

Aprendizaje de perfiles de usuario web para modelizar interfaces adaptativas

Learning user profiles to model adaptive interfaces

Augusto Cortez Vásquez¹ y Cayo León Fernández²

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

El objetivo primario de la presente investigación es ofrecer los conceptos relacionados a la "interfaz de usuario", como la parte de un sistema basado en conocimiento que tiene como función las relaciones con el usuario. Consideramos que es imprescindible abordar el problema de la interfaz de usuario desde el punto de vista ergonómico aprovechando los métodos y herramientas que se han desarrollado al respecto. Uno de los problemas que reviste real interés en el área de minería de uso de la web es capturar las actividades de los usuarios durante su conexión y extraer patrones de comportamiento que permitan definir su perfil con el objetivo de diseñar interfaces adaptativas. En segundo lugar, se utiliza las gramáticas probabilísticas libre de contexto que permite modelizar las sesiones de navegación. Ese representa las sesiones web mediante grafos y gramáticas libres de contexto probabilísticas de tal forma que las sesiones que tengan mayor probabilidad son consideradas las más visitadas o más preferidas, por tanto las más relevantes en relación a un tópico determinado. Se pretende desarrollar una herramienta para procesamiento de sesiones web obtenidas a partir de log de servidor representado mediante gramáticas probabilísticas libres de contexto.

PALABRAS CLAVE: Interfaz, Interfaces adaptativas, perfiles de usuario, Gramáticas probabilísticas, patrones de navegación, aprendizaje de patrones, gramática probabilística de hipertexto.

ABSTRACT

The primary objective of this research is to offer concepts related to the "user interface", as part of a knowledge-based system whose function relations with the user. We believe it is imperative to address the problem of user interface from an ergonomic point of view taking advantage of methods and tools that have been developed in this regard. One issue that is of real interest in the mining area of use of the web is to capture user activities during connection and extract patterns of behavior to define their profile in order to design adaptive interfaces. Second, the context-free grammars probabilistic modeling that allows browsing sessions is used. That renders Web sessions by graphs and probabilistic context-free grammars so that the sessions that are most likely are considered the most popular or most preferred, therefore the most important in relation to a particular topic. It aims to develop a tool for processing Web meetings obtained from server log represented by probabilistic free grammars of context.

KEYWORDS: Interface, adaptive interfaces, user profiles, probabilistic grammars, browsing patterns, learning patterns, hypertext probabilistic grammar.

Recibido: 08/06/2015

Aprobado: 14/08/2015

1 Magíster en Computación e Informática, Docente Principal Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Sistemas e Informática, <acortezv@unmsm.edu.pe>
2 Magíster en Computación e Informática, Docente Principal Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Sistemas e Informática, <cleonf@unmsm.edu.pe>

Introducción

Actualmente nos encontramos en una sociedad del conocimiento posibilitado por el intercambio de información y esto se debe a las tecnologías de información y comunicaciones (TICs). Hasta hace pocos años los vínculos entre la psicología y al IA han tendido a circunscribirse a los aspectos más teóricos, científico-básico y epistemológicos; sin embargo, se han realizado diversas investigaciones acerca de los aspectos comunes y las diferencias entre el estudio de la inteligencia humana y el diseño artificial. En principio debemos considerar que “el perfil de los usuarios” de aplicaciones informáticas ha cambiado drásticamente en los últimos años. Las aplicaciones web, las aplicaciones móviles, el desarrollo de instrumentación inteligente, la aparición de textos electrónicos coloca delante de las aplicaciones informáticas a un nuevo tipo de usuarios que tiene que enfrentarse al uso de un arreglo de información menos lineal con una mayor presencia de elementos audiovisuales.

