

# Algunas consideraciones para la transformación de Semántica de Negocios SBVR en el Lenguaje de Ontologías Web OWL2

Marcelo Paulo Amaolo

Facultad de Informática - Universidad Nacional del Comahue  
marcelo.amaolo@central.uncoma.edu.ar

**Resumen** Muchos trabajos de investigación han realizando significativos avances en las tecnologías semánticas para la representación de conocimiento, que se han distribuido principalmente en las sociedades científicas y sobre algunos dominios particulares, pero que no han alcanzado hasta el momento al mundo empresarial. La mayor dificultad para acceder a esta tecnología radica en la complejidad de los lenguajes de ontologías propuestos para el usuario final del área de negocios. La especificación OMG SBVR permite detallar este dominio, describiendo la semántica de los conceptos de negocios y reglas de negocio utilizando un lenguaje natural controlado, asequible a esa comunidad. Por otro lado, si bien hay indicios de que las formulaciones SBVR son mapeables al lenguaje OWL, todavía no se han propuesto metodologías completas que permitan esta traducción. El presente trabajo introduce algunos conceptos y problemas que se presentan en la transformación de SBVR a OWL2.

## 1. Introducción

Los avances en la tecnología que permiten representación semántica del conocimiento [4,5] brindan la posibilidad de que las computadoras y los expertos puedan intercambiar semántica en tiempo real, logrando así nuevas capacidades para el procesamiento de la información. Lamentablemente estas tecnologías no han alcanzado aún un grado de madurez que represente beneficios significativos en las actividades diarias de las empresas.

Parte de las dificultades que evitan la distribución masiva de estas tecnologías radica en las sofisticadas herramientas y lenguajes utilizados, entre ellos RDF [18] y RDFS [6] (*Resource Description Framework y Resource Description Framework Schema*) y el Lenguaje de Ontologías Web [3,12,20] OWL (*Web Ontology Language*), usualmente lejos del interés y fuera del alcance de los expertos del dominio.

OMG<sup>1</sup> creó el metamodelo “Semánticas de Vocabulario de Negocios y Reglas de Negocios” (*SBVR - Semantics of Business Vocabulary and Business Rules* [27]) que permite describir conceptos de negocios y reglas de negocios con el uso

<sup>1</sup> Object Management Group - <http://www.omg.org>

de un lenguaje natural controlado (*CNL - Controlled Natural Language* [26]), que *sí* es comprensible y más asequible a los usuarios de negocios. Con SBVR, los expertos de negocios pueden comprender, validar y construir vocabularios y reglas. Como SBVR está basado en lógica formal [27] puede aplicarse y utilizarse para el procesamiento automatizado, pero al no compartir la misma forma de representación, no puede usarse directamente con las tecnologías desarrolladas para la Web Semántica [25].

La transformación de las expresiones desarrolladas en SBVR en OWL permitiría que los usuarios de negocios pudieran describir ontologías utilizando un lenguaje similar al lenguaje empresarial diario, y por medio de transformaciones automáticas, probar consistencia de vocabulario y reglas en su empresa aprovechando las aplicaciones desarrolladas para la Web Semántica.

La literatura habla de los beneficios de esta transformación [10] suponiendo que la base formal de las formulaciones SBVR es fácilmente mapeable a OWL, sin embargo, a pesar de que existen muchos constructores directamente comparables con los provistos por OWL, otros componentes del lenguaje SBVR no comparten esa característica, y con la reciente introducción de OWL2 se amplía el campo de investigación para acercar ambos mundos.

