

Conocimiento para compartir

Sistemas Basados en el conocimiento o de Sistemas Expertos.

Sergio Marcellin Jacques

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación
2009

Resumen

Se definen a los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBK) y se describen las herramientas y los modelos de representación del conocimiento más utilizados para su construcción, siendo la finalidad, la de siempre tener dentro de las organizaciones: “Conocimiento para compartir”.

Introducción

Al observar una “nube”, nos encontramos ante la posibilidad de ir mucho más allá de la realidad que observamos. El observador o usuario experto plasma en “su” sistema, las experiencias, sus vivencias, sus puntos de vista, su visión general de las cosas. Asimismo, y muchas veces de forma inconsciente, deja rastro del mundo en el que se mueve, sea éste su ámbito psicológico, laboral, doméstico, el de su barrio o el grupo de personas que frecuenta, así como su espacio histórico, geográfico y social en base a las representaciones que haga.

Las formas que emplea pueden llevarnos a confundir sus intenciones. Los escritores realistas o naturalistas buscan claramente describir el mundo que los rodea, pero existen muchas formas de llevar a cabo esta tarea. Textos que parecen referirse a un ambiente ilógico no hacen sino subrayar las contradicciones de la sociedad o de los individuos. Pensemos en las obras de teatro de Eugenio Ionesco. El absurdo de la acción encierra en realidad una crítica extremadamente ácida a la vida cotidiana del ser humano quien, arrastrado por la vorágine de la rutina, es incapaz de asumir el control de su existencia y, mucho menos, logra darle un sentido. Algo parecido podríamos decir de las obras de Franz Kafka.

El siglo XVIII abundó en cuestionamientos al orden

social y político imperante, aunque no siempre de manera frontal. Jonathan Swift, por ejemplo, se lanzó a una disección despiadada de la sociedad británica de su tiempo por medio de la fantasía. Aunque son comunes las adaptaciones de sus *Viajes de Gulliver* como cuentos para niños, el sentido original de los liliputienses, los gigantes, las islas flotantes, los caballos parlantes, proviene de las diferentes facetas de la Inglaterra y la Irlanda que le tocó vivir. Voltaire usó viajeros interplanetarios, como *Micromegas*, o venidos de otros continentes, como el hurón de *El ingenuo*, para recalcar las fallas y las ridiculeces de su tiempo. También en Francia, Montesquieu utilizó a unos supuestos viajeros persas para efectuar una crítica semejante, y otro tanto hizo en España José Cadalso con un marroquí que habría cruzado el estrecho de Gibraltar.

Lo realizado por Montesquieu y Cadalso hace doscientos cincuenta años debe movernos a reflexionar. Lo que ellos recalcan, y esto va a ser una de las aportaciones esenciales del Siglo de las Luces, es que pueden existir múltiples puntos de vista, *representaciones* que sean válidos. Ya no se puede hablar de verdades absolutas y, más aún, nadie puede pretender poseer y comprender la verdad absoluta.

Quizá el error más frecuente en que incurrimos es el de exigir de personas que vivieron hace siglos que vean las cosas como nosotros. La visión de un emperador romano es distinta de la nuestra por la misma razón que nuestra perspectiva no puede ser la misma que la que tendrá un australiano del siglo XXI. No es que seamos más tontos que los hombres del futuro. Simplemente, nuestro punto de vista, *representación en base a nuestra percepción* corresponde a la realidad que vivimos y a las experiencias, buenas y malas, de quienes nos antecedieron. O como decía Ortega y Gasset: “yo soy yo y mi circunstancia”. Aunque nos duela, nuestro punto de vista no representa ningún absoluto al que debieran aspirar todos los hombres. Esto ya nos lo explicaron Montesquieu y Cadalso.

Y nosotros, cuando descubrimos modos de pensar distintos en la gente del pasado, los acusamos de ser primitivos, ignorantes, oscurantistas. Pero si pensaban de forma parecida a la nuestra, los premiamos afirmando con asombro que ya eran muy modernos. En realidad, lo que estaría sucediendo en este último caso es que nosotros somos los que seguimos pensando como los hombres del pasado. No hay que invertir las cosas. En historia, el orden de los factores sí altera el producto [Marcellin B., 2008].