El problema de interfaz de usuario de aplicaciones informáticas, es que muchas veces los usuarios no responden a lo que objetivamente se esperaba de ellos, dando lugar a rechazos injustificados, infrautilización de los sistemas y, en el peor de los casos, a errores y accidentes. Aunque debe reconocerse que en muchos casos los usuarios sí responden a lo esperado para que la explotación del sistema pueda considerarse razonablemente aceptable; sin embargo, el problema es que, en cualquier caso si los aspectos psicológicos no son considerados o no se han previsto y analizado explícitamente en el momento de diseñar la aplicación, no podremos predecir los efectos positivos o negativos que producirán.

El concepto de “Interfaz de usuario” tiene varias acepciones, es al mismo tiempo, lo que la persona (usuario) que usa un compu-

tador “ve” en la pantalla, y al mismo tiempo el programa que controla lo que aparece en la pantalla (fig. 1). La relevancia que el concepto conlleva es la interfaz no es un añadido que acompaña a la aplicación informática que da soporte al intercambio de información, sino de algo más sofisticado que constituye un elemento esencial en el diseño de productos de ingeniería de conocimiento [1].

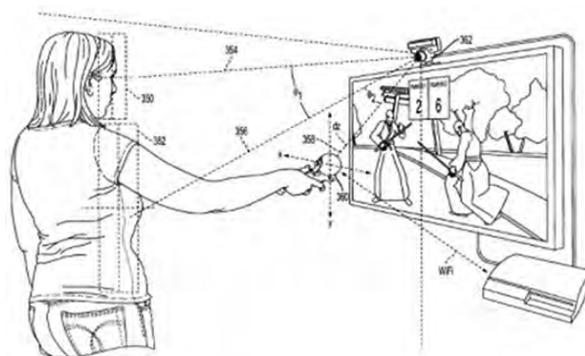


Figura 1. Interfaces de usuario.

En el ámbito de diseño de nuevas interfaces, se debe tener en consideración la ergonomía, también llamada “Ingeniería de factores humanos” o “ingeniería psicológica”, lo cual consiste en la disciplina que se ocupa de introducir los “factores humanos” en el diseño de todo tipo de máquinas, herramientas e interfaces, con el objeto de optimizar y facilitar su utilización. El origen del diseño ergonómico se remonta a la preocupación que despertó el significativo aumento de los accidentes de aviación que se empezaron a producir cuando los puestos de mandos de control de los aviones se hicieron demasiados complejos. Cada vez se acentúa la necesidad de conocer como los usuarios interactúan con los sitios web. La minería web (MW) se refiere esencialmente al descubrimiento y análisis de información de los usuarios en la web, con el objetivo de descubrir patrones de comportamiento. Alcívar se refiere al término MW, como la tecnología usada para descubrir información no obvia a partir de fuentes de datos que incluyen los logs del servidor.

Las demandas del usuario en su proceso de aprendizaje han cambiado drásticamente, teniendo en cuenta sobretodo que la integración de nueva información a la estructura de conocimiento es un proceso individual. Hoy en día la facilidad de uso se ha convertido en uno de los factores más críticos a la hora de cambiar por un sistema u otro, en consecuencia, es el texto el que debe acomodarse al lector y no el lector al texto [27]. Con el hipertexto, los lectores no están restringidos a seguir la estructura de la materia en cuestión o la lógica de la secuencia con que el autor concibió el tema. Según lo señala Nelson, cada estructura de conocimiento en cada sujeto es única, basada tanto en experiencias y capacidades únicas, como en formas particulares de acceso, interacción e interrelación con el conocimiento, en tal sentido se requiere diseñar interfaces adaptativas al usuario [22]. El tiempo es precioso, y el usuario no quiere leer manuales, sino que lo que quiere es dedicar el tiempo simplemente a realizar las tareas, y no a cómo aprender a manejar un sistema. El usuario lo que espera actualmente de un sistema es que pueda sentarse ante su ordenador y comenzar a trabajar sin sentir ningún tipo de frustración por no saber cómo realizar una tarea [27].

