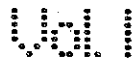


Una Perspectiva de la Inteligencia Artificial en su 50 Aniversario

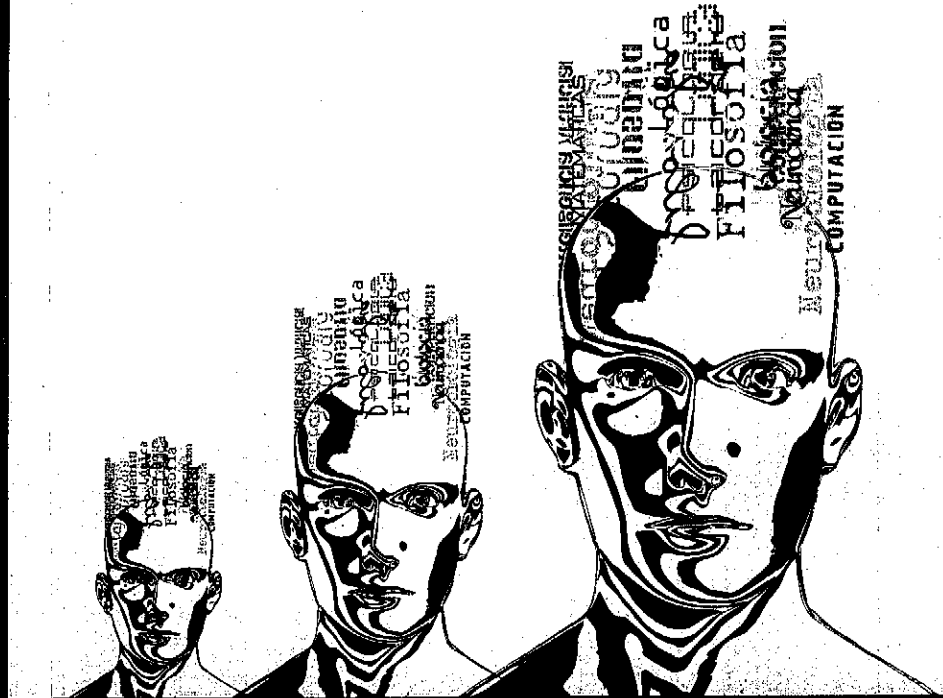


El 31 de Agosto de 1955, J. McCarthy (Dartmouth College, New Hampshire), M. L. Minsky (Harvard University), N. Rochester (IBM Corporation) y C. E. Shannon (Bell Telephone Laboratories) propusieron una reunión en el verano de 1956 a un grupo de investigadores para que aportaran sus ideas sobre la conjetura de que cada aspecto del aprendizaje y cada característica de la inteligencia podían ser tan precisamente descritos que se podían crear máquinas que las simularan. El encuentro, ahora conocido como la Conferencia de Dartmouth, se llevó a cabo con tal éxito que el evento acuñó el término Inteligencia Artificial y con él una nueva área científica de conocimiento. En el año 2006 se cumplen cincuenta años de la Conferencia de Dartmouth.

Este libro contiene los artículos presentados al Congreso Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia CMPI-2006 dentro del evento de conmemoración más trascendente en lengua española de los *50 Años de la Inteligencia Artificial*, el Campus Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia celebrado en el Campus de la Universidad de Castilla-La Mancha en Albacete del 10 al 14 de Julio de 2006.

CMPI 011

Una perspectiva de la inteligencia artificial en su 50 aniversario



Una Perspectiva de la Inteligencia Artificial en su 50 Aniversario

Antonio Fernández-Caballero
María Gracia Manzano Arjona
Enrique Alonso González
Sergio Miguel Tomé (Eds.)

Una Perspectiva de la Inteligencia Artificial en su 50 Aniversario

Campus Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia, CMPI-2006
Albacete, España, 10-14 de Julio del 2006
Actas, Volumen I

Universidad de Castilla-La Mancha
Departamento de Sistemas Informáticos

Presentación

El 31 de Agosto 1955, *J. McCarthy* (Dartmouth College, New Hampshire), *M.L. Minsky* (Harvard University), *N. Rochester* (I.B.M. Corporation) y *C.E. Shannon* (Bell Telephone Laboratories) lanzaron una propuesta para reunir en el verano de 1956 a un grupo de investigadores que quisieran trabajar sobre la conjetura de que cada aspecto del aprendizaje y cada característica de la inteligencia podían ser tan precisamente descritos que se podían crear máquinas que las simularan. El encuentro, celebrado en 1956 y ahora conocido como la conferencia de Dartmouth, se llevó a cabo con tal éxito que el evento acuñó el término *Inteligencia Artificial* y con él una nueva área científica de conocimiento. En el año 2006 se cumplen cincuenta años de la Conferencia de Dartmouth. Pero a pesar del tiempo transcurrido, el problema de encontrar las minuciosas descripciones de las características del cerebro y de la mente que fue mencionado en la propuesta de 1955 sigue tan vigente hoy, como ayer, a pesar del variado abanico de ciencias que lo abordan y estudian.