En el área de la Inteligencia artificial y específicamente para la elaboración de los Sistemas Expertos (SE), cualquier modelo de representación del conocimiento incluye de una manera u otra el hecho de que un artefacto de la realidad (o “nube”) esté compuesto por ejemplo, por distintos elementos, objetos y/o relaciones de diversos tipos (como otros objetos). Este “*encapsulamiento*” puede verse como una *estructura* de un modelo de representación, como parte de varias otras estructuras, o mediante la jerarquización por medio de relaciones entre distintas estructuras que se contienen unas a otras. En este sentido, tanto las relaciones “*es un*” o “*tiene un*”, como las reglas de tipo *SIENTONCES.....* son de uso común en los trabajos de representación del conocimiento para los SE.

En los sistemas de representación del conocimiento existen diferencias en función del tipo de conocimiento con el que se esté trabajando. También es útil distinguir entre conocimiento y razonamiento, ya que el primero está ligado a los sistemas de representación y almacenamiento de la información y el segundo a los formalismos para la recuperación, conexión, inferencias y cálculos hechos con esa información (motores de inferencia), creando, muchas veces información nueva. A priori, cualquier modelo de representación del conocimiento incluye mecanismos para realizar tareas de *razonamiento*.

El escoger el mejor modelo para la representación del conocimiento a la hora de construir un Sistema Experto depende de la naturaleza de la aplicación y de los usuarios.

Vivimos un nuevo estilo de vida.....

el de los marcos sin tiempo.....

.....y con poca intuición.

Sergio Marcellin, 1996.

Sistemas Basados en el Conocimiento (SBK) o Sistemas Expertos (SE).

¿Qué son los SBKs?

El concepto de los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBK) o Sistemas Expertos (SE) fue introducido en una conferencia sobre Inteligencia Artificial (IA) en 1977 por Feigenbaum [Feigenbaum, E., 1977] quién a finales de los 90's, principios de los 2000, dijo que para él, el termino de SE era sinónimo del de Sistema Basado en el Conocimiento (SBK).

Hayes – Roth comentan que: “*El poder de un SE, lo deriva del conocimiento que posee y no de los formalismos o mecanismos de inferencia que emplea*” [HAYES – ROTH 1983]

Marcellin et Al. pensamos que: “El poder de un SE, se manifiesta al momento de integrar adecuadamente el conocimiento que contiene con los mecanismos de razonamiento que emplea para una *nube* específica”.

En sí, un modelo de la experiencia de los mejores expertos de un área (nube) se puede pensar como el conocimiento que se ejecuta a un nivel dado, más los formalismos o mecanismos de razonamiento que utiliza.

El conocimiento de un SBK consiste de hechos y heurística. Los hechos constituyen el cuerpo de la información que es compartido ampliamente, públicamente disponible y del cual existe una concordancia general entre los expertos del campo.

El buen nivel de desempeño del SBK está en función del tamaño y la calidad de la base de conocimientos que esta tiene. Los SBKs que incorporan información de utilidad presentan capacidades de tomar decisiones, pueden utilizar el valor de una información para decidir si la adquieren o no y pueden calcular la sensibilidad de sus decisiones frente a pequeños cambios en las asignaciones de probabilidad y utilidad.

Todas estas ideas se resumen en la siguiente *definición de SE (o SBK)*:

Un Sistema Experto (SE) es un sistema basado en computadora que integra bases de datos, memorias, mecanismos de razonamiento, algoritmos, heurísticas, para adquirir, generar y almacenar conocimientos inicialmente adquiridos a través de varios expertos humanos dentro de un dominio específico llamado “nube” [S.Marcellin, 2008].

Con un Sistema Experto, se pueden dar recomendaciones y/o tomar acciones en las áreas de análisis, diseño, diagnóstico, planeación y control o dar solución a problemas o aplicar técnicas de enseñanza o en general recomendar, actuar y explicar las acciones que hay que tomar en actividades en las cuales normalmente, se requiere del conocimiento o saber de expertos humanos dentro de una nube específica [S. Marcellin, 2008]

¿En qué difieren los SE de los programas convencionales?

Los programas convencionales pueden ser divididos en:

- Un algoritmo, en el cual está contenido todo el conocimiento formal.
- Datos, a los cuales se les aplica el algoritmo.
- Mecanismos de entrada y salida, que contienen la información sobre la forma de comunicación con el usuario y la forma de acceder datos.

Estos programas sólo pueden dar respuestas a problemas para los cuales están específicamente programados. Si el programa necesita ser modificado para incluir nueva información, el programa entero debe ser examinado. Y para cumplir el fin para el cual fue programado, debe ejecutar una predeterminada secuencia fija de instrucciones.

Un SE independiza los procedimientos para la solución de problemas de los datos respectivos. Las modificaciones se realizan alterando la base de conocimientos sin afectar la estructura del programa completo. Estos sistemas seleccionan los medios y hechos para obtener una respuesta adecuada a una situación específica.

