

# 一种基于本体和自定义规则的情景推理方法

张楚才<sup>1</sup>, 刘昀岢<sup>2</sup>, 瞿绍军<sup>1</sup>

(1. 湖南师范大学 数学与计算机科学学院, 湖南 长沙 410081;

2. 武警 8654 部队, 山西 晋中 030600)

**摘要:**情境感知技术是普适计算研究的重要方向,而情境推理是情境感知系统的核心部分。针对目前智能空间中情境推理方法存在的推理实现便捷性和满足应用特殊要求难以兼顾的问题,对基于相似度计算、基于多值逻辑、基于规则和基于本体等主流情境推理方法进行了优缺点分析,在此基础上提出了一种基于本体和自定义规则的情景推理方法。利用一阶谓词逻辑对情境信息进行描述,选择 Jena 作为情境推理的工具,并对情境推理的实现流程进行了详细讨论。以智能家居应用场景为例验证了该方法的有效性。

**关键词:**情境推理;情境感知;本体;普适计算

中图分类号:TP181

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)04-0139-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.04.035

## A Context Reasoning Method Based on Ontology and User-defined Rules

ZHANG Chu-cai<sup>1</sup>, LIU Yun-ke<sup>2</sup>, QU Shao-jun<sup>1</sup>

(1. College of Mathematics and Computer Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2. Troops 8654 of CAPF, Jinzhong 030600, China)

**Abstract:** Context-aware technology is an important research direction of pervasive computing, and context reasoning is the core of context-aware systems. In view of the existing context reasoning method is difficult to fulfill the convenience of reasoning to realize and meet the application requirements in intelligent space simultaneously, based on the analysis of advantages and disadvantages of mainstream context reasoning methods at present such as those based on the similarity calculation, based on multi-value logic, based on rule reasoning and based on ontology, a context reasoning method based on ontology and user-defined rules is proposed. Then the first-order predicate logic is used for the representation of context. Jena is chosen as the context reasoning tool, and the realization process of context reasoning is discussed in detail. The effectiveness of the method proposed is verified under the environment of intelligent home.

**Key words:** context reasoning; context-awareness; ontology; pervasive computing

## 0 引言

普适计算的目的是建立一个充满计算和通信能力的环境,使人们能够在任何时间、任何地点,以任何方式进行信息的获取与处理<sup>[1]</sup>。情境感知技术源于普适计算的研究,简单说就是通过传感器及其相关的技术使计算机设备能够“感知”到当前的情境,其目标是使情境感知系统<sup>[2]</sup>能够根据情境信息的动态变化自动判断用户当前所需服务并予以提供。在情境感知系统中,情境推理占据了很重要的位置,因为智能空间中上层的情境信息或隐含信息并不能从底层设备直接获

取,而需要在融合已知底层情境信息的基础上通过推理得到<sup>[3]</sup>。

文中提出的情景推理方法集成了基于本体的推理和基于规则的推理两种方法的优点。对于本体使用过程中的冲突检测、表达优化、本体融合和知识正确性验证等问题采用本体推理来解决,对于特定应用领域需求,则利用用户自定义的推理规则对底层的情境信息进行高层抽象和映射,采用自定义规则推理来实现。因此,将情境推理任务划分为本体推理和自定义规则推理两个子任务加以完成,以实现推理便捷性和满足应用特殊要求。

收稿日期:2013-06-24

修回日期:2013-10-15

网络出版时间:2014-01-28

基金项目:湖南省教育科研项目(10C0941,11C0812);湖南师范大学青年基金项目(60902)

作者简介:张楚才(1982-),男,讲师,硕士,CCF会员,研究方向为语义网、情境感知。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140128.1144.032.html>

## 1 情境推理方法

### 1.1 基于相似度计算的推理

该方法从本质上来说是一种非情境的推理,它通过计算两个本体概念之间的相似度获得精确的匹配结果,所进行的推理只有精确度的高低,并没有准确的答案。概念之间相似度<sup>[4]</sup>的度量指标主要有属性、路径、信息容量、网络和混合指标等,其中以信息容量为度量指标是当前的主流。

而在智能家居环境下,场景众多且用户偏好各异,必须对情境建立精确的模型,确定情境感知系统需要提供的服务,才能得到用户满意的准确的推理结果。

### 1.2 基于多值逻辑的推理

多值逻辑<sup>[5]</sup>是有多于两个的可能的真值的逻辑演算。传统上,逻辑演算是二值的,就是说对于任何命题都只有真和假两个可能的真值。多值逻辑和经典逻辑一样,也可以用公理方法系统化,建立演算系统。研究者将多值逻辑引入知识表示和逻辑推理中,来解决传统产生式规则的前提与事实匹配耗时且无法进行不确定性表示和推理等问题,例如允许规则的前提、结论及两者之间的关系为三值,存在真、假、可能三种取值。但是该方法缺乏对知识库中的隐含关系进行推理的能力。

