

MAS 和本体在智能家居系统中的应用和研究

李 辉, 万晓冬

(南京航空航天大学 自动化学院, 江苏 南京 210016)

摘要:针对智能家居的开放性、异构性和分布性的特点及 MAS(Multi-Agent System)技术在人工智能领域的广泛应用,文中利用 MAS 技术来建立智能家居系统模型,并为了更有效地体现基于 MAS 智能家居系统的整体性能,即高效率的交互和协作,引入了本体的概念。详细描述了 MAS 智能家居系统的层次结构和功能,以及基于本体的通信。从智能家居中的任务的执行流程中抽象出家居本体的各种概念模型,并对概念之间的关系进行了分析。最后使用 Protégé 本体建模工具对所设计的本体进行了实现,说明了使用本体的有效之处。

关键词:MAS;通信;协作;本体;Protégé 建模工具

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)07-0193-04

Application and Research of MAS and Ontology in Smart Home System

LI Hui, WAN Xiao-dong

(School of Automation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: In the light of openness, heterogeneity and distribution of smart home, connecting with MAS(Multi-Agent System) extensively used in artificial intelligence, present an approach to build smart home system model with MAS technology. Meanwhile in order to reflect the MAS overall performances of the smart home system more effectively, high efficient interaction and collaboration, the concept of ontology is introduced. It describes the model of the smart home system based on MAS and communication relied on ontology in detail. And then according to the task execution process, abstract all kinds of smart home ontology concept models, and analyse the relations of the concepts. Finally, implement the ontology designed in use of Protégé, and which indicates that the application of ontology is available in the interaction of smart home system.

Key words: MAS; communication; collaboration; ontology; ontology modeling tool Protégé

0 引言

如今,随着生活水平不断提高,人们对息息相关的家居功能的要求也在不断提高。智能家居的发展也已经经历了四个阶段:家庭综合布线,家居控制网络化,移动网络的应用,和正在发展着的第四代智能家居。网络化和人工智能技术已成为现代智能家居的主要应用。而作为这两种技术相结合的产物之一的 Agent 技术,也是被中外学者不断引入到智能家居的研究之中,如基于多 Agent 的智能家庭网络 MAIHN 模型的研究^[1], Agent 应用于 Adaptive Building Automation^[2],麻省理工学院人工智能实验室的 Intelligent Room^[3]等。

MAS 是一个分布式的智能系统,通过 Agent 之间

的交互和协作完成任务,在分布式环境中, MAS 有很高的应用价值,能很好地完成设备间的协调问题^[4]。

通信和协作是 MAS 研究的重要方面,通信的处理主要体现在两个方面:一是, Agent 间使用的交流语言;二是, Agent 对消息内容的共识程度^[5]。目前的通信语言,解决的是通信行为,而对通信内容没有统一的标准,从而会因为所使用的语言,产生语义的歧义性,不利于计算机的分析、识别、理解和处理。本体有效地解决了这一问题,它可以使通信的 Agent 双方达成一种共享状态,即就某一领域中概念等要素有共同的理解,不仅提高了交互和协作的效率,也提高了软件的互操作性、重用性和可靠性。

文中先是建立了 MAS 智能家居系统模型,然后对智能家居本体进行了设计,并通过实例,具体验证了本体在 MAS 智能家居系统的通信和协作中的作用。

1 基于 MAS 的智能家居系统建模

MAS 提供了一种使分散的自治个体间有效建立

收稿日期:2011-11-06;修回日期:2012-02-11

作者简介:李 辉(1985-),女,山西大同人,硕士研究生,主要研究方向为计算机测控与网络技术;万晓冬,副研究员,研究方向为分布式仿真技术、实时分布数据库技术、嵌入式软件测试技术、仿真数据网络技术。

