere la anidación de las dimensiones en una sola tabla. El trabajo de investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema que permite visualizar los datos en forma tridimensional, para facilitar el análisis de los mismos. En este artículo, se presenta tanto el diseño como la implementación del sistema de visualización tridimensional de un almacén de datos; el diseño explica la arquitectura *HOLAP* (*Hybrid OLAP*), misma que considera la generación de consultas *OLAP* y la creación, manipulación y visualización del cubo de datos. La implementación del sistema muestra cómo se convierte un reporte bidimensional almacenado en una vista materializada, a un cubo tridimensional, además de describir el proceso de paginación del cubo de datos creado.

Keywords: Almacén de datos, servidor *HOLAP*, vistas materializadas, visualización multidimensional, paginación.

1 Introducción

Los almacenes de datos están orientados al análisis de grandes volúmenes de información y permiten realizar consultas comparativas y de proyección, esto facilita la toma de decisiones en la organización, permitiendo así lograr una ventaja competitiva [1-2]. Según Bill Inmon, conocido como el padre de los almacenes de datos, un almacén de datos "es un conjunto de datos integrados, históricos, variantes en el tiempo y unidos alrededor de un tema específico, que es usado por la gerencia para la toma de decisiones" [3].

Las herramientas actuales permiten mostrar los datos multidimensionales en forma bidimensional, la principal desventaja radica cuando se tienen varias dimensiones, puesto que consumen un mayor espacio en pantalla, dificultando la comparación delos datos multidimensionales [4-5].

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 87-94

El presente trabajo describe el diseño e implementación del sistema de visualización tridimensional para la arquitectura *HOLAP*. La sección 2 describe el desarrollo del sistema y la arquitectura que se implementó, la implementación de la generación de la consulta OLAP y su visualización tridimensional, así como el componente para la paginación. El análisis de resultados es presentado en la sección 3; y finalmente, las conclusiones generadas del trabajo realizado son abordadas en la sección 4.

2 Desarrollo

El proyecto de investigación tiene como objetivo el desarrollar una herramienta que permite la visualización tridimensional de un cubo de datos, con la cual se podrá analizar la información de una manera más organizada y fácil de comparar, el proyecto completo considera la creación de una interfaz que permite la selección de dimensiones, tabla de hechos y medidas de un almacén de datos, a partir de dicha selección se genera un cubo de datos y se almacena en una vista materializada, una vez realizado dicho proceso, se visualiza el cubo de datos de manera tridimensional y también permite aplicar los operadores *Roll-up*, *Drill-down* y *rotate*.

La metodología que se siguió para el desarrollo del sistema es la del análisis y diseño orientado a objetos y se utilizó el lenguaje de modelado *UML*, esto permitió identificar los componentes del sistema implementado, y se diseñó una arquitectura con servidor de tipo *HOLAP*. El sistema se desarrolló con el lenguaje de programación *Java* 1.6 y el entorno de desarrollo integrado *Netbeans*. Para el almacén se utilizó el manejador de base de datos *Oracle* 10g. Para dibujar el cubo se utilizó la librería *Lightweight Java Game Library (LWJGL)*, que es una *API* escrita en *JAVA* para programación de juegos y aplicaciones 3D [6].

2.1 Arquitectura del sistema

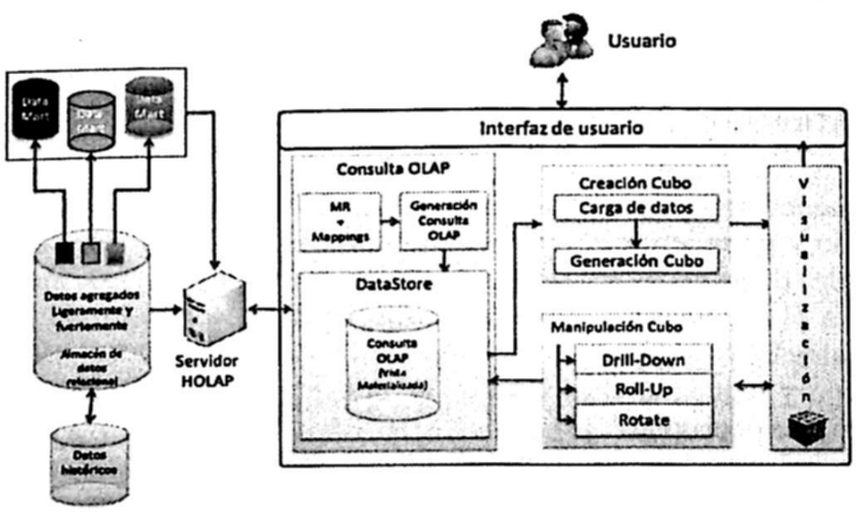

Fig. 1. Arquitectura del sistema propuesto (aportación propia).

En la figura 1 se muestra la arquitectura implementada misma que tiene 2 grandes componentes: Las fuentes de datos y la Interfaz de usuario; las primeras contienen tanto datos internos como externos de la empresa que están almacenados en un servidor *HOLAP*; la segunda está subdividida en 4 elementos principales: Consulta *OLAP*, Creación del cubo, Manipulación del cubo y Visualización del cubo.

El componente para la consulta *OLAP* permite que el usuario seleccione los datos que desea visualizar en el cubo de datos, se genera una consulta *OLAP* y se procede a materializarla en el *DataStore*; la materialización permite almacenar tanto la estructura de las tablas como el conjunto de datos resultado de la consulta, mejorando así el tiempo de respuesta, ya que el acceso frecuente a tablas básicas resulta demasiado costoso [7].

El siguiente proceso es la creación del cubo, este componente permite que el usuario seleccione la vista materializada y el sistema genera el cubo. Una vez que se ha generado el cubo de datos, el componente para la visualización permite la visualización bidimensional o tridimensional. Por último la manipulación del cubo permite que el usuario pueda utilizar los operadores *Drill-down*, *Roll-up* y *rotate*.

2.2 Conversión de consultas *OLAP* para la visualización tridimensional

Para cada cubo de datos, es necesario que se generen tres consultas distintas para convertir el reporte bidimensional, de cada una de las caras visibles del cubo, en forma de matriz y poder ser mostrado de manera tridimensional; sólo se obtendrán los primeros 9 elementos en X, Y, y 4 elementos en Z; además deben coincidirlos datos con los títulos. En todas las consultas se utilizó la pseudo-columna *ROWNUM*, misma que permite obtener los primeros 9 registros para la cara de frente, sólo los 4 registros en el caso de la cara de arriba y los 4 primeros registros para la cara del lado derecho; de esta forma es posible implementar la paginación de las caras del cubo de datos, debido a que puede excederse el límite de registros que pueden ser visualizados en la pantalla.

El ejemplo que se explica a continuación es un cubo de datos con la tabla de hechos `ed_sales` y la medida `quantity_sold`, las dimensiones son: `ed_times`, `ed_customers` y `ed_products`; para el primero se tiene el campo `calendar_year` en el eje de las X, el segundo `cust_state_province` en el eje de las Z y el último `prod_category` en el eje de las Y.

Cara de frente: Primeramente se añade una sub consulta y para ello se obtuvieron los años del campo `calendar_year`, ya que este campo se encuentra en el eje de las X y se mostrará la cantidad vendida por año. El primer año que se comparó fue 1998, si coincide, entonces se muestra la cantidad vendida, en caso contrario se agrega un 0; el proceso se repite para los años 1999, 2000, 2001 y *null* (este último representa el total vendido para cada categoría).

En la cara de frente, el operador *CUBE* muestra tanto los subtotales como los totales [8]; esto fue generado al momento de crear la vista materializada; además, se añaden valores *null* al primer campo, que en el ejemplo es `cust_state_province`, con esto se identifica que es el total y por ello, se añadió la condición `cust_state_province` *IS NULL*, en la cláusula *WHERE*.

Una de las problemáticas que se tenía era que si la medida seleccionada contenía números grandes se empalmaban los datos, la solución que se le dio fue si los datos eran millones, se dividía entre un millón y se añadía una M, en caso de ser miles, se dividía entre mil y se añadía una K. Otra de las problemáticas era que si los datos en el eje de las X son de tipo cadena, al igual que en el caso anterior, se empalmaban la solución que se le dio fue rotar cada nombre 45 grados y así evitar que suceda esto.

A continuación se presenta la consulta generada para la cara de frente del cubo de datos:

```
SELECT * FROM (SELECT ROWNUM R, C0, C1, C2, C3, C4 FROM (SELECT
max(case when CALENDAR_YEAR='1998' then QUANTITY_SOLD else 0 end)
C0,max(case when CALENDAR_YEAR='1999' then QUANTITY_SOLD else 0 end)
C1,max(case when CALENDAR_YEAR='2000' then QUANTITY_SOLD else 0 end)
C2,max(case when CALENDAR_YEAR='2001' then QUANTITY_SOLD else 0 end)
C3,max(case when CALENDAR_YEAR IS NULL then QUANTITY_SOLD end) C4
FROM CUBOESTADOCATANIOMV WHERE CUST_STATE_PROVINCE IS NULL GROUP BY
CUST_STATE_PROVINCE, PROD_CATEGORY ORDER BY CUST_STATE_PROVINCE,
PROD_CATEGORY))WHERE r between 1 and 6
```

2.3 Paginación

La paginación permite mostrar cierta parte del total de registros que se tienen en una consulta, esto es necesario ya que el conjunto de datos no cabe en la pantalla.

Para realizar la paginación es necesario obtener el número de registros que se tienen por dimensión. Al mostrar por primera vez el cubo de datos, se definen las variables `filaIniX`, `filaIniY` y `filaIniZ`, en las cuales se almacenará el número de registro que se comenzará a visualizar; y de la misma manera, se tienen las variables `filaFinX`, `filaFinY`, `filaFinZ`, para almacenar el último valor que se mostrará. Además, se tienen las variables `incrementoX`, `incrementoY`, `incrementoZ`, mismas que tienen la finalidad de saber el número de elementos que se mostrarán, de manera que cuando se requiera visualizar otra parte de los registros, se añade o se resta a las variables, dependiendo si se desea mostrar hacia adelante o devolverse hacia atrás; por último, las variables `maxFilasX`, `maxFilasY`, `maxFilasZ`, sirven para saber cuál es el máximo de filas que se tienen en cada uno de los ejes.

Se creó el método `paginacion` que permite volver a generar las consultas, sólo necesita recibir como parámetros el número de registro en el que se iniciará y finalizará en X, Y, y Z. Este método invoca al proceso para generación de consultas.

Cuando el usuario presiona el botón para devolverse a los primeros registros, se invoca al método paginación, se le proporciona el valor de inicio desde 1, hasta el valor que tenga la variable `incrementoX`, se tiene configurado que en el eje de las X y de las Y se permitan 9 registros, y en el eje de las Z 4 registros como máximo; en caso de que existan menos se ajusta automáticamente al número de registros que se tengan en cualquiera de los ejes.

A continuación se presenta el código contenido en el botón que permite desplazarse a los primeros registros.

```
paginacion(1, incrementoX, 1, incrementoY, 1, incrementoZ);
```

Si el usuario presiona el botón para desplazarse hasta el último registro, de la misma forma se llama al método paginación y se le proporciona como valor de inicio a cada eje el máximo de filas almacenado en las variables `maxFilasX`, `maxFilasY`, y `maxFilasZ` y se le resta el incremento almacenado en las variables `incrementoX`, `incrementoY`, `incrementoZ`; para el valor final se toma el que tiene en las variables `maxFilasX`, `maxFilasY` y `maxFilasZ`.

Cuando el usuario presiona el botón para devolverse a los registros anteriores, a las variables que contienen número de registro con el que comienza (`filaIniX`, `filaIniY` y `filaIniZ`), se les resta el incremento definido en las variables `incrementoX`, `incrementoY` e `incrementoZ`; a las variables que contienen el número de registro con el que se termina a las variables `filaIniX`, `filaIniY` y `filaIniZ` se les resta 1.

3 Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se crearon varios cubos de datos y se eligieron las siguientes dimensiones del almacén de datos de ejemplo de *Oracle*: `ed_customers`, `ed_promotions`, `ed_products` y `ed_times`.

3.1 Visualización 3D

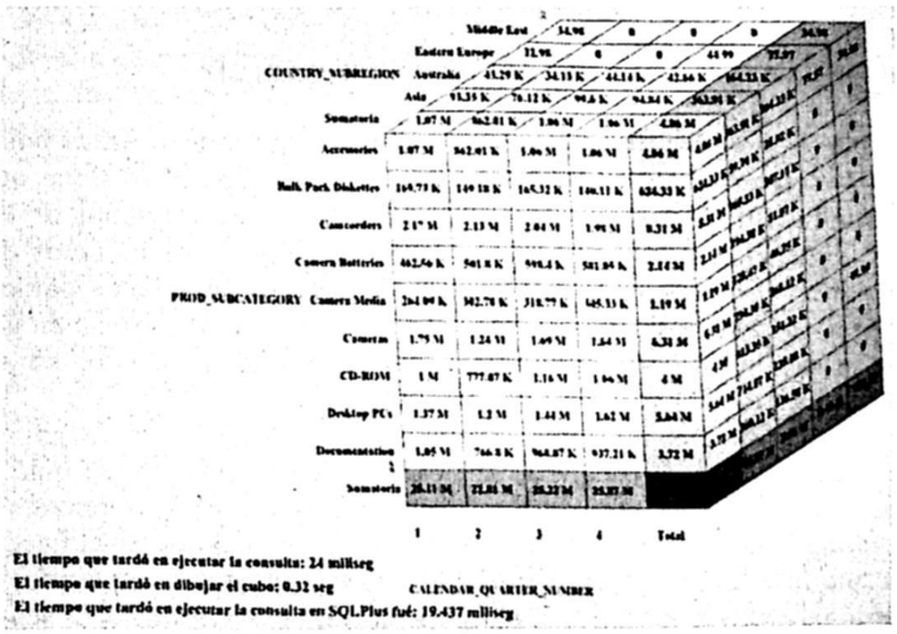

Fig. 2. Ejemplo cubo de datos por cuatrimestre, subcategoría y subregión.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de cubo de datos en el que se eligieron los campos `calendar_quarter_number`, en el eje de las X, `prod_subcategory`, el eje de las Y, y `country_subregion`, en el eje de las Z. En el eje de la X se

muestran todos los cuatrimestres que se encuentran en el campo `calendar_quarter_number` (1 al 4), en el eje de las Y se muestran sólo las primeras 9 subcategorías de producto que se tienen almacenados en el campo `prod_subcategory`; para poder visualizar los demás datos, el usuario debe utilizar el componente para la paginación. Por último, en el eje de las Z, se muestran las primeras 4 subregiones del campo `country_subregion`, por lo que de igual manera, también se requiere de la paginación para visualizar el resto de los datos.

En el cubo de datos de prueba, los datos que están de color blanco representan la cantidad vendida en las diferentes subregiones; por ejemplo, en la subregión de Asia se vendieron 93.35 miles de accesorios en el primer cuatrimestre. Los que están de color amarillo representan los subtotales por subregión, en la subcategoría accesorios se vendieron en todas las ciudades 1.07 millones en el primer cuatrimestre. Los de color gris representan los totales por subregión y cuatrimestre, en la subcategoría accesorios se vendieron 4.06 millones en todas las subregiones y cuatrimestres. Los de color naranja, representa los totales por subregión y subcategoría, en el primer cuatrimestre, se vendieron 25.11 millones en todas las subregiones y subcategorías. El único de color azul representa la cantidad vendida total, por lo tanto se vendieron 98.21 millones.

El sistema reutilizó una vista materializada y se ejecutaron los datos desde el *DataStore* y no desde el almacén de datos. El tiempo que se tardó en ejecutar la consulta, por parte del sistema, fue de 24 milisegundos, y en dibujar el cubo 0.32 segundos. Se hizo una comparación con *SQLPlus* y el sistema propuesto, el primero tardó 19.437 milisegundos en mostrar los datos, por lo tanto, la diferencia de tiempos es de 4.563 milisegundos.

3.2 Manipulación del cubo de datos con Visualización 3D

El sistema también permite manipular el cubo de datos; es decir, es posible aplicar los operadores *Drill-down, Roll-up* y *rotate.* Para el primero, se tiene que bajar un nivel de detalle en la jerarquía, lo que permitirá visualizar las ventas de un producto por mes en lugar de por cuatrimestre; con *Roll-up* se agrupan los datos del cubo; es decir, siguiendo con el ejemplo anterior, si se encuentran los datos por cuatrimestre entonces se mostrarían los datos por año; y el operador *rotate* consiste en girar el cubo alrededor de uno de los tres ejes, visualizándose así otra cara del cubo para su análisis [9 - 10].

La figura 3, es un ejemplo de aplicación del operador *Drill-down*, en este caso se aplicó al cubo de datos mostrado en la figura 2, en este ejemplo se bajó el nivel de agrupación en todas las jerarquías quedando de la siguiente manera: número de semana, producto y estado. El sistema ejecutó los datos desde el almacén de datos, debido a que no existía una vista materializada con los datos requeridos. El tiempo que se tardó en ejecutar la consulta, por parte del sistema, fue de 20.72 segundos, y en dibujar el cubo 0.31 segundos. Al igual que en el ejemplo de la figura 2, se hizo una comparación con *SQLPlus* y el sistema propuesto, el primero tardó 21.36024 segundos en mostrar los datos, por lo tanto, la diferencia de tiempos es de 0.64024 segundos.

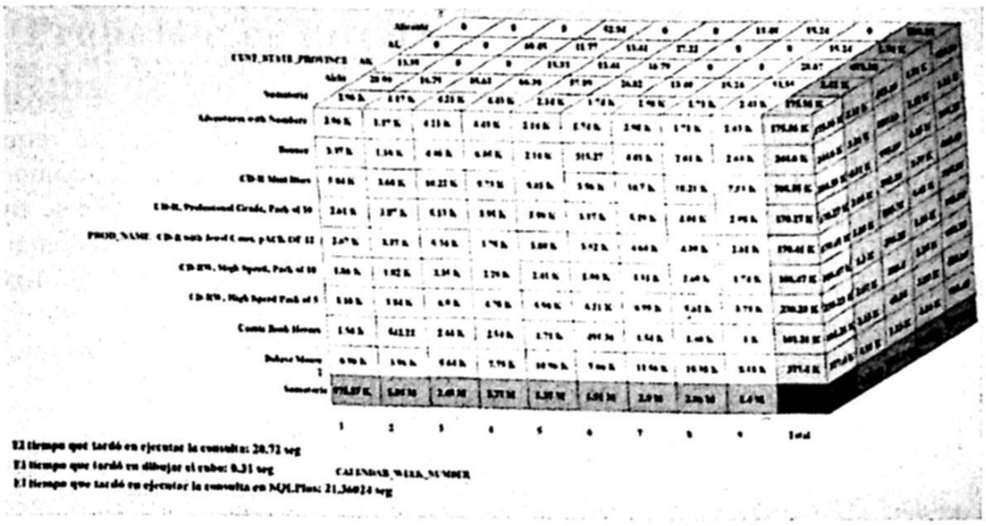

Fig. 3. Ejemplo cubo de datos por número de semana, producto y estado.

Para aplicar los operadores, el sistema reutiliza las vistas previamente materializadas, cargándolos datos del *DataStore* directamente al cubo; en caso contrario, los datos se obtienen del almacén debido a la limitante en espacio de almacenamiento requerido.

3.3 Aplicando la paginación

Continuando con el ejemplo de la figura 3, en este caso se puede ver que en el eje de las X se tiene dos ">" de color rojo, y en el de las Y se tiene dos "v"; esto indica que existen más datos que se pueden visualizar, de la misma manera en el eje de las Z se tienen dos "^" indicando lo mismo.

En caso de que el usuario requiera aplicar la paginación en el eje de las X, sólo se actualizan los datos de la cara de frente; en el ejemplo de la figura 3 se mostrarían los siguientes números de semana que van después del número 9. En la paginación sobre el eje de las Y, se actualizan todas las caras del cubo, debido a que en la cara de arriba ya no se mostraría el primer producto, sino que se mostraría el producto que va después de "deluxe mouse". La cara del lado derecho también requiere actualización, debido a que se deben mostrar los totales correspondientes a los productos siguientes. En la paginación sobre el eje de las Z, no se actualiza la cara de frente; sin embargo, tanto en la cara del lado de arriba como la del lado derecho, se requiere la actualización al mismo tiempo, ya que deben de coincidir con los estados mostrados en el eje de las Z.

4 Conclusiones

La visualización tridimensional permite visualizar los datos de una manera ordenada, sin anidaciones del conjunto de dimensiones y por lo tanto, se aprovecha el espacio en

pantalla para mostrar más datos, y de esta forma facilitar el análisis de los datos contenidos en el cubo de datos.

Se decidió implementar el sistema sobre una arquitectura *HOLAP* y se eligió el almacenamiento relacional, con el fin de tener los datos de detalle y generar vistas materializadas de sólo los atributos que elija el usuario; esto último no requiere pre-calcular todas las demás combinaciones de las jerarquías, teniendo como objetivo mejorar los tiempos de respuesta, sin utilizar en exceso el espacio que se tiene en el *DataStore*. El tiempo de ejecución de las consultas realizadas por el sistema en cubos de datos, conteniendo datos almacenados en una vista materializada, fue ligeramente mayor al tiempo de ejecución de la misma consulta sobre *SQLPlus* de Oracle; la diferencia reportada en las distintas pruebas realizadas en nuestro sistema, es en el orden de milisegundos.

5 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de CONACYT con la beca para los estudios de la maestría al primer autor.

Este trabajo fue parcialmente financiado por PROMEP, bajo el proyecto PROMEP/103.5/12/4633.

Referencias

1. ZhaoHui Tang, Jamie MacLennan. Data Mining with SQL Server 2005, Chapter 11: Mining *OLAP* Cubes. Wiley Publishing, Inc., (2005).
2. G. Satyanarayana Reddy, Rallabandi Srinivasu, M. Poorna Chander Rao, and Sri-kanth Reddy Rikkula. Data warehousing, data mining, *OLAP* and *OLTP* technologies are essential elements to support decision-making process in industries. International Journal on Computer Science Engineering, 2(9):2865 – 2873, 2010.
3. William Harvey Inmon. Building the Data Warehouse Third Edition, Chapter 2: The Data Warehouse Environment. Wiley Publishing, Inc., 2002.
4. Narasimhaiah Gorla. Features to consider in a data warehousing system. Communications of the ACM, 46(11):111 – 115, 2003.
5. Erik Thomsen. The Functional Requirements of *OLAP* Systems, Chapter 1. Wiley Computer Publishing, 2002.
6. The Lightweight Java Game Library. The lightweight java game library (lwjgl). http://lwjgl.org, 2012.
7. Ashish Gupta and Inderpal Singh Mumick, Materialized Views, Techniques, Implementations, and applications, Part 1: Rejuvenation of Materialized Views, The MIT Press Cambridge, Massachusets, London, England, 1999.
8. Paul Lane, Oracle Database Data Warehousing Guide 10g Release 2, SQL for aggregation in Data Warehouses, 20-1 – 20-24 2005.
9. Patrick Marcel and Place Jean Jaurs. Modeling and Querying Multidimensional Databases: An Overview, Networking and Information Systems Journal, 1999.
10. Jim Gray, Surajit Chaudhuri, Adam Bosworth, et. al. Data Cube: A Relational Aggregation Operator Generalizing Group-By, Cross-Tab, and Sub-Totals, Kluwer Academic Publishers, 1997.

Propuesta de Interfaz estilo Modern UI para un Sistema de Recomendaciones de Información Médica

José Román Herrera-Morales[1], Liliana Ibeth Barbosa-Santillán[1] y J. Arámburo-Lizárraga[1]

[1]Departamento de Sistemas de Información,
Universidad de Guadalajara,
Zapopan, Jalisco, México
{rherrera, ibarbosa, jaramburo} @cucea.udg.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. En este documento se presenta una propuesta de interfaz gráfica de usuario (GUI) para un proyecto de Sistema de Recomendaciones (RS) de Información científica aplicado al área médica (Medical RS), esta interfaz se enfoca a usuarios médicos especialistas que requieren tener información relevante de sus áreas de interés de una forma amigable y atractiva, la arquitectura de GUI presentada ayudará a los usuarios como una alternativa adicional en sus servicios para ofrecer una mejor calidad con diagnósticos más certeros que se traduzcan en tratamientos oportunos y eficaces en beneficio de los pacientes. Se propone una GUI empleando las recomendaciones de diseño para interfaces tipo Modern UI para Windows8, que aporte las siguientes características al RS: 1) Personalización: dependiendo del perfil capturado y su historial dentro del sistema, la información ofrecida al usuario es personalizada a su área de interés y uso cotidiano del sistema, 2) Consistencia, la interfaz propuesta captura los elementos de la plataforma de desarrollo que se proponga considerando la arquitectura de este artículo y 3) Rapidez y precisión: el usuario accede a la información de forma selecta y relevante con bloques de diseño altamente interactivos.

Keywords: Sistemas de Recomendaciones, Interfaz Gráfica de usuario, Interfaz Modern UI / Windows 8.

1 Introducción

Los Sistemas de Recomendaciones (RS) se han convertido en una interesante área de investigación desde que surgieron a mediados de los 90's porque tienen innumerables áreas de aplicación, ya que les ayuda a los usuarios a digerir la sobrecarga de información y proveer de recomendaciones sobre contenidos, productos y servicios [1]. Es en el área de las ciencias de la salud donde se ha considerado generar una herramienta de software especializado que pueda ayudarles a los profesionales de esta área a discriminar y seleccionar solo aquella información que realmente les resulte relevante. Los usuarios finales de este Sistema de Recomendaciones (Medical RS) serán médicos especialistas, por lo que es de vital importancia asegurar el mejor diseño posible de su Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) que permita visualizar

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 95-103

información oportuna que le ayude al usuario a realizar un diagnóstico lo más certero posible, por lo que en primera instancia se llevó a cabo una revisión de GUI que se han empleado en otros proyectos de Sistemas de Recomendaciones, se consideraron principalmente artículos que revisarán aplicaciones de tipo Conversacional dado que este proyecto cae en esta categoría cuya principal característica es que son sistemas altamente interactivos. Por ejemplo, Mahmood y Ricci [2], abordan los Sistemas de Recomendaciones Conversacionales con una aplicación de recomendaciones para una Agencia de Viajes, comentando la utilidad que tienen para usuarios en línea que están en búsqueda de información y necesitan apoyo en la toma de decisiones, mediante una interfaz gráfica basada en web, altamente interactiva que se va adaptando según se va llevando la sesión.

Desde otra perspectiva, la forma de visualizar la información a los usuarios finales también es un punto que se considera muy relevante para los RS, por lo que se analizó una interesante manera de representar los datos en el proyecto DocuBurst de Collins, et. al [3], donde se enfocan a la representación de información textual de sistemas de información que manipulan grandes volúmenes de datos y que además de usar técnicas para medir frecuencias de palabras, incluyen el soporte de estructuras léxicas y análisis semántico del contenido para mostrar la información en una visualización de tipo radial.

2 Diseño de la GUI

De acuerdo a las necesidades del proyecto y considerando el tipo de usuario final de este tipo de aplicación RS, se han identificado las siguientes características y opciones de interacción como las mínimas indispensables para incluir en el proyecto Medical RS:

1. Sección de bienvenida con funciones principales.
2. Área para ver recomendaciones de información de acuerdo a las preferencias temáticas.
3. Sección de trabajo, para que el usuario navegue, visualice y seleccione la información que desea.
4. Opciones para configuración de preferencias en contenidos (personalización del perfil del usuario).

Considerando estas necesidades primarias que fueron identificadas, se procedió a realizar una serie de dibujos o sketches para representar cada una de las secciones y pantallas que conformarían los elementos principales del prototipo demostrativo.

En la fig 1. se muestra el diseño para la pantalla inicial de bienvenida donde se muestran las opciones generales y el apartado para el acceso de usuarios ya registrados.

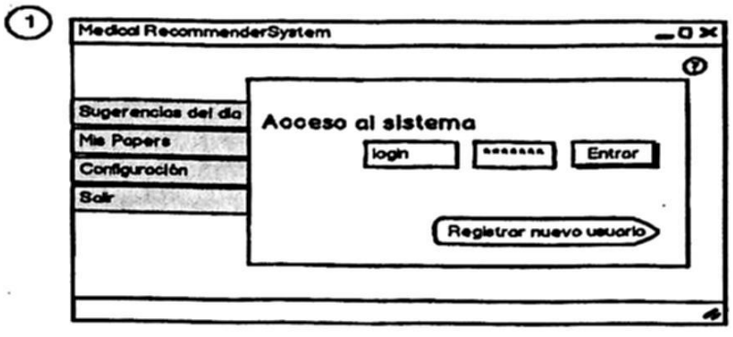

Fig. 1. Pantalla inicial con funciones principales y acceso al sistema

En la fig. 2 se aprecia la distribución del área donde una vez autentificado el usuario, se visualizan las novedades de documentos o información personalizados de acuerdo a las preferencias del usuario.

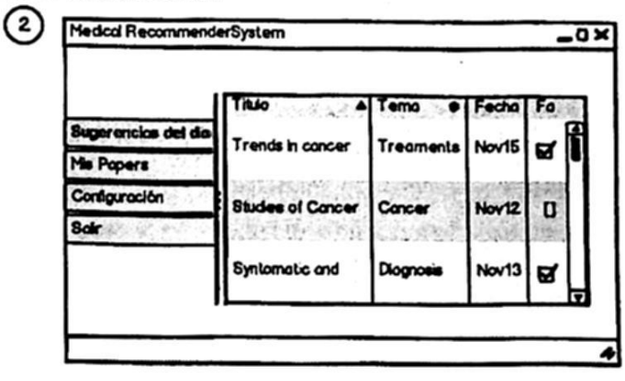

Fig. 2. Pantalla inicial con sugerencias del día (recomendaciones automáticas)

El área de trabajo, se muestra en la fig. 3, donde el usuario ya registrado puede visualizar y manipular la información, contando con un mecanismo para hojear (browsing) las diferentes revistas científicas que el sistema le ha identificado, para que pueda seleccionarlos, y de éstos mostrarle los diferentes documentos que coinciden de forma más puntual con las áreas de investigación del usuario.

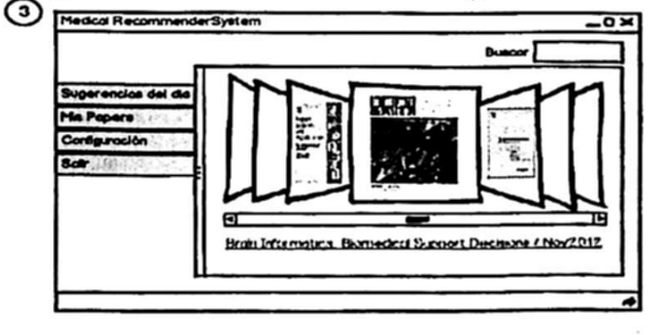

Fig. 3. Pantalla de trabajo con funciones de browsing de información

Para la sección de Configuración, donde el usuario debe indicar los temas y subtemas que le son de interés, se ha pensado en que de forma visual (quizás usando

técnicas como drag & drop y representación tipo mapas mentales) pueda el usuario proporcionar sus preferencias de áreas temáticas que le son afines. Véase fig. 4.

