环绕智能系统架构设计及身份感知 Agent 实现

何 坚 张 勇

(北京工业大学 软件学院，北京 100022) (天津科技大学 电子信息与自动化学院，天津 300222)

侯义斌 黄樟钦

(北京工业大学 软件学院，北京 100022)

摘 要：介绍了环绕智能(AmI，Ambient Intelligence)的概念，分析了 AmI 系统中上下文感知数据流，提出了基于多 Agent 系统(MAS，Multi-Agent System)的 AmI 系统架构.详细介绍了在此架构基础上设计实现的具有上下文感知的 AmI 实验系统-AmI-Space，并对其中的用户感知 Agent 进行了描述.实验证明，基于 MAS 的 AmI 系统架构满足了 AmI 系统中计算单元的模块化、分散化、可变性和复杂性要求；同时 AmI-Space 中的用户感知 Agent 结合了蓝牙 Ad hoc 网和以太网的优点，实现了一种无需用户配合的身份感知机制，是一种自然的、主动的交互方式.

关 键 词：环绕智能；智能体；上下文感知；身份认证

中图分类号：TP 391

文献标识码：A **文 章 编 号**：1001-5965(2008)10-1163-05

Design of MAS-Based AmI system and implementation of its identity-aware agent

He Jian

(School of Software Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Zhang Yong

(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science &Technology, Tianjin 300222, China)

Hou Yibin Huang Zhangqin

(School of Software engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The conception of ambient intelligence (AmI)was introduced firstly, and the data flow of the context-aware on the AmI environment was analyzed as well, so multi-agent system based (namely MAS-Based) architecture of AmI system was proposed. Meanwhile, an AmI experimental system (namely AmI-Space) built on the MAS-Based architecture was expounded, and the identity-aware agent being part of the AmI-Space was described. It is demonstrated by practice that the MAS-Based architecture was fit for the characters of modularization, distribution, scalability and complexity owned by the AmI computing units, and the identity-aware agent combining advantages of Bluetooth Ad-hoc network and Ethernet can automatically sense the user identity, and a kind of natural human computer interface for AmI system was provided.

Key words: ambient intelligence(AmI); agent; context-aware; authentication

环绕智能(AmI，Ambient Intelligence)是欧 州信息社会咨询组提出的新概念，是指一种具有

收稿日期：2007-10-23

基金项目：国家自然科学基金资助项目(90407017)；北京市教委资助项目(KM200710005018)

作者简介：何 坚(1969－)，男，四川金堂人，讲师，Jianhee@bjut.edu.cn.

智能特性、可对用户行为做出类似人类知觉反应的电子环境[1]. 在这种环境中,强调把计算嵌入到日常生活、工作环境中,使人们的注意力回归到任务本身[2]. 目前,国外许多研究机构开展了相关研究. 如文献[3－5]等. 文献[6－7]则较早地开展了该领域的研究工作.

本文从 AmI 上下文感知特征出发,提出了多 Agent 的系统架构;随后详细介绍了以此架构为基础设计实现的 AmI 实验系统-AmI-Spac,并对其中的用户感知 Agent 进行了详细描述;最后给出了系统的实验实例.

1 AmI 基础

AmI 体现在技术特征上是计算系统的高嵌入性、智能性和高移动性,具体表现形式为嵌入了计算智能、网络通信和多通道人机交互等技术的智能环境[8－9]. AmI 的核心目标就是能主动感知用户所处的各种状态和信息,并为其主动提供"量身定制"的个性化服务. 为了实现这个目标,要求 AmI 环境能及时、准确地感知用户的身份、位置以及各种行为状态等上下文. 因此,上下文感知计算是 AmI 系统的重要特征之一,也是为用户提供主动的个性化服务的基础.

