

Una propuesta de la lógica terminológica: El lenguaje de conceptos

Mat. Luis Ignacio Lizcano Bueno¹
Ing. Luis Roberto Ojeda Ch.²

RESUMEN

El presente artículo describe los lenguajes de conceptos o lógicas descriptivas (DLs: Description Logics) de la familia KL-ONE. Los lenguajes de conceptos permiten representar el conocimiento de un dominio por medio de conceptos y roles, donde los conceptos modelan clases de individuos y los roles especifican relaciones entre las clases. De la combinación de conceptos atómicos y roles atómicos con adecuados constructores se generan expresiones de conceptos. Los lenguajes de conceptos están dotados de la semántica declarativa al estilo de Tarski, donde los conceptos son interpretados como subconjuntos de un dominio, y los roles como relaciones binarias. La semántica de conceptos identifica los lenguajes de conceptos como fragmentos de la lógica de predicados de primer orden. El razonamiento sobre los conceptos está basado en la relación de subsumisión. Esta relación implícitamente define una taxonomía entre los conceptos.

PALABRAS CLAVE

INTELIGENCIA ARTIFICIAL. CONCEPTO. LÓGICA TERMINOLÓGICA. LÓGICA DESCRIPTIVA. LENGUAJE DE CONCEPTOS. SUBSUMISIÓN. CONCEPTOS PRIMITIVOS. CONCEPTOS DEFINIDOS. EXPRESIÓN DE CONCEPTOS. ROL. INTERPRETACIÓN. AXIOMAS TERMINOLÓGICOS Y ASEVERATIVOS.

ABSTRACT

This paper describes the concept languages or description logics (DLs) of the KL-ONE family. The concept languages allow to represent the knowledge of a domain by the concepts and roles, where the concepts model individual classes and roles determine relationships between the classes. Of the combination of atomic concepts and atomic roles with suitable constructors can be generated concept expressions. The concept languages are given a Tarski style declarative semantics where the concepts are interpreted as subsets of a domain and roles as binary relations. The semantics of concepts identifies concept languages as fragments of first order predicate logic. The reasoning over the concepts is based in the subsumption relationship. Which implicitly defines a taxonomic between the concepts.

PALABRAS CLAVE

INTELIGENCIA ARTIFICIAL. CONCEPTO. LÓGICA TERMINOLÓGICA. LÓGICA DESCRIPTIVA. LENGUAJE DE CONCEPTOS. SUBSUMISIÓN. CONCEPTOS PRIMITIVOS. CONCEPTOS DEFINIDOS. EXPRESIÓN DE CONCEPTOS. ROL. INTERPRETACIÓN. AXIOMAS TERMINOLÓGICOS Y ASEVERATIVOS.

1 Profesor titular
Universidad Francisco de Paula Santander
Lic. en Matemáticas U.P.N.
Magíster en Matemáticas U.N.
Magíster en Informática U.I.S.
Candidato a Ph.D. en Informática
Universidad Complutense, Madrid.
llizcano@yahoo.com

2 Profesor titular
Universidad Nacional de Colombia
Ingeniero Mecánico U.N.
M.Sc. in Computer Science, U.C.L.A.
Pasantía en Inteligencia Artificial
Comisión Fulbright- SUNY at Stony Brook
ojedar@ing.unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental de la inteligencia es el uso del conocimiento existente. Los sistemas de inteligencia artificial deben adecuar métodos para representar conocimiento y procedimientos que sean efectivos y ágiles para recuperar y reusar el conocimiento requerido. Una metodología de representación y procesamiento de conocimiento es la división del discurso en clases o conceptos con una adecuada estructura jerárquica [2].