La interacción del usuario con el hipertexto está determinada por sus intereses, necesidades e inquietudes así como su perfil emocional. El hipertexto, según lo señala Rueda, se convierte en un ambiente propicio de exploración acerca de qué es lo que le interesa al sujeto conocer y, al mismo tiempo, ambiente para probar hipótesis de aprendizaje, habilidades y estrategias cognitivas, lo cual se logra en mayor medida a través de sistemas de interface inteligentes [21]. El perfil de usuario está definido como una colección de opciones de configuración que hacen que el equipo tenga el aspecto y funcione de la manera que el usuario desee. Debe quedar claro que un perfil de usuario no es lo mismo que

una cuenta de usuario, que se usa para iniciar sesión en Windows.

Materiales y métodos

La investigación se realizó con una muestra de archivos logs del servidor del laboratorio de computadoras de la Facultad de Ingeniería de Sistemas. A partir de estos archivos se construyó la gramática de hipertexto (GH), para ello se determinó la cantidad de veces que se aplicó una determinada regla gramatical y se realizan cálculos estadísticos calculando la frecuencia en que aparecen las páginas en las sesiones de navegación. Para tal efecto, cada símbolo no terminal de GH corresponde a una página y cada regla de derivación una transición de una página a otra, luego se le asignó las probabilidades a cada una de las reglas de producción. Para modelar las sesiones de navegación se construyó un grafo. Se desarrolló un programa en Java usando la plataforma Netbeans Ide 7.3.

Resultados

a) Definición de la gramática

Se definió la gramática G identificando los símbolos terminales, no terminales y las reglas de derivación. A cada página identificada se le asignó un símbolo no terminal. Una gramática G es un modelo lingüístico-matemático que describe el orden sintáctico que deben cumplir las frases bien formadas de un lenguaje [5], [6]. Una gramática se define formalmente como en (1):

$$G = (V_T, V_N, P, S) \quad (1)$$

Donde:

V_T : conjunto finito de símbolos terminales del lenguaje

V_N : conjunto finito de símbolos no terminales
 P : conjunto finito de reglas de producción
 $S \in V_N$: Símbolo distinguido o axioma inicial

A partir del axioma S se reconocerán las secuencias de L aplicando sucesivamente las reglas de producción.

$$P: A \rightarrow \alpha \quad \text{Donde: } A \in V_N \text{ y } \alpha \in (V_N \cup V_T)$$

El lado izquierdo consta de solo un no terminal, mientras que el lado derecho consta de una secuencia de terminales y no terminales [2], [5].

Una gramática libre de contexto probabilística (GLCP) es una gramática libre de contexto en la cual cada regla tiene asignada una probabilidad. La probabilidad de un análisis sintáctico es el producto de las probabilidades de cada una de las reglas usadas en éste. De esta manera existen análisis que son más consistentes que otros. Nótese que las GLCP extienden las gramáticas libre de contextos incluyéndoles una función de probabilidad [7], [8].

Una GLCP se define entonces como una quintupla $G = (V_T, V_N, P, S, \xi)$ donde ξ es una función para asignar probabilidades a cada regla en P . La función ξ expresa la probabilidad de que un no-terminal dado será expandido a la secuencia β . Una gramática probabilística tiene para cada regla P una probabilidad condicional:

$$A \rightarrow \beta \quad [p]$$

b) Definición de gramática probabilística de hipertexto

A partir del conjunto P de sesiones de navegación obtenidas desde los archivos logs del servidor, se identificó las páginas involucradas, las que se representaron mediante símbolos no terminales de G .

$$V_T: \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\}$$

$$V_N: \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7\}$$

Las reglas de producción se visualizan en el grafo de la fig. 2, en donde las aristas están etiquetadas con la probabilidad P_{ij} de derivar A_i a A_j .

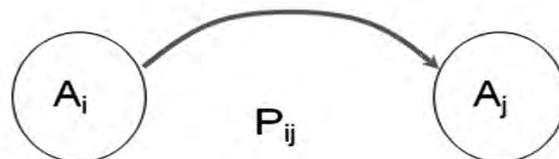


Figura 2. Diagrama de transiciones.