### 1.3 基于规则的推理

基于规则的推理<sup>[6-7]</sup>是将已经存在的事实经过相应的描述和变换后,与用户预定义的规则进行逐条匹配,如果匹配成功则可推出隐含的新知识。把相关领域的专家知识形式化的描述出来形成系统规则,这些规则表示着该领域的一些问题与这些问题相应的答案,可以利用它们来模仿专家在求解中的关联推理能力。

基于规则的推理容易理解和实现。基于规则的情境推理具有能够对情境推理规则进行清晰明确的表示、支持已存在的逻辑推理模型等优点,文中利用该方法实现智能空间环境下的部分情境推理功能。

### 1.4 基于本体的情境推理

本体<sup>[8]</sup>是共享的概念模型的形式化的规范说明,其蕴含了丰富的语义知识。本体推理主要用来获得满足特殊要求的知识集合,解决语义相关的应用问题,更好地发挥本体知识的作用。

本体推理机<sup>[9]</sup>由四大模块构成:本体解析器、推理引擎、查询分析器和结果展示。其中本体解析器负责将以各种语言描述的本体解析成为可操作的模型。查询分析器负责查询分解、提供分析用户查询命令的接口等功能。

推理引擎负责接收解析后的本体文件和查询命令,是推理机的核心部分,其可实现不同的推理机机

制。结果展示负责将推理结果通过 RDF 或其他形式展示出来。

本体推理机按照本体描述语言的独立性可以分为通用和专用两大类。通用本体推理机(如 Jess<sup>[10]</sup>)不受本体描述语言的限制,但其效率较低,且不具有领域优化能力。专用本体推理机(如 Racer、Pellet、FaCT++等)通常支持 RDFS、OWL 等主要本体语言,使用方便,执行效率较高。但其推理能力仅限于几种具体的本体语言,用户对其扩展困难。

在智能空间应用领域中,本体冲突检测、获取隐含信息、表达优化、本体融合和知识正确性验证等是本体推理的主要作用。基于本体的情境推理需要从给定的情境信息中推理,以获得隐含的高层信息,即通过处理显式定义和声明,从中提取新的知识。但是,必须明确本体推理的应用需求,进而有效组织推理机制。盲目地获取隐含情境信息反而对建立和使用本体帮助不大。

## 2 基于本体和自定义规则的情景推理方法

情境感知系统的建立,首先需要对各实体进行描述,利用本体库可解决该问题,对于本体的构建已有许多文献论述,文中不再描述。然后需要对智能空间环境中的各种情境进行表示,并选择合适的推理工具进行推理,以得到高层情境信息形成服务提供给用户。

### 2.1 情境表示方法

智能空间下各实体信息的独立描述可以通过建立通用本体库进行,即利用本体库提供的概念和属性来对用户、时间和空间等情境信息进行表达。但是,对于“12:35 时 UserB 在客厅看电视”这类情境信息的表示却无能为力。

而对此类情境信息进行正确描述,是搭建情境感知系统的基础,因为其中包含时间本体的实例、用户本体的实例和空间本体的实例,它们分别是“12:35”、“UserB”和“客厅”。由于一阶谓词逻辑能够对事实性的情境信息进行很好的描述,当前大多数的研究者采用了该方法。

一阶谓词逻辑的基本形式为  $P(\text{Subject}, \text{Value})$ ,其中  $P \in V$ ,  $V$  是谓词集合,例如 hasDevice, hasStatus 等;  $\text{Subject} \in S$ ,  $S$  是主语集合,例如 User, Time, Location 等;  $\text{Value} \in O$ ,  $O$  是主语的属性集合,例如 Close, On, bathRoom 等。

在智能家居<sup>[11]</sup>应用环境下,选取几个场景利用其对情境信息进行表达如下所示:

(1)通过湿度传感器可以感应到“书房当前的温度为 60%”,形式化描述为 temperature(study, 60%)。

(2)通过传感设备可获得“宠物狗 fox 正在阳台

上”,形式化描述为  $\text{locatedIn}(\text{fox}, \text{verandah})$ 。

(3)通过 UserC 的行为生活习惯提供需要的服务“UserC 起床后开灯,打开组合音响欣赏音乐,用微波炉加热早餐”,形式化描述为  $\text{Open}(\text{UserC}, \text{Light}) \wedge \text{Open}(\text{UserC}, \text{AudioSystem}) \wedge \text{Open}(\text{UserC}, \text{Microwave-Oven})$ 。

