

Ontologías, Reglas, Inconsistencias y Argumentación Rebatible en la Web Semántica

Sergio Alejandro Gómez[†], Carlos Iván Chesñevar^{†‡}, Guillermo Ricardo Simari[†]

[†]Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)¹
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253 - (8000) Bahía Blanca - Argentina
Tel/Fax: (+54) 291-4595135/6
E-mail: {sag, cic, grs}@cs.uns.edu.ar

[‡]Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

Resumen

La *Web Semántica* es una visión de la Web en la cual la información tiene un significado exacto que permite a los agentes razonar respecto al mismo para cumplir objetivos delegados por sus usuarios propietarios. El significado de los datos se especifica mediante ontologías, que definen en forma intensiva un conjunto de conceptos y roles e individuos en tales conceptos relacionados entre sí. Tanto la incoherencia como la inconsistencia son dos anomalías que se pueden hallar en las definiciones ontológicas; éstas se pueden dar por falencias en la ingeniería del conocimiento o directamente por lidiar con información incompleta y dominios inherentemente contradictorios. Por otro lado, falencias intrínsecas en los lenguajes de definición de ontologías hacen necesaria la adición de una capa de reglas en la Web Semántica. La argumentación rebatible es un tipo de razonamiento no-monótono que produce conclusiones tentativas en presencia de información incompleta y potencialmente contradictoria. En esta línea de investigación, exploramos la aplicación de la argumentación rebatible al procesamiento de ontologías inconsistentes junto a conjuntos de reglas potencialmente inconsistentes en la Web Semántica. En este artículo, presentamos brevemente la problemática asociada, recapitulamos los resultados obtenidos y discutimos el trabajo en progreso.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Razonamiento no-monótono, Argumentación rebatible, Programación en Lógica Rebatible, Web Semántica, Ontologías, Reglas, Lógicas para la Descripción, Agentes inteligentes

Contexto: Esta línea de investigación está financiada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina), por el Ministerio de Educación y Cultura (España) y por la Universidad Nacional del Sur.

1. Introducción y motivaciones

La *Web Semántica* [4] es una visión futura de la Web donde el significado de los recursos web se define en forma precisa mediante ontologías para permitir que agentes, con poder delegado por sus usuarios, automaticen la prestación de servicios de descubrimiento y correlación de datos descriptos mediante etiquetas ontológicas. Una ontología es una formalización de una parte de

¹LIDIA es un miembro del IICyTI (Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología Informática).

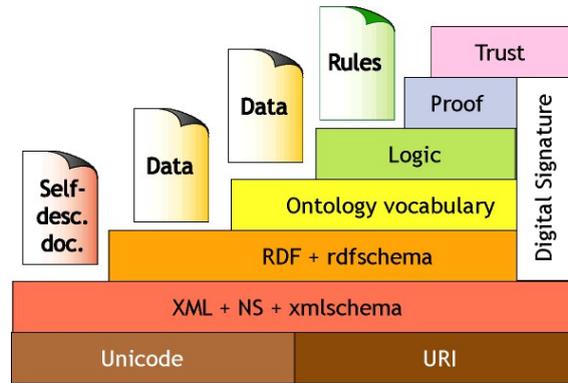


Figura 1: Capas de la Web Semántica

un dominio de aplicación [13]. La Web Semántica se halla definida por una estructura en capas (véase la Figura 1). La capa de ontologías permite definir ontologías mediante el lenguaje OWL-DL [15], cuya semántica está basada en las Lógicas para la Descripción (DL) [2]. Las DL son una familia de formalismos de representación de conocimiento basados en las nociones de *conceptos* (predicados unarios, clases) y *roles* (relaciones binarias), y están principalmente caracterizados por constructores que permiten describir conceptos complejos y roles a partir de otros atómicos usando conjunción, disyunción, negación, restricciones (cuantificaciones) existencial y de valor, entre otros. Una ontología DL consiste de dos conjuntos finitos y mutuamente disjuntos: una Tbox que introduce la *terminología* y una Abox que contiene *aserciones* acerca de objetos particulares en el dominio de aplicación. Las sentencias de la Tbox representan inclusiones o equivalencias de descripciones (posiblemente complejas) de conceptos.

Una importante tarea de razonamiento sobre ontologías es el chequeo de instancia, el cual consiste en determinar si un individuo determinado es o no instancia de un concepto dado. Las anomalías que pueden surgir a la hora de computar el chequeo de instancia son dos: la incoherencia y la inconsistencia. Una ontología es incoherente cuando contiene definiciones de conceptos vacíos. En cambio, una ontología es inconsistente cuando no tiene modelo. El éxito de la iniciativa para la Web Semántica se apoya en la existencia de razonadores existentes (*e.g.*, Racer, Fact, Pellet), los que, si bien tales razonadores son capaces de reconocer ontologías incoherentes e inconsistentes, el ingeniero de conocimiento solamente es notificado de tal situación.

