

# 一种基于多Agent系统的智能家庭网络研究

韩江洪<sup>1</sup>, 江波<sup>1</sup>, 杜诗研<sup>2</sup>, 张利<sup>3</sup>

(1. 合肥工业大学计算机与信息学院 合肥 230009;

2. 电子科技大学物理电子学院 成都 610054; 3. 合肥工业大学机械与汽车学院 合肥 230009)

**【摘要】**在分析家庭网络智能化需求的基础上,提出一种基于多Agent系统的智能家庭网络MAIHN模型,用Agent实现不同功能单元的控制与管理,通过MAS技术的思想、方法和体系建立智能家庭网络整体结构。给出了MAIHN模型的各个组成部分,对模型中各种Agent的功能设计与实现模型进行了分析,研究了MAIHN模型中的多Agent协作与通信策略,并设计了系统的实验原型。

**关键词** 智能家庭网络; 分布式; 多Agent系统; 多Agent通信

中图分类号 TP302.1 文献标识码 A

## Research on an MAS-Based Intelligent Home Network

HAN Jiang-hong<sup>1</sup>, JIANG Bo<sup>1</sup>, DU Shi-yan<sup>2</sup>, ZHANG Li<sup>3</sup>

(1. School of Computer and Information, HFUT Hefei 230009; 2. School of Physical Electronics, UEST of China Chengdu 610054;

3. School of Mechanical and Automotive Engineering, HFUT Hefei 230009)

**Abstract** In this paper, an intelligence home network based on multi-agent system is brought up by analyzing the intelligence demand of home network. It realizes the control and manage of different function unit with Agent, and builds up the Intelligent Home Network model by the thinking, method and architecture of MAS. It also gives all the composed parts of MAIHN model, analyzes the function design and implement model in Agent, researches the collaboration and correspond strategy of multi-Agent in MAIHN model. At last this article construct the experimental archetype of MAIHN model.

**Key words** intelligent home network; distributed; multi-agent system; multi-agent communication

随着数字化家电的出现和网络技术的发展,家庭网络(Home Network, HN)逐渐成为研究的热点。现有的家庭网络解决方案实现了家庭中设备的简单互联。但面对家居智能化、信息化需求的飞速发展,现有的方案逐渐暴露出很多缺陷。首先,家庭组网方式纷繁复杂,协议众多,协议之间的兼容性差;其次,现有家庭网络架构开放性差,难以实现网络设备的即插即用;再其次,现有网络架构智能化程度低,难以实现网络设备的互操作与协同工作。

针对家庭网络的应用现状,如何构建一个智能化的家庭网络(Intelligent Home Network, IHN)成为实现家居信息化、智能化所要解决的关键问题之一。Agent技术为解决这个问题提供了新的思路。Agent的研究起源于分布式人工智能领域,是人工智能与网络相结合的产物。学术界一般将其理解为能够模拟人类行为,具备代理性、智能性并能提供相应服务的计算实体。多个Agent在一起协同工作形成了多Agent系统(Multi-Agent System, MAS)。MAS主要研究一组在逻辑上或物理上分离的Agent如何协调各自的知识、目标和策略来共同完成任务。MAS这种按需协作、松散耦合的运行方式适合家庭网络分布、异构的特点。

收稿日期:2004-05-08

基金项目:国家“十五”科技攻关计划资助项目(2001BA104C);安徽省“十五”科技攻关计划资助项目(01012012)

作者简介:韩江洪(1954-),男,研究员,博士生导师,主要从事计算机控制和网络与信息系统方面的研究。

## 1 基于多Agent系统的智能家庭网络模型

智能家庭网络是一种分布、异构的计算环境，其智能化需求主要体现在以下几个方面。

### 1.1 自治性

家庭环境中的设备在传输速率、硬件资源等方面通常各有特点，家庭网络的组网方式也必然是多种多样的。此外，家庭环境中的设备往往还具有可灵活移动的特点。自治性即要求网络能自主完成设备的动态接入、注册工作等过程，实现设备的即插即用。

