

一个基于本体的觉察上下文计算模型

王 刚^{1,2} 邱玉辉¹

(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)¹ (重庆教育学院计算机系 重庆 400067)²

摘 要 觉察上下文计算(Context-Awareness Computing)中必然涉及到知识的共享,引入了本体融合(Ontology Fusion)概念,构建了一个基于本体的觉察上下文计算模型,讨论了该模型的基本框架,分析了上下文信息的获得,设计了上下文信息与本体库的映射过程,研究了本体融合、本体信息存储以及本体库与行为的映射中的相关问题。结合普适计算场景,用实例演示了该模型的运行过程。

关键词 普适计算,本体,觉察上下文计算,语义网络

A Model of Context-Awareness Computing Based on Ontology

WANG Gang^{1,2} QIU Yu-Hui¹

(Faculty of Computer & Information Science, South China University, Chongqing 400715)^{1,2}

(Dept. of Computer, Chongqing Education College, Chongqing 400067)¹

Abstract Knowledge-sharing plays an important role in context-awareness computing, This paper designs a model of context-awareness computing based on ontology and discusses a frame architecture by use of the ontology fusion. And also, this paper discusses how to get the context information, how to map context information to ontology, how to renew the ontology base, the process of the reasoning and how to map ontology base to actions. In a pervasive computing scenario, an example shows the implement of the model.

Keywords Pervasive computing, Ontology, Semantic Web, Context-awareness computing

1 引言

普适环境将成为人们生活、工作、学习的环境,计算也必将进入普适计算时代。觉察上下文计算是普适计算的核心内容,普适环境下的资源将多种多样,以各种信息的形式存在。上下文是指任何可用于表征实体状态的信息,这里的实体可以是个人、位置,以及用户与应用之间交互有关的对象^[1,5]。觉察上下文计算,是指每当用户需要时,系统利用上下文,自动向用户提供适合于当时任务、地点、时间和人物等的信息或服务,而计算不被人觉察。

哲学上的本体被用来描述事物的本质,人工智能领域的本体,被用来获取、描述和表示相关领域的知识,提供对该领域知识的共同理解,确定该领域内共同认可的词汇,并从不同层次的形式化模式上给出这些词汇和词汇间相互关系的明确定义。本体通常有四层含义^[8],概念化、明确化、形式化和共享。共享是本体非常重要的应用。本体通常由概念、属性、公理、取值以及实例组成。可以用有向图来表示,如图2所示本体,本体描述的关系通常包括:part-of, kind-of, instance-of, attribute-of。part-of 表达概念之间部分与整体的关系,kind-of 表达概念之间的继承关系,类似于面向对象中的父类与子类。instance-of 表达概念的实例,类似于面向对象中的类与对象,attribute-of 表达一个概念是另外概念的属性,在实际应用中,根据具体需要,还可以定义其它关系,例如:等价,否定关系等等。

在觉察上下文计算中引入本体,可以实现动态、分布式、异构环境中的知识共享,根据本体的语义知识,对上下文进行推理,让系统能够根据上下文信息进行预测、判断、推理。根据上下文,作出决策,实现觉察上下文。

2 相关研究工作

目前,觉察上下文模型^[9]主要有 Schilit^[10] 的 Key Value Models; Held^[4] 的 Markup Scheme Models; Henricksen^[14] 的 Graphical Models; Schmidt^[11] 的 Object Oriented Models; McCarthy and his group at Stanford^[12] 的 Logic Based Models; Otz urkand Aamodt^[13] 的 Ontology Based Models。Key Value Models 对复杂的数据和复杂的环境,不能有效地处理,Markup Scheme Models 的弱点是处理不完整的、意义不明显、动态的数据的时候,特别是在普适环境中,缺少有效的解决机制,Object Oriented Models 能很好地处理不完整的、意义不明显、动态的数据,缺点是必须拥有大量的资源,在普适环境中,这是苛刻的要求。普适环境也是 Logic Based Models 面临的主要困难。Ontology Based Models,将本体引入,利用本体语言提供的推理机,来实现知识的共享和推理,能很好地适应普适环境。Chen And Joshi 的 CoBrA (Context Broker Architecture) 系统^[2,6] 将本体与普适计算相结合,提出了 CoBrA 模型,该模型由 Context reasoning engine, Context acquisition module, Policy management module 等组成,该模型没有对环境信息的感知,本体信息的融合,以及本体映射到行为这些问题进行深入地讨论。

基于上述原因,本文研究了一个基于本体的上下文计算模型,该模型引入了本体知识库,描述了环境信息的感知,本体融合,本体知识库的更新,根据本体知识库做出决策的过程。本文第3节描述了基于本体的上下文计算模型,详细介绍了模型的基本功能,第4节举例,通过一个普适计算场景,描述了模型的运行过程,最后是结束语,并介绍了进一步的工作。

