

面向主体的软件开发

毛新军 编著

In such research fields as artificial intelligence, distributed artificial intelligence, distributed human-computer interaction and CSCW, et al., more and more attentions are put on the agent technology, and many progresses have been made in the past years. In the late of 1990s, the theories and techniques of agent orientation were introduced into the software engineering literature, integrated with the principles of software engineering, which tries to support the development of agent system by providing such technologies as modeling language, development methodology, programming language and software reuse, and therefore gives birth to a new research direction: agent-oriented software engineering.

Based on the agent theory and technology, the book analyzes and discusses the background and motivation of agent-oriented software engineering, and introduces the agent-oriented software theory and technology from the viewpoint of software engineering. The book includes the following contents: agent-oriented basic concept, development philosophy, implementation technical details of agent system, analysis and design methodology, programming language, CASE tool and environment fundamental theory. It not only introduces the state-of-art of agent-oriented software engineering, but also analyzes the open problems and challenges in the area. The appendix of the book lists a lot of useful information about agent-oriented software engineering, such as related journals, international researchers, important websites, influential companies and standardization organizations.

The book can act as the textbook and reference book for the computer science undergraduate students. It is also helpful for the practitioners who intend to develop software system based on agent-oriented technology.

Based on the agent theory and technology, the book analyzes and discusses the background and motivation of agent-oriented software engineering, and introduces the agent-oriented software theory and technology from the viewpoint of software engineering. The book includes the following contents: agent-oriented basic concept, development philosophy, implementation technical details of agent system, analysis and design methodology, programming language, CASE tool and environment fundamental theory. It not only introduces the state-of-art of agent-oriented software engineering, but also analyzes the open problems and challenges in the area. The appendix of the book lists a lot of useful information about agent-oriented software engineering, such as related journals, international researchers, important websites, influential companies and standardization organizations.



清华大学出版社

面向主体的软件开发

毛新军 编著

清华大学出版社
北京

内 容 摘 要

在人工智能和分布式人工智能、分布计算、人机交互、计算机辅助协同工作等领域,有关主体理论和技术的研究和应用引起了人们的高度关注和重视,并取得了不少进展。近年来,许多研究人员将主体的概念、理论和技术引入到软件工程领域,并与软件工程的基本思想、原理和原则相结合,从而为多主体系统的开发提供工程化的技术手段,包括系统建模、开发方法、程序设计语言、软件重用等,并产生了面向主体软件工程这一新颖的研究方向。本书以主体理论和技术的最新研究成果为基础,从软件工程化开发的角度,系统介绍了面向主体软件开发的基本思想和方法。内容包括面向主体软件开发的基本概念、软件开发思想、多主体系统的底层实现技术、分析和设计方法、程序设计及其语言、CASE 工具和环境以及基础理论等。它不仅介绍了面向主体软件工程的最新进展,而且还分析了它所面临的各种问题和挑战。

本书可以作为计算机软件专业硕士和博士研究生的教材和参考用书,对从事主体理论和技术研究的人员,尤其是从事面向主体软件工程研究的人员,以及基于主体技术的工程实践人员均具有较为重要的参考价值。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

面向主体的软件开发/毛新军编著. —北京:清华大学出版社,2005.6

(计算机科学与技术学科研究生系列教材)

ISBN 7-302-10868-4

I. 面… II. 毛… III. 软件开发—研究生—教材 IV. TP311.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 037997 号

出 版 者: 清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>
社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦
邮 编: 100084
客 户 服 务: 010-62776969

责任编辑: 马瑛珺

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市金元装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印 张: 29.25 字 数: 618 千字

版 次: 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10868-4/TP·7230

印 数: 1~3000

定 价: 49.00 元

编
委
会

■ 名誉主任：陈火旺

■ 主 任：王志英

■ 副 主 任：钱德沛 周立柱

■ 编委委员：(按姓氏笔画为序)

马殿富 李晓明 李仲麟 吴朝晖

何炎祥 陈道蓄 周兴社 钱乐秋

蒋宗礼 焦金生 廖明宏

■ 责任编辑：马瑛琚

本书责任编委：钱乐秋

序

未来的社会是信息化的社会,计算机科学与技术在其中占据了最重要的地位,这对高素质创新型计算机人才的培养提出了迫切的要求。计算机科学与技术已经成为一门基础技术学科,理论性和技术性都很强。与传统的数学、物理和化学等基础学科相比,该学科的教育工作者既要培养学科理论研究和基本系统的开发人才,还要培养应用系统开发人才,甚至是应用人才。从层次上来讲,则需要培养系统的设计、实现、使用与维护等各个层次的人才。这就要求我们的计算机教育按照定位的需要,从知识、能力、素质三个方面进行人才培养。

硕士研究生的教育需突出“研究”,要加强理论基础的教育和科研能力的训练,使学生能够站在一定的高度去分析研究问题、解决问题。硕士研究生要通过课程的学习,进一步提高理论水平,为今后的研究和发展打下坚实的基础;通过相应的研究及学位论文撰写工作来接受全面的科研训练,了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,培养良好的科研作风,锻炼攻关能力,养成协作精神。

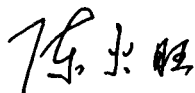
高素质创新型计算机人才应具有较强的实践能力,教学与科研相结合是培养实践能力的有效途径。高水平人才的培养是通过被培养者的高水平学术成果来反映的,而高水平的学术成果主要来源于大量高水平的科研。高水平的科研还为教学活动提供了最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研也为高水平人才的素质教育提供了良好的物质基础。