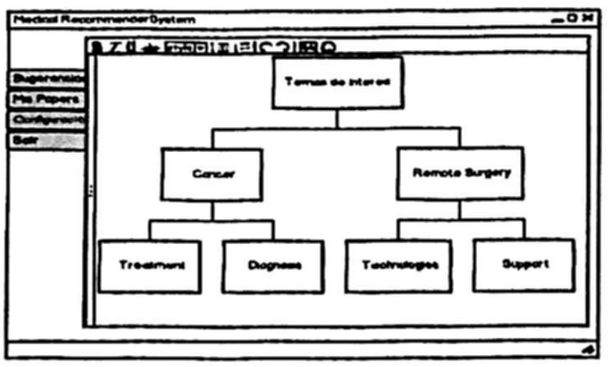

Fig. 4. Pantalla de Configuración para definir los temas de interés del usuario

Aunque sin duda existen muchas más posibilidades para orientar el diseño de la GUI, de acuerdo al tipo de dispositivo o sistema operativo que se maneje, se ha decidido acotar el rango de posibilidades y para efectos del desarrollo del prototipo de GUI para el proyecto Medical RS, se han considerado sólo tres vertientes principales: la plataforma Android, la plataforma iOS y la nueva interfaz Modern UI para Windows 8.

La plataforma iOS es altamente redituable por la cantidad de tiempo que lleva en el mercado donde el potencial de usuarios es muy atractivo, dado que es muy factible que los médicos puedan tener acceso a dispositivos portables como iPads e iPhone, además Android representa el sistema operativo Móvil con mayor presencia de dispositivos móviles en el mercado. Sin embargo, por cuestiones de practicidad, para esta primera propuesta de GUI se ha seleccionado el mundo Windows y su nueva interfaz estilo Modern UI.

Las razones principales para escoger a la interfaz Modern UI, son:

- Disponibilidad de software de Microsoft y plataforma para desarrollo del prototipo.
- La combinación de elementos de interfaz (como botones, colores, etiquetas, entre otros) resulta una forma novedosa en el mercado acostumbrado a dispositivos con sistemas operativos iOS y Android.
- El rápido incremento en el mercado de dispositivos con Windows Phone [9] y Windows RT.
- Conocimiento previo de la plataforma Visual Studio.
- La posibilidad de realizar el prototipado de forma muy rápida.

Una vez que se ha optado por una GUI estilo Modern UI (anteriormente conocida como Estilo Metro para Windows8), se han revisado diversas pautas y guías para elaborar esta propuesta de diseño, mismas que están disponibles como información oficial en el sitio de Centro de Desarrollo para Aplicaciones de Windows8 de Microsoft [4].

En el diseño de interfaz para Windows8 se le ha dado mucha importancia a la parte visual y los detalles tipográficos son muy importantes para lograr la identidad de estas aplicaciones caracterizadas por su simplicidad y claridad. Por lo que en el documento "Directrices para fuentes (aplicaciones Windows8)"[5] se sugiere usar: la fuente Segoe UI (el tipo de letra oficial de Windows8) para los elementos como botones y selectores de fechas, y la fuente Calibri para los textos que el usuario escribe y lee, sobre todo si se trata de bloques de texto grandes.

También, en el documento "Planning Windows Store Apps"[6] se describen siete pasos principales a llevar a cabo en la planeación del diseño de una GUI:

1. Decidir en qué nicho de mercado tu aplicación será la mejor
2. Decidir que tareas del usuario se facilitarán
3. Decidir cuáles serán las características y funciones que tendrá
4. Decidir como comercializar tu aplicación
5. Diseñar la GUI para la aplicación
6. Lograr un gran impacto con la primera impresión
7. Hacer prototipos y validar el diseño

Revisando el cumplimiento de estas recomendaciones, desde la misma definición del proyecto Medical RS se tienen cubiertos los puntos 1 y 2, dado que su finalidad es facilitar el acceso a la información de investigación médica más relevante para los médicos especialistas. También se ha cumplido el punto 3, considerando que ya se ha realizado la identificación de tareas y funciones con los sketches descritos en la sección anterior. Solo faltan por cumplir con las recomendaciones de los puntos 5 al 6, mismas que se describirán en las siguientes secciones. Por el contrario, se dejará de lado el punto 4 porque tiene que ver con cuestiones de marketing, mismas que están fuera del alcance de este documento.

3 Desarrollo de la propuesta de GUI

El prototipo demostrativo de la interfaz GUI para el Medical RS se desarrolló con el Microsoft Visual Studio 2010 y se invirtieron más de 20 horas en su diseño, procurando tuviera una interfaz agradable y atractiva para que fuera lo suficientemente consistente y con ello se pueda facilitar su uso a los usuarios potenciales.

Se desarrolló la propuesta principal de RS empleando como base unas plantillas "Windows 8 GUI Theme Pack Metro Style"[7] en formato PSD, descargadas gratuitamente del sitio DesignShock.com. Con ellas se seleccionó la que mejor se adaptaba a las necesidades de la aplicación y se realizaron cambios en la distribución de elementos y combinación de colores. Se escogió como color de fondo el blanco, más temas en color verde para enfatizar las áreas principales como la barra de título, las secciones activas, mientras que la barra de estado se dejó en un color neutro (color negro). Ver la fig. 5.

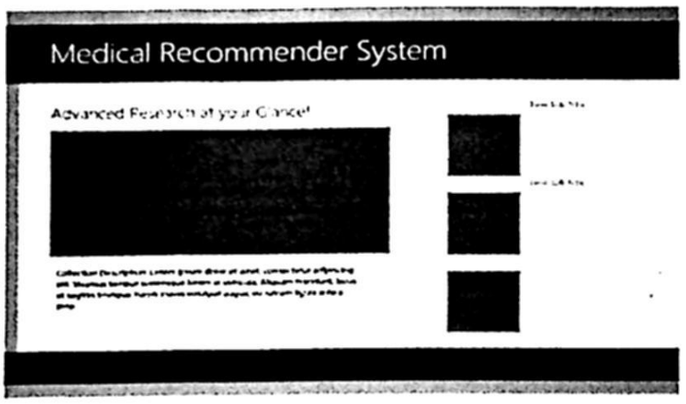

Fig. 5. Distribución básica de los elementos gráficos para el Medical RS (Layout principal)

Para la iconografía se utilizó una colección de iconos "Syncfusion Metro Studio Icons Collection" [8] diseñados específicamente para aplicaciones estilo Windows8, los cuales fueron personalizados ya que estos afortunadamente estaban con fondo transparente y en formato .PNG. Con estos elementos se hizo una selección de los iconos que se iban a ocupar y se diseñaron con un fondo neutro en color negro y en fondo inverso en color verde GreenForest (Véase fig. 6).

Fig. 6. Personalización de iconos a emplear en el Medical RS.

La pantalla principal o de Bienvenida está compuesta por 5 secciones básicas que se muestran en la fig. 7:

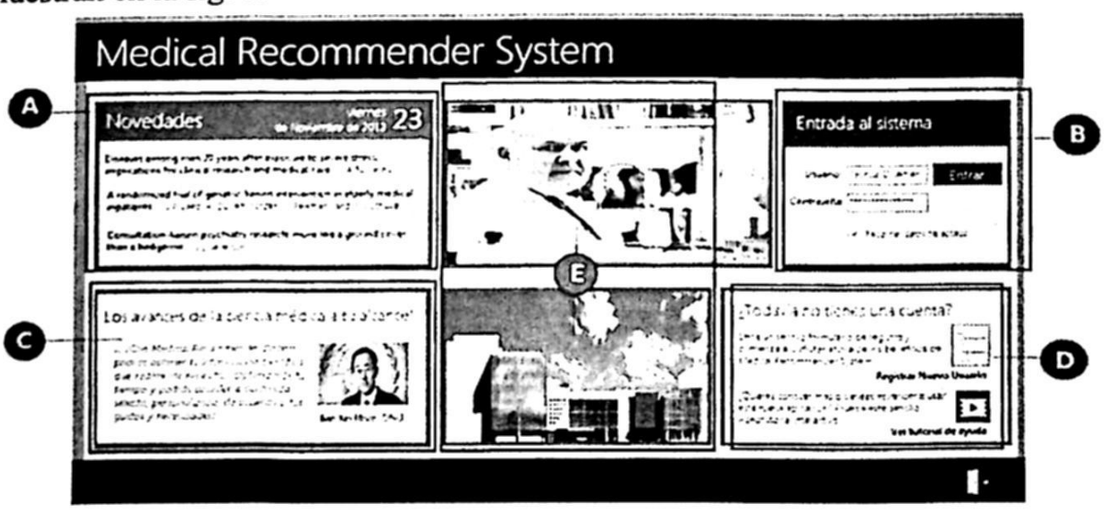

Fig. 7. Pantalla principal de bienvenida del Medical RS y sus 5 secciones básicas.

La descripción de estas secciones es la siguiente:

a) Área de novedades: es una sección desde la pantalla de bienvenida donde se muestran sugerencias automáticas de información de interés para los usuarios. Una vez que el usuario se ha autenticado y se conocen sus preferencias esta sección mostrará información más relevante.
b) Área de Entrada al Sistema: permite a un usuario previamente registrado entrar al sistema mediante la autentificación de su clave de usuario y su contraseña.
c) Área de promoción/ marketing: muestra testimoniales de figuras representativas del área médica, que recomiendan ampliamente la utilización del sistema y destacan sus bondades.
d) Área para Registro de Nuevos Usuarios y Tutorial de Uso: para los nuevos usuarios que no se han registrado, les permite acceder a un formulario para darse de alta en el sistema. En la opción de Tutorial mostrará de forma multimedia como hacer uso de esta aplicación
e) Área de identidad visual: muestra varias imágenes relacionadas con la medicina, los doctores y los avances de la investigación en este campo de la ciencia.

Para la opción para dar de alta a un nuevo usuario del sistema se requiere la introducción de campos mínimos de información personal y asociar una imagen a su perfil. Como un requerimiento muy importante en el diseño de la GUI para el Medical RS, es que el sistema cuente con información de ayuda sobre cómo utilizar este sistema, para esto se ha diseñado una opción de Tutorial Interactivo, donde en una secuencia de pantallas se le guiará con elementos multimedia para su fácil aprendizaje.

Inmediatamente después de que un usuario registrado se autentifica en el sistema, se le presentará un área de trabajo personalizada con un mensaje de bienvenida y las dos opciones principales que podrá utilizar: *Mi Info* y *Configuración*. La sección de *Mi Info* es la sección más importante del Medical RS (fig. 8), en esta el usuario podrá hojear las revistas que el sistema le ha preseleccionado de acuerdo a su perfil de temas de interés y es donde podrá buscar y visualizar la información que le interesa.

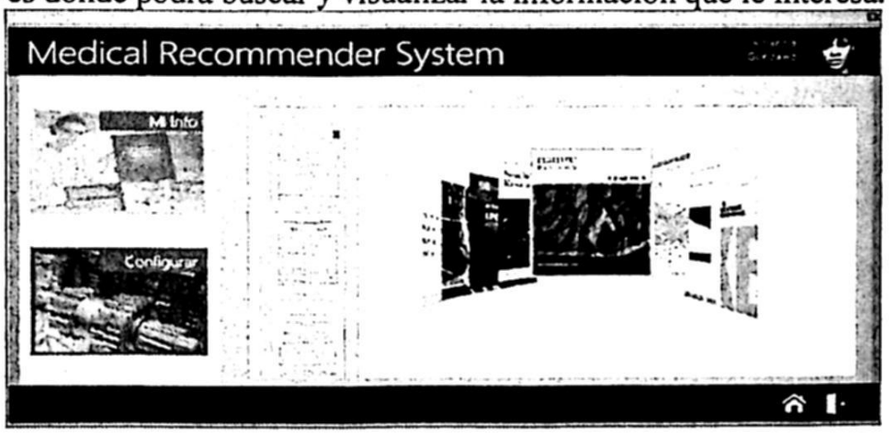

Fig. 8. Pantalla secundaria mostrando la sección de *Mi Info* con información recomendada.

También, en la sección de trabajo está el apartado de Configuración, donde el usuario a través de una forma visual de representación jerárquica de temas y

subtemas, podrá indicar cuáles son sus áreas de interés y asociarlas entre sí como si se tratase de elaborar mapas mentales. Véase la fig. 9.

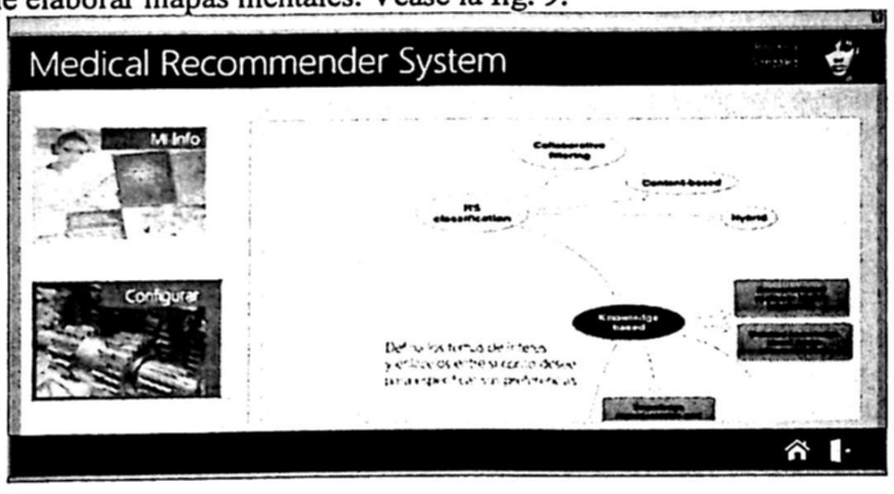

Fig. 9. Opción de *Configurar* los temas de Interés del usuario.

Por último, cuando el usuario ha indicado que desea salir del sistema, se le muestra una pantalla final de confirmación de salida donde adicionalmente de una forma muy sutil se visualizan los créditos de la elaboración de esta propuesta.

4 Consideraciones finales

Finalmente, para la implementación de esta propuesta de GUI fueron consideradas las tendencias en interfaces para dispositivos móviles como iOs, Android y la más reciente interfaz Modern UI para Windows8, teniendo en cuenta las prestaciones, versatilidad y posibilidad de funcionamiento, escalabilidad y viabilidad, así como los inconvenientes que se pueden presentar por restricciones relacionadas a las diferentes características y especificaciones de cada tipo de dispositivo, como el tamaño de la pantalla, el tipo de teclado, las capacidades de almacenamiento, de memoria y de procesamiento. Se hicieron bosquejos tipo sketch de la distribución (layout) de sus componentes y se describen en detalle los elementos desarrollados en un primer prototipo demostrativo para cada una de las pantallas y los elementos de interacción incluidos en ellas buscando que sean presentados de una forma atractiva y de fácil uso.

Se llevó a cabo el prototipado de una GUI identificándose las características y funcionalidades mínimas necesarias para el Medical RS agrupándose en tres secciones principales: a) Sección de bienvenida y autenticación, que cuenta con área de notificación y actualización de novedades generales, b) Sección de área privada y de trabajo del usuario, donde se tuvieron elementos para el despliegue atractivo de información personalizada, presentada y seleccionada de forma automática de acuerdo a su perfil, áreas de interés y preferencias. Y por último, c) La sección de configuración o personalización, donde de forma intuitiva se le facilita al usuario generar su perfil y asociar sus temas de interés de forma visual.

Referencias

[1] Adomavicius, G., and Tuzhilin, A. Toward the Next Generation of Recommender Systems : A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 17(6), 734-749. 2005.

[2] Mahmood and Ricci. Improving Recommender Systems with Adaptive Conversational Strategies. InProceedings of the 20th ACM conference on Hypertext and hypermedia (HT '09). ACM, USA, 73-82. 2009.

[3] Collins, Carpendale and Penn . Docuburst: Visualizing Document Content using Language Structure. Eurographics / IEEE-VGTC Symposium on Visualization. Volume 28 (2009), number 3.

[4] Get started. The basis. (Windows Store apps) (Windows). Dev Center - Windows Store apps. En: http://msdn.microsoft.com/en-US/windows/apps/jj679957

[5] Directrices para fuentes (aplicaciones de la Tienda Windows) (Windows). Centro de desarrollo - Aplicaciones de la Tienda Windows. En: http://msdn.microsoft.com/es-es/library/windows/apps/hh700394.aspx

[6] Planning Windows Store apps (Windows). Designing UX for apps. Dev Center - Windows Store apps. En: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/xaml/hh465427.aspx

[7] Syncfusion Metro Studio Icons Collection. Descargado de: http://www.syncfusion.com/downloads/IconPackagePopup/Application/

[8] Full Windows 8 GUI Theme Pack (Metro Style, With Editable Source Files). Descargado de: http://www.designshock.com/windows-8-theme/

[9] Alvarado, Patricia. Recuperado de: http://www.movilzona.es/2013/05/14/windows-phone-aumento-su-cuota-de-mercado-un-27/

Relación entre la Aceptación Tecnológica y la Actitud: Influencia de los Factores de Resistencia en el Proceso

María Guadalupe Ballinas Martínez[1], Marisol Arroyo Almaguer[1], Dora Alicia Álvarez Medina[1]

[1]Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato-Silao Km 12.5, 36821 Irapuato, Guanajuato, México
{guballinas, maarroyo, dalvarez}@itesi.edu.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. Se presenta el análisis del proceso de Cumplimiento de los Programas de las Asignaturas del Plan de Estudios (CPAPE) para identificar los factores de resistencia al proceso y la probabilidad de uso y aceptación de una herramienta tecnológica que apoye el control y seguimiento a éste. Se aplicó el modelo TAM para medir el uso y aceptación de la propuesta tecnológica; e identificar la relación que existe entre la actitud influenciada por los factores de resistencia al proceso y la aceptación de la tecnología. Se propone un estudio exploratorio para identificar la participación de los profesores en el proceso, y una prueba piloto de la herramienta propuesta. Se comprobó que la aceptación del Sitio Web para realizar el proceso en tiempo y forma, no será un problema; y que la falta de información y conciencia de la participación del profesor en el proceso, son factores de resistencia.

Palabras Clave: TAM, Resistencia, Actitud, Aceptación Tecnológica.

1 Introducción

En la actualidad es de vital importancia la introducción de nuevas Tecnologías de Información como un servicio para mejorar el desempeño laboral, optimizar la ejecución de las tareas y apoyar la evolución de los procesos en las organizaciones. No obstante, la mayoría no considera el impacto tecnológico y social que causará en su personal al enfrentar un cambio en la forma en que realizan sus tareas; derivando en una resistencia al cambio que se manifiesta en diferentes conductas. Díaz Montalvo identificó cuatro factores ante la presencia de una propuesta hacia el cambio: se evade el tema, se rechaza la sugerencia antes de que se haya explicado, se ridiculiza la propuesta del cambio y se encuentran muchas razones de que la idea no funciona. [1]

Es por ello, que han surgido diferentes modelos para predecir el grado de aceptación y uso de nuevas tecnologías. Uno de los modelos más relevantes por su contribución y resultados de apoyo en la investigación de este rubro[2],[3],[4],[5], es el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) propuesto por Davis en 1989 [6]. El

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 105-112

modelo sugiere que influyen diferentes factores que le ayudan al usuario a decidir cómo y cuándo utilizar dicha tecnología.

En el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI), actualmente se han desarrollado diversas herramientas tecnológicas para llevar el control y seguimiento de la mayoría de las actividades propias de una institución educativa. La mayoría de las propuestas se han desarrollado e implantado, considerando un margen de espera para la obtención de resultados deseados. Estos productos se han implantado sin considerar la percepción de los usuarios, que identifiquen la utilidad y beneficios de éstos. De las diversas actividades, existe una específica para llevar a cabo el proceso de Cumplimiento de los Programas de las Asignaturas del Plan de Estudios (CPAPE).

Las instituciones experimentan un proceso largo y tedioso para dar seguimiento al cumplimiento del proceso; se requiere minimizar el tiempo de espera para la recolección de datos, gasto en papelería y demás recursos destinados. Durante la ejecución del proceso es común la pérdida de información y traspapelada, además, generalmente no se involucra al 100% de los profesores en el proceso. Para subsanar esta condiciones, se desarrolló una herramienta informática con la finalidad de tener un mejor control, e información en tiempo y forma. A continuación se presenta el desarrollo de la investigación para medir el uso y aceptación del Sitio Web de la herramienta tecnológica que apoya en el control y seguimiento del proceso CPAPE. Se aplicó el instrumento TAM, para identificar la probabilidad de uso de la herramienta y medir si la propuesta es adecuada, con la finalidad de reducir la brecha de aceptación a las nuevas tecnologías.

2 Modelo de Aceptación Tecnológica

Orantes reporta que en los últimos años la viabilidad del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), es cada vez más implementado en las empresas mexicanas. Debido a que se interesan en la calidad de los sistemas de información orientados a los negocios, que se desarrollan para lograr mayor competitividad en el mercado; por ende, mayor rendimiento dentro de la organización. Las compañías han comprendido que es necesario integrar las Tecnologías de la Información, con las basadas en los negocios.

La mayoría de las empresas cuando requieren de un sistema o herramienta tecnológica para mejorar el desempeño y las actividades propias del negocio, deciden adquirir el sistema e implantarlo; sin considerar a los usurios. Previo a la implantación de cualquier sistema de información en las empresas, se sugiere aplicar el TAM (Technology Acceptance Model). Modelo teórico para obtener una visión general de los trabajadores relacionados con la nueva tecnología, para identificar el grado de aceptación de ésta dentro de la empresa. Y los diversos factores que influyen sobre la decisión de los usuarios, para considerar cómo y cuándo van a utilizar una nueva tecnología [9].

- PU (Perceived Usefulness, Utilidad Percibida). Definida por Fred Davis, identifica "el grado en que una persona cree que el uso de un determinado sistema mejora su rendimiento en el trabajo" [6].

• FUP (Perceived ease-of-use, Percepción de facilidad de uso). Se define como "el grado en que una persona cree que utilizando un sistema en particular, podrá liberarse del esfuerzo que le conlleva realizar un trabajo".

El instrumento TAM es una adaptación de la TRA (Theory of Reasoned Action, Teoría de la Acción Razonada) [7][8] para el ámbito de la Ingeniería de Software. Identifica la factibilidad de uso del sistema, previo a la implantación de éste. La adaptación del modelo TRA al modelo TAM, una modificación del TRA, es que eliminan la actitud de construcción del software. Existen tres enfoques para adaptar el TAM: a) mediante la introducción de factores de modelos relacionados; b) mediante la introducción de factores adicionales o alternativos, y c) por referencias.

El TAM predice la aceptación tecnológica por medio de dos variables: utilidad y facilidad de uso percibida [9]. Es importante señalar que de acuerdo a una revisión bibliográfica realizada por Lee, Kozar y Larsen, TAM constituye el sistema teórico más aplicado para evaluar la aceptación de las TIC's, en el ámbito de los sistemas de información, en ambientes empresariales y educativos [10]. El modelo TAM se construye con las variables externas: utilidad percibida y facilidad de uso percibida. Ambas se relacionan entre sí y con la actitud hacia el uso; el uso actual está relacionado con la actitud hacia el uso y la utilidad percibida [6].

2.1 Aceptación Tecnológica y Factores de Resistencia al Cambio

La aceptación tecnológica se ve influenciada por algunos factores de la resistencia al cambio.

Aceptación Tecnológica. Se dice que un usuario acepta una tecnología cuando adquiere el compromiso no necesariamente explícito de utilizar regularmente dicha tecnología. La aceptación de una tecnología está mediada por múltiples factores que incluyen diferencias individuales, influencias sociales, influencias situacionales e intervenciones directivas. La aceptación de la tecnología, por tanto, no se produce de la misma forma en todos los usuarios y el concepto de "diversidad" es determinante para entender la aceptación o no de una tecnología [11].

Resistencia al Cambio. Es una actitud que se caracteriza por el levantamiento de barreras por temor a lo desconocido, por desconfianza hacia los indicadores del cambio o por sentimientos de seguridad amenazada [12]. Por lo tanto, la resistencia al cambio se entiende como un acto cotidiano que manifiestan los humanos ante situaciones que les parecen desconocidas, o por temor a perder lo conocido. Ambos conceptos son dimensiones simultáneas, ya que el cambio conduce a vencer la resistencia. La resistencia al cambio se genera porque la persona al enfrentarse a algo desconocido se siente amenazada, por no percibir resultados o beneficios del mismo, o bien por una interpretación equivocada respecto del cambio [13].

Existen diversos factores relacionados con la resistencia al cambio. Robbins [14] señala que las fuentes de resistencia al cambio son de carácter individual y organizacional, las individuales residen en características humanas básicas como las percepciones, personalidades y necesidades. De acuerdo con Robbins existen cinco razones por las que los individuos pudieran resistirse al cambio: el hábito, la

seguridad, los factores económicos, el temor a lo desconocido, y el procesamiento selectivo de la información [12].

3 Proceso de Cumplimiento de los Programas de Asignaturas del Plan de Estudios (CPAPE): Caso ITESI

Para lograr el cometido de este proyecto, se eligió como Caso de Estudio el proceso CPAPE llevado a cabo en el ITESI. Un plan de estudios debe conjuntar cursos educativos coherentes y ordenados lógica y secuencialmente que con un grado razonable de profundidad, aseguren un nivel de conocimiento teórico y práctico de la disciplina, y la posesión de actitudes, valores y habilidades de acuerdo con el perfil de egreso deseado [15]. Actualmente en el ITESI, se solicita a los profesores llenar un formato denominado "Avance Programático", dos veces por semestre. Dicho formato contiene de manera general los temas que deben considerarse en las materias impartidas por el docente; los profesores deben colocar delante de cada tema el porcentaje de avance de manera descendente.

Este proceso requiere un promedio de 64 días para realizarlo de inicio a fin, 661 hojas de papel. Aunado a lo anterior, el área académica en algunas ocasiones ha extraviado dicha información; aún no cuenta con un control y seguimiento adecuado para el proceso. Alrededor de un 12% de los profesores desconocen la existencia de dicho proceso. El porcentaje de información recabada de este proceso de forma tradicional, durante el año 2011 fue de 86.5% el primer semestre y 46% en el segundo semestre. Mientras que en el 2012, el 72% el primer semestre y el 10.5% el segundo semestre. La información extraviada o falta de participación fue mayor en el 2012.

4 Propuesta de Solución

Se propone el desarrollo de un Sitio Web como herramienta de control y seguimiento al Proceso de CPAPE de ITESI. Se definen las siguientes fases:

1. Implementar el Modelo de Aceptación Tecnológica, investigar las características del modelo y las fases para implementación.
2. Identificar el contexto y las necesidades específicas para ITESI del proceso CPAPE:
   - Recolección de información por medio de encuesta: con una población de 248 profesores de tiempo completo, de las 11 carreras ofertadas en el plantel Irapuato. La muestra fue seleccionada de forma aleatoria, con 50 profesores adscritos a las diferentes carreras impartidas.
3. Realizar el análisis, diseño y desarrollo del prototipo del Sitio Web, codificando los módulos necesarios para obtener la funcionalidad del mismo.
4. Evaluar el grado de aceptación del Sitio Web por parte del personal docente, a tráves del Modelo de Aceptación Tecnológica de Davis.

La recolección de información de la prueba piloto para obtener información del proceso CPAPE tendrá una duración de 15 días, al final del semestre Enero-Mayo de

2013. El proceso se realizará durante el periodo en el que se proporciona información de las calificaciones del tercer corte de evaluación.

El proceso de evaluación para identificar la aceptación tecnológica, se realizó con el instrumento de evaluación TAM de forma virtual. El instrumento está formado por 4 dimensiones y 12 ítems en total, las respuestas de cada reactivo se codificaron en la siguiente escala: de extremadamente improbable a extremadamente probable. En la Tabla 1 se presentan las dimensiones, el número de ítems de cada una de ellas y el valor máximo de la escala. Las respuestas se reestructuraron en escala de Likert [16]; las posibles respuestas se codificaron de 1 a 7 (ver Fig. 1).

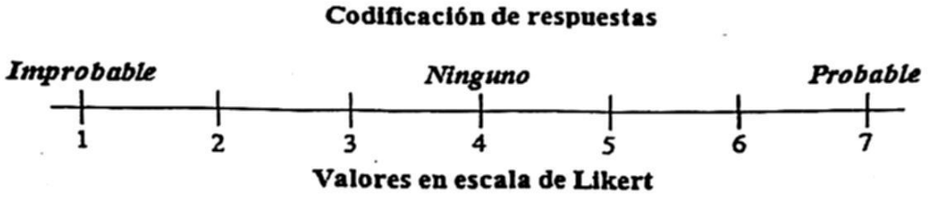

Fig. 1. Codificación de las respuestas, y su representación en escala de Likert.

En la Tabla 1 se describe el valor hipotético que cada dimensión puede alcanzar, basados en la percepción de bastante y extremadamente probable.

Tabla 1. Descripción de dimensiones y número de ítems del instrumento TAM, y el valor máximo en escala de Likert.

Dimensión	No. de Ítems	Valor máximo en Escala de Likert	Valor óptimo (esperado)
Uso	3	21	19
Facilidad de Uso	3	21	19
Utilidad Percibida	2	14	13
Actitud	4	28	26

5 Resultados: TAM Aplicado al Proceso CPAPE del Caso ITESI

Del estudio exploratorio para identificar cómo es la participación de los profesores en el proceso CPAPE, se identificó que se desconoce el proceso y su objetivo: ciencias naturales (9%), natural/ingenieril (5%), empresarial (5%), ingeniería (20%) y c. de la computación (5%). Los profesores que necesitan una herramienta fácil y rápida de usar, c. naturales (8%), empresarial (5%), y c. de la computación (5%). Y las áreas de c. naturales (5%), empresarial (6%) y c. de la computación (14%), confían en el proceso.

Una de las preguntas causó especial interés, debido a su naturaleza (pregunta abierta), en la Tabla 2 se presenta un resumen de las respuestas más comunes identificadas. Esta información es una base importante para identificar la actitud y

disponibilidad de los profesores en los procesos cotidianos del instituto; así como identificar algunos factores de resistencia al proceso. Cierto porcentaje de los profesores del área de ciencias naturales e ingeniería coinciden en que no les agrada hacer uso de las TIC's; y consideran al proceso innecesario.

Algunos factores de resistencia al cambio que influyen en la participación en los procesos institucionales son; a) el hábito con la siguiente proporción c. naturales (4%) e ingeniería (9%); b) la inseguridad, que repercute en los profesores de c. naturales (10%), natural/ingenieril (6%), empresarial (8%) e ingeniería (33%); y c) el temor a lo desconocido, c. naturales (12%) e ingeniería (6%). Los resultados analizados indican que los profesores relacionados con las ciencias de la computación son los que mayor participación tienen y menor resistencia.

