

移动 agent 技术

张云勇 刘锦德 编著

博嘉科技 审



清华大学出版社

移动 agent 技术

张云勇 刘锦德 编著

博嘉科技 审

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

移动 agent 的概念是 20 世纪 90 年代初由 General Magic 公司在推出商业系统 Telescript 时提出的。由于其自身所具有的优异特性, 移动 agent 技术已成为继 CORBA、EJB 后, 新一代分布处理的关键技术, 并且在很多新兴领域得到了广泛的应用。

本书是国内较早阐述移动 agent 技术及其应用的著作。作者结合多年研究和教学的经验, 从分布处理的角度出发, 简单扼要地阐述了移动 agent 技术的基本理论和方法。并根据工科院校的特点, 着重介绍了移动 agent 平台 Aglet, 以及基于该平台的协作电子商务系统和实时证券监管系统, 并介绍了移动 agent 互操作性编程、掌上电脑平台上的移动 agent 平台, 还阐述了开放式移动计算技术。本书附带光盘中含有移动 agent 平台 Aglet、Grasshopper (普通平台和掌上电脑平台)、SMI; 智能 agent 平台 LEAP (普通平台和掌上电脑平台)、Grasshopper FIPA 扩展包; KQML 开发包 jKQML 和书中的程序实例。

本书内容全面、叙述清楚, 既可作为研究生和本科高年级的教材, 也可供工程技术人员自学参考之用。

版权所有, 翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售。

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

组稿编辑: 陈克强

文稿编辑: 陶萃渊

封面设计: 付剑飞

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所\清华大学出版社出版发行

开 本: 185×260 印张: 21 字数: 510 千字

版 次: 2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-89494-143-3

印 数: 1~3000

定 价: 37.00 元 (附光盘 1 张)

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

前言

移动 agent 的概念是 20 世纪 90 年代初由 General Magic 公司在推出商业系统 Telescript 时提出的。简单地说, 移动 agent 是一个能在异构网络中自主地从一台主机迁移到另一台主机, 并可与其他 agent 或资源交互的程序, 它实际上是 agent 技术与分布式计算技术的“混血儿”。移动 agent 技术将服务请求 agent 动态地移到服务器端执行, 使此 agent 较少依赖网络传输这一中间环节, 而直接面对要访问的服务器资源, 从而避免了大量数据的网络传送, 降低了系统对网络带宽的依赖; 移动 agent 不需要统一的调度, 由用户创建的 agent 可以异步地在不同节点上运行, 待任务完成后再将结果传送给用户; 为了完成某项任务, 用户可以创建多个 agent, 同时在一个或若干个节点上运行, 形成并行求解的能力。此外, 它还具有自治性和智能路由等特性。

移动 agent 技术是 CORBA、EJB 后新一代分布处理的关键技术, 鉴于其众多的优点, 它已经在很多新兴领域得到广泛的应用。

综观全书, 本书有如下特点:

入门要求不高 本书介绍了 agent 最基本的知识及 JDBC、Servlet、J2ME、PersonalJava 和 Java 安全性编程基础。读者只须具有最基本的 Java 编程知识。

完整性好 本书采用移动 agent 技术实现了一个完整的电子商务协作信息系统, 包括供货、购货、信息查询、信息发布及系统设置等等。另外, 还实现了实时证券监管系统和掌上电脑上专用的证券交易、监管、系统配制系统。在附录中介绍了完整的 Aglet API 包、Grasshopper 包、Grasshopper FIPA 扩展包、SMI 包、LEAP 包和 jKQML 包类层次及接口层次。同时, 在每章之后都附有习题, 这对读者的学习将有很大的帮助。

概括性高 本书每章的标题就是对该章内容的高度概括, 在接下来的内容中对其进行解释尽可能做到准确、详实。

实用性 本书紧密结合应用, 除了重点阐述协作信息电子商务系统和实时证券监管系统外, 还给出了多领域的应用开发模式, 具有很强的实用性。另外, 通过掌上电脑、手机等移动终端上移动 agent 编程, 也使读者对 J2ME 技术有所了解。

