

移动 agent 系统基准模型的研究

陶先平, 吕建, 马晓星, 胡昊

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室, 南京大学软件研究所, 江苏南京 210093)

摘要: 基于 Internet 的移动 agent 技术已经成为网络计算研究热点之一. 针对目前移动 agent 研究中缺乏良好的移动 agent 环境基准模型现状, 本文给出了一个基于 Internet 的移动 agent 环境的基准模型 ND-MATRM, 该模型阐述了移动 agent 技术及其系统中涉及的公共术语及其解释、通用的体系结构、规范的服务及接口. 该模型在指导系统研制、分析现有系统和标准化工作等方面均具有良好的应用前景.

关键词: 移动 agent; 移动 agent 环境; 基准模型

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-2119-03

Research on Reference Model of Mobile Agent Systems

TAO Xian-ping, LÜ Jian, MA Xiao-xing, HU Hao

(State Key Lab For Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)

Abstract: The research on Internet based mobile agent technologies becomes a hot topic. Aimed at the lack of reference model in the construction of mobile agent system, this paper proposed a technical reference model, ND-MATRM, for mobile agent environment. In this model, we present a glossary of mobile agent technology and describe the basic elements of a mobile agent environment, the functionality of each element, the relationship between these elements from the perspective of entity, service and interface. This model can be used in system construction guidance, existing systems analysis and standardization.

Key words: mobile agent; mobile agent system; reference model

1 引言

Internet 为我们提供了一个全球范围内信息存储、发布和获取的基础设施和巨大的计算能力和丰富的软件资源. 因此, 寻找一种适应“网络计算机平台”特性的新型计算模式显得尤为重要. 软件 agent 技术^[1] (特别是基于 Internet 的移动 agent 技术) 为解决上述问题提供了一种全新的、统一的分布计算模式. 许多专家学者认为移动 agent 计算将成为未来的一种主流分布计算模式.

正因如此, 国际上掀起了移动 agent 的研究和应用开发热潮, 然而, 已有工作对移动 agent 技术及其系统的标准化和基准化工作涉及不多, 而以 FIPA Mobility^[2] 和 MAR^[3] 为代表的移动 agent 标准化工作也存在不够全面、实用性不强等缺点. 因此, 一个定义良好的、具有一定系统性和实用性的移动 agent 基准模型的研究具有一定的紧迫性和良好的应用价值: (1) 指导我们开展移动 agent 系统的研制; (2) 便于发现现有系统的优缺点; (3) 对制定移动 agent 领域相关标准与规范具有一定的借鉴意义.

本文给出了一个基于 Internet 的移动 agent 环境的基准模型 ND-MATRM, 该模型系统阐述了基于 Internet 的移动 agent 技术及其系统中涉及的公共术语及其解释、通用的体系结构、规范的服务及接口. 并简要讨论了该模型在指导研制、系统分

析和标准化方面的应用.

本文第二节简要介绍基准模型; 第三节详述了 ND-MATRM 模型; 第四节给出了该模型的一些应用研究工作, 最后在第五节给出本文的结论.

2 基准模型

基准模型^[4]是在特定的研究范围内一类系统模型的对象, 它描述了所有可能的软件构件、构件提供的服务以及构件之间的关系. 其中, 构件间的关系表示构件间的组合关系和交互关系, 以构件间的接口为表示形式.

从相似系统和模型中抽取得到的一个基准模型主要包括领域、实体、服务、接口四个部分, 其中领域抽象界定了该基准模型所涵盖的范围. 主要包括其主要产生的背景、所依赖的领域环境、适用人员等内容的阐述; 实体抽象源于已有系统或模型中相同或相似的实体的概念化, 是基准模型中包含相关服务及其接口的元素, 表现为公共的概念及其统一的解释以及服务和接口的抽象; 服务抽象是基准模型中关键元素, 是对已有系统和模型中提供的类似服务进行抽象, 阐述基准模型中各类实体的外部功能; 接口抽象一是作为服务的使用方式的规范描述, 二是系统内部软件构件间关联关系及其互操作的阐述, 通常可划分为两类: 水平接口和垂直接口, 前者是模型的同层次实体间相互提供的服务的使用接口; 后者是模型