El siguiente paso consistió en realizar el cálculo estadístico para asignar probabilidades (ver tabla I). Luego de determinar la cantidad de veces que se enlazan las páginas se calculó todas las probabilidades medias y condicionadas y el número de veces que se aplicó una regla gramatical.

Luego se amplió la gramática G a una gramática GPH . Se distinguen las producciones en dos tipos:

- **Producciones de inicio**, aquellas que comienzan con el axioma (S) y corresponde al inicio de una sesión,
- **Producciones transitivas aquellas** que inician con un no terminal distinto a S , y corresponden a los enlaces entre páginas

La tabla II muestra la gramática con sus probabilidades:

c) Grafo de sesiones

Las reglas de producción se visualizan en el siguiente grafo (ver fig. 3), en donde las aristas están etiquetadas con la probabilidad P_{ij} de derivar A_i a A_j .

TABLA I
Determinación de probabilidades

Regla	Ocurrencia de α	Ocurrencia de $\alpha \rightarrow \beta$	Probabilidad
$S \rightarrow a_1A_1$	100	12	0.12
$S \rightarrow a_2A_2$	100	3	0.03
$S \rightarrow a_3A_3$	100	8	0.08
$S \rightarrow a_4A_4$	100	9	0.09
$S \rightarrow a_5A_5$	100	25	0.25
$S \rightarrow a_6A_6$	100	33	0.33
$S \rightarrow a_7A_7$	100	10	0.10
.....			
$A_6 \rightarrow a_2A_7$	50	16	0.32
$A_6 \rightarrow a_2A_7$	50	34	0.68
$A_7 \rightarrow F$	15	15	1.00

Fuente: Autor

TABLA II
Gramática con probabilidades

1) $S \rightarrow a_1A_1$	(0.12)	14) $A_2 \rightarrow a_5A_7$	(0.32)
2) $S \rightarrow a_2A_2$	(0.03)	15) $A_4 \rightarrow a_5A_5$	(0.26)
3) $S \rightarrow a_3A_3$	(0.08)	16) $A_3 \rightarrow a_2A_4$	(0.63)
4) $S \rightarrow a_4A_4$	(0.09)	17) $A_3 \rightarrow a_5A_6$	(0.37)
5) $S \rightarrow a_5A_5$	(0.25)	18) $A_5 \rightarrow a_3A_6$	(0.23)
6) $S \rightarrow a_6A_6$	(0.33)	19) $A_5 \rightarrow a_2A_1$	(0.30)
7) $S \rightarrow a_7A_7$	(0.10)	20) $A_6 \rightarrow a_2A_7$	(0.32)
8) $A_1 \rightarrow a_2A_3$	(0.35)	20) $A_1 \rightarrow F$	(0.30)
9) $A_1 \rightarrow a_4A_4$	(0.12)	21) $A_4 \rightarrow F$	(0.57)
10) $A_1 \rightarrow a_3A_7$	(0.23)	22) $A_5 \rightarrow F$	(0.47)
11) $A_4 \rightarrow a_2A_6$	(0.17)	23) $A_6 \rightarrow F$	(0.68)
12) $A_2 \rightarrow a_2A_3$	(0.23)	24) $A_7 \rightarrow F$	(0.10)
13) $A_6 \rightarrow a_4A_2$	(0.45)		

Fuente: Autor

d) Determinación de probabilidades de sesiones

A partir de la gramática se las cadenas que representan a las sesiones de navegación de los usuarios (ver tabla III), se realizó un cálculo estadístico sobre una colección de sesiones de

navegación que permitió obtener el número de veces que una página aparece como página inicial, el número de veces que aparece como página final y el número de veces que no es ni página inicial ni final. A partir de esta estadística se obtendrá un patrón.