联系,并能通过协调与协作共同完成一些复杂任务的机制。采用 MAS 技术旨在建立一个智能家居系统的概念模型,将家居中的部分实体抽象为 Agent,以 MAS 的组织和管理方式建立智能家居系统,在这个系统中,每个物理实体和软件单元,甚或是人,都可以用一个 Agent 进行封装,从而这些实体的连接与交互都可以通过它们的代理 Agent 来完成,以统一的概念,遵循一定的运行机制,达到局部和整体的融合。基于 MAS 的智能家居系统的层次结构采用 MAS 的混合式^[6]的组织结构,这种结构具备集中式和分布式的优点:既解决了集中式 MAS 中控制缺乏灵活性的问题,又克服了分布式 MAS 中整体性能低下的缺点,适应分布式多 Agent 系统复杂、开放的特性^[7]。

该结构从上到下按功能分为三层:

(1) 中央控制层 Agent,协调管理层 Agent 和设备执行层 Agent。

中央控制层 Agent 处于全局管理的位置,负责与用户的交互,对任务的粗粒度划分和共享资源的统一调配和管理,并能完成学习优化和系统安全性监测和控制等功能。它除了具有对系统整体目标,当前环境等知识外,还知道:系统内所有 Agent 的位置、Agent 提供的服务和具有的能力、Agent 的状态,还包括 Agent 的共享资源等信息。同时,中央层 Agent 能够根据环境及自身运行情况不断调整自己的结构模型,也具有更新知识和调整自己心智状态的功能,在交互过程中体现出一种对用户习惯行为的倾向性^[8,9]。

(2) 协调管理层 Agent,处于次级管理的位置,它接收中央控制 Agent 对任务的分配,并将任务进行更精细的划分给设备 Agent,主要进行的是寻找合作对象和服务请求的工作,具有对局部情况处理的能力。

(3) 设备执行层 Agent,处于最底层,完成具体的执行功能。既可以自主独立的完成某一任务,也可以与其他 Agent 协同合作,或是根据上级 Agent 的指示进行工作。具有特定的功能及完成这些功能必需的知识。

各层 Agent 以及同层 Agent 之间是一种松散耦合的关系。它们之间的联系主要是通过标准化的语义消息来实现,降低了 Agent 实现的内部复杂性,而且只是规范化设备对外的交互方法,具体的实现方法有很强的灵活性。

2 基于本体的 Agent 通信

2.1 通信语言

尽管目前 Agent 的通信语言主要有 KQML 和 FIPA-ACL 两种,但二者相比,FIPA-ACL 更具优势,表现在,FIPA-ACL 采用基于形式化的语言 SL (Semantic

Language),这种语言采用定量多模态逻辑,可以通过模态运算符来表示信念、愿望、不确定的信念和永久目标(一种意图形态)。KQML 则利用六个特定谓词的逻辑组合来描述^[10],使得消息语义推理变得比较复杂。所以文中后续讨论的内容都是建立在 FIPA-ACL 通信语言的基础上的。

2.2 通信本体

本体 (Ontology) 源自于哲学范畴,研究客观事物存在的本质。后来随着计算机科学的发展,本体被更多的应用于 AI、知识工程 (KE) 及其它相关领域,用于对客观世界的存在现实进行系统化描述,方便于知识的重用和交互。本体比较完善的定义为:本体是共享概念模型的明确形式化规范说明^[11]。

使用本体的作用体现在^[12]:

(1) 通信:主要为人与人之间或组织与组织之间的通信提供共同的词汇。

(2) 互操作:在不同的建模方法、范式、语言和软件工具之间进行翻译和映射,以实现不同系统之间的互操作和集成。

(3) 系统工程:本体分析能够为系统工程提供重用、知识获取、可靠性、规范描述等方面的支持。

在使用本体的时候,要描述的是 Agent 集合内部的“客观一致”,而这个“客观一致”是 Agent 之间有关共同一致的使用某种术语的一种协议,这样 Agent 就能自由地就某个特定领域进行通信。而 Agent 共享本体,并不是要求共享 Agent 的知识库。本体是对领域概念层次上的概念及概念关系的表达,是该领域知识的通用观点,可作为知识共享的基础。知识系统开发者通过组装本体论中的可重用部件,可以避免从头开始建立知识库。如智能家居系统本体包含“照明”、“空调”等概念的定义,但不会包含对某一任务的具体执行情况,因为这是知识库要表达的内容。