收稿日期: 2002-06-06; 修回日期: 2002-08-23

基金项目: 863 计划项目 (No. 2001AA113110); 江苏省自然科学基金重点项目 (No. BK2002203); 江苏省创新人才基金项目 (No. BK2002409); 江苏省高技术项目 (No. GB2001012); 教育部项目“计算机软件技术网上合作中心”

的相邻两层实体间相互提供的服务的使用接口。

3 基于 Internet 的移动 agent 系统基准模型 ND-MATRM

3.1 ND-MATRM 概念集

ND_MATRM 概念集中的核心概念有:

移动 agent:移动 agent 是一个运行于开放、动态网络环境中的封装良好之计算实体,它代表用户自主地在网络上移动,完成指定的任务.通常,移动 agent 由数据、操作和行为规则封装而成.它具有自主性、移动性、协作性和安全性等特性.

agent 名:每个 agent 必须有一个标识自身的名字,主要用于 agent 的管理以及协作,这个名字在 agent 运行的分布环境中必须是唯一的.进而,在 Internet 范围内,也应是唯一的.

移动 agent 生命周期模型:移动 agent 是一个软件计算实体,它具有鲜明的生命特征.图 1 是移动 agent 生命周期示意图,依图所示,移动 agent 的状态划分为 5 个基本状态:创建、执行、冻结、迁移、消亡.一个移动 agent 在其生命周期里一定处于某一个状态,并且不断在某类特定事件发生时,发生状态的转换,最终转为消亡状态,完成用户指派的任务.

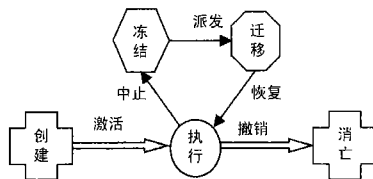


图 1 移动 agent 生命周期示意图

创建状态:移动 agent 应用系统主要由若干静止或移动的 agent 构成.移动 agent 首先应被创建.创建工作主要包括:给定移动 agent 名及身份、确定功能语义和迁移语义.

执行状态:agent 在执行状态期间代替用户消耗各类资源,开展协作,最终完成主要的功能.该状态中的 agent 必须获得运行支撑环境提供的跨平台、迁移、通信、安全、资源访问等各方面的支援.

冻结状态:移动 agent 的迁移是计算状态和计算上下文的移动,因此,agent 移动前必须进行运行状态和运行上下文的封装,此时,移动 agent 的状态将转换为冻结状态.agent 应该获得运行环境在状态捕获、协作信息的暂存和缓冲等支援.

迁移状态:迁移状态是 agent 按照迁移信息进行物理转移的状态.迁移的完成必须依赖运行环境借助网络和操作系统的数据传输能力和协作信息暂存、缓冲、转发以及容错处理的支持.

消亡状态:移动 agent 应用程序完成用户赋予的工作后,该程序所创建的所有 agent 应被撤销.

3.2 ND_MATRM 服务与实体视图

移动 agent 环境应提供 agent 所需的各种服务,因此服务以及提供这些服务的软件实体将是组成移动 agent 环境的主要成份,自然也就成为了 ND_MATRM 的重要内容之一.图 2 是以实体及其提供的服务为主要描述对象的 ND_MATRM 服务与实体视图:

该视图中列示的实体主要包括移动 agent 应用、移动 agent 环境以及 OS 和网络.其中,移动 agent 环境是

其中的主要构件.它由若干结点构成,每个结点上都应配置一个移动 agent Server,该 Server 应能完成本物理结点内 agent 的创建、消亡、执行、迁移、协作、安全保障及资源访问等运行需求的支撑,并能和相关结点的 agent Server 合作,完成 agent 的跨结点计算需求.通常,一个物理结点上的移动 agent Server 主要由 Directory 构件、Migration 构件、Communication 构件、Security 构件和 Internal Transport Channel 等几部分组成.其中,Engineering 构件及其服务通过提供给用户良好的开发、监控工具来辅助完成用户开展移动 agent 应用程序的编制以及移动 agent 的运行监控;Interpreter 构件通常基于 agent 环境异构性,表现为某种解释型语言的解释器;Directory 构件提供移动 agent 的注册、注销、查询等名服务,完成资源封装的 wrapper 服务、检索和中介服务;Migration 构件主要完成 agent 的移动支撑,包括对迁移请求的解析、运行状态的封装、使用网络服务进行派发、满足容错需求、接受外来 agent、恢复运行等一系列服务;Communication 构件提供一个支撑移动 agent 的协同通信的服务,主要包括基础通信平台和 Ontology 服务两个方面的内容;Security 构件提供一个系统的、良好的安全体系,进行 agent 保护服务、结点保护和网络保护服务.