En este artículo se introducen algunos conceptos básicos necesarios para considerar la transformación de SBVR en OWL2 analizando información relevante de las especificaciones SBVR y las posibles ontologías en OWL2.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: la sección 2 analiza los trabajos relacionados, las secciones 3 y 4 presentan someramente las tecnologías asociadas a los lenguajes SBVR y OWL2, la sección 5 relata las consideraciones para transformar los principales conceptos de SBVR en OWL2 y la sección 6 presenta conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Trabajos relacionados

Se han realizando varios trabajos para la aplicación de ontologías y automatización a partir de las reglas de negocios [29]. La posibilidad de llenar el hueco entre SBVR y la Web Semántica fue presentado por varios autores [10,8,19,25], enfocados tanto en las especificaciones del vocabulario como en la incorporación de reglas al lenguaje OWL. En [21] se sugiere la traducción de SBVR a OWL a través de un lenguaje intermedio, el R2ML (Rule to Markup Language). Todas las investigaciones indican que las transformaciones entre SBVR y OWL son deseables y buscadas, y que ganarán amplia aceptación, sin embargo, todas las aproximaciones aún están en desarrollo.

Otras ideas para vincular las tecnologías semánticas y su uso para los expertos de negocios se basan en los Lenguajes Naturales Controlados (*CNL - Controlled Natural Languages*) para la construcción de las ontologías, con una transformación posterior a los lenguajes de la Web Semántica. Para la generación de estos CNL existen dos aproximaciones enfrentadas: por un lado OWL en forma de lenguaje natural, utilizando directamente ese lenguaje como mapeo [24,16]. Otros grupos científicos han desarrollado sus propios CNL [28,9,23], pero ninguno de

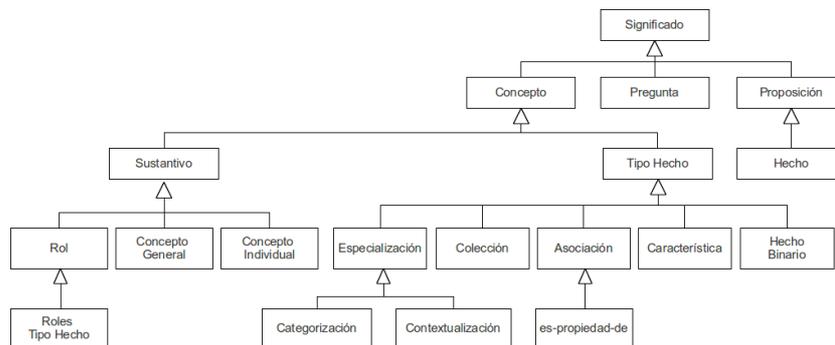


Figura 1. Significados SBVR

ellos ha sido ampliamente aceptado para transformarse en estándar aceptable para usuarios finales y especialistas TI. Asimismo el Proyecto Ontorule (*ONTORULE - Ontologies meet Business Rules*)<sup>2</sup> que busca conformar ontologías a partir de diferentes fuentes, incluso documentación en lenguaje natural, para poder gestionarlas e implementarlas en aplicaciones de software.

### 3. SBVR

En 2008, el consorcio OMG adoptó como estándar la propuesta SBVR, transformándose en la primer especificación creada con la intención de incorporar lenguaje natural para el modelado. SBVR es parte de la Arquitectura Dirigida por Modelos (*MDA - Model Driven Architecture* [22]) y representa especificaciones de lógica formal expresadas en lenguaje natural controlado, para ser procesadas por medios automáticos. Si bien el vocabulario y las reglas SBVR se ubican en la capa MDA-CIM, pueden ser mapeados a las capas MDA-PIM y MDA-PSM, que no son incluidas como parte del estándar [26,21].

SBVR define un metamodelo para reglas y vocabularios de negocios, orientados a la *descripción* del negocio en vez de orientarlo a una implementación técnica, dando un vocabulario a los expertos del dominio para que puedan expresar reglas de negocio. Por ello, el metamodelo se puede analizar a través de sus aspectos básicos: *la comunidad*: la empresa u organización para la cual se establecen la reglas de negocio, *el cuerpo de conocimiento (significados) compartido*: el conjunto de conceptos, hechos y reglas que se comparten en la comunidad, *la formulación semántica*: la forma en la cual se captura el conocimiento compartido, *la lógica formal*: las bases teóricas que son base para la formulación semántica, a partir de recortes de la lógica de primer orden y otras extensiones lógicas, y *la representación empresarial*: representación de la formulación semántica en diferentes formas, que sean aceptadas y utilizadas por los miembros de la comunidad, por ejemplo, a través de lenguaje natural.

