

# 基于社会网络分析的泛在网络仿真平台

唐伦<sup>1,2</sup>, 陈前斌<sup>2</sup>, 曾孝平<sup>1</sup>, 李云<sup>2</sup>

(1. 重庆大学通信工程学院, 重庆 400044; 2. 重庆邮电大学通信与信息工程学院, 重庆 400065)

**摘要:** 针对泛在网络面临局部自治性、异构性、复杂性、混沌性等问题, 提出一种基于社会网络分析的泛在网络体系架构及网络仿真平台, 并进行原型系统实现。采用社会网络分析中的社会网络的管理、组织和协作机制, 利用 Multi-Agent 技术, 从泛在网络体系架构、泛在网络软件平台、虚拟组织、管理 Agent、工作者 Agent 等方面进行设计, 同时对 Agent 通信语言进行基于 XML 的扩展。实验结果证明, 该平台可用于仿真复杂的泛在网络服务与应用。

**关键词:** 泛在网络; 社会网络分析; 网络仿真平台

## Ubiquitous Network Simulation Platform Based on Social Network Analysis

TANG Lun<sup>1,2</sup>, CHEN Qian-bin<sup>2</sup>, ZENG Xiao-ping<sup>1</sup>, LI Yun<sup>2</sup>

(1. College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044;

2. School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065)

**【Abstract】** Ubiquitous network is an open, large-scale and complex system, facing up many questions, such as local autonomy, heterogeneous, complexity and chaos. This paper designs an ubiquitous network architecture based on social network analysis and a network simulation platform, speciously focuses on management, organization and cooperation of social network analysis, uses Multi-Agent technology to design architecture, simulation platform, virtual organization, agent acting as manager or worker, and uses the XML to expend the KQML and develops some software packages for the new ubiquitous network architecture. Simulations of complex services and applications of ubiquitous network on the platform can be done.

**【Key words】** ubiquitous network; social network analysis; network simulation platform

### 1 概述

泛在网络(ubiquitous network)<sup>[1-9]</sup>是一个融合各种通信与信息技术(如 3G, WiFi, WiMAX, Sensor Networks, ZigBee, UWB和Ad Hoc等)的信息处理和传送平台, 其通信传输和业务提供模式涉及到多个层面和多种技术, 可构建一个在任何地点和时间能连接任何人和物的网络<sup>[1,5,9]</sup>。

泛在网络资源具有广域分布、异构、动态等特性, 组织管理和移动性管理较为复杂, 其环境的局部自治性、异构性、复杂性和混沌性等特点给基础理论研究带来一定难度。未来对泛在网络的要求为: (1)统一控制平面; (2)网络动态重构; (3)网络设备资源化; (4)业务是系统的中心。泛在网络是一个结构庞大且松散的系统<sup>[6]</sup>, 因此, 必须从系统结构、多接入技术、资源管理、移动性管理、网络组成、业务、上下文管理、网络安全、网络管理等多方面进行考虑<sup>[1]</sup>。

在社会网络中, 除个体通信机制外, 其他一些特别的现象也可应用到泛在网络中, 例如人类之间的互利合作行为、信任机制、社会协作形成的聚类特点等。如果将泛在网络看作一个巨大的人类社会网络, 在一定程度上, 可借用社会网络分析的方法, 建立基于社会网络分析(social network analysis)<sup>[10]</sup>的泛在网络计算模型。

本文研究社会网络分析<sup>[10]</sup>中的社会网络管理机制、组织机制和协作机制, 利用Multi-Agent技术, 从泛在网络体系架构、泛在网络软件平台、虚拟组织、管理Agent、工作者Agent

等方面出发, 设计一种基于社会网络分析的泛在网络体系架构及其仿真平台。

### 2 社会网络分析、组织管理机制

#### 2.1 社会网络分析

社会网络分析是网络分析的一个分支, 主要研究社会网络, 理解社会的结构、行为和关系。基于社会网络分析将有助于处理网络的管理、协调、协作和信任问题。从社会网络中要素之间的协商、协调、协作、交互协议, 交互语言、群体思维属性和群体的分析设计, 扩展到研究群体的效用、社会理性、权力、规范和社会网络组织、社会机制等社会模型及其应用, 社会允许其成员在一个共享的环境协同存, 追求各自的目标或互相协作以获得一些全局目标, 通常需要一些机制来保证正常的社会秩序。

#### 2.2 社会网络组织管理机制

社会网络中组织具有以下特征: (1)有共同的利益和目

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60702055); 新世纪优秀人才基金资助项目(NECT-06-0778); 重庆市自然科学基金资助项目(CSTC, 2007BB2390); 重庆市教育委员会科学技术研究基金资助项目(KJ070501); 重庆邮电大学自然科学基金资助项目(A2007-17)