从以上示例可以看出一阶谓词逻辑系统完全可以对情境信息进行描述。然而,通过一阶谓词逻辑系统将情境信息描述之后,通过推理工具进行情境推理产生新的、隐含的高层情境知识却需要用户进行干预。例如,通过设备检测到用户坐在书房中,且书桌上的台灯是亮着的,可以推断用户当前应该正在书房进行阅读。

这样,用户需要自定义推理规则才可以通过情境推理获得上层情境知识。

2.2 情境推理工具

支持本体推理及自定义规则的推理工具很多,使用较为广泛的有 Jena, Jess, FaCT++ 和 Racer 等。其中 Jena<sup>[12]</sup> 是惠普实验室研究语义网的开源项目,用来进行语义网应用的 Java 开发框架,为 RDF, RDFS, OWL 等语言提供应用程序开发环境,具体包括六大模块: RDF API、解析器、持续性存储方案、推理机子系统、Ontology 子系统和 RDQL 查询语言。推理子系统允许一系列推理引擎或推理机被插入 Jena 用来获取额外的 RDF 断言,这些断言是从一些带有任何可选的本体信息以及和推理机一起的公理和规则得到的。该机制主要支持使用 RDFS 和 OWL 语言,这些语言允许从实例数据和类描述中推断出额外的事实。

它还包括一个可以用于许多 RDF 处理或转换任务的一般的规则引擎。Jena 软件包能够同时支持本体推理和自定义规则的推理,因此文中采用 Jena 作为情境推理工具。

2.3 情境推理流程

步骤 1:从传感设备或其他情境信息来源获取情境信息,利用本体和 OWL 对情境信息进行描述。

步骤 2:将步骤 1 获取的情境信息进行持久性保存,存入知识库中。

步骤 3:触发情境推理行为,系统根据情境信息类型的不同,将采用对应的推理机进行推理得到新的情境信息。

步骤 4:对新产生的情境信息,与知识库中已有情境知识比较,进行一致性和正确性检验。

步骤 5:进行冲突检测和处理。如果新的情境信息与已有的情境信息发生冲突,则进行冲突处理,否则结束推理过程,并将新的情境信息存入知识库。

情境推理流程<sup>[13]</sup>如图 1 所示。

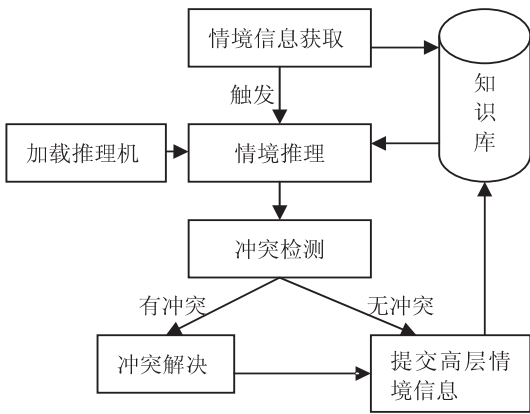


图 1 情境推理流程示意图

3 基于本体和自定义规则的情境推理方法的应用

下面以智能家居环境下的应用场景为例给出利用情境感知系统实现情境感知应用的一般步骤,同时对该方法的推理能力进行验证。

3.1 情境描述和建模

特定领域的本体需依据应用需求来建模和定义。建立的智能家居本体中用户概念应包含基本信息和状态信息,用户基本信息主要包括家庭角色、偏好、性别等,用户的状态信息主要与用户所处位置密切相关,例如用户是否正在烹饪与用户当前是否在厨房紧密相关。设备概念的实例主要包括电冰箱、电饭煲、电视机等主要家用电器。同样,设备的状态信息也应包含,其对用户状态的判定有很重要的作用。所建本体涉及用户、设备、空间等实体,每个实体对应了若干概念和相关属性,并拥有若干实例。譬如,用户实体对应概念 User,拥有位置属性  $\text{locatedIn}$  和状态属性  $\text{hasUStatus}$ ,并有若干实例。

3.2 本体推理

构建本体就是为了让机器能实现自动推理,基于领域本体的推理将底层情境信息转换为高层情境信息,通过一致性和正确性检验后,存入知识库中。例如,当用户 user1 由客厅经走廊步入书房时,安装在书房的传感设备捕捉到 user1 的活动,从而获知其当前位置在书房,于是产生如下情境信息发送给系统:

```
<owl:NamedIndividual rdf:about="user1">
<locatedIn rdf:resource="study"/>
</owl:NamedIndividual>
```

则可通过本体进行推理,得出 user 当前在家。因为知识库中已存在如下情境知识:

```
<owl:Class rdf:about="study">
< isPartOf >

<owl:Class rdf:about="DigitalHome"/>
</ isPartOf >
```



```
</owl:Class>
```