Tabla 2. Categorización de las respuestas más comunes que se obtuvieron de la pregunta abierta. Las áreas corresponden a: 1) C. Naturales, 2) Natural/Ingenieril, 3) Empresarial, 4) Ingeniería y 5) C. de la Computación.

Respuestas más comunes	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Agilizar el proceso mediante TIC´s	0%	0%	4.54%	0%	13.63%
Proceso innecesario en el Instituto	4.54%	2.27%	2.27%	11.36%	2.27%
No se toman medidas con respecto a resultados	4.54%	0%	2.27%	0%	0%
No les agrada hacer uso de las TIC´s	13.63%	2.27%	2.27%	6.18%	0%

El proceso de CPAPE, se realizó con una prueba piloto, para identificar si es factible que los profesores la adopten como herramienta para reportar información del proceso. Los resultados de la prueba piloto en el primer semestre de 2013, indican que, 207 de 248 profesores de tiempo completo respondieron la informacion del CPAPE en tiempo y forma. En comparación con el primer semestre del año 2012, hubo un incremento de la información recopilada del 15%. Además, el tiempo para recopilar la información se redujo de dos meses a 15 días.

Los resultados del instrumento TAM que miden la probabilidad de aceptación de la nueva tecnología, se resumen en la Tabla 3, en la primer columna se presenta el rubro/dimensiones evaluadas, en la columna dos y tres se presentan la media y la desviacion estándar respectivamente. Finalmente en la columna cuatro y cinco, se definen los valores mínimos y máximos para cada una de las dimensiones.

Tabla 3. Resultados del instrumento TAM, los valores proporcionados en base a los resultados en escala.

Dimisión	Media (valor en escala)	Desviación estándar	Valor en escala Mínimo	Valor en escala Máximo
Uso	18.00	2.73	11	21
Facilidad de Uso	16.85	4.06	3	21
Utilidad Percibida	11.35	2.67	4	14
Actitud	22.23	4.29	8	28

Los valores medios no difieren de los valores óptimos presentados en la Tabla 1; se realizó la prueba estadística de bondad y ajuste para corroborar que esos resultados son estadísticamente similares a los esperados. Para el análisis estadístico se utilizó el resultado de la escala de cada dimensión por participante. Los resultados obtenidos de aplicar la prueba estadística se presentan en la Tabla 4, se encontró que, estadísticamente es probable que los usuarios acepten el Sitio Web como herramienta para darle seguimiento al proceso CPAPE, pero la actitud tiene un cierto rechazo para el uso de la tecnología.

Tabla 4. Resultados de la prueba estadística de bondad y ajuste, con valor crítico $\chi^2_{\alpha 95\%,42} = 58.12$

Dimensión	$\chi^2_{calculada}$	Comprobación de Hipótesis
Uso	19.95	La probabilidad de uso del Sitio Web para realizar el proceso CPAPE se ajusta al valor en escala hipotético bastante y extremadamente probable.
Facilidad de Uso	45.89	La probabilidad de aceptación del Sitio Web para realizar el proceso CPAPE debido a la facilidad de uso, se ajusta al hipotético bastante y extremadamente probable.
Utilidad Percibida	31.31	La probabilidad de aceptación del Sitio Web para realizar el proceso CPAPE debido a la utilidad percibida, se ajusta al hipotético bastante y extremadamente probable.
Actitud	61.15	La actitud de aceptación del Sitio Web para realizar el proceso CPAPE, no se ajusta al hipotético, la tendencia de actitud es hacia el rechazo.

6 Conclusiones

El análisis de la percepción de los profesores del proceso CPAPE, refleja que algunas resistencias son el desconocimiento de la importancia e impactos. En la Tabla 2 se describen las ideas más representativas de los profesores con respecto al proceso. Una propuesta para concientizar a los usuarios es describir los objetivos y beneficios del proceso. Se recomienda incluir una caracterización del proceso, y dar a conocer los impactos para los usuarios de la institución educativa: Profesores, Coordinadores de Carrera, Director Académico, Secretaria Académica y los propios Alumnos.

Se pudo constatar que la aceptación de la nueva tecnología para recopilar la información del proceso CPAPE en tiempo y forma no representa un problema mayor. El análisis estadístico, indica que la mayoría de los usuarios respondieron que es bastante probable que utilicen la herramienta tecnológica, perciben un beneficio, pero no existe una actitud para aceptar la herramienta. En la Tabla 4, se identifica que el valor calculado χ^2 de la mayoría de las dimensiones se encuentran muy por debajo del valor crítico. La dimensión Actitud sobrepasa el valor crítico, por lo que se considera una actitud de rechazo a la tecnología. Con esto se comprueba la teoría propuesta, que la resistencia al proceso está relacionada con la actitud.

6.1 Recomendaciones y Trabajos Futuros

Con base a los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones:

- Consientizar a los usuarios describiendo los objetivos y beneficios del proceso; incluir una caracterización del proceso, y dar a conocer los impactos para los usuarios de la institución educativa.
- Identificar factores de resistencia en la organización, y buscar la solución más óptima a las consecuencias derivadas de éstos.
- Desarrollar una Metodología, para el seguimiento completo del proceso CPAPE.

Referencias

1. Díaz, J.: Resistencia al Cambio en la Estructura de las Organizaciones. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León (2002).
2. Mehta, V.: Model for Technology Acceptance: A Study of Student's Attitude Towards Usage of Wi-Fi Technology. IJIRD, International Journal Of Innovative Research & Development, 2 (1), 122--130 (2013).
3. Eugenia, M., Shorff, R., Ping Lim C.: Applying a Modified Technology Acceptance Model to Qualitatively Analyze the Factors Affecting E-Portfolio Implementation for Student Teacher's in Field Experience Placements. Issues in Informing Science and Information Technology, 10, 355--357 (2013).
4. Sun, Y., Wang N., Guo X., Peng Z.: Understanding the Acceptance of Mobile Health Services: A Comparison and Integration of Alternative Models. Journal of Electronic Commerce Research, 14(2), 183--188 (2013).
5. Tavera, J., Arias, J.: Internet Móvil: Aceptación Tecnológica para el Cierre de la Brecha Digital en Colombia. Revista Perfil de Coyuntura Económica, 19, 1--6 (2013).
6. Davis, F.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly, 13(3), 319--340 (1989).
7. Fishbein, M: Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research. Addison-Wesley, Reading, MA (1975).
8. Ajzen, I: Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (1980).
9. Orantes, S.D.: Viabilidad del "Modelo de Aceptación de Tecnología" en las empresas mexicanas. Una aproximación a las actitudes y percepciones de los usuarios de las TIC's. Revista Digital Universitaria, 12 (1), 15 (2011).
10. Lee, Y., Kozar, K. A., Larsen, K. R.: The Technology Acceptance Model: Past, Present and Future. Communications of the Association for Information Systems, 12(50), 752--780 (2003).
11. Sánchez, A.: Una aproximación crítica al impacto de las Tecnologías de Internet sobre el comportamiento de los usuarios a través del estudio de los navegadores Web. Universidad Nacional de Educación a Distancia, España (2011).
12. Núñez, M., Gómez, O.: El Factor Humano: Resistencia a la Innovación Tecnológica. ORBIS, Revista Científica Ciencias Humanas, 1 (1), 23--34 (2005).
13. Benítez, L., Ávila, G.: Los Profesores de la Educación Superior y la Integración de la Tecnología Educativa. TLATEMOANI, Revista Académica de Investigación. 10, 6 (2012).
14. Robbins, S.: Comportamiento organizacional. Prentice Hall, México (1999).
15. Aréchiga, H.: Criterios para Evaluar Programas Académicos de Licenciatura y Posgrado. CIEES, Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, 7 (2001).
16. Likert, R.: Una técnica para medir actitudes. Editorial Trillas, México (1976).

Dos métricas para evaluar el sistema CBIR-Esporas

Meléndez Acosta Nayeli Joaquinita, Ríos Figueroa Homero Vladimir y Marín Hernández Antonio

Departamento de Física e Inteligencia Artificial
Sebastián Camacho No.5 Xalapa, Veracruz,
nayelimelendez@gmail.com, hrios@uv.mx, anmarin@uv.mx

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. El propósito de este trabajo es el desarrollo y prueba de dos métricas para medir la precisión de recuperación de nuestro sistema de recuperación de imágenes de esporas basado en el contenido (Content-Based Image Retrieval) ó CBIR-Esporas. Las métricas propuestas son llamadas Precisión Incremental (PI) y Precisión Incremental Posicional (PIP) debido a que fueron derivados de la métrica Precisión. Para los experimentos y pruebas se uso una base de datos de 100 imágenes con 15 clases, cada clase tiene de 5 a 10 esporas. Las métricas propuestas consideran en la recuperación a todas las imágenes relevantes de una consulta. Los resultados muestran que las métricas propuestas proporcionan un porcentaje de precisión de recuperación mas bondadoso que la métrica Precisión, PI =85% y PIP=90% comparados con Precisión=78 %.

Palabras clave: Precisión, Precisión Incremental, Precisión Incremental Posicional

1 Introducción

En muchas áreas del comercio, el gobierno, la medicina, el periodismo, el diseño gráfico, la arquitectura, la astronomía, etc., grandes colecciones de imágenes digitales han sido creadas. Muchas de estas colecciones son el resultado de la digitalización de colecciones existentes como fotografías, diagramas, dibujos, pinturas y grabados [1].

Un sistema de recuperación de imágenes basado en el contenido cuenta con cierta cantidad de imágenes almacenadas en una base de datos y en algún momento se desea recuperar las imágenes mas parecidas a una imagen de referencia.

En [2] se presentó la implementación de un sistema de recuperación de imágenes de esporas basado en el contenido o CBIR-Esporas, el cual proporciona un análisis visual usando las propiedades de la imagen tales como: color, textura y forma, las cuales describen el contenido de la imagen, con el fin de reconocer patrones similares en las distintas imágenes.

Generalmente, este tipo de sistemas CBIR son evaluados con respecto a sus ejecuciones relativas dependiendo de las observaciones humanas, entonces la medida cualitativa del rendimiento de un sistema recuperación de imágenes es subjetiva a las percepción humana.

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 113-120

También la evaluación del rendimiento de recuperación es un problema crucial en CBIR. Muchas métricas diferentes han sido creadas y usadas por investigadores para medir el rendimiento de los sistemas.

En este artículo se presenta dos métricas para evaluar la efectividad de recuperación, estos métricas están fundamentados en un *Valor* de recuperación proporcionado a todas las esporas que pertenecen a la clase de la imagen de referencia, este valor es dependiendo del lugar de recuperación de la imagen.

El articulo esta organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se presentan algunos de las métricas utilizadas para evaluar el rendimiento de los sistemas CBIR. En la tercera sección se explica brevemente el funcionamiento de la metodología empleada en la implementación del sistema CBIR-Esporas que fue evaluado. En las siguientes secciones se presenta la metodología utilizada en las métricas de evaluación propuestas en este trabajo, *Precisión Incremental* y *Precisión Incremental Posicional*, además se explica la métrica *Precisión*. En la quinta sección se presentan el análisis de resultados experimentales y por ultimo las conclusiones y trabajo futuro.

2 Antecedentes

Los sistemas CBIR son evaluados en términos de efectividad de recuperación. La evaluación del rendimiento de la recuperación es un problema crucial en la recuperación de imágenes basada en el contenido (CBIR) [3]. Muchas métricas diferentes se han creado y utilizado por los investigadores para medir el rendimiento de un sistema. A continuación se mencionan algunas utilizadas actualmente:

1. ***Comparaciones de usuario***
   Los usuarios fungen como jueces del éxito de una consulta directamente después de la consulta. Es difícil obtener un gran número de comparaciones, debido a que le consume mucho tiempo al usuario.
2. ***Índice de Error***
   Es común en objetos o reconocimiento de rostros. Es el valor opuesto a precisión:

$$\text{Índice de Error} = \frac{\text{Número de imágenes No relevantes recuperadas}}{\text{Número total de imágenes recuperadas}} \quad (1)$$

3. ***Eficiencia de Recuperación***
   Si el número de imágenes recuperadas es mas bajo o igual al numero de imágenes relevantes, este valor es precisión, en caso contrario es recuperación.
4. ***Detección correcta o incorrecta***
   El número de clasificaciones correctas o incorrectas son contadas. Cuando se divide por el número de imágenes recuperadas, esta medida es equivalente al índice de error y precisión.

3 Metodología del sistema CBIR-Esporas

La metodología empleada en nuestro sistema CBIR-Esporas es analizada y presentada en la Figura 1. Dada la imagen de referencia para realizar la consulta (la cual es elegida por el usuario) el sistema realiza el procesamiento para la extracción de características. Primero se extra el vector color usando histogramas, luego el vector textura empleando las características de Tamura y por ultimo el vector forma utilizando momentos invariantes afines, estos tres vectores unido forman el vector de características de la imagen de referencia. Este vector resultante es comparado con los vectores de características de cada una de las imágenes de la base de datos. Por ultimo la comparación entre vectores para recuperar una lista de imágenes que se aproximen mejor a la imagen de referencia.

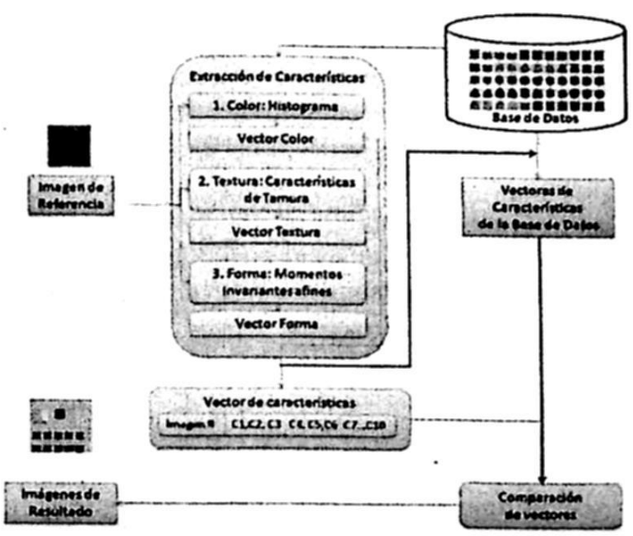

Fig. 1. Esquema de una Consulta en el sistema CBIR-Esporas

4 Precisión

En CBIR, *Precisión* es la métrica más usada para evaluar la precisión de recuperación [3]. Hemos usado esta métrica como base para calcular la *Precisión*. Esta es una medida estándar en recuperación de información la cual da un buen indicativo del rendimiento del sistema. *Precisión* mide la habilidad del sistema para recuperar solo las imágenes relevantes.

$$Precisión = \frac{Número\ de\ imágenes\ relevantes\ recuperadas}{Número\ total\ de\ imágenes\ recuperadas} \quad (2)$$

Los resultados de recuperación del sistema CBIR-Esporas se muestran en una ventana el tamaño de esta ventana es igual al número de imágenes relevantes de la clase a recuperar.

La métrica *Precisión* calcula su porcentaje de recuperación sobre una ventana, tomando en cuenta solo las imágenes relevantes que aparecen en ella. El resto de imágenes relevantes que no aparecen no son consideradas, aunque realmente han sido recuperadas en cierta posición.

5 Precisión Incremental

Precisión Incremental o PI es una extensión de la métrica *Precisión* explicada en la sección anterior, donde PI hace uso de n ventanas:

$$Precisión = \frac{Número\ de\ imágenes\ relevantes\ recuperadas}{Número\ total\ de\ imágenes\ recuperadas} \quad (3)$$

La métrica PI esta interesada en las posiciones de recuperación de todas las imágenes relevantes. Sin importar si no aparecen en la ventana de posiciones relevantes (1er ventana con todos elementos de la clase). Por ejemplo para una base de datos con 100 imágenes considerando que 10 es el numero de imágenes relevantes por clase, n=10 ventanas.

Por ventana se calcula un porcentaje de recuperación dependiendo del numero de imágenes relevantes que contenga, este porcentaje decrece conforme se aleje la ventana, es decir se castiga si las imágenes relevantes se encuentran en ventanas muy alejadas dando porcentajes muy bajos. Sea:

n = número de ventanas
i = ventana i
IRR = imágenes relevantes recuperadas

$$IRRi = \frac{Número\ de\ imágenes\ relevantes\ recuperadas\ en\ la\ ventana\ i}{Número\ de\ imágenes\ relevantes} \quad (4)$$

$$PI = \sum_{i=1}^{n} IRRi * \frac{1}{i} \quad (5)$$

La precisión de recuperación usando la métrica PI (ver Ecuación 5) es la sumatoria de multiplicar el promedio de imágenes relevantes que aparecen en cada ventana (ver Ecuación 4) por el promedio de la ventana.

Otro aspecto importante es la posición de recuperación dentro de la ventana, esta métrica no hace uso de ese dato, pero en la siguiente sección se explicará una métrica que toma en cuenta la posición de recuperación de la imagen relevante dentro de la ventana.

6 Precisión Incremental Posicional

En la métrica *Precisión Incremental Posicional o PIP* dada una consulta se calcula un $Valor_j$ de recuperación por cada imagen siendo $j=1,2,3,...,N$ donde N es el número de

imágenes que contiene la clase C_l de la imagen de referencia, este Valor depende de la posición *Pos* en la cual fueron recuperadas. Entre más lejos se encuentre una imagen su importancia de recuperación decrece esto se puede observar en la Figura 2. A continuación se explica matemáticamente la métrica propuesta:

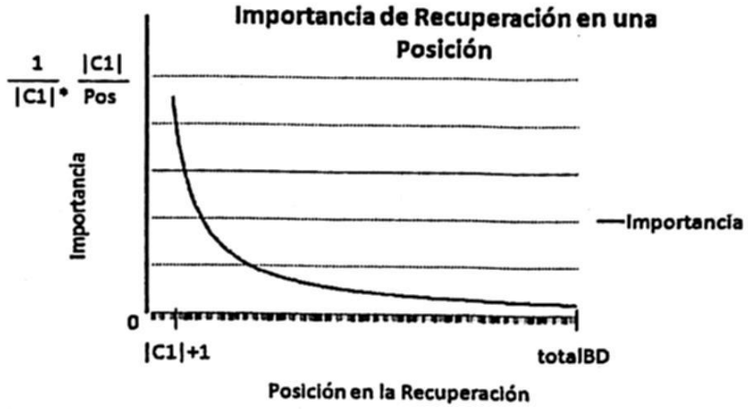

Fig. 2. Gráfica de la Función del *Valor* de recuperación en una posición determinada

Ci = Clase i
|Ci| =numero de elementos de la clase i
Pos =posición en el resultado de la consulta
totalBD =numero de elementos en la base de datos

$$y - y1 = m(x + x1)$$

$$y - \frac{1}{|Ci|} * \frac{|Ci|}{Pos} = \frac{0 - \frac{1}{|Ci|} * \frac{|Ci|}{Pos}}{totalBD - (|Ci| + 1)}$$

$$y = \frac{\frac{1}{Pos}}{totalBD - (|Ci| + 1)} + \frac{1}{Pos} \tag{6}$$

Entonces se le otorga un $Valor_j$ al j-esimo elemento de la clase dependiendo de su posición:

Si $C_j \in C_i$ y aparece dentro de lo primeros C_1, C_2 ... C_i se le da un peso de:

$$Valorj = \frac{1}{|Ci|} \tag{7}$$

Si $C_j \in C_i$ y no aparece dentro de lo primeros C_1, C_2 ... C_i se le da un peso de:

$$Valorj = \frac{\frac{1}{Pos}}{totalBD - (|Ci| + 1)} + \frac{1}{Pos} \tag{8}$$

La precisión de recuperación PIP esta dada por:

$$PIP = \sum_{j=1}^{N} Valorj \tag{9}$$

La Ecuación 1 otorga un valor de recuperación a las primeras n imágenes relevantes recuperadas, es decir a las imágenes que aparecen dentro de la primera ventana, mientras la Ecuación 2 que fue obtenida de la función graficada en la Figura 2 para otorgar un peso al resto de imágenes relevantes que ocupan un lugar en las siguientes ventanas.

7 Resultados experimentales

La base de datos utilizada en los experimentos contiene 15 clases de células y por cada clase se tiene de 5 a 10 imágenes dando un total de 100 imágenes. En la Figura 3 se pueden observar el uso de ventanas en las tres métricas que han sido explicas en secciones anteriores, podemos ver que la métrica PIP toma en cuenta la posición de recuperación de cada espora y la métrica PI el numero de ventana en el que aparece la espora.

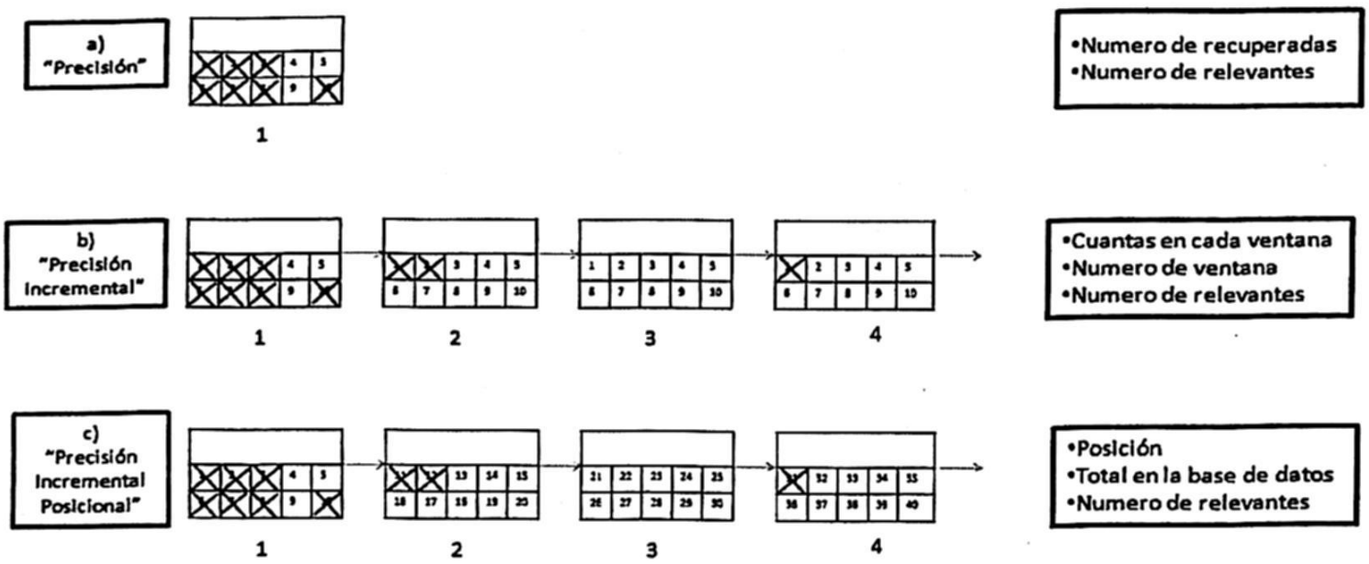

Fig. 3. Posiciones de Recuperación en las tres métricas. a) *Recuperación-Precisión*, b) *PI* y c) *PIP*

En la Figura 4 se muestran los resultados de la primera ventana dada una consulta, este ejemplo se tomara como guía para calcular los porcentajes de efectividad de precisión usando las tres métricas:

1. Precisión: Usa únicamente la primer ventana para calcular su porcentaje.

$$Precisión = \frac{7}{10} = 0.70 = 70\%$$

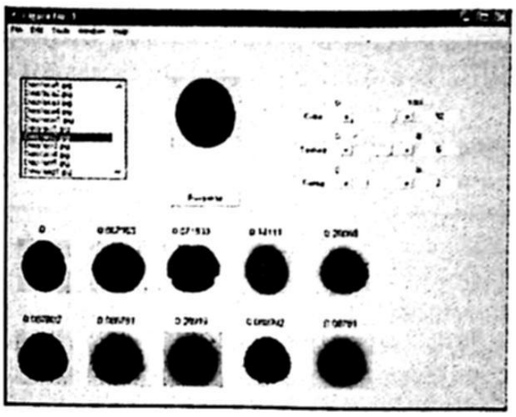

Fig. 4. Ejemplo: Resultados de una consulta

2. Precisión Incremental: Toma en cuenta las primeras 4 ventanas, ya que en la ventana 1, 2 y 4 aparecen las imágenes relevantes 7, 2 y 1 respectivamente y en la ventana 3 no hay imágenes relevantes dando un valor del 0.0.

$$PI1 = \frac{7}{10} * \frac{1}{1} = 0.70 \qquad PI2 = \frac{2}{10} * \frac{1}{2} = 0.10$$

$$PI3 = \frac{0}{10} * \frac{1}{3} = 0.0 \qquad PI4 = \frac{1}{10} * \frac{1}{4} = 0.025$$

$$PI = 70\% + 10\% + 2.5\% = 82.5\%$$

3. Precisión Incremental Posicional: Esta métrica usa la posición de aparición de las imágenes relevantes en la ventana 2 aparecen en la posición 11 y 12 y en la ventana 4 aparece en la posición 31. Para la ventana 1 no importa la posición todas tiene el mismo valor.

$$PIP_{1-7} = \sum_{j=1}^{7} \frac{1}{10} = 0.70 \qquad PIP_{11} = \frac{\frac{-1}{11}}{100 - (10+1)} + \frac{1}{11} = 0.089$$

$$PIP_{12} = \frac{\frac{-1}{12}}{100 - (10+1)} + \frac{1}{12} = 0.084 \qquad PIP_{31} = \frac{\frac{-1}{31}}{100 - (10+1)} + \frac{1}{31} = 0.031$$

$$PIP = 70\% + 8.9\% + 8.4\% + 3.1\% = 90.4\%$$

Para probar la efectividad de nuestro sistema CBIR-Esporas se realizó una evaluación exhaustiva obteniendo una precisión promedio utilizando la métrica *Precisión* de *0.78*. En las métricas *PI* y *PIP* se obtuvo un promedio de *0.85* y *0.90* respectivamente.

Ahora bien es imposible mostrar los resultados de todas las consultas realizadas en la evaluación por ello se muestran solo 5 consultas aleatorias. En el Tabla 1 se puede observar el porcentaje de precisión en recuperación de 5 consultas aleatorias de

nuestro sistema CBIR-Esporas empleando tres métricas de evaluación el conocido *Precisión* y los propuestos en este trabajo: *PI* y *PIP*. Aquí podemos darnos cuenta que el mas bondadoso es el *PIP* ya que su porcentaje es mayor que los otros dos.

Tabla 1. *Precisión Incremental Posicional*, *Precisión Incremental* y *Precisión* para N esporas recuperadas, donde N es numero de esporas de la clase.

Consulta	Espora	PIP	PI	Precisión
1	Acronychia oblongifolia	0.92	0.90	0.80
2	Choricarpia leptopetala	0.80	0.75	0.50
3	Stylidium graminifolium	0.88	0.81	0.75
4	Trachymene incisa	1.00	1.00	1
5	Trifolium repens	0.94	0.87	0.75

8 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se presentaron dos métricas para medir la efectividad de nuestro sistema de recuperación de imágenes basado en el contenido: *PI* y *PIP*, ambas son derivadas de la métrica *Precisión*. Las métricas propuestas toman en cuenta todas las imágenes relevantes importando la posición de recuperación. Los resultados obtenidos en los experimentos muestran que *PIP* es el mas bondadosa ya que su porcentaje de recuperación es mas grande. En un futuro consideramos seguir revisando las métricas de evaluación para refinar mejor nuestras métricas. Las métricas propuestas pueden ser usados por cualquier base de datos siempre y cuando se encuentre categorizada.

Referencias

1. Remco C. Veltkamp and Mirela Tanase, "`Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey'". This is a revised and extended version of Technical Report UU-CS-2000-34, October 2000.
2. Melendez Acosta Nayeli, Rios Figueroa Homero y Marín Hernández Antonio. "`Recuperador de imágenes en base a contenido: una aplicación con esporas'". 2013
3. Henniing Muller Wolfgang Muller and David McG Squire."` Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval: Overview and Proposals'" .Swiss National Foundation for Scientific Research.1999
4. Tajman Sandhu and Parminder Singh, "`Performance Evaluation of Ontology and FuzzyBase CBIR'", Advanced Computing. an International Journal (ACIJ), Vol.4 No. 3, Mayo 2013.
5. Otávio A. B. Pentti and Ricardo da S. Torres, "`Eva - An Evaluation Tool for Comparing Descriptors in Content-Based Image Retrieval Tasks'", MIR'10, Marzo 2010.
6. Shanon McDonald, Ting-Sheng Lai and John Tait, "`Evaluating a Content Based Image Retrieval System'", SIGIR'01, Septiembre 2001.
7. Hideyuki Takagi, Sung-Bae Cho and Toshihiko Noda "`Evaluation of an IGA-based Image Retrieval System Using Wavelet Coefficients'".

Servicios Web para Aprendizaje Electrónico

Olivia G. Fragoso[1], René Santaolaya[1], Juan C. Rojas[1], Jaime Muñoz[2], Blanca D. Valenzuela[1]

[1]Departamento de Ciencias Computacionales, CENIDET,
Interior Internado Palmira S/N, Col Palmira Cuernavaca Morelos, México.
Departamento de Sistemas de Información, Universidad de Aguascalientes.
Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria Aguascalientes, Ags. México.
E-mail: [1]{ofragoso, rene, carlos.rojas, blancadina@cenidet.edu.mx}, [2]jmauaa@gmail.com
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. Actualmente los requerimientos de educación en la sociedad están asociados con las TI (Tecnologías de la Información). El estado actual de las TI facilita construir soluciones a problemas en diferentes dominios y pueden ser consideradas para el intercambio de contenido educativo, a través de diferentes plataformas dedicadas al aprendizaje electrónico y lo que se conoce como objeto de aprendizaje. La reusabilidad e interoperabilidad de estos objetos de aprendizaje puede ser mejorada al utilizarlos en forma de servicios Web. Este trabajo propone desarrollar objetos de aprendizaje en forma de servicios Web con el fin de atender necesidades de aprendizaje electrónico de una forma más dinámica que lo que ofrecen actualmente algunas plataformas. Así mismo se denomina servicios Web de aprendizaje a elementos de los objetos de aprendizaje que se tratan como servicios Web y que pueden ser accedidos con los estándares que pertenecen a una arquitectura orientada a servicios como SOAP, XML y WSDL.

Palabras clave: Servicios Web, Objetos de Aprendizaje, Servicios Web de Aprendizaje, Sistemas Gestores de Aprendizaje.

1 Introducción

De acuerdo a los requerimientos actuales de la sociedad, la educación está cada vez más asociada con las tecnologías de información, éstas se han vuelto un elemento imprescindible hoy en día para el aprendizaje electrónico. Como evidencia de esto se cita el siguiente texto, "*mientras la sociedad de la información se desarrolla y multiplica las posibilidades de acceso a los datos y a los hechos, la educación debe permitir que todos puedan aprovechar esta información, recuperarla, seleccionarla, ordenarla, manejarla y utilizarla*", descrita en [1]. Por consiguiente la educación tiene que adaptarse en todo momento a los cambios de la sociedad y de la tecnología, sin dejar de transmitir por ello el saber adquirido, los principios y los frutos de la experiencia.