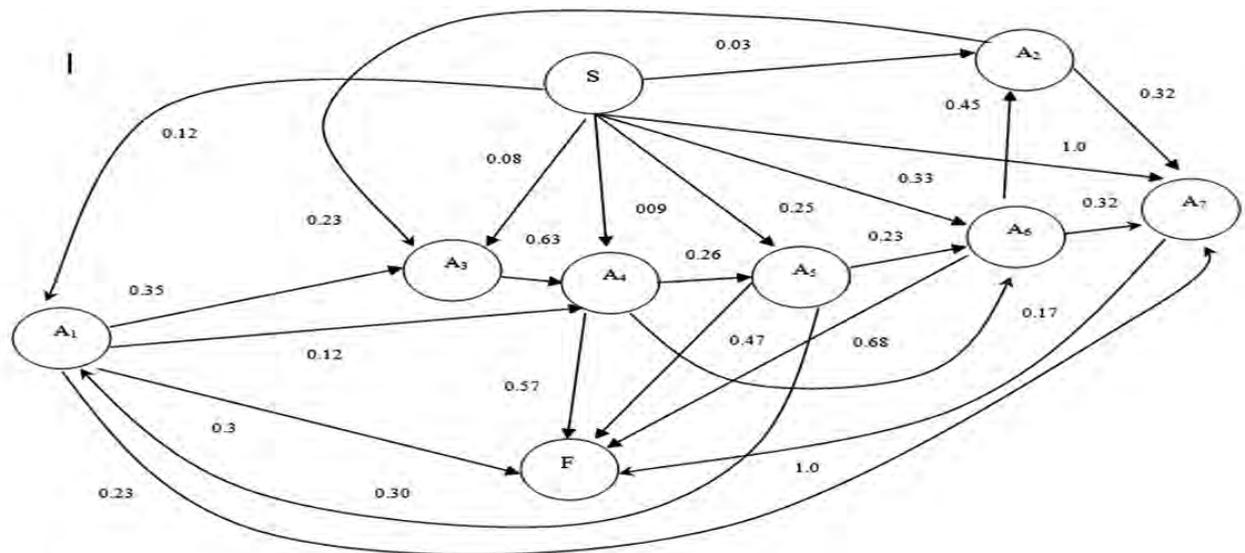


Figura 3. Grafo de sesiones. Fuente: Autores.

TABLA III
Sesiones de navegación

ID	Sesión
1	$A_1 \rightarrow A_3 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_6 \rightarrow A_7$
2	$A_1 \rightarrow A_7$
3	$A_1 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_6$
4	$A_3 \rightarrow A_4 \rightarrow A_6$
5	$A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_6 \rightarrow A_2 \rightarrow A_7$
6	$A_1 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_1$
7	$A_5 \rightarrow A_6 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5$
8	$A_3 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_1 \rightarrow A_4 \rightarrow A_6$

Fuente: autor

Sea S_i una sesión del conjunto P

A_i Página involucrada en una sesión S_i

r_i : número de veces que una página A_i fue requerida en las sesiones de P

p_i : número de veces que una página A_i fue el primer estado en una sesión S_i de P .

u_i : número de veces que una página i fue el último estado en una sesión S_i de P .

t_{ij} : número de veces que una subsecuencia de dos páginas aparece en la sesión, o lo que es lo mismo, el número

de veces que el enlace fue atravesado de P

$\alpha > 0$: se pueden generar cadenas desde cualquier estado

$\alpha = 0$: solo los estados que fueron primeros en las sesiones actuales tienen probabilidad mayor que cero de ser una producción de inicio

$\alpha > 0$: se pueden generar cadenas desde cualquier estado

$\alpha = 1$: la probabilidad de una producción de inicio es proporcional al número de veces que el correspondiente estado fue visitado. El nodo destino de una producción con más alta probabilidad corresponde al estado que fue visitado más a menudo

N: $N \geq 1$ Determina la memoria del usuario cuando se navega por la red, es decir, el número de URL anteriores que puede influir en la elección del siguiente URL. Si $N=1$ el resultado será la que se conoce formalmente como una cadena de Markov, que es un tipo especial de proceso estocástico discreto en el que la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediatamente anterior. Esta característica

