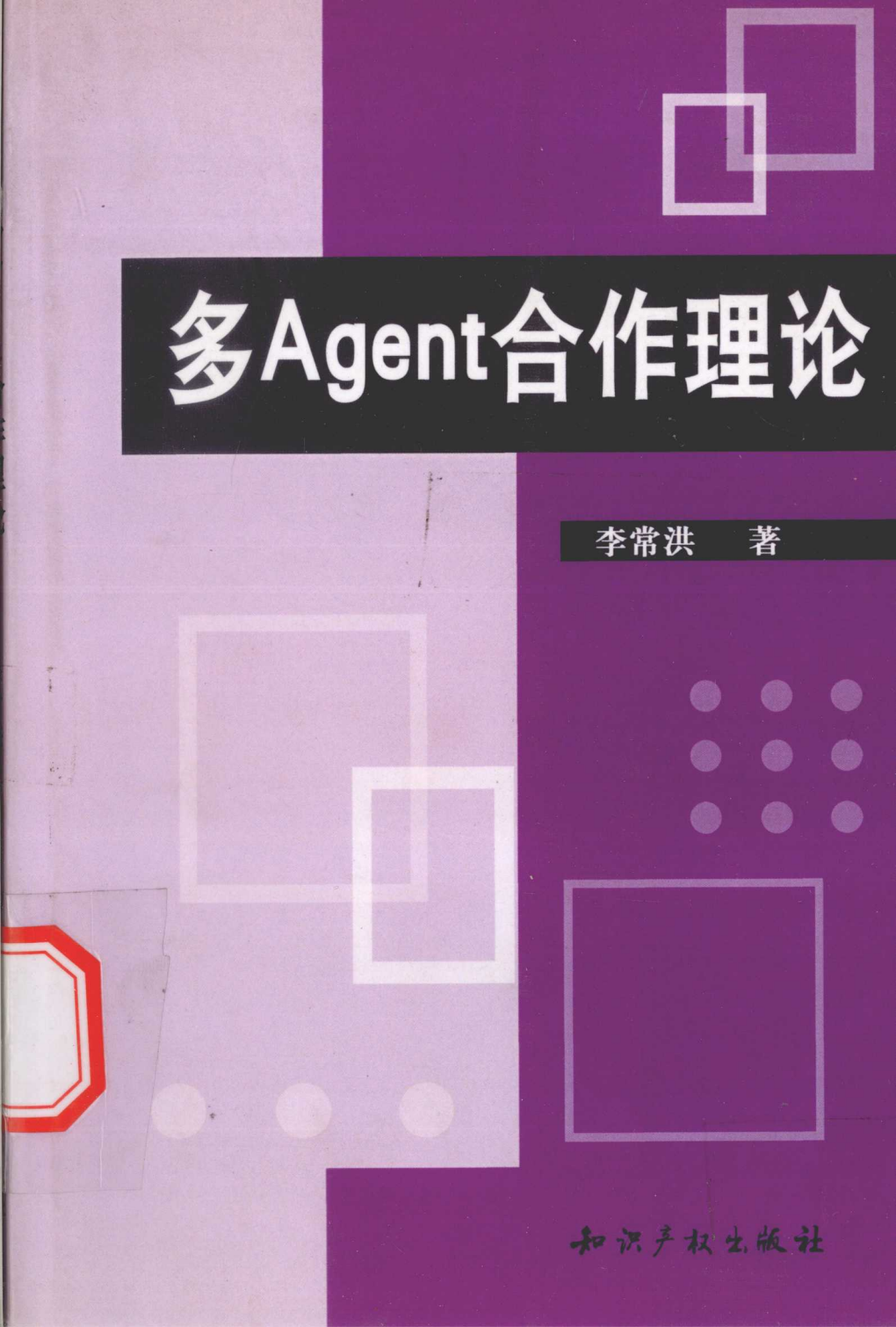




多Agent合作理论

李常洪 著

知识产权出版社

多 Agent 合作理论

Multi - agent Cooperation Theory

李常洪 著

知识产权出版社

图书在版编目(CIP)数据

多 Agent 合作理论/李常洪著. —北京:知识产权出版社,2005.4

ISBN 7-80198-086-7/D·250

I. 多... II. 李... III. 代理(经济)—理论研究

IV. F713

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 022245 号

内容提要:本书是作者在博士论文的基础上丰富、发展而成的。书中系统、详尽地介绍了作为多 Agent 合作基础的 Agent 理论、多 Agent 理论,并对多 Agent 合作作了界定。本书还对多 Agent 社会规范机制、对信任和欺骗问题进行了分析探讨,提出了多 Agent 合作框架。本书在多 Agent 合作领域具有领先性,具有较强的研究和参考价值。