Albacete (España) ha sido en la semana del 10 al 14 de Julio la sede del evento internacional más importante en lengua castellana con el *Campus Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia, CMPI-2006*. El Campus Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia 2006 es un evento internacional en el que investigadores de diversas áreas relacionadas con la Percepción y la Inteligencia se encontrarán del 10 al 14 de Julio en el Campus Universitario de Albacete con el ánimo de recuperar el espíritu entusiasta de aquellos primeros días de la Inteligencia Artificial. En nuestra intención está el objetivo de crear un ambiente heterogéneo formado por especialistas de diversas áreas, como la Inteligencia Artificial, la Neurobiología, la Psicología, la Filosofía, la Lingüística, la Lógica, la Computación, con el fin de intercambiar los conocimientos básicos de las diferentes áreas y de poner en contacto investigadores de los diferentes campos. El facilitar la creación de colaboraciones e investigaciones multidisciplinares es un objetivo prioritario de la propuesta.

El *Congreso Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia*, que ha dado lugar a esta publicación, se engloba como parte fundamental en el Campus Multidisciplinar sobre Percepción e Inteligencia. Este Congreso Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia va dirigida a todas aquellas personas que tengan interés por conocer qué es la Percepción y qué es la Inteligencia, vistas ambas desde una perspectiva claramente multidisciplinar. El Congreso Multidisciplinar contará con la presencia de destacados especialistas del campo de la investigación. Todos ellos, así, y desde su propia experiencia, podrán proporcionar a los asistentes una visión muy clara del estado actual de las distintas ciencias que se ocupan de la Percepción y la Inteligencia. Estas charlas invitadas o tutoriales complementan a la perfección las ponencias que se impartirán por las mañanas durante la Escuela de Verano sobre Percepción e Inteligencia.

© Universidad de Castilla-La Mancha 2006

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Impreso en España. Printed in Spain.

ISBN 84-689-9560-6 (Obra completa)

ISBN 84-689-9561-4 (Volumen I)

Depósito Legal: AB-314-2006

Imprime: Gráficas Quintanilla, La Roda

Diseño de la cubierta: UGSC (Unidad de Gestión Sociocultural)

Entidades Organizadoras

Universidad de Castilla-La Mancha
Parque Científico y Tecnológico de Albacete
Excmo. Ayuntamiento de Albacete

Entidades Patrocinadoras

Ministerio de Educación y Ciencia
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha
(Consejería de Educación y Ciencia)
Caja Castilla-La Mancha
Telefónica
Fundación Campollano
Instituto de Investigación en Informática de Albacete
Departamento de Sistemas Informáticos, UCLM
Revista "Mente y Cerebro"
Centro Regional de Investigaciones Biomédicas, UCLM
Excmo. Diputación de Albacete

Entidades Colaboradoras

Asociación Española para la Inteligencia Artificial
Asociación Andaluza de Filosofía
Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial
Asociación Cubana de Reconocimiento de Patrones
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
Instituto de Filosofía, CSIC
Instituto de Neurociencias de Castilla y León
Mexican Association for Computer Vision, Neurocomputing and Robotics
Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España
Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación
Sociedad Colombiana de Psicología
Sociedad Cubana de Matemática y Computación
Sociedad Española de Filosofía Analítica
Sociedad Española de Neurociencia
Sociedad Española de Psicología Experimental
Sociedad Interamericana de Psicología
Sociedad Mexicana de Ciencia de la Computación
Sociedad Peruana de Computación
Sociedad Venezolana de Filosofía
TECNOCIENCIA

Índice general

VOLUMEN I

FUNDAMENTOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

<i>Inteligencia artificial frente a inteligencia natural cuando expresamos actitudes</i>	
A.J. Herencia-Leva y M.T. Lammata	1
<i>Bletchley Park: La emergencia de la computación según el modelo de cognición social distribuida</i>	
A. Rubio Frutos	12
<i>Sobre la frontera formal entre el conocimiento computable y el conocimiento humano</i>	
J.C. Herrero, J. Mira, M. Taboada y J. Des	22
<i>Aprendiendo a aprender: De máquinas listas a máquinas inteligentes</i>	
B. Raducanu y J. Vitrià	34
<i>La inteligencia como propiedad física y la posibilidad de su explicación</i>	
S. Miguel Tomás	46
<i>Esbozo de una lógica del ver: Fundamentos, método y conexiones</i>	
E. Álvarez Mosquera	57

ONTOLOGÍAS Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

<i>Ontologías y agentes de red: Un recambio para la I.A. clásica</i>	
E. Alonso y J. Taravilla	65
<i>Una aproximación incremental para adquisición y modelado de conocimiento sobre diagnóstico en medicina</i>	
M. Taboada, J. Mira y J. Des	79
<i>Fusión automatizada de ontologías: Aplicación al razonamiento espacial cualitativo</i>	
J. Borrego-Díaz y A.M. Chávez-González	91
<i>El método del centro de áreas como mecanismo básico de representación y navegación en robótica situada</i>	
J.R. Álvarez Sánchez, J. Mira y F. de la Paz López	103
<i>Localización de fuentes del conocimiento en el proceso del mantenimiento del software</i>	
J.P. Soto, O.M. Rodríguez, A. Vizeaino, M. Piattini y A.I. Martínez-García	118