技术先进 本书对移动 agent 互操作性编程、中间件理论及开放式移动计算技术作了阐述, 这些技术都是目前分布式计算、移动网络研究的热点。

本书由浅入深循序渐进。第 1 章到第 5 章为移动 agent 理论及其基础知识介绍, 其中很多结论、体系结构凝聚了作者多年研究的心血; 第 6 章为一个移动 agent 开发平台 Aglet 编程开发的详细介绍; 第 7 章和第 8 章为基于 Aglet 的实际系统——协作电子商务系统和实时证券监管系统的完整介绍, 经过这两章的学习, 读者可以自己开发实用系统; 第 9 章到第 12 章为锦上添花, 在介绍配套产品 jKQML 的开发过程的基础上, 重点阐述了移动 agent 在其他领域的开发和应用模式, 还介绍了掌上电脑上移动 agent 开发和移动 agent 互操作性编程, 读者可以实际开发这些系统, 第 13 章对开放式移动计算技术进行了阐述和

展望。

本书在编写过程中,得到博嘉科技资讯有限公司王松先生的热情帮助,在此表示感谢。参与本书编写的还有:成都电子科技大学开放系统与中间件技术研究室的谭浩教授、秦志光教授、胡健教授、熊光泽教授、郭维娜老师、中国联通技术部总经理张智江先生和客服部总经理艾波先生、江苏恒力集团的张云松先生以及张秀琴、蔡桂芳、张岚凤、封慧丽、许明容女士、蔡万和、张锦林、韦吉尧、蔡学荣、平春林先生等。感谢电子科技大学选修《移动计算技术》、《软件开发环境》和《开放系统与中间件技术》课程的广大博士和硕士研究生提出的若干宝贵意见。

由于编者水平有限,加之分布处理技术的飞速发展,书中难免存在缺点,恳请广大读者和专家批评指正。欢迎与我们联系, E-mail: bojiakeji@163.net。

作 者
2003 年 6 月



张云勇,2003 年博士毕业于电子科技大学计算机学院,目前在中国联通总部从事博士后研究工作,主要研究方向为下一代网络、移动 agent,现已在国内外重要刊物和学术会议上发表论文 30 余篇,出版论著一部,完成多项总装备部基金、高校博士点基金和青年科学基金等项目。



刘锦德，教授、博导，U.C. Berkeley EECS 客座研究员，享受国家特殊津贴专家，全国优秀科技工作者。1957 年至今一直从事计算机领域的教学和科研工作，曾为中国电子工业的发展，特别是在微处理器、UNIX 系统、工程工作站和中间件的开发方面，做出过杰出的贡献。现任中国计算机学会理事和四川省计算机学会高级顾问，四川省软件行业协会理事长。主持过多项国家和国防重点科技攻关项目，先后获国家科技进步奖 5 次，国防科技进步奖 1 次。出版著作 5 种，1990 年以来在国内外学术刊物和会议上发表论文 200 余篇。

目 录

第 1 章 软件 agent 技术概述	1
1.1 软件 agent 起源	2
1.2 概念、特性及分类	2
1.2.1 软件 agent 的定义	2
1.2.2 软件 agent 的特性	3
1.2.3 软件 agent 的分类	4
1.3 典型软件 agent 的体系结构	5
1.4 软件 agent 的适用领域	6
1.5 软件 agent 技术的标准化	6
习题	7
第 2 章 移动 agent 技术简析	8
2.1 移动 agent 简介	9
2.2 移动 agent 系统结构及其关键技术	9
2.2.1 移动 agent 系统结构	9
2.2.2 关键技术	11
2.3 移动 agent 的安全性	13
2.3.1 移动 agent 通信的安全保护	14
2.3.2 保护主机	14
2.3.3 保护移动 agent	14
2.4 移动 agent 标准化组织及其规范	15
2.5 典型系统评价	15
2.5.1 General Magic 公司的 Telescript	16
2.5.2 IBM 公司的 Aglet	16
2.5.3 IKV++ 的 Grasshopper	17
2.6 移动 agent 的开发	17
2.7 小结和展望	18
习题	18
第 3 章 移动 agent 互操作性	19
3.1 什么是 agent	20
3.2 MASIF 及其相关规范	20