多 Agent 合作理论

作 者: 李常洪

责任编辑: 石红华 蔡 虹

出版发行: 知识产权出版社

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

邮 编: 100088

网 址: <http://www.cniod.com>

邮 箱: zscq-bjb@126.com

电 话: 010-82000893 82000860 转 8101

传 真: 010-82000893

印 刷: 知识产权出版社电子印制中心

经 销: 新华书店及相关销售网点

开 本: 850mm×1168mm 1/32

印 张: 5.5

版 次: 2005 年 4 月第一版

印 次: 2005 年 4 月第一次印刷

字 数: 152 千字

定 价: 25.00 元

ISBN 7-80198-086-7/D·250

如有印装质量问题,本社负责调换。

序

产生于分布式人工智能(DAI)领域的 Agent 技术,经过 20 世纪 70 年代、80 年代的孕育,在 90 年代达到了研究高潮,并已成为 21 世纪初人工智能相关领域研究的一个重点。Nicholas Negreonte 博士认为:Agent 技术的发展代表第三次计算机革命的到来,第三次浪潮所处的环境是计算机、通信以及基于知识的 Agent 所组成的一个有机融合的环境。现在,Agent 理论已成为人工智能研究的前沿,并在各个领域得到了广泛的应用,如个人助手,信息检索,电子商务, workflow 管理等。

多 Agent 合作是多 Agent 系统研究的一项重要内容,我们认为其研究目标主要有三个:通过多 Agent 的合作去支持人类更好地合作(比如虚拟组织中的合作,科学研究中的合作);通过多 Agent 的合作去研究、解释自然界和人类社会的一些复杂行为(如复杂性理论的研究);通过多 Agent 的合作去研究解决一些复杂的优化问题(如分布式计算)。本书正是围绕多 Agent 合作理论展开研究的:系统地研究了多 Agent 社会规范、多 Agent 合作结构、多 Agent 信任机制、基于合作的 Agent 的构建等内容。

本书的出版得到了山西省自然科学基金项目(“基于多 Agent 交互的企业合作管理研究”)和太原市高新技术产业开发区博士后科研基金的资助,得到了山西大学哲学博士后流动站和太原市国家级高新技术产业开发区博士后工作站的大力支持,在此表示深深地感谢。

值此书付梓之际,要特别感谢我的硕士生导师梁嘉骅教授,他十余年来对我的关心、爱护和指导,他的人格魅力和治学风范一直

是鼓励我前进的巨大力量。

衷心地感谢我的博士生导师、天津大学系统工程研究所的寇纪淞教授、李敏强教授长期以来对我的指导、关怀和爱护。

特别感谢我的博士后导师、山西大学的郭贵春教授和张新伟教授对本书出版的指导与支持。

此外,本书的出版得到了知识产权出版社和石红华编辑的大力支持和帮助,对此我表示深深地感谢!多 Agent 合作是一个处于快速发展中的人工智能的分支学科,其理论和应用还有大量问题有待进一步研究。由于作者学识水平和可获得资料的限制,本书不妥之处在所难免,敬请同行专家和读者批评指正。

李常洪

2005 年 3 月于山西大学

摘 要

基于网络的多 Agent 技术为支持组织(包括人类社会和机器系统)合作提供技术手段,同时,人类合作的思想也影响着多 Agent 技术的发展。如何通过多 Agent 合作去支持、促进人类的合作,如何通过多 Agent 合作去解决复杂性问题,如何通过多 Agent 合作来更好地解决优化问题,成为管理科学及人工智能领域等相关学科的一个研究热点。

本文在广泛深入地查阅国内外文献的基础上,对多 Agent 合作进行了深入地研究,主要内容如下。

1. 系统详尽地介绍了作为多 Agent 合作基础的 Agent 理论、多 Agent 理论,并对多 Agent 合作作了界定。

2. 对多 Agent 社会规范机制作了深入探讨,在构建多 Agent 社会演化模型的基础上,界定了社会规范及相关的一些概念,提出了隐式社会规范并给出了判定规则;在对 Agent 认知能力分类的基础上,介绍了社会规范生成机制,提出了改进的社会规范生成机制,而且在多人博弈的宽松条件下对社会规范生成机制做了仿真试验分析。

