

Resumen

La administración efectiva del conocimiento mantiene los activos cognitivos de una organización al identificar y capturar información útil de una manera utilizable, y al apoyar el refinamiento y reutilización de esa información en servicio de los objetivos de la organización. Un activo particularmente importante es el conocimiento “interno” que se encuentra dentro de las experiencias de los expertos en tareas que se pueden perder con los cambios en proyectos y personal. Los Mapas Conceptuales proveen un marco de trabajo para que este conocimiento interno se haga explícito en una forma visual que puede ser fácilmente examinado y compartido. Sin embargo, no trata el cómo los mapas conceptuales relevantes pueden ser recuperados o adaptados a nuevos problemas. RBC está jugando un papel cada vez mayor en la recuperación y reutilización de memorias corporativas, y sus capacidades son atractivas para aumentar el proceso de mapeo conceptual. Este artículo trata sobre la investigación actual sobre una estructura combinada de RBC/CMap para la administración del conocimiento del diseño aeroespacial. Su enfoque enfatiza una captura interactiva, acceso y aplicación del conocimiento que representa las perspectivas de diferentes expertos y un aprendizaje discreto a medida que el conocimiento es reutilizado.

Introducción

La administración de los activos cognitivos de una organización requiere el capturar y reutilizar el conocimiento útil y hacerlo disponible en una forma utilizable cuando se le necesite en el futuro. Este proceso se complica por dificultades en la adquisición y representación del conocimiento, en el acceso a conocimiento relevante, y en la reaplicación de lecciones previas a nuevas situaciones. Estos puntos son particularmente agudos en lo que respecta a la captura y reutilización de activos cognitivos “internos” que se encuentran dentro de las experiencias de los expertos en tareas.

* Esta investigación es apoyada en parte por la NASA bajo la adjudicación No. NCC 2-1035. Los autores Wilson y Leake se encuentran actualmente en el Laboratorio de Información de Inteligencia en la Universidad de Northwestern, con licencia de la Universidad de Indiana. Ellos agradecen al laboratorio y al Departamento de Ciencias de la Computación de Northwestern por su apoyo. También dan un agradecido reconocimiento a Mary Livingston y al equipo de ADIT en NASA Ames ya James Newkirk de la Universidad de Indiana por sus muchas contribuciones.

Diferentes tecnologías ofrecen diferentes beneficios para abordar estos problemas. Los Mapas Conceptuales (CMaps) (Novak y Gowin 1984) proveen un marco para la captura del conocimiento interno de los expertos y hacerlo explícito en una forma visual gráfica que puede ser fácilmente examinada y compartida. Los mapas conceptuales han sido utilizados para la adquisición de conocimiento durante el desarrollo de sistemas expertos (Ford *et al.* 1991) como la base para el componente explicativo de los sistemas expertos (Ford, Cañas & Adams-Weber 1992), y para la preservación del conocimiento en la NASA (Coffey, Moreman & Dyer 1999).

Se han desarrollado procedimientos que ayudan a guiar la generación de CMaps (e.g., (Jonassen, Beissner & Yacci 1993)), y se han desarrollado herramientas interactivas para facilitar la generación y manipulación de mapas conceptuales y para compartir los mapas por Internet (Cañas *et al.* 1995). Estas herramientas apoyan el acceso al conocimiento a través de la navegación de mapas pero no la recuperación automática de mapas relevantes desde los archivos de mapas, o dar apoyo para la adaptación de CMaps recuperados. Tal adaptación es importante, por ejemplo, cuando un mapa conceptual presenta un diseño que debe ser modificado para acomodar nuevas restricciones. El razonamiento basado en casos (RBC) está siendo investigando cada vez más como una técnica de administración del conocimiento para apoyar la recuperación y la adaptación de los casos anteriores (Becerra-Fernández & Aha 1999; Klahr 1997), y métodos de recuperación y adaptación de RBC están prometiendo extender las herramientas de mapeo conceptual existentes. Inversamente, utilizando el proceso de mapeo conceptual para capturar casos puede ayudar al RBC en la ingeniería de casos.

Así que los mapas conceptuales y el razonamiento basado en casos, ambos tratan partes complementarias del problema de la administración de conocimiento. Este trabajo describe la investigación que se está llevando a cabo sobre la combinación de los mapas conceptuales y el RBC para equiparar sus respectivas fortalezas. RBC provee apoyo para la recuperación y aplicación de los CMaps y la herramienta de CMap provee el mecanismo para la captura y representación de casos jerárquicos, la navegación a través de la organización de casos para encontrar casos alternativos y examinación de casos. El marco combinado provee captura y acceso interactivo al conocimiento, apoyo para la conceptualización múltiple del conocimiento y aprendizaje ininterrumpido a medida que el conocimiento es aplicado situaciones nuevas.