上下文感知计算,是指计算系统自动地对上下文、上下文变化以及上下文历史进行感知,并根据它调整自身的行为. 任何可能对系统行为产生影响的因素都属于上下文的范畴,比如用户身份、位置、习惯、交互历史、设备状态、环境温度等. 概括起来,上下文大体上可分成:①环境上下文,如时间、温度等环境因素;②设备上下文:如设备工作状态、设备配置等设备因素;③用户上下文:如用户的身份、习惯、兴趣、个性化需求等因素. 图 1 为系统的上下文数据流图,初始的上下文信息经过系统的感知、存储以及计算,能够生成更高级的

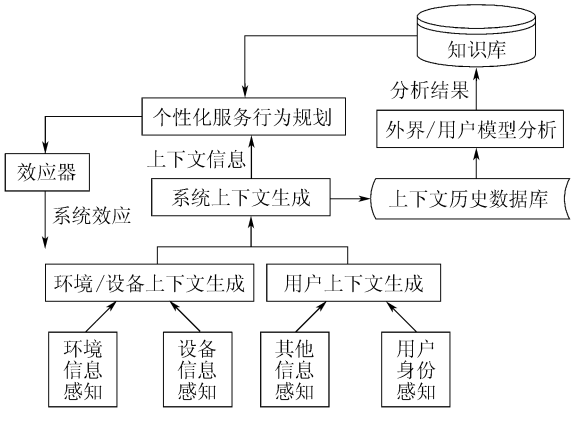

图 1 系统上下文感知数据流图

知识库和行为规划,为个性化服务提供支持,实现 AmI 的系统目标.

2 基于 MAS 的 AmI 系统架构设计

2.1 基于 MAS 建模

Agent 是实际系统的某种抽象,能够在一定的环境中为了满足其设计目标,而采取一定的自主行为. 在大型分布式系统中,各子系统在时空上趋于分散,且具有可变性、交互性、智能性等特征. 对这样的复杂系统须要用多 Agent 系统(MAS, Multi-Agent System)进行描述[10]. 由于 AmI 系统本身符合 MAS 的问题解决特征,因此可以采用 MAS 建立 AmI 模型.

计算分布的 AmI 系统中,Agent 之间是通过 TCP/IP 协议传输各种 XML 化的控制消息和数据实现彼此的通讯和交互. 每种 Agent 都有其具体目标:感知类 Agent 包含了用户身份感知在内的若干具有自治性和计算能力的上下文感知 Agent;上下文信息通过多种传感器获取,经分析计算后输出给智能服务 Agent 进行信息处理和智能规划;效应类 Agent 接受智能服务 Agent 发出的各种行为指令并独立工作;智能服务 Agent 通过交互模块从各感知 Agent 处获取环境信息,然后经过信息处理、智能规划处理产生行动序列. 智能服务 Agent 可以定义为从感知序列到行动序列的映射:

$$f: O^* \rightarrow A$$

其中,O^* 是 Agent 随时注意的感知信息集合;A 是 Agent 对外部世界能可能完成的动作集合. AmI 智能服务 Agent 的骨架结构可用伪代码描述如下:

```
function Skeleton-Agent return action
static: memery   /* Agent 的世界记忆 */
memory←Update-Memroy   /* 获取最新感知信息 */
action←Choose-Best-Action   /* 生成最佳行动规划 */
memory←Update-Memory
return action   /* 返回行动规划 */
```

生成了行动规划之后,智能服务 Agent 通过作用模块调用合适的交互模块,实现对各种效应类 Agent 的控制,以执行服务内容.

2.2 基于 MAS 的 AmI 系统架构

AmI 系统中各种 Agent 都分别部署在逻辑独立的物理设备上,每一个 Agent 都具备较强的自治性和反应能力,它们分别完成各自的计算,并

且通过协作为用户提供个性化服务. 图 2 为系统架构模型,下面对模型中的几种 Agent 做一简要阐述.