Podemos considerar algún conocimiento acerca de las relaciones que se dan en una familia. Tenemos conceptos como: persona (que tiene un sexo ya sea masculino o femenino), mujer, progenitor, madre, papá, etc. Una descripción verbal de este conocimiento podría ser como sigue:

- Las *personas* tienen *sexo masculino o femenino*.
- Una *mujer* es una *persona* de *sexo femenino*.
- Un *hombre* es una *persona* de *sexo masculino*.
- Un *progenitor* está definido como una *persona* que tienen algún *hijo* (el cual es una *persona*).
- Una *madre* es un *progenitor* con *sexo femenino*.
- Un *papá* es un *progenitor* con *sexo masculino*.
- Una *madre con muchos hijos* es una *madre* que tiene al menos tres *hijos*.

También podemos tener individuos (u objetos) que son instancias de los conceptos o que están relacionados por medio de un rol. Por ejemplo:

- *Juan* es *papá*.
- *Pedro* es *hijo* de *Juan*.
- *María* es una *mujer*.

Un sistema de representación de conocimiento debe ofrecer un conjunto de servicios que permita la jerarquización, la gestión, la modificación y la recuperación de información del conocimiento en cuestión. El sistema debe dar respuestas a cuestiones como:

- ¿Es un concepto interpretado en algún sentido? (satisfactibilidad)
- ¿Es un concepto más general que otro? (subsumisión)
- ¿Dónde se ubica un concepto dentro de la jerarquía de conceptos? (clasificación)
- ¿Es consistente una base de conocimiento? (consistencia)
- ¿Qué hechos son deducibles de un conocimiento? (instanciación)

- ¿Cuáles son los conceptos que instancian a un individuo? (comprensión)
- ¿Cuáles son las instancias de un concepto dado? (recuperación)

Al construir un sistema de representación y gestión de conocimiento, nos enfrentamos a preguntas como las antes mencionadas. Si se plantea la cuestión, cuáles pueden ser solucionadas, podemos asegurar que dichos procedimientos son correctos y válidos, y si conocemos su grado de eficiencia. Con base en lo anterior se plantea lo siguiente.

Las lógicas terminológicas o lógicas descriptivas (DLs: Description Logics) basadas en lenguajes de descripción de conceptos como KL-ONE [4] son formalismos que hacen clasificación, descripción de relaciones entre las clases, y establecen la posible estructura jerárquica entre conceptos [3]. Los lenguajes de descripción de conceptos ofrecen las siguientes ventajas frente a otros formalismos de representación de conocimiento [8, 11, 5]:

- Hay una bien definida semántica declarativa. El significado de los constructores no está dado operacionalmente.
- Hay una caracterización de las tareas de los sistemas de representación de conocimiento por la semántica declarativa.
- Hay un número de procedimientos y algoritmos que realizan estas tareas, y sus propiedades están bien determinadas y satisfacen las características de corrección, completitud y decidabilidad y estudios de su complejidad computacional [6, 9, 10, 7].

2. LENGUAJE DE CONCEPTOS

Si queremos diseñar un lenguaje de conceptos basado en DLs, necesitamos un lenguaje formal que nos soporte conceptos y roles (relaciones entre conceptos). Éstos pueden ser combinados por una variedad de operadores para formar expresiones más complejas que pueden ser usadas en axiomas terminológicos para adicionar información a la base de conocimiento. Los operadores soportados por las DLs usualmente incluyen algunas o todas las conectivas lógicas estándar junto con uno o ambos cuantificadores (el universal y el existencial) y los operadores de tipo relacional [11, 7].

Una lógica descriptiva está caracterizada por un conjunto de nombres de conceptos, un conjunto de nombres de roles y un conjunto de individuos. De particular interés es el lenguaje terminológico ALC [10] el cual está definido para expresiones de conceptos de la forma:

$$CN \sqcap T \sqcup \perp \neg C \sqcap C \sqcup \sqcup D \sqcap C \sqcap \sqcap D \sqcup \forall R.C \sqcap \exists R.C$$

donde CN es un nombre de concepto, C y D son expresiones de conceptos y R es un nombre de rol. Los nombres de conceptos T (top) y \perp (bottom) representan el concepto más general y el concepto menos general, respectivamente.