### 1.2 互操作性

家庭环境中的任务经常需要家庭网络中的多个设备协同完成。互操作性要求各种设备不仅能够通过接受某些启示信息，做出基于目标的反应，而且能够通过设备之间的通信寻找合作伙伴协作地完成工作，减少用户的干预。网络应提供任务分解、任务控制、通信协作等基础机制支持设备互操作的实现，完成家庭设备的协同工作。

### 1.3 学习性

不同家庭会有不同的生活习惯。家庭网络应能对家庭中长期的数据进行学习，能总结出一定的服务规则并能不断修正，指导家庭设备根据家庭成员的生活习惯改变工作方式，建立个性化的家居环境。

针对以上的智能化需求，本文提出一种基于多Agent系统的智能家庭网络(Multi-Agent-Based Intelligent Home Network, MAIHN)模型。该模型包括家庭控制中心、托管设备、各种Agent和Agent宿主4个部分，结构如图1所示。家庭控制中心，即图1中的家庭网关/家居服务器运行Agent宿主，实现与外部网络的连接和家庭网络的全局控制。托管设备，即家庭网络中的各个设备都对应一个设备Agent，代表设备来完成设备之间以及设备与家庭控制中心之间的信息交互。设备Agent在家庭网关提供的Agent宿主中运行，并可实现到外部网络的迁移。通过各个设备Agent以及系统中的其他Agent可实现对托管设备从安装、使用、维护到撤除这一整个生命周期内的管理。Agent宿主提供宿主资源以及各个Agent运行所需要的环境，并按照MAS的思想方法和体系对各个Agent进行管理。网络中的各Agent间，以及Agent同宿主资源之间通过统一的格式进行通信和信息交换。

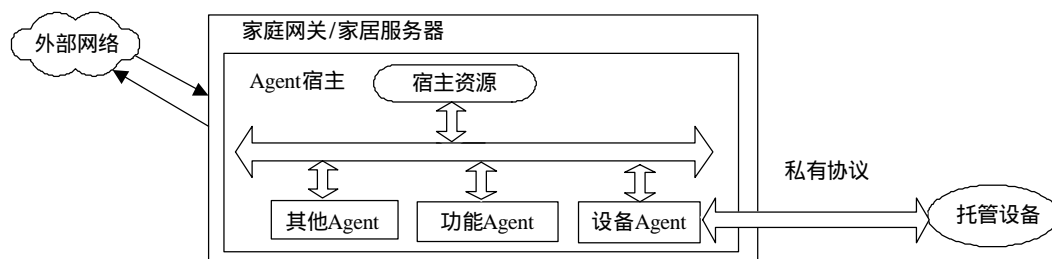


图1 MAIHN模型

## 2 基于多Agent系统的智能家庭网络中Agent的建立

在MAIHN中，建立概念模型的第一步就是建立各个Agent，使网络中的设备和服务都以Agent的概念和方法进行通信与协作。根据MAS的体系分别设计了设备Agent、具体功能Agent、协调管理Agent和核心Agent等4种Agent，并按照分级管理的方式对整个模型进行组织。

### 2.1 设备Agent

设备Agent负责代理家庭中的设备间的信息交互。设备Agent一方面具有与设备通信的能力，另一方面能够通过一定的机制接受其他Agent的任务请求和数据请求，完成对托管设备的管理和控制。设备Agent封装托管设备与网关的网络连接，屏蔽底层网络连接介质和协议上的差异，以标准的通信语言向系统声明所能提供的服务，接受自己能力范围内的任务并按要求完成任务。对MAIHN来说，不需要理解设备具体的实现方式，只需要理解设备Agent提供的标准服务形式，并能根据设备Agent提供的方式使用它，就可以完成设备动态接入网络、注册使用、管理维护等工作<sup>[1]</sup>。一些计算能力和存储能力非常有限的设备，可以通过设备Agent

