



中国计算机学会
学术著作丛书

石纯一 张伟 著

基于Agent的计算



清华大学出版社



中国计算机学会
学术著作丛书

石纯一 张伟 著

基于Agent的计算

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

基于 Agent 的计算,或者说 Agent 理论与技术,是人工智能学科的一个分支,涉及 Agent 和多 Agent 系统的理论与技术。Agent 作为一种新颖的知识表示方法和问题求解方法,已受到普遍的关注。Agent 已在工作流管理、信息检索与管理、电子商务、工业系统管理、太空船控制等诸多领域得到应用。

本书介绍了个体和群体 Agent 的各种模型、多种合作求解方法以及多 Agent 系统。主要内容是作者十多年来有关 Agent 研究的汇集,也体现了十多年来国际上有关 Agent 研究的主要进展,是对 Agent 有兴趣的读者的一本有用的读物。

本书可以作为大专院校计算机及信息技术等专业的研究生教材,也可供从事人工智能研究的科研人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

基于 Agent 的计算/石纯一,张伟著. —北京:清华大学出版社,2007.5

(中国计算机学会学术著作丛书)

ISBN 978-7-302-12800-7

I. 基… II. ①石… ②张… III. 软件工具—程序设计 IV. TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 037482 号

责任编辑: 赵彤伟

责任校对: 刘玉霞

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机: 010-62770175 邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015 客户服务: 010-62776969

印 刷 者: 北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 175×245 印 张: 36.5 字 数: 716 千字

版 次: 2007 年 5 月第 1 版 印 次: 2007 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 69.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 019282-01



序

Foreword

第

一台电子计算机诞生于 20 世纪 40 年代。到目前为止，计算机的发展已远远超出了其创始者的想像。计算机的处理能力越来越强，应用面越来越广，应用领域也从单纯的科学计算渗透到社会生活的方方面面：从工业、国防、医疗、教育、娱乐直至人们的日常生活，计算机的影响可谓无处不在。

计算机之所以能取得上述地位并成为全球最具活力的产业，原因在于其高速的计算能力、庞大的存储能力以及友好灵活的用户界面。而这些新技术及其应用有赖于研究人员多年不懈的努力。学术研究是应用研究的基础，也是技术发展的动力。

自 1992 年起，清华大学出版社与广西科学技术出版社为促进我国计算机科学技术与产业的发展，推动计算机科技著作的出版，设立了“计算机学术著作出版基金”，并将资助出版的著作列为中国计算机学会的学术著作丛书。时至今日，本套丛书已出版学术专著近 50 种，产生了很好的社会影响，有的专著具有很高的学术水平，有的则奠定了一类学术研究的基础。中国计算机学会一直将学术著作的出版作为学会的一项主要工作。本届理事会将秉承

这一传统,继续大力支持本套丛书的出版,鼓励科技工作者写出更多的优秀学术著作,多出好书,多出精品,为提高我国的知识创新和技术创新能力,促进计算机科学技术的发展和进步做出更大的贡献。

中国计算机学会

2002年6月14日

前言

Preface

Agent 和多 Agent 系统(MAS)已在工作流和业务过程管理、信息检索和管理、电子商务、虚拟环境、社会仿真、工业系统管理、太空船控制和航空运输控制等领域得到了应用。新出现的面向 Agent 的程序设计和软件 Agent,为 Agent 的进一步应用提供了软件支持。Agent 理论与技术能否为人工智能研究和应用带来希望,是学者们十分关心的。

著者从 1989 年起,开始了分布式人工智能的研究,逐渐引申到 Agent 和 MAS 的讨论,建立了 Agent/MAS 课题组,开展 Agent 思维状态模型、Agent 社会性形式语义、群体 Agent 以及 Agent 合作求解机制的研究。从 1988 年至 2004 年先后完成了国家“攀登”计划、国家“863”计划和国家自然科学基金课题 10 项。本书是课题组集体研究成果的汇集,是 10 多年来工作的总结。书中除第 1 章是对 Agent 的一般性介绍外,第 2 章至第 13 章都是在课题组工作的基础上写就的。先后参与课题组研究工作的有胡蓬、王学军、罗翊、康小强、马光伟、徐晋晖、李毅、王一川、张伟、曹子宁、张双民、金萍和张新良十三位博士,另外福州大学的胡山立教授、江苏大学的程显毅教授、哈尔滨师范大



