

# Procesamiento de Ontologías Inconsistentes en la Web Semántica Usando Argumentación Rebatible: Reporte de Progreso

Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, Guillermo Ricardo Simari

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)<sup>1</sup>  
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

## Resumen

La *Web Semántica* es una visión futura de la Web en la cual la información tiene un significado exacto definido en términos de *ontologías*. Una ontología define un vocabulario en términos de una jerarquía de conceptos e individuos que pertenecen a tales conceptos. Una ontología es anómala cuando es incoherente o inconsistente; estas situaciones se caracterizan por la presencia de definiciones de conceptos vacíos y por contradicciones lógicas, respectivamente. 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 en la Web Semántica. En este artículo, presentamos brevemente la problemática asociada, recopilamos 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, 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* es una visión futura de la Web donde el significado de los recursos web se define en forma precisa para permitir su procesamiento por agentes [3]. La Web actual está formada por documentos HTML formateados para su presentación a usuarios humanos. El éxito de la web a nivel de usuarios finales se debe a que la información se halla presentada en modo textual. Este modo textual no es adecuado para su entendimiento por agentes o programas inteligentes, quienes deben recurrir a la presencia o ausencia de palabras claves para determinar la relevancia de un determinado documento web. En la Web Semántica el significado de los términos presentes en una página web se halla definido precisamente por medio de una o varias ontologías. Una ontología es una formalización de una parte de un dominio de aplicación [13].

Existen varios acercamientos al problema de la definición de ontologías en la Web Semántica. El lenguaje RDF [14] es el más simple, pero al brindar flexibilidad hace que el tratamiento de su caso

---

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

general sea indecidible computacionalmente. Otro lenguaje de representación de ontologías es RDFS-schema [4], que permite definir una jerarquía de clases o conceptos junto con atributos y relaciones con dominio y codominio en tales clases. Sin embargo, la necesidad de expresar restricciones más adecuadas (como por ejemplo, expresar que dos clases son disjuntas) llevó a la necesidad del desarrollo de un nuevo lenguaje llamado OWL [15]. OWL contiene tres sublenguajes: OWL-Lite (el cual es simple y debería ser suficiente para muchos usuarios finales), OWL-DL (el cual se halla basado en las Lógicas para la Descripción) y OWL-Full (que provee los mismos constructores que OWL-DL pero permite representar situaciones más ricas que lo hacen computacionalmente indecidible).

La semántica del lenguaje OWL-DL se halla basada en las Lógicas para la Descripción. Las *Lógicas para la Descripción* (DL) [1] 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 de las tareas de razonamiento que se pueden realizar con 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 (*i.e.*, la ontología es incoherente pero además se han declarado explícita o implícitamente individuos en las clases incoherentes).

El éxito de la iniciativa para la Web Semántica se apoya en la existencia de razonadores existentes (*e.g.*, Racer, Fact, Pellet), los que permiten razonar con ontologías coherentes y consistentes exclusivamente. Desde un punto de vista lógico, el problema con las ontologías inconsistentes estriba en que no es posible decidir si un individuo pertenece o no a una determinada clase. Sin embargo, 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.

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 [18, 5, 2]. 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 (si los hubiera) 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, 19] 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).

Por otro lado, estudios recientes [12, 20] relacionan a las DL con el formalismo de la Programación en Lógica. Esta área de investigación se ha asentado con el nombre de Programación en Lógica Descriptiva (o en inglés, *Description Logic Programming* o DLP). Básicamente, los axiomas de inclusión de clases de las Tboxes DL se corresponden con implicaciones lógicas de primer orden, las cuales, a su vez, pueden ser expresadas como reglas Prolog. Además, las aserciones de las Aboxes DL pueden ser expresadas como hechos en un programa Prolog. También, las conjunciones, disyunciones y restricciones existenciales y de valor pueden ser traducidas al lenguaje de la Programación en Lógica bajo ciertas restricciones que permiten incluir más del noventa por ciento de las ontologías existentes.

En la Sección 2 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  $\delta$ -ontologías, repasamos los resultados obtenidos, y, además, discutimos el trabajo actual en progreso vislumbrando líneas futuras de investigación. Finalmente, en la Sección 3 detallamos la relación de esta línea de investigación con la formación de recursos humanos.

## 2. Resultados obtenidos / esperados

En esta línea de investigación exploramos los siguientes tópicos:

- Representación de ontologías mediante argumentación rebatible
- Razonamiento con ontologías inconsistentes utilizando argumentación rebatible
- Caracterización formal de las propiedades emergentes del formalismo de razonamiento desarrollado
- Análisis de las posibilidades de aplicación e implementación del formalismo desarrollado junto con una evaluación empírica de su aplicación a ontologías reales.