3. 对信任问题作了深入的研究,分析了信任在网络信息社会的重要性,通过对人决策过程中心理状态的研究,论述了信任与控制的辩证关系,形式化地界定了信任,给出了电子商务中信任的一般模型,同时,我们还介绍了一个仿真试验框架,并在此框架下,通过仿真试验证明,信任机制可以促进 Agent 之间的合作。

4. 通过对欺骗问题的详细分析,指出了欺骗在多 Agent 社会存在的普遍性,并给出了欺骗的层次和分类,同时提出了欺骗的几

种对策。

5. 提出了多 Agent 合作框架,重点研究了合作结构,并介绍了协商理论。我们从“是否完全合作”、“是否存在目标互换”、“合作双方的数量对比”三个角度对多 Agent 合作结构进行了系统分类,提出十六种多 Agent 合作结构,设计了一组多 Agent 通讯原语,并给出了本文所提出的多 Agent 合作结构的具体算法以及多 Agent 合作的典型应用实例。

6. 提出了一种面向合作的混合式 Agent 结构,并用 Z 语言对该结构作了描述,同时给出了 Agent 的 Java 实现。另外,基于我们所提出的 Agent 混合式结构,给出了一个典型的系统应用原型——基于多 Agent 合作的供应链电子商务系统原型。

关键词: Agent, 多 Agent, 社会规范, 信任与欺骗, 合作结构

Abstract

Network—based multi – agent technology supports the cooperation of organization that includes the human society and machine system; at the same time the cooperation idea influences the development of multi – agent technology. How to support and promote the human cooperation and how to solve the complex problem and the optimizing question through multi – agent cooperation become a research focus in management science and artificial intelligence, and so on.

Based on extensive and deep review of literature, multi – agent cooperation is studied deeply. The main contents are as follows:

1. Agent and multi – agent technology, which is a theory base of the multi – agent cooperation, are introduced, and the definition of multi – agent cooperation is presented.

2. Multi – agent social convention forming mechanism is analyzed deeply. Based on the construction of multi – agent society evolving model, social convention and some related conceptions are defined; hidden social convention and decision rules are presented. During the introduction of multi – agent recognizing capability, a refined social convention forming mechanism is presented, moreover simulation experiments under more relax multi – agent game experiment environment are successfully done.

3. The trust problem is studied in – depth. First we analyzed the importance of the trust in network information society, the mental states during the human decision, and the relations between the trust

and the control, then the trust is formally defined and a general trust model in electronic commerce is presented, moreover a simulation frame is introduced and under the frame we demonstrated that trust can promote the multi – agent cooperation.

4. Through the systematically analysis on deception problem, the level and the taxonomy of deception are defined, at the same time several deception punishment mechanism are introduced.

5. Multi – agent cooperation frame is presented, and under the frame we provided sixteen cooperation structures according to the three dimensions, whether cooperation is complete, whether the objective exchanging of both sides exists, and the number of both sides. Furthermore, the negotiation theory is introduced in detail. Finally the communication primitives is designed for multi – agent cooperation and algorithms of realizing the cooperation structures that presented in this paper, at one time an applying example is supplied.

6. One hybrid cooperation – oriented agent structure is presented, and it is described in Z language, at the same time agent realization in Java class is introduced. In the end, a classic prototype based on the agent structure is provided.

Keywords: agent, multi – agent, social convention, trust and deception, cooperation structure

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 科学研究的一个趋势——人工智能	1
1.2 合作研究的重要性	2
1.3 Agent 技术与多 Agent 合作	3
1.4 论文的基本方法和基本内容	5
1.4.1 论文研究的基本方法	5
1.4.2 论文的基本结构和内容	5
第二章 Agent 及多 Agent 技术基本理论	8
2.1 Agent 的界定、特征及其分类	8
2.1.1 Agent 的界定	8
2.1.2 Agent 的特征	13
2.1.3 Agent 的分类	14
2.2 Agent 的行为特征表示及其推理	17
2.3 Agent 的结构	22
2.4 多 Agent 系统的定义、特征及其分类	26
2.4.1 MAS 的界定	26
2.4.2 MAS 的特征	27
2.4.3 MAS 的分类	28
2.5 多 Agent 合作	31
2.5.1 多 Agent 合作的界定	31
2.5.2 多 Agent 合作机制	32
2.6 多 Agent 系统开发平台	39