学的董红斌教授和三峡大学的吴元斌副教授也为课题组的工作做出了贡献。本书最终由烟台大学的张伟教授整理定稿。

在我国计算机学术界著名学者陆汝钐先生的支持下,本书获得中国计算机学会学术著作出版基金的资助,对此深表谢意。

书中一些观点和见解一定会有不少不准确甚至不妥之处,请读者批评指正。

石纯一

2005年1月于清华园

目 录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 对基于 Agent 的计算的认识	1
1.2 基于 Agent 的计算研究进展	3
1.2.1 基于 Agent 计算的思维状态模型	4
1.2.2 多 Agent 协调、协商与合作求解	11
1.2.3 Agent 组织	16
1.2.4 MAS 的社会性	21
1.2.5 多 Agent 形式语义方法	23
1.2.6 MAS 拍卖	25
1.2.7 面向 Agent 的程序设计语言	29
1.2.8 测试床与应用系统	34
1.3 本书各章的组织	37
第 2 章 个体 Agent 模型	43
2.1 概述	43
2.2 Agent 的 BDI 模型	45
2.2.1 语法定义	45
2.2.2 语义模型	46
2.2.3 语义解释	47
2.2.4 信念、愿望和意图	48
2.2.5 动态 BDI 模型	53

2.3	Agent 的 BDI 效用模型	55
2.3.1	直观分析	55
2.3.2	语言和语法	56
2.3.3	语义	57
2.3.4	模型性质公理	60
2.3.5	BEL, GOAL 和 INTEND 关系公理	60
2.3.6	模型实现分析	61
2.4	并发 Agent 的模型	63
2.4.1	语法	63
2.4.2	语义模型	64
2.4.3	模型基本性质	67
2.4.4	举例	68
2.5	并发 Agent 的操作模型	69
2.5.1	π -演算	69
2.5.2	直观含义	70
2.5.3	模型定义	70
2.5.4	并发 Agent 内核语言	75
2.5.5	举例	77
2.6	小结	80
第3章	群体 Agent 的社会模型	83
3.1	概述	83
3.2	社会 Agent 的 BDO 模型	87
3.2.1	MAS 的分层模型	87
3.2.2	承诺、意图和义务	87
3.2.3	语法定义	88
3.2.4	语义模型	90
3.2.5	基本性质	92
3.2.6	群体现象	95
3.2.7	举例	95
3.2.8	模型对比分析	96
3.3	计算 Agent 的社会模型	98
3.3.1	模型	98
3.3.2	重构	102
3.4	BDO Agent 和 MAS 结构设计	106

3.4.1	分析	106
3.4.2	MAS 的概念层次	107
3.4.3	BDO Agent 结构	109
3.4.4	BDO Script 和 Robocup 的部分描述	111
3.5	小结	113
第 4 章	多 Agent 系统协商方法	115
4.1	概述	115
4.2	MAS 的一种动态行为	118
4.2.1	收益函数与理性假设	119
4.2.2	Agent 的理性与系统行为	121
4.2.3	最小理性假设下的系统行为	122
4.2.4	分离理性假设下的系统行为	122
4.2.5	惟一理性假设下的系统行为	124
4.2.6	举例	124
4.3	多 Agent 协商算法	125
4.3.1	Agent 的意图与 Pareto* 理性	127
4.3.2	多 Agent 协商算法	134
4.3.3	举例	142
4.4	多 Agent 多遇学习协调方法	145
4.4.1	Nash 平衡	147
4.4.2	0 历史学习方法	149
4.4.3	1 历史学习方法	152
4.4.4	∞ 历史学习方法	154
4.4.5	δ 历史学习方法	158
4.5	小结	160
第 5 章	Agent 对抗	163
5.1	概述	163
5.2	基于 BDI 的对手模型	166
5.2.1	对手模型	167
5.2.2	跟踪算法	168
5.2.3	算法分析	170
5.2.4	算法推广	171
5.2.5	实验分析	172