<sup>2</sup> Ontorule Project - <http://ontorule-project.eu/>

Como particularidad explícitamente separa significado, representación y simbología: el mismo significado puede tener varias representaciones y la misma expresión puede representar varios significados. La figura 1 muestra un subconjunto de los principales elementos del metamodelo. Se pueden encontrar más detalles de SBVR en [27].

Los *Significados* de SBVR se definen como “aquello que significa una palabra, un signo, una sentencia o una descripción, aquello que alguien intenta expresar o algo que se puede entender”, lo que se puede comprender como “algo percible o concebible” [27].

#### 4. OWL2

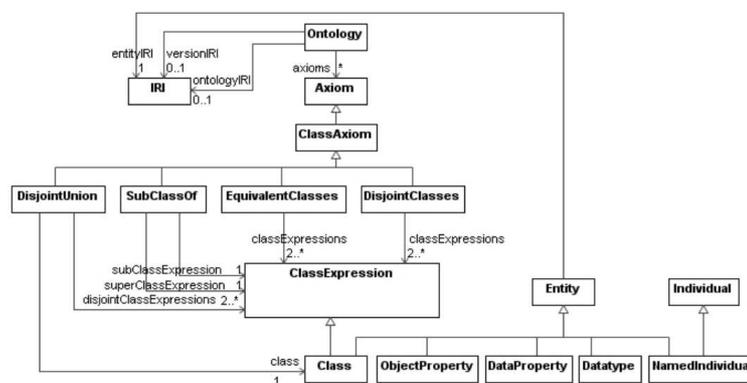


Figura 2. Axiomas, Entidades e Individuos en OWL2

OWL se constituye como una familia de lenguajes de representación de conocimiento para la formulación de ontologías que surge motivado en las actividades de tecnologías semánticas para la Web, fue desarrollado por el Consorcio W3C<sup>3</sup>, y se fundamenta en la lógica para la descripción (*DL - Description Logic*)[2] *SHOIN(D)* [15].

OWL define tres variantes con niveles de expresividad incrementales: *OWL-Lite* (variante de *DL-SHIF(D)* [2,12,7]) para jerarquías de clasificación con restricciones simples, *OWL-DL* (casi equivalente a *DL-SHOIN(D)* [15,12]), para proveer máxima expresividad posible pero con decidibilidad y *OWL-Full*, unión de la sintaxis OWL y RDF/S, pero indecidible.

A pesar de que OWL es muy conveniente para el procesamiento en máquina, no parece conveniente para modelar ontologías o construirlas a partir de lenguaje natural [16].

<sup>3</sup> The World Wide Web Consortium (W3C) - <http://www.w3.org>

OWL2, recomendación W3C de 2009, extiende a OWL con un conjunto de características que permiten técnicas y semánticas mejor comprendidas, útiles para los constructores de herramientas. Basado en DL-*SR*OTQ( $\mathcal{D}$ ) [13], es totalmente compatible con OWL1.

Presenta tres perfiles o fragmentos [20], como restricciones sintácticas con mejores complejidades computacionales: *OWL2 EL*: para ontologías con gran cantidad de propiedades y clases (base en DL- $\mathcal{EL} + +[1]$ ), con baja complejidad computacional; *OWL2 QL*: para ontologías con un gran número de instancias y búsqueda de respuestas como razonamiento y *OWL2 RL*: para aplicaciones que requieren razonamiento escalable sin sacrificar mucho poder expresivo. Puede implementarse utilizando lenguajes de regla estándares junto a razonadores basados en reglas, se inspira en Programas de Descripción Lógica (*DLP - Description Logic Programs*) [11] y se define estableciendo restricciones en la estructura de las ontologías OWL2.