Los sistemas gestores de aprendizaje conocidos como SGA son plataformas que se emplean para administrar el proceso de aprendizaje, es decir ofrecen y gestionan el contenido instruccional, identifican y evalúan el aprendizaje individual y

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 121-128

organizacional, así como los objetivos formativos [2]. Una de las desventajas que presentan la mayoría de las plataformas es su heterogeneidad, por lo que es difícil integrar funcionalidades de aplicaciones de terceros a estas. Adicionalmente, el empleo de estándares cerrados al dominio de los objetos de aprendizaje tales como SCORM (Sharable Content Object Reference Model), LOM (Learning Object Metadata) y DC (Dublin Core), representa también un problema para la reutilización. Otro de los problemas con los SGA es la cantidad de OA (Objetos de Aprendizaje) que tienen que manejar, si se tiene un repositorio de OA es necesario tener un mecanismo que permita seleccionar de entre varios OA a aquél que cumpla con los requerimientos de los usuarios. Con el auge de la tecnología de los servicios Web es posible disminuir la desventaja de las plataformas y permitir la interoperabilidad, reusabilidad y accesibilidad de los OA. Una manera de lograrlo es utilizar a los OA como servicios Web con estándares abiertos como SOAP (Simple Object Access Protocol) y WSDL (Web Service Description Language) [3], sin que se involucre un cambio en la parte importante de los elementos de los OA como son objetivo, contenido, actividades de aprendizaje y evaluaciones. En este trabajo se describe lo que se considera como servicios Web de aprendizaje, también se presenta una arquitectura orientada a servicios que puede soportar la reutilización, clasificación y selección de los servicios Web de aprendizaje.

2 Trabajos relacionados

En años recientes, se han presentado diversas propuestas con el propósito de aprovechar las ventajas que la tecnología de aprendizaje electrónico ofrece. Algunos enfoques identificados se describen a continuación.

2.1 Integración de plataformas e-learning mediante servicios Web

En este enfoque se describe la utilización de los servicios Web como herramientas para manejar recursos didácticos en los SGA. De acuerdo con [4] los servicios Web ofrecen ventajas para el paso de mensajes SOAP a través de plataformas heterogéneas y con ello se destaca la mejora en la interoperabilidad, flexibilidad, durabilidad, reusabilidad y compatibilidad entre plataformas. En [5] se presenta un estudio comparativo entre herramientas SGA que describe que algunas de ellas no cumplen requisitos de usuarios avanzados y que no contienen servicios Web con interfaces homogéneas para ser integrados en otras herramientas, lo que hace difícil la interoperabilidad entre las mismas herramientas.

2.2. Arquitecturas orientadas a servicios

Distintas investigaciones se han centrado en la búsqueda, publicación y localización eficiente de los OA con el fin de mejorar su reutilización, por lo que se ha recurrido a la implementación de mecanismos tal como se hace con los servicios Web. En [6] los autores proponen incluir los metadatos que describen a los OA en el documento

WSDL y así utilizar los mismos mecanismos de los servicios Web para buscar y acceder a los OA de una manera remota. En [7] se hace referencia a la arquitectura LTSA (Learning Technology Standard Architecture) que promueve la reusabilidad, interoperabilidad y portabilidad para sistemas de aprendizaje, y cuyos componentes se pueden definir en términos de WSDL. En consecuencia, los OA tienen que estar descritos en términos de anotaciones WSDL. En [8] se describe una arquitectura implementada mediante un conjunto de servicios Web cuya función consiste en brindar mecanismos que contribuyen a la publicación y descubrimiento de servicios de aprendizaje específicos, estos mecanismos incluyen una extensión a la estructura de documentos WSDL con elementos de información funcional que un usuario utiliza para hacer la solicitud de los servicios. En [9] se propone un marco intermediario para la integración de plataformas compatibles con los estándares de servicios Web. Similar a los trabajos antes descritos, en [10] los autores proponen una arquitectura donde residan servicios Web para repositorios, búsqueda, diseño y publicación de OA. En [11] se presenta un modelo para la creación de servicios de aprendizaje, estos servicios de aprendizaje son OA envueltos en servicios Web que permiten la comunicación interactiva en tiempo real entre usuarios.

Un modelo de integración flexible es propuesto en [12], cuyo enfoque se centra en la separación de funcionalidades de los sistemas gestores de contenidos y los datos de aprendizaje, así la interconexión de ambas funcionalidades es a través de mecanismos de composición de servicios Web. LearnServe [13] es un sistema desarrollado en la Universidad de Muenster en Alemania que permite combinar servicios Web con e-learning a través de un SGA cuya arquitectura es orientada a servicios. Su funcionalidad dual, como proveedor y como consumidor permite que los contenidos estén disponible como servicios Web. Este aspecto es el más similar al trabajo que se describe en este artículo.

ToolTest [14], es un servicio Web para la Evaluación del aprendizaje a partir de objetos individuales tipo pregunta y que a su vez proporciona metadatos que pueden ser reutilizables. Un estudio reciente descrito en [15] propone integrar un simulador como un Servicio Web a una plataforma de aprendizaje con simulación de circuitos analógicos. Su objetivo principal es llevar el simulador al contexto web de tal forma que otros programadores en sus aplicaciones de simulación pueden fácilmente adaptarlo. El enfoque de aplicaciones sensibles al contexto o preferencias del usuario para adecuar los contenidos de aprendizaje a las necesidades reales de los estudiantes, así como mejorar el intercambio de los OA entre estas herramientas se presenta en [16].

2.3 E-Learning y la nube computacional

Algunos trabajos como en [17] consideran la nube computacional por las ventajas que ésta brinda y que combinadas con las ventajas de los servicios Web, mejoran la colaboración entre los actores principales que gestionan las actividades de aprendizaje en un SGA. Además la nube computacional contribuye también a la adaptación de los servicios del sistema a diferentes tipos de usuarios finales. En el mismo sentido, en [18] se trata la migración de los mecanismos del aprendizaje a distancia hacia múltiples servidores distribuidos, como un tipo de nube computacional que permita

que las herramientas educacionales puedan ser ejecutadas en un servidor virtual junto con otros servicios, tal como servicios Web y servicios de base de datos.

2.4 Repositorios de Objetos de Aprendizaje basados en servicios Web

Actualmente existen diversos ROA (Repositorios de Objetos de Aprendizaje), cuya funcionalidad es almacenar y clasificar información detallada sobre OA y/o metadatos que son accesibles vía Internet [19]. Los servicios Web facilitan la comunicación entre distintas plataformas y la manipulación de los recursos disponibles en un repositorio. En [20], se describe el sistema AMBAR cuyo objetivo principal es proporcionar una plataforma que permita almacenar, generar, utilizar y reutilizar los OA y patrones de aprendizaje de manera estandarizada, para proporcionar los servicios de acceso a un repositorio tanto para las aplicaciones propias del sistema, como para aplicaciones externas. En [21], se describe el diseño de un ROA, cuya arquitectura está compuesta por un conjunto de servicios Web que se comunican a través de interfaces de programación. Las funcionalidades de los servicios se refieren a buscar, eliminar, publicar y visualizar los OA, además de la gestión del repositorio y los usuarios.

2.9 Servicios Web Semánticos

De acuerdo a [22], los servicios Web semánticos se proponen para permitir automatizar el descubrimiento, composición, invocación e interoperabilidad de servicios Web, mediante una arquitectura basada en las especificaciones WSMO (Web Service Modeling Ontology). Una combinación de servicios Web para la búsqueda y recuperación de OA contenidos en una base de conocimiento y disponibles en el SGA se describe en [23]. Como parte de estas soluciones en [24] se propone una arquitectura orientada al concepto, recurso, orden y producto mediante la especificación semántica de los OA. Esta arquitectura es apoyada en el contenido ontológico del OA, al igual que en [23] se combinan los servicios Web para la búsqueda y recuperación de los OA.

3 Servicios Web y Objetos de Aprendizaje

En los dominios de los servicios Web y de los OA se utilizan términos comunes como los que se presentan en la Tabla 1. Sin embargo, cada uno tiene su propio alcance. Por ejemplo, reusabilidad de los servicios Web es una característica que tiene mayor amplitud que en lo que se refiere a los OA, debido a que los servicios se reutilizan tal y como son independientemente de la plataforma. Mientras que reutilización de los OA está limitada a la compatibilidad entre plataformas de los SGA. En la Tabla 1, se enlistan un conjunto de características de los servicios Web y los OA, en la columna de objetos de aprendizaje el * significa que están limitados por plataforma.

Tabla 1. Características de servicios Web y objetos de aprendizaje.

Características	Servicios Web	Objetos de Aprendizaje
Interoperabilidad	✓	✓ *
Reusabilidad	✓	✓ *
Escalabilidad	✓	✓ *
Extensibilidad	✓	✓ *
Flexibilidad	✓	✓ *
Estandarización	WSDL, UDDI, SOAP	SCROM, IMS, LOM
Protocolos de comunicación	http	http

4 SWA: Servicios Web de Aprendizaje

Los OA están constituidos por cuatro elementos pedagógicos: Objetivo, Contenido, Actividad de Aprendizaje y Evaluación, en este trabajo se propone tratar a cada uno de estos elementos como SWA (en la Fig. 1 se muestran algunos ejemplos de servicios Web de aprendizaje). Así mismo, se propone tratar a estos SWA dentro de una arquitectura orientada a servicios (la Fig. 2 describe la arquitectura). Los elementos de la izquierda corresponden a servicios individuales, los cuales a través de un proceso de composición pueden generar un servicio compuesto que corresponde a un objeto de aprendizaje, representado por el elemento de la derecha.

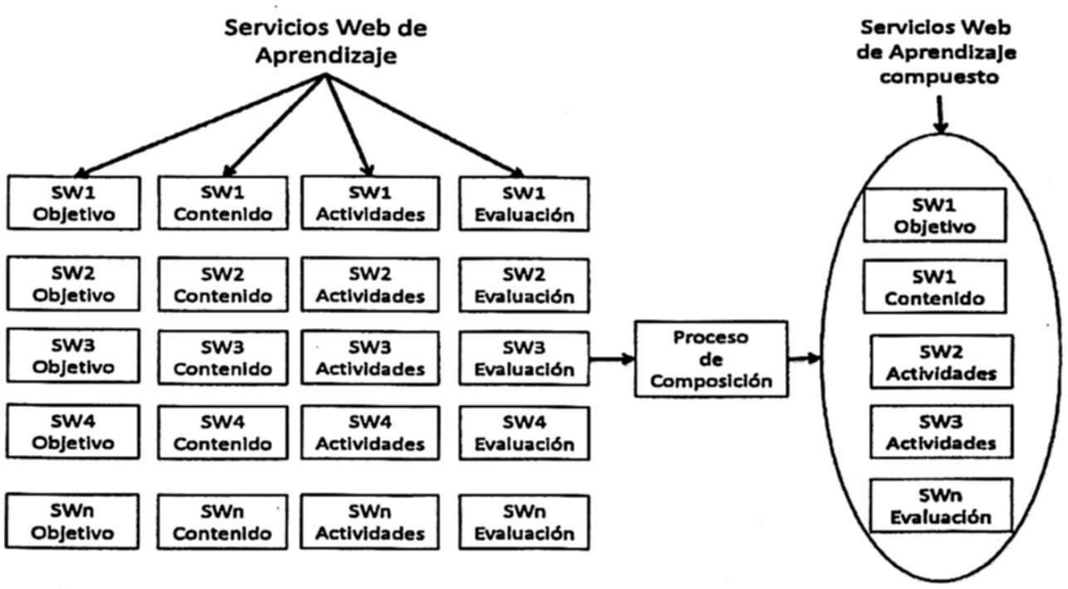

Fig. 1. Servicios Web de Aprendizaje.

El esquema de SWA (como se muestra en la Fig. 1), permite la generación de objetos de aprendizaje de manera dinámica por medio de la combinación de varios de

los servicios individuales que se tengan a disposición. Una vez que se generen los servicios, independientemente de su tamaño, se pueden registrar en un directorio de servicios conocido como UDDI (Universal Description Discovery and Integration), para su publicación, localización, intercambio y reutilización bajo la arquitectura orientada a servicios.

Un SGA puede llevar a cabo los roles de proveedor y cliente de los servicios Web de aprendizaje. UDDI es el elemento que se encarga de publicar los SWA que se construyan (estos elementos se representan en la Fig. 2). En la misma figura (ver Fig. 2), se describen relaciones de los SGA con un esquema de clasificación y con una base de datos contenedora de los elementos Objetivo, Contenido, Actividad de Aprendizaje y Evaluación. También se aprecia una relación con un registro de servicios que contiene una referencia de manera ordenada a los servicios de aprendizaje que fueron publicados por el SGA y que sirve para poder buscar y seleccionar a los servicios Web de aprendizaje cuando se requiera su consumo. El esquema de clasificación que en este trabajo se propone, tiene como función principal apoyar la selección de los servicios Web de aprendizaje de acuerdo a los requerimientos de los usuarios o consumidores, debido a que el directorio UDDI no permite almacenar información suficiente para una búsqueda y selección precisa de los servicios Web. Es importante destacar que en este trabajo se propone la clasificación de los servicios Web de aprendizaje por dominio de aplicación para facilitar su búsqueda y obtener mayor precisión en la selección.

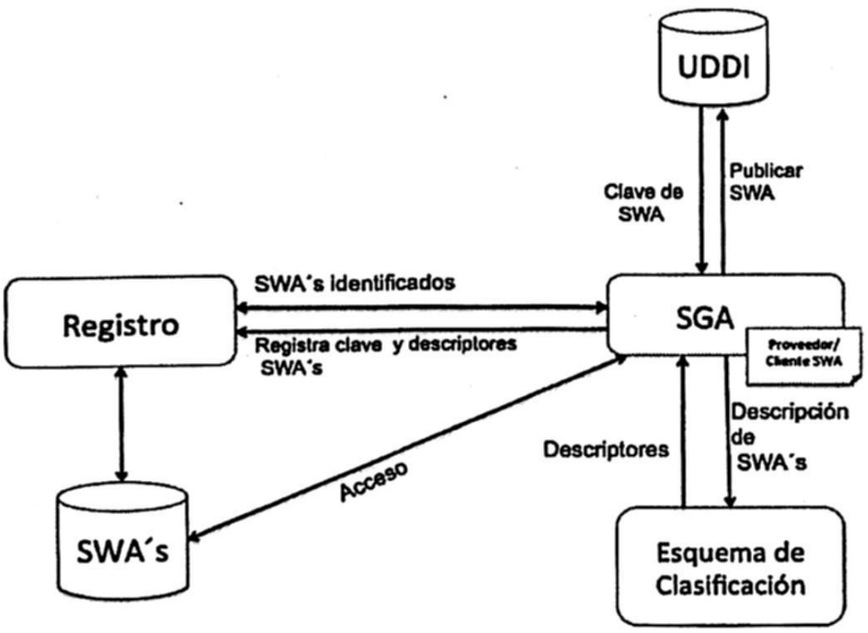

Fig. 2. Arquitectura SOA propuesta para Servicios Web de Aprendizaje.

5 Conclusiones

Los servicios Web de aprendizaje permiten la generación de contenidos educativos que puedan ser gestionados y reutilizados ampliamente. Las distintas soluciones propuestas por otros autores, tratan de mejorar la interoperabilidad y reusabilidad

empleando diversas técnicas o arquitecturas de servicios Web, implementando nuevas funcionalidades a los SGA en forma de servicios. Sin embargo los objetos de aprendizaje siguen siendo dependientes de los SGA, por lo que no pueden ser accedidos por otras aplicaciones, lo que indica que su reusabilidad aún es limitada. Es decir, no pueden ser tomados tal y como están y utilizarse en un contexto o aplicación diferente. La propuesta que este trabajo presenta, es tratar a los objetos de aprendizaje como servicios Web de tal manera que por definición sean reusables al no depender de la plataforma en que se construyen o se utilizan. Algunas pruebas preliminares dirigidas a exponer objetos de aprendizaje como servicios Web, nos indican que es viable utilizarlos de esta manera y por lo tanto el siguiente paso es escalar a los SGA hacia una arquitectura orientada a servicios en la que los servicios principales sean los objetos de aprendizaje y no solamente las funciones de los SGA. El esquema de clasificación que se propone en esta investigación, garantiza una mejoría en la precisión, puesto que se propone que la clasificación se realice por dominios o disciplinas de aprendizaje. Además se pueden implementar algoritmos que mejoran la similitud de conceptos para clasificación y selección de servicios Web de aprendizaje. Por lo anterior la arquitectura que se propone en este trabajo es factible de implementarse ya que no modifica el modelo orientado a servicios y que además se enfoca en los elementos pedagógicos de los objetos de aprendizaje y los visualiza como servicios Web.

Referencias

1. Delors, J.: La educación encierra un tesoro. (UNESCO, 1996).
2. Szabo, M., Flesher, K.: CMI Theory and Practice: Historical Roots of Learning Managment Systems. In: Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, 929–936 (2002).
3. W3C Consortium. Web Services Architecture. http://www.w3.org/TR/2007/NOTE-wsdl20-soap11-binding-20070626/
4. Zhen, Z.: Design and Implementation of Web-Services Based E-Learning System. In: First International Workshop on Education Technology and Computer Science, vol. 3, pp. 233–237 (2009)
5. Huertas, F., Navarro, A.: Web services availability in e-learning platforms. In: 7th International Conference on Next Generation Web Services Practices, pp. 170–175. (2011)
6. Ortiz, A., Otón, S., Barchino, R.: Learning Objects universal publishing and location Architecture using Web Services. http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-132/paper16.pdf
7. Pahl, C., Barrett, R.: A Web Services Architecture for Learning Object Discovery and Assembly. In: PROCEEDINGS OF WWW 2004 (2004)
8. D'Mello, D. A., Achar, R.: A broker based architecture for e-learning Web services discovery. In: World Congress on Information and Communication Technologies (WICT), pp. 688–693 (2011)
9. Rodríguez, J., Anido, L., Fernández, M. J.: How can the Web services paradigm improve the e-learning?. In: The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, p. 479 (2003)
10. Rojas, C. M., Montilva, J.: Arquitectura de software para la construcción de cursos virtuales a través de la integración de objetos de aprendizaje basada en servicios web. In: 1st

LACCEI International Symposium on Software Architecture and Patterns (LACCEI-ISAP-MiniPLoP'2012), Panama, (2012)
11. Liu, J., Wu, Y., Zhao, W.: Modeling Learning Contents Based on Web Services. In: Third International Conference on Next Generation Web Services Practices, pp. 135–140 (2007)
12. Madjarov, I., Boucelma, O.: Data and application integration in learning content management systems: a web services approach. In: Proceedings of the First European conference on Technology Enhanced Learning: innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing, pp. 272–286 (Springer-Verlag, 2006).
13. Vossen, G., Westerkamp, P., Grob, H. L., Brocke, J.V.: Service-Oriented Provisioning of Learning Objects. Learning Objects: Applications, Implications, & Future Research 287–324 (2007).
14. Reklaitis, V., Baniulis, K., Aukstakalnis, N.: Building assessment web service from question type learning objects. In: Proceedings of the 4th International LEGE-WG Workshop Towards a European Learning Grid Infrastructure Progressing with a European Learning Grid, Stuttgart, Germany (2004)
15. Braeken, A., Sterckx, L., Touhafi, A., Verbelen, Y.: E-Learning Plataform with SPICE web service. World Academy of Science, Engineering and Technology, no. 65, pp. 454 – 458 (2012)
16. Jardim, C. H., Neto, R. B., Ribas, H. B., Munson, E. V., da Graca Pimentel M.: Web services enabling context-aware applications: lessons learned by integrating e-learning applications. In: International Conference on Next Generation Web Services Practices, (2005)
17. Rajam, S., Cortez, R., Vazhenin, A., Bhalla, S.: E-Learning Computational Cloud (eLC2): Web Services Platform to Enhance Task Collaboration. In: International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, vol. 3, pp. 350–355 (2010)
18. Moritoh, Y., Imai, Y.: A cloud approach on distributed multiple servers for distance learning. In: 2012 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), pp. 1–6 (2012)
19. López G., Peñalvo, F.: Repositorios de objetos de aprendizaje: bibliotecas para compartir y reutilizar recursos en los entornos e-learning. Biblioteca Universitaria, vol. 9, no. 2, (2011)
20. López, M.G., Hernández, Y., Beleño, C., Pernalete, D., Miguel, V., Montaño, N.: Un Repositorio basado en Servicios Web para el Sistema Generador de Ambientes de Aprendizaje AMBAR. In: V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables, Salamanca, España, vol. 20 (2006)
21. Montilva, J., Rojas, C. M., Orjuela, D. A.: RDOA-WS: repositorio distribuido de objetos de aprendizaje soportado con servicios web. Avances en Sistemas e Informática, vol. 8, pp. 183–189 (2011)
22. Atif, Y.: Learning services provisioning using semantic web technologies. In: Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent Semantic Web-Services and Applications, pp. 24:1–24:5, New York, NY, USA (2010)
23. Hogeboom, M., Lin, F., Esmahi, L., Yang, C.: Constructing knowledge bases for e-learning using Protege 2000 and Web services. In: 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, vol. 1, pp. 215–220 (2005)
24. Hartonas, C., Gana, E.: Learning Objects and Learning Services in the Semantic Web. In: Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 584–586 (2008)

Plataforma Virtual para la Captura y Evaluación de Propuestas de Control de Tráfico Vehicular

Emmanuel López-Neri[1], J. Octavio Gutierrez-Garcia[2], Isaías Sanchez-Hernandez[1] y Juan Sanchez-González[1]

[1] Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico, Universidad del Valle de México, Campus Guadalajara Sur, Periférico Sur 8100, Tlaquepaque, Jalisco, México
[2] Departamento Académico de Computación, Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), Río Hondo 1, Col. Progreso Tizapán, México, D.F., México
emmanuel.lopezne@uvmnet.edu, octavio.gutierrez@itam.mx, isaias.sanchezh@uvmnet.edu, juan.sanchezg@cidetec-uvm.com
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. Los mecanismos de participación ciudadana favorecen la aprobación de políticas públicas, particularmente, la aceptación de políticas de movilidad urbana. Además, vía participación activa, la ciudadanía podría proponer ideas innovadoras para definir estrategias de control de tráfico urbano. Al mismo tiempo, involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones, garantiza que tanto las políticas públicas de movilidad, como las estrategias de control de tráfico urbano, atiendan a las necesidades de la ciudadanía. Por tanto, en este trabajo se presenta una plataforma para proveer a la ciudadanía de herramientas para proponer políticas de movilidad pública y estrategias de control urbano, así como para validar propuestas del gobierno en cuestiones de movilidad urbana.

Palabras clave: participación ciudadana, políticas de movilidad, plataforma virtual, estrategias de control de tráfico urbano, conocimiento ciudadano.

1 Introducción

El congestionamiento vehicular afecta negativamente, en el ámbito social, económico y de salud, a los habitantes de las grandes urbes. El congestionamiento vehicular es causante de problemas de estrés, sordera y trastornos patológicos como la indiferencia y perturbación del sueño [2]. Además, el congestionamiento vehicular incrementa hasta en un 28% la severidad de los accidentes vehiculares [1] y la contaminación ambiental.

Para disminuir las consecuencias del congestionamiento vehicular se han desarrollado estrategias y herramientas desde varios enfoques. Algunas propuestas plantean la creación de nueva infraestructura vial. Sin embargo, construir y/o mejorar la infraestructura vial, generalmente requiere de una gran inversión. Aunado a esto, en algunos casos, la nueva infraestructura vial ha resultado ser ineficiente e innecesaria, pues no garantiza un mejoramiento en el flujo vehicular, llegando inclusive a ser contraproducente [3].

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 129-136

Otras estrategias buscan la aplicación de políticas o reglas sobre el uso de los automóviles tales como:

- Cobro de cuota por transitar en ciertas calles a través de casetas de peaje [4].
- Asignación de carriles especiales para quienes comparten vehículos (también conocido por su término en inglés *CarPooling* [5]), con el fin de incentivar una alta ocupación de los vehículos y así reducir el flujo vehicular.
- Implementación de sistemas inteligentes de tráfico (SIT) utilizando inteligencia artificial y comunicaciones inalámbricas. En los SIT, dispositivos inteligentes (ejemplo: carros y semáforos inteligentes) colaboran entre sí, para tomar decisiones que permitan disminuir el tiempo de espera de los vehículos en las intersecciones. Los SIT usualmente se basan en información provista por sensores, como cámaras digitales y detectores de proximidad [6] [7].

En algunos casos, las propuestas de control de tráfico urbano ([3] [4]) carecen de un respaldo científico o tecnológico que permita validar y asegurar su éxito a mediano o largo plazo. Además, en numerosas ocasiones, la ciudadanía (a quien afectará de forma directa la implementación de dichas propuestas) no es tomada en cuenta, incrementando la factibilidad de incumplir los objetivos planteados [8].

Con el fin de transparentar la toma de decisiones en los procesos de generación de propuestas para el mejoramiento y optimización de los sistemas de tráfico urbano (STU), algunos gobiernos han tratado de involucrar a los ciudadanos por medio del levantamiento de encuestas y consultas ciudadanas. Sin embargo, estas actividades están limitadas por los recursos económicos de las autoridades que las practican, pues requieren de una logística compleja y costosa. Dicha complejidad pudiera provocar una incorrecta estructuración de las encuestas, causando el desinterés del ciudadano a participar en actividades similares o que la información no sea fiable [9].

El vertiginoso desarrollo de la tecnología, con el acceso a tecnologías que se conectan a Internet como los teléfonos inteligentes (con GPS, video, acelerómetro) y las redes sociales, ha permitido recabar información de los usuarios de forma más ágil y menos costosa para generar conocimiento y posteriormente usarlo en la toma de decisiones. Esta práctica se conoce con el nombre de colaboración en masa por Internet o por su término en inglés *Crowdsourcing* [10] [11] [12]. El uso particular de estas aplicaciones y el uso de redes sociales, permite la captura de información estática y algunas características dinámicas como la ocurrencia de accidentes, estado del tráfico (desde una descripción muy cualitativa) y el estado de otros usuarios en la carretera. Sin embargo, en la literatura relativa al tráfico urbano, no se ha encontrado una plataforma que permita capturar, almacenar y realizar propuestas de vialidad. Es más, las propuestas podrían ser compartidas con el fin de obtener una retroalimentación de la opinión de otros ciudadanos. Sobre todo, se requiere de una plataforma que permita explicar el comportamiento vial de forma clara y concisa al usuario.

En este artículo se presenta el diseño e implementación de una plataforma para involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones en políticas de movilidad urbana. Además, la plataforma permite al ciudadano comprender el comportamiento vial a partir de estrategias básicas de control, ayudando así, al buen entendimiento y éxito de las estrategias implementadas.

2 Modelo de colaboración ciudadana para optimización del tráfico urbano

Involucrar al ciudadano en la evaluación de políticas de gobierno, en particular en el tema de movilidad vial, es un reto. Quizás, solo equiparable al reto de crear conciencia en el ciudadano acerca de la importancia de su participación en la toma de decisiones. En la actualidad el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones permite desarrollar sistemas suficientemente robustos, con interfaces de usuario intuitivas de fácil uso. La plataforma propuesta en este artículo, permite al usuario, a través de una aplicación web (servicio web de captura de objetos de información dinámica y estática, ver Figura 1), seleccionar un área de interés (cuadrante o mapa) y realizar las siguientes acciones:

1) Agregar objetos de información dinámica y estática,
2) Seleccionar objetos existentes, y
3) Solicitar una simulación con los objetos seleccionados para evaluar el comportamiento de la vialidad con los objetos seleccionados o la estrategia de control propuesta.

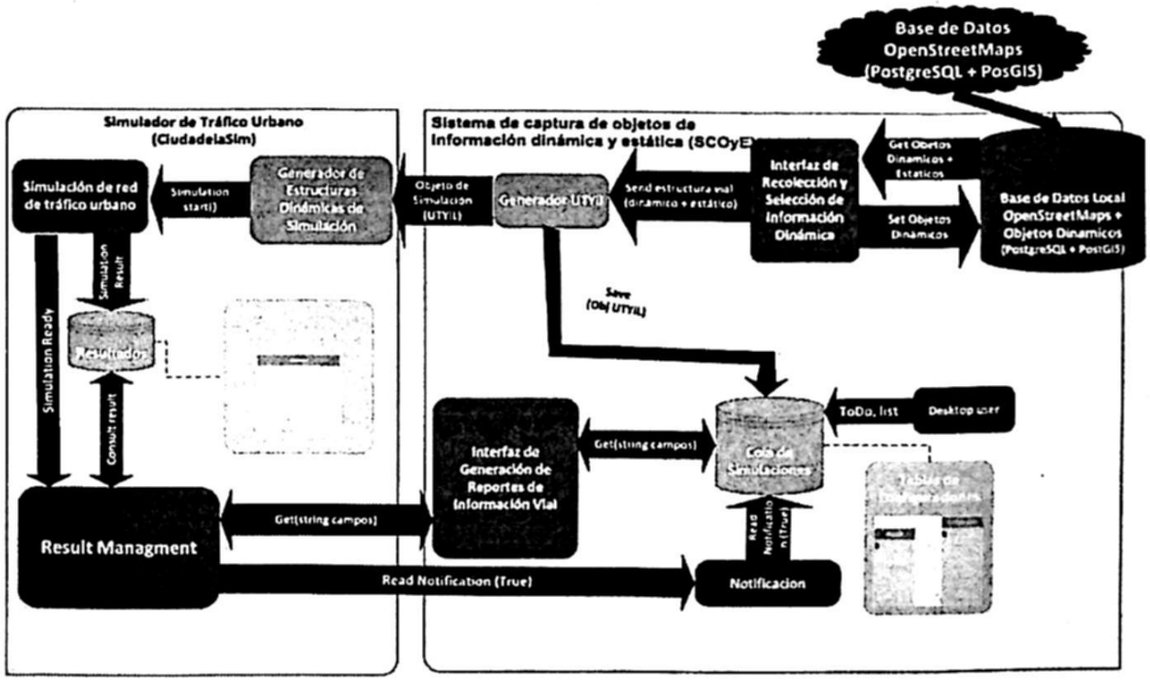

Figura 1. Arquitectura de la plataforma virtual para la captura y evaluación de propuestas de control de tráfico urbano

La plataforma es capaz de graficar los vehículos en el mapa y de proveer reportes del flujo vehicular presentando los resultados en gráficas.

La selección de objetos y los resultados pueden ser compartidos vía *Twitter* o *Facebook*, de forma que otros usuarios puedan votar por las estrategias propuestas. El usuario que somete a evaluación alguna estrategia de control, pudiera ser alguna

entidad de gobierno o de transporte, que busque evaluar el impacto de alguna propuesta por los ciudadanos. Los ciudadanos podrán acceder a la propuesta y, además de poder votar y dar su opinión, podrán observar el comportamiento futuro de la red con la propuesta y sin la propuesta.