5.3	个体对抗	174
5.3.1	Agent 通信	174
5.3.2	KQML 的语义	176
5.3.3	基于对手模型的协商算法	179
5.3.4	基于对手模型的欺骗算法	180
5.3.5	对抗策略	185
5.3.6	实验分析	185
5.4	群体对抗	186
5.4.1	群体意图的表示	187
5.4.2	群体意图的生成与执行过程	189
5.4.3	群体意图跟踪算法	191
5.4.4	实验分析	194
5.5	小结	196
第6章	多 Agent 系统的语义模型	199
6.1	概述	199
6.2	Agent 组织形成的形式描述和语义	202
6.2.1	化学抽象机	202
6.2.2	Agent 组织结构的设计	203
6.2.3	Agent 组织结构设计的形式描述	204
6.2.4	Agent 组织结构设计过程的形式语义	206
6.3	受限 AGENT0 的操作语义	208
6.3.1	AGENT0 语言	208
6.3.2	约定和假设	209
6.3.3	基于 π -演算的受限 AGENT0 操作语义	210
6.3.4	受限 AGENT0 的 CAM 语义	214
6.3.5	讨论	216
6.4	多 Agent 信念逻辑的 Aumann 语义	216
6.4.1	MBL 的 Kripke 语义与广义 Aumann 语义	216
6.4.2	MPBL 及概率 Aumann 语义	221
6.5	概率信念逻辑的概率模态语义及完备性	227
6.5.1	正规概率模态语义	227
6.5.2	PBL _o 的概率模态语义及完备性	229
6.5.3	PBL _r 的概率模态语义及弱完备性	234
6.6	多 Agent 系统形式规范中的进程演算	239

6.6.1 基于内部选择的 CCS 系统及弱互模拟的同余性	239
6.6.2 基于并行动作的 π -演算及强互模拟的同余性	247
6.6.3 传递知识的进程演算	259
6.7 小结	264
第 7 章 Agent 的个性模型	265
7.1 概述	265
7.2 个性的定义	266
7.3 具有个性的 Agent 结构	267
7.3.1 结构描述	267
7.3.2 目标实现机制	268
7.4 交互与组织	270
7.4.1 交互	270
7.4.2 组织	270
7.5 具有个性的行为网络	271
7.5.1 行为网络描述	271
7.5.2 活性传播计算	272
7.5.3 活动选择	273
7.6 小结	273
第 8 章 Agent 组织与联盟	275
8.1 概述	275
8.2 基于思维状态传递的组织表示	277
8.2.1 利用思维传递函数描述 Agent 关系	277
8.2.2 组织描述	279
8.2.3 组织表示的应用	280
8.3 Agent 组织的递归模型	281
8.3.1 Agent 组织结构的递归模型	282
8.3.2 模型分析	283
8.3.3 Agent 组织的形成	286
8.3.4 用递归模型描述 Agent 组织	286
8.4 一种基于 π -演算的 Agent 组织模型	288
8.4.1 角色和组织框架	289
8.4.2 组织形成过程举例	292
8.4.3 组织动作的思维状态效果	294

8.4.4	实验分析和算法实现	295
8.4.5	讨论	297
8.5	Agent 组织的承诺机制	298
8.5.1	多 Agent 系统的承诺	298
8.5.2	Agent 组织的承诺关系	299
8.5.3	承诺的语法和语义	300
8.5.4	承诺的性质	302
8.5.5	基于承诺的组织形成	303
8.5.6	举例	305
8.6	面向结构的组织形成	306
8.6.1	组织描述框架	306
8.6.2	面向结构的 Agent 组织形成方法	308
8.6.3	举例	312
8.7	联盟演化机制	313
8.7.1	问题的描述与分析	313
8.7.2	联盟等价性	314
8.7.3	联盟演化	315
8.7.4	基于组织论的演化机制	317
8.8	小结	319
第 9 章	Agent 社会	321
9.1	概述	321
9.2	基于信念-愿望-意图和效用的社会承诺机制	324
9.2.1	基本框架	324
9.2.2	社会承诺的决策和通信机制	326
9.2.3	社会承诺过程	328
9.2.4	举例	331
9.3	基于市场模型的 MAS 社会规范	331
9.3.1	Coleman 的社会理论	332
9.3.2	规范的定义	335
9.3.3	权利分配、规范的制定和废除	337
9.3.4	对称利益形势下的共同禁止规范	339
9.3.5	举例	340
9.4	Agent 行为规范	343
9.4.1	一种行为规范框架	343