2.7 小 结	44
第三章 多 Agent 系统社会规范研究	46
3.1 社会规范研究现状	46
3.2 MAS 演化过程	47
3.3 场景态势与社会规范	49
3.4 社会规范的生成	53
3.4.1 Agent 的认知能力分类	54
3.4.2 不同认知能力下的社会规范自动生成机制	55
3.4.3 隐式社会规范生成判定规则	59
3.4.4 社会规范生成仿真实验	59
3.5 改进的社会规范生成机制	65
3.6 本章小结	67
第四章 信任及其欺骗对策	68
4.1 多 Agent 合作影响因素分析	68
4.2 多 Agent 合作中的信任	69
4.2.1 信任的重要性分析	69
4.2.2 信任的界定	71
4.2.3 信任和控制的辩证关系	75
4.2.4 电子商务中的信任分析	78
4.3 信任促进合作	79
4.3.1 Birk 的模型	79
4.3.2 信任促进合作	83
4.4 欺 骗	86
4.4.1 欺骗产生的背景分析	86
4.4.2 欺骗的层次描述	87
4.4.3 欺骗的种类	89
4.5 欺骗对策	90
4.6 小 结	91

第五章 多 Agent 合作框架	92
5.1 多 Agent 合作的一般框架	92
5.2 多 Agent 合作结构	93
5.3 多 Agent 合作形成机制	95
5.3.1 协商的界定	96
5.3.2 协商过程	97
5.3.3 协商的理论模型	98
5.4 多 Agent 合作通讯语言	103
5.4.1 Speech Act 理论	103
5.4.2 KQML	105
5.4.3 面向合作的通讯原语	107
5.5 多 Agent 合作结构实现算法	109
5.6 应用实例	112
5.7 小 结	115
第六章 面向合作的 Agent 建造	116
6.1 Agent 的构造	116
6.2 Agent 结构的形式化描述	118
6.2.1 Z 语言简介	119
6.2.2 Agent 结构的形式化描述	119
6.3 Agent 的 Java 实现	125
6.3.1 Agent 的生命周期	125
6.3.2 Agent 的图形用户界面	127
6.3.3 Agent 的行为实现	134
6.4 系统原型——基于多 Agent 合作的供应链	140
6.5 小 结	144
第七章 总结与展望	145
7.1 总 结	145
7.2 展 望	146

参考文献	149
------------	-----

主要研究成果	161
--------------	-----

第一章 绪 论

人类在经历了漫长的农业时代以及经济快速发展的工业时代后,伴随着计算机技术、通讯技术的飞速发展,又迎来了一场具有深远意义的革命——信息革命。信息时代,机遇与挑战并存。自动化以及以 Internet 为平台的全球化信息处理技术及银行结算系统、电子商务等相关实务的迅猛发展为经济的发展注入了新鲜的血液。信息成为一个组织发展最重要的资源,谁能迅速获取关键信息,谁就能掌握制胜的先机。信息时代改变了人类的工作方式、思维方式、生活方式,许多令人难以置信的场景变为现实。由于信息技术的迅猛发展、Internet 技术的普及,电子商务和虚拟企业成为信息领域的新的研究热点。这些应用都迫切需要研究异构主体如何自主地实现合作的问题,这里的异构主体可能是由不同的人,在不同的时间,用不同的软件工具、技术实现的从属于不同组织的主体,这些应用需求导致新的合作技术的出现。

1.1 科学研究的一个趋势——人工智能

哲学研究可以分为三个阶段。第一阶段集中在对客体的研究,即世界的本原问题和发展问题;第二阶段集中研究客体与主体的关系问题;第三阶段也就是现阶段转入对主体的集中研究,即对人类自身的研究,对人类思维与智能的研究^[1]。作为信息时代科学研究主力军的信息科学、计算机科学,已经把重点从如何对信息

进行收集、存储、处理、加工与利用转移到研究知识的收集、存储、处理、加工与利用。从人工智能的三大领域来讲,也就是对知识获取、知识表示、知识推理的研究。

哲学以及具体科学中的研究趋势——人工智能,反映了人类的一个宏伟目标。工业革命把人类从繁重的体力劳动中解放出来,人类希望在信息时代,能够从更为繁重的脑力劳动中解脱出来,或者至少能为人类的脑力劳动提供更为有效的方法和技术支持。

1.2 合作研究的重要性

当今产业、金融、投资、运输、通讯等都已逐渐打破了国家和地区的界限,在全球范围内融为一个统一的整体,经济全球化已成为不可阻挡的导向。经济全球化的主要特征是生产的全球化与消费倾向的全球化。经济发展的全球化、企业经营战略的国际化都迫切需要能够支持行业间、企业间、企业内部进行更好地合作的信息技术^[2]。