Para que este sistema otorgara la funcionalidad descrita, se integraron dos aplicaciones: el sistema de captura de objetos de información estáticos (señalamientos) y dinámicos (semáforos, VMS) y el simulador microscópico de tráfico urbano orientado a eventos, *ciudadelaSIM* [13].

2.1 El sistema de captura de objetos de información dinámica y estática (SCOyE)

El SCOyE es la interfaz que permite al usuario ingresar nuevos objetos de información dinámica o estática y solicitar la evaluación de la propuesta (simulación). En este artículo, el STU se define como un conjunto de segmentos conectados entre sí que contienen objetos de información dinámica y estática para los conductores de los vehículos. En la Figura 2 se muestran los dos tipos de objetos: estáticos y dinámicos. Los objetos de información estática son aquellos en los que la información que muestran no cambia en el tiempo. Los objetos dinámicos son aquellos en los que la información cambia en algún instante en el tiempo.

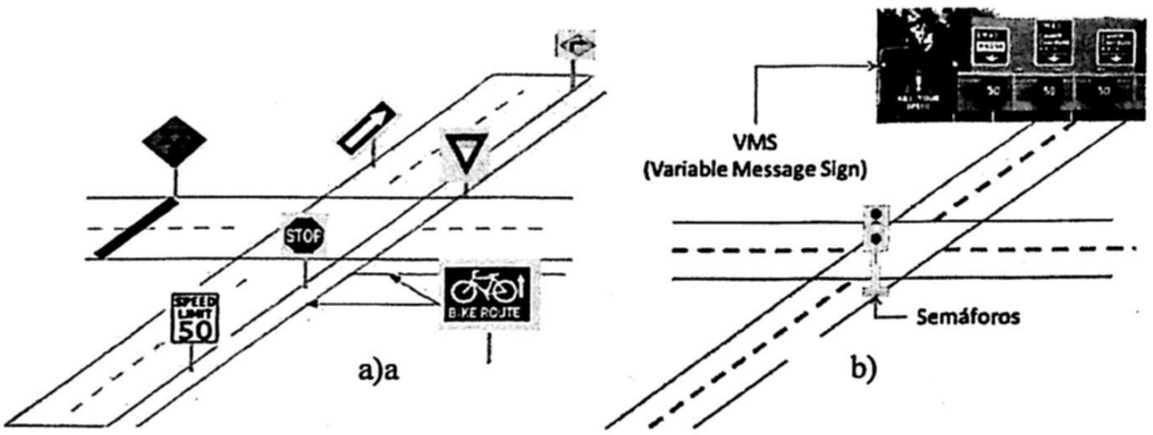

Figura 2. Ejemplo de algunos objetos de información desde el punto de vista del conductor de un vehículo **a)** Estáticos **b)** Dinámicos

El SCOyE utiliza OpenStreetMap [14] como fuente de estructuras viales. Una estructura vial está compuesta de todos los segmentos que componen el cuadrante seleccionado en el mapa y sus intersecciones.

Cuando el usuario ingresa, el sistema le permite navegar en una versión local de *OpenstreetMaps*, de forma que pueda seleccionar un cuadrante de trabajo. Posteriormente, el usuario puede agregar objetos dinámicos, como semáforos y aforos a la red y así configurar el valor en el tiempo de dichos objetos. En la Figura 3a, se muestra la pantalla para agregar un objeto semáforo. Para configurar el semáforo, el sistema solicita los tiempos de las distintas configuraciones de luces para el transcurso del día (24 horas). En la Figura 3b, se muestra un ejemplo de inserción de un objeto

tipo aforo, de forma que el usuario pueda agregar un comportamiento similar a la salida de un centro comercial, y evaluar así, el impacto en la vialidad de la zona.

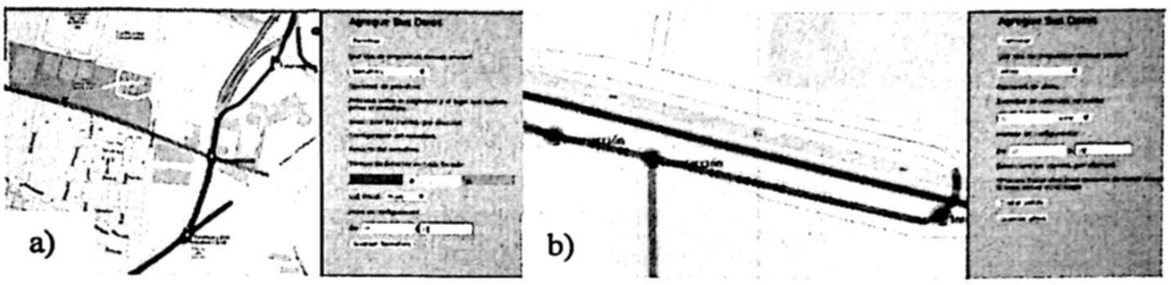

Figura 3. Interfaz del SCOyE para ingresar los valores en el tiempo de un objeto dinámico de tipo **a)** semáforo **b)** aforo

```
<UTYiL>
- <network timeIntervals="seconds" AgentUnits="veh" SegmentUnits="mts" PointsUnits="grades">
  - <segments>
    - <segment id="s1" lenght="30" type="segment">
      - <objects>
        - <object id="flow1" type="aforo" pos="15.0" attr="19.0">
          - <configurations>
            - <configuration id="cfg1" init="0" end="0" attr="">
                <state attr1="300" attr2="0" attr3="36000" />
                <state attr1="20" attr2="36010" attr3="54000" />
                <state attr1="80" attr2="54001" attr3="86983" />
        - <object id="dir1" type="direction" pos="15.0" lat="40" long="50">
          - <configurations>
              <configuration id="cfg1" init="0" end="36000" attr="11" />
      - <points>
          <p lat="30" lon="30" />
          <p lat="30" lon="40" />
          <p lat="30" lon="50" />
      - <connections>
          <c type="NC" to="S2" />
          <c type="NS" to="11" />
```

Figura 4. Descripción de una red vial usando el formato UTYiL.

Los objetos son almacenados en una base de datos local en la que se almacenan las propuestas viales, en particular la base de datos almacena objetos geo referenciados o GIS (PostgreSql + PostGis), por lo que se requiere hacer una traducción de la base de datos relacional al formato UTYiL [15]. El formato UTYiL [15] fue propuesto por López-Neri para la descripción de redes de tráfico capaces de ser interpretadas por simuladores de tráfico urbano orientados a eventos, ejemplo: *ciudadelaSim*. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de una red vial descrita con este formato.

También se diseñó un algoritmo capaz de traducir formatos GIS a formatos UTYiL. La conversión de un objeto GIS formado por líneas y puntos consiste en convertir todos los nodos (GIS) a intersecciones (de UTYiL) y en convertir todas las líneas (GIS) en segmentos (de UTYiL). Además, todos los carriles son convertidos a

segmentos, construyendo así la red en UTYiL. Aunado a esto, si existen objetos de información dinámica o estática, se genera su código XML correspondiente

2.2. CiudadelaSim: Simulador microscópico orientado a eventos

El formato XML UTYil se envía al simulador, y éste genera las estructuras de datos internas requeridas para generar la simulación. *CiudadelaSIM* ejecuta la simulación generando eventos que representan el comportamiento de los vehículos en la red. El resultado de la simulación está estructurada como sigue (ver Tabla 1): objectID (identificador del objeto), evTIme (hora del evento), segment (segmento que se realizó el evento), evPos (posición en el segmento del evento), evType (tipo de evento). Los eventos posibles son: 1=SE (stop Event),2=CE (Cross Event), 3 = LCE (Light Change Event), 5 = CLE (Change Lane Event), 6 = CLEE (Change Lane End Event), 7 = ALE (Arrival Link Event), 8 = LLE (Leave Link Event), 9 = BE (Begin Event), 10 = AE (Arrival Event), 11 = WSE (Warning Event for stop), 12 = WBE (warning Event for start).

Tabla 1. Eventos generados durante una simulación

Identificador del Objeto / Agente	Tiempo del Evento	Segmento	Posición del Evento	Tipo de Evento
s3	1	22	132	3
s3	1	22	132	3
s3	1	22	132	3
s3	1	22	132	3
s3	1	22	132	3

Estos resultados son almacenados en una base de datos del simulador que posteriormente es interpretada por el SCOyE. Posteriormente, el usuario puede acceder a la interfaz de visualización de tráfico o a la interfaz de reportes en el SCOyE y realizar consultas sobre el estado del flujo o congestionamiento en las calles. La interfaz de visualización de tráfico (ver Figura 5) permite visualizar el avance de los vehículos en la red y de forma visual observar congestionamientos o embotellamientos en la red. La interfaz de reportes permite obtener gráficas de densidad y de flujo en las calles seleccionadas, teniendo resultados de estos indicadores en el tiempo. En la Figura 5b se puede observar el comportamiento de dos estrategias de control para una misma calle, tanto para flujo como para densidad.

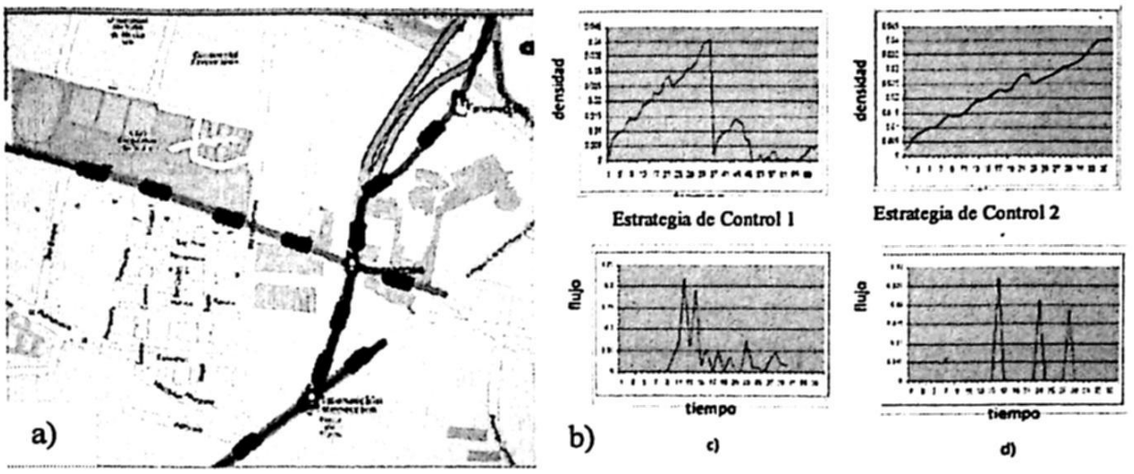

Figura 5. Resultados de simulación mostrados en **a)** la interfaz visual de tráfico **b)** la interfaz de reportes viales por calles.

3 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo se presenta el diseño e implementación de una plataforma para involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones en políticas de movilidad urbana. La plataforma virtual provee los medios para capturar y evaluar propuestas de control de tráfico vehicular. Además, la plataforma permite al ciudadano comprender el comportamiento vial a partir de estrategias básicas de control. A través de la plataforma, la ciudadanía puede evaluar propuestas de control de tráfico vehicular realizadas por el gobierno, e inclusive proponer estrategias y ver sus resultados en tiempo real. Por último, los resultados obtenidos de las estrategias de control de tráfico vehicular (por ejemplo, gráficas e imágenes de congestionamientos) pueden ser compartidos en las redes sociales.

Como trabajo futuro se desarrollará una aplicación móvil que permita al usuario ingresar objetos de información dinámica en las estructuras viales, así como solicitar su correspondiente simulación. Además, se diseñará un algoritmo para encontrar rutas óptimas a partir de los resultados de simulación, de forma que la plataforma también provea de aplicaciones de uso inmediato para el ciudadano.

Agradecimientos. El segundo autor, J. Octavio Gutierrez-Garcia, agradece el apoyo de la Asociación Mexicana de Cultura A. C.

Referencias

1. Peralta J.A.: El ruido en la ciudad de México. Revista Ciencias de la UNAM 50, 60-66 (1998)
2. Golob T.F., Recker W.W.: Relationships Among Urban Freeway Accidents, Traffic Flow, Weather and Lighting Conditions, California Path Program. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, (2001)
3. Hagstrom J.N., Abrams R.A.: Characterizing Braess's paradox for traffic networks. En: Intelligent Transportation Systems, pp. 836-841, IEEE Press (2001)
4. Stanley J.K., Hensher, D.A.: Environmental and social taxes: reforming road pricing in Australia. Road and Transport Research 20(4), 71-83 (2011)
5. Ungemah, D., Gooding, G., Dusza C., Burris, M.: Examining incentives and preferential treatment of carpools on managed lane facilities. Journal of Public Transportation 10(4), 151-170 (2007)
6. Gershenson, C., Seung-Bae C., D'Hooghe B.: Self-organizing Traffic Lights: A realistic simulation. En: M. Prokopenko (ed.), Advances in Applied Self-organizing Systems, Advanced Information and Knowledge Processing, vol. 16, pp. 41-50, Springer London (2008)
7. Wang, P., Hunter, T., Bayen, A.M., Schechtner K., Gonzalez, M.C.: Understanding Road Usage Patterns in Urban Areas. Scientific Reports, vol. 2, artículo número 1001 (2012)
8. Knofacher H.: Success and failures in urban transport planning in Europe - understanding the transport system. Sadhana, 32(4), 293-307 (2007)
9. Kanhere S.S.: Participatory Sensing: Crowdsourcing Data from Mobile Smartphones in Urban Spaces. En: C. Hota y P.K. Srimani (eds.), Distributed Computing and Internet Technology, LNCS vol. 7753, pp. 19-26. Springer, Heidelberg (2013)
10. Kamel Boulos, M.N., Resch, B., Crowley, D.N., Bresling, J.G., Sohn, G., Burtner, R., Pike, W.A., Jezienski E., Slayer Chuang, K.-Y.: Crowdsourcing, citizen sensing and sensor web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: Treds, OGC standards and application examples. International Journal of Health Geographics, 10(1) 67 (2011).
11. Sui, D.Z., Elwood, S., Goodchild, M.: Crowdsourcing geographic knowledge, Springer (2013)
12. Schall, D.: Service-Oriented Crowdsourcing, Springer (2012)
13. Lopez-Neri, E., Ramírez-Treviño A., López-Mellado, E.: A modelling framework for urban traffic systems microscopic simulation. Simulation Modelling Practice and Theory 18(8), 1145-1161 (2010)
14. OpenStreetMap, [En línea]. Disponible en: http://www.openstreetmap.org/.
15. Lopez-Neri, E., López-Mellado, E., Ramírez-Treviño A.: Un lenguaje para la descripcion de la informacion Geografica de sistemas de Trafico Urbano. En: V Semana Nacional de Ingenieria Electronica, Aguscalientes, Ags., México (2008)

Directorio geográfico de la Universidad Veracruzana aplicado a la ubicación y transporte colectivo

Carlos Alberto Ochoa Rivera[1], Gerardo Contreras Vega[1], Joel Humberto Gómez Paredes[1].

[1] Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa s/n esquina con Ávila Camacho, Xalapa, Ver., 91000. México

{Carlos Alberto Ochoa Rivera, cochoa, Gerardo Contreras Vega, gcontreras}@uv.mx
{Joel Humberto Gómez Paredes, elmaildeldezkareid}@gmail.com
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. Localizar un sitio de interés con el paso del tiempo se ha vuelto más simple, gracias a servicios de mapas como Google Maps u OpenStreetMap. Estos servicios de mapas proporcionan la posibilidad de ser usados en el desarrollo de sistemas o aplicaciones que ayuden a resolver una problemática específica o brindar algún servicio. En la ciudad de Xalapa debido a la distribución geográfica de las dependencias de la Universidad Veracruzana (UV), en algunos casos puede ser complicado para la comunidad universitaria el ubicar y transportarse a estas, sobre todo para los estudiantes foráneos que no conocen la ciudad y por ello les puede ser difícil ubicarse. Ante esta problemática, se decidió realizar un directorio que permitiera concentrar la información geográfica de las dependencias de la UV, y las rutas del transporte colectivo de Xalapa para brindar al estudiante una herramienta con la cual pudiera localizar una dependencia de manera fácil, y consultar como puede llegar a esta usando el autobús.

Palabras clave: Directorio geográfico, transporte colectivo, Servidores de mapas, Google Maps.

1 Introducción

La localización siempre ha sido de interés para las personas, con el paso del tiempo se han utilizado distintas técnicas para representarla, desde el uso de mapas de papel hasta el uso de servicios de mapas digitales. En la actualidad existen servicios de mapas como Google Maps u OpenStreetMap que ofrecen a los usuarios una forma de obtener información geográfica como la ubicación. Estos servicios caen dentro la categoría de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Un SIG es un sistema que integra tecnología, informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos geo-referenciados [1]. Estas herramientas hoy en día están disponibles a través de la web, a estos se les denomina SIG web. Los SIG web como Google Maps [2], Bing Maps u OpenStreetMaps, ofrecen la posibilidad de ser usados para el desarrollo de sistemas o aplicaciones para resolver una problemática específica o brindar un servicio. Algunos ejemplos de estos son: foursquare, una aplicación que permite compartir y guardar los lugares que se

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)

visitan [14] o PlazaScience, un mapa de las instituciones científicas construido por estudiantes, profesores, investigadores y ciudadanos interesados en las actividades científicas [15].

Debido a la distribución de las dependencias de la Universidad en toda la ciudad de Xalapa, la tarea de ubicar y transportarse a estas suele ser un proceso que conlleva una inversión de tiempo considerable, en especial para estudiantes foráneos ya que no conocen la ciudad (muchos estudiantes no son originarios de Xalapa) e inclusive las personas que viven en la ciudad no conocen la ubicación de ciertas dependencias, ya sea porque son nuevas o porque nunca se ha oído hablar de ellas. El problema de la ubicación de las dependencias ha sido mitigado gracias herramientas como Google Maps, pero no ha sido resuelto ya que no todas las dependencias de la UV están registradas en su base de datos. Otro problema es el transporte, en Xalapa el transporte más utilizado es el autobús, pero actualmente no se cuenta con una herramienta que indique que autobús se debe abordar para llegar de un lugar a otro, y la única forma de obtener esa información es preguntando a las personas de la ciudad (lo cual no es un método infalible, ya que puede que no se conozca el lugar o una ruta que pase por ahí). Ante esto se decidió realizar un directorio geográfico que muestre a la comunidad universitaria la localización de las dependencias de la UV en Xalapa y que autobús se debe abordar para llegar a ellas.

2 Estado del arte

Los SIG se utilizan para el análisis, planificación y gestión de datos geográficos, con la finalidad de resolver una problemática o necesidad específica. Los SIG pueden utilizarse en cualquier área que maneje información geográfica. En México el ITM hace uso del Sistema de Información Geoespacial para el Transporte (SIGET) con el objetivo de "diseñar, estructurar e implementar un sistema informático eficiente, versátil y sencillo para el registro, análisis y representación de la información geográfica y estadística asociada al sistema de transporte mexicano".

El gobierno de la ciudad de Mérida cuenta con su propio SIG que permite conocer el territorio y la ubicación de los diferentes elementos geográficos de la ciudad, además de proporcionar información sobre el equipamiento urbano y rural de algún sitio e información estadística de las diferentes situaciones socio-económicas que se viven en el municipio de Mérida.

Los SIG aplicados a la gestión de los medios de transporte y proveer información de estos a la comunidad no es algo nuevo. En México, una empresa llamada Rutero Online ofrece un servicio que brinda información de interés sobre rutas de autobuses de la ciudad de Querétaro como los recorridos, puntos de abordaje y bajada [12].

En la ciudad Monterrey también existe una herramienta similar llamada Mapa de Rutas de Transporte Público Zona Metropolitana [13] que brinda el gobierno de estado de Nuevo León, aunque no muestra puntos de abordaje.

El portal de la UV, haciendo uso de la tecnología Google Maps en la página de cada dependencia existe una sección llamada "como-llegar". Esta funciona hace uso de la geo-localización para ubicar al usuario usando sus coordenadas geográficas, y a partir de estas trazar la ruta hacia la dependencia caminando o en

automóvil según la decisión del usuario. El directorio geográfico busca complementar al portal de la UV, concentrando la información geográfica y de transporte (transporte colectivo) en un solo sitio para acceder a ella de una manera fácil y rápida, aportando información a la comunidad acerca de la dependencia y del autobús que se debe abordar.

3 Metodología

Se llevó a cabo un análisis para definir los requerimientos, esto con el propósito de determinar las funciones que debía cumplir el directorio geográfico. El directorio geográfico es un SIG y está dividido en 3 sistemas: datos, visualización y creación cartográfica, y análisis. Al analizar los sistemas que componen al SIG, se investigó que tecnologías eran necesarias para desarrollarlos. En el sistema de datos se manejan datos geográficos, así que para poder administrarlos y almacenarlos se estudiaron las bases de datos geo-espaciales, que son las que tienen soporte para tipos de datos geográficos (Puntos, polígonos, líneas). Al terminar el sistema de datos, se trabajó en el sistema de visualización y creación, como este trabajo está enfocado a la web, es necesario un servidor de mapas para poder acceder a mapas digitales a través de la red, se puede elegir entre montar un servidor propio o usar uno externos como Google Maps u OpenStreetMap, cual usar dependerá de la naturaleza del problema a resolver y el presupuesto con el que se cuente. Después se hizo la selección de las tecnologías que se usarían para el desarrollo del trabajo. Finalmente, se implementaron algoritmos que se utilizarían para dotar de funcionalidad al directorio. Los algoritmos desarrollados hacen uso de información geográfica como las coordenadas, esta información se utilizó para medir la distancia entre 2 puntos. Este cálculo se usó para saber si el origen y el destino del usuario se encontraban en un área de 300 metros, de ser así no es necesario solicitar el servicio para listar autobuses. Este también usa el algoritmo para medir distancias con la finalidad de determinar la parada de ascenso más cercana al origen, y la parada de descenso más cercana al destino.

3.1 Requerimientos

"Los requerimientos para un sistema son la descripción de los servicios proporcionados por el sistema y sus restricciones operativas." [11].

Las categorías para los requerimientos de software pueden dividirse en 2 principales: requerimientos funcionales y requerimientos no funcionales.

Requerimientos funcionales y no funcionales del directorio:

- Funcionales:
    - El usuario debe poder elegir como punto de origen entre una dependencia con coordenadas fijas o hacer uso de geo-localización, y como punto destino una dependencia con coordenadas fijas.
    - En base al punto de origen y destino, le regresará al usuario una lista con los distintos autobuses que pasan por dichos puntos ordenados según la hora en que llegará al destino.

- El usuario al elegir un autobús debe poder visualizar la parada donde tomará el autobús y la parada donde se bajará para llegar a su destino.

- No funcionales:

  - Solo será accesible vía web
  - Se requiere del uso de un navegador web actualizado.

3.2 Servicios de mapas

Compañías como Google y Microsoft ponen a disposición del público sus servicio de mapas, en el caso de los usuarios a través de sus aplicaciones oficiales, y en el caso de los desarrolladores mediante una API propietaria que les permite acceder a los mapas y su manipulación para crear aplicaciones especializadas. Existen también proyectos como OpenStreetMap que es una iniciativa sin ánimo de lucro para crear un mapa libre y editable del mundo [8]. Este servicio no posee una API propia como Google, en vez de eso sus mapas dan acceso a bibliotecas Javascript que quieran hacer uso del servicio, algunos ejemplos de estas son Leaflet y OpenLayers.
Se probó OpenStreetMap usando Leaflet, y en el caso de Google Maps su propia API, ambas ofrecen funciones para: visualizar un mapa, herramientas de zoom, manejo de marcadores y medir la distancia entre 2 puntos. Estas funciones son necesarias para el desarrollo del proyecto, pero se eligió utilizar Google Maps por contar con la "street view", con esta el usuario puede tener una perspectiva a nivel de calle de donde se encuentra las paradas o la dependencia que busca en el directorio.

3.3 Tecnologías que implementa el directorio

3.3.1 MongoDB

MongoDB es un manejador orientado a documentos de código abierto y líder de las base de datos NoSQL (NotOnlySQL) [4]. "Las bases de datos relacionales nunca fueron diseñadas para hacer frente a los retos de escalabilidad y agilidad que enfrentan las aplicaciones modernas – y no están diseñadas para tomar ventaja del almacenamiento barato y poder de procesamiento que está disponible hoy a través de la nube" [5].

Tipos de bases de datos NoSQL:

- **Orientadas a documentos:** Asocia un valor llave con una estructura de datos compleja conocida como documento. Ejemplos: MongoDB y CouchDB.
- **Almacenamiento de grafos:** son usados para guardar información sobre redes, como conexiones sociales. Ejemplos: Neo4J e HyperGraphDB.

- **Almacenamiento llave-valor:** Cada elemento en la base de datos es guardado como un nombre de atributo y llave, juntos con su valor. Ejemplos: Riak and Voldemort.
- **Almacenamiento por columnas:** Están optimizadas para consultas de grandes conjuntos de datos, y almacenamiento en columnas de datos juntos, en lugar de filas. Ejemplos: Cassandra y Hbase.

Una de las razones fundamentales por las cuales se eligió el MongoDB es porque los modelos relacionales tienen un esquema muy rígido, y en este caso cada dependencia puede variar en ciertos aspectos, puede que no tenga los mismos atributos quizás una dependencia posea otro esquema de datos totalmente diferente a otra. En MongDB por ser orientado a documentos no maneja estructuras rígidas [3] sino colecciones de datos compuestas de documentos.

MongoDB ofrece mecanismos para manejar indices y consultas sobre información geo-espacial, trabajando con 2 tipos de superficies:

- Spherical (Esférica).
- Flat (Plana).

Al usar el tipo de superficie esférica los datos geográficos deben guardarse en formato GeoJSON. Este formato es usado para codificar estructuras geográficas. MongoDB a partir de su versión 2.4 soporta los siguientes objetos en GeoJSON:

- Point
- LineString
- Polygon

Al usar el tipo de superficie plana, la información geográfica se debe guardar en pares de coordenadas.

3.3.2 API de Google Maps

La API de Google Maps provee una manera de incorporar mapas de Google en un sitio web y la personalización de los estilos del mapa sino se desea usar los que trae por defecto. Esta tecnología es usada por los usuarios para encontrar lugares como: bancos, hoteles, restaurantes, hospitales, centros comerciales, centrales de autobuses, etc. Actualmente hay más de 150,000 sitios usando su API [7], lo que da una idea de su popularidad. Google Maps no es el único servicio de mapas en Internet, hay otros como: Yahoo! Maps, OpenStreetMaps o Bing Maps, pero Google Maps es el más popular no solo en la categoría de mapas sino en un contexto general de API's utilizadas para la creación de Mashups con un porcentaje de 18% según estadísticas del sitio web www.programmableweb.com en su sección de APIs a la fecha de 24 de julio de 2013.

3.3.3 Servicios web

Un servicio no tiene una definición como tal, pero esta organización habla de ellos como un conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la Web [6].

Para el desarrollo del directorio se decidió que se manejara únicamente HTML, CSS y Javascript en la interfaz, esto para no ligar el directorio a un lenguaje de programación específico. Con esto se provee flexibilidad ya que solo se necesitan escribir en un lenguaje de programación los servicios que procesen los datos que

envié el usuario y estos le regresen la información solicitada. Para la programación de los servicios se hizo uso de PHP ya que es un lenguaje de código abierto, es ejecutado en el servidor, es simple y cuenta con muchas funciones [9].

El directorio cuenta con los siguientes servicios:

- **Buscar dependencia:** Devuelve toda la información de una dependencia.
- **Listar Dependencias:** Devuelve todas las dependencias.
- **Listar Autobuses:** Lista de autobuses que llevan del origen al destino seleccionado.

Estos se consumen mediante AJAX (Asynchronous JavaScript and XML). AJAX es la técnica de intercambiar datos con un servidor y actualizar partes de una página web sin recargar la página entera [10].

3.4 Algoritmo para medir la distancia

Una forma de poder medir la distancia entre 2 coordenadas geográficas es haciendo uso de la biblioteca "geometry" de la API de Google Maps, pero esta solo se encuentra disponible del lado del cliente y no del lado del servidor, esto trae como consecuencia que se tenga que enviar toda la información de las paradas de autobuses al cliente haciendo un uso excesivo de la red. Se hizo uso de la biblioteca "geometry" solo para medir la distancia entre el origen y el destino, ya que si se encontraban a menos de 300 metros de distancia se decidió recomendar al usuario que era una mejor opción caminar. Para suplir a la biblioteca "geometry" para el cálculo de la distancia entre las paradas de autobús tanto para el como para el destino del usuario, se optó por implementar un algoritmo en el lado del servidor. El cálculo de la distancia entre 2 coordenadas geográficas no se puede resolver usando el Teorema de Pitágoras, ya que la Tierra no es un plano cartesiano sino un geoide. Para el cálculo de esta debe tomarse en cuenta el diámetro de la Tierra, y este se encuentra establecido según el sistema de proyecciones que se esté usando. Google Maps utiliza el sistema de proyección WGS84 el cual define que la Tierra tiene un diámetro de 6378.137 kilómetros. Una vez teniendo claro esto, se procedió a implementar la siguiente fórmula obtenida de http://www.mapanet.eu/Resources/Script-Distance.htm (Fórmula de Haversine que calcula la distancia entre 2 puntos sobre una esfera dada la latitud y longitud):

$$D = 6378.137 * ACos(\cos(Lat1) * \cos(Lat2) * \cos(Lon2 - Lon1) + \sin(Lat1) * \sin(Lat2)) \quad (1)$$

Este algoritmo permitió que se pudieran realizar otros algoritmos, como el que determina la parada más cercana al origen o destino de acuerdo a las coordenadas de la dependencia que elija el usuario.

4 Resultados

Al terminar el desarrollo el directorio geográfico se puede consultar en la dirección y a través de él se puede consultar información acerca de una dependencia de la UV en particular (Figura 1) y consultar que autobús debe tomar para llegar a su destino (Figura 2).

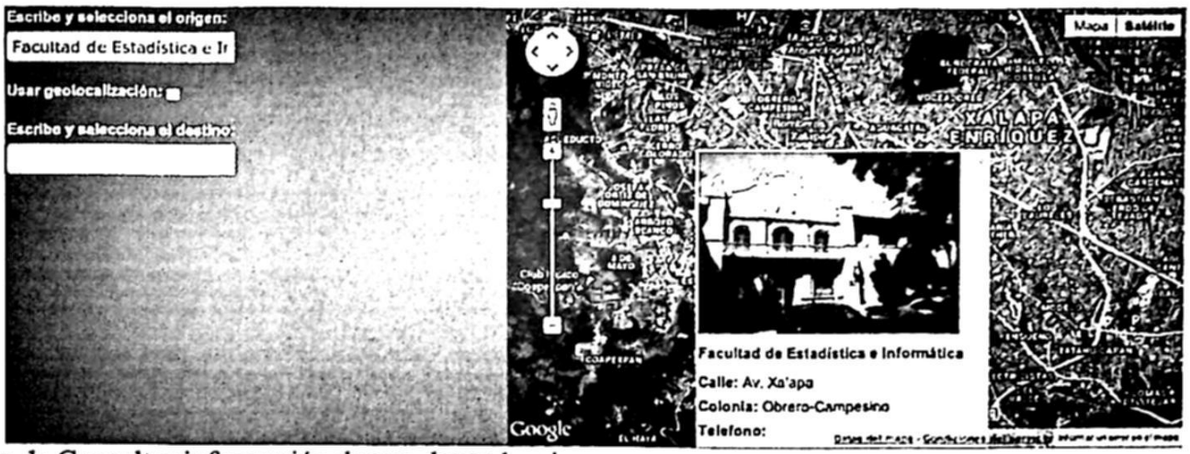

Fig. 1: Consultar información de una dependencia.