将复杂的计算功能转移到家庭网关完成, 实现功能上迁, 降低单个设备的实现成本。

### 2.2 具体功能Agent

具体功能Agent负责在家庭网络中提供某种具体的服务功能, 如数据库Agent、用户界面Agent、网络搜索Agent等。功能Agent能够以Agent通信的标准格式接受其他Agent的数据请求和动作请求。功能Agent往往不需要复杂的逻辑推理, 可以使用条件-行为规则建立模型。

### 2.3 协调管理Agent

家庭环境中的服务通常需要多个设备来协作完成, 设备Agent往往难以完成复杂的逻辑推理和任务协调, 因此设计了协调管理Agent来实现这一类工作。协调管理Agent针对某一类任务或服务实行综合管理, 如安防管理Agent、家庭事务管理Agent等。协调管理Agent具有较强的知识理解能力、协调能力, 能够与核心Agent协商接受局部任务, 对其进行分解, 并交由设备Agent去执行, 各个协调管理Agent之间具有相互协作的能力, 功能结构如图2所示。功能结构中, 通信模块负责与其他Agent进行通信; 规划模块维护一个知识库, 并按照知识库中的知识完成任务的规划, 提交给任务分配控制模块执行; 任务分配控制模块在规划模块的指导下将任务分解给有关的设备Agent, 并监督设备Agent执行; 协调模块用于实现与其他管理Agent的协作; 管理模块完成Agent内部各模块和数据流的管理。

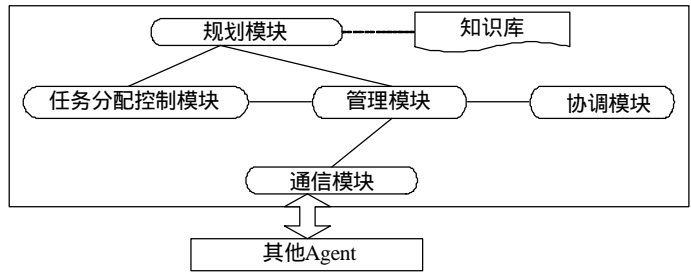


图2 协调管理Agent功能结构图

### 2.4 核心Agent

核心Agent负责对家庭网络中各个Agent的状态进行管理, 并协调它们的活动。核心Agent通过维护一张系统Agent列表, 记录各个Agent的服务类型及状态<sup>[2]</sup>; 完成对各个Agent的产生、活动、消亡等生命周期内的各个阶段的管理; 理解用户分配的任务, 对任务进行粗粒度划分, 并通过协商或分派到各个协调管理Agent去处理; 在任务执行的过程中, 不断总结出本家庭中普遍存在并且长期使用的服务规则, 完成学习优化过程。核心Agent具有调整系统全局的权力, 一般要求它们具备全局规划、全局控制与协作能力。一个核心Agent可定义为一个7元组  $ID, P, HAM, B, ITF, K^w, P^s$  <sup>[1,3]</sup>, 其中ID是核心Agent的标识; P是核心Agent的感知器, 通过它可以感知内、外界信息, 如用户的命令请求、通信机制传过来的信息流等; HAM 是核心Agent的事件处理器, 是核心Agent功能实现的关键; B是核心Agent的行为集合; ITF是核心Agent的通信机制;  $K^w$  是系统全局知识集;  $P^s$  为静态规则集。

## 3 基于多Agent系统的智能家庭网络中的多Agent协作与通信

在MAS中, 如何实现多Agent协作是需要解决的关键问题之一, 而多Agent通信是实现协作的基础。目前, 多Agent系统的通信方式主要有黑板系统和消息通信系统两种。当Agent的信息交流需求增多时, 黑板系统的效率会显著降低。而消息通信方式不受简单命令和响应结构的限制, 适合在灵活复杂的系统中使用<sup>[4]</sup>。因此, 在MAIHN中采用消息通信来实现多Agent系统的通信。消息通信方式要求发送者为消息指定唯一的地址, 因此每个Agent都需要保留系统中所有Agent的名称、地址, 才能实现相互的通信。为了解决这个问题, 在MAIHN中将知识查询和操作语言(Knowledge Query and Manipulation Language, KQML)中一类特殊类型的代理设计成通信协调器<sup>[5]</sup>。通信协调器运行在家庭控制中心上, Agent之间通过通信协调器来完成信息交互。通信协调器中的通信控制模块保存模型中唯一的一份Agent信息表, 并动态更新。通信控制模块利用信息表完成各个Agent基于内容的消息路由。模型的通信结构如图3所示。