Los Mapas Conceptuales para Capturar y Compartir el Conocimiento

Los mapas conceptuales representan relaciones significativas entre conceptos en la forma de proposiciones. Las proposiciones son dos o más conceptos unidos por palabras para formar una unidad semántica. En su forma más simple, un mapa conceptual contendría dos conceptos unidos por una palabra de enlace para formar una sola proposición. Por ejemplo, “Centauro es un cohete” representaría un mapa simple que forma la proposición acerca de los conceptos “Centauro” y “cohete”. Un concepto adquiere significado adicional mientras más proposiciones incluyen el concepto. Así que, el Centauro es un cohete, el Centauro es impulsado por una turbo-bomba, el papel del Centauro es en la etapa superior, y así, todos expanden el significado del concepto Centauro. En este sentido, los mapas conceptuales representan significado en un marco de proposiciones incrustadas. (Las redes semánticas son una forma de mapa conceptual, pero los mapas conceptuales también incluyen representaciones de redes menos restringidas).

Los mapas conceptuales contienen diferentes contenidos y estructuras dependiendo del contexto para el cual fueron generados. Consecuentemente, los mapas que tienen conceptos similares pueden variar de un contexto al otro y pueden ser altamente idiosincrásicos. La fortaleza de los mapas conceptuales yace en su habilidad para expresar el conocimiento de una persona particular acerca de un tema dado en un contexto específico, los mapas conceptuales proveen así una representación elegante, fácil de entender del conocimiento de un dominio de un experto.

El Instituto para la Cognición Humano Maquina de la Universidad de West Florida ha desarrollado herramientas de software que extienden el uso de los mapas conceptuales más allá de la captura y la examinación, para servir como la interfase de navegación de una memoria corporativa de mapas conceptuales jerárquicos y recursos de información asociada. Por ejemplo, las herramientas están siendo utilizadas actualmente en el proyecto del Centro Lewis de la NASA para la captura del conocimiento experto de los sistemas de integración de los vehículos de lanzamiento para el sistema de cohetes Centauro/RL-10 de los ingenieros en jefes de diseño (Coffey, Moran & Dyer 1999). Como parte de este proyecto de investigación, un prototipo navegable de un modelo multimedia del área de conocimiento de los expertos fue construido, como se muestra en la Figura 1. La herramienta de Cmap permite que se asocien íconos con los conceptos que proveen enlaces a otros mapas conceptuales o a medios explicativos (videos, textos, imágenes, simulaciones, páginas WWW, etc.), los cuales pueden ser distribuidos a través del Internet.

Las herramientas también apoyan formas en las cuales el conocimiento codificado en los mapas conceptuales puede ser compartido selectivamente entre una comunidad de usuarios. Los mapas conceptuales son jerárquicos y pueden enlazar a otros mapas a través del Internet, permitiendo a los equipos distribuidos el desarrollar y acceder colectivamente a mapas complejos. Además, en la construcción de los mapas conceptuales, las herramientas le permiten a los usuarios designar oraciones o proposiciones seleccionadas de los Cmaps su “publicación” o que se comparta con otros usuarios. Estas proposiciones, o “afirmaciones”, son guardadas en un servidor compartido, componiendo una “sopa de conocimiento” de aserciones provenientes de fuentes múltiples. El sistema extrae de esta información las afirmaciones que otros usuarios eligieron compartir y que son relevantes para la afirmaciones que el usuario ha publicado, proveyendo información que puede ayudar al usuario al construir sus propios mapas conceptuales. El sistema también provee un proceso para comentar sobre o cuestionar estas afirmaciones compartidas, cuestionando a los otros usuarios acerca de aspectos que el usuario no entiende. Este proceso facilita la discusión distribuida, el refinamiento y uso mapas conceptuales, y la tecnología está siendo actualmente aumentada para desarrollar un ambiente colaborativo para compartir el conocimiento para el Instituto de Astrobiología de la NASA.