Fig. 2: Autobús que lleva al usuario a su destino.

5 Conclusiones y trabajos futuros

Este artículo muestra la problemática que busca solucionar el directorio geográfico elaborado para la Universidad Veracruzana en la ciudad de Xalapa y algunas herramientas disponibles en México en el ámbito de transporte público. Se muestran las tecnologías usadas en el desarrollo del directorio geográfico, a excepción de Google Maps, las tecnologías empleadas en el directorio son libres buscando promover el uso de las mismas.

Para futuras versiones se buscará incluir a las demás ciudades donde haya campus de la UV, además de incluir otros medios de transporte, en un principio se pensó en agregar tiempos de recorrido, hora de llegada a la parada de ascenso y descenso, los algoritmos fueron programados para procesar esa información pero debido a las reparaciones de las carreteras en diversos tramos de la ciudad no era factible el capturar y mostrar esa información, quizás cuando las reparaciones terminen pueda ser habilitada la sección encargada de mostrar la información.

Agradecimientos. Agradezco a la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana por el apoyo brindado para la elaboración de este artículo.

Referencias

1. Olaya Victor, (2011, 25 de noviembre). Sistemas de información geográfica (Versión 1.0).
2. Gavarró Rodríguez (2010, Septiembre), Albert. Programación SIG en entornos web.
3. CouchBase, (2011). Navigating the Transition From Relational to NoSQL Database Technology.
4. 10gen, Inc., (2013, 16 de mayo). MongoDB Documentation Release 2.4.3.
5. What is NoSQL?, 10gen, Inc., Recuperado el 1 de julio de 2012, de http://www.10gen.com/nosql
6. W3C. Guía Breve de Servicios Web. Recuperado 23 de marzo del 2013, de http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/ServiciosWeb.
7. The Google Maps Team. Google Maps API. Recuperado 20 de junio del 2013, de http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/maps.google.com/es//help/maps/casestudies/maps-api-web.pdf.
8. OpenStreeMap Foundation, Main Page. Recuperado el 20 de junio de 2013, de http://wiki.osmfoundation.org/wiki/Main_Page.
9. The PHP Group. ¿Qué es PHP?. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://php.net/manual/es/intro-whatis.php.
10. W3Schools. AJAX Tutorial. Recuperado el 24 de junio de 2013, de http://www.w3schools.com/ajax/.
11. Sommerville Ian (2005), Ingeniería de software (7ª edición).
12. Recuperado el 25 de junio de 2013, de http://www.ruteroonline.com/ruteros/qro/.
13. Recuperado el 25 de junio de 2013, de http://www.nl.gob.mx/?P=aet_mapa_rutas_interactivo.
14. Recuperado el 25 de junio de 2013, de https://es.foursquare.com/about/.
15. Recuperado el 25 de junio de 2013, de http://www.plazascience.org/page/info.

Arquitectura de componentes para la plataforma de sensado oportunista y participativo InCense

Roberto Martínez-Velázquez[1], Moisés Pérez[1], Marcela D. Rodríguez[2], Luis A. Castro[3], Jesus Favela[1]

[1] Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE, Ensenada, México
[2] Escuela de Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México
[3] Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, México
{rmartine, perezg}@cicese.edu.mx, marcerod@uabc.edu.mx, luis.castro@acm.org, jfavela@cicese.edu.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. El sensado con teléfonos móviles abrió la posibilidad de recolectar datos sobre las personas que se generan de manera cotidiana y durante el transcurso de sus actividades diarias, datos que difícilmente podrían ser recolectados de otra manera. Esto ha despertado el interés de la comunidad académica por el sensado con teléfonos móviles. En este documento se presenta la arquitectura extendida de InCense, una plataforma para el sensado oportunista y participativo con celulares. Las modificaciones hechas a la arquitectura permiten que investigadores con poca habilidad técnica en programación puedan aprovechar esta plataforma de sensado para el desarrollo de su trabajo de investigación.

Palabras clave: Sensado con teléfonos móviles, sensado oportunista, sensado participativo, InCense, android, diseño de componentes.

1 Introducción

En octubre de 2011 existían alrededor de 708 millones de usuarios de teléfonos inteligentes, un año después, la cifra rebasó los 1000 millones de usuarios en todo el mundo [1]. Claramente estos dispositivos lograron permear ampliamente en la sociedad.

De forma convencional un teléfono inteligente se utiliza como un dispositivo de comunicación, además de contar con aplicaciones que nos permiten revisar nuestra bandeja de correo electrónico, actualizar nuestras redes sociales entre otras muchas actividades relacionadas con la vida cotidiana. Sin embargo, los teléfonos inteligentes más nuevos cuentan también con sensores integrados, como acelerómetro, brújula digital, GPS y micrófono [2].

Es de suponerse que el objetivo original de incluir sensores en los teléfonos móviles no era otro que el de mejorar la experiencia de usuario. Por ejemplo, el acelerómetro se incluyó para re-orientar la pantalla del teléfono de acuerdo a la posición del mismo. Sin embargo, desde hace algunos años existe un creciente interés

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 145-152

por explorar la posibilidad de utilizar los teléfonos inteligentes como sensores inmersos en la sociedad. Esto es gracias a que los teléfonos inteligentes han aumentado sus capacidades de cómputo y sensado de manera considerable. Por supuesto que también ha influido el hecho de que estos dispositivos ganaron mucha popularidad entre usuarios de todos los estratos y edades. Todos estos factores en conjunto propiciaron la creación de un campo de investigación: sensado con teléfonos móviles. Se trata de un campo de investigación en ascenso que aprovecha la proliferación de los teléfonos inteligentes y los sensores integrados en ellos para capturar datos sobre los individuos (usuarios) y su contexto con el propósito de estudiarlos y entenderlos mejor.

Desde la perspectiva del nivel de participación del usuario en la recolección de datos, existen dos paradigmas de sensado: oportunista y participativo [2]. En el sensado participativo es el usuario quien decide qué datos recolectar y enviar de manera explícita, por ejemplo a través de cuestionarios en el mismo dispositivo. El sensado oportunista es cuando el usuario se convierte en un portador pasivo del dispositivo y este recolecta los datos de manera transparente para el usuario. Por ejemplo un podómetro que utiliza el acelerómetro para determinar los pasos que dio el usuario sin que este tenga que ingresar en el dispositivo información alguna.

La aplicación del sensado con teléfonos móviles es muy amplia, ya que puede contribuir lo mismo en la medicina que en las ciencias sociales o en la planeación urbana como en [3], [4] y [5]. También existen plataformas que aprovechan la conectividad del teléfono para obtener datos desde sensores externos que luego son transmitidos inalámbricamente al teléfono (convirtiendo al Bluetooth y/o Wi-Fi en un sensor más) [6] [7].

En este trabajo se presenta una extensión a la arquitectura de la plataforma de sensado con teléfonos móviles InCense [8]. Dichas modificaciones tienen el propósito de facilitar la adición de componentes que permitan extender las capacidades de la misma.

2 La plataforma de sensado InCense

InCense es una plataforma de recolección de datos para el estudio de poblaciones de usuarios de teléfonos móviles. El diseño de esta plataforma permite la adición de módulos de pre-procesamiento de los datos, mismos que deben ser diseñados e implementados por el investigador. InCense fue diseñado siguiendo estos cuatro principios:

1) Diseño centrado en el usuario. InCense se diseñó pensando en investigadores con un nivel bajo de habilidad técnica (en la programación o desarrollo con teléfonos inteligentes) y con orientación hacia la investigación [8][9].
2) Móvil. Porque desde su diseño se concibió para que se ejecutara en un teléfono inteligente [8].
3) Flexible. El sistema soporta la participación de cualquier cantidad de dispositivos en una campaña de sensado, además de ser escalable en lo que respecta a la adición de componentes generados por el usuario [8][9].

4) Eventos programables. Posee la capacidad de iniciar campañas de sensado una vez que se cumplen condiciones preestablecidas, por ejemplo la cercanía con otro individuo [8][9].

Una campaña de sensado en InCense está representada por una sesión, misma que se construye principalmente por cinco elementos (tabla 1), que a continuación se describen.

Sensor. Este elemento representa un origen de datos crudos, recolectados desde algunos de los sensores integrados al teléfono. Entre estos sensores se encuentran el acelerómetro, micrófono, Bluetooth, GPS y Wi-Fi.

Disparador de evento (*Trigger*). Este objeto permite iniciar eventos de sensado dadas ciertas condiciones establecidas en el mismo. Incluso es posible iniciar campañas de sensado secundarias. Por ejemplo, cuando el usuario del teléfono comienza una actividad como caminar, puede iniciarse la captura de datos. De la misma manera cuando finalice la actividad, es posible comenzar un cuestionario.

Cuestionario. Se trata de una lista de preguntas de opción múltiple o de preguntas abiertas que el usuario contesta en el mismo dispositivo.

Componente. Este es probablemente el elemento más sofisticado en la arquitectura de InCense. Un Componente recibe los datos en crudo (directo de los sensores) o desde otros componentes para realizar un procesamiento de estos y enviarlos al siguiente elemento que puede ser un componente, un disparador o un elemento de almacenamiento. Otra característica muy importante de los componentes es que se diseñaron con el propósito de que el investigador pueda crear sus propios componentes de acuerdo a las necesidades de sus campañas de sensado.

Almacenamiento (*sink*). Este elemento es responsable de almacenar en la tarjeta de memoria del teléfono los datos recolectados durante la sesión.

Tabla 1. Elementos que conforman una sesión en InCense.

Figura	*Nombre*
	Sensor
	Disparador de evento (*Trigger*)
	Cuestionario
	Componente
	Almacenamiento (*sink*)

Con los elementos mencionados, un investigador puede construir cualquier campaña de sensado de acuerdo a las capacidades del dispositivo móvil. Sin embargo es necesario entender la manera en que se relacionan todos estos elementos. A continuación se presenta una ontología diseñada para este propósito y que además habilita al investigador para extender las capacidades de InCense.

2 Caso de estudio: Estimación de actividad física

Existe un amplio interés académico por estimar el nivel de actividad de un individuo. De acuerdo a [10], la falta de actividad física está asociada con riesgos de salud como hipertensión y diabetes tipo 2, por lo que se requieren métodos no intrusivos, válidos y precisos para entender cómo la intensidad, frecuencia y duración de la actividad física influye en la salud. Suponga que un investigador del área médica desea recolectar datos sobre el nivel de actividad de un grupo de pacientes en riesgo de contraer diabetes.

Una forma de estimar el nivel de actividad física de un individuo es mediante el "Equivalente Metabólico de Tarea" (MET) [10][11][12]. Si se utilizan *activity counts* (AC), de acuerdo a [13, 14] la mejor técnica es *Proportional Integral Mode* (PIM). Para calcular el nivel de actividad física en METs es necesario sumar las lecturas obtenidas desde el acelerómetro (los valores deben estar en G y no en $\frac{m}{s^2}$), cada minuto se evalúa el rango en que se encuentra el acumulado de las lecturas: 1-3 es una actividad ligera, 3-6 significa actividad moderada y sobre 6 es una actividad vigorosa. A continuación se muestra la implementación del algoritmo para calcular el valor en METs del nivel de actividad de un individuo a partir de una serie de lecturas almacenadas en un vector. InCense está escrito en android por lo que se asume que los valores se encuentran expresados en metros sobre segundo al cuadrado ($\frac{m}{s^2}$) y se hace una conversión.

```
private Data processData(Data data){
 VMagData vMagData = (VMagData) data;
 double[][] vMag = vMagData.getVmag();
 int windowSize = 45 * 60;
 double acumulador = 0.0;
 String[][] activityLevel=new String[vMag.length()][2];
 int i = 0;
 for (i = 0; i < vMag.length(); i++){
  acumulador += vMag[i][1] / 9.8;
  if (i % windowSize == 0){
   activityLevel[i][0] = Double.tostring(vMag[i][0]);
   if (acumulador > scale[1]){
        activityLevel[i][1] = "Vigorosa";
   } else if (acumulador > scale[0]){
        activityLevel[i][1] = "Moderada";
   } else{
        activityLevel[i][1] = "Ligera";
```

```
    }
    acumulador = 0.0;
   }
 }
 METData newData = new METData (activityLevel);
   return newData;
}
```

Hasta este punto el investigador tiene el diseño de un componente con el que extenderá las capacidades de InCense. Incluso conoce el algoritmo para realizar el cálculo. Su reto ahora es integrar este algoritmo como un componente de InCense para que pueda ser utilizado en una campaña de sensado. En las siguientes secciones se presenta una arquitectura de InCense extendida, con el objetivo de facilitar la adición de componentes a la plataforma.

3 OntoInCense

El mayor reto con el que un investigador se enfrentaría al utilizar InCense, es entender su arquitectura y estudiar el código fuente. Ambas actividades necesarias si desea extender las capacidades de la plataforma al crear sus propios componentes. Es por ello que en [9] se diseñó una ontología para conceptualizar el dominio de conocimiento de InCense, reduciendo a la vez la intervención del usuario al crear componentes. Una ontología es la representación de conocimiento sobre un dominio mediante los conceptos y relaciones que lo conceptualizan. Esta conceptualización es una visión abstracta y simplificada del dominio que se desea representar y [15].

La ontología desarrollada lleva por nombre OntoInCense. La Figura 1 es la representación gráfica de OntoInCense, en ella se aprecian los objetos que forman el dominio de conocimiento de un proyecto de sensado y la relación entre ellos.

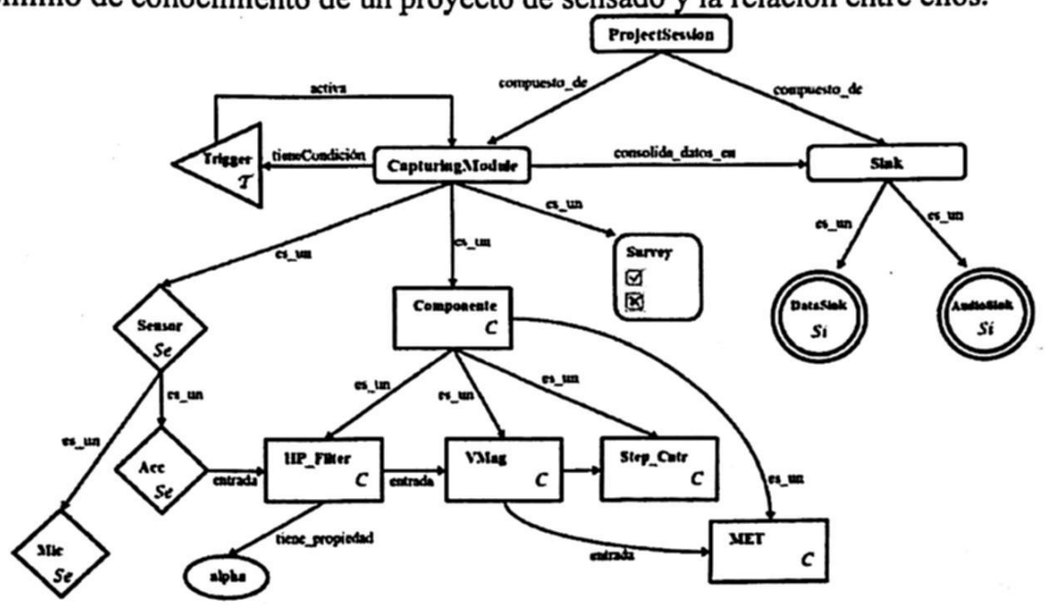

Figura 1. Representación gráfica de OntoInCense

El objeto *Componente* es un componente genérico que permite al usuario incrementar las capacidades de la plataforma de sensado mediante la extensión de este, tal y como se observa en la Figura 1. Por ejemplo *Step_Cntr* es un tipo de *Componente* que sólo recibe datos de *VMag* pero no transmite datos a otro componente. Este tipo de relaciones y la definición de cada componente se almacenan en OntoInCense.

Retomando el reto al que un usuario de InCense (Investigador) se enfrenta cuando decide usar la plataforma para realizar sus campañas de sensado, OntoInCense logra resolver la parte de facilitar el aprendizaje sobre la arquitectura de la plataforma, sus elementos y las relaciones existentes entre ellos. La segunda parte es entender el código fuente de la plataforma para luego editarlo e implementar los componentes que se han agregado a OntoInCense. Para ello se desarrolló InCense Manager, un *plugin* que se instala en el ambiente de desarrollo y permite implementar un componente de manera relativamente sencilla.

4 Proceso de creación de un nuevo componente

Retomando el caso de estudio que se planteó en la sección dos, el investigador deberá seguir una serie de pasos para llegar a la implementación de su nuevo componente:

1) Estudio y análisis de OntoInCense. En esta etapa el usuario deberá estudiar la ontología incluida con el código fuente de la plataforma de sensado para entender la relación que hay entre sus elementos.
2) Diseño del nuevo componente. El investigador deberá crear un algoritmo en android que procese los datos; de forma similar a como se muestra en la sección dos.
3) Registro del componente en OntoInCense. Utilizando el programa de edición de ontologías Protege, el usuario deberá crear una subclase de "Componente" en OntoInCense (como se muestra en [9]).
4) Edición e implementación. Es necesario editar el código fuente de la plataforma, en la siguiente sección se muestra cómo se realiza esta tarea.
5) Actualizar la aplicación móvil. Consiste en generar el archivo "apk" que es la aplicación android que se instalará en el dispositivo móvil.

4.1 InCense Manager

InCense Manager forma parte de la propuesta para extender la arquitectura original de InCense y cuyo objetivo final es el de facilitar el diseño e implementación de nuevos componentes. El rol de InCense Manager no es otro que el de vincular OntoInCense con la plataforma de sensado que se ejecuta en los dispositivos móviles (InCense). El código fuente de la plataforma móvil de sensado está desarrollado para Android de manera que se utiliza el editor Eclipse. Por esto es que se decidió extender la arquitectura de InCense con InCense Manager (IM), un plugin que se integra a Eclipse a manera de Wizard y permite generar un nuevo componente de manera automatizada. Es decir que, dado el algoritmo para procesar los datos y llenando unos cuantos campos más, el wizard genera el resto del código escribiéndolo directamente sobre InCense. Esto se logra gracias a que IM es capaz de generar nuevas clases de

código de manera automática haciendo uso de la tecnología Java Emitter Templates (JET). Gracias a esto el usuario no requiere conocer a fondo el código fuente de InCense, sino que sólo debe estar consciente de algunas reglas y proveer un algoritmo para procesar los datos, mismo que debe estar implementado en android.

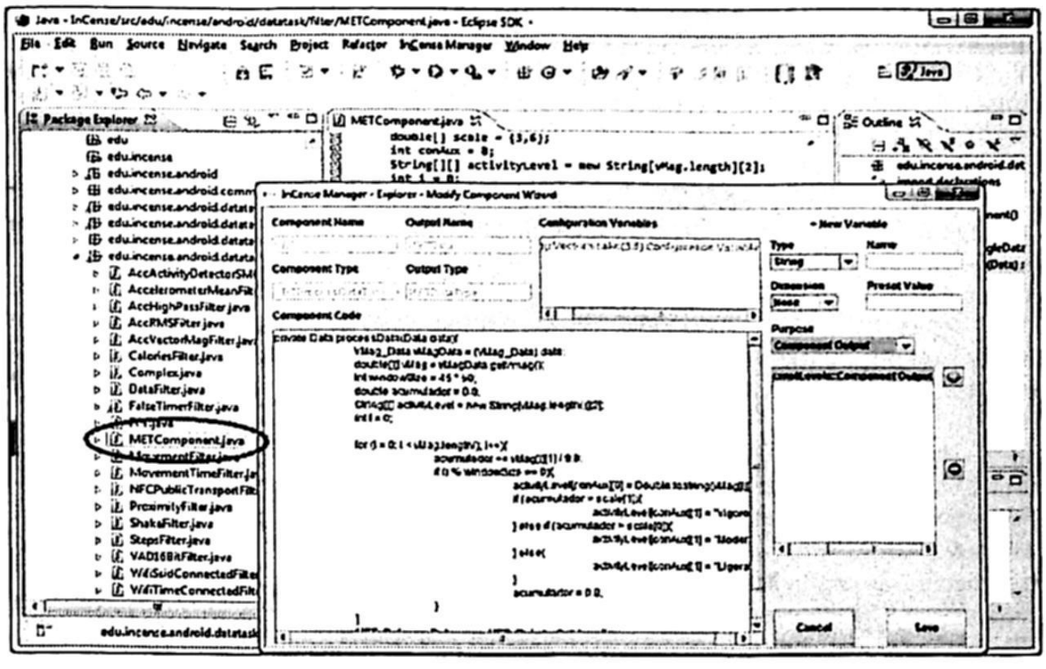

Figura 2. InCense Manager integrado a eclipse.

La Figura 2 muestra InCense Manager ejecutándose como un *plugin* integrado al ambiente de desarrollo eclipse. IM lee desde la ontología que se incluye en el código fuente de eclipse los componentes que han sido agregados por el investigador. Si estos componentes no han sido implementados, el wizard le permite al usuario seleccionarlos para editarlos. Como se puede observar de la Figura 2, implementar el componente es tan simple como llenar un formulario utilizando el diseño que se hizo previamente. Enseguida sólo es necesario dar unos clics más y el wizard se encarga de generar el código fuente correspondiente en el código fuente de la aplicación móvil.

5 Conclusiones

La plataforma extendida de InCense permite reducir notablemente el esfuerzo que debe realizar un investigador para adaptar la plataforma a una nueva campaña de sensado para la cual los componentes disponibles en la distribución original no son suficientes. Esto permite además crear una comunidad de desarrolladores de componentes para InCense que permitirá incluir por ejemplo módulos que infieran las actividades y comportamientos de los usuarios del dispositivo móvil.

Referencias

1. Dover, S.: Study : Number of smartphone users tops 1 billion, http://www.cbsnews.com/8301-205_162-57534583/study-number-of-smartphone-users-tops-1-billion/.
2. Lane, N., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T., Campbell, A.: A survey of mobile phone sensing. IEEE Communications Magazine. 48, 140–150 (2010).
3. Lane, N., Mohammod, M., Lin, M., Yang, X., Lu, H., Ali, S., Doryab, A., Berke, E., Choudhury, T., Campbell, A.: BeWell: A Smartphone Application to Monitor, Model and Promote Wellbeing. Proceedings of the 5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. IEEE (2011).
4. Madan, A., Cebrian, M., Lazer, D., Pentland, A.: Social sensing for epidemiological behavior change. Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing - Ubicomp '10. p. 291. ACM Press, New York, New York, USA (2010).
5. Miluzzo, E., Lane, N.D., Fodor, K., Peterson, R., Lu, H., Musolesi, M., Eisenman, S.B., Zheng, X., Campbell, A.T.: Sensing Meets Mobile Social Networks: The Design, Implementation and Evaluation of the CenceMe Application. Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems - SenSys '08. pp. 337–350. ACM Press, New York, New York, USA (2008).
6. Ortmann, S., Maaser, M.: Enabling secure and privacy-aware mobile sensing and e-health applications on everybodys smartphone. 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics -Berlin (ICCE-Berlin). pp. 181–185. IEEE (2011).
7. Postolache, O., Girao, P.S., Ribeiro, M., Guerra, M., Pincho, J., Santiago, F., Pena, A.: Enabling telecare assessment with pervasive sensing and Android OS smartphone. 2011 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications. pp. 288–293. IEEE (2011).
8. Perez, M., Castro, L.A., Favela, J.: InCense: A Research Kit to Facilitate Behavioral Data Gathering from Populations of Mobile Phone Users. 5th International Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Inteligence (UCAmI). pp. 1–8. , Mérida, México (2011).
9. Rodríguez, M.D., Martínez, R., Pérez, M., Castro, L. a., Favela, J.: Using ontologies to reduce user intervention to deploy sensing campaigns with the InCense toolkit. Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing - UbiComp '12. pp. 741–744. ACM Press, New York, New York, USA (2012).
10. Puyau, M.R., Adolph, A.L., Vohra, F.A., Zakeri, I., Butte, N.F.: Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. Medicine & Science in Sports & Exercise. 36, 1625–1631 (2004).
11. Crouter, S.E., Churilla, J.R., Bassett, D.R.: Estimating energy expenditure using accelerometers. European journal of applied physiology. 98, 601–12 (2006).
12. Crouter, S.E., Clowers, K.G., Bassett, D.R.: A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985). 100, 1324–31 (2006).
13. Moran, D.S., Heled, Y., Gonzalez, R.R.: Metabolic rate monitoring and energy expenditure prediction using a novel actigraphy method. Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research. 10, MT117–20 (2004).
14. Sorber, J.M., Shin, M., Peterson, R., Kotz, D.: Plug-n-trust: practical trusted sensing for mhealth. Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '12. pp. 309–322. ACM Press, New York, New York, USA (2012).
15. Gruber, T.R.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? International Journal of Human-Computer Studies. 43, 907–928 (1995).

Smart City Learning: Qualitative Analysis of Interaction, Interactivity and Multimedia Usage in Outdoor Science Exhibitions Using Body Senses

César Cárdenas, Roberto Hernández

Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro.
The Distributed and Adaptive Systems Lab for Learning Technologies Development
{ccardena, A00888687}@itesm.mx

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Abstract. Smart city learning happens in outdoors. Outdoor science exhibitions are intended to motivate future generations of scientists and engineers. In this paper, we present a qualitative analysis of the exhibitions presented at the Science and Technology Exposition in the State of Querétaro, focusing on interaction, multimedia usage and perceived interest. A framework of measures related to the interest, interaction and interactivity levels is presented in terms of the body senses according to the type of exhibition analyzed. Also, some issues regarding interactive exhibitions are presented, and conclusions of multimedia and interactivity in cultural or scientific exhibitions are drawn, remarking the lack of modern human – computer interaction technologies such as interactive surfaces, virtual reality, augmented reality and brain – computer interfaces. To the authors knowledge this is a first study evaluating interaction in outdoor science exhibitions.

Keywords: HCI, STEM, informal science education, outdoor education, EXPOCYTEQ, Smart City Learning.

1 Introduction

Several organizations have agreed that the most imposing problems the world is facing cannot be resolved without developing capacity to find and take advantage of the appropriate technologies [1][2][3][6][7]. Furthermore, education in science, technology and innovation (STI) is considered the base for the future of economic and social growth. Initiatives in many countries are evidence of the concern in encouraging advances in STI, focusing more specifically in science, technology, engineering and mathematics (STEM). Scientific and technological exhibitions in museums have been taken up with the aim of stimulating STEM education. Science and technology fairs are another way to do it. Both are commonly used by schools to complement the theoretical teaching and learning experiences when they do not have access to such infrastructures.

Modern science and technology museums have interactive exhibits, with some of them including virtual or augmented reality (VR/AR) technologies merged with emerging tracking technologies and other types of human – computer interaction (HCI) devices for more immersive and adaptive scenarios. The rationale behind this is that such exhibits are more attractive and have better impact in stimulating STEM

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 153-160

education than traditional exhibits. Thus, observation and analysis of such oriented activities allows us to envision improvement areas and opportunities to introduce new technological and interaction paradigms. However, according to our research, we have not found any previous study evaluating interactivity in such environments.

In this paper, we present a qualitative analysis of the interaction presented in the exhibitions at the Science and Technology Exhibition in the State of Querétaro (EXPOCYTEQ), focusing on interaction, multimedia usage and interest, as well as on the correlation between these variables. A different approach to the interest, interaction and interactivity levels is presented in terms of the body senses according to the type of exhibition analyzed. Also, some issues regarding interactive exhibitions are presented, and conclusions of multimedia and interactivity in cultural or scientific exhibitions are drawn, remarking the lack of modern human – computer interaction techniques such as interactive surfaces, virtual reality, augmented reality and brain – computer interfaces.

The paper is organized as follows. In Section 2, we describe the activities presented in EXPOCYTEQ as well as the qualitative observation and the considered interaction measures. In Section 3, we present the analysis of interaction-related variables. In Section 4, we present our conclusions, and in Section 5 the references are presented.

2 Experiment

The Science and Technology Exhibition (a.k.a. EXPOCYTEQ), an outdoor science exhibition, has occurred since 26 years as an effort to promote the social appropriation of STI at the state of Querétaro, México. The program includes conferences, workshops and exhibitions performed by professionals and researchers from more than 30 public and private institutes, companies and research centers.

Thirty exhibition modules were observed during several hours in the exhibition days, and data related to several aspects of the stand as well as to the behavior of the participants was recorded (a more extensive report was written and is included in the thesis work of the second author of this paper). The audience was almost entirely students from public elementary schools with some few from private institutions and some others from both public and private middle schools.

Observation, as many authors agree, is crucial in every research process [4]. In his paper, Morán states that observation is descriptive, analytical, and experimental, and very important when it is related to certain technologies. Some of the advantages of observation are the acquisition of real information and the perception of relevant behaviors. Thus, in the frame of information technology and its applications and the education trends and actions directed to achieve progress in STEM areas, the observation of EXPOCYTEQ gets a better comprehension of the involvement of students, organizations, research centers and the local government in these activities and the tools used to transmit what was intended.

2.1 Framework of Interaction Measures

We defined a framework of interaction measures which includes relevant measures that could influence the catch of the attention of the audience. These include colors,

multimedia, interaction and interactivity. More specific variables are listed and described below.

- **Adaptability of content (AC).** Defined as the change of the content in presentation based on the visitor characteristics.
- **Adaptability of interaction (AI).** Defined as the change of the interaction in presentation based on the visitor characteristics.
- **Adaptability of transformation (AT).** Defined as the change of the station (module) based on the visitor characteristics. Content does not change.
- **Average Adaptability (AA).** A measure of the adaptation that takes into account the previous three adaptability measures. Obtained according to the equation 1.

$$AA = \frac{CA + IA + TA}{3} \quad . \tag{1}$$

- **Accessibility (Acc).** Degree of participation at the station from the visitors.
- **Usability (Us).** Ease of use of the exhibition.
- **Robustness (RO).** Level of support to the station visitor. Related to the visitor's capacity to observe, to recover information and to adjust the task to him.
- **Ease of Learning (EL).** Ease of effective interaction to the station with new visitors.
- **Empirical Usability (EUs).** General level of usability based on actual perception.
- **Flexibility (FL).** Relative to the variety of possibilities the visitor and the station can exchange information.
- **Relative Usability (RUs).** Computed in terms of the robustness (RO), ease of learning (EL), ease of use (EU) and flexibility (FL), adapted from the conceptualization of usability given by the ISO 9126/0241. RUs is calculated with equation (2).

$$RUs = \frac{RO + EL + EU + FL}{4} \quad . \tag{2}$$

- **General Interest (GITT).** General interest observed in the public.
- **Weighted Interest Average (WITT).**
- **General Interaction (GITX).** Rate of interaction with the visitors. High is better.
- **Weighted Interaction Average (WITX).**
- **General Interactivity (GITY).** Evaluation of capabilities of interaction of the station. High is better.
- **Weighted Interactivity Average (WITY).**

2.3 Weighted Measures for Body Senses

The Oklahoma Cooperative Extension Service of the University of Oklahoma [5] ranks the relevance of the five basic senses of the human body, and assigns them the weights specified in table 1.