**作者简介:** 唐伦(1973-), 男, 讲师、博士研究生, 主研方向: 泛在网络, 异构无线网络; 陈前斌、曾孝平, 教授、博士、博士生导师; 李云, 教授、博士

**收稿日期:** 2007-12-19 **E-mail:** tangl@cqupt.edu.cn

标,即组织目标。共同目标的存在是组织存在的前提,管理者必须使组员确信共同目标的存在,并根据组织的发展不断制订出新的目标。(2)以“价值创造”为纽带。(3)组织是具有分工与合作的群体。(4)有不同层次的权力与责任制度。

组织中成员的成员在组织中扮演一定角色,例如管理者和工作者:管理者是在组织中指挥、协调和管理他人完成具体任务的人;工作者是在组织中直接从事具体的业务的人,其任务是做好组织所分派的具体的操作性事务。

社会网络的社会性是泛在网络未来研究和发展的理论基础之一。同样,对于开放泛在网络,也必须利用社会科学的研究成果,进行跨学科研究,以提出泛在网络社会的理论框架和计算模型,引导泛在网络社会的全局行为的发生,使其产生有益的协作、协调,同时保持系统的灵活性和个体成员的自主性。

### 3 泛在网络体系架构

由社会网络形成机理可见,社会网络是由个体和组织作用在社会环境下构成,经过长期演进,社会有简单高效的通信机制、管理机制、组织机制和协作机制,其中一些关键概念和特性可用于泛在网络服务与应用。泛在网络是一种由 Multi-Agent 构成的自治系统,具有自治性(autonomy)、反应性(reactivity)、自发性(pro-activeness)和社会性(social ability),故可采用 Agent 技术来建立泛在网络结构。

泛在网络的整体框架包括:基于 Multi-Agent 的泛在网络软件平台、虚拟组织(Virtual Organization, VO)、各种重要的管理 Agent、工作者 Agent 组成等。

#### 3.1 基于 Multi-Agent 的泛在网络软件平台

泛在网络不是颠覆性的网络革命,而是对传统网络潜力的挖掘和网络效能的提升。统一的控制平面、网络动态重构控制系统及网络设备资源化是环境感知泛在网络有别于传统网络的显著特征。泛在网络系统架构需要泛在网络系统结构、多接入技术、资源管理、移动性管理、网络组成、业务、上下文管理、网络安全、网络管理等多方面考虑<sup>[1]</sup>,整体把握泛在网络系统架构,结合简单性、开放性、可扩展性、透明性、兼容性等架构设计原则<sup>[1]</sup>,引入统一的控制平面,将传统网络演进为高效、可扩展、可管理的扁平化层次状网络,是当前泛在网络体系架构的一种主流。基于 Multi-Agent 系统的泛在网络体系架构如图 1 所示,其软件平台如图 2 所示。

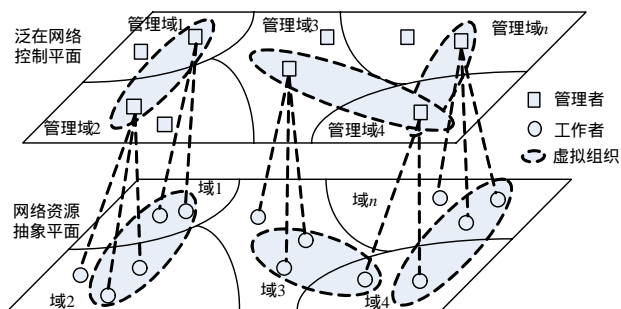


图 1 基于多 Agent 系统的泛在网络体系架构

扁平化层次状网络,简化了网络结构,使网络构架归一化成为可能,并具备面向未来的开放、规模、灵活、可管理、移动的网络构架,具有即插即用(Plug and Play)的能力。

由泛在网络的问题空间和系统边界可见,3G, Wi-Fi, WiMAX, Sensor Networks, ZigBee, UWB和 Ad Hoc 等是泛在网络的不同域,每个域由信念(belief)、愿望(desire)和意图(intention)的智能 Agent 组成,类似人类社会中的个体。