Tabla 1: Comparación entre un sistema clásico de procesamiento y un sistema experto.

	SISTEMA CLÁSICO	SISTEMA EXPERTO
1	Conocimiento y procesamiento combinados en un programa.	Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento (inferencia).
2	No da explicaciones, los datos sólo se usan o escriben	Una parte del sistema experto la forma el módulo de explicación que explica tanto sus soluciones como su proceso de razonamiento
3	Interfaz de órdenes (instrucciones)	Diálogo natural con explicaciones
4	Los cambios son tediosos	Los cambios en las reglas son fáciles
5	El sistema sólo opera completo	El sistema puede funcionar con pocas reglas
6	Se ejecuta paso a paso	La ejecución usa heurísticas y lógica
7	Necesita información completa para operar ¹	Puede operar con información incompleta
8	Representa y usa datos	Representa y usa conocimiento
9	No adquieren nuevo conocimiento de otros sistemas, a menos que se les indique	Se comunican con otros expertos y adquieren nuevo conocimiento
10	No puede delimitar su dominio de experiencia	Determinar cuando un problema está en el dominio de su experiencia, determinación de la relevancia del problema
11	Información precisa	Información incierta
12	No se limita la complejidad de sus algoritmos	Esta limitado a problemas solucionables con complejidades razonables

¹Ver manejo de incertidumbre en los SBks

Tipos de Sistemas Expertos

En la tabla 2 se muestran - en forma no limitativa – las categorías funcionales de los sistemas expertos, junto al tipo de problema que intentan resolver y algunos de los usos concretos a que se destinan.

Tabla2: Tipos funcionales de los sistemas expertos.

Categoría	Tipo de problema	Uso
Interpretación	Deducir situaciones a partir de datos observados	Análisis de imágenes, reconocimiento del habla, inversiones financieras
Diagnóstico	Deducir fallas a partir de sus efectos	Diagnóstico médico, detección de fallas en equipos, etc.
Predicción	Inferir posibles consecuencias a partir de una situación	Predicciones para mantenimiento, tráfico, clima, etc.
Diseño	Configurar objetos bajo ciertas especificaciones	Diseño de circuitos, automóviles, edificios, etc.
Planificación	Desarrollar planes para llegar a unas metas	Programación de proyectos, inversiones. Planificación militar.
Monitoreo y/o supervisión	Mantener un sistema por un camino previamente trazado. Interpreta, predice y supervisa su conducta	Estrategia militar, control de tráfico aéreo.
Depuración	Proponer soluciones para funcionamientos erróneos, no óptimos	Desarrollo de software y circuitos electrónicos.

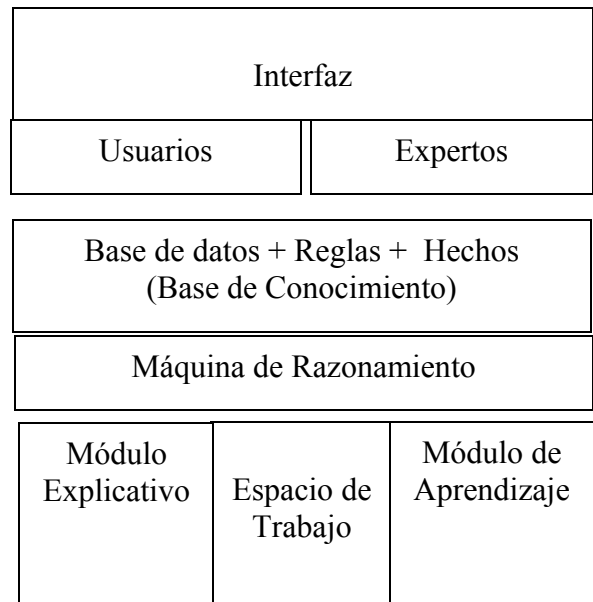
Reparación	Efectuar lo necesario para hacer una corrección	Reparar sistemas informáticos, automóviles, etc.
Instrucción	Diagnóstico, depuración y corrección de una conducta	Corrección de errores, enseñanza
Control	Controlar situaciones donde hay situaciones vulnerables.	Control y supervisión de centrales nucleares y plantas químicas, etc.
Enseñanza	Adquirir conocimiento y mostrarlo	Aprendizaje de experiencias
Tratamiento	Da seguimiento, detecta errores y provee soluciones	Enseñanza, producción .
Simulación	Crear modelos basados en eventos y procesos	Arquitectura, ing. civil
Desarrollo	Crear objetos o realizar alguna actividad	Desarrollo de circuitos, Administración de proyectos.