王 刚 博士研究生,研究方向为普适计算,觉察上下文计算。邱玉辉 教授,博士生导师,研究方向为人工智能,单调推理,机器学习,智能代理等。

3 基于本体的上下文计算模型

该模型分为 7 个功能模块,如图 1 所示:Environment 模块,Observer 模块,Ontology Fusion 模块,Ontology Base 模块,Reason Engine 模块,Dynamic Action 模块,Static Information 模块,下面介绍这 7 个模块的功能。

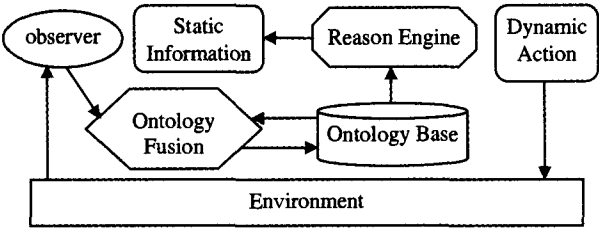


图 1

(1)Observer 模块负责将外部环境的信息映射为上下文信息,表示为:Observer: $S \rightarrow P$, S 是外部环境组成的集合, P 是感知到的信息集合。Observer 的输出就是感知到的信息集合 P ,例如: $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, \dots, s_n\}$, $Observer(S) = \{p_i \mid \text{if } s = s_j, i \in N, j \in N, p_i \in P\}$ 。Observer 的输入由硬件来实现,例如:传感器、照相机、摄像头等等。它的输出 p ,作为 Ontology Fusion 模块的输入。

假定两个环境状态^[15], $s_1 \in S, s_2 \in S$,如果 $s_1 = s_2$,当且仅当 $Observer(s_1) = Observer(s_2)$ 。 $\equiv$ 表示环境状态的等价关系。他把环境状态划分为彼此独立的状态集,如果等价关系集合包含范围很大,Observer 的觉察功能就很弱。如果 $||\equiv|| = |S|$,Observer 的觉察能力就最强,如果 $||\equiv|| = 1$,Observer 就没有觉察能力。

(2)Ontology Fusion 模块根据当前的信息进行综合,推理。本体融合包括本体信息的获取、本体的构建、本体的集成、本体的更新。它的信息一部分来自 Observer 模块的输出 P ,一部分来自 Ontology Base 中原有的信息 O 。Ontology Fusion 模块的输出用来更新 Ontology Base,表示为 $O \times P \rightarrow O$, O 表示本体库中的元素, P 是感知到的信息集合。

有三种主要的本体集成方法^[16],Single ontology approaches, Multiple Ontology, Hybrid Approaches。Single ontology approaches 使用全局本体来提供特定语义的共享词汇,所有的信息源和全局本体建立联系。在 Multiple Ontology 中,每个信息源是通过它自己的本体进行描述。在 Hybrid Approaches 中,数据源的语义通过自己的本体描述,建立共享的全局汇总表,词汇表中包含领域的基本词汇。Hybrid Approaches 的优点就是新的数据源可以容易地加入,而不需要更改映射。它支持本体信息的获得与变化。

(3)Ontology Base 存放用于推理的本体^[7],本体的元素可以以数据库中记录的形式存放,记录对应概念,如表 1 中, $C1, C2$ 是字段, Rc 是它们之间的关系,直观地,用有向图表示如图 2,图 3。

表 1 本体的存储

C1	C2	Rc
person	john	Instance-of
john	interest	Attribute-of
john	address	Attribute-of
music	yesterday once more	Kind-of
address	chongqing university	Kind-of
-----	-----	-----

(4)Reason Engine 负责依据本体库中的语义信息,进行推理。得出的结果进入 Dynamic Action 和 Static Information 模块,OWL(ontology Web language)语言作为本体的描述语言,提供了基于描述逻辑的推理机,例如如下规则:

if *subproperty*($u1, u2$) is true then $u1 \subseteq u2$. $u1$ 是 $u2$ 的子属性

OWL 语言通过概念之间的关系,如“sub class of”,“same class as”,“sub property as”,“inverse of”等等,构建概念之间的逻辑组合关系,例如下面的程序段,表示 wine 是 consumable 的子类。

```
<owl :class rdf: id="winery"/>
<owl :class rdf: id="region"/>
<owl :class rdf: id="consumable thing"/>
<owl :class rdf: id="wine"/>
<rdfs: subclassof rd: resource=" # consumable thing"/>
</owl : class>.
```