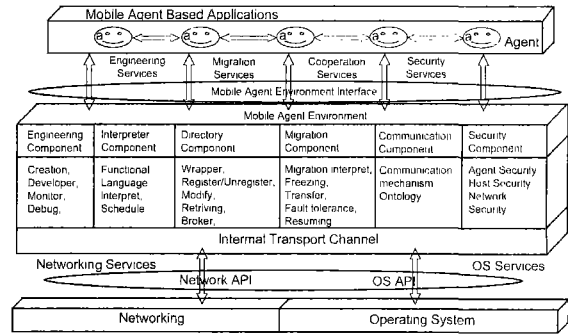


图 2 ND_MATRM 服务与实体视图

3.2.1 ND_MATRM 接口视图

图 3 是阐述各个实体之间的关系、实体内部组成构件之间的关系以及各实体提供的服务的接口的 ND_MATRM 接口视图:由图中可以看出,接口视图从水平和垂直接口两个侧面描述了模型中的各个构件之间的关系.其中,水平接口是处于同层次的软件成份之间的相互协同服务的接口描述,“同层次”主要指两个方面:一是环境中相互协同的同层次的实体之间,如应用系统之间、基础环境之间、应用系统和外部环境之

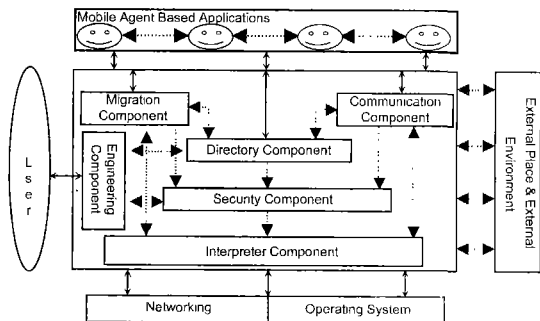


图 3 ND-MATRM 接口视图

间等;其次是指相互协同、共同构成一个实体的构件之间如移动 agent 服务器内部的各个构件之间.在 ND_MATRM 中,水平接口用虚线代表;垂直接口主要描述不同层次间的实体或构件相互提供的服务的接口.在 ND_MATRM 中垂直接口主要体现在移动 agent 环境应用程序编程接口上.在 ND_MATRM 中,水平接口用实线代表.

4 基准模型应用研究

4.1 原型系统研制

Mogent 系统^[5]是南京大学计算机软件新技术国家重点实验室在 ND_MATRM 基础上自主开发的基于 Internet 的移动 agent 系统. Mogent 系统由两部分实体组成: Mogent 和 Place. Mogent 是移动 agent 的模型, Place 是对 Internet 上网络结点的抽象, Place 可以分成四大部分: 移动管理器、运行管理器、通信管理器和安全管理器, 分别提供对 mogent 移动、运行和通信的支持以及安全的保护.

参照 ND_MATRM, Mogent 环境提供了较好的工程构件服务, 提供了较强的迁移支撑、较好的基础通信平台、较为系统的安全体系, 但是鉴于研究方向原因, Mogent 系统在 agent 的协同工作方面还有待加强, 未见目录服务方面的工作.

4.2 代表性系统分析

在移动 agent 系统中, IBM 的 Aglets 系统具有较大的影响, 而 Mitsubishi 的 Concordia 系统则在商业系统中具有优势.

Aglets^[6]是由 IBM 东京实验室开发的基于 Java 移动 agent 系统. Aglets 在设计和实现中, 主要侧重于提供移动 agent 运行支撑中的移动支撑和基本的通信支撑, 其 AgentContext 可相应于 ND_MATRM 中的 Place, 其 Proxy 则对应于通信支撑. 然而, Aglets 对协同的支撑不够全面, 未见目录服务的讨论, 其通信机制也未看出在容错、通信失效等提高通信可靠性方面的工作. 此外, Aglets 的安全支撑也不够全面.