9.4.2	基于人工神经网络的规范机制	345
9.4.3	规范效益与应用分类	348
9.4.4	实验分析	349
9.5	小结	351
第 10 章	多 Agent 系统拍卖方法	353
10.1	概述	353
10.2	一种拍卖模型	358
10.2.1	模型	358
10.2.2	拍卖方法的评价标准	359
10.3	一种边际效用递减的组合拍卖求解算法	360
10.3.1	组合拍卖模型	361
10.3.2	物品分配算法	362
10.3.3	基于多物品不可转移检查算法的分析	365
10.4	一种多属性拍卖方法	366
10.4.1	多属性拍卖模型	367
10.4.2	多属性拍卖 MAV	367
10.4.3	MAV 的评价	371
10.5	小结	373
第 11 章	多 Agent 系统合作求解方法	375
11.1	概述	375
11.2	基于 BDI 的多 Agent 交互	379
11.2.1	语法定义	379
11.2.2	语义模型	380
11.2.3	语义解释	381
11.2.4	单 Agent 间的 BDI	382
11.2.5	社会承诺和联合意图	384
11.2.6	合作的形成过程	387
11.3	多 Agent 系统的一种合作机制	389
11.3.1	面向任务域 TOD*	389
11.3.2	测试床结构和交互流程	390
11.3.3	合作交互策略	391
11.3.4	实验分析	394
11.4	群体 Agent 合作求解的逻辑模型	396

11.4.1	语法和语义模型	397
11.4.2	公理	399
11.4.3	群体 Agent 合作求解过程	400
11.4.4	举例	404
11.5	群体 Agent 合作策略的表示与评估	406
11.5.1	基于影响图的群体 Agent 合作求解模型	406
11.5.2	情景演算语言——ConGolog	408
11.5.3	评估算法	409
11.5.4	举例	412
11.5.5	讨论	413
11.6	小结	415
第 12 章	多 Agent 学习	417
12.1	概述	417
12.2	多 Agent Markov 对策中的再励学习	421
12.2.1	再励学习与 Markov 对策	421
12.2.2	多 Agent Markov 对策再励学习算法	423
12.2.3	学习算法的收敛性	424
12.2.4	实验分析	426
12.3	Agent 组织规则的再励学习	428
12.3.1	组织规则学习环境与算法	428
12.3.2	算法改进	431
12.3.3	实验分析	433
12.4	一种基于角色跟踪的群体 Agent 再励学习	434
12.4.1	群体 Agent 学习模型	434
12.4.2	基于角色跟踪的再励学习算法	436
12.4.3	再励学习算法的评价标准	437
12.4.4	实验分析	438
12.5	一种基于特征向量提取的 FMDP 模型求解方法	440
12.5.1	FMDP 模型和线性规划	440
12.5.2	状态特征向量	442
12.5.3	线性规划的近似求解	443
12.5.4	举例	446
12.5.5	基于状态特征向量的再励学习算法	447
12.5.6	实验分析	449



12.6	小结	451
第 13 章	Agent 平台与测试床	453
13.1	概述	453
13.2	多 Agent 动态交互测试床	456
13.2.1	多 Agent 篇章理解	456
13.2.2	类市场体系结构	457
13.2.3	TUMIT 的类自由市场体系结构	458
13.2.4	理论框架与算法	463
13.2.5	实验分析	469
13.2.6	TUMIT 分析	473
13.3	交易市场测试床	475
13.3.1	信息物品分析	475
13.3.2	iMarket 测试床	477
13.3.3	实验分析	480
13.3.4	买方合作竞标实验	483
13.4	多 Agent 系统实验环境	485
13.4.1	MAS/TH-4 的系统结构	485
13.4.2	虚拟分布计算环境 VDCE	486
13.4.3	资源管理 Agent 和通信管理 Agent	492
13.4.4	多 Agent 篇章理解系统	493
13.5	测试床 TH-Soccer 和 MAS/TH-5	498
13.5.1	TH-Soccer 测试床	498
13.5.2	MAS/TH-5 测试床	501
13.6	小结	508
第 14 章	Agent 技术应用	511
14.1	概述	511
14.2	工业生产中的 Agent	516
14.2.1	Agent 技术应用的共同问题	516
14.2.2	产品设计 Agent	517
14.2.3	计划与日程安排 Agent	519
14.3	信息检索和管理 Agent	520
14.3.1	个人信息 Agent	520
14.3.2	Web Agent	521

14.3.3 多 Agent 信息检索系统	522
14.4 Agent 技术的适用性	523
14.5 小结	525
参考文献	527
附录 Robocup 的部分描述	565