- Representación del conocimiento basado en reglas para un diagnóstico enfermero*
M.L. Jiménez, J.M. Santamaria, L.A. González, Á.L. Asenjo y L.M. Laita de la Rica 124
- Propuesta de un modelo de adquisición de habilidades y conocimiento complejo*
R. Gilar Corbi y J.L. Castejón Costa 130

SISTEMAS EXPERTOS Y DE AYUDA A LA DECISIÓN

- Razonamiento temporal en una aplicación de gestión de enfermería*
J. Salort, J. Palma y R. Marín 140
- Sistema experto para soporte diagnóstico en el postoperatorio de transposición de grandes arterias*
V.R. Castillo, X.P. Blanco Valencia, Á.E. Durán, G.J.M. Rincón Blanco y A.F. Villamizar Vecino 146
- Decisión multi-atributo basada en órdenes de magnitud*
N. Agell, M. Sánchez, F. Prats y X. Rovira 152

FILOSOFÍA Y MODELOS DE LA MENTE

- Determinismo, autoconfiguración y posibilidades alternativas en la filosofía de la mente y de la acción de Daniel C. Dennett*
J.J. Colomina Almiñana y V. Raga Rosaleny 161
- Formalización del lenguaje filosófico en Leibniz*
L. Cabañas 174
- Arquitecturas emocionales en inteligencia artificial*
M.C. Bedia, J.M. Corchado y J. Ostalé 186
- Una perspectiva naturalizada del concepto de información en el sistema nervioso*
X. Barandiaran y Á. Moreno 194

REDES NEURONALES

- Modelo de conductancia sináptica para el análisis de la correlación de actividad entre neuronas de integración y disparo*
F.J. Veredas y H. Mesa 207
- RNA + SIG: Sistema automático de valoración de viviendas*
N. García Rubio, M. Gámez Martínez y E. Alfaro Cortés 219
- Críticos de arte artificiales*
J. Romero, P. Machado, B. Manarís, A. Santos, A. Cardoso y M. Santos 231

- Topos: Reconocimiento de patrones temporales en sonidos reales con redes neuronales de pulsos*
P. González Nalda y B. Cases 243

COMPUTACIÓN EVOLUTIVA Y ALGORITMOS GENÉTICOS

- Postprocesamiento morfológico adaptativo basado en algoritmos genéticos y orientado a la detección robusta de humanos*
E. Carmona, J. Martínez-Cantos y J. Mira 249
- Mejora paramétrica de la interacción lateral en computación acumulativa*
J. Martínez-Cantos, E. Carmona, A. Fernández-Caballero y María T. López 262
- Aprendizaje de reglas difusas ponderadas mediante algoritmos de estimación de distribuciones*
L. de la Ossa, J.A. Cárnez y J.M. Puerta 274
- Sociedad híbrida: Una extensión de computación evolutiva interactiva*
J. Romero, P. Machado, A. Santos y M. Santos 286

ROBÓTICA Y SISTEMAS AUTÓNOMOS

- Vehículos Inteligentes: Aplicación de la visión por computador*
C. Hilario, J.M. Collado, J.P. Carrasco, M.J. Flores, J.M. Pastor, F.J. Rodríguez, J.M. Armingol y A. de la Escalera 298
- Localización basada en lógica difusa y filtros de Kalman para robots con patas*
F. Martín, V. Matellán, P. Barrera y J.M. Cañas 310
- Reflexiones sobre la utilización de robots autónomos en tareas de vigilancia y seguridad*
J.R. Álvarez Sánchez, J. Mira y F. de la Paz López 322
- De simbólicos vs. subsimbólicos, a los robots cloispirados*
J.M. Cañas y V. Matellán 332
- Arquitectura cognitiva para robots autónomos basada en la integración de mecanismos deliberativos y reactivos*
J.A. Becerra, F. Bellas y R.J. Duro 345
- Modelización cualitativa para integración plurisensorial en un robot AIBO*
D.A. Graullera, S. Moreno y M.T. Escrig 357

SISTEMAS MULTIAGENTE Y ARQUITECTURAS PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

- La arquitectura Acromovi: Una arquitectura para tareas cooperativas de robots móviles*
P. Nebot y E. Cervera 365

<i>Desarrollo de un sistema inteligente de vigilancia multisensorial con agentes software</i>	
J. Pavón, J. Gómez-Sanz, J.I. Valencia-Jiménez y A. Fernández-Caballero	377
<i>Simulación de sistemas sociales con agentes software</i>	
J. Pavón, M. Arroyo, S. Hassan y C. Sansores	389
<i>La aplicación de modelos de consciencia artificial en los sistemas multiagente</i>	
R. Arrabales Moreno y A. Sanchis de Miguel	401
<i>Una arquitectura multi-agente con control difuso colaborativo para un robot móvil</i>	
B. Innocenti, B. Lopez y J. Salvi	413