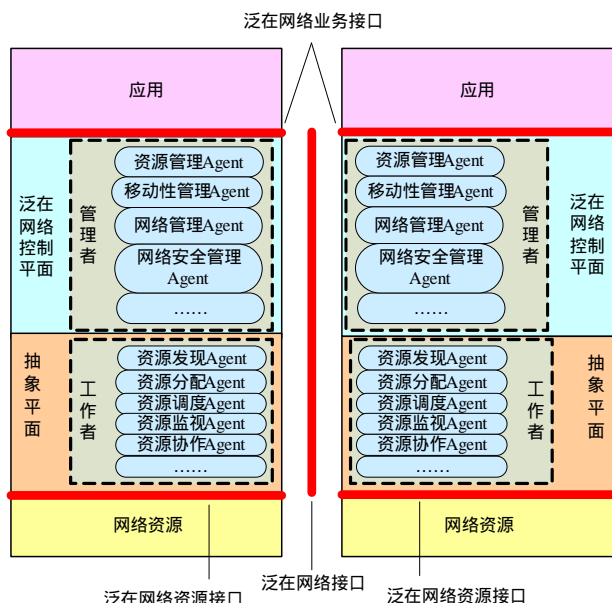


图 2 基于多 Agent 系统的泛在网络软件平台

社会由许多个体和社会组织组成,个体之间通过各种社会关系互相连接在一起,构成各种社会组织,例如职员和公司,学生和教师,党员和党派,公民和政府等公益组织、企业组织、服务组织、相互利益组织等。一个要参与到社会的个体,常通过扮演社会中的某个角色加入到角色与角色关系形成的社会结构中以符合该角色所内含的一套权利、义务和行为规范并发挥其作用。在基于社会网络分析的泛在网络中,每个智能 Agent 在一个变化的泛在网络环境中建立其社会内部的模型,具有不同的社会作用,实现泛在网络中资源分配、资源调度、资源监视、资源协作等资源管理功能。为便于泛在网络中智能 Agent 的组织与管理,将智能 Agent 按社会角色分为管理者(manager)和工作者(worker)分布于泛在网络的各域中,对应于不同角色实现不同功能。

#### 3.2 虚拟组织、管理 Agent、工作 Agent

为描述 Multi-Agent 的组织和协同关系,笔者引入虚拟组织(VO)的概念。虚拟组织由遵守资源共享规则的一组个体和机构动态地聚集在一起形成,不同于传统意义上的组织,VO 各成员仍属于不同的真实组织,并被它们所在的真实组织的内部规则和策略所控制。泛在网络环境下的计算本质就是在 VO 间实现协同资源共享和协同问题求解。VO 成员为完成特定的任务而共享资源,此共享不是简单的资源互连和单一使用(如单纯的文档交换),而是通过互连、组合、协作解决用户问题,并产生具有附加值的新服务、数据、信息等资源,满足新的需求。

VO 与人类社会的各种组织有以下共性:

(1)有共同的利益和目标,即组织目标。例如为实现 WLAN 网络和 UMTS 间的无缝移动性管理,WLAN 中的一部分管理者 Agent 和工作者 Agent 与 UMTS 中的一部分管理者 Agent 和工作者 Agent 聚合,形成一个虚拟组织,制定共同的组织目标,即实现无缝移动性管理。

(2)以“价值创造”为纽带。WLAN 和 UMTS 中单个 Agent 的力量有限,通过赋予每个 Agent 价值观念和激励,形成以“价值创造”为纽带的由 Multi-Agent 组成的虚拟组织。

(3)通过对每一个 Agent 赋予一定角色,并对其分工合作,使 Agent 有不同的任务,同时又共同协作,完成共同

的目标。

构成泛在网络的多 Agent 系统主要由管理者 Agent 和工作者 Agent 构成,其内部基本功能结构主要由通信处理模块、问题求解和协作控制模块、知识管理模块构成。通信处理模块处理消息和事件、实现通信协议和协作协议;问题求解和协作控制模块进行规划、推理、协作和控制;知识管理模块则对知识进行管理。

管理者 Agent 和工作者 Agent 有不同的任务,因此,也具有不同的作用。管理者 Agent 包括资源管理 Agent、移动性管理 Agent、网络管理 Agent、网络安全管理 Agent 等,具有以下 2 方面作用:(1)Agent 负责域与域之间的管理者 Agent 协商、协作;(2)同一域内管理者 Agent 负责对工作者 Agent 指挥、管理、任务的安排。管理者 Agent 的职责其实并不是管理,而是维持各自域内 Agent 的正常运转,理顺复杂的工作者 Agent 的关系,建立 Agent 与虚拟组织进行交流、沟通与协同的渠道;工作者 Agent 包括资源发现 Agent、资源分配 Agent、资源调度 Agent、资源协作 Agent、资源监视 Agent 具体负责服务、数据、信息、以及信道、频率、带宽等网络资源的管理,在组织中负责任务的执行,例如负责完成具体的资源分配、资源调度、资源监视等具体的操作性事务。