Table 1. General relevance (GR) of the basic human body senses proposed by the University of Oklahoma and dominant relevance (DR) proposed according to the type of exhibition.

Sense	General Relevance (GR)	Dominant Relevance (DR)				
		A: VISUAL	B: AUDITORY	C: TACTILE	D: GUSTATORY	E: OLFACTORY
Sight	83%	40%	25%	25%	17.50%	17.50%
Hearing	11%	25%	40%	20%	7.50%	7.50%
Touch	3.50%	20%	20%	40%	15%	15%
Smell	1.50%	7.50%	7.50%	7.50%	20%	40%
Taste	1%	7.50%	7.50%	7.50%	40%	20%

We argue that the general relevance mentioned for each sense should be treated differently for more specific scenarios where the particular atmosphere predominating in the exhibition can have certain influence in the stimulated user's body senses. That is why we propose a new value (table 1 – dominant relevance (DR)) for the relevance of each body sense, according to the dominant sense of the correspondent stand. The proposed values for DR are empirically given by the authors according to what they consider the actual relevance of each sense in specific types of scenarios. One last variable, the Final Relevance (FR), for each sense is defined by equation 3.

$$FR = \frac{GR + DR}{2}\left(\frac{1}{100}\right) . \tag{3}$$

The weighted average of 5 elements whose respective weights add up 1 can be obtained with equation 4. Where x_i are the samples and a_i is the respective weight.

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 . \tag{4}$$

For weighted variables (WITT, WITX and WITY), the equation 4 is used with the FR values obtained using equation 3. In the equation 4 y is the WITT, WITX and WITY, respectively, the a_i's are the weights given as a FR for each body sense and the x_i's are the scores assigned to the interaction in the respective stand.

3 Analysis and Results

Observation of the organizations and institutions was documented in tables similar to the one shown in figure 1; from there, some useful conclusions were drawn. Figure 2 depicts one of the different activities carried out by the organizations. Figs. 3 – 5

show the computations of multimedia, adaptability, usability, interest and interaction measures of the observed stands. Fig. 4 (left) shows that multimedia was not very used in exhibitions. Interaction, interactivity, relative usability and average adaptability were not significantly high, either. In several cases these values were below the 50%, as was the case of adaptability and multimedia. As a consequence, the interest shown by the presents was not remarkable. For instance, in Fig. 4 (right) it can be seen that nearly half of the asked questions and from this portion only 13% asked in a more noticeable way; 50% was not interested in asking anything. The curves seem to have a constant value in every case, and whose individual values are not so distant from the mean, indicating that perceived status on each area for the stands is in general the same, with a few exceptions.

	STATIC	TOPIC	VISIT	VISIT Time	ATTENDEES	AGE	DURATION	General interest (GITT)			General interaction (GITX)			General interactivity (GITY)			
8	ITESM	Nat. Sc	1	9h00	15	10	25	xQ	fQ	nQ	M	L	N	M	L	N	
	Video	Tech.		STYLE:		A, VISUAL			x			X			X		
	STAND CHARACTERISTICS				OBJECTIVES (%)			Stimulated Senses (%)			Stimulated Sens. (%)		WITX (%)	Stimulated Sens. (%)		WITY (%	
	SIZE	COLOR	MED	INTER	67-100	34-66	0-33	0.615	Sight	80	Sight	70	43.05	Sight	70	43.05	
	3x3	60	60	6279		x		0.18	Hearing	80	Hearing	65	11.70	Hearing	70	12.60	
	ADAPTABILITY				ACCESIBILITY			0.118	Touch	80	Touch	50	5.88	Touch	60	7.05	
	CA	IA	TA	OTHER	Disability		Grade	0.045	Smell	1	Smell	1	0.05	Smell	1	0.05	
	70	60	30	0	none		20	0.043	Taste	1	Taste	1	0.04	Taste	1	0.04	
	USABILITY							↑	Others	1	Others	1	60.71	Others	1	62.79	
	RO	EL	EU	FL	EUS	RUS	OTHER	WEIG	Interacti	35	Interacti	35	AVE.	Interacti	50	AVE.	
	60	45	50	40	50	48.8		HT	ve Parts		ve Parts		37.40%	ve Parts		40.40%	

Figure 1. Example of documented observations.

Figure 2. Some kids interact with a model in one of the exhibitions.

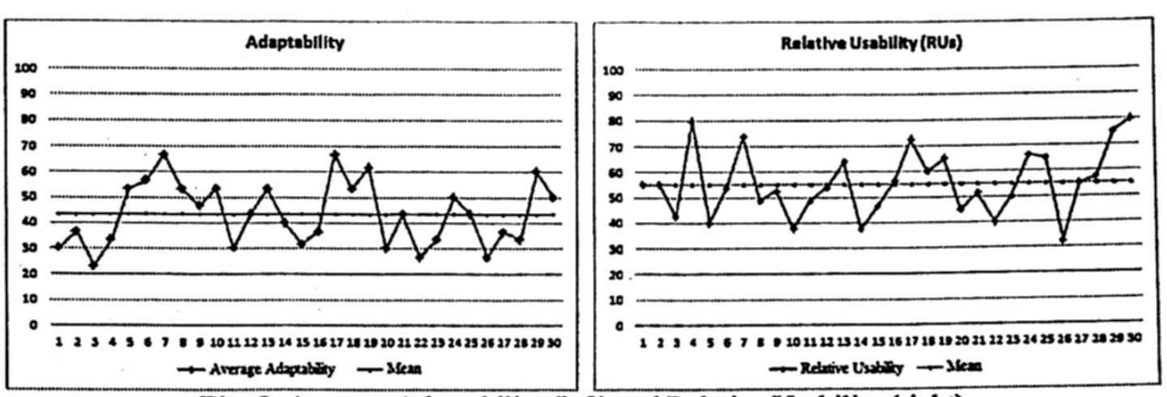

Fig. 3. Average Adaptability (left) and Relative Usability (right).

In figure 6 (right) we can see that multimedia, interest and interaction have similar paths along the x-axis, which means a close relation between these three concepts, and as multimedia can be easily included in an exhibition, it can be used more actively to generate interest and interaction.

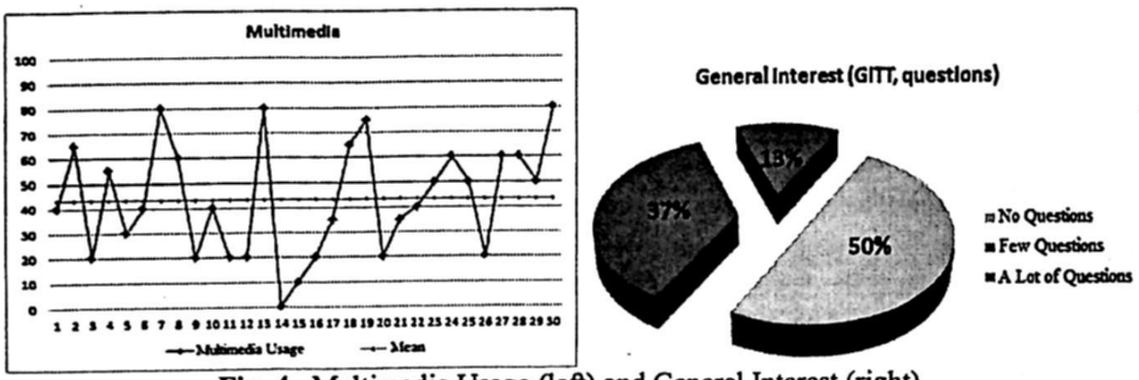

Fig. 4. Multimedia Usage (left) and General Interest (right).

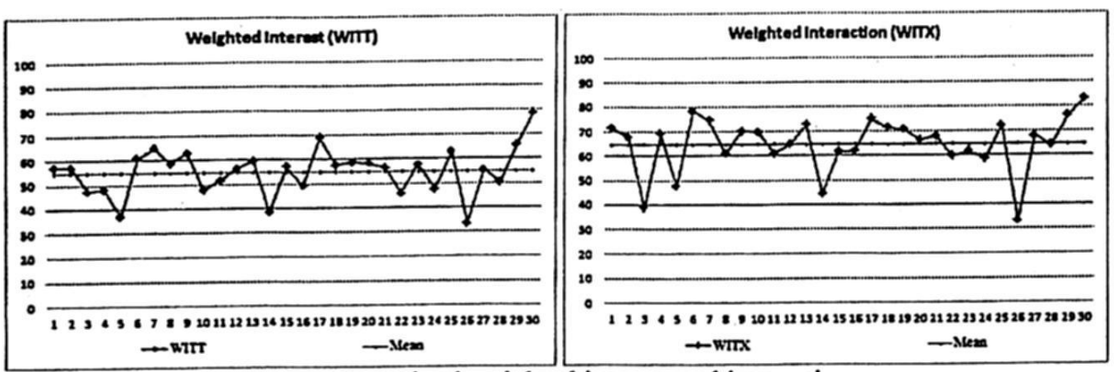

Fig. 5. Perceived weighted interest and interaction.

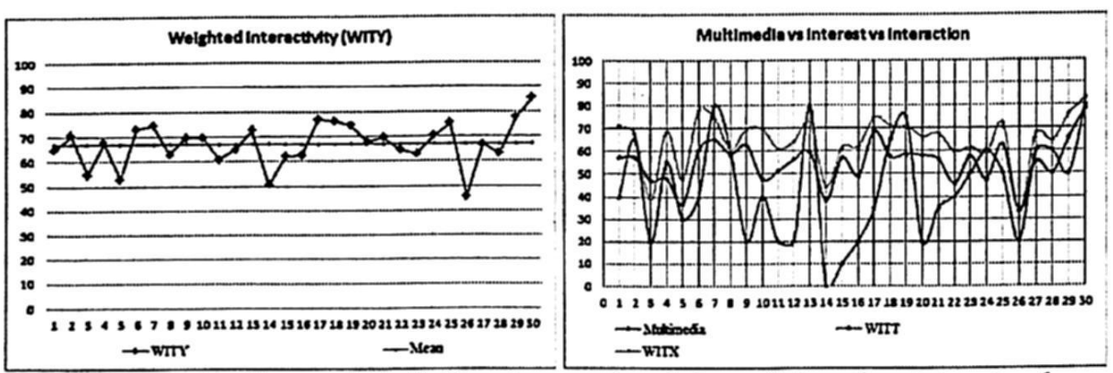

Fig. 6. Perceived interactivity (left) and comparison between Interaction, Interest and multimedia usage (right).

In figures 7 – 9 the correlation relation between interest and interaction and between adaptability, usability, interest and interaction in terms of multimedia is shown.

In the usability, interest and interaction vs. multimedia charts it can be seen that the best approximation for the existing relation is a straight line with a positive slope,

suggesting a direct proportion between the variables; this is, the more multimedia is used in stands, the more adaptability (slightly), usability, interest and interaction.

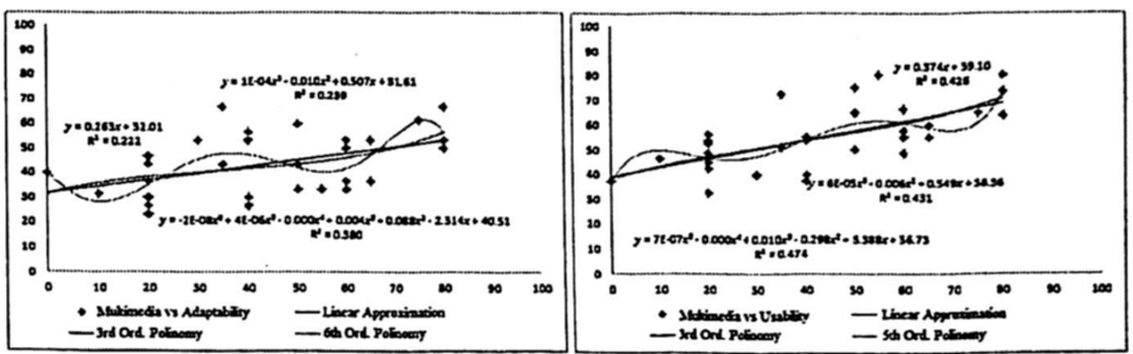

Fig. 7. Adaptability (left) and Usability (right) in terms of multimedia.

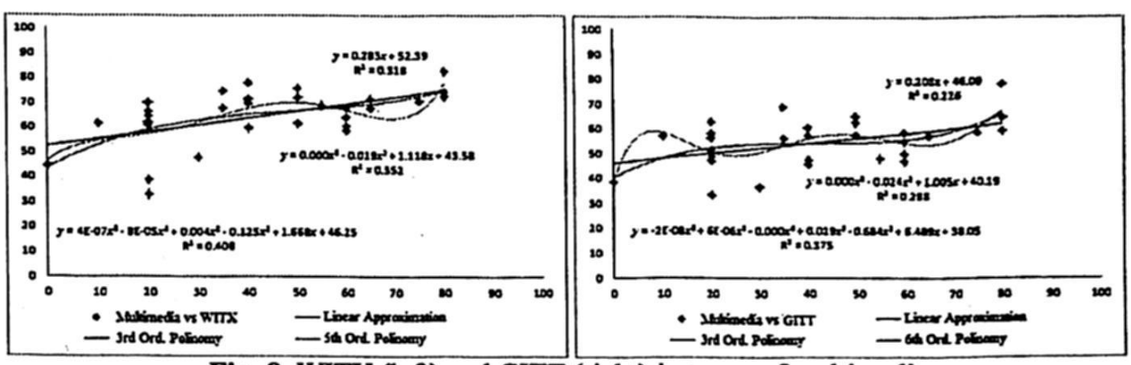

Fig. 8. WITX (left) and GITT (right) in terms of multimedia.

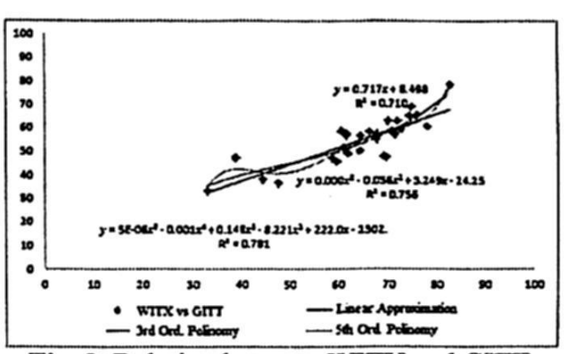

Fig. 9. Relation between WITX and GITT.

Although some other approximations are possible, the coefficients suggest again that the best approximation is a straight line. Fig. 9 shows that the almost 45° slope implies a growth almost identically in each of the curves. Fig. 8 confirms this, since the interaction and interest curves have practically the same shape. Also, the plots in Fig. 8 show that both interest and interaction are distributed in a very short range, meaning that in general there were not low levels of interest, though there is potential that can still be taken advantage of.

The observation study reveals that in general the attention of young and children is leaned towards STEM activities. There were no cases that required special attention on accessibility, and nothing was observed in the modules that took care of such cases, if any.

4 Conclusions and Future Work

Science, technology and innovation are essential components of the future at any country. This paper presents a first interaction analysis of outdoor science exhibitions; as a result it also encourages the use of novel technologies. It was shown that multimedia usage provides a better learning through improving the engagement of the audience and causing a higher level of interactivity and interaction. The use of multimedia is barely used in many STI expositions nowadays, despite the fact that this type of technology is more accessible day to day. Also, the lack of more advanced interactive devices such as multi-touch screens, interactive surfaces, and virtual and augmented reality was evident. A quantitative evaluation of the impact that modern HCI technologies in informal settings have in the K-12 students in their aspirations to pursue STEM-related careers is planned to be carried out in future EXPOCYTEQ events. The interactive system will include but will not be limited to head mounted displays, data gloves and brain computer interfaces.

We believe that any future Smart City concept will include the use of such interactive technology in urban environments. Actually, many Smart City demonstrations are using it. Observation is a primary task before automated vision algorithms can be implemented in Smart City contexts. This research will help to have foundations on designing future interactive technology for Smart City Learning concepts [8].

5 References

1. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación. PECiTI 2008 – 2012. México (2008).
2. CONCYTEQ. Presentación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Accessed December 2011 from http://www.concyteq.edu.mx/P_Presentacion_.html
3. European Union. Research and Innovation. Building Europe's Future. Accessed online on February 20, 2012 in http://europa.eu/pol/rd/index_en.htm
4. Morán, J. L. "La Observación" en Contribuciones a la Economía. Accessed December 20, 2011 from http://www.eumed.net/ce/2007b/jlm.htm
5. Oklahoma Cooperative Extension Service. 4-H Youth Development. Learning Styles. Accessed December 21, 2011 from www.oces.okstate.edu/washita/uploaded.../4h_Learning_Styles.doc
6. Organization for Economic Co-operation and Development. (OECD). Science, Technology and Innovation in the New Economy. OECD Observer. (2000)
7. The World Bank. Science, Technology and Innovation - Overview. Accessed November 16, 2011 from http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTEDUCATION/0,,contentMDK:22812414~menuPK:2458448~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:282386~isCURL:Y,00.html
8. "Smart City Learning - Visions and practical Implementations: toward Horizon 2020" part I (N. 16) and part II (N. 17). Special issues of IxD&A Journal, Spring and Summer 2013.

Análisis y Mejoramiento del Nivel de Competencias Digitales Ofrecido por el Programa Vagón de Ciencia y Tecnología del Gobierno del Estado de Aguascalientes

Ricardo Mendoza-González [1, 2], Jaime Muñoz-Arteaga[2], Francisco J. Álvarez Rodríguez[2], Juana Ávila-Sánchez[2, 3], Jose Eder Guzman Mendoza[2,]

[1] Instituto Tecnológico de Aguascalientres, Av. Adolfo López Mateos 1801 Ote., Aguascalientes, México
[2] Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Aguascalientes, México
[3] Departamento de Participación Ciudadana y Trabajo Social, Procuraduría General de Justicia del Estado de Aguascalientes, Av. Héroe de Nacozari S/N, Aguascalientes, México
[1]mendozagric@acm.org, [2]jmauaa@gmail.com, [2]fjalvaruaa@gmail.com, [2]eder.guzman@edu.uaa.mx
(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. En este artículo se presenta un resumen de la est|rategia de mejora propuesta para el programa Vagón de Ciencia y Tecnología, el cual se caracteriza por fomentar la apropiación de las competencias digitáles básicas a la población Hidrocálida. La mejora consiste en un plan de intervensión, un modelo educativo, y una estrategia de medición basada en la técnica Goal Question Metrics. Al final se presentan los resultados de la aplicación Piloto de la estrategia de mejora.

Palabras clave: Habilidades Digitales, ciudadano digital, brecha digital, goal question metrics.

1 Introducción

A lo largo de esta investigación se ha corroborado la excelente labor del programa Vagón de Ciencia y Tecnología y de las personas involucradas en él. Asimismo, se logró analizar la operación del programa y percibir el cumplimiento de sus metas y objetivos establecidos por parte del Gobierno del Estado de Aguascalientes. Tales estudios permitieron confirmar que el programa Vagón de Ciencia y Tecnología representa una muy buena alternativa para incrementar la apropiación de las competencias digitales básicas en la población del Estado de Aguascalientes.

El programa tiene como principal el proporcionar, a la población en general, orientación básica en el uso de las TIC, atendiendo de manera gratuita a niños, jóvenes, y adultos interesados en adquirir competencias digitales. Este programa se apoya en dos instalaciones principales las Casas de la Ciencia y la Tecnología, y los Vagones de la Ciencia. En particular las primeras se encuentran distribuidas en los municipios: Jesús María, Tepezalá y Calvillo. Mientras que los Vagones de la Ciencia

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 161-168

se encuentran en el Complejo Tres Centurias y en el parque Rodolfo Landéros, ambos en la capital del Estado. A continuación se presenta una breve descripción del propósito de ambas instalaciones [1]:

- *Casas de la Ciencia y la Tecnología*: Son espacios gratuitos e interactivos dedicados a la promoción, fomento, acercamiento e interés por la Ciencia y Tecnología en la sociedad y empresas de los Municipios del Estado.
- *Vagones de la Ciencia*: Proporcionan un espacio interactivo en el cual se divulga la ciencia y la tecnología al público en general y a estudiantes de educación básica. En el Vagón de la Ciencia se llevan a cabo experimentos, juegos, conferencias, charlas, proyecciones de video, etc.

Las características actuales del programa Vagón de Ciencia y Tecnología permiten catalogarlo como un programa educativo dentro de la modalidad de educación informal, ya que si bien se les proporciona a los ciudadanos la orientación necesaria para obtener las habilidades y competencias básicas necesarias para ser considerado como un ciudadano digital, no se les otorga un certificado oficial al término de su capacitación.

Con la finalidad de establecer el nivel de competencias digitales que son transmitidas a la población a través de Vagón de Ciencia y Tecnología, se realizó un diagnóstico inicial para posteriormente establecer un plan de intervención que incluye un mecanismo de mejora continua usando como punto de referencia un modelo de medición Goal Question Metric (GQM, comúnmente utilizado en la Ingeniería de Software) y el conjunto de competencias digitales básicas establecidas por la UNESCO [2].

2 Problemática

El programa Vagón de Ciencia y Tecnología promueve la alfabetización digital en estratos sociales heterogéneos propiciando con ello la adquisición de habilidades digitales básicas de manera eficiente. Cuenta con facilitadores experimentados en la impartición de cursos cortos básicos en el uso general de las TIC, estos cursos no tenían una duración definida (la duración del curso dependía de la apropiación de los contenidos por parte de los asistentes) ni una estructura formal. Generalmente, los mismos facilitadores desarrollan sus propios contenidos educativos en función de las necesidades expresadas por los usuarios del programa. Aunque varias de las características del programa pueden percibirse como positivas en varios aspectos, el programa tiene ciertas limitantes importantes que se vinculan directamente con el nivel de alfabetización digital, algunas de ellas son: la actualidad, calidad y fiabilidad de los contenidos de sus cursos, el proceso de alfabetización no está bien definido ni documentado, poco personal para la prestación del servicio, alcance del programa no definido, establecimiento de metas inexistente, ausencia de convenios y estrategias para el involucramiento de estudiantes universitarios de servicio social, entre otras. Aspectos como los anteriores derivan en una capacidad limitada de alfabetización digital, lo que a su vez puede provocar el desinterés de la población, y con el tiempo la posible desaparición del programa.

Por tales motivos es necesario, no solo reestructurar el modelo educativo del programa, sino también establecer nuevas estrategias para la actualización de competencias digitales, así como un mecanismo que facilite el planteamiento de metas y su medición.

3 Diagnóstico

Con la finalidad de obtener información sobre las competencias digitales cubiertas por el programa Vagón de Ciencia y Tecnología, y el nivel de apropiación de las mismas por parte de los usuarios regulares del programa, se creó un instrumento de tipo encuesta que consta de 35 preguntas cerradas respondidas a través de una escala de Likert de cinco elementos que van desde "No lo Domino" hasta "Lo Domino". Las preguntas de la encuesta están ligadas directamente con una lista de competencias digitales basadas en [2, 3, 4, y 5]. Con el fin de obtener información más precisa, el cuestionario incluye también, al inicio, un apartado destinado a capturar algunas características demográficas de los usuarios del programa, tales como: identificación geográfica, género, edad en años, y escolaridad.

El instrumento está dividido en tres partes asociándose cada una de ellas a los niveles de competencias digitales básico (primeras 15 preguntas), intermedio (preguntas 16 a 24), y avanzado (de la pregunta 25 a la 35). Dicha distinción de niveles se basa en la literatura [2, 3, 4, y 5], y comprenden aspectos como los siguientes:

- *Competencias Digitales de Nivel Básico*: Incluye competencias digitales que van desde el encendido/apagado de una computadora hasta la navegación y búsqueda de información específica por Internet.
- *Competencias Digitales de Nivel Intermedio*: Comprenden aspectos como la interacción social por Internet, búsqueda de información en sitios de un idioma extranjero, entre otros.
- *Competencias Digitales Avanzadas*: Suponen la apropiación de las TIC y su integración completa en las actividades cotidianas de las personas, incluyendo aspectos como el fomento de la ecología a través del uso de las TIC.

El instrumento propuesto fue validado mediante el Alfa de Crombach obteniendo una fiabilidad del 97%, y fue aplicado en el Vagón de la Ciencia del parque Tres Centurias (Municipio de Aguascalientes), y las Casas de la Ciencia de diversos Municipios del Estado (Calvillo, Tepezalá, y Jesús María).

El instrumento se aplicó al total de usuarios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología , ciento setenta y ocho,en ese momento, pudiendo establecer con ello una categorización de las competencias digitales que eran cubiertas actualmente por el programa. El diagnóstico reveló que el programa abarcaba solo algunas de las competencias establecidas como básicas en la literatura [2, 3, 4, y 5]. En la Fig. 1 se puede visualizar lo anterior más la proyección de competencias a cubrir (niveles intermedio y avanzado) por el programa, esto mediante la estrategia de fortalecimiento/mejoramiento descrita en la siguiente sección (ver sección 4). Ver también la Figura 2 al final del artículo con algunos estadísticos descriptivos.

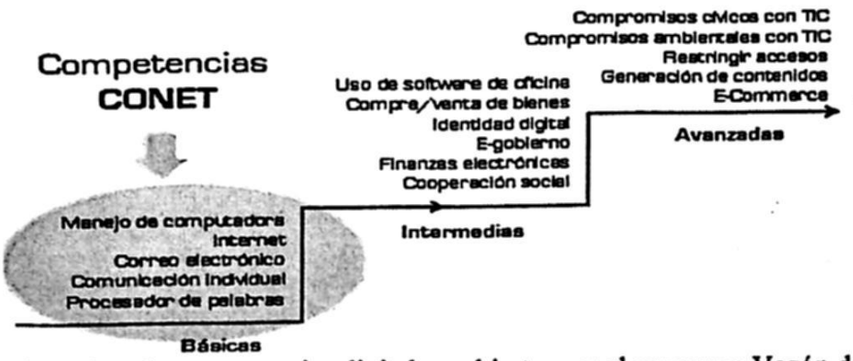

Fig. 1. Clasificación de competencias digitales cubiertas por el programa Vagón de Ciencia y Tecnología, y aquellas proyectadas para su posible expansión del programa.

4 Estrategia para el Mejoramiento del Programa Vagón de Ciencia y Tecnología

El diagnóstico realizado reveló varias oportunidades de mejora y reforzamiento en lo que respecta a la transmisión de competencias digitales con el fin de asegurar su apropiación por parte de los usuarios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología. Estas oportunidades permitieron establecer una serie de objetivos estratégicos, los cuales se pueden percibir como aquellos aspectos a medir en el futuro.

1. Lograr la apropiación de los contenidos y el modelo educativo por parte de los facilitadores.
2. Proporcionar a los facilitadores la capacidad de construir contenidos adicionales apegados a las competencias digitales básicas e intermedias establecidas.
3. Establecer un catálogo de competencias digitales fácil de incrementar y/o mejorar al cual se apeguen los cursos y talleres impartidos por el programa Vagón de Ciencia y Tecnología, con el fin de reducir el alto nivel de desgaste para los facilitadores al tratar de generar cursos de acuerdo a las necesidades personales de cada usuario del programa Vagón de Ciencia y Tecnología.
4. Ligar y acondicionar los servicios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología a las competencias definidas para el modelo general.
5. Lograr que los usuarios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología apropien las competencias digitales básicas e intermedias definidas a través del modelo educativo propuesto (estrategias, cursos y competencias).
6. Asegurar la inclusión de diferentes tipos de población, mujeres y hombres habitantes de poblaciones conurbadas y rurales.

Se estructuró una estrategia para asegurar el cumplimiento de los seis objetivos anteriores la cual sugiere un fortalecimiento/mejoramiento incremental en el nivel de competencias digitales abarcado por el programa Vagón de Ciencia y Tecnología. Dicho programa se diseñó para permitir su fácil adaptación ante las necesidades cambiantes relacionadas con el uso y manejo actual de las TIC. Los componentes de la estrategia de fortalecimiento incluyen los siguientes aspectos.

- *Modelo de Intervención*: Esta estrategia consiste en el establecimiento de un plan educativo fundamentado en una serie de cursos directamente relacionados con las competencias digitales establecidas. Ver punto "Programa Educativo". El plan de intervención se complementa por los siguientes componentes operacionales: la capacitación de los Facilitadores del programa, y la definición de un esquema para la incorporación de estudiantes al programa para la realización de servicio social. Asimismo se define un instrumento de colocación para usuarios con algún nivel de competencia, el cual permitirá que aquellos usuarios con algunas competencias digitales ya apropiadas culminen su capacitación más rápidamente. Por último se proponen una serie de requerimientos de ingreso al programa tanto para los Facilitadores y los Auxiliares, como para los usuarios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología los cuales son evaluados mediante un exámen de conocimiento, habilidades y aptitudes.
- *Programa educativo*: Se estableció un programa educativo conformado por dos cursos principales: El curso básico, que se concentra tanto en complementar las competencias digitales básicas cubiertas por el programa Vagón de Ciencia y Tecnología, como en la transmisión y aseguramiento de la apropiación del total de las competencias digitales básicas consideradas en la propuesta. El curso Intermedio, que representa el incremento inmediato de nivel de competencias digitales al que actualmente se maneja en el programa Vagón de Ciencia y Tecnología, y se enfoca, como su nombre lo dice, en fomentar la apropiación de las competencias de nivel intermedio. Por disposición, la duración de cada curso será de 40 horas, debiéndose impartir 2 horas cada tercer día. Los cursos se incorporaron en una retícula estructurada de manera simple, en la que se resaltan los módulos establecidos para los niveles básico e intermedio, incluyendo para cada tema el número de horas teóricas y prácticas, así como los prerrequisitos para aquellos cursos que los requieran.
- *Modelo de Medición*: Con el fin de establecer controles en la evolución de la aplicación de las estrategias de mejoramiento y fortalecimiento propuestas para el programa Vagón de Ciencia y Tecnología se determinó un plan de seguimiento cuyos indicadores podrían ser útiles para evaluar la evolución del programa. El modelo de medición se fundamenta en la técnica Goal Question Metric (GQM) [6]. En general, el paradigma Goal Question Metric (GQM) provee un marco de trabajo para la declaración o indicación de metas así como el refinamiento de las mismas mediante preguntas que ayudarán a proveer una especificación de lo que se necesita para ayudar a alcanzar las metas establecidas, generando con ello un modelo/sistema de medición básico pero confiable. El resultado de aplicar la aproximación GQM es la especificación de un sistema de medida enfocado en un conjunto de temas en particular y en un conjunto de reglas para la interpretación de los datos de medida. Así, el modelo de medida GQM resultante para el programa VAGÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA tiene tres niveles: **Nivel Conceptual: Meta (Goal), Nivel Operacional: Pregunta (Question), Nivel Cuantitativo: Métrica (Metric).** Un fragmento del esquema es presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Fragmento del Modelo Goal Question Metrics para el programa Vagón de Ciencia y Tecnología.