Hay dos maneras no excluyentes de tratar el problema de la inconsistencia. Una consiste en *reparar* la ontología; es decir, hacerla nuevamente coherente y consistente. Esta opción muchas veces es imposible de llevar a cabo por varios motivos, entre los que se cuentan que el ingeniero de conocimiento no tiene autoridad ni el conocimiento para corregir una ontología, una ontología puede estar basada en otras ontologías importadas, o el dominio a modelar puede ser intrínsecamente inconsistente. Una segunda manera de lidiar con el problema de la inconsistencia en ontologías consiste en aceptar la inconsistencia y utilizar un mecanismo de razonamiento no-estándar para obtener alguna respuesta *significativa*. En nuestro acercamiento al razonamiento con ontologías inconsistentes aplicamos la *argumentación rebatible* para llevar a cabo el segundo enfoque.

La capa de reglas tiene como objetivo la adición de reglas sobre la capa de ontologías para modelar casos no contemplados por los lenguajes de ontologías (principalmente por cuestiones de eficiencia) tales como representar más de una variable libre al mismo tiempo. Los formalismos existentes se originan en el área de la Programación en Lógica [1]. Existen dos acercamientos al problema: un acercamiento *híbrido* en el cual hay una separación estricta entre los predicados de

las reglas y los predicados/conceptos de las ontologías subyacentes y un enfoque *homogéneo* que no distingue entre los predicados de las reglas y los de las ontologías. Es de notar que SWRL [14], el lenguaje que implementa la capa de reglas en la Web Semántica, no soporta la negación *default* mientras que la negación clásica puede simularse con el operador de complemento de clases.² Sin embargo, desde los orígenes de la Web Semántica, se ha planteado la necesidad de poder representar tanto la negación clásica como la negación *default* [18], donde la adición de posibilidades de representación de negaciones en la capa de reglas implica la aparición de contradicciones lógicas en la misma.

El estudio de la argumentación puede ser considerado concerniente con cómo las aserciones son propuestas, discutidas y resueltas en el contexto de asuntos en los cuales se pueden mantener varias opiniones divergentes [16, 5, 3]. Tales opiniones divergentes son llamadas *argumentos*. Dado un argumento todos los contraargumentos del mismo son considerados, los contraargumentos de estos últimos y así sucesivamente para formar un árbol de dialéctica. Cuando un contraargumento es derrotado por otro contraargumento, se dice que el argumento inicialmente atacado es *reinstaurado*. Los argumentos que son raíz de algún árbol de dialéctica en el cual todos sus derrotadores se hallan derrotados se dicen *argumentos garantizados* y los mismos son considerados las conclusiones válidas del sistema argumentativo. En particular, la Programación en Lógica Rebatible (DeLP) [6, 17] brinda un lenguaje de representación de conocimiento y razonamiento que combina la Programación en Lógica y la argumentación rebatible. De esta manera, la codificación de conocimiento por medio de la DeLP provee un equilibrio entre expresividad e implementabilidad, que permite lidiar con conocimiento potencialmente contradictorio. Sucintamente, un programa DeLP \mathcal{P} se halla formado por un conjunto hechos, un conjunto de reglas rebatibles (o tentativas) y un conjunto de reglas estrictas. Dada una consulta con respecto a \mathcal{P} , representada por un literal lógico L , el mecanismo de razonamiento forma argumentos a favor y en contra de L , y, mediante un análisis dialéctico, se determina su estado de garantía dando una respuesta que puede ser SÍ (cuando L se halla garantizado), NO (cuando la negación de L se halla garantizada) o INDECISO (cuando no es posible llegar a una conclusión).

A continuación, explicamos cómo esta línea de investigación integra a las Lógicas para la Descripción con la argumentación rebatible en un formalismo de razonamiento con ontologías posiblemente inconsistentes llamado δ -ontologías, repasamos los resultados obtenidos, y, además, discutimos el trabajo actual en progreso vislumbrando líneas futuras de investigación y detallamos la relación de estos temas con la formación de recursos humanos.

2. Trabajo actual de investigación

A continuación resumimos los resultados obtenidos en esta línea de investigación y discutimos los resultados esperados en el corto y mediano plazo.

2.1. Resultados obtenidos

En trabajos previos [8, 9, 12], presentamos un formalismo de razonamiento con ontologías DL posiblemente inconsistentes llamado δ -ontologías. Una δ -ontología conserva el lenguaje de representación de conocimiento de las ontologías DL tradicionales³ pero da semántica a tales ontologías como programas DeLP. En una δ -ontología Σ , si bien la caja asercional tiene el

²Véase la URL <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?SWRLLanguageFAQ>.

³Como ontologías DL tradicionales, nos referimos a la interpretación dada por el texto de [2].

mismo significado que en las ontologías DL tradicionales, en cambio la terminología se encuentra dividida en un conjunto de axiomas terminológicos estrictos (o *Sbox*) y un conjunto de axiomas tentativos (o *Dbox*). De esta manera, las aserciones de una δ -ontología se corresponden con los hechos de un programa DeLP, mientras que la Sbox se corresponde con un conjunto de reglas estrictas y la Dbox con un conjunto de reglas rebatibles. Así, en presencia de inconsistencias en la ontología, un análisis dialéctico es llevado a cabo sobre el programa DeLP que interpreta Σ para computar las tareas de razonamiento típicas tales como el chequeo de instancia y la recuperación de individuos.