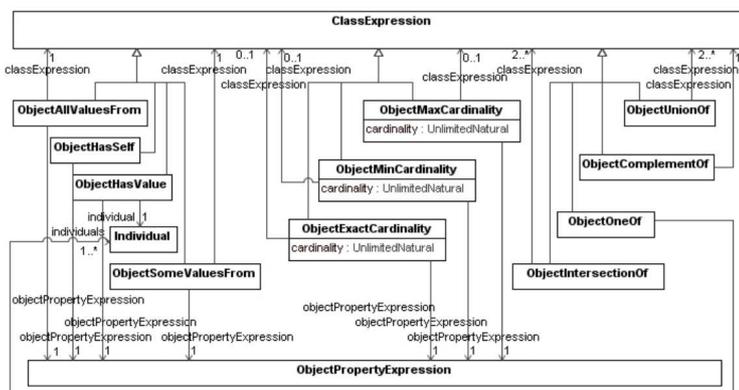


Figura 3. Expresiones de Clases (*ClassExpressions*) en OWL2

En la figura 2 se muestran los principales conceptos OWL2 que corresponden a significados SBVR, que pueden modelarse utilizando “Clases” (*owl:Class*) y la subclase “Expresión de Clase” (*owl:ClassExpression*).

## 5. Consideraciones

En un empresa es imposible tener conocimiento de todos los conceptos y hechos que afectan al negocio, una empresa puede tener conocimiento completo de algunas partes de su especialidad, y conocimiento incompleto sobre otras partes. Por ello, en la práctica, la presunciones de Mundo Abierto (*OWA - Open World Assumption*) y Mundo Cerrado (*CWA - Closed World Assumption*) son aplicables por igual, con *OWA* por defecto, y aplicar una “clausura local” para “partes específicas” de ese conocimiento empresarial. Por ejemplo, una empresa debe conocer los nombre de *todos* los empleados, sobre este conocimiento aplica *CWA*,

mientras que es posible *desconocer* el número telefónico de *todos* los clientes, por lo que la ausencia de ese conocimiento no determina falsedad, presunción OWA.

Las DLs base de los lenguajes OWL no son suficientemente expresivas como para modelar toda la semántica de los vocabularios de negocios, por lo que resulta necesario ampliar esa formalización a través de la incorporación de reglas utilizando extensiones lógicas en combinación. El Lenguaje de Reglas de la Web Semántica (*SWRL - Semantic Web Rule Language* [14]) es una extensión de OWL con reglas en verdadera Propiedad

### 5.1. Transformaciones de SBVR a OWL

Las especificaciones SBVR sugieren que se pueden aparear algunos conceptos SBVR con conceptos OWL [27], pero la lista es incompleta, ya que OWL cubre sólo una parte de SBVR, porque su representación de reglas es muy limitada. Se analizan a continuación ejemplos de transformaciones de los Conceptos *Tipo Objeto*, *Tipo Hecho* y *Cuantificadores* SBVR en ontologías OWL, y se discuten algunas restricciones de la traducción.

### 5.2. Tipo Objeto SBVR

Un “*Tipo Objeto*” SBVR (*Object Type*) se define como un Concepto Sustantivo (*noun concept*) que clasifica items en base a propiedades comunes, su mapeo correspondería a la Clase OWL2 (*Class*), ya que *Clase* se comprende como un conjunto de entidades. Los Tipo Objeto SBVR que sólo tienen una única designación pueden traducirse en Clases OWL (*Class*) y el valor de la expresión de esta designación se puede transformar a *Class IRI*. En caso contrario, el Tipo Objeto SBVR se traduce en varias Clases, que se construyen como sinónimos y que se definen con el axioma “Clases Equivalentes OWL” (*EquivalentClasses*).

Para reflejar las *designaciones preferidas*, característica utilizada diariamente en las actividades de la empresa [17], pueden agregarse “Comentarios” (*Comment*) a todas las Clases Equivalentes, consignando su naturaleza de “Designación Preferida” y “Designación No Preferida” o “Designación Prohibida”. De hecho, esta simple estrategia de distinción de designaciones heredada del vocabulario SBVR, también puede utilizarse para los Tipos Hecho y las formulaciones de Reglas de Negocio utilizando los Conceptos OWL2, y extenderse para las “Propiedades de Objetos” (*owl:ObjectProperty*) y “Propiedades de Datos” (*owl:DataProperty*).