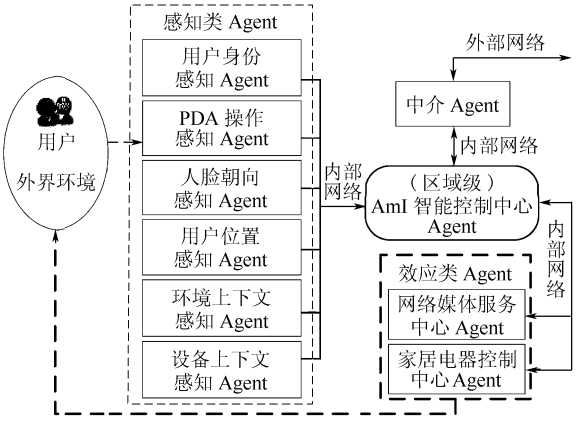

图 2　基于 MAS 的系统架构

1) 用户身份与位置感知 Agent:实时监测出现在有效范围之内的用户蓝牙徽标发出的无线信号,该信号包含了用户的唯一识别码;该 Agent 解析出用户识别码,同时利用多小区信号的融合算法计算出用户徽标所处的小区编号,以达到定位的目的.

2) PDA 操作感知 Agent: Agent 接受用户的触笔和键盘消息,经过消息处理更新用户界面并将此消息传送给 AmI 智能控制中心 Agent;AmI 智能控制中心 Agent 则根据处理的情况,将反馈信息返回给 PDA 操作感知 Agent 处理.

3) 人脸朝向感知 Agent:通过图像采集卡实时获取用户所在位置的视频图像,并经过图像分割、特征提取,实现用户脸部的朝向识别[11],进而实现自适应的跟随型多媒体播放.

4) 环境上下文感知 Agent:主要是通过传感器实时采集和计算环境中的温度、湿度、气压等物理量,并将这些数据传送给 AmI 智能控制中心 Agent 作为行动参考.

5) 设备上下文感知 Agent:实时监测各设备的工作状态参数、故障情况以及网络带宽等数据,为 AmI 智能控制中心 Agent 提供基础数据.

6) 家居电器控制中心 Agent:独立地管理和控制可控家电的运行,实时采集家电的工作参数并进行状态诊断,并将结果提交给 AmI 智能控制中心 Agent;同时,随时监测 AmI 智能控制中心发来的工作指令,将指令进行识别后生成控制信号驱动相应家电工作.

7) 网络媒体服务 Agent:独立地处理有关媒体播放的管理和控制,实时接收并处理来自 AmI 智能控制中心的动作消息和点播消息,并按照点播消息中指定的设备(如投影仪或电视机)进行播放.

8) AmI 智能控制中心 Agent: 实时接收和处理所有的感知 Agent 发送来的各类信息,对全局性、关键性的数据进行维护管理,验证用户有效性和权限,并根据系统上下文向效应类 Agent 发出执行服务的指令.

3　系统实现

在北京工业大学 211 重点学科建设"环绕智能与人机交互"项目中,课题组建立了实验研究系统——AmI-Space. 下面对 AmI-Space 的场景及其中的身份感知 Agent 详细介绍.

3.1　AmI-Space 场景描述

AmI-Space 系统实现的场景如下:①在实验室内,若干相关电气设备(如微波炉、冰箱)以较为隐蔽的计算方式分布在不同物理区域内,并且能有效地提供服务;②用户佩戴微型感知器——蓝牙徽标,AmI-Space 能随时以无接触的主动感知方式跟踪用户的进入、离开等状态信息;③用户通过手持式 PDA 上的应用软件,浏览和获取系统环境中的各项功能和服务;④用户若在 AmI-Spac 的有效空间内游走,则系统可随时感知到用户脸部朝向状态,投影仪则自适应地跟随旋转,将投影内容投射到用户面向的方向;⑤系统能够随时感知实验空间内的某些物理量(如温度、湿度等),并以此作为系统智能服务规划的依据因素,并能够根据外部世界和用户本身的知识模型,推测用户的潜在需求,主动地生成个性化的服务规划. 比如,系统可以感知到环境内温度和湿度,并根据不同用户的习惯,主动地将空调设定在适合的工作状态.