3.2.1 互操作性的概念及 MASIF 术语	20
3.2.2 互操作性的要求	21
3.3 MASIF-addon 插件的框架结构	22
3.3.1 agency	22
3.3.2 注册组件	23
3.4 MASIF 插件的具体实现	23
3.5 MASIF addon 的 FIPA 扩展	25
3.6 实例与小结	26
习题	27
第 4 章 agent 方法学	28
4.1 agent 主体的特性	29
4.2 面向对象方法的扩展	30
4.2.1 优点	30
4.2.2 单纯面向对象方法的缺点	30
4.2.3 现有的扩展	30
4.3 基于知识工程方法的扩展	31
4.3.1 可行性和局限性	31
4.3.2 现有扩展	32
4.4 规范化方法的一些进展	32
习题	34
第 5 章 公共 agent 请求代理体系结构	35
5.1 新一代开放系统	36
5.2 公共 agent 请求代理体系结构 (CARBA)	37
5.2.1 agent 请求代理 ARB	37
5.2.2 agent 公共设施 and 领域接口	38
5.2.3 agent 服务	38
5.2.4 agent 请求/服务	39
5.3 新一代开放系统智能协作性	39
5.3.1 基于 ACL 的方案	39
5.3.2 基于 IDL/ACL 网关的方案	40
5.4 CARBA 高可用服务	40
5.4.1 容错服务	40
5.4.2 QoS 服务	41
5.4.3 负载均衡服务	41
5.5 实例与小结	41

习题	42
第 6 章 移动 agent 平台 Aglet.....	43
6.1 Aglet 概述	44
6.1.1 Aglet 系统框架	44
6.1.2 Aglet 对象模型 (生命周期)	45
6.1.3 Aglet Workbench 及 Aglet 软件包	45
6.1.4 Aglet 中的设计样式	46
6.1.5 范例说明	48
6.1.6 Aglet 安全性	49
6.1.7 互操作性	50
6.2 Aglet 的安装、配置和运行	51
6.2.1 Aglet 的安装、配置	51
6.2.2 服务的启动	52
6.2.3 Tahiti 界面介绍	54
6.2.4 Finder 服务	58
6.2.5 程序的编写、编译和执行步骤	59
6.2.6 疑难问题解答	60
习题	61
第 7 章 基于移动 agent 的 B2B 协作电子商务系统.....	62
7.1 概述	63
7.1.1 电子商务系统模型 B-CISOM	63
7.1.2 基于移动 agent 的协作信息中间件 CISOM	63
7.1.3 CISOM 的设计与实现	65
7.1.4 基于 CISOM 的 B2B 协作电子商务系统 B-CISOM	66
7.1.5 实验与小结	68
7.2 CISOM 的具体实现	70
7.2.1 Servlet	70
7.2.2 JDBC	73
7.2.3 CISOM 的设计	76
7.2.4 系统安装与运行	117
习题	120
第 8 章 基于移动 agent 的实时证券监管系统.....	121
8.1 系统组成	122
8.2 系统特性	123

8.3	软件模块结构	124
8.4	各子系统的系统设计	124
8.4.1	营业部子系统	124
8.4.2	证券监管中心子系统	126
8.4.3	移动 agent 子系统	130
	习题	132
第 9 章	移动 agent 的应用	133
9.1	移动 agent 的优点及其应用	134
9.1.1	移动 agent 的主要优点	134
9.1.2	移动 agent 的应用范围	135
9.2	移动 agent 在主动网络中的应用	136
9.2.1	主动网络	136
9.2.2	主动网络的实施	136
9.2.3	移动 agent 及其与主动网络的相关性	137
9.2.4	基于移动 agent 的主动网络框架	138
9.2.5	实验和小结	140
9.3	移动 agent 在 QoS 中的应用	141
9.3.1	IP Qos	141
9.3.2	QoS 管理	143
9.3.3	基于移动 agent 的 QoS 管理框架	143
9.3.4	利用隧道 agent 解决隧道问题	145
9.3.5	实验与小结	147
9.4	移动 agent 在安全中的应用	148
9.4.1	入侵检测系统 IDS	148
9.4.2	传统的入侵检测系统	148
9.4.3	基于移动 agent 的入侵检测模型	149
9.4.4	MABDIDS 实现的关键技术及解决方案	152
9.5	移动 agent 在数学中的应用	153
9.5.1	线性规划的求解	153
9.5.2	整数线性规划的分枝定界算法	154
9.5.3	agent 及 agent 模型	156
9.5.4	基于 agent 的整数线性规划方案	156
9.5.5	小结	157
9.6	移动 agent 在网络管理中的应用	157
9.6.1	网络管理方案	157
9.6.2	移动 agent	158