### 5.3. Tipo Hecho

El “*Tipo Hecho*” SBVR (*Fact Type*) indica un tipo de relación entre Conceptos Sustantivos (*noun concepts*) o una característica de un Concepto Sustantivo. Se analizan los *Tipo Hecho Asociativo*, *Propiedad* y *Especialización* (*Categorización*).

Un “Tipo Hecho Asociativo” (*Associative Fact Type*) representa una relación entre conceptos y es el Tipo Hecho más habitual. Cuando tiene dos roles, se transforma en OWL2 usando la “Propiedad de Objeto” (*owl:ObjectProperty*). Por ejemplo, la “fábrica de autos *fabrica modelo de auto*” se transforma en la expresión OWL2:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="fabrica">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Fabrica_Autos"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Modelo_Auto"/>
</owl:ObjectProperty>
```

En el ejemplo anterior asumimos que el Rol del Tipo Hecho (*Fact Type Role*) coincide con el Tipo de Objeto que está jugando ese rol. Sin embargo, los Roles del Tipo Hecho pueden ser tipos de conceptos separados, por ejemplo, “el modelo del auto es fabricado por un fabricante”, con “fabricante” del Tipo de Objeto “Organización”. Esta simple característica dificulta la representación en la ontología OWL2, porque los roles de ontologías se refieren a los Tipos Hechos Asociativos en vez de a los roles SBVR.

Una alternativa de mapeo es la representación utilizando los axiomas “Subpropiedad de Objeto” y “Cadena de Propiedad de Objeto” (*SubObjectPropertyOf* y *ObjectPropertyChain*). La expresión axiomática “*SubObjectPropertyOf(ObjectPropertyChain (OPE<sub>1</sub> ... OPE<sub>n</sub>) OPE)*” establece que, si un individuo *x* se conecta con una secuencia de expresiones de propiedad de objeto “*OPE<sub>1</sub> ... OPE<sub>n</sub>*” con un individuo *y*, entonces *x* también está conectado con *y* por la expresión propiedad de objeto *OPE*. En nuestro caso, para representar el rol “fabricante”, definidas las clases “Organización”, “Fabrica Autos” y “Fabricante” usamos los siguientes axiomas:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="fabrica">
  (...)
<rdf:Description rdf:about="fabricante">
  <owl:propertyChainAxiom rdf:parseType="Collection">
    <owl:ObjectProperty rdf:about="es_fabricado_por"/>
    <owl:ObjectProperty rdf:about="es_rol_de"/>
  </owl:propertyChainAxiom>
</rdf:Description>
```

Cuando se especifique una instancia en la que “Autolatina” del tipo “Organización”, “Ford” del tipo “Auto” y la propiedad “Ford es fabricado por Autolatina”, el razonador ontológico derivará la propiedad objeto “fabricante”.

El Tipo Hecho “*Es propiedad de*” (*Is Property Of*) define una cualidad o característica esencial de un Concepto Sustantivo dado y se identifica usualmente con la expresión “tiene” (en forma pasiva “es propiedad de”). En este Tipo Hecho, los roles se definen sobre un tipo de objeto que es un concepto elemental (número, entero o texto), por lo que se transforma como “Propiedad de Dato OWL” (*DataProperty*), en el que el primer rol se transforma en “Dominio” (de la Clase OWL) y el segundo en el “Rango” (*owl Datatype*) de la propiedad.

Por ejemplo, “la fábrica de autos tiene nombre” y “la fábrica de autos tiene nacionalidad”, se transforma en la expresión OWL:

```

<owl:Class rdf:ID="Fabrica_Autos">
(...)
</owl:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="nombre">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Fabrica_Autos" />
  <rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="nacionalidad">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Fabrica_Autos" />
  <rdfs:range rdf:resource="xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

Finalmente, el “Tipo Hecho Especialización (Categorización)” (*Specialization (Categorization) Fact Type*) representa relaciones entre dos tipos de objetos (conceptos sustantivos): el más general y el más específico. Categorización SBVR se puede transformar al concepto “Sub-clase OWL” (*SubClassOf*):