Combinando los RBC y los Cmaps

Nosotros estamos investigando la combinación de Cmaps y los RBC para la administración del conocimiento para apoyar el diseño aeroespacial en la NASA. El diseño aeroespacial es un área difícil en la cual la “perdida de conocimiento” a medida que los proyectos son descontinuados o los ingenieros se retiran es un problema profundo. Se han hecho esfuerzos previos en la NASA para almacenar y acceder a reportes textuales para lecciones importantes utilizando herramientas de RBC comerciales estándares (Bagg 1997). Aún así, aún cuando registros textuales de diseños se han podido capturar, estos pueden ser difíciles de entender y de volver a usar porque los diferentes expertos conceptualizan los diseños de manera muy diferente. Esto ha resultado en un esfuerzo por capturar los conocimientos de diseño en la forma de Cmaps.

Nuestro marco de apoyo de diseño interactivo, DRAMA (Recuperación de Diseño y Mecanismos de Adaptación para el Aeroespacio), está siendo desarrollado en cooperación con el proyecto de Plataforma de Prueba para las Tecnologías de Diseño en el Centro de Investigación Ames de la NASA. Se tiene como objetivo ambas cosas, el desarrollar herramientas útiles para el diseño aeroespacial y establecer un marco general de “conocimiento-luz” (Wilke *et al* 1997) para los sistemas interactivos para el apoyo de diseño basado en casos.

Motivaciones para combinar los CBR y los Cmaps: La integración de CBR con las herramientas de CMaps interactivas provee beneficios para ambos los sistemas de CBR y los de Cmaps. Herramientas de Cmaps existentes proveen un medio interactivo para la representación y examinación de diseños, pero su marco no provee facilidades de búsqueda para encontrar Cmaps relevantes que estén almacenados o que provean consejos en como navegar las estructuras jerárquicas de los Cmaps. De la misma manera, así como las herramientas proveen capacidades para definir interactivamente nuevos Cmaps y manipular su estructura al añadir, borrar o sustituir elementos, las herramientas ofrecen muy poco apoyo para la toma de decisiones que subyace al proceso de adaptación. Consecuentemente, su utilidad puede ser extendida por la adición de facultades automáticas para la recuperación de Cmaps relevantes, ayudas automáticas para la navegación de los Cmaps y encontrar información relevante allí, y por ayuda en la reutilización de Cmaps existentes.

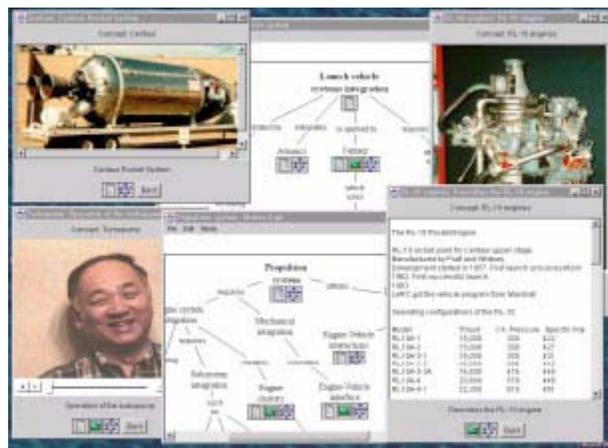


Figura 1: Área de Conocimiento del Experto del Modelo del sistema de cohete Centauro/RL-10

A la inversa, razonamiento basado en casos puede disminuir las capacidades de definición y revisión interactiva de casos de las herramientas Cmap. Los Cmaps pueden ser utilizados como una estructura navegable para indexar casos, ya sea simplemente, de acuerdo a los nodos bajo los cuales están colocados, o contextualmente, de acuerdo a la perspectiva del usuario, reflejada en el camino que se utilizó para llegar a ellos. Por ejemplo, diferentes casos de diseño indexados bajo “Boeing 777” serían apropiados presentar al usuario dependiendo en ya sea si llegaron al nodo siguiendo el enlace para sistemas hidráulicos o el enlace para la avionica.

Además, las herramientas de Cmaps proveen un método conveniente para ingresar información de casos en una forma media entre descripciones textuales (las cuales son fáciles de ingresar, pero muy difíciles

para razonar acerca de ellos) y ricas representaciones estructuradas (las cuales son difíciles de ingresar pero apoyan al razonamiento complejo). En nuestra área, el empuja para utilizar los mapas conceptuales para entender los procesos de diseño significa que tales casos estarán disponibles a bajo costo como “casos semilla” para el sistema RBC. Además, las herramientas de Cmap ya proveen funciones cruciales para la generación, examinación y navegación interactivas de las estructuras jerárquicas de estos casos.