¿Cuales son sus Componentes básicos?

A pesar de la diversidad de arquitecturas que se manejan alrededor de los SEs, es posible distinguir los siete elementos básicos comunes que los componen:

Base de datos y reglas:	Contiene el saber específico en la disciplina de la cual el sistema es experto (nube). Consiste en un conjunto de hechos (datos) y de reglas programadas. Los datos plasmados en la base juegan un papel primordial en la calidad y en las habilidades de razonamiento del sistema.
Interfaz con el usuario:	Permite aceptar y reconocer un lenguaje de comandos en forma intuitiva y los traduce en instrucciones y datos para que el sistema experto trabaje.
Interfaz con el experto:	Permite captar información del exterior (proporcionada por el experto) e introducirla en forma adecuada en la base de conocimiento.
Máquina de razonamiento:	También llamada máquina de inferencia, este módulo, permite controlar el sistema y manejar los razonamientos similares a los realizados por los expertos de la nube.
Espacio de trabajo:	Se almacenan resultados, hipótesis y decisiones intermedias, así como el estado en que el problema se encuentra en un momento dado.
Modulo de aprendizaje:	Permite agregar reglas y/o procesos que no estaban definidos inicialmente dentro del sistema.
Modulo explicativo:	En éste módulo se reflejan el o los porques de las acciones del sistema. Explica sus decisiones.

DIAGRAMA DE COMPONENTES BÁSICOS DE UN SE



El conocimiento (K) en el desarrollo de los Sistemas Expertos (SE).

Definición del conocimiento (K).

La naturaleza del conocimiento (K) ha sido discutida por psicólogos, filósofos, lingüistas, educadores y sociólogos por cientos de años; consultando las fuentes universales damos en primera instancia, la definición de K basada en la enciclopedia Salvat en donde encontramos que el K es:

“la acción y efecto de aprender mediante la actividad intelectual, la realidad individual y concreta y las relaciones existentes entre las cosas o conceptos.”
[SALVAT 1971]

Puesto que todos nuestros conocimientos se formulan en juicios, y estos tienen sus fuentes ya sea en la percepción sensible o en ciertos axiomas que suponemos evidentes, es preciso averiguar si efectivamente nuestras percepciones corresponden a la realidad y si los axiomas corresponden también con la realidad. La rama de la filosofía que aspira a aclarar estas cuestiones es la teoría del conocimiento.

Los investigadores de IA han adoptado una posición pragmática en lo que se refiere al K y como tal, proponemos que para el área que se ocupa del desarrollo de SEs, tomemos el siguiente enfoque y definición de *conocimiento* en base a la definición dada por Alvin Toffler [Toffler 1994] y que dice:

El conocimiento es el concepto más importante y significativo de la década de los noventas. Es un recurso crucial y en principio, infinitamente ampliable; no se agota y cualquiera lo puede adquirir.

“el *conocimiento* incluye: información, datos, imágenes e imaginación, actitudes, valores y "productos simbólicos", que pueden ser ciertos, aproximados o incluso falsos”. Además aclara que los medios y canales de comunicación también se incluyen dentro del término *conocimiento*.

El "*know-how*", "*savoir faire*" o *conocimiento* dentro de las organizaciones, gira alrededor de la conectividad de los equipos, del intercambio de información entre aplicaciones y del uso de las herramientas para los usuarios finales.

Para Marcellin; “cuando la información toma la medida del "*saber hacer*" es cuando se convierte en el ingrediente primario y estratégico dentro de una organización; es el resultado de *tratarla bajo nuevos enfoques*, innovando su

relación con los individuos y con los objetivos de las áreas involucradas”.

Nuestra sociedad es una sociedad de información y de *conocimiento*, que sin él, no habrá *riqueza* en el futuro.

Adquisición del K.

La Adquisición del K es uno de los mayores retos durante la construcción del un SE. Al hablar de SEs es posible afirmar que la calidad de sus resultados, depende de la calidad de información almacenada, lo cual sugiere, que una de las partes principales en la producción de un SE es la Adquisición del K.