VOLUMEN II

PERCEPCIÓN E INTELIGENCIA BIO-INSPIRADAS

<i>Una arquitectura bioinspirada para el modelado computacional de los mecanismos de atención visual selectiva</i>	
J. Mira, A.E. Delgado, M.T. López, A. Fernández-Caballero y M.A. Fernández	425
<i>Interacción con seres simulados: Nuevas herramientas en psicología experimental</i>	
C. González Tardón	438
<i>Niveles de descripción para la interpretación de secuencias de vídeo en tareas en vigilancia</i>	
M. Bachiller Mayoral, R. Martínez Tomás, J. Mira y M. Rincón Zamorano	450
<i>Principios dinámicos en el estudio de la percepción</i>	
M.G. Bedia, J.M. Corchado y J. Ostalé	463
<i>Memoria y organoterapia</i>	
J.P. Moltó Ripoll y M. Llopis	475
<i>De la neurociencia a la semántica: Percepción pura, cognición y modelos de estructuración de la memoria</i>	
M. Fernández Urquiza	482

CLASIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES

<i>Clasificación de estímulos somatosensoriales basada en codificación temporal de la información</i>	
J. Navarro, E. Sánchez y A. Canedo	488

<i>Reconocimiento de objetos de forma libre y estimación de su posicionamiento usando descriptores de Fourier</i>	
E. González, V. Feliú, A. Adán y L. Sánchez	500
<i>Verificación off-line de firmas manuscritas: Una propuesta basada en snakes y clasificadores fuzzy</i>	
J.F. Vélez, Á. Sánchez, A.B. Moreno y J.L. Esteban	512
<i>Boosting con reutilización de clasificadores débiles</i>	
J.J. Rodríguez y J. Maudes	524
<i>Análisis de escenas 3D: Segmentación y grafos de situación</i>	
A. Adán, P. Merchán y S. Salamanca	536
<i>Clasificación de cobertura vegetal usando wavelets</i>	
O. Mayta, R. Reynaga y L. Alonso Romero	548
<i>Regresión logística con construcción de características mediante Boosting</i>	
J. Maudes y J.J. Rodríguez	558
<i>Estrucción de líneas melódicas a partir de imágenes de partituras musicales</i>	
Á. Sánchez, J.J. Pautrigo y J.I. Pérez	564
<i>La visión artificial y las operaciones morfológicas en imágenes binarias</i>	
J. Cáceres Tello	570

RAZONAMIENTO FORMAL

<i>Una comparativa entre el álgebra de rectángulos y la lógica SpPNL</i>	
A. Morales y G. Sciavicco	576
<i>Deducción y generación de modelos de cardinalidad finita</i>	
Á. Nepomuceno Fernández, F. Soler Toscano y F.J. Salguero Lamillar	588
<i>Programando con igualdad similar estricta</i>	
C. Moreno y V. Pascual	600

RAZONAMIENTO APROXIMADO Y RAZONAMIENTO BAYESIANO

<i>BayesChess: Programa de ajedrez adaptativo basado en redes bayesianas</i>	
A. Fernández Álvarez y A. Salmerón Cerdán	613
<i>Un nuevo algoritmo de selección de riesgos basado en la Teoría de los Conjuntos Aproximados</i>	
Y. Caballero, R. Bello, D. Álvarez, M.M. García y A. Baltá	625
<i>La Teoría de los Conjuntos Aproximados en la edición de conjuntos de entrenamiento para mejorar el desempeño del método k-NN</i>	
Y. Caballero, R. Bello, Y. Pizano, D. Álvarez, M.M. García y A. Baltá	637

HEURÍSTICAS Y METAHEURÍSTICAS

<i>Ajuste dinámico de profundidad en el algoritmo $\alpha\beta$ (DDA$\alpha\beta$)</i>	
D. Micol y P. Snuu	646

TRADINNOVA: Un algoritmo heurístico de compra-venta inteligente de acciones

J.J. Casanova y J.M. Cadenas 655

Hibridación entre filtros de partículas y metahurísticas para resolver problemas dinámicos

J.J. Pantrigo, Á. Sánchez, A.S. Montemayor y A. Duarte 667

Modelado del coordinador de un sistema meta-heurístico cooperativo mediante SoftComputing

J.M. Cadenas, R.A. Díaz-Valladares, M.C. Garrido, L.D. Hernández y E. Serrano 679

Localización en redes mediante heurísticas basadas en soft-computing

M.J. Canós, C. Ivorra y V. Liem 689

INCERTIDUMBRE Y LÓGICA DIFUSA*Razonamiento abductivo en modelos finitos mediante C-tablas y ó-resolución*