根据上述场景,课题组开发了如下几类 Agent:身份感知 Agent、PDA 操作感知 Agent、人脸朝向感知 Agent、网络媒体服务中心 Agent、家居电器控制中心 Agent 以及智能服务 Agent. 基于这些 Agent,系统可以自动感知用户的身份,并可以根据用户的身份、年龄等基础信息,通过对各种特定知识模型进行分析推理,预测用户的潜在需求并生成一定的行动规划,驱动智能服务 Agent 为用户提供服务.

3.2　用户身份感知 Agent 的实现

蓝牙采用了快速跳频、前向纠错和优化编码等技术,具有抗干扰能力强、通信质量稳定的优点[12],因此课题组研发了基于蓝牙技术的用户身份感知 Agent. 从物理实现上用户身份感知 A-

gent 包含 3 类实体：

1）蓝牙徽标(BlueBadge)：储存了用户标识信息(ID)，利用 ID 的唯一性实现与用户身份绑定.

2）蓝牙接入点(BlueAP)：BlueAP 负责 BlueBadge 蓝牙接入及蓝牙通信协议到以太网传输协议的转换.

3）认证中心：它对网络所提交的用户身份信息进行认证，认证通过后通知智能服务 Agent 对用户进行授权.

身份感知 Agent 的网络拓扑结构如图 3 中方框包含区域所示. 该结构特性决定了认证过程分为以下两步：

1）BlueBadge 和 BlueAP 之间采用蓝牙内建的挑战——应答方案[13]实现认证.

2）BlueAP 和认证中心之间通过基于对称密钥的挑战——应答协议完成认证.

用户身份感知 Agent 可以实时监测出现在有效范围内的用户身份.

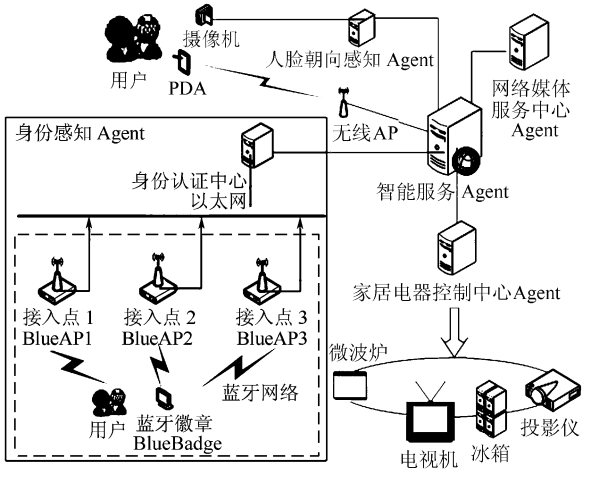

图 3 AmI-Space 系统拓扑结构

4 实验测试

在 AmI-Space 环境中，课题组做了用户感知和个性化服务实验. 当用户携带 BlueBadge 进入 BlueAP 覆盖范围后，用户身份感知 Agent 被触发完成用户身份感知；当用户离开时，身份感知 Agent 触发用户脱离事件，进而停止媒体播放、注销用户.

图 4a 显示当 BlueBadge 进入 BlueAP 覆盖范围后，BlueAP 查询、发现 BlueBadge 并与之建立安全传输通道；图 4b 显示 BlueAP 获得用户 ID 与认证中交互完成用户身份认证的过程.