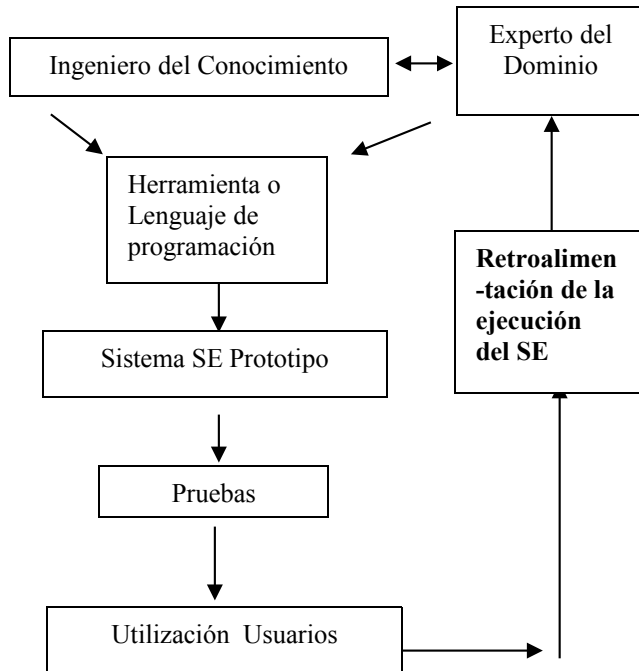
La Adquisición del K se puede entender como un proceso que incorpora dos actividades: 1) La obtención de la expertez o K del experto junto con su almacenamiento en la Base de Conocimientos y 2) la generación de K nuevo por parte del SE a partir del conocimiento adquirido del experto a lo cual se le llamará aprendizaje de la máquina.

La Adquisición del K es un proceso mediante el cual el Ingeniero del K extrae el K (hechos, reglas, procedimientos, etc.) de una fuente (libros, revistas, publicaciones, programas, etc.) así como, la información necesaria para la construcción de un SE; la analiza, la incorpora a la Base de Conocimientos y la refina. La Adquisición del K se asocia usualmente a expandir las capacidades de un sistema o a mejorar su ejecución en alguna tarea específica. Para obtener tal información, el Experto del Dominio y el Ingeniero del K deben trabajar juntos, siendo la disposición y buena voluntad de ambos un elemento básico (ver diagrama del ciclo en la adquisición del K).

Gran parte de la dificultad en la Adquisición del K radica en el hecho de que no es fácil para el experto describir como ve los problemas. Puede suceder que no pueda distinguir entre los hechos o creencias y los factores que en ese momento tienen influencia en su toma de decisiones. Gran parte de su expertez consiste en la manera en que él ve los problemas, es decir en su percepción y esto es, esencialmente, un problema psicológico.

La adquisición del conocimiento es un proceso cíclico como se muestra en la figura siguiente y que comienza con la elección del **Ingeniero del Conocimiento** y culmina cuando el y/o los expertos del dominio formulan y representan las tareas que serán ejecutadas por el futuro sistema experto.

Ciclo en la Adquisición del K



En la construcción de un sistema experto, pueden intervenir varios expertos y/o ingenieros pero por lo general en la mayoría de los casos, solo participan un experto y un Ingeniero del Conocimiento [ver Notas de ELK]. Juntos definen que incluir y que excluir en el sistema y se lo comunican al resto de los integrantes del equipo de trabajo. Posteriormente, el experto define el alcance y naturaleza de las tareas y el ingeniero determina que subtareas están involucradas y si son segmentables o no.

El Ingeniero del Conocimiento es quien desempeña el papel principal en el desarrollo de un sistema experto. Las otras personas que participan proporcionan informaciones de entrada o salida, pero el Ingeniero del Conocimiento es quien debe finalmente analizarla y estructurarla.

Un Ingeniero del Conocimiento “ideal” debe estar familiarizado con muchas áreas tales como la psicología, neurofisiología, lógica formal, estadística, así como con la terminología utilizada por los expertos del dominio que se esta estudiando.

El modelo básico de la Ingeniería del Conocimiento está sustentado en el hecho de que el Ingeniero del Conocimiento debe actuar como un mediador entre el experto y la base de Conocimientos, extrayendo el

conocimiento del experto, codificándolo en la Base de Conocimientos y refinándolo en colaboración con el experto hasta alcanzar una ejecución aceptable.

Define los hechos que el experto utiliza para la realización de las tareas y las representa para que el sistema pueda repetirlas.

Cuando se tienen dudas sobre la veracidad de la información, se realiza una doble revisión de los datos para asegurar lo más posible la confiabilidad del sistema.

Al finalizar la etapa de recolección de información, el Ingeniero del Conocimiento debe tener respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las tareas específicas que realizará el Sistema Experto?
- ¿Quién(es) utilizará(n) el sistema?
- ¿Cómo se integrará el sistema en el medio ambiente actual?
- ¿Quién(es) proporcionará(n) el conocimiento y la expertez para realizar el primer levantamiento de información?

