

# 基于 OWL 的规则推理研究及应用

丁志劼, 何 骏, 应 捷

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

**摘 要:**文中通过对基于 OWL 的个体构造方法, Jena 通用推理机及推理规则的研究, 尝试一种新的个体构造方法, 以及针对此类个体所适用的规则。期望可以不局限于推理个体间的关系, 而是能够针对个体的活动进行推理。为了证明该方法的可行性, 实现了一个推理系统, 在个体的构造过程中, 加入了时间轴, 并对其进行了推理研究。通过该推理系统及特殊的推理规则, 可以利用个体间的关系或是个体基于时间轴的活动, 推理出目标个体的活动。因此证明了该方法可以基于时间轴, 有效地推理个体的活动。

**关键词:** OWL; Jena; 规则; 时间轴

**中图分类号:** TP31

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2013)07-0144-03

**doi:** 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.037

## Research and Application of Reasoning and Rules Based on OWL

DING Zhi-jie, HE Jun, YING Jie

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** Through research of the ontology construction method based on OWL and Jena generic reasoning machine and rules of inference engine, try a new ontology construction method, and the rules applicable for such body. Expecting may not be limited to the relationship between the ontology, but is capable of reasoning its activities. In order to prove the feasibility of the method, built a reasoning system, in the construction process of the ontology adding a timeline, and did the reasoning research. Through the inference system and special rules, it's possible to reason the activities of the target ontology by the relationships between the ontologies or ontology timeline based activities. This test proved that the method can be effective reasoning ontology activities based on timeline.

**Key words:** Web Ontology Language; Jena; rules; timeline

## 0 引言

目前人们所使用的万维网, 实际上是一个存储和共享图像、文本的媒介, 终端所能看到的只是一堆文字或图像, 对其内容无法进行识别<sup>[1]</sup>。

语义网实现的重要基础就是本体。在人工智能界, Neches 给出了 Ontology 最初的定义, 他认为: “本体定义了组成主题领域的词汇表的基本术语及其关系, 以及结合这些术语和关系来定义词汇表外延的规则<sup>[2]</sup>”。

对于其定义可以知道, 在某种领域, 基于对该领域知识的理解, 提出一个共同认可的词语构建本体, 并从不同层次对其模式及其相互关系, 做出明确定义<sup>[3]</sup>。比如, 如果没有用本体对其进行定义, Doctor 对机器来说仅仅是六个字母组成的单词, 在不同的语境下, 人们可以理解其含义, 但机器肯定理解不了。如果从学校、

医院和医学院三个角度, 对 Doctor 这个词进行定义: 在学校上学的 Doctor 是博士; 在医院给病人看病的 Doctor 是医生; 既在学校上学又在医院给人看病的 Doctor 是医学院的博士。这样在不同语境下, 机器就能理解 Doctor 所表达的含义。所以, 本体的构建不仅要求有专业的知识, 还要用合适的语言表述, 有效的方法构建。

## 1 OWL

OWL<sup>[4]</sup> (Web Ontology Language) 是 W3C 开发的一种网络本体语言, 用于对本体进行语义描述。它定义的方式是基于 RDF (Resource Description Framework), 由于 RDF 对于类及属性之间关系描述能力弱, OWL 又拓展了 RDF Schema 的类和属性分层结构, 所以 OWL 能保持对 RDF/RDFS 的兼容性, 同时还具有

收稿日期: 2012-09-17

修回日期: 2012-12-26

网络出版时间: 2013-03-05

基金项目: 国家“973”重点基础研究发展计划项目 (2006AA01Z201)

作者简介: 丁志劼 (1987-), 男, 硕士, 研究方向为数据仓库与决策支持系统。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130305.0817.044.html>

强大的语义能力,而且还保证了描述逻辑 (DL, Description Logic)的可推理性。同时由于语义网的分布特性,OWL 采取“开发世界”的设计思想,即如果一个事物没有被明确的定义,那么它就是未知的,这与基于描述的逻辑推理其思想是一致的。