```

<owl:Class rdf:ID="Escuela">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Organizacion" />
(...)

```

#### 5.4. Transformación de Cuantificadores

Casi todos los cuantificadores presentes en SBVR pueden transformarse directamente como restricciones OWL. El “cuantificador universal” puede transformarse en la restricción OWL “Todos los Valores” (*owl:allValuesFrom*, *ObjectAllValuesFrom* o *DataAllValuesFrom*), el “cuantificador existencial” es un caso especial del cuantificador “al menos n”, con n=1, que se mapea a la restricción OWL “Cardinalidad Mínima” (*owl:minCardinality 1*) o a la restricción “Algunos Valores” (*owl:someValuesFrom*). Las cuantificaciones expresadas como “exactamente n”, “exactamente 1”, “al menos n” o “como máximo n” tienen el mismo tratamiento con las restricciones OWL apropiadas.

#### 5.5. Problemas en la Transformación

Se presentan dificultades al momento de transformar los Tipos de Hecho Asociativos con *multiplicidad de roles*, ya que OWL sólo maneja propiedades binarias. Podría solucionarse incorporando una nueva Clase para la relación, o utilizar listas como argumentos en una relación. Aunque son sugerencias válidas, esas transformaciones oscurecen la semántica de la ontología expresada en lenguaje natural, cuando se intenta construir Preguntas o Reglas de Negocio: no resultan adecuadas para el uso propuesto, la comprensión de los expertos del dominio. Es necesario realizar mayores análisis para resolver este problema, ya que incluso los Tipos de Hecho Asociativo con multiplicidad de roles no se abordan con precisión en la especificación de SBVR.

Otra dificultad presente muchas veces en la práctica, surge porque los Tipos Objetos tienen “*varias jerarquías de generalizaciones*”, en base a distintos

criterios. En SBVR estos conjuntos de generalización se representan con “*Esquemas de Categorización*” (generalizaciones disjuntas incompletas) y “*Esquemas de Segmentación*” (disjuntas completas) que no tienen su correlato en OWL2.

## 6. Conclusiones y trabajo futuro

SBVR, que fue propuesto como estándar y tiene su propio lenguaje natural controlado, puede utilizarse inicialmente como lenguaje para la creación de ontologías. Aunque se hace referencia a su naturaleza formal, aún no existen métodos o herramientas que realicen la transformación al lenguaje de ontologías OWL. La recomendación OWL2 provee mayores capacidades para expresar semántica del dominio de negocios, por lo que es necesario continuar avanzando en su estudio.

En el presente trabajo se realizaron propuestas de transformaciones de algunos significados SBVR y se muestran algunas dificultades. Se continúa con la investigación para mejorar las alternativas presentadas en la gestión de sinónimos y los roles de los Tipos Hecho. Se continuará avanzando sobre alternativas de incorporación de reglas al lenguaje OWL para combinar presunciones OWA y CWA necesarias en la dinámica diaria empresarial, atendiendo las posibles descripciones en el metalenguaje SBVR.

## Referencias

1. F. Baader, S. Brandt, and C. Lutz. Pushing the EL Envelope. In *IJCAI*, pages 364–369, 2005.
2. F. Baader, I. Horrocks, and U. Sattler. Description Logics. In *Handbook on Ontologies*, pages 3–28. 2004.
3. S. Bechhofer, F. van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. McGuinness, P. Patel-Schneijder, and L. A. Stein. OWL Web Ontology Language Reference. Recommendation, World Wide Web Consortium (W3C), February 10 2004. Ver <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.
4. T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5):34–43, May 2001.
5. R. Brachman and H. Levesque. *Knowledge Representation and Reasoning*. Morgan Kaufmann Series in Artificial Intelligence. Morgan Kaufmann, 2004.
6. D. Brickley and R. Guha. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. Recommendation, World Wide Web Consortium (W3C), 10 February 2004. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-schema-20040210/>.