TABLA IV
Estadística de elección de producción a partir del axioma S

Producción p	α	NVA ₁	NTA ₁	NIA ₁	NTI	P(p)
S → a ₁ A ₁	0.5	6	36	4	8	0.33333333
S → a ₂ A ₂	0.5	2	36	0	8	0.02777778
S → a ₃ A ₃	0.5	4	36	2	8	0.18055556
S → a ₄ A ₄	0.5	7	36	1	8	0.15972222
S → a ₅ A ₅	0.5	6	36	1	8	0.14583333
S → a ₆ A ₆	0.5	6	36	0	8	0.08333333
S → a ₇ A ₇	0.5	2	36	0	8	0.02777778

Fuente: autor.

de falta de memoria recibe el nombre de propiedad de Markov así como se muestra en (2):

Si $N = 1$ y $\alpha = 0$.

$$P(S \rightarrow a_1 A_1) = \frac{\alpha * N - V - A_1}{N - T - V} + \frac{\alpha * N - I - A_1}{N - T - I} \quad (2)$$

Donde:

N-V-A₁: número de visitas a A₁ = 6

N-I-A₁: número de inicios de A₁ = 4

N-T-V: número total de visitas = 36

N-T-I: número total de inicios = 8

A partir del axioma S se pueden elegir los símbolos entre A₁ y A₇, aplicando la fórmula se obtiene que la página A₁ tiene mayor probabilidad de ser seleccionada, siguiéndole en orden A₃, A₄, A₅ y A₆, A₂ y A₇ tienen la misma probabilidad (tabla IV) lo cual se visualiza en la fig. 6.

$$P(S \rightarrow a_1 A_1) = \frac{0.5 * 6}{36} + \frac{0.5 * 4}{8} = 0.33 \quad (3)$$

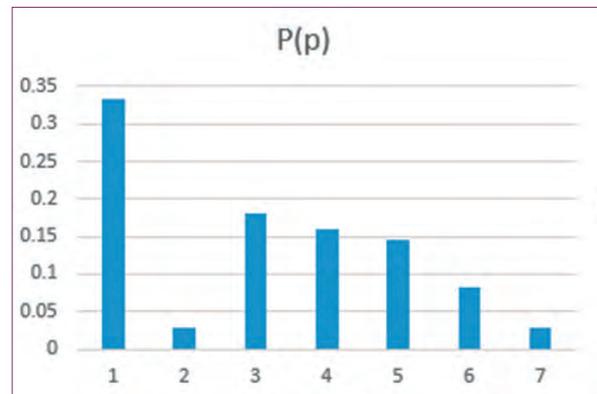


Figura 4. Cuadro comparativo de probabilidad de página seleccionada a partir del axioma S.

Fuente: Autores.

Ventajas del uso de perfiles de usuario

- Varios usuarios pueden utilizar el mismo equipo.
- Cuando los usuarios inician una sesión en sus estaciones de trabajo, reciben la configuración de escritorio que tenían al terminar la última sesión.
- La personalización del entorno de escritorio efectuada por un usuario no afecta a la configuración del resto de usuarios.
- Los perfiles de usuario se pueden almacenar en un servidor para que los usuarios puedan utilizarlos en cualquier equipo de la red.
- Datos de programa: datos específicos de los programas, diccionarios personaliza-

- dos, perfiles de programas.
- f) Cookies: información y preferencias del usuario.
- g) Favoritos: accesos directos a las ubicaciones favoritas de internet.
- h) Escritorio: elementos de escritorio, accesos directos, carpetas.
- i) Documentos recientes: accesos directos a los documentos utilizados recientemente.