通过身份认证后，AmI 控制中心 Agent 根据用户 ID 在数据库服务器上检索得到用户的权限列表以及个性化视频/音频列表，并通过 WLAN 将其下载到用户的 PDA 上. PDA 据此显示个性化的服务选项，并通过操作感知 Agent 接受用户选项. 图 5a 为 PDA 的“娱乐地带”操作界面；图 5b 为 PDA 的“DVD 多媒体”操作界面. 用户通过 PDA 操作感知 Agent 感知用户选择后，房间中的人脸朝向系统自动检测用户人脸朝向，通知投影仪将内容投影到用户面对的墙壁上，如图 6 所示.



a BlueBadge 和 BlueAP 之间的认证



b BlueAP 和认证中心的认证

图 4 身份感知实验运行实例界面



a 娱乐地带界面 b DVD 多媒体操作界面

图 5 PDA 操作界面



图 6 AmI Space 中人脸朝向识别系统

5　结 束 语

本文介绍了 AmI 的概念、技术特征和目标,通过分析 AmI 系统中上下文感知数据流,提出了基于 MAS 的 AmI 系统架构.本构架在北京工业大学 211 重点学科建设项目"环绕智能与人机交互"中得以应用,目前本研究项目已顺利通过验收.在后续工作中,课题组将开展 AmI 环境中用户兴趣挖掘以及用户行为建模等方面的研究.

参考文献(References)

[1] Ducatel K, Bogdanowicz M, Scapolo F, et al. Scenarios for ambient intelligence in 2010[EB/OL]. ISTAG, 2001. http:// www. philips. co. kr/Assets/Downloadablefile/eur19763en-1505. pdf

[2] Aarts E. Ambient intelligence:a multimedia perspective[J]. IEEE Multimedia, 2004,11(1):12－19

[3] van Doorn M, de Vries A P. Co-creation in ambient narratives[C]//Ambient Intelligence in Everyday Life. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag,2006:103-29

[4] Rudolph L. Project oxygen: pervasive human-centric computing-an initial experience [C]// Proceedings of 13th International Engineering Conference on Advanced Information Systems, Germany: Springer Verlag, 2001:1－12

[5] Research Blue Space [EB/OL]. IBM Inc, 2005. http:// domino. research. ibm. com/commresearch. nsf/pages/r. mobile. spotlight. html

[6] 王益民,陈旭辉,侯义斌,等.环绕智能环境中的智能家庭网络结构及实现[J].计算机工程与设计,2003,24(5):38－41
Wang Yimin, Chen Xuhui, Hou Yibin,et al. Architecture of the smart home network in ambient intelligence[J]. Computer Engineering and Design, 2003, 24(5):38－41(in Chinese)

[7] 何坚,王宝生,侯义斌.环绕智能中蓝牙身份感知网络的设计与实现[J].北京工业大学学报,2007,33(6): 627－631
He Jian, Wang Baosheng, Hou Yibin. A bluetooth-based identity sensor-net for ambient intelligence[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2007, 33(6):627－631(in Chinese)

[8] Shmidt A, Aidoo K A, Takaluoma A, et al. Advanced interaction in context [C]// Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Karlsruhe, Germany: Springer Verlag, 1999:89－101

[9] Nigel Shandbold. Ambient intelligence [J]. IEEE Intelligent System, 2003, 18(4):2－3

[10] Locatelli, Marco P. Awareness in collaborative ubiquitous environments: the multilayered multi-agent situated system approach[J]. ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems, 2007, 2(4): 388－390

[11] Chen Rui, Li Hui. Facial orientation analysis and application in human-computer interactive system[C]//Convergence of Computing Technologies in the New Era. Proceedings of the 8th International Conference for Young Computer Scientists. Beijing: World Publishing Corporation,2005: 553－560

[12] 韩江洪,段玲琳,张建军,等.嵌入式信息家电系统中蓝牙子系统的研究与开发[J].系统仿真学报, 2004, 16(12):2825－2827
Han Jianghong, Duan Linglin, Zhang Jianjun, et al. Development of bluetooth subsystem of embedded information appliance system[J]. Acta Simulata Systematica Sinica, 2004, 16(12):2825－2827(in Chinese)

[13] Jennifer Bray, Charles F Sturman. Bluetooth: connect without cables[M]. 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey, American: Prentice Hall PTR, 2002

(责任编辑:娄　嘉)