图 1 所示为本体语言栈<sup>[5]</sup>,其中可以看出 OWL 处于最上层。

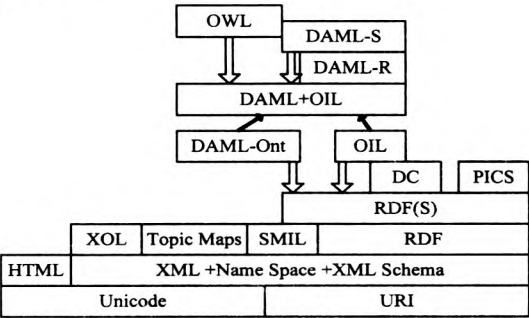


图 1 本体语言栈

针对不同的需求 OWL 有三种子语言,OWL Lite, OWL DL,OWL Full。文中所用到的是 OWL DL (Description Logic,描述逻辑)。其特征是可判定推理能力和较强表达能力,对于一般性的推理已经足以满足要求,缺点是对 RDFS 的支持性差。OWL DL 包括了 OWL 语言所有的可用语言成分。但在使用时,OWL DL 受到一定的约束。它能够保证计算完全性和可决定性。比如,在 OWL 中允许一个类是另一个类的实例,但是当该类是多个类的子类时,该类不能成为实例。

2 OWL 中的语法

Class(类):类表示具有某些公共属性的个体。一般默认类被称为 Thing,表示所有个体,即所有在 OWL 中定义的类的父类。

Rdfs:subClassOf(子类):类似于编程中类的继承概念,表示一个子类具有父类的所有特性,同时还有自己的一些特性。

rdf:Property(属性):属性即个体之间或者个体与数值之间的关系。可以分为对象属性(ObjectProperty)和数据属性(DatatypeProperty)两类。

Rdfs:subPropertyOf(子属性):可以用“某属性是另一个属性的子属性”来建立属性层次结构。

rdfs:domain(定义域):规定具有某种属性的类。如果某个个体能够通过一个属性与另一个个体或数值相关联,并且该属性的定义域是一个类,那么该个体必然

属于这个类。

rdfs:range(值域):规定哪些个体能够适用于属性。如果某个个体作为一个属性与另一个个体相关联,同时该属性的值域是一个类,那么该个体一定是这个类的实例。

Individual(个体):个体即类的实例,个体之间通过属性相互关联。

3 Jena 推理规则

用户可以利用上面的语法结构实现本体中的推理。但这种推理局限性比较大,因此 Jena 支持用户自己开发推理规则<sup>[6]</sup>,具体语法如图 2 所示<sup>[7]</sup>。

规则是从 OWL 变换的语法提取的,它在 OWL 语义和抽象语法的基础上拓展了描述的 OWL 抽象语法<sup>[8]</sup>。

一个主要的扩展就是加入了规则公理,它要求前提和结论之间满足某种联系。规则的定义是:只要前提指定的条件满足,结论的条件也必须满足。

Rule	= bare-rule or [bare-rule] or[ruleName : bare-rule]
bare-rule	= term,...term->hterm,...hterm //forward rule or bhterm<-term,...term //backward rule
hterm	= term or [bare-rule]
term	= (node,node,node) //triple pattern or (node,node,functor) //extended triple pattern or builtin(node,...node) //invoke procedural primitive
bhterm	= (node,node,node) //triple pattern
functor	= functorName(node,...node) //structured literal
node	= uri-ref //e.g. http://foo.com/eg or prefix:localname //e.g. rdf:type or <uri-ref> //e.g. <myscheme.myuri> or ?varname //variable or 'a literal' //a plain string literal or 'lex'^^^typeURI //a typed literal or number //e.g. 42 or 25.5

图 2 规则语法

3.1 规则的构造

Jena 的推理机是基于规则的,它有两个内部推理引擎:前向推理 RETE 和 tabled Datalog 引擎,提供了前向链、后向链和混合模型。这两种不同的推理引擎都需要一系列的规则来定义其行为。Jena 自身包含有推理规则集(Jena 系统目录 \$ \etc 下),主要是针对本体和 RDFS 的特点定义的一些规则,用于检查概念的可满足性,不同类之间的关系,属性的传递、互逆、不相交等,如以下两条规则:

Rule1:(? a rdfs:subClassOf ? b)(? b rdfs:subClassOf ? c)->( ? a subClassOf ? c)

Rule2(? x owl:disjointWith ? y)(? a rdf:type ? x)(? b rdf:type ? y)->( ? a owl:differentFrom ? b)

这些规则属于通用规则,但对于具体领域内的一些具体信息的检索还不能够满足要求<sup>[9-11]</sup>。例如:表示人物之间的关系、学生上课时的状态等,这时候就要求用户自己定制规则、创建特定的推理机以满足推理需求,自定义规则是对通用规则的补充,也是在实际专业领域的个性化需求。

### 3.2 规则的拓展

在上述的规则中,用户只能推理本体间的属性关系,无法推理本体的状态;即使用户自己定义了有关行为的属性,如 eat, climb, 但是本体的状态属性是随时间而改变,也许一个本体上一个时刻还在 eat,但是下一个时刻就在 sleep。网络上的数据也是时刻在改变的。如果没有时间标记的话,就无法准确表示本体的状态。

所以尝试在本体属性中加入“坐标”(Coordinate)。它作为一个类又包含两种属性:地点和时间。这样就可以满足,在特定的时间,特定的地点,表示本体特定的状态。同时因为 Coordinate 作为一个类,本体可以包含多个 Coordinate。那么可以满足数据随时间变化的特性。比如:

```
<!-- http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/9/school.owl#chifan -->
<owl:Thing rdf:about="#haveDinner">
  <rdf:type rdf:resource="#Coordinate"/>
  <atTime rdf:datatype="&xsd;dateTime">2012-09-10T09:39:19</atTime>
  <atPlace rdf:resource="#floor2"/>
</owl:Thing>

<!-- http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/9/school.owl#shangke -->
<owl:Thing rdf:about="#haveClass">
  <rdf:type rdf:resource="#Coordinate"/>
  <atTime rdf:datatype="&xsd;dateTime">2012-09-10T14:23:19</atTime>
  <atPlace rdf:resource="#jiaodong"/>
</owl:Thing>
```

这样就可以表示一个人在不同时间,不同地点的不同状态。

## 4 实现推理

为了研究该方法规则推理的可行性,建立了某大学的本体。

子类包含教学楼 Teaching\_storey, 图书馆 Library, 宿舍 Dormitory(子类有教师公寓 Teacher\_apartment, 学生宿舍 Student\_house), 食堂 Dining\_room, 借书卡 Library\_card, 图书 Book, 人 Person(子类有教师, 学生), 坐标 Coordinate 等。

属性有: eatWith, eatAt, giveLessonAt, attendClassAt,

isStudentof, isTeacherof, borrowCardAt, returnCardAt, inHandof, belongTo, liveIn, sleepAt, yanger, older, age, atTime, sleepTimeBegin, sleepTimeEnd, borrowAt, bookBorrowed, name 等。

个体有:

人物: chen, ding, ying, zhen 等;

地点: floor2, jiaodong, xue6, natural\_science 等;

物品: Ying\_card, OWL 等;

坐标: chifan, shangke, jieka, huanka, jieshu 等。

在 Java 环境下, 基于 OWL DL 语言, 使用 Jena 通用推理机进行推理。

1) 查找 ding 在 2012-09-10T11:39:19 的时间点, 发现和 chen 一起在吃饭, 同时得到数据 chen 在 floor2, 可以推出 ding 在 2012-09-10T14:39:19 该时间点在 floor2 吃饭(由一个本体的状态推导另一个本体的状态)。

2) 查找 ding 在 2012-09-10T14:23:19 的时间点, 发现他的老师此时正在 jiaodong 上课, 可以推出 ding 在 2012-09-10T14:23:19 该时间点在 jiaodong 上课(由本体的关系属性推导其状态)。