F. Soler-Toscano, Á. Neponuceno-Fernández, A. Aliseda-Llera y A.L. Reyes-Cabello 699

Evaluación parcial de programas lógicos multi-adjuntos y aplicaciones

P. Julian, G. Moreno y J. Penabad 712

Análisis del movimiento basado en valores de permanencia y lógica difusa

J. Moreno-García, L. Rodríguez-Benítez, A. Fernández-Caballero y María T. López 725

Estrategias cooperativas paralelas con uso de memoria basadas en Soft Computing

C. Cruz, D. Pelta, A. Sancho Royo y J.L. Verdegay 739

Retículos de conceptos multi-adjuntos

J. Medina, M. Ojeda Aciego y J. Ruiz Calviño 751

Descripción lingüística de trayectorias de objetos obtenidas directamente de vídeo MPEG

L. Rodríguez Benítez, J. Moreno-García, J. Castro-Schez y L. Jiménez 763

LENGUAJE NATURAL*Evaluación de la selección, traducción y pseudo de los rasgos para la mejora del clustering multilingüe*

S. Montalvo, A. Navarro, R. Martínez, A. Casillas y V. Fresno 769

Etiquetación morfológica y automática del español mediante mecanismos de aprendizaje computacional y toma de decisiones

J.M. Alcaraz y J.M. Cadenas 779

Máxima verosimilitud con dominio restringido aplicada a clasificación de textos

J.A. Ferrer y A.J. Císcar 791

Resolución con datos lingüísticos de un problema de decisión

M.S. García, M.T. Lamata 804

Teorías del lenguaje: Alcance y crítica

F. Ureña Rodríguez 815

TRADUCCIÓN AUTOMÁTICA*Traducción múltiple con transductores de estados finitos a partir de corpus bilingües*

M.-T. González y F. Casacuberta 821

Algunas soluciones al problema del escalado en traducción automática estadística

D. Ortiz-Martínez, I. García-Varea y F. Casacuberta 830

Búsqueda de alineamientos en traducción automática estadística: Un nuevo enfoque basado en un EDA

L. Rodríguez, I. García-Varea y J.A. Gómez 843

Análisis teórico sobre las reglas de traducción directa e inversa en traducción automática estadística

J.A. Ferrer, I. García-Varea y F. Casacuberta 855

TECNOLOGÍAS DE INTERACCIÓN INTELIGENTES*Interfaces de usuario inteligentes: Pasado, presente y futuro*

V. López Jaquero, F. Montero, J.P. Molina y P. González 868

PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN*An online algorithm for a scheduler on the Internet*

C. Gomez, M. Solar, F. Kri, V. Parada, L. Figueroa y M. Marin 874

Localización de fuentes del conocimiento en el proceso del mantenimiento del software

Juan P. Soto¹, Oscar M. Rodríguez², Aurora Vizcaino¹,
Mario Piattini¹ y Ana I. Martínez-García²

¹ Grupo Alarcos, Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información
Ciudad Real (España)

jpsoto@proyectos.inf-cr.uclm.es
{Aurora.Vizcaino, Mario.Piattini}@uclm.es

² CICESE, Departamento de Ciencias Computacionales
Ensenada, México

{orodrigu, martinea}@cicese.mx

Resumen. En toda organización es fundamental que las fuentes de información y conocimiento sean localizables en el momento en que son requeridas. Particularmente, en el mantenimiento del software (MS) sería conveniente poder localizarlas fácilmente debido a la cantidad de conocimiento que se necesita durante la ejecución de este proceso. Este artículo presenta una ontología de fuentes de conocimiento que permite representar y localizar el conocimiento requerido por los ingenieros del mantenimiento. Agilizándolo, de esta forma, el proceso de MS, ya que se da soporte en las tareas diarias de los encargados del mantenimiento al facilitarles el acceso al conocimiento necesario para el desarrollo de sus actividades.

Palabras clave: Ontologías, gestión del conocimiento, mantenimiento del software

1 Introducción

La Gestión del Conocimiento (GC) es una disciplina que promete sacar provecho del capital intelectual de las organizaciones [15], al proporcionar métodos que simplifiquen procesos como la "compartición", distribución, creación, almacenamiento, organización y entendimiento del conocimiento de una compañía [1, 7]. En la ingeniería de software, y en particular en la etapa de mantenimiento, las técnicas de GC han causado gran expectación debido a la cantidad de conocimiento que se necesita para la ejecución de este proceso. La documentación relacionada con un sistema software al que hay que darle mantenimiento, comúnmente es escasa u obsoleta y casi nunca es actualizada conforme el sistema evoluciona. Algunos estudios indican que del 40% al 60% del esfuerzo por mantener el software está dedicado a entender el sistema [11]. Con frecuencia, las compañías cuentan con documentos o personas con información o conocimiento necesarios para ayudar en sus actividades a los ingenieros de mantenimiento, sin embargo éstos ignoran su existencia o localización.

A. Fernández-Caballero, M.G. Manzano, E. Alonso & S. Miguel (Eds.): CMPI-2006, pp. 118-123, 2006.
© Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Sistemas Informáticos, Albacete (España).