基于本体的 MAS 智能家居通信系统如图 1 所示。Ontology Knowledge Base 和 DataBase 是包含智能家居

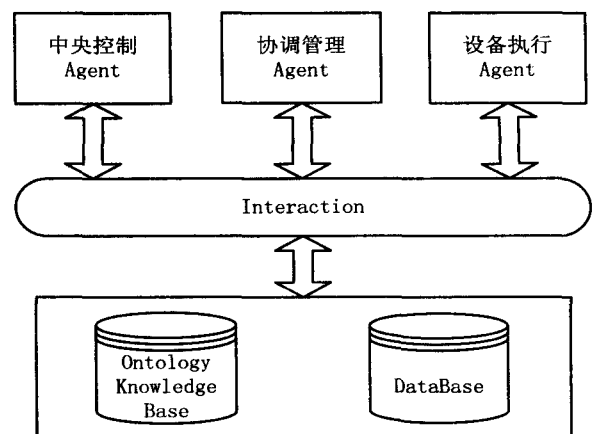


图 1 基于本体的 MAS 智能家居通信系统

系统知识的专业词汇、术语和数据,可供系统内所有 Agent 共享和重用。

3 通信本体的构建

本体的建模方法主要有英国爱丁堡大学人工智能研究所的 Uschold^[13] 等人在开发企业本体的过程中总结出了骨架法和斯坦福大学医学院在开发本体的实践中总结出的七步法。

文中综合了这两种本体建模的方法和经验,并根据智能家居系统的一般任务处理流程,提取了环境 (Environment)、方案 (Action)、设备 (Appliance)、单独工作 (SingleOperation)、合作 (Cooperation) 和问题 (Problem) 五个基本概念,以及一些属性概念,如设备描述 (Appliance Descriptions)、处理过程 (Processing)、问题描述 (Problem Descriptions)、人 (Person) 和服务描述 (Services Descriptions) 等。本体的基本关系有四种^[10]: part-of, kind-of, instance-of 和 attribute-of。part-of 表达概念之间部分和整体的关系; kind-of 表达概念之间的继承关系; instance-of 表达概念的实例和概念之间的关系; attribute-of 表达某个概念是另外一个概念属性。文中用到 part-of 和 attribute-of 两种关系。

3.1 本体模型设计

文中构建本体的工具采用的是斯坦福大学开发的最新版本 Protégé4.1。首先,构建了 SmartHome 本体的一些类 (Classes)、关系 (即 Properties, 包括 Object Properties 和 Datatype Properties) 和实例 (Individual),

由于类比较多 (之前的基本概念和属性概念都包含在 Classes 里), 这里只罗列除了 Thing 外, 处于前三级父类的类。

Classes = { Thing, Action, Appliance, A_Funtion, A_Status, A_Type, Cooperation, Problem, P_Num, P_Description, SingleOperation, Environment, Location, Indoor, Outdoor, Parameter, E_Humidity, E_Light, E_Temperature, E_Noise, Person, ServeCommend, E_and_S, Entertainment, InfoManage, IssueManage, Security };

Object Properties = { A_hasFuntion, A_hasStatus, A_hasType, Appliance_Select, Reaction, Result_pro, is_part_of };

Datatype Properties = { age, name, sex, situation };

Individual = { Daughter, Son, Mother, Father }。

接着,就是设置限制条件 (Restriction), 如 Person 是环境的一部分,需要在 Person 的 Superclasses 设置 “is_part_of some Environment”。

这样, SmartHome 本体就构建完成。

3.2 实现本体协作

对于智能家居系统的建模,最重要的就是能够体

现智能家居系统的整体性能,即协作性。在 MAS 系统中,本体可以将特定领域的知识以抽象化的方式来表达,通过概念与实体的分离以及逻辑公理的限制,让 Agent 与不特定的对象进行协作时,可以判断双方对于沟通的内容是否具有相同的语义认知。文中,各 Agent 之间通过本体的协作如图 2 所示:

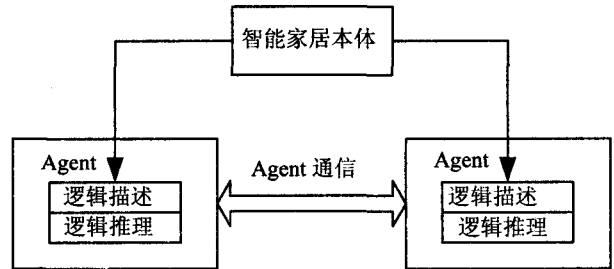


图2 本体协作模型

逻辑描述。知识表达可以降低 Agent 系统的复杂程度,并且将 Agent 的知识与 Agent 架构分离,可以使 Agent 系统更具有反应性和智能性。在文中,智能家居本体包含有 Agent 协作的相关知识,通过逻辑描述语言,即通过添加属性 Properties 和限制条件 Restriction 来完成。这样, Agent 只要以智能家居本体作为共同认知,即可了解不同协作需要进行的步骤,采取合适的行动。

逻辑推理。文中使用 Protégé 自带的推理机 Pellet 进行逻辑推理,它能挖掘出逻辑描述中的隐含知识。因为在构建本体的时候,遵循尽量简化本体的同时让它包含足够多的信息。

在文中,就是把协作知识作为隐含语义,通过推理机来进行获取。此外,推理机的另一个重要作用是检查本体的一致性,就是保证本体中已获得的类和个体逻辑上的一致性,检验实例是否与类、属性和个体的所有公理约束相冲突。

例如,在构建智能家居本体时, Environment 和 Action 是处于同一级的 Thing 的子类,但在实际操作中,需要的是 Environment 的某一些变化能够触发 Action。将 Action 的 Superclasses 设置为 Reaction some Environment,并将 Object Properties 的 Reaction 的 Domain 设置为 Environment,得到的未经推理的类图如图 3 所示。

点击推理机进行推理,可得到图 4。图 3 与图 4 对比所示, Action 成为了 Environment 的逻辑子类。即 MAS 系统感知到环境中的变化,会做出采取行动的响应,从而利用本体知识,完成所需任务。

4 结束语

文中旨在构建基于 Multi-agent 和本体的智能家居系统,并利用 Protégé 对通信本体进行了建模。MAS 的应用,不仅可以使家居设备互联互通,而且还实现了

动态开发和协作,满足智能家居系统的分布、异构和个性化的需求。在 Multi-agent 系统中嵌入本体,解决了不同 Agent 间的交互和协作问题。同时为了保持各个 Agent 的独立性,使 Agent 有效的同其他 Agent 发生直接或间接的数据交换和共享,采用本体来负责沟通 Agent 与环境之间的信息交流。这样的家居系统具有通信可靠、协作有效等特点,对于今后开展后续工作,有着十分重要的意义。