3) 推导某状态的本体, ding 在 2011-04-15T21:09:23 向 ying 借了图书卡, 在 2012-09-10T20:56:42 归还图书卡, 由图书馆可查到在 2012-09-10T16:56:42 该卡借了本书, 经过推理, 可知是 ding 借了这本书。

4) 常识性推断, 假定 23:00 到 07:30 这段时间是普通人的睡眠时间。那么可以推断, 在该时间段的任意时间点, ding 在其宿舍睡觉。

5) 与时间无关的关系推理, ding 是 zhen 的学生, 那么在任意时间点, 搜索两者的关系是维持不变的。

相关规则如下:

```
[rule1: (? a sc:eatWith ? b)(? a sc:eatAt ? c)(? c sc:atTime ? d)(? c sc:atPlace ? f)(? b sc:atTime ? e) equal(? d, ? e)->( ? b sc:eatAt ? f)]
```

```
[rule2: (? a sc:eatAt ? b)(? b sc:atTime ? c)(? b sc:atPlace ? d)(? f sc:atTime ? e) equal(? c, ? e)->( ? f sc:atPlace ? d)]
```

```
[rule3: (? a sc:isTeacherof ? b) (? a sc:giveLessonAt ? c) (? c sc:atTime ? d)(? c sc:atPlace ? f)(? b sc:atTime ? e) equal(? d, ? e)->( ? b sc:attendClassAt ? f)]
```

```
[rule4: (? a sc:belongTo ? b)(? c sc:borrowCardAt ? d) (? d sc:atTime ? f)(? c sc:returnCardAt ? e)(? e sc:atTime ? g)(? c sc:atTime ? h) lessThan(? f, ? h) greaterThan(? g, ? h)->( ? a sc:inHandOf ? c)]
```

```
[rule5: (? a sc:belongTo ? b)(? c sc:borrowCardAt ? d) (? d sc:atTime ? f)(? c sc:returnCardAt ? e)(? e sc:atTime ? g)(? b sc:atTime ? h) lessThan(? h, ? f)->( ? a sc:inHandOf ? b)]
```

(下转第 166 页)

LEO 卫星计算路由表、选择路径的情况,此时对于保密性、完整性的要求就更严格,而不是如动态路由协议那样强调路由可达。因此,根据具体的路由协议以及安全需求,从上述安全目标中选择最合适的就很重要,而不是必须满足全部的安全目标。

## 5 结束语

文中分析了卫星网络路由协议的安全目标,重点研究了 plausible routing 的定义,指出了 plausible routing 的定义在卫星网络中仍然是可行的,并针对其不足,对 plausible routing 的目标进行增强。plausible routing 主要致力于网络拓扑的研究,保证路由可达,而没有考虑各路由消息的安全,因此文中主要从路由消息的角度进行安全增强,通过要求路由消息不被篡改和丢弃,以保证路由消息可以正确地到达目的节点。相对 plausible routing 和 liveness、safety 的定义,文中提出的安全目标更完善,后续的研究可以运用此目标进行路由安全的设计和验证,给出的具体定义也可以帮助设计协议。

### 参考文献:

[1] 吴 杨, 矫文成, 潘艳辉, 等. 卫星网络加密算法安全性分析与攻击建模[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(6): 140-144.

[2] 李 喆, 刘 军. 卫星网络安全路由研究[J]. 通信学报, 2006, 27(8): 113-118.

[3] 郝选文, 马建峰, 任 方. 空间信息网络环境下一种基于双层卫星网络的认证路由协议[J]. 计算机科学, 2011, 38(2): 79-81.

[4] 彭长艳, 张 权, 唐朝京. LEO 卫星网络中一种安全的按需路由协议[J]. 信号处理, 2010, 26(3): 337-346.

[5] Ács G, Buttyán L, István V. Provably Secure On-demand Source in Mobile Ad Hoc Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2006, 5(11): 1533-1546.