Para resolver algunos de estos problemas se ha planteado usar técnicas de GC. Sin embargo, esto conlleva otros problemas, como evitar sobrecargar a los empleados con nuevas tareas tales como la captura de información en un sistema de GC. Otro problema importante es definir el tipo de información y conocimiento que la empresa posee y dónde está localizado, ya que la principal barrera para compartir el conocimiento es la "ignorancia" de su existencia [17]. Además, por lo general las organizaciones no saben como localizar a las personas expertas que poseen el conocimiento necesario para resolver determinado problema [10]. Para poder paliar este problema hemos definido dos ontologías, la primera de ellas nos permite definir las fuentes de conocimiento con que cuenta una compañía y la otra nos permite especificar la información y conocimiento que puede ser obtenido de cada una de las fuentes de conocimiento. Para probar nuestra propuesta hemos desarrollado ambas ontologías en el dominio del Mantenimiento de Software (MS).

El resto de este artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se describen los problemas que surgen en el mantenimiento y las ontologías vinculadas a éste. La sección 3 ilustra la ontología de fuentes de información para el MS. Finalmente se presentan las conclusiones.

2 Mantenimiento del software y ontologías

El MS ha sido definido como "la modificación de un producto software después de haber sido entregado a los usuarios o clientes con el fin de corregir defectos, mejorar el rendimiento u otros atributos, o adaptarlo a un cambio en el entorno" [9]. El proceso de MS es el que más trabajo e información requiere durante el ciclo de vida del software. Existen varios motivos que complican este proceso, tales como: la falta de documentación asociada al producto a mantener, hacer mantenimiento de manera "ad hoc", es decir, en un estilo libre establecido por el propio programador, la falta de metodologías que den soporte a este proceso, etc.

Un sistema de GC podría ayudar a evitar algunos de los problemas comentados previamente. Por ejemplo, si las organizaciones almacenaran su información y conocimiento en dicho sistema, estas podrían retener el capital intelectual y buenas prácticas de sus empleados. Además, si un trabajador deja la empresa, su experiencia y conocimiento se queda en la organización. De esta forma se evitará la repetición de errores e incrementaría la productividad y probabilidad de éxito [8].

Antes de construir un sistema de gestión del conocimiento para el MS, es de vital importancia modelar, estructurar y generalizar la información que se genera y consulta durante el proceso de MS. Para ello, hemos utilizado ontologías, ya que permiten hacer una especificación explícita de una conceptualización [3]. Las ontologías pueden ser utilizadas para compartir el conocimiento de la organización, así como para promover la interoperabilidad entre sistemas. Diferentes autores han planteado ontologías relacionadas con el MS. En la ontología de Kitchenham et al. [4] se describen los principales aspectos que deben ser tenidos en cuenta en la realización de estudios empíricos en el MS. Ruiz et al. [14] presentan una ontología orientada a la gestión de proyectos de MS, la cual busca representar los aspectos estáticos y dinámicos del proceso de MS desde un punto de vista de los procesos de negocio. Por su parte, Días

et al. [2] desarrollaron una ontología para describir el conocimiento utilizado en el MS. Todas estas ontologías categorizan algunos tipos de fuentes de conocimiento. Sin embargo, los autores no explican dónde localizar estas fuentes y cómo consultarlas, siendo estos los aspectos más importantes para la GC.

3 Ontología de las fuentes de conocimiento en el mantenimiento del software

Las fuentes de información o conocimiento consultadas durante el MS pueden ser muy diversas. Cada organización es muy distinta y tiene diferentes modos de manejar su información. Sin embargo, es posible hacer algunas generalizaciones al respecto de las fuentes de conocimiento que consultan los encargados del MS [5, 7, 17].

Días et al. [2] agrupan los tipos de documentos utilizados en el MS, en tres categorías: 1) los que son parte del producto o sistema a mantener, tales como las especificaciones de requerimientos, diseño (lógico o físico), y producto; 2) documentos del proceso, como planes de pruebas, configuración, aseguramiento de la calidad, y desarrollo de software; y 3) documentos de soporte, como manuales de usuario, hardware, operación, y mantenimiento.

Seaman [16] presenta un estudio enfocado en identificar las estrategias que los encargados del MS emplean para obtener información, además mencionan las fuentes de información utilizadas en este proceso.

Lethbridge et al. [6] presentan un estudio sobre las estrategias de uso de documentación de los ingenieros de software. Los tipos de documentos mencionados en este estudio son: documentación de pruebas o calidad, diseño de bajo nivel, requerimientos, arquitectura, diseño detallado, y especificaciones. Entre los resultados interesantes de este estudio se encuentra que aun cuando la documentación con frecuencia no está actualizada, ésta sigue siendo útil en muchos casos. Finalmente, Koskinen et al. [5] estudiaron qué información es necesaria para comprender un programa. Los autores clasifican las fuentes de información en tres categorías principales: 1) personas, 2) herramientas de soporte, y 3) fuentes de información obtenida fuera del entorno de mantenimiento.