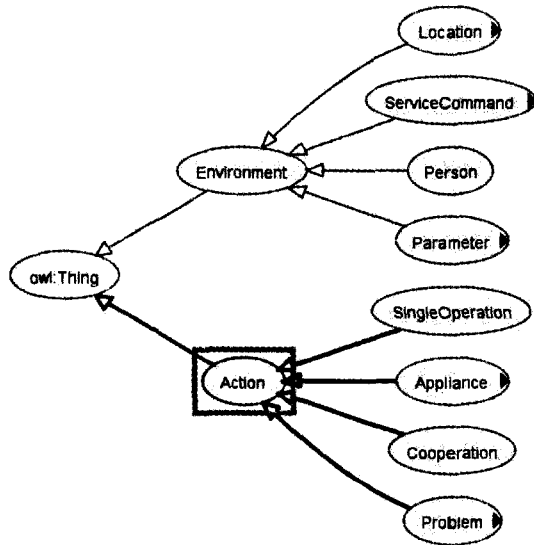


图 3 推理之前类图

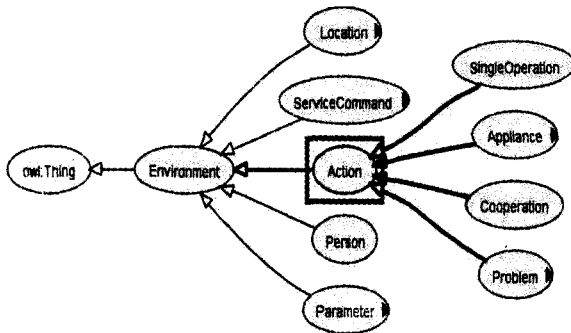


图 4 推理之后类图

参考文献:

[1] Adams M D, Kossentini F. Jasper: A Software-based JPEG-2000 Code Implementation [C]//Proc. of Int'l Conf. on Image Processing. Vancouver; [s. n.], 2000.

[2] Boliek M, Christopolos C, Maiani E. ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1646R-2000, JPEG2000 PartI Final Committee Draft (Version 1.0) [S]. 2000.

[3] Hanssens N, Kulkami A, Tuehinda R, et al. Building agent based intelligent workspaces [C]//ABA Conference Proceedings. USA; [s. n.], 2002.

[4] Wang Lu, Wang Zhiliang, Gao Xiaoliang, et al. Research on an MAS-based Smart Home Network [C]//International Conference on Intelligent Control and Information Processing. Dalian; [s. n.], 2010.

[5] Wang Lin, Zhao Hongshuai. Ontology for Communication in Distributed Multi-agent System [C]//2010 Ninth International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science. Hong Kong; [s. n.], 2010.

[6] 赵文龙, 侯义斌. 多 Agent 系统的组织结构与协同 [J]. 计算机工程与应用, 2000(10): 59-61.

[7] 张林, 徐勇, 刘福成. 多 Agent 系统的技术研究 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(8): 81-83.

[8] 李晓华, 赵现纲. 一种基于多 Agent 的智能家居系统研究与设计 [J]. 计算机工程, 2006, 32(21): 233-257.

[9] 叶朝辉, 杨十元. 智能家庭网络研究综述 [J]. 计算机应用研究, 2001, 18(9): 1-6.

[10] 王世进, 周炳海, 陶丽华, 等. Agent 通信语言综述 [J]. 计算机工程与应用, 2005(21): 32-37.

[11] Brost W N. Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse [D]. Enschede: University of Twente, 1997.

[12] Usehold M, Gruninger M. Principles, Methods Applications [J]. Knowledge Engineering Review, 1996, 11(2): 93-155.

[13] 赵海, 陈燕. 普适计算-计算混沌形式 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2005: 35-37.

(上接第 192 页)

型 [J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 514-523.

[5] Smith D, Kay A, Rab A, et al. Croquet: A Collaboration System Architecture [C]//Proceedings of First Conference on Creating, Connecting and Collaborating Through Computing. [s. l.]: [s. n.], 2003.

[6] 危达. Web 服务协作框架及相关技术的研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2009.

[7] IBM developer works 中国. Mashups: WEB 应用程序新成员 [EB/OL]. 2007. http://www.ibm.com/developerworks/cn.

[8] Birnan K, Cantwell J, Freedman D, et al. Building Collabora-

tion Applications that Mix Web Services Hosted Content with P2P Protocols [C]//ICWS. [s. l.]: [s. n.], 2009.

[9] 孙巍, 徐学东, 徐学军. Java 反射机制在可重构 Web 框架中的应用 [J]. 计算机工程与应用, 2005(36): 212-217.

[10] 张昀. 基于 SOA 架构的分布式 ESB 总线研究与实现 [D]. 南京: 南京理工大学, 2009.

[11] 杨永森. Web 服务集成若干关键技术的研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2006.

[12] 吴立玖, 黄志. 浅析非战争军事行动后勤物资供应保障 [J]. 军事经济研究, 2011(1): 124-135.