Utilizando la combinación Cmap/RBC para apoyar el acceso, reutilización y captura del conocimiento durante el diseño:

En DRAMA, los Cmaps están siendo utilizados para representar dos tipos de información. Primero, ellos representan jerarquías de aviones y tipos de partes. Segundo, los Cmaps representan información específica acerca de diseños particulares tales como los componentes y las relaciones entre los componentes.

El sistema trata a los procesos de diseños como la generación de un Cmap para describir cada nuevo diseño. La recuperación y adaptación de Cmaps previos es una parte integral del proceso. Un diseñador inicia el proceso de diseño al seleccionar un diseño previo como punto de partida. El usuario puede seleccionar el diseño ya sea utilizando herramientas de recuperación tradicionales de RBC para mapas almacenados o al navegar interactivamente a través de un conjunto de mapas conceptuales que proveen “vistas” alternativas de la aeronave y los tipos de componentes de la aeronave, utilizados para organizar los Cmaps para aeronaves específicas. Por ejemplo, suponga que el diseñador está considerando alternativas para aumentar la eficiencia de combustible de un gran avión de aerolínea. El diseñador primero navega a través de los tipos de aeronaves para seleccionar una aeronave, y selecciona un caso en particular – representado como un mapa conceptual – para adaptarlo a un nuevo diseño. El diseñador puede adaptar el diseño específico o puede requerir que sea abstraído en una plantilla de diseño para rellenar.

La adaptación de Cmaps de diseño es apoyada al ofrecer sugerencias de diseños relevantes anteriores y permitiéndole al usuario el navegar los Cmaps para recoger información para apoyar el proceso de adaptación. En nuestro ejemplo, para revisar el motor para aumentar la eficiencia del combustible, el diseñador elige el nodo del motor de la aeronave actual como la parte a adaptar. Si no se encuentra un Cmap ya presente para el componente elegido (e.g. el diseñador desea rellenar un diseño esbozado al especificar su motor), el diseñador puede utilizar las herramientas interactivas de Cmap para crear un nueva Cmap desde cero, o navegar los Cmaps en busca de diseños, importar un diseño, y entonces adaptarlo como lo deseé. Para ayudar con el soporte de las adaptaciones – e.g. Cmaps que muestran aeronaves que utilizan similares motores), o contextos

similares para el tipo actual de componente (e.g. Cmaps que muestran los motores de aeronaves similares). El resultado del proceso es automáticamente salvado como un nuevo Cmap para uso futuro. Así cada diseño aumenta la memoria corporativa y provee puntos de partida adicionales para futura reutilización del conocimiento.

Significación del Enfoque

Cmap como un medio para la captura y representación de las experiencias: Las representaciones estructuradas han sido estudiadas exhaustivamente dentro del RBC. Estas proveen mucho poder pero pueden requerir un esfuerzo significativo de “ingeniería de casos” (Aha & Breslow 1997; Simoudis, Ford, & Cañas 1992). Trabajo en razonamiento-basado-en-casos textuales (Lens & Ashley 1998) aplica RBC a la información ya almacenada en forma textual, pero los casos textuales pueden ser difíciles de utilizar. Las representaciones por Cmap están en un punto medio entre estas alternativas: incluyen información estructural y están diseñados para representar concisamente las propiedades de conceptos claves, pero puede que no utilicen una semántica estandarizada. Esto los hace más difíciles de manipular autónomamente que las representaciones estandarizadas, pero también más fáciles de adquirir cuando expertos en áreas se les llama para que codifiquen su conocimiento. DRAMA alivia los problemas de representaciones divergentes en dos formas. Primero, cuando un usuario dibuja un mapa y está apunto de llenar un nuevo enlace o nodo, este le presenta al usuario un menú de alternativas de mapas previos. El usuario no tiene que utilizar los enlaces de esta lista, pero cuando los enlaces apropiados están en la lista esto ayuda a construir un conjunto de tipos estandarizados al paso del tiempo. La segunda es simplemente es el mismísimo proceso de “recuperar y adaptar”: Cuando se generan nuevos diseños por adaptación, porciones significativas de las representaciones viejas son llevadas a nuevas tareas, lo cual resulta en representaciones con estructuras similares.