7. D. Calvanese, G. D. Giacomo, D. Lembo, M. Lenzerini, and R. Rosati. Tractable Reasoning and Efficient Query Answering in Description Logics: The *L-Lite* Family. *J. Autom. Reasoning*, 39(3):385–429, 2007.
8. B. Demuth and H.-B. Liebau. An Approach for Bridging the Gap Between Business Rules and the Semantic Web. In *RuleML*, pages 119–133, 2007.
9. N. E. Fuchs, K. Kaljurand, and T. Kuhn. Attempto Controlled English for Knowledge Representation. In *Reasoning Web*, pages 104–124, 2008.
10. C. Fugazza, M. Leida, and P. Ceravolo. Modeling semantics of business rules. In *2007 Inaugural IEEE-IES international conference*, International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, pages 171–176. Institute of Electrical and Electronics Engineers, February 2007.

11. B. N. Grosz, I. Horrocks, R. Volz, and S. Decker. Description logic programs: combining logic programs with description logic. In *WWW*, pages 48–57, 2003.
12. P. Hitzler, M. Krötzsch, B. Parsia, P. F. Patel-Schneider, and S. Rudolph. OWL 2 Web Ontology Language Primer. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium, October 2009.
13. I. Horrocks, O. Kutz, and U. Sattler. The Even More Irresistible *SRIQ*. In *KR*, pages 57–67. AAAI Press, 2006.
14. I. Horrocks, P. F. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosz, and M. Dean. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. W3C Member Submission, World Wide Web Consortium, 2004.
15. I. Horrocks, U. Sattler, and S. Tobies. Practical Reasoning for Very Expressive Description Logics. *CoRR*, cs.LO/0005013, 2000.
16. K. Kaljurand and N. E. Fuchs. Bidirectional Mapping Between OWL DL and Attempto Controlled English. In *PPSWR*, pages 179–189, 2006.
17. J. Karpovic and L. Nemuraite. Transforming SBVR Business Semantics into Web Ontology Language OWL2: Main Concepts. In *17 International Conference on Information and Software Technologies*, volume 15. IT2011, 2010.
18. G. Klyne and J. J. Carroll. Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium, February 2004.
19. M. H. Linehan. Ontologies and Rules in Business Models. In *2007 Eleventh International IEEE EDOC Conference Workshop (EDOCW'07)*, 2007.
20. B. Motik, P. F. Patel-Schneider, and B. Parsia. OWL 2 Web Ontology Language: Structural Specification and Functional-Style Syntax. World Wide Web Consortium, Working Draft WD-owl2-syntax-20081202, December 2008.
21. O. Nicolae and G. Wagner. Verbalising R2ML Rules into SBVR. In *Proceedings of the 2008 10th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing*, pages 265–272. IEEE Computer Society, 2008.
22. OMG Architecture Board MDA Drafting Team. Model Driven Architecture - A Technical Perspective. Technical Report ab/2001-02-01, OMG, 2001. Architecture Board MDA Drafting Team Review Draft.
23. R. Schwitter, K. Kaljur, A. Cregan, C. Dolbear, and G. Hart. A Comparison of three Controlled Natural Languages for OWL 1.1. In *In 4th OWL Experiences and Directions Workshop (OWLED 2008 DC)*, 2008.
24. P. R. Smart. Controlled natural languages and the semantic web. Technical Report ITA/P12/SemWebCNL, School of Electronics and Computer Science, University of Southampton, July 2008.
25. S. Spreeuwenberg and R. Gerrits. Business Rules in the Semantic Web, Are There Any or Are They Different? In *Reasoning Web*, pages 152–163, 2006.
26. S. Spreeuwenberg and K. A. Healy. SBVR's Approach to Controlled Natural Language. In N. E. Fuchs, editor, *CNL*, volume 5972 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 155–169. Springer, 2009.
27. The Object Management Group. Semantics of Business Vocabulary and Business Rules. Technical report, The Object Management Group, 2008.
28. G. Wagner, S. Lukichev, N. Fuchs, and S. Spreeuwenberg. First-Version Controlled English Rule Language. Technical report, REWERSE, Eindhoven, Feb. 2005.
29. M. zur Muehlen and M. Indulska. Modeling languages for business processes and business rules: A representational analysis. *Information Systems*, 35(4):379–390, 2010. Vocabularies, Ontologies and Rules for Enterprise and Business Process Modeling and Management.