En la etapa de representación de tareas, el ingeniero debe aprender el proceso que sigue el experto para resolver el o los problemas que estaran integrados en el sistema experto. Además, debe determinar cuando y porque el experto emplea “reglas de dedo”, presentimientos o intuiciones.

Para obtener una comprensión minuciosa de los procesos del experto, el Ingeniero del Conocimiento debe ser capaz de responder detalladamente a las siguientes preguntas:

¿Qué pasos realiza el experto en la realización de una tarea? El conocimiento estratégico del experto es el que indica cual es el proceso a seguir para la realización de una tarea. Cualquier tarea puede verse como una secuencia lógica de pasos. El experto puede realizar una serie de pasos fijos o puede seleccionar diferentes pasos en diferentes casos. Todos los casos se documentan generalmente, en forma de diagramas.

¿Cómo razona el experto a partir de los datos de entrada para obtener los datos de salida? Un experto utiliza la información inicial conocida sobre el caso a resolver y a partir de sus conocimientos genera nueva información hasta llegar a una propuesta de posible solución.

Finalmente, el ingeniero debe solucionar los errores que surgen en el proceso de la representación del conocimiento y que ocurren cuando existe una diferencia entre la manera en la que el experto establece los hechos, reglas y procedimientos y la manera en la que el sistema los representa.

Representación del K.

En esta sección, se da una breve descripción sobre el concepto de representación y particularmente de la representación del k para el desarrollo de los SEs.

En general, los modelos de representación del K que se estudian y que se proponen dentro de las investigaciones para construir Sistemas Expertos (SE's), son para construir sistemas que puedan aprender y tomar en cuenta la semántica de los artefactos (objetos, relaciones, propiedades, estructuras y funciones) así como las incertidumbres que existen entorno al conocimiento ligado al dominio específico (la "NUBE") del SE y a su uso. [Marcellin S. , 2006]

Dentro del contexto de los sistemas expertos, estos modelos de representación del conocimiento permiten que el conocimiento se pueda describir, estructurar en la Base de Conocimiento, que los mecanismos de razonamiento se ejecuten y controlen en la máquina de razonamiento (motor de inferencias) y que el SE adquiera, vía el módulo de aprendizaje, el conocimiento nuevo (no inicial).

Generalmente en la literatura de los SE's, el término de modelos de representación es sinónimo de lenguajes de representación.

Un lenguaje de representación debe poder representar en forma no ambigua, cualquier interpretación de una frase (lógicamente adecuada), debe contar con un método para traducir del lenguaje natural a esa representación y finalmente, debe permitir realizar algún tipo de razonamiento [Woods, 1975].

La representación del K es una de las áreas de la IA y se considera como parte esencial de cualquier resolución de problemas [Newell, 1982]. Uno de los desarrollos más significativos en el área de la representación del k, en estos los últimos 20 años, ha sido la propuesta de [Minsky, 1981], estudiada por [Woods, 1975] [Brachman, 1977] [Brachman, 1979], y desarrollada por [Brachman and Schmolze, 1985] [Fox, Wright, and Adam, 1985] de los lenguajes de representación del K basados en marcos (Frames), todos variantes entre ellos, pero siempre basados en objetos y en sus relaciones. Existen varias herramientas para la representación del conocimiento en los SE's. Los modelos más utilizados son: Reglas de producción; lógica proposicional y lógica de predicados; redes semánticas (o asociativas); marcos (frames, filler and slots) así como las representaciones orientadas a objetos.

El saber qué herramienta utilizar y el escoger la "mejor", depende de la naturaleza de la aplicación, de los resultados deseados y de los expertos en el campo de estudio (la nube). Este es probablemente uno de los puntos más críticos por resolver dentro del desarrollo de un SBK.

Con el K representado, podemos entonces hablar del razonamiento que se realiza dentro el SE, a través del componente llamado "maquina de razonamiento". A continuación damos una descripción de los principales modelos de representación del K utilizados en los SBKs.

Desarrollos de SEs importantes:

El primer sistema considerado como Experto, fue DENDRAL, a mediados de los años sesentas, que le permitió a los ingenieros químicos orgánicos identificar posibles estructuras de moléculas orgánicas válidas, analizando su masa espectral y utilizando una base de datos químicas. Al conjuntar, la heurística de DENDRAL y el programa META-DENDRAL los usuarios podían saber cuales eran las estructuras que cumplían con las condiciones iniciales y así reducir el universo de posibles soluciones válidas y verificarlas manualmente.