本体推理还可以用于维护情境知识的一致性,避免知识库中存在相互矛盾的知识。譬如,在智能家居环境下出现以下场景:用户从客厅进入书房看书,书房内的红外传感器检测到用户的活动,遂将 user 当天的位置在书房的情境信息发送给系统:

```
<owl:NamedIndividual rdf:about="user">
<locatedIn rdf:resource="study"/>
</owl:NamedIndividual>
```

但是由于用户手机还是放在客厅,通过前面感知推理,在情境知识库中已存在用户当前在客厅的情境信息,这就出现知识冲突了。

由于已存在约束——“同一个人不可能同时在两个不同的地点出现”和 study 与 drawingroom 之间为互斥关系,这样,知识库中的不一致情况在本体推理的过程中被发现,需要进一步的处理保持用户当前位置的唯一性。

### 3.3 自定义推理规则

用户根据应用场景的需要负责将自定义推理规则设计保存在知识库中。文中采用的情境推理机制不仅支持本体推理,还支持自定义规则的推理。譬如,对于如下情境:书房的台灯处于打开的状态,而用户当前的位置处于书房之中,则可判断用户正在书房阅读,用户自定义规则如下:

```
[rule1:(? user1 pre:locatedIn ? z)
"+ "(? z pre:hasDevice ? dev1)
"+ "(? z rdf:type pre:study)
"+ "(? dev1 rdf:type pre:Light)
"+ "(? dev1 pre:hasStatus 'on')->
"+ "(? user1 pre:hasUStatus reading)]
```

其他各类情境类似,不再叙述。

### 3.4 情境感知服务查询的描述

情境感知系统负责为情境应用层提供统一的查询接口,系统内部将查询描述转化为情境查询语句(如 SPARQL 查询语句),然后向情境信息数据库提交,查询得出用户的状态信息,例如:select ? user ? status where { ? user hasUStatus ? status } 表示查询所有的用户及其状态。

将自定义规则写入规则库后进行当前用户的状态

查询,系统会自动根据满足哪条规则前件而返回相应的规则后件中的状态,从而验证了文中方法的有效性。

## 4 结束语

文中在分析已有情境推理方法的基础上,提出的基于本体和自定义规则的情景推理方法结合了基于本体的推理和基于规则的推理两种方法的优点,既利用了本体的高效推理,又利用了规则推理的灵活性和可扩展性。

下一步将继续丰富智能家居本体和规则库,以提供更好的智能服务。

### 参考文献:

- [1] Weiser M. The computer for the 21st century[J]. Scientific American, 1991, 261(30): 94-104.
- [2] 莫同, 李伟平, 吴中海, 等. 一种情境感知服务系统框架[J]. 计算机学报, 2010, 33(11): 2084-2092.
- [3] 郝倩. 普适学习空间中情境建模及推理研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2011.
- [4] Li Wenjie, Xia Qiuxiang. A method of concept similarity computation based on semantic distance[J]. Procedia engineering, 2011, 15: 3854-3859.
- [5] 刘宏岚, 高庆狮, 杨炳儒. 多值逻辑中的命题相关性与逻辑运算研究[J]. 北京科技大学学报, 2007, 29(S2): 172-177.
- [6] 张丽颖, 蒋祖华. 基于本体和规则推理的 GUI 软件测试用例生成[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(1): 120-123.
- [7] Harry C, Tolia S. Steps towards creating a context-aware agent system[R]. [s.l.]: Hewlett Packard Labs, 2001.
- [8] Deng Zhihong, Tang Shiwei, Zhang Min, et al. Overview of ontology[J]. Journal of Peking University (Natural Science), 2002, 38(5): 730-738.
- [9] 潘超, 古辉. 本体推理机及应用[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(9): 163-167.
- [10] Jess: The rule engine for the java platform[EB/OL]. 2012. <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>.
- [11] 李辉, 万晓冬. MAS 和本体在智能家居系统中的应用和研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(7): 193-196.
- [12] Apache Jena[EB/OL]. 2010. <http://jena.apache.org/>.
- [13] 刘昀. 面向智能空间的情境感知体系结构研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2012.

《计算机技术与发展》欢迎订阅, 欢迎投稿!

一种基于本体和自定义规则的情景推理方法

作者：[张楚才](#)，[刘昀岢](#)，[瞿绍军](#)，[ZHANG Chu-cai](#)，[LIU Yun-ke](#)，[QU Shao-jun](#)

作者单位：[张楚才, 瞿绍军, ZHANG Chu-cai, QU Shao-jun \(湖南师范大学 数学与计算机科学学院, 湖南长沙, 410081\)](#)，[刘昀岢, LIU Yun-ke \(武警8654部队, 山西 晋中, 030600\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：

2014(4)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201404035.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201404035.aspx)