9.6.3 使用移动 agent 的网络管理结构模型.....	158
9.6.4 被管节点的结构模型.....	159
9.6.5 性能分析.....	161
9.6.6 小结.....	162
9.7 移动 agent 在信息服务中的应用.....	162
9.7.1 基于移动 agent 的 Web 服务.....	162
9.7.2 信息搜寻工作流程.....	163
9.8 移动 agent 在 CSCW 中的应用.....	163
9.8.1 CSCW 与 agent.....	164
9.8.2 基于 agent 的 CSCW 系统.....	164
9.8.3 小结.....	165
习题.....	165
第 10 章 KQML 及其编程.....	166
10.1 KQML 简介.....	167
10.2 KQML 语言结构分析.....	167
10.2.1 KQML 是层次结构型语言.....	167
10.2.2 KQML 的语法.....	168
10.3 基于 KQML 的 agent 通信体系结构.....	169
10.4 jKQML 及其编程.....	170
10.4.1 jKQML 的组成.....	170
10.4.2 jKQML 的主要函数.....	170
习题.....	184
第 11 章 移动终端上的 agent 程序设计.....	185
11.1 系统概貌.....	186
11.1.1 证券交易子系统.....	186
11.1.2 证券监管子系统.....	187
11.1.3 系统配置子系统.....	187
11.2 证券交易监管系统的数据流程.....	187
11.2.1 证券交易子系统的数据流程.....	187
11.2.2 证券监管子系统的数据流程.....	188
11.2.3 系统配置子系统的数据流程.....	189
11.3 证券监管子系统设计与实现.....	189
11.3.1 数据库设计.....	189
11.3.2 创建数据库表.....	190
11.3.3 建立数据源.....	191

11.4	监管子系统程序设计	193
11.4.1	Grasshopper 简介	193
11.4.2	移动 agent 模块	195
11.4.3	违规数据分析	204
11.5	系统配置子系统程序设计	212
11.5.1	设置界面程序	212
11.5.2	LEAP 服务端模块	216
11.5.3	LEAP 客户端模块	220
习题		222
第 12 章	移动 agent 互操作性编程	223
12.1	J2ME 证券交易客户端设计	224
12.1.1	J2ME 介绍	224
12.1.2	用户名密码验证界面的实现	230
12.1.3	网络连接及安全的实现	231
12.1.4	主要文件分析	235
12.2	后台 servlet 设计	244
12.2.1	安全认证 servlet	244
12.2.2	交易 servlet	246
12.3	互操作中间件设计	249
12.3.1	移动 agent 系统互操作中间件	250
12.3.2	移动 agent 系统/智能 agent 互操作中间件	259
12.4	证券交易子系统运行总步骤	269
习题		270
第 13 章	移动 agent 开放式计算研究	271
13.1	研究背景和意义	272
13.1.1	无线、移动网络的发展	272
13.1.2	信息组织模式的发展	273
13.1.3	移动计算的规模向着大规模的分布式系统发展	273
13.2	研究方向和现状	274
13.2.1	中间件方案	274
13.2.2	移动 agent 方案	277
13.2.3	专用协议方案	277
13.3	开放系统中的移动性	277
13.3.1	开放系统环境的特点	277
13.3.2	开放系统及其互操作性	279

13.4 面向移动性开放系统的实现方案.....	280
13.4.1 相关技术.....	280
13.4.2 概念模型.....	282
13.5 移动 agent 开放式计算的未来.....	283
习题.....	283
附录 1 常见移动 agent 平台.....	284
附录 2 Aglet 类层次及接口层次.....	289
附录 3 jKQML 类层次及接口层次.....	292
附录 4 Grasshopper 类层次及接口层次.....	298
附录 5 SMI 类层次及接口层次.....	302
附录 6 FIPA 类层次及接口层次.....	308
附录 7 LEAP 类层次及接口层次.....	311
附录 8 常用资源链接与名词术语.....	313
附录 9 本书配套光盘使用说明.....	315
参考文献.....	323

第1章

软件 agent 技术概述

主要内容

- ☐ 软件 agent 起源
- ☐ 概念
- ☐ 特性
- ☐ 分类
- ☐ 体系结构
- ☐ 应用领域
- ☐ 标准化

本章介绍软件 agent 的起源、概念、特性、分类、体系结构、应用领域和标准化等内容。通过本章的学习，读者应该知道软件 agent 的产生背景、框架结构及其应用领域。

1.1 软件 agent 起源

进入 20 世纪 90 年代以来,在各种计算机文献和众多公司的技术发展规划中,软件 agent 正日渐成为使用频率最高的词汇之一。很多人想了解究竟什么是软件 agent 技术以及它有哪些用处。这里对软件 agent 技术的发展做一个简要的阐述。