Teniendo en cuenta los trabajos anteriores hemos definido una taxonomía para clasificar las fuentes de conocimiento más importantes que un mantenedor suele consultar. Esta taxonomía se descompone en 4 tipos de fuentes: 1) documentación, 2) sistema o producto, 3) personas, y 4) herramientas de soporte (ver Figura 1).

La **documentación** puede dividirse en:

- *Documentación del sistema*, todos aquellos documentos que describen los productos que son mantenidos.
- *Documentación técnica* está compuesta de todos aquellos documentos relacionados con los lenguajes de programación, herramientas de desarrollo, etc. utilizado por los mantenedores para llevar a cabo su trabajo. Por ejemplo, manuales, tutoriales, libros, etc., acerca de una herramienta de desarrollo o lenguaje en específico.
- *Documentación de usuario*, los documentos creados para los usuarios o clientes del sistema mantenido, por ejemplo: manuales de instalación o configuración.

- *Documentación organizacional*, los documentos relacionados con la vida de la organización, tales como su estructura organizacional, sus normas y políticas, descripción de procesos, etc.
- *Documentación del proceso de mantenimiento*, documentación relacionada con el proceso de MS, tales como peticiones de mantenimiento, planes de prueba y reportes, de entrega, de gestión de la configuración, aseguramiento de calidad, etc.
- *Otros documentos*, esta categoría es utilizada para clasificar todos los documentos que no han sido considerados en las otras categorías.

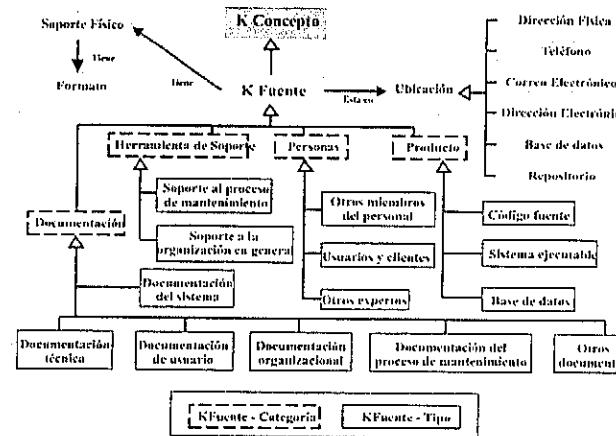


Fig. 1. Ontología de fuentes de conocimiento en el mantenimiento

Dentro de la categoría de **producto** podemos identificar tres clases principales: 1) *Sistema ejecutable*, 2) *Base de datos*, y 3) *Código fuente*.

Las **personas** constituyen una de las más importantes fuentes de conocimiento para los mantenedores, particularmente cuando el mantenedor no ha sido el desarrollador original de la aplicación [16]. Las personas a las que los ingenieros de mantenimiento suelen consultar han sido agrupadas en las siguientes categorías:

1. *Usuarios y clientes*. Los usuarios son de gran ayuda a la hora de definir los requisitos que deben cubrir las modificaciones, así como para identificar las causas que originan los errores en el sistema al momento de corregirlos.
2. *Otros miembros del personal*. El apoyo de otros miembros del equipo resulta de gran ayuda, sobre todo cuando estos han sido los desarrolladores o han trabajado previamente con el sistema a mantener.
3. *Otros expertos*. En ocasiones los ingenieros del mantenimiento consultan a personas que no forman parte del personal, pero que son expertas de un dominio en específico, como por ejemplo en el manejo de cierto lenguaje o herramienta.

Las **herramientas** de soporte utilizadas por los mantenedores pueden ser muy variadas, por lo que resulta difícil establecer una categorización genérica. Entre este

tipo de herramientas se pueden encontrar las herramientas CASE tales como analizadores de código y de reingeniería inversa; sistemas de control de versiones y de control de configuración del software; sistemas de memorias organizacionales entre muchas otras más.

Teniendo en cuenta el área en la que pueden dar soporte este tipo de herramientas, han sido clasificadas en las siguientes sub-categorías: 1) *Soporte al proceso de mantenimiento* y 2) *Soporte a la organización en general*.

Una vez identificadas las diferentes fuentes de conocimiento que los ingenieros del mantenimiento suelen consultar, se debe definir la forma en que el conocimiento será representado. Esta no es una tarea fácil, debido a que las fuentes de conocimiento son almacenadas en diferentes formatos y ubicadas en diferentes sitios.

Con el fin de resolver este problema se han añadido dos conceptos muy importantes para la ontología, los cuales son: *ubicación* y *soporte físico*. El concepto "ubicación" indica cómo puede ser localizada la fuente de conocimiento. Por ejemplo, si la fuente de conocimiento a consultar es una persona, es necesario conocer el correo electrónico, número de teléfono, dirección, etc., de la persona. El segundo concepto muestra el soporte físico y formato de la fuente de conocimiento. Por ejemplo, cada fuente puede tener uno o varios soportes físicos (libros, documentos electrónicos, videos, discos magnéticos, etc.), los cuales pueden estar en diferentes formatos (Word, pdf, Excel, dvd, VHS, etc). Además de esta, hemos creado otra ontología la cual define la relación entre los temas de conocimiento, sus fuentes, y actividades donde el conocimiento y fuentes son requeridos, generados o modificados. Esta ontología no ha podido ser explicada en este artículo por falta de espacio. Sin embargo, es importante aclarar que dicha ontología es necesaria para complementar la ontología de fuentes de conocimiento presentada y para ayudar en la recuperación de la información requerida para llevar a cabo cada actividad.