Los mapas conceptuales como una forma de captura de la racionalización de los diseños: Muchos proyectos han aplicado enfoques basados en reglas o basados en modelos para diseñar la captura de racionalización, pero codificar y actualizar la información necesaria puede ser prohibitivamente caro. Ya que los casos de diseño con Cmap capturan un diseño entero como contexto, creemos que la captura racional útil puede ser lograda con información adicional bastante limita: una anotación acerca del por qué el diseñador eligió un componente en particular, dado el contexto implícito de los componentes previos seleccionados. DRAMA permite a los diseñadores proveer esta información como una forma de “explicación débil” del tipo

por el cual abogaban Gruber and Russell (1992), el cual provee solo suficiente información para guiar el proceso de razonamiento propio de un diseñador.

Cmaps/RBC como Recuperación Interactiva: La habilidad para ojear a través de los Cmaps indexando estructuras ofrece a los usuarios una manera conveniente de buscar casos interactivamente. Esto está en el espíritu de los sistemas de razonamiento basado en casos conversacional (RBCC), los cuales guían los procesos de recuperación a través de un diálogo de preguntas interactivo (Aha and Breslow 1997), pero aquí el usuario directamente examina y viaja por estructuras jerárquicas organizacionales.

Conclusión

Los mapas conceptuales son útiles para la administración de conocimiento como un vehículo para la externalizar conocimiento experto “interior”, al permitir que dicho conocimiento sea examinado, refinado y reutilizado. Los RBC son útiles para la administración de conocimiento al proveer representaciones de conocimiento fáciles de entender – registros de episodios de razonamiento específicos – y métodos para acceder información relevante y construir una memoria corporativa de experiencias. La sinergia de las dos tecnologías provee un prometedor enfoque para tratar con la “perdida de conocimiento” corporativo y al darle soporte a la captura y reutilización de las experiencias de expertos en diseños, ayudar a administrar y mantener un componente importante de los activos de cognitivos de la organización.

References

- Aha, D., and Breslow, L. 1997. Reining conversational case libraries. In Proceedings of the Second International Conference on Case-Based Reasoning, 267-278. Berlin: Springer Verlag.
- Bagg, T. 1997. RECALL: Reusable experience with case-based reasoning for automating lessons learned. <http://hope.gsfc.nasa.gov/RECALL/homepg/recall.htm>.
- Becerra-Fernandez, I., and Aha, D. 1999. Case-based problem solving for knowledge management systems. In Proceedings of the Twelfth Annual Florida Artificial Intelligence Research Symposium. Menlo Park: AAI. In press.
- Cañas, A.; Ford, K.; Brennan, J.; Reichherzer, T.; and Hayes, P. 1995. Knowledge construction and sharing in quorum. In World Conference on Artificial Intelligence in Education.
- Coffey, J.; Moreman, D.; and Dyer, J. 1999. Institutional memory preservation at NASA Lewis Research Center. In Proceedings of the HBCU/OMU Research Conference.

Ford, K.; Cañas, A. J.; Jones, J.; Stahl, H.; Novak, J.; and Adams-Webber, J. 1991. ICONKAT: an integrated constructivist knowledge acquisition tool. *Knowledge Acquisition* 3.

Ford, K. M.; Cañas, A. J.; and Adams-Webber, J. 1992. Participatory explanation: A new paradigm? In *Proceedings of the Tenth European Conference on Artificial Intelligence Workshop on Expert Judgment, Human Error, and Intelligent Systems*, 146-155.

Gruber, T., and Russell, D. 1992. Generative design rationale: Beyond the record and replay paradigm. *Knowledge Systems Laboratory KSL 92-59*, Computer Science Department, Stanford University.

Jonassen, D.; Beissner, K.; and Yacci, M. 1993. Explicit methods for conveying structural knowledge through concept maps. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Chapter 15, 155.

Klahr, P. 1997. Knowledge management on a global scale. In Gaines, B.; Mussen, M.; and Uthurusamy, R., eds., *Proceedings of the 1997 Spring Symposium on Artificial Intelligence in Knowledge Management*, 82-85. Stanford, CA: AAAI.

Lenz, M., and Ashley, K., eds. 1998. *Proceedings of the AAAI-98 workshop on textual case-based reasoning*. Menlo Park, CA: AAAI Press.

Novak, J., and Gowin, D. 1984. *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.

Simoudis, E.; Ford, K.; and Cañas, A. 1992. Knowledge acquisition in case-based reasoning: "...and then a miracle happens". In Dankel, D., ed., *Proceedings of the 1992 Florida AI Research Symposium*. FLAIRS.

Wilke, W.; Vollrath, I.; Althoff, K.-D.; and Bergmann, R. 1997. A framework for learning adaptation knowledge based on knowledge light approaches. In *Proceedings of the Fifth German Workshop on Case-Based Reasoning*.