智能软件 agent 技术的诞生和发展是人工智能技术 (AI) 和网络技术发展的必然结果。从 20 世纪 60 年代起,传统的 AI 技术开始致力于对知识表达、推理、机器学习等技术的研究,其主要成果是专家系统。专家系统把专业领域知识与推理有机地组合在一起,为应用程序的智能化提供了一个低级而实用的解决办法。作为人工智能的一个分支,AI 计划理论的研究成果使应用程序有了初步的面向目标和特征,即应用程序具有了某种意义上的主动性;而人工智能的另一个分支——决策理论和方法,则使应用程序具有了自主判断和选择行为的能力。人工智能围绕着知识所进行的广泛研究和应用正逐步形成一门新的学科,这就是知识工程,它涉及知识的获取、存储和管理等许多课题。所有这些技术的发展加快了应用程序智能化的进程。

随着网络技术的发展,多个应用程序间相互作用的模式正从单一的集成式系统向分布式系统演化。一个在物理上和地理上分布的应用程序之间通信与合作的网络底层基础结构正逐渐建立起来。分布式对象技术 (如 CORBA 或 DCOM 技术) 则进一步使分布与异构的应用程序之间能以一种共同的方式提供和获得服务,实现了在分布式状态下的“软”集成。

智能化和网络化的发展促成了软件 agent 技术的发展,软件 agent 技术正是为解决复杂、动态、分布式智能应用而提供的一种新的计算手段。许多专家信心十足地称:软件 agent 技术将成为 21 世纪软件技术发展的又一次革命。

1.2 概念、特性及分类

1.2.1 软件 agent 的定义

agent 一词直译为“代理”,也有人把它翻译为“智能代理”,广义上它是指具有智能的任何实体,包括人类、智能硬件 (如机器人) 和智能软件。

agent 思想的诞生可归功于 John McCarthy 在 20 世纪 50 年代末提出的 The Advice Taker 系统,该系统被设想为具有目标性,系统内实体间用人类的术语进行交流,它们从用户利益来考虑从事各种任务。到目前为止,许多研究者提出了各自对 agent 的定义,但至今没

有一个被大多数人认可的统一的 agent 定义, 不同研究领域的学者考虑各自领域的技术特点。对 agent 给出的典型定义大致有两种。

- agent 是驻留于环境中的实体, 它可以解释从环境中获得的、反映环境中所发生事件的数据, 并执行对环境产生影响的行为。

这一定义出自 FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agent), 它是一个致力于 agent 技术标准化的组织。在这个定义中, agent 被看作是一种在环境中“生存”的实体, 它既可以是硬件 (如机器人), 也可以是软件。

而软件 agent 的研究者则对 agent 进行了如下定义:

- 智能软件 agent 是能为用户执行特定的任务、具有一定程度的智能、以允许自主执行部分任务并以一种合适的方式与环境相互作用的软件程序。

在更多的应用领域中, 研究者把凡是具有智能行为和交互特征的分布式实体都称为 agent。在这种假设下, 人类、机器人、智能嵌入式设备、计算机或智能软件程序都可以是 agent。而对其他一些研究者来说, agent 只代表具有自主性的分布式智能软件。

1.2.2 软件 agent 的特性

从 agent 的定义可以知道, agent 首先是智能的, 它应对环境有响应性、自主性和主动性等; 同时, agent 是具有社会性的。智能软件 agent 的属性如图 1-1 所示。下面对这些属性进行解释。



图 1-1 智能 agent 的属性

- 自主性 (Autonomy): 一个 agent 能在没有与环境的相互作用或来自环境的命令的情况下自主执行任务。这是 agent 区别于普通软件程序的基本属性。
- 响应性 (Reactivity): agent 必须对来自环境的影响和信息做出适当的响应。
- 主动性/面向目标 (Proactivity/Goal oriented): agent 不仅对环境变化做出反应, 而且在特定情况下采取主动行动, 这种自身采取主动的能力需要 agent 有严格定义的目标。
- 推理/学习/自适应能力 (Learning/Adaptation): agent 的智能由三个主要部件来完成, 即内部知识库、学习或自适应能力以及基于知识库内容的推理能力。
- 可移动性 (Mobility): 一个 agent 在计算机网络中漫游的能力。