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

### 2.1. Resultados obtenidos

En trabajos previos [8, 9, 11], presentamos un formalismo de razonamiento con ontologías DL posiblemente inconsistentes llamado  $\delta$ -ontologías. Una  $\delta$ -ontología conserva el lenguaje de representación de conocimiento de las ontologías DL tradicionales<sup>2</sup> pero da semántica a tales ontologías como programas DeLP. En una  $\delta$ -ontología  $\Sigma$ , si bien la caja asercional tiene el mismo significado que en

---

<sup>2</sup>Como ontologías DL tradicionales, nos referimos a la interpretación dada por el texto de [1].

las ontologías DL tradicionales (*i.e.*, es un conjunto de afirmaciones de pertenencia de individuos a conceptos y relaciones entre individuos), 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  $\delta$ -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  $\Sigma$  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  $\delta$ -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] y al problema del desarrollo de formularios web inteligentes [10].

## 2.2. Resultados esperados

Nuestro trabajo de investigación actual está orientado hacia dos objetivos principales. Por un lado, estamos interesados en completar la caracterización formal de las propiedades emergentes del formalismo de las  $\delta$ -ontologías, entre las que se incluyen el estudio de estrategias para particionar Tboxes DL automáticamente en Sboxes y Dboxes y aplicaciones al área de mezcla de ontologías.

Por otro lado, estamos interesados en el estudio de la implementabilidad computacional del sistema planteado. En este sentido se presentan particularmente atractivas el uso de las herramientas servidor KAON y DLP [17]. Para facilitar el uso de DLP, Motik *et. al.* [17, 16] brindan la herramienta de conversión `dlpconvert` que permite convertir fragmentos DLP codificados en OWL en sintaxis de *Edinburgh Prolog*. `dlpconvert` está basado en los algoritmos para reducir Lógicas para la Descripción a Datalog implementado en KAON2. El sistema lee una ontología OWL, la reduce a Datalog disyuntivo, si es posible, y finalmente la serializa como un programa lógico. Creemos que esta herramienta puede ser combinada con el servidor DeLP [7], el cual permite realizar consultas con respecto a un programa rebatible en forma remota .

## 3. Formación de recursos humanos

Esta línea de investigación está relacionada con el desarrollo de una Tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación inscripta en la Universidad Nacional del Sur.

**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) y la Universidad Nacional del Sur.

## Referencias

- [1] 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.
- [2] T. J. M. Bench-Capon and Paul E. Dunne. Argumentation in artificial intelligence. *Artif. Intell.*, 171(10-15):619–641, 2007.

- [3] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The Semantic Web. *Scient. American*, 2001.
- [4] Dan Brickley and R.V. Guha. Resource Description Framework (RDF) Schema Specification W3C Proposed Recommendation 03 March 1999. <http://www.w3.org/TR/1999/PR-rdf-schema-19990303/> (checked 2009/03/18), 1999.
- [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] Alejandro Javier García, Nicolás D. Rotstein, Mariano Tucut, and Guillermo Ricardo Simari. An argumentative reasoning service for deliberative agents. In Zili Zhang and Jörg H. Siekmann, editors, *KSEM*, volume 4798 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 128–139. Springer, 2007.
- [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. Reasoning with inconsistent ontologies through argumentation. *Submitted to J. of Applied Artificial Intelligence*, 2008.
- [12] Benjamin Grosz, Ian Horrocks, Raphael Volz, and Stefan Decker. Description Logic Programs: Combining Logic Programs with Description Logics. *WWW2003, May 20-24, Budapest, Hungary*, 2003.
- [13] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220, 1993.
- [14] Johan Hjelm. *Creating the Semantic Web with RDF*. John Wiley & Sons, 2001.
- [15] Deborah L. McGuinness and Frank van Harmelen. OWL Web Ontology Language Overview, 2004. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [16] B. Motik, D. Vrandečić, P. Hitzler, Y. Sure, and R. Studer. dlpconvert: Converting owl dlp statements to logic programs. In *European Semantic Web Conference 2005 (ESWC 2005) Demos and Posters*, 2005.
- [17] Boris Motik, Raphael Volz, and Sean Bechhofer. Dlp - description logic programs, 2003. <http://kaon.semanticweb.org/alphaworld/dlp> (checked 2009/03/18).
- [18] 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.
- [19] G. Simari and R. Loui. A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation. *Artificial Intelligence*, 53:125–157, 1992.
- [20] Raphael Volz. *Web Ontology Reasoning with Logic Databases*. PhD thesis, Universität Fridericiana zu Karlsruhe, 2004.