Ejemplos de expresiones de conceptos

El concepto de una *persona* que tiene *al menos un hijo graduado*, se describe como:

$$\text{Persona} \sqcap (\exists \text{Hijo.Graduado})$$

El concepto de una *persona* que tiene *al menos un hijo y todos sus hijos son Graduados*, se describe como:

$$\text{Persona} \sqcap (\exists \text{Hijo.Persona}) \sqcap (\forall \text{Hijo.Graduado})$$

El concepto de una *persona* que tiene *al menos un descendiente y sólo tiene hijas*, se describe como:

$$\text{Persona} \sqcap (\exists \text{Hijo.Persona}) \sqcap (\forall \text{Hijo.Mujer})$$

Con el fin de fijar el significado de los elementos de ALC, su semántica está dada con base en el modelo teórico de Tarski. Los conceptos se refieren a conjuntos de objetos (o individuos) en el dominio de interés, y los roles a conjuntos de relaciones binarias entre individuos.

Una interpretación $I = (\Delta^I, \cdot^I)$ consta de un conjunto no vacío Δ^I llamado el dominio de I y una función \cdot^I (la función interpretación de I) que asigna cada concepto a un subconjunto de Δ^I , cada rol a un subconjunto de $\Delta^I \times \Delta^I$, y cada individuo a un elemento de Δ^I , de tal manera que:

$$T^I = \Delta^I$$

$$\perp^I = \emptyset$$

$$(C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I$$

$$(C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I$$

$$(\neg C)^I = \Delta^I - C^I$$

$$(\exists R.C)^I = \{d \in \Delta^I \mid \exists e \in \Delta^I, \text{ con } (d, e) \in R^I \text{ y } e \in C^I\}$$

$$(\forall R.C)^I = \{d \in \Delta^I \mid \forall e \in \Delta^I, \text{ si } (d, e) \in R^I \text{ entonces } e \in C^I\}$$

La interpretación de una expresión de un concepto es derivada de las interpretaciones de sus componentes. En cada interpretación I, diferentes individuos denotan diferentes elementos del dominio Δ^I , es decir, para cada par de individuos a y b, si $a \neq b$ entonces $a^I \neq b^I$. Esta propiedad corresponde al postulado de nombre único.

3. AXIOMAS TERMINOLÓGICOS Y ASEVERATIVOS

Una base de conocimiento terminológico o una terminología TBox es un conjunto de axiomas que permiten introducir nuevos conceptos a través de las relaciones de subsumisión o de igualdad expresadas por: $CN \leq C$, o, $CN \approx C$, respectivamente, donde CN es un nombre de concepto y C una expresión de conceptos. Para una interpretación I, la semántica de la introducción de conceptos está determinada de la siguiente forma: $CN^I \subseteq C^I$ y $CN^I = C^I$, respectivamente.

Los nombres de conceptos que están asociados con la relación de subsumisión son conocidos como conceptos primitivos, mientras que aquellos nombres de conceptos que están asociados con la relación de igualdad son conocidos como conceptos definidos. Los conceptos primitivos determinan sólo características necesarias, y los conceptos definidos determinan características suficientes y necesarias.

$\text{Humano} \leq \text{Animal} \sqcap \text{Bípido}$ es un axioma que introduce el concepto de humano y afirma que un humano es necesariamente un animal y un bípido, pero un individuo que satisfaga la condición de animal y de bípido no implica que sea un humano.

$\text{Mujer} \approx \text{Humano} \sqcap \text{Hembra}$ es un axioma que introduce el concepto mujer, afirma que una mujer es necesariamente un humano y hembra, y también afirma que un individuo que satisfaga la condición de ser un humano y hembra es suficiente para inferir que este individuo es una mujer.

Los nombres de conceptos en una terminología que no son conceptos primitivos ni conceptos definidos se denominan conceptos atómicos; de ellos sólo se conoce su nombre y que su interpretación es un subconjunto del dominio de aplicación.