信息在各个行业的爆炸性增长给科学研究带来了丰富的资源,同时又带来了巨大的困难。同一学科、同一领域的新文献、新术语层出不穷,使学科内部的科学研究更需要加强合作,以保证同一学科的科研人员处在同一平台进行科学研究,以达到科学研究高效能高效率的目的。当今世界,跨学科交流是科学研究的一大趋势,学科交叉、科学研究的跨学科合作已成为解决科学难题的一个法宝;学科交叉产生了许多新的研究领域,同时也对不同学科的科研人员如何合作提出了更高的要求。

科学研究的目的是认识大自然和发展生产力。当前存在着科学研究成果转换与企业对科学技术需求的矛盾:一方面,大量的科学研究成果得不到转换;另一方面,企业迫切需要面向市场的科学

研究成果。因此,如何加强科学界与企业界的合作,也是迫切需要研究的一个课题。

合作是智能系统中一个重要的特征,合作本身就属于一种智能行为:个体的智能与群体合作的智能表现出巨大的差异,整个系统比单个 Agent 具有更强的功能。因此,合作行为是当前许多学科领域(如人工智能、复杂系统)的研究热点。

综上所述,无论是从经济全球化、科学研究的宏观角度来看,还是从具体学科的研究需求来看,都需要对合作进行深入的研究。相应的信息技术如何对经济合作、科研合作进行支持,信息技术如何促进经济合作、科研合作等都是迫切需要研究的课题。

1.3 Agent 技术与多 Agent 合作

产生于分布式人工智能(DAI)领域的 Agent 技术,经过 20 世纪 70 年代、80 年代的孕育,在 90 年代达到了研究的高潮,将会成为 21 世纪人工智能相关领域研究的一个重点。Nicholas Negreponte 博士认为^[3]:Agent 技术的发展代表第三次计算机革命的到来,第三次浪潮所处的环境是计算机、通信以及基于知识的 Agent 所组成的一个有机融合的环境。现在,Agent 领域已成为人工智能研究的前沿并在各个领域得到了广泛的应用,如个人助手^[4-6]、信息检索^[7-12]、电子商务^[13-19]、工作流管理^[20-24]等。

无论是全球化的经济合作、企业间的合作,还是科学研究中的合作,都是以人或者组织团体为主体的合作。Agent 技术既可以模拟人类的合作,也可以支持人类进行合作。因此,Agent 如何模拟人类的合作,Agent 如何为人类合作提供智能化的支持,如何最大限度地实现自治,Agent 相互间如何合作,就成为摆在我们面前的一系列重大课题。

Agent 真正有前途的领域是多 Agent 技术领域,多 Agent 技术的优势就是通过 Agent 之间的合作与分工,完成单个 Agent 所不能完成的任务或以更小的代价和更高的效率完成任务。多 Agent 合作是多 Agent 系统研究的一项重要内容,我们认为其研究目标主要有三个:通过多 Agent 的合作去支持人类更好地合作(比如虚拟组织中的合作、科学研究中的合作);通过 Agent 的合作去研究、解释自然界和人类社会的一些合作行为(如复杂系统的研究);通过 Agent 的合作去研究解决一些复杂的优化问题(如分布式计算)。

目前,对多 Agent 合作的研究主要包括理论与应用两方面:理论研究包括社会规范的生成机制^[25-29]、合作结构^[30]、合作产生的过程^[31]、合作的分类^[32]、大规模自治系统的合作^[33]、合作的进化^[34]、协商^[35,36]、联盟^[37,38]、多 Agent 合作中的欺骗与信任^[39-49],计算机支持的协同工作^[50-54](computer supported cooperative work, CSCW)等方面,应用研究包括信息采集中的合作^[55]、电子拍卖中的合作^[56]、移动 Agent 的合作^[57]等方面。当前的研究工作存在以下不足或空白(下面的问题是在查阅文献和分析研究的基础上得出的,本文的研究工作也是针对下面的问题进行的):

(1) 社会规范作为一种重要的合作机制,缺乏统一的定义和研究框架;对社会规范的仿真试验缺乏代表性和一般性。

(2) 对于合作中的信任与欺骗分析不够透彻,没有给出如何通过信任和欺骗控制机制来促进合作的模型或者对策。

(3) 缺乏一般性的多 Agent 合作结构以及支持多 Agent 合作的通讯原语。

(4) 存在理论与实践的脱节问题。

(5) 缺乏对多 Agent 合作的系统研究。