Mitsubishi 的 Concordia^[7]是一个移动 agent 应用开发和管理的架构, 由多个部件组成, 其中 Agent Manager 管理 agent 的生命周期, 提供 agent 移动的通信基础设施; Security Manager 进行用户身份验证和资源访问控制等工作; Event Manager 处理 agent 消息的转发和通知; Queue Manager 则负责 agent 移动的调度以及出错重发; Service Bridge 负责封装外部资源及服务; 目录服务负责 agent 运行期间的各服务需求. Concordia 的特色在于其 Service Bridge 和目录服务. 然而其通信和迁移处理较弱, 未见系统的安全体系. 对比 ND_MATRM, 分析上述系统, 可以清晰了解上述系统之体系结构并给出其特色及不足.

4.2.1 标准化工作比较

移动 agent 环境的基准模型的研究工作时报道, 其中较有影响的是 MAF 和 FIPA 两个模型.

MAF 定义了 agent 系统之间的接口, 未涉及 agent 应用、agent 系统自身的标准化和语言互操作的内容, 由 agent 管理、agent 移动、agent 和 agent 系统的命名以及 agent 系统类型和定位的标准化组成, 实际上是一个在 agent 系统级以上的接口标准化工作.

FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) 在 FIPA Agent

Management Support for Mobility Specification 中给出了 agent 有关移动问题的一个 Ontology, 定义了一些基本概念, 如移动 agent, 移动 agent 系统, 移动 agent 语言等, 对基本的移动功能进行了描述, 讨论了移动 agent 的移动生命周期模型, 给出了支撑 agent 移动的系统最小需求和技术考虑, 比如移动协议、Clone 和 Invocation 等技术.

MAF、FIPA Mobility 和 ND_MATRM 都是在移动 agent 研究领域里针对 agent 的移动特性、移动支撑、系统环境而开展的标准化或者基准模型建设工作, 然而 MAF 侧重于移动 agent 环境之间的互操作问题, 并未给出一个新系统的构造指南; 而 FIPA Mobility 标准则是沿用智能 agent 的思路, 采用给出移动 agent 的迁移 Ontology 的方法来描述和定义一个能够支持 agent 移动的最小功能集合, 试图从语言、通信协议等角度规范一个移动 agent 系统的设计和实现; 而 ND_MATRM 从实体、服务和接口三个方面总结和抽象出了一个实用的移动 agent 系统的基准模型, 相比而言, 内容更具有实用性. 上述三个模型是从不同的角度、不同的层次分别刻画了一个移动 agent 系统的标准化问题, 具有较强的互补性, 应该得到有机的融合.

5 小结

移动 agent 技术是一门新兴的 Internet 技术, 具有非常良好的应用前景, 针对目前移动 agent 研究中缺乏统一的移动 agent 环境基准模型现状, 本文给出了一个基于 Internet 的移动 agent 环境的基准模型 ND_MATRM, 和 MAF 模型和 FIPA Mobility 模型相比, ND_MATRM 模型是一个有力的补充, 具有实用性.

参考文献:

- [1] Dejan Milojevic, Dag Johansen, Dave Kotz, et al. Mobile agent application[J]. IEEE Concurrency, 1999, 7(6): P80-90.
- [2] FIPA. FIPA Agent Management Support for Mobility Specification[DB/OL]. <http://www.fipa.org/specs/fipa00087/>, 2002-5-14/2002-9-10.
- [3] The Object Management Group. The Mobile Agent System Interoperability Facility [DB/OL]. <http://www.omg.org/technology/documents/formal/mobile-agent-facility.htm>, 2002-5-16/2002-9-10.
- [4] U. S. Department of Defense. Technical Architecture Framework for Information Management (TAFIM) [DB/OL]. <http://www.library.itsi.disa.mil/tafim/tafim.html>, 1999/2002-9-10.
- [5] 陶先平. 基于 Internet 的移动 agent 技术及其应用[D]. 南京: 南京大学计算机系, 2001.
- [6] D B Lange, M Oshima, O Mitsuru. Programming and Deploying Mobile Agents With Aglets[M]. Boston MA: Addison-Wesley. 1998.
- [7] Koblick R. Concordia[J]. Comm ACM, 1999, 42(3): 96-97.

作者简介:

陶先平 男, 1970 年生于江苏南京, 博士, 副教授. 研究领域为分布对象技术、软件 agent 技术.

吕建 男, 1960 年生于江苏南京, 博士, 教授, 博导. 研究领域为软件形式化方法、面向对象技术、分布计算技术和构件技术.