Nivel Conceptual: Meta (Goal)	Nivel Operacional: Pregunta (Question)	Nivel Cuantitativo: Métrica (Metric)
G1: Lograr la apropiación de los contenidos y el modelo educativo por parte de los facilitadores y auxiliares.	**Q1**: ¿El grado de apropiación de los contenidos y manejo del modelo educativo por parte de los facilitadores y auxiliares, es adecuado?	**M1**: Calificación diagnóstica: 0 – 50 = No adecuado 51 – 70 = Neutro 71 – 80 = Adecuado 81 –100 = Sobresaliente Nota: En escala de 0 a 100, siendo 0 la calificación diagnóstica más baja y 100 la más alta.
G2: Proporcionar a los facilitadores la capacidad de construir contenidos adicionales apegados a las competencias digitales básicas e intermedias establecidas.	**Q2**: ¿Los facilitadores tienen la capacidad de generar nuevas propuestas de contenidos para los cursos apegándose en las competencias digitales definidas?	**M2**: Cuantificación del número de cursos adicionales realizados bajo el formato establecido durante la capacitación: 0 = No satisfactorio. 1 – 2 = Neutro. 3 – o + = Satisfactorio.

5 Resultados

Después de concluir la etapa de capacitación de los Facilitadores y de la transmisión de ese conocimiento a los usuarios regulares del programa Vagón de Ciencia y Tecnología, como parte del Modelo de Intervención descrito brevemente en la sección 3, se realizó la evaluación de la intervención a través del modelo de métricas GQM planteado (ver fragmento en Tabla 1).

El modelo GQM planteado permitió establecer que, por parte de las facilitadoras, se logró una apropiación sobresaliente obteniéndose un promedio general de 93 puntos en las evaluaciones considerando la meta "G1" y su correspondiente métrica "M1" del modelo GQM (ver fragmento en Tabla 1). Dicha métrica se aplicó sobre el test para la evaluación facilitadores y auxiliares el cual se conforma por 30 reactivos que incluyen una serie de ejercicios prácticos directamente relacionados con las competencias digitales sugeridas para el programa.

A partir del desempeño observado tras la aplicación del modelo de medición se puedo constatar que los contenidos de los cursos básico e intermedio complementaron de manera muy satisfactoria a las competencias previas de las Facilitadoras del programa.

Por otro lado, se logró incrementar el catálogo general de competencias digitales del programa Vagones de Ciencia y Tecnología con siete competencias que se enfocan en el aspecto técnico, abarcando actividades vinculadas con los

mantenimientos preventivo y correctivo básicos del equipo de cómputo incluyendo Software y Hardware. Este reforzamiento al programa contribuye a mitigar la necesidad del Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del Estado de Aguascalientes (IDSCEA) – dependencia a la que pertenece el programa – de que las Facilitadoras tuvieran cierto conocimiento de mantenimiento técnico básico.

Otro importante objetivo era que las Facilitadoras tuvieran la capacidad de modificar el catálogo de competencias digitales base de acuerdo a las necesidades de los usuarios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología y del avance en las tecnologías. Si bien esta adición de competencias técnicas al catálogo general no fue realizada por las facilitadoras, fueron capacitadas para que pudieran realizar adiciones similares mediante la aplicación del instrumento diagnóstico provisto en el paquete de instrumentos entregado al IDSCEA.

6 Conclusiones

Los resultados emanados de la medición realizada mediante el método propuesto revelaron buenos niveles de desempeño y aceptación de la estrategia de reforzamiento del programa Vagón de Ciencia y Tecnología.

El desarrollo de este trabajo permitió visualizar también la posibilidad real de ligar todos los servicios del programa Vagón de Ciencia y Tecnología con otros programas similares de gobierno estatal (e.g. Casas de Ciencia y Tecnología). Esta alternativa permitiría aplicar el catálogo de competencias digitales y explotar el conjunto de contenidos que integran el programa educativo propuesto (ver sección 4). El beneficio más importante de dicha estrategia se reflejaría directamente en el acercamiento de la alfabetización digital (estructurada y basada en competencias digitales internacionales) a diferentes estratos de la población hidrocálida quienes en muchas ocasiones no cuentan con este tipo de oportunidades.

Las observaciones anteriores fueron corroboradas mediante la opinión de las propias Facilitadoras y Directivos del Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del Estado de Aguascalientes (IDSCEA), quienes percibieron a las estrategias de mejora propuestas como "*... de gran utilidad e interés para fortalecer las actividades que comprenden los servicios del programa*". En a los contenidos de los cursos que integran la retícula para el programa, consideraron que "*...son pertinentes para la apropiación de las competencias digitales*". Tanto los puntos de vista desde el lado operativo como los resultados generales del modelo propuesto Goal Question Metric (GQM), auguran un buen resultado del reforzamiento de los programas Vagón de Ciencia y Tecnología.

Se espera que, tras la capacitación impartida, la aplicación de la estrategia de reforzamiento se realice de forma continua y sin problemas por parte de las Facilitadoras o por otros miembros del equipo de trabajo del programa. Para asegurar lo anterior, el modelo se integró de manera planificada mediante métricas fácilmente modificables y entendibles con el fin de permitir su sencilla aplicación requiriendo solamente cierto conocimiento de lo que se pretende lograr mediante el programa ligando dicha información con las necesidades de competencias digitales de la población y el avance en las TIC; lo cual contribuirá al establecimiento de una

estrategia completa de mejora continua íntimamente relacionada con las competencias digitales vigentes internacionalmente en un determinado momento.

Aunque sobresalen varios aspectos favorables y prometedores ante esta estrategia de reforzamiento, es importante considerar algunos factores que podrían poner en riesgo la aplicación de la estrategia tales como el cambio de administración, ya sea en el IDSCEA o en el Gobierno estatal. Otro problema potencial es la no suficiente asignación de recursos al programa. Por tal motivo es muy importante establecer una aplicación pronta para que la continuidad sea más transparente para los responsables vigentes del programa.

Agradecimientos. Los autores de este artículo agradecen al Gobierno del Estado de Aguascalientes y al CONACYT por el apoyo brindado para la realización del proyecto Fomix–Ags 2011-C01-171877.

References

1. Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del estado de Aguascalientes IDSCEA, http://www.aguascalientes.gob.mx/IDSCEA/vagones.aspx
2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO: Hacia las Sociedades del Conocimiento, UNESCO (2005).
3. Nasjonalt Fagorgan for Kompetansepolitikk: The Digital Citizen: An analysis of digital competence in the Norwegian population, VOX, Oslo, Norway (2008)
4. Ribble, S. M., Gerald, D., Bailey D., Ross, T. W.: Digital Citizenship, addressing appropriate technology behavior, L. & L. 32, 7 -- 12 (2004)
5. The European Computer Driving Licence Foundation http://www.icdl.org.za/ktml2/files/uploads/Syllabus%20 Guide%20SWGP1eC1.pdf,
6. Basili, V. R., Caldiera, G., Rombach, H.: The Goal Question Metrics Approach, Encyclopedia of Software Engineering, Marciniak, J. (ed.) Wiley, 2002.

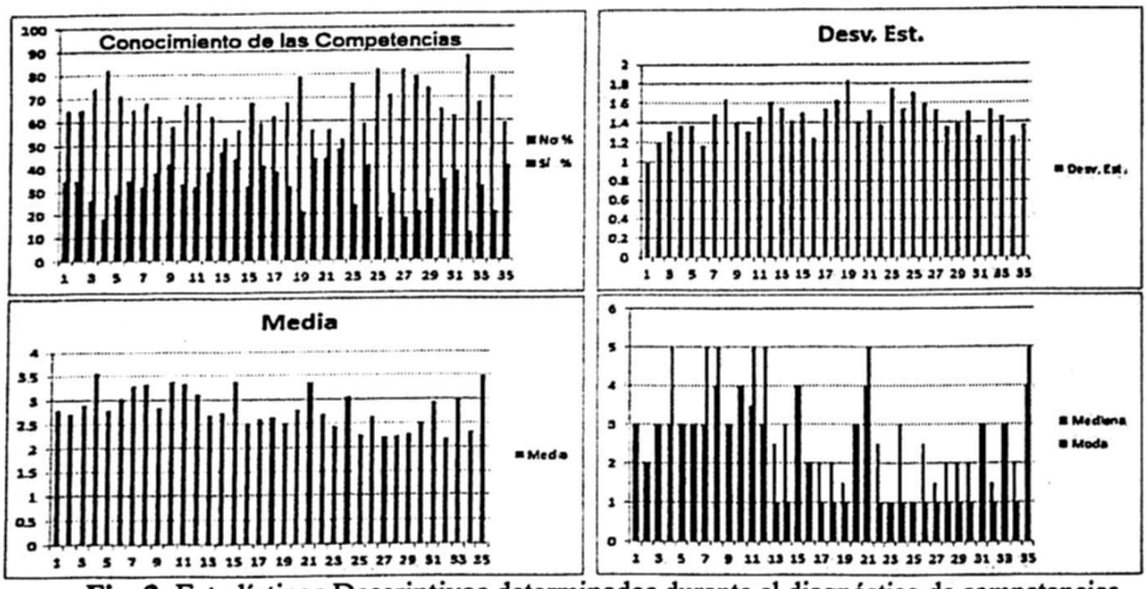

Fig. 2. Estadísticos Descriptivos determinados durante el diagnóstico de competencias.

Diseño de una Red Social Universitaria para Estudiar los Efectos de la Incorporación de Recursos Educativos

Jesús Hernández Cosío, Mónica A. Carreño León, J. Andrés Sandoval Bringas, Italia Estrada C., Elvia E. Aispuro F., Jaime Suárez V. y Javier Aguilar P.

Universidad Autónoma de Baja California Sur.
Departamento Académico de Sistemas Computacionales.
La Paz, Baja California Sur. México.

{ jhernandez, mcarreno, sandoval, iestrada, aispuro, jsuarez, jaguilar }
@uabcs.mx

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. La incorporación y estudio de recursos educativos con efecto inoculador dentro del sistema viviente conocido como red social, es la propuesta de investigación presentada en este artículo. La actualidad de las redes sociales es esencialmente impactante debido a la gran aceptación que han adquirido por ser plataformas tecnológicas diseñadas para la interacción humana. Esta iniciativa pretende establecer las bases para realizar adaptaciones a una red social para aprovecharla para la distribución de recursos educativos dentro de una comunidad universitaria y así permitir estudiarla ampliamente.

Palabras clave: Red Social, Recursos Educativos, Conectividad, Aprendizaje.

1 Introducción

El ser humano es considerado un actor de naturaleza social, el cual busca su pertenencia a un grupo afín a sus características, objetivos, necesidades o preferencias. Esto ha acontecido desde hace miles de años. Con el desarrollo del lenguaje le fue posible comunicarse entre sí, y esto le ha servido para estructurar hasta nuestros días, distintas relaciones dentro de redes sociales conformadas por círculos familiares, de amigos, comunitarios, educativos y profesionales [3].

Una red social no es un concepto nuevo, sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado una concepción de suficiente popularidad, considerándola como un espacio Web donde una persona puede ingresar mediante la entrega de su perfil con información personal, para posteriormente permitirle la posibilidad de difundir mensajes, publicar imágenes y fotografías de vivencias, compartir pensamientos e

© J. Ramírez, P. Damián, P. Santana and C. Flores (Eds.)
Special Issue in Information Technology
Research in Computing Science 64, 2013, pp. 169-176

inclusive manifestar estados sentimentales. En general, es posible comprender que una red social es un espacio común de personas para compartir ideas y contenidos. Bajo esta idea de conectividad, las personas se relacionan con otras personas, familiares, amigos y conocidos, adicionalmente, crean conexiones con organizaciones a las cuales pertenecen, ya sean educativas, empresariales, civiles, etc. Esta complejidad de conexiones (relaciones) lleva a la aceptación de que cualquier estudio a nivel particular de un individuo, sin analizar y explorar su entorno sería equivalente a disponer de solo una de las piezas de un enorme rompecabezas [6].

En el contexto educativo, cada estudiante desarrolla sus propias conexiones, las cuales le pueden influir notablemente. Comúnmente, por cada red social del mundo real, los estudiantes crean su propia versión virtual bajo plataformas tecnológicas [1]. En las redes reales es posible visualizar algunas de las relaciones que deliberadamente se crean o se tejen como consecuencia de ramificaciones, sin embargo, de forma paralela coexisten relaciones que no se pueden visualizar fácilmente por restricciones de tiempo, espacio o capacidad [7]. Por el contrario, las redes sociales bajo plataformas tecnológicas pueden ser sujetas a exploración, análisis, recolección y representación de datos, a través de programas de cómputo, los cuales se convierten en herramientas útiles para efectuar un amplio estudio de estos sistemas.

Los objetivos formales de la propuesta es discernir sobre los alcances y capacidades de índole educativa de las redes sociales. Además, de llevar a cabo la actual propuesta de investigación como un auténtico proyecto de corte pedagógico y tecnológico. La cobertura del desarrollo ocurrirá de forma experimental dentro de la comunidad de aprendizaje del Departamento Académico de Sistemas Computacionales (DASC) de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), como parte del plan estratégico que uniformemente dirige cualquier iniciativa de investigación.

2 Fundamentación Conceptual

Por medio de las actuales estructuras y topologías de redes tecnológicas se habilita la conectividad como una propiedad de mayor nivel. Gran cantidad de personas se encuentran "conectadas", permitiendo la ramificación de relaciones basadas en sus perfiles personales conteniendo información biológica, mundo social, economía, tradiciones religiosas, entre otros. Todo esto contado en una historia compilada de interrelaciones [7]. Las tecnologías de las redes sociales en línea permiten a los individuos compartir información simultáneamente con cualquier número de pares (otros individuos). Cuantificar el efecto causal de estos medios en la difusión de información no sólo exige la identificación de quién influye a quién, sino también saber si los individuos aún continúan difundiendo información, esto en ausencia de señales sociales de dicha información [2].

Conceptos básicos

Grafos: nodos y extremidades. Un grafo es una forma de especificar relaciones entre

una colección de elementos. Un grafo se compone de un conjunto de objetos, llamados nodos, con ciertos pares de objetos conectados por enlaces llamados aristas o ligas [4]. Por ejemplo, el gráfico de la figura 1, se compone de 13 nodos etiquetados como A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M. Existe un enlace entre dos nodos, A se encuentra conectado a B, y como otra forma de vinculación, E se encuentra conectado a C y D. Se dice que dos nodos son vecinos si están conectados por un enlace y esto define la existencia de una relación entre los nodos. La figura 1 también muestra la forma típica para trazar un gráfico – con círculos que representan los nodos, y una línea de conexión para los nodos que están vinculados por un enlace [4].

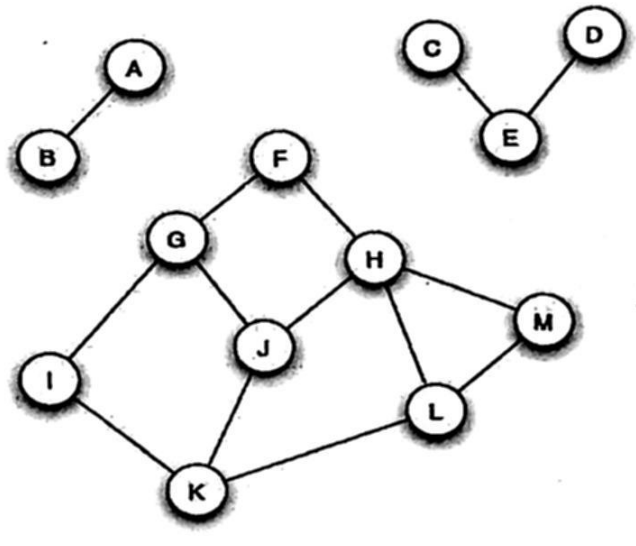

Figura 1. Un grafo con tres componentes.

Conceptos de redes (Wasserman & Faust, 1994):

a) Nodo - actor: entidades sociales tales como personas, organizaciones, ciudades, etc.
b) Liga - línea - arco - extremidad: representa las conexiones (relaciones) entre los nodos actores).
c) Díada: representa un par de nodos (actores) y la cantidad de uniones entre ellos.
d) Triada: representa un subconjunto de tres nodos (actores) y la cantidad de uniones entre ellos.
e) Subgrupo: representa un subconjunto de nodos (actores) y todos los vínculos entre ellos.
f) Grupo: representa una colección de todos aquellos nodos (actores) con la determinación de los lazos que se van a medir.
g) Relación: Colección de los lazos de un tipo específico entre los miembros de un grupo.
h) Red Social: conjunto finito o grupos de actores y la relación o relaciones definidos en ellos.

3 Herramientas y plataformas a utilizar

Las herramientas a utilizar servirán para analizar y representar comportamientos de la red social. Como principal alternativa se ha seleccionado el programa de cómputo Gephi (Plataforma Viz Open Graph), el cual es una plataforma de código abierto y libre para la exploración dinámica e interactiva de redes sociales.

Entre sus funcionalidades, permite analizar detalladamente nodos y relaciones a través de la presentación de gráficos jerárquicos y tablas de datos (fig. 2).

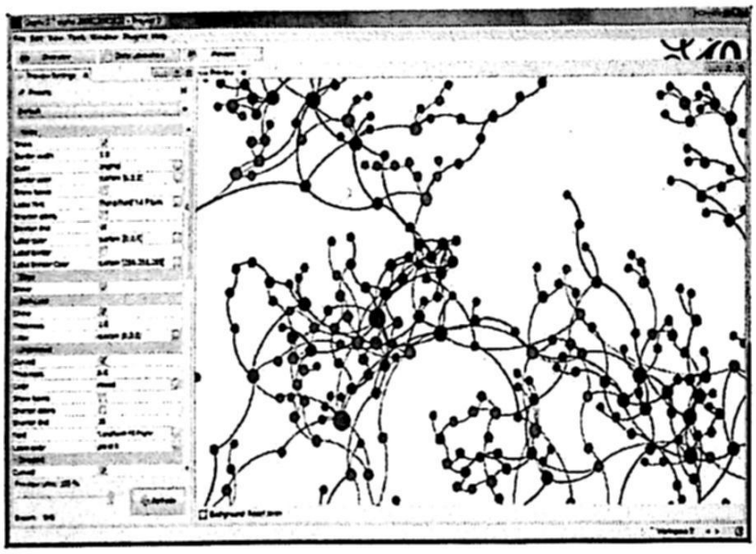

Fig. 2. Pantalla con la presentación gráfica de una red social y su panel de configuración.

Lo trascendental de la herramienta es su capacidad para permitir la exploración y comprensión de los gráficos de la red social. Aunado a esto, la posibilidad de interactuar y manipular las representaciones, estructuras y formas para descubrir datos, propiedades o patrones ocultos de comportamientos. Al obtener información de este tipo será posible realizar hipótesis, identificar éxitos y fallas en los datos recopilados.

Los recursos educativos y de aprendizaje serán incrustados de acuerdo a distintas estrategias académicas, por ejemplo, al acercarse el periodo de evaluación se dispersarán algunos objetos de aprendizaje que contengan estrategias de estudio para desarrollar habilidades de lectura, comprensión y escritura, dedicando una especial promoción entre los alumnos de nuevo ingreso. De acuerdo a los índices de reprobación se inducirán temas de reforzamiento sobre aquellas unidades temáticas que generan menor acreditación. Asimismo, se incorporarán recursos de aplicación general, como el desarrollo de habilidades para una correcta navegación y recopilación eficiente de información en Internet, guías de procedimientos escolares y administrativos, entre muchos otros recursos.

Los formatos de los recursos educativos y de aprendizaje a utilizar serán objetos de aprendizaje, guías, manuales, tutoriales, apuntes, presentaciones, videos, imágenes, etc.

El grupo de individuos base para la investigación será la comunidad conformada por los alumnos seguidores de la red social del DASC de Facebook (fig. 3).

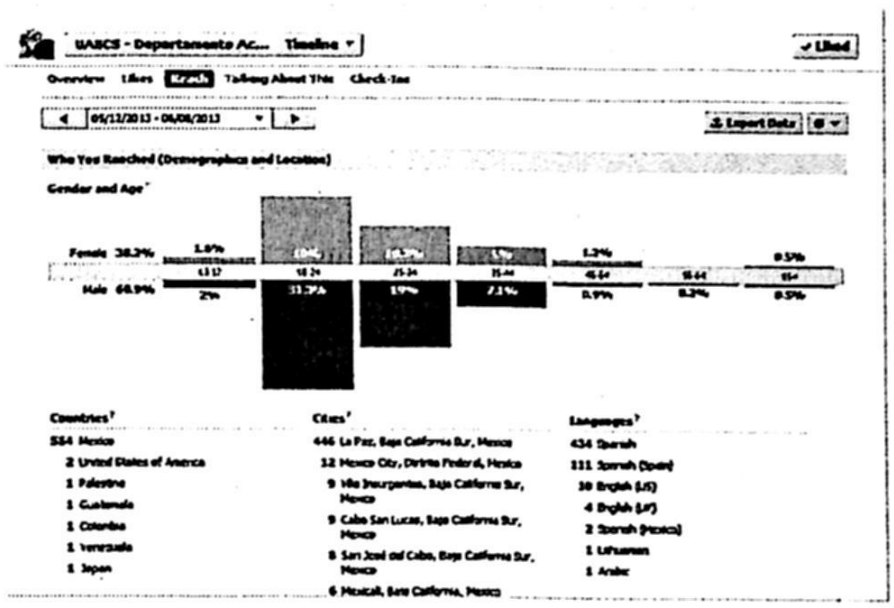

Fig. 3. Pantalla con datos estadísticos de la red social Facebook del DASC.

4 Diseño del Entorno

El diseño pretende desarrollar nuevas modalidades de colaboración, así como las oportunidades que se puedan utilizar para hacer que los procesos de producción y adaptación de recursos educativos sean alcanzables para cualquier persona de la red social. La idea dispone la posibilidad de actuar no sólo como usuario (alumnos) receptor de recursos, sino también fungir como promotor, asesor, productor y evaluador.

También se ha considerado el entendimiento de que a los alumnos nadie les enseña a ser estudiantes, este aprendizaje ocurre cuando se incorporan al dominio de prácticas de los estudiantes al interior de una institución educativa. Dentro de ese dominio los estudiantes recién llegados comienzan a interactuar con otros mayores, de ellos aprenden a comportarse, siguen una forma de vestir y, por último, se comienzan a posicionar respecto a lo que tienen que hacer en los cursos de un modo particular [5]. Las formas de relacionarse con el conocimiento o de aprender están contenidas en esas prácticas. En ellas comienzan a formarse ideas, formas particulares de comprender sus asignaturas, las relaciones sociales, lo que deben aprender, etc. A partir de allí comienza a configurarse la comprensión de lo que es ser estudiante, que significa estudiar, cuál es la relación con los profesores, y otras [5].

Por lo tanto, al implementar el diseño de la red social se creará un entorno al cual se integrarán alumnos de todos los niveles y planes de estudio, y esto sin lugar a dudas fomentará la concurrencia de visitas ocasionando una costumbre de práctica a realizar.

4.1 Colección y representación de datos

Se considerarán las siguientes fuentes de datos: archivos exportados desde la plataforma de la red social de Facebook (fig. 4), cuestionarios y encuestas en línea y papel, observación directa, registros diarios e históricos, experimentos, simulación y derivación.

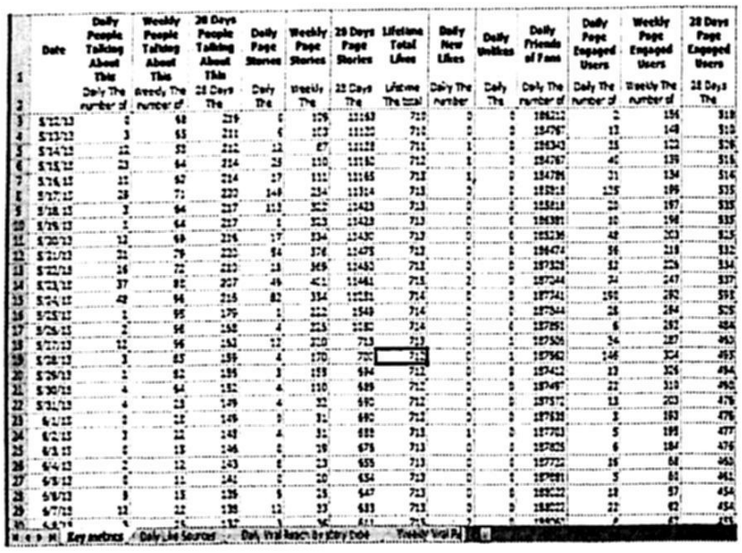

Figura 4. Datos exportados desde la plataforma de la red social.

4.2. Algunas de las posibles relaciones a representar

Rol social: maestro de, compañero de, tutor de, amigo de, jefe de.
Parentesco: hermano de, primo de.
Cognitiva: sabe, ve como similares.
Afectiva: gustos, respetos, odios.
Escolar: cursa, pertenece.
Acciones: habla con, se lleva con, ataca a,
La transferencia de recursos: transacciones escolares, utilización, recomendación, etc.
Co-ocurrencia: se encuentra en el mismo grupo, cursa la misma materia, tiene la misma edad, no ha acreditado las mismas asignaturas, proceden de la misma ciudad, etc.

A través de la herramienta Gephi se planea simular algunos escenarios de estudio. A partir de los datos recabados se aplicarán los modelos ER y BA, también conocidos como modelos de red al azar de Erdos-Renyi y Barabasi-Albert [4].

5 Conclusiones y Resultados Esperados

La iniciativa propone un importante reto pues visualiza una serie de resultados hacia la comunidad del DASC a través de la adecuación de una red social existente. El primer paso es sumamente significativo, representa fijar las bases de la investigación de manera adecuada. Para esto cada uno de los recursos educativos incrustados deberán ser de gran calidad, atracción y beneficio, con ello se abrirán nuevas brechas a través de las ramificaciones de la red.

Consecuentemente, se vislumbra la necesidad de acercarse al estudio del aprendizaje social, que inevitablemente se dará a través de las interacciones entre los alumnos y entre alumnos y profesores dentro de los servicios de la red social. Además, es importante entender como futura necesidad catalogar a los recursos bajo el esquema de Recursos Educativos Abiertos (REA), una vez incrustado un recurso, éste viajará por los nodos (alumnos y maestros) y adquirirá la clasificación extra como recurso social ya que serán objetos utilizables para el proceso de aprendizaje.

Como resultados esperados se consideran:

- Identificar y compartir las mejores prácticas.
- Facilitar la colaboración de los alumnos de los diferentes semestres y planes de estudio.
- Mejorar los canales de comunicación de la comunidad del DASC.
- Facilitar y fomentar la comunicación al interior de los grupos.
- Identificar perfiles (alumnos) expertos, para inducirles nuevos roles más provechosos para la red.
- Mejorar procesos escolares y administrativos.
- Apoyar a alumnos de nuevo ingreso mediante recursos educativos, administrativos y procedimentales.
- Obtener datos que permitan idear estrategias para mejorar índices de rendimiento académico.
- Trasmisión de conocimiento.
- Co-creación de recursos educativos.

6 Referencias

1. Rog Kim, K., Moon, N.: Designing a social learning content management system based on learning objects. (2012). Disponible en: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11042-012-1014-3/fulltext.html
2. Bakshy, E., et al: The Role of Social Networks in Information Diffusion. (2012).

3. Boyd, D. M., Ellison, N. B.: Social network sites: Definition, History, and Scholarship. Journal of Computer-Mediated Communication, 13(1), article 11. (2007). http://jcmc.indiana.edu/vol13/issue1/boyd.ellison.html
4. Easley, D., Kleinberg, J.: Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World. Cambridge University Press (2010). Preimpresión disponible en http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book/
5. Aral, S., Walker, D.: Creating Social Contagion through Viral Product Design: A Randomized Trial of Peer Influence in Networks (2011). Disponible en: http://misrc.umn.edu/workshops/2011/spring/AralVPDFinal1110.pdf.
6. Barabasi, A.: Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life. Plume. U.S.A. (2003).
7. Christakis, N., Fowler, J.: Connected: The Surprising Power of Our Social Networks and How They Shape Our Lives. Little, Brown and Company. U.S.A. (2009).

Reviewing Committee

Comité de revisión

Ricardo Acosta Díaz
Francisco Álvarez
Omar Álvarez Cárdenas
María Andrade-Aréchiga
Raymundo Buenrostro Mariscal
María Eugenia Cabello
César Cárdenas
Joaquín Carrillo
Víctor H. Castillo
Luis Castro
Juan José Contreras Castillo
Pedro Damián-Reyes
Alfredo De La Mora
Martha Elizabeth Evangelista Salazar
Karina Figueroa
Carlos Flores
Gerardo Fuentes
Ricardo Fuentes Covarrubias
Juan Manuel González Calleros
José A. González-Fraga
Juan Antonio Guerrero Ibáñez
Román Herrera
Juan Pablo Hourcade
Walter A. Mata
Margarita Glenda Mayoral Baldivia
Leonel Vinicio Morales Díaz
Mario Alberto Moreno Rocha
JRG Pulido
Juan Manuel Ramírez Alcaraz
Erika Margarita Ramos Michel
Fernando Rodríguez
Oscar M. Rodríguez-Elías
M. C. Romero-Ternero
Sara Sandoval Carrillo
Pedro César Santana Mancilla
Andrei Tchernykh

This volume includes 21 state of the art research papers that were carefully reviwed and selected. This edition includes evaluation of systems designed to manage vehicular traffic and detection of risky driving behavior patterns in urban environments. Study of sensor networks is also covered by projects that propose an architecture platform for opportunistic and participative sensing, and analyze performance of MAC protocols in wireless sensor networks. In the area of decision-making authors describe schemes for acting in emergency events such as forest fires, and describe a pattern learning mechanism for assisting medical decisions. Topics also covered in this issue include web services, IT and education, smart cities and urban environments.

With a participation of 38 submitting Mexican universities and research centers this proceedings are an important reference of the topics that Mexican researchers are currently investigating. Future research directions can be taken from the results that researchers are presenting.

ISSN: 1870-4069
www.ipn.mx
www.cic.ipn.mx

SMCC

amexihc
Asociación Mexicana de Interacción Humano-Computadora A.C.

Universidad de Colima

SEP
Secretaría de Educación Pública

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"