Posteriormente a DENDRAL, señalaremos como esenciales para el área de los sistemas expertos, a partir de los años setentas, el desarrollo de los siguientes SEs, que con el tiempo, algunos de ellos, se convertirían en herramientas llamadas "shells": MYCIN, PROSPECTOR, XCON y MOLGEN (ver ANEXO 2 y referencia de cap 1 de las Notas de curso: "EL K = Conocimiento").

El camino de "novato" a "experto".....

..... se hace camino al andar.

Para alcanzar en la vida cualquier objetivo, se requiere primero ambición, luego talento, mucho conocimiento y finalmente una oportunidad.

Carlos Ruiz Zafón, 2008

Referencias y Bibliografía

“Prototypical Knowledge for Expert Systems”

Janice S. Aikins

Artificial Intelligence 20, North-Holland, 1983.

“Natural Language Understanding”

James Allen

The Benjamín/Cummings Publishing Company, Inc., 1987.

“Les Systemes Experts principes et exemples”

H. Farreny

Chadues Editions, Novembre 1986.

“Building Experts Systems”

Hayes-Roth, Waterman, Lenat

Addison-Wesley Publishin Co., 1983.

“Inteligencia Artificial, Aprendizaje y Sistemas Expertos”

Marcellin-Jacques, S., Obregón-Sánchez, A., Flores-Illescas, C., Castillo-Barrera, F.E., Pérez-Luna, E.

Maestría en Ciencias de la Computación, UACPyP del CCH, con sede en el IIMAS-UNAM., 1997.

Marcellin Jacques Sergio. , “La Representación del Conocimiento en el Desarrollo de los Sistemas Expertos”, Notas del Curso: “Sistemas Expertos”, Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, UNAM, 2006.

“El K = Conocimiento”

Marcellin-Jacques, S., Maestría en Ciencias de la Computación, UACPyP del CCH, con sede en el IIMAS-UNAM., 1996.

“Représentation de Connaissances dans les Systèmes Experts”

Suzanne Pinson

R.A.I.R.O. Informatique/Computer Science, Vol. 15 No. 4, 1981.

“Enciclopedia Salvat”

Salvat Ediciones, S. A., Barcelona, 1971.

J. Giarratano and G. Riley: Expert Systems. Principles and Programming. Second Edition. PWS Publishing Company, 1994.

Feigenbaum, E., "The art of artificial intelligence: themes and case studies of knowledge engineering", en Proceedings of the Fith International Joint Conference on

Artificial Intelligence. MIT Press, Cambridge, Mass., págs. 1014-1029, 1977.

Feigenbaum, E., A Personal View of Expert Systems: Looking Back and Looking Ahead. Knowledge Systems Laboratory, April, 1992.

Fernando Giner de la Fuente “ Los Sistemas de Información en la Sociedad del Conocimiento”, ESIC Editorial, Madrid 2004.

Kronke David, “Database processing: fundamentals, design and implementation”, Prentice Hall, 2004, 9th ed.

Date, C.j. “An Introduction to database systems”, Pearson/Addison Wesley, 2004, 8th ed.

Inmmon, W.H, “Building the Data Warehouse”, John Wiley& Sons., 2th Ed.

Pieter Adrians & Dolf Zantinge, “Data Mining”, Addison Wesley.

Westphal, C. & Blaxton, T., “Data Mining Solutions”, John Wiley & Sons.

Berson, A., Smith, S.J., “DataWarehousing, Data Mining and OLAP”, McGraw Hill.

Konar Amit, “Artificial Intelligence and Sofá Computing”, CRC Press, 2000.

Kasabov, N.:Evolving Fuzzy Neural Networks- Algorithms, Applications and Biological Motivation, In Proc. Of Iizuka, Japan , 1998.

Abraham, A., Baiknunth, N.: A neuro-Fuzzy Approach for Modeling Electricity Demand in Victoria. Apllied Soft Computing, 2001, pp- 127-138.

Zadeh, L.A.: Fuzzy sets. Inform and Control 8, 1965, pp338–353.

Ortiz Rodriguez Floriberto, Yu Wen, Moreno-Armendariz Marco A., “System Identification Using Hierarchical Fuzzy CMAC Neural Networks”, Internacional Conferene on Intelligent Computing, ICIC 2006, China, 2006.

De-Shuang Huang, Kang Li, George William Irwin, “Computational Intelligence”, International Conference on Intelligent Computing, ICIC 2006, China, Proceedings, Part II, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

Kal Ahmed and Graham Moore, "An Introduction to Topic Maps", Architecture Journal Website, July 2005.