### 3.3 基于 Agent 通信语言 KQML 的 XML 扩展

目前,Agent 间通信语言(ACL)主要有 2 种:美国 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)的 KSE(Knowledge-Sharing Effort)研究小组提出的 KQML 和 FIPA 协会(The Foundation for Intelligent Physical Agents)提出的 FIPA ACL。

KQML 依据 Speech Act 理论对言语行为分类,将一些基本的言语行为定义为相应的执行原语,并使其语义更适合于计算机通信的应用。KQML 所有保留的执行原语可分为 3 类,如表 1 所示。

表 1 KQML 保留原语分类

功能分类	通信原语名称
交谈类 (Discourse)	ask-if, ask-all, ask-one, stream-all, eos, tell, untell, deny, insert, uninsert, delete-one, delete-all, undelete, achieve, unachieved, advertise, unadvertised, subscribe
干预和对话机制 (Intervention and mechanics)	error, sorry, standby, ready, next, rest, discard
网络服务 (Facilitation and Networking)	register, forward, broadcast, transport-address, broker-one, broker-all, recommend-one, recommend-all, recruit-one, recruit-all

KQML 的消息语法与 LISP 类似:用一个通信原语开头,紧跟参数名称(parameter name)和参数值(parameter value),以冒号开头的是 KQML 的保留参数关键字,其表达形式如下:

```
(Performative
:sender      <word>
:receiver    <word>
:in-reply-to <word>
:reply-with  <word>
:language    <word>
:ontology    <word>
:content     <word>)
```

XML 是 W3C(Word Wide Web Consortium)协会制定的用于描述数据文档中数据组织结构的标记语言。其可扩展性、

结构化语义以及独立于平台和应用的特点充分满足分布式等异构环境的要求,成为网络上数据传输的主要载体有利于多 Agent 系统的应用。由于 XML 在描述数据和元数据方面较为出色,因此对基于社会网络分析下的泛在网络仿真平台在 Agent KQML 的基础上进行了基于 XML 规范的扩展。主要修改是在 KQML 的 content 内容表达方式上,利用 XML 替代原有 word。将 XML 技术应用到泛在网络 Agent 间通信语言中,可提高 Agent 通信协作的灵活性和通信的频繁度。基于 XML 规范的 KQML 消息语法扩展表达形式如下:

```
(Performative
:sender      <word>
:receiver    <word>
:in-reply-to <word>
:reply-with  <word>
:language    <word>
:ontology    <word>
:content <?xml version="1.0">
<action>Request resource</action>
<actor>Manger Agent</actor>
<parameter>IM</parameter>
<state>compulsion</state>
<ontology>default</ontology>)
```

## 4 泛在网络原型系统实现

本文采用 Windows 2000 运行环境和 Java 语言编程环境实现泛在网络仿真平台软件、虚拟组织、各种重要的管理 Agent、工作者 Agent 及重新定义 XML 并对其进行基于 KQML 的 XML 扩展等。由于 Java 的网络通信模块支持 Sockets、URL 通信和分布式对象协议(RMI),较易实现分布主体间的通信;标准 Java 虚拟机、对象序列化机制、基于 Server 的软件结构等特点也使移动 Agent 技术易于实现。

在泛在网络软件仿真平台中,开发泛在网络结构的不同软件包,如仿真器、图形用户界面、节点、Agent 等。在虚拟测试网络上运行泛在网络平台软件显示泛在网络各个组成部分的基本操作。该软件平台包含以下功能:

(1)虚拟组织管理。对虚拟组织进行构造,使各实体有效地动态调整和变更聚合关系,形成一个新的、可靠的、易扩展的虚拟组织,同时对虚拟组织实施高效的管理。实现虚拟组织动态加入、退出管理者 Agent,实现多 Agent 间协同资源共享和协同问题求解。

(2)资源管理服务。在仿真平台中,将服务、数据、信息、以及信道、频率、带宽资源化,将物理资源、逻辑资源分配给相应 Agent,实现资源协同共享。每个 Agent 具有各自的资源管理策略和不同的访问代价模型,实现资源发现、资源分配、资源监视、资源调度和资源协作等服务。

(3)移动性管理服务。结合资源管理服务,实现网络发现、切换判决、切换执行等一系列算法和流程,实现移动设备的位置管理、切换管理。

(4)采用面向业务的模式。泛在网络环境是一个复杂的异构系统,采用自治的、面向业务的模式替代原有的端到端通信模式,须考虑不同接入技术、接入网络、终端设备能力和服务质量需求。

(5)Agent 通信服务。定义 XML 格式,并利用 XML 扩展 KQML 语言,使仿真平台中的 Agent 能够通信。

(下转第 276 页)