通过高级语言编写程序,实现推理。

(5)Dynamic Action 模块根据 Ontology Base 的内容,实现行为的映射,表示为 action: $O \rightarrow A$; O 表示本体库中的元素, A 表示行为的集合。映射的规则表示为:if *fact* o_j is true then *actions* a_i happen, o_j is true 对应着 s_j 为真, s_j 对应着环境信息的元组,例如: $s_j = (\neg x, y, z)$ 。 x 表示“The room temperature is Ok”, $\neg x$ 表示“The room temperature is not Ok”,如果 $\neg x$ 为真, action a_i 就发生。表 2 显示了 ontology 与 actions 可能的对应关系。

表 2 本体与行为的映射表

field1	field2	field3	action
x	y	z	a1
x	y	$\neg z$	a2
x	$\neg y$	$\neg z$	a3
x	$\neg y$	z	a4
$\neg x$	y	z	a5
$\neg x$	$\neg y$	z	a6
$\neg x$	y	$\neg z$	a7
$\neg x$	$\neg y$	$\neg z$	a8
-----	-----	-----	-----

(6)Static Information 模块存储了本体推理得出的一些静态信息,供显示、查询使用,以避免重复地进行本体推理。表 3 显示了图 2 本体推理结果的存放。

表 3 信息存放结构

C1	C2	Rc
Yesterday once more	music	Instance-of
Yesterday once more	interest	Instance-of
interest	person	Attribute-of
Interest	smith	Attribute-o
music	person	Attribute-of
music	smith	Attribute-of
-----	-----	-----

(7)Environment 模块表示周围的环境信息,如时间、温度、光线、个人的信息、爱好、行为等。然而,环境信息以及对它的感知非常复杂,具有动态,离散或连续,信息不完整等特点。目前研究的智能教室,智能会议室,智能房间就是试图将各种信息集成,形成的一个智能环境。

4 举例

下面设计了一个智能房间内的场景。假设房间里的温度

及移动电话的铃音要能够根据环境的情况,自动进行调整。例如:如果房间温度低于正常值,温度控制器会把温度调整到正常;如果 John 睡觉了,他的移动电话铃音调整为振动;如果 John 没有睡觉,他移动电话铃音调整为他喜欢的音乐。记:

x : The room temperature is Ok

y : John is sleeping in the Room

z : Voice of mobile telephone is Vibration

外部环境 $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, \dots, s_n\}$, $\text{Observer}(S) = \{p_i \mid \text{if } s = s_j, i \in N, j \in N, p_i \in P\}$, 假设本例中 $s_1 = \{x, y, z\}$, $s_2 = \{x, \neg y, z\}$, $s_3 = \{x, \neg y, \neg z\}$, $s_4 = \{x, y, \neg z\}$, $s_5 = \{\neg x, y, z\}$, $s_6 = \{\neg x, \neg y, \neg z\}$, $s_7 = \{\neg x, \neg y, z\}$, $s_8 = \{\neg x, y, \neg z\}$

$$\text{Observer}(S) = \begin{cases} p_1 : \text{if } s = s_1 \\ p_2 : \text{if } s = s_2 \\ p_3 : \text{if } s = s_3 \\ p_4 : \text{if } s = s_4 \\ p_5 : \text{if } s = s_5 \\ p_6 : \text{if } s = s_6 \\ p_7 : \text{if } s = s_7 \\ p_8 : \text{if } s = s_8 \end{cases}$$

对上述的 p_i , 执行 $O \times p_i \rightarrow O$; 让 p_i 来更新 Ontology base 中的 O , 由于本体本身包含了丰富的语义, 将 p_i 信息加入 Ontology Base, 参加推理, 就是很自然的事情。假设, 原先 Ontology Base 中存在知识: John like the music "yesterday once more", 对 p_3 , 则 $O \times P = \{\text{The room temperature is ok and John is not sleep and The mobile telephone is not vibration and John like the music "yesterday once more"}\}$ 记为: $Q: (x, \neg y, \neg z, o)$, 这实现了本

体信息的获取, 并可以构建新的本体。如果用结构图来表示本体, 经过运算后, 新的本体如图 3 所示。

图 2 描述了 Ontology Base 中存在的本体 o , 图 3 描述了经过 $O \times P$ 运算后, Ontology Base 中的本体 o , 从图 3 可见, John 连接的节点中, 增加了节点 sleep, telephone 等, 这些原先没有的节点。正是因为增加了这些节点, 使得 Ontology Base 能得到环境中的新的信息。在 Dynamic Action 中, $O \rightarrow A$ 将本体库映射到相应的行为。例如: 如果音乐库中有 music "yesterday once more", 由 $Q: (x, \neg y, \neg z, o)$ 推理出 a play this music, 以及 John 的手机铃音设为 "yesterday once more". 由 $Q: (x, y, z, o)$, 推理出 b: can't play this music, 以及 John 的手机铃音设为 "vibration".