Marcellin Jacques Sergio, Notas del Curso: "*Construcción de Sistemas Expertos*", Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, UNAM, 2008.

Marcellin Bernardo, Presentación del libro: "La encrucijada de los rinocerontes : entre la razón y la pasión ", Ediciones Coyoacán, 2007, en el Museo Mural Diego Rivera, enero, 17, 2008.

Sitio sobre SE (lenguajes y Herramientas):
<http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html>.

Lenguaje Prolog:
<http://proton.ucting.udg.mx/tutorial/prolog/index.htm>

Fuzzy Clips:
http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyClips/fuzzyCLIPSIIndex2.html

Modelos de representación del K:
Epistemic Logic
<http://plato.stanford.edu/entries/logic-epistemic/>
Discourse representation theory

Sitios relacionados con la IA:

Artificial Intelligence History / Stottler Henke Associates, Inc. http://www.stottlerhenke.com/ai_general/history.htm

Cronología de la inteligencia artificial American Association for Artificial Intelligence (AAAI)
<http://www.aaai.org/>

European Coordinating Committee for Artificial Intelligence (ECCAI)
<http://www.eccai.org/>

Singularity Institute for Artificial Intelligence (SIAI)
<http://www.singinst.org/>

Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL). Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Sitio sobre SE (lenguajes y Herramientas):
<http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html>.

Lenguaje Prolog:
<http://proton.ucting.udg.mx/tutorial/prolog/index.htm>

Fuzzy Clips:
http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyClips/fuzzyCLIPSIIndex2.html

Modelos de representación del K:
Epistemic Logic
<http://plato.stanford.edu/entries/logic-epistemic/>
Discourse representation theory

Sitios relacionados con la IA:

Artificial Intelligence History / Stottler Henke Associates, Inc. http://www.stottlerhenke.com/ai_general/history.htm

Cronología de la inteligencia artificial American Association for Artificial Intelligence (AAAI)
<http://www.aaai.org/>

European Coordinating Committee for Artificial Intelligence (ECCAI)
<http://www.eccai.org/>

Singularity Institute for Artificial Intelligence (SIAI)
<http://www.singinst.org/>

Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL). Massachusetts Institute of Technology (MIT)
<http://www.csail.mit.edu/index.php>

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
<http://www.iiia.csic.es/>

Artificial Intelligence: A Modern Approach
University of California Berkeley
<http://aima.cs.berkeley.edu/>

La Inteligencia Artificial en los juegos:
<http://www.gameai.com/>

AI.Net <http://www.aboutai.net/>
Portal sobre Inteligencia Artificial

The Collection of Computer Science Bibliographies
Alf-Christian Achilles
<http://liinwww.ira.uka.de/bibliography/Ai/index.html>
Bibliografías sobre Inteligencia Artificial

Un laboratorio de I. A.:

<http://www.dsic.upv.es/asignaturas/facultad/iarf/ia/lia.html>

Curso de IA: [René Arteaga y Juan Carlos Armijos]
<http://www.monografias.com/trabajos/iartificial/index.html>

La IA en las Universidades:

University of California Berkeley. Directorio sobre Inteligencia Artificial de la Universidad de Berkeley:
<http://www.cs.berkeley.edu/~russell/ai.html>

Oxford University Computing Laboratory. Directorio sobre Inteligencia Artificial:
<http://archive.comlab.ox.ac.uk/comp/ai.html>

AI Software Packages. Carnegie Mellon University.
Software de libre distribución sobre Inteligencia Artificial
<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/project/ai-repository/ai/areas/0.html>

Areas de investigación en IA de Carnegie Mellon
<http://www.cs.cmu.edu/research/areas/>

Universidad de Oviedo. Un foro común de la comunidad académica cuya actividad docente se centra en el mundo de la Inteligencia Artificial.
<http://www.aic.uniovi.es/>

Sitios con estándares:

W3C Resource Description Framework:
<http://www.w3.org/RDF/>

Intercambio de datos bajo Edifact: <http://search.cpan.org/>

Dublin Core Metadata: <http://purl.oclc.org/dc/>

Tool Kits para la representación del conocimiento útiles para el desarrollo de SE's.

TopicMaps (ISO/IEC), estandar ISO para el intercambio y representación de conocimiento basado en XTM, sintaxis basada en XML.
<http://www.topicmaps.org/>

KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) protocolo de comunicación entre agentes distribuidos como parte de un proyecto dentro de DARPA.
<http://www.cs.umbc.edu/kqml/papers/>

KIF (Knowledge Interchange Format)
<http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/kif/>