Hay lógicas descriptivas que soportan axiomas terminológicos de la forma $C \approx D$ o $C \leq D$ donde C y

D, pueden ser expresiones de conceptos arbitrarios. Los axiomas de la forma $C \leq D$ son conocidos como axiomas de inclusión general de conceptos (GCI) [9], mientras que $C \approx D$ son conocidos como ecuaciones de conceptos [1].

Una formalización del ejemplo presentado en la introducción es:

Roles

$\text{sexo} \subseteq T \times T$

$\text{hijo} \subseteq T \times T$

Conceptos

$\text{Persona} \leq \text{sexo} \cdot \{\text{Masculino}, \text{Femenino}\}$

$\text{Mujer} \approx \text{persona} \sqcap \text{sexo} \cdot \text{Femenino}$

$\text{Hombre} \approx \text{persona} \sqcap \text{sexo} \cdot \text{Masculino}$

$\text{Progenitor} \approx \text{persona} \sqcap (\exists \text{hijo} \cdot \text{Persona}) \sqcap (\forall \text{hijo} \cdot \text{Persona})$

$\text{Madre} \sqcap \text{progenitor} \sqcap \text{sexo} \cdot \text{Femenino}$

$\text{Papá} \approx \text{progenitor} \sqcap \text{sexo} \cdot \text{Masculino}$

$\text{Madre con muchos hijos} \approx \text{Madre} \sqcap (\geq 3 \text{hijo} \cdot \text{Persona})$

El mundo concreto establece conocimiento aseverativo, Abox, que determina la instancia de un concepto en un individuo y de un rol en un par de individuos, así:

(papá Juan)

(hijo Juan Pedro)

(mujer María)

4. CONCLUSIÓN

Hemos planteado los siguientes hechos:

1. Las DLs caracterizan los lenguajes de conceptos con una determinada expresividad, la cual está dada por los operadores o constructores.
2. Una base de conocimiento está determinada por una terminología junto con un conjunto de aseveraciones del dominio y su representación formal.
3. Un conjunto de servicios de inferencia ofrece un sistema de representación de conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Baader, F. Augmenting concept languages by transitive closure of roles: An alternative to terminological cycles. In *Proceedings of the Twelfth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1991.
- [2] Baader, F., Franconi, E., Hollunder B., Nebel B. and Profitlich H. "An empirical analysis of optimization techniques for terminological representation systems". *Applied Artificial Intelligence*, 4:109-132, 1994.
- [3] Brachman, R. A structural paradigm for representing knowledge. Ph. D. thesis, Harvard University, 1977.
- [4] Brachman, R. and Schmolze, G. "An overview of the KL-ONE knowledge representation system", *Cognitive Science* 9(2), 171-216, 1985.
- [5] Domini, F., Lenzerini, D., Nardi, D. and Nutt, W. "The Complexity of Concept Languages". *Information and Computation*, 134, 1-58, 1997.
- [6] Hollunder, B and Nutt, W. Subsumption Algorithms for Concept Languages DFKI report, RR-90-04, 1990.
- [7] Horrocks, I., *Optimising Tableau Decision Procedures for Description Logics*. Ph. D. thesis, University of Manchester, 1997.
- [8] Mac Gregor, R. *The evolving technology of classification-based knowledge representation systems, Principles of semantic networks: Explorations in the representation knowledge*. Morgan-Kaufman, San Mateo, 1991.
- [9] Schild, K. A Correspondence Theory for Terminological Logics: Preliminary Report, In *Proceedings of the Twelfth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 466-471, 1991.
- [10] Schmidt-Schaub, M. and Smolka, G., "Attributive concept descriptions with union and complements". *Artificial Intelligence*, 47, 1991.
- [11] Woods, W., and Schmolze, J. "The KL-ONE Family". *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 23, No. 2-5:133-177, 1992.