结束语 觉察上下文计算, 是普适计算的重要内容, 本文介绍了基于本体的上下文计算模型, 引入了本体融合的概念, 在模型中使用本体知识库来进行存储和表示上下文信息。模型中涉及到环境信息的感知, 上下文与本体的映射, 本体的存储, 本体的融合, 基于本体的推理, 本体到行为的映射等等关键问题, 本文为了说明模型的运行, 简单进行了描述说明, 所提及的这些问题也是未来需要研究的工作。

参考文献

- 1 You XuGuang, Shi YuanChun, Xie WeiKai. Pervasive computing. Chinese Journal of Computers, 2003, 26 (9): 1042 ~ 1050
- 2 Chen Kotz. Survey Of Context-aware mobile Computing Research; [Tech. Rep]. TR2000-381, Dartmouth, November 2000
- 3 Salber G P. Modeling and Using Sensed Context Information in the design of Interactive Applications. In LNCS 2254; Proceedings of 8th IFIP International Conference on Engineering for Human-Computer Interaction (EHCI 2001) (Toronto/Canada, May 2001), M. R. Little and L. Nigay, Eds., Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Springer, 2001. 317
- 4 Held A, Buchholz, Schill A. Modeling of context information for pervasive computing applications. In: Proceedings of SCI2002/ISAS 2002
- 5 McCarthy J. Notes on formalizing contexts. In: Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence San Mateo, California, 1993
- 6 Chen H, Joshi F. Using OWL in a Pervasive Computing Broker. In: Proceedings of Workshop On Ontology In Open Agent Systems (AAMAS 2003), 2003
- 7 Chen H, Finin T. An Ontology for a Context Aware Pervasive Computing Environment. IJCAI Workshop On Ontology And Distributed Systems, Acapulco MX, August 2003
- 8 Song Wei, Zhang Ming. The First Step Of Semantic Web. High Education Publishing House, China, 2004
- 9 Strange T, Linnhoff-Popien C. A context Mobile Survey. First International Workshop On Advanced Context Modeling, Reasoning And Management UbiComp, September 2004
- 10 Schillt B, Want R. Context-aware Computing Applications. In IEEE Workshop On Mobile Computing Systems and Applications, Santa, US, 1994
- 11 Schmidt A, Laerhoven K. How to Build Smart Appliances. IEEE Personal Communications, August 2001
- 12 McCarthy J. Notes on formalizing contexts. In: Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (San Mateo, California, 1993), R. Bajcsy, Ed., Morgan Kaufmann
- 13 Öztürk P, Amot A. Towards a Model Of Context For Case-Based Diagnostic Problem Solving. In: Context-97. Proceedings Of The Interdisciplinary Conference On Modeling And Using Context, de Janeiro, 1997
- 14 Henriksen. Generating Context Management Infrastructure from High-Level Context Models. In: Industrial Track Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Data Management Australia, January 2003
- 15 Weiss G. Multiagent system, A modern approach to distribute artificial intelligence. The MIT press, Cambridge, Massachusetts London, England, 1999
- 16 Wache H, Vogele T, Visser U, et al. Ontology-Based Integration of Information—A Survey of Existing Approaches [C]. In: Proceedings of the IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information Sharing, 2001

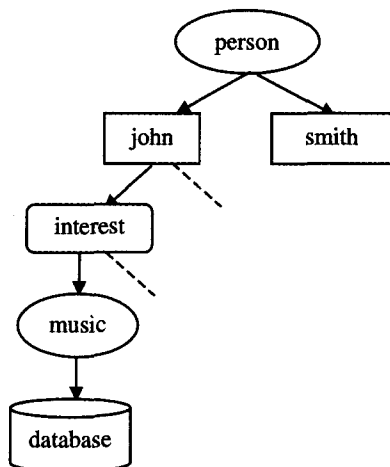


图 2 集成前本体

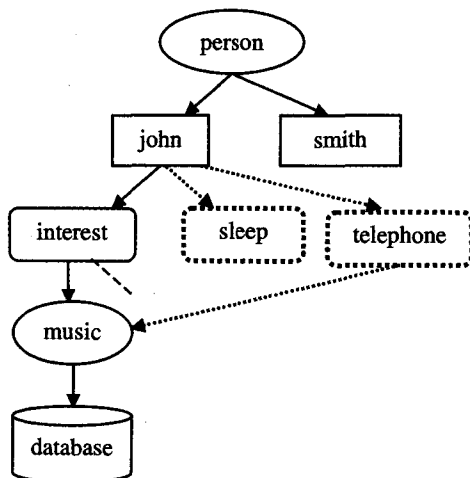


图 3 集成后本体