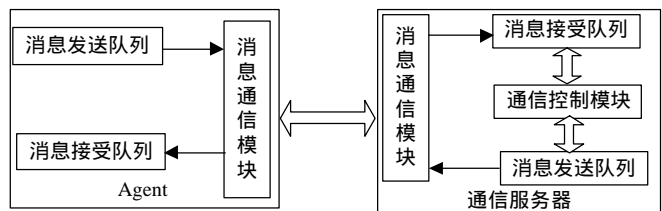


图3 MAIHN的多Agent通信结构图

(下转第276页)

Construct  $V^{(x,y)} : Q \rightarrow R^n$  by  $V_i^{(x,y)} t = u_i(x)^{-1}(t - x_i) + x_i$  Eq.(6) means  $|V^{(x,y)} y_i - x_i| < \|V^{(x,y)} y - x\|_\infty$  which finishing our proof.

**Remark** The following example shows that the convexity of  $Q$  in Theorem 7 is necessary. So the conjecture of Ref.[3] is invalid in general.

**Example** Let  $Q = \{(x_1, x_2)^T \mid x_1, x_2 \in R, |x_1| \leq 3, |x_2| \leq 3, x_1^2 x_2^2 \leq 0.5\}$  define  $F : Q \subset R^2 \rightarrow R^2$  by  $F \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 + \frac{x_2^3}{3} \\ x_2 + \frac{x_1^3}{3} \end{pmatrix}$ , then  $F'(x) = \begin{bmatrix} 1 & x_2^2 \\ x_1^2 & 1 \end{bmatrix}$ . Obviously  $F'(x)$  is generalized diagonally dominant for all  $x \in Q$ .

And  $(0, 3)^T \in Q, (3, 0)^T \in Q$ , but  $F((0, 3)^T) = (3, 3)^T, F((3, 0)^T) = (3, 3)^T$ . Therefore  $F$  isn't quasi-generalized nonlinear diagonally dominant thereby is not generalized nonlinear diagonally dominant in sense of Ref.[3].

### References

- [1] Moré J. Nonlinear generalizations of matrix diagonal dominance with applications to Gauss-Siedel iterations [J]. SIAM J. Numer. Anal. , 1972, (9): 357-378
- [2] You Zhao-Yong, Wang Chuan-Long. A concept of nonlinear Block Diagonal dominance [J]. Journal Comp Appl Math, 1997, (83): 1-10
- [3] Frommer A. Generalized nonlinear diagonal dominance and applications to asynchronous iterative methods [J]. Journal Comp Appl Math 1991, (38): 105-124

编辑 漆蓉

(上接第235页)

## 4 结束语

在模拟试验中, 本文采用Java Agent开发框架(Java Agent Development Framework, JADF)作为多Agent系统的开发平台, 利用JADF提供的Agent基类和其他功能类, 设计并实现了模型的各个Agent。实验表明, MAIHN模型同现有的组网方案相比较, 不仅可以实现家庭设备的互联互通, 而且具有动态开放、设备协作等特点, 适应家庭网络分布、异构和个性化的要求。

### 参考文献

- [1] 蒋建文. 基于多Agent的信息家居系统研究: [博士学位论文][D]. 合肥: 合肥工业大学, 2003
- [2] 郭红, 陈锐, 胡黎明. 基于XML, CORBA和Agent技术的集成模型研究[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(9): 1 647-1 649
- [3] 代春艳, 张小真. 智能计算机辅助教学系统中Agent的构建[J]. 渝州大学学报, 1998, 15(4): 47-51
- [4] 赵怀慈, 黄莎白, 张霞. 基于Multi-agent的消息通信机制及其实现框架[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(11): 1 554-1 557
- [5] 范玉顺, 曹军威. 多代理系统理论、方法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002. 52-54

编辑 熊思亮