En nuestras investigaciones hemos definido formalmente el marco de razonamiento de las δ -ontologías y hemos caracterizado su comportamiento con un conjunto de ejemplos típicos. Por otro lado, hemos estudiado una buena parte de las propiedades que emergen de la aplicación de tal formalismo al razonamiento con ontologías inconsistentes. También, hemos mostrado una aplicación del formalismo introducido al problema de la integración de ontologías [9, 12] y al problema del desarrollo de formularios web inteligentes [10]. Además, en [11] hemos mostrado como integrar el acercamiento de las δ -ontologías con una propuesta de reglas en la Web Semántica mediante un enfoque homogéneo.

2.2. Resultados esperados

Nuestro trabajo de investigación actual está orientado hacia los siguientes objetivos. Por un lado, estamos interesados en completar la caracterización formal de las propiedades emergentes del formalismo de las δ -ontologías en su relación con la implementación con la capa de reglas en la Web Semántica tanto en acercamientos híbridos como homogéneos. Por otro lado, estudiaremos las aplicaciones tecnológicas de nuestros avances en áreas tales como la implementación de agentes inteligentes en la Web Semántica.

3. Formación de recursos humanos

Los temas de esta línea de investigación se hallan íntimamente relacionados con los problemas estudiados oportunamente en el desarrollo de una Tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación [7].

Agradecimientos: Esta línea de investigación está financiada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2002 No. 13.096, PICT 2003 No. 15.043, PAV 2004 076), y por los Proyectos PIP 112-200801-02798 (CONICET, Argentina), TIN2006-15662-C02-01 (MEC, Spain), PGI 24/ZN10 (SGCyT, UNS, Argentina), COST Action IC0801 on Agreement Technologies (ESF – European Union) y la Universidad Nacional del Sur.

Referencias

- [1] Grigoris Antoniou, Carlos Viegas Damasio, Benjamin Grosf, Ian Horrocks, Michael Kiefer, Jan Maluszynski, and Peter F. Patel-Schneider. Combining Rules and Ontologies. A survey. REWERSE 2005, 2005.
- [2] Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, and Peter Patel-Schneider, editors. *The Description Logic Handbook – Theory, Implementation and Applications*. Cambridge University Press, 2003.

- [3] T. J. M. Bench-Capon and Paul E. Dunne. Argumentation in artificial intelligence. *Artif. Intell.*, 171(10-15):619–641, 2007.
- [4] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The Semantic Web. *Scient. American*, 2001.
- [5] C. Chesñevar, A. Maguitman, and R. Loui. Logical Models of Argument. *ACM Computing Surveys*, 32(4):337–383, December 2000.
- [6] A. García and G. Simari. Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach. *Theory and Prac. of Logic Program.*, 4(1):95–138, 2004.
- [7] Sergio Alejandro Gómez. *Integración de Argumentación Rebatible y Ontologías en el Contexto de la Web Semántica: Formalización y Aplicaciones*. PhD thesis, Universidad Nacional del Sur, 2009.
- [8] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Inconsistent Ontology Handling by Translating Description Logics into Defeasible Logic Programming. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 11(35):11–22, 2007.
- [9] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. An Argumentative Approach to Reasoning with Inconsistent Ontologies. In Thomas Meyer and Mehmet A. Orgun, editors, *Proc. of the Knowledge Representation in Ontologies Workshop (KROW 2008)*, volume CPRIT 90, pages 11–20, Sydney, Australia, 2008.
- [10] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Integration of Web-based Forms with Ontologies in the Semantic Web. In Antonio Castro Lechtaler Norberto Caminoa, Fernanda Carmona, editor, *Actas del XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2008)*, Chilecito, Argentina, 6-10 octubre 2008, 2008.
- [11] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Integration of Rules and Ontologies with Defeasible Logic Programming. In *XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2009)*, 2009.
- [12] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Reasoning with inconsistent ontologies through argumentation. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 24(1):102–148, 2010.
- [13] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220, 1993.
- [14] Ian Horrocks, Peter F. Patel-Schneider, Harold Boley, Said Tabet Benjamin Grosf, and Mike Dean. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. National Research Council of Canada, Network Inference, and Stanford University, 2004.
- [15] Deborah L. McGuinness and Frank van Harmelen. OWL Web Ontology Language Overview, 2004. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [16] Henry Prakken and Gerard Vreeswijk. Logical Systems for Defeasible Argumentation. In D. Gabbay and F. Guenther, editors, *Handbook of Philosophical Logic*, pages 219–318. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [17] G. Simari and R. Loui. A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation. *Artificial Intelligence*, 53:125–157, 1992.
- [18] Gerd Wagner. Web Rules Need Two Kinds of Negation. In N. Henze F. Bry and J. Maluszynski, editors, *Proc. of the 1st International Workshop, PPSW3 '03*. Springer-Verlag LNCS 2901, 2003.