Conclusiones

- a) Se pone de relieve que en el marco de la referencia para el desarrollo de interfaces de usuario no puede ser el que habitualmente se utiliza para llevar a cabo el análisis funcional de las aplicaciones informáticas, debido a que eso solo cubre los aspectos técnicos, mientras que lo que se necesita aquí es un punto de vista nuevo, diseñar interfaces adaptativas en función del perfil del usuario.
- b) Se utilizó como instrumento para modelizar las sesiones de navegación de las gramáticas libres de contexto muy utilizadas en teoría de lenguajes, como instrumento para detectar las preferencias de los usuarios por las páginas web. Este instrumento permite que las empresas comerciales puedan perfeccionar sus sitios electrónicos para maximizar el impacto comercial en función de la conducta dinámica de sus visitantes.
- c) Cuando se desarrolla una interfaz de usuario de una aplicación informática se presentan dificultades tanto al momento de diseño como en su implementación. El porcentaje de código dedicado al manejo de la interfaz hoy en día supera el 50% del total. Las razones para la dificultad a la hora de implementar una interfaz son las mismas que presentan las aplicaciones típicas de mayor complejidad: multiproceso, robustez y requisitos de tiempo real.
- d) Se utilizó una muestra de archivos log las sesiones de navegación de los usuarios representándolas mediante gramática probabilística de hipertexto, de tal forma que las secuencias generadas o reconocidas por la gramática corresponden a las sesiones o caminos preferidos por los usuarios.
- e) La principal dificultad de construir la gramática libre de contexto probabilística fue primero construir la gramática y luego asignar las probabilidades a cada regla de producción.
- f) El modelo desarrollado puede servir para calcular la probabilidad de alcanzar una página si el usuario está en una página dada.
- g) Existen muchas herramientas de análisis y estadísticas de sitios web que junto a los servidores web, proporcionan vistas y resúmenes de datos muy buenos para generar informes y gráficos, pero no permiten realizar otras actividades como la extracción de patrones sobre el comportamiento de los usuarios, o bien estudiar la relevancia y clasificación de las páginas. Nuestro análisis de sesiones web modeladas mediante gramáticas libre de contexto se equipara con la capacidad de extraer y utilizar información de las sesiones a fin de permitir aprender patrones de comportamiento de los usuarios. Los patrones obtenidos a partir de usos pasados pueden determinar la personalización de la web, entendiéndose como personalización a cualquier acción que adapta la web al gusto del usuario.
- h) El contar con la tecnología adecuada para diseñar interfaces adaptativas permite aplicar ese valor estratégico a la construcción de espacios colectivos, lo que deriva en ir descubriendo el verdadero perfil del usuario de hoy en día. Un usuario que produce contenidos y servicios, transforma el lenguaje simplificando el esfuerzo para lograr la máxima efectividad y que, conec-

tado en todo momento, crea y accede a comunidades de forma instantánea.

- i) La lingüística computacional, no es solamente un método, sino un paradigma con un esquema computacional del procesamiento del lenguaje que ha dado lugar a una amplísima diversidad de aplicaciones, en nuestro caso a aprendizaje de perfiles de usuario web para diseñar interfaces adaptativas.
- j) Uno de los principios del desarrollo de software es la reutilización de código. Generalmente el diseño de interfaces de usuario adaptativas ha sido afrontado aplicando soluciones adhoc, que no se integran dentro del ciclo de vida del desarrollo habitual de una aplicación informática. La utilización de este tipo de métodos causa que el costo de diseño de una interfaz de usuario con ciertas capacidades de adaptación sea muy elevado, debido al bajo nivel de reutilización, tanto del código como de la experiencia adquirida durante el desarrollo de las capacidades de adaptación. Las aproximaciones basadas en modelos han proporcionado al desarrollo de interfaces de usuario la sistematización necesaria para la reutilización tanto del código como en parte de la experiencia, y han permitido la generación automática o semiautomática de las interfaces de usuario para distintas plataformas, contribuyendo al proceso de desarrollo de software..