Ambas ontologías han sido completadas teniendo en cuenta la información obtenida en un caso de estudio donde un grupo de mantenedores de software fue estudiado [12]. Este trabajo nos permitió ver cómo cada tipo de ontología puede ayudar a reducir los problemas relacionados con la falta de conocimiento. Por ejemplo, ayudar a los ingenieros de mantenimiento a identificar las fuentes que tienen a mano, y qué conocimiento puede obtenerse de esta, con el fin de mejorar el flujo de conocimiento del grupo de mantenimiento.

4 Conclusiones y trabajo futuro

La gestión del conocimiento es una técnica crucial para poder facilitar el trabajo de los mantenedores. Sin embargo, el primer paso para gestionar conocimiento es detectar las fuentes de conocimiento que existen en la organización y dónde pueden ser consultadas [13]. Con el fin de paliar este problema hemos presentado la ontología de fuentes de conocimiento que ayuda a identificar las fuentes de conocimiento usadas en una compañía de mantenimiento, así como la ubicación de las mismas.

Actualmente, estamos utilizando las ontologías propuestas como base para desarrollar un sistema de GC que recomiende la consulta de fuentes de conocimiento relacionadas con las tareas que lleven a cabo los ingenieros del mantenimiento. Para

implementar el sistema haremos uso de agentes inteligentes los cuales utilizarán dichas ontologías con el fin de detectar la información útil acorde a las necesidades de la tarea en la cual una persona trabaja. Esta herramienta será probada en varias compañías software con el fin de mejorar las ontologías y el propio sistema.

Referencias

1. Davenport, T.H., Long D. W. D., Beers, M.C.: Successful knowledge management projects. Sloan Management Review Winter (1998) 43-57
2. Dias, B., Anquetil, N., Oliveira, K.: Organizing the Knowledge Used in software Maintenance. Journal of Universal Computer Science. Vol. 9. (2003) 641-658
3. Gruber, T.: Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. International Journal of Human-Computer Studies. Vol. 43. (1995) 907-928
4. Kitchenham, B.A., Travassos, G.H., Mayrhauser, A., Niessink, F., Schneidewind, N.F., Singer, J.: Towards an Ontology of Software Maintenance. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, Vol. 11, (1999) 365-389
5. Koskinen, J., Salmiinen, A., and Paakki, J.: Hypertext support for the information needs of software maintainers. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, Vol. 16, (2004) 187-215
6. Lothbridge, T.C., Singer, J., Forward, A.: How Software Engineers Use Documentation: The State of the Practice. IEEE Software, Vol. 20. (2003) 35-39
7. Liebowitz, J.A.B., T.: Knowledge Organizations: What Every Manager Should Know. Washington: St. Lucie Press (1998).
8. Lindvall, M., and Rus, I.: Knowledge Management for Software Organizations. Managing Software Engineering Knowledge. A. Aurum, R. Jeffery, C. Wohlin, and M. Handzic (eds.). Springer, Berlin (2003) 73-94
9. IEEE Std 1219: Standard for Software Maintenance, USA, (1993)
10. Nebus, J.: Framing the Knowledge Search Problem: Whom Do We Contact, and Why Do We Contact Them? Academy of Management Best Papers Proceedings (2001) 1-7
11. Pfeleger, S.: Software Engineering: Theory and Practice (2001)
12. Rodriguez, O.M., Martinez, A.L., Favela, J., Vizecaino, A., Piattini, M.: Understanding and Supporting Knowledge Flows in a Community of Software Developers. In Groupware: Design, Implementation, and Use, Proceedings of the X International Workshop on Groupware (CRIWG 2004). Springer, San Carlos, Costa Rica (2004) 52-66
13. Rodriguez, O.M., Martinez, A.L., Vizecaino, A., Favela, J., Piattini, M.: Identifying Knowledge Flows in Communities of Practice. Encyclopedia of Communities of Practice in Information and Knowledge Management, E. Coakes and S.A Clarke (2005)
14. Ruiz, F., Vizecaino, A., Piattini, M., Garcia, F.: An Ontology for the Management of Software Maintenance Projects. International Journal on Software Engineering and Knowledge Engineering. Vol. 14, (2004) 323-346
15. Rus, I., Lindvall, M.: Knowledge Management in Software Engineering. IEEE Software, Vol. 19. (2002) 26-38
16. Seaman, C.: The Information Gathering Strategies of Software Maintainers. Proceedings of the International Conference on software Maintenance (2002) 141-149
17. Szulanski, G.: Intra-Firm Transfer of Best Practice Project: Executive Summary of the Findings. APQC (1994)