[6] Yang Shahan, Baras J S. Modeling Vulnerabilities of Ad Hoc Routing Protocols[C]//Proc of the 1st ACM Workshop on Security of Ad Hoc and Sensor Networks. Fairfax Virginia: [s. n.], 2003: 12-20.

[7] 季晓君, 田 畅, 张毓森. MANET 路由协议安全分析[J]. 应用科学学报, 2007, 25(1): 30-34.

[8] 苏金树, 胡乔林, 赵 宝, 等. 容延容断网络路由技术[J]. 软件学报, 2010, 21(1): 119-132.

[9] 毛立强, 马建峰, 李兴华. 可证明安全的 MANET 按需源路由协议分析[J]. 通信学报, 2009, 30(1): 38-44.

[10] 刘家芬. 安全协议形式化分析中认证测试方法的研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.

[11] Fábrega F J T, Herzog J C, Guttman J D. Strand Spaces: Why is a Security Protocol Correct? [C]//Proc of IEEE Symposium on Security and Privacy. Oakland, CA: [s. n.], 1998: 160-171.

(上接第 146 页)

[rule6: (? a sc: belongTo ? b) (? c sc: borrowCardAt ? d) (? d sc: atTime ? f) (? c sc: returnCardAt ? e) (? e sc: atTime ? g) (? b sc: atTime ? h) greaterThan(? h, ? g) -> (? a sc: inHandOf ? b)]

[rule7: (? a sc: atTime ? b) (? a sc: liveIn ? c) (? a sc: sleepTimeBegin ? d) (? a sc: sleepTimeEnd ? e) greaterThan(? b, ? d) lessThan(? b, ? e) -> (? a sc: sleepAt ? c)]

[rule8: (? a sc: inHandOf ? b) (? a sc: bookBorrowed ? c) -> (? b sc: bookBorrowed ? c)]

## 5 结束语

上述实验可以初步推理本体在某时间点的状态, 以及不同时间本体的状态变化; 但由此会带来坐标过多的问题, 而且简单的(时间, 地点)坐标无法满足用户对信息检索的需求。

相信随着对 OWL 语义和语法的深入研究, 会有完备的 OWL 表述与推理, 那么, 对网络的智能搜索会起到很大的帮助。

### 参考文献:

[1] 陈发鸿. 网格服务基于本体语义描述的探析[J]. 中共福建省委党校学报, 2010(12): 120-124.

[2] Neches R, Fikes R E, Gruber T R, et al. Enabling Technology for Knowledge Sharing[J]. AI Magazine, 1991, 12(3): 36-56.

[3] 尹红健. 基于本体的信息检索研究[J]. 信息化纵横, 2009(18): 11-13.

[4] Allemang D, Hendler J. Semantic Web for the Working Ontologist Effective Modeling in RDFS and OWL[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

[5] Antoniou G, van Harmelen F. A Semantic Web Primer[M]. Cambridge, M A, USA: The MIT Press, 2004.

[6] Jena-A Semantic Web Framework for Java[EB/OL]. 2011-09-25. <http://jena.sourceforge.net/index.html>.

[7] Reasoners and rule engines: Jena inference support[S/OL]. 2011-12. <http://jena.apache.org/documentation/inference>.


[8] Owl Web Ontology Language Overview[EB/OL]. 2004-02-10. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.

[9] 韩亚洪, 刘永革. 本体的查询与推理机制研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(9): 82-85.

[10] 王金环, 李宝敏. 基于本体 DL 的语义推理研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(11): 94-96.

[11] 宋晓峰, 唐发根. 基于本体的推理技术的相关研究[EB/OL]. 2011-09-09. <http://www.paper.edu.cn>.

# 基于OWL的规则推理研究及应用

作者：[丁志劫](#)，[何骏](#)，[应捷](#)，[DING Zhi-jie](#)，[HE Jun](#)，[YING Jie](#)  
作者单位：[南京邮电大学计算机学院, 江苏南京, 210003](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)   
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2013, 23(7)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201307037.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201307037.aspx)