Referencias bibliográficas

- [1] ADARRAGA, P. (1994). *Psicología e inteligencia artificial*. Edit Trotta Colección Estructuras y procesos Madrid 1994.
- [2] AGUILAR, M. (2003). Hipertexto y aprendizaje en la educación superior, insinuaciones metodológicas para el uso de atlas ti para el aprendizaje de las ciencias. *Mensaje Bioquímico*, Vol XXVII. Depto. Bioquímica, Fac Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd Universitaria, (<http://bq.unam.mx/mensajebioquimico>).
- [3] ALCIVAR, P. et al. (2007). *Sistema de análisis de patrones de navegación usando minería web*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [4] CONTRERAS, H. (2001). *Procesamiento del lenguaje natural basado en una gramática de estilos para el idioma español*. Universidad de los Andes.
- [5] BODEN B. (1994). *Filosofía de la inteligencia artificial*. Fondo Editorial Económica, México.
- [6] BOOCH, G. (2006). *El lenguaje unificado de modelado*. Madrid: Edit Pearson.
- [7] CORTEZ, A. (2013). *Lenguajes y traductores*. Lima: UCSS, pp. 34-36.
- [8] CORTEZ, A. (2015). *Sistema de Aprendizaje de Patrones de Navegación Web Mediante Gramáticas Probabilísticas de Hipertexto*. INGE CUC, 11(1)
- [9] CORTEZ, A. (2013). Gramáticas probabilistas. *Revista Algorithmic* (4)1, pp. 9-16.
- [10] CORTEZ, A. et al. (2009). Procesamiento de lenguaje natural, *Rev. RISI* 6(2), pp. 45-54,
- [11] GONZALES C. (2008). *Diseño y evaluación de hipertexto*, Julio. <http://www.usabilidadweb.com.ar/hipertexto.php>
- [12] HERNÁNDEZ et al. (2008). *Introducción a la minería de datos*, 2nd ed. España: Pearson.
- [13] IRIATE (2005). Patrones de navegación hipertextual en usuarios inexpertos de sexto grado. *Rev. del Inst. Estud. Super. en Educ.* 1(6), pp. 116-129.
- [14] LAMARCA, F., *Arquitectura de un sistema hipertextual*. <http://www.hipertexto.info/documentos/literat.htm>
- [15] ORTEGA, S. (2008). Espacios interactivos de comunicación y aprendizaje. La construcción de identidades. *Revista de Universidad y Sociedad del conocimiento*. Universidad Oberta de Catalunya.
- [16] PRATT, T. (1988). *Lenguajes de programación, diseño e implementación*. Prentice Hall Hispanoamericana.
- [17] PALMA, J. (2008). *Inteligencia artificial. Tecnicas*,

- métodos y aplicaciones*. Madrid: Edit Mc Graw Hill.
- [18] PENROSE, R. (1996). *Las sombras de la mente*. Barcelona: Edit. Crítica, Grijalbo.
- [19] PISCOYA, L. (2000). *Temas de epistemología*. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega Fondo Editorial.
- [20] ROVIRA, C., *Entornos hipertextuales de aprendizaje*. Barcelona: Universitat Pompeu Fabra.
- [21] RUEDA, R. (2004). Formación, hipertexto y ambientes de aprendizaje. *Revista Educación y pedagogía* N° 14.
- [22] RUSSELL, S. (2014). *Inteligencia artificial. Un enfoque moderno*, 2nd ed. México: Pearson [2004].
- [23] SÁNCHEZ, J. (1999). Estimación de gramáticas incontextuales probabilísticas y su aplicación en modelización del lenguaje. Tesis para optar al grado de Doctor en Informática. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- [24] SALINAS, J. (2001). *Hipertexto e hipermedia en la enseñanza universitaria*. Universidad de las Islas Baleares.
- [25] SALMERON, L. (s/f). Análisis de la adquisición del conocimiento en sistemas hipertexto a partir de las estrategias de navegación del usuario; Dept de Psicología Experimental, Universidad de Granada.
- [26] SCOLARI, C. (2010). Los espacios hipertextuales: la arquitectura de la información. <http://www.fcpolit.unr.edu.ar/programa/2010/07/21/los-espacios-hipertextuales-la-arquitectura-de-la-informacion-carlos-scolari/>
- [27] LÓPEZ, V. (2005). *Interfaces de usuarios adaptativas basadas en modelos y agentes de software*. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla, La Mancha, España.