为提高高等院校的教学质量,教育部最近实施了精品课程建设工程。由于教材是提高教学质量的关键,必须加快教材建设的步伐。为适应学科的快速发展和培养方案的需要,要采取多种措施鼓励从事前沿研究的学者参与教材的编写和更新,在教材中反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时应适当引进国外先进的原版教材,确保所有教学环节充分反映计算机学科与产业的前沿研究水平,并与未来的发展趋势相协调。

中国计算机学会教育专业委员会在清华大学出版社的大力支持下,进行了计算机科学与技术学科硕士研究生培养的系统研究。在此基础上组织来自多所全国重点大学的计算机专家和教授们编写和出版了本系列教材。作者们以自己多年来丰富的教学和科研经

验为基础,认真研究和结合我国计算机科学与技术学科硕士研究生教育的特点,力图使本系列教材对我国计算机科学与技术学科硕士研究生的教学方法和教学内容的改革起到引导作用。本系列教材的系统性和理论性强,学术水平高,反映科技新发展,具有合适的深度和广度。同时本系列教材两种语种(中文、英文)并存,三种版权(本版、外版、合作出版)形式并存,这在系列教材的出版上走出了一条新路。

相信本系列教材的出版,能够对提高我国计算机硕士研究生教材的整体水平,进而对我国大学的计算机科学与技术硕士研究生教育以及培养高素质创新型计算机人才产生积极的促进作用。



2003年9月

作者简介



毛新军 男,1970年生,1992年毕业于解放军信息工程学院计算机系获学士学位,1995年毕业于国防科技大学计算机系获硕士学位,1998年毕业于国防科技大学计算机系获博士学位,2003年至2004年在加拿大多伦多大学计算机系访问,现在国防科技大学计算机系602教研室任教,副教授。

感兴趣的研究方向包括对象技术、系统建模方法、agent 理论和技术、面向 agent 的软件工程、交互协作理论和技术以及软件重用等。

近年来,作为项目负责人主持两项国家自然科学基金课题的研究,作为主要成员参与两项国家自然科学基金课题、一项 863 课题、一项 973 课题的研究。长期担负 Journal of Computer Science and Technology、软件学报、计算机学报、计算机研究与发展、计算机工程与科学等学术刊物的审稿工作,受邀参加了多个国际会议的论文评审工作。在 agent 理论和技术以及面向 agent 软件工程领域做了大量的工作,在计算机学报、软件学报、计算机研究和发展等学术刊物以及国际会议上发表学术论文 50 余篇,研究工作得到国内外同行的关注和好评。至今出版著作一部,参与编写教材一部。从事本科生和研究生软件工程系列课程的教学工作,包括软件工程、基于 agent 的软件开发技术、软件项目管理、软件开发方法等。

前言

自 20 世纪 80 年代以来,在人工智能(artificial intelligence, AI)和分布式人工智能(distributed artificial intelligence, DAI)、分布计算、人机交互、计算机辅助协同工作等领域,有关主体(agent)理论和技术的研究和应用引起了人们的高度关注和重视。人们试图通过这一理论和技术来开发出具有更高智能特征、高度灵活并能更友好地与人类进行交互的计算机系统。随着主体理论和技术研究的不断深入,出现了以主体为核心的一组新的概念,如基于主体的计算(agent-based computing, ABC)、主体通信语言(agent communication language, ACL)、面向主体的程序设计(agent oriented programming, AOP)等,产生了一系列重要的研究成果,如 BDI(belief-desire-intention)的主体逻辑和体系结构、FIPA ACL 主体通信语言、AGENT-0 面向主体的程序设计语言、JACK 面向主体的集成开发环境等,并在某些领域(如电子商务、电力传输控制、空中交通管制、过程控制、商业过程管理等)取得了一些成功的应用案例。与此同时,工业界开始关注并介入主体理论和技术的研究和应用,IBM, Microsoft, FUJITSU, Toshiba, Tryllian, Agent Oriented Software Ltd 等企业纷纷加强在该领域研发资金的投入以及与学术界的合作,启动相关技术和产品的研发工作,并出现了一些产品化的研究成果,如 Microsoft Agent、FUJITSU 的 APRIL、Tryllian 公司的 ADK、IBM 的 Aglets 等。尤其是,一些国际标准化组织(如 OMG 和 FIPA)开始致力于主体技术的标准化工作并推出了一些重要的主体技术标准(如 FIPA 的 ACL 主体通信语言),以最大限度地确保由主体技术所开发的软件系统之间的互操作性,并为主体技术的大范围、工业化应用奠定基础。

到了 20 世纪 90 年代中后期,许多研究人员开始将主体的概念、理论和技术引入到软件工程领域,并与软件工程的基本思想、原理和原则相结合,产生了面向主体软件工程(agent oriented software engineering, AOSE)这一新颖的研究方向。面向主体的软件工程以主体作为其基本的计算抽象和概念模型,以主体理论和技术的具体研究成果为基础,为复杂软件系统的开发提供工程化的技术手段,包括系统建模、分析和设计方法、程序设计语言、系统验证、软件重用、CASE 工具和环境等。它能有效地管理和控制软件系统的复杂度,提高软件系统的灵活性、可维护性和可重用性,从而为复杂系统的开发提供新的思路。

近年来,面向主体软件工程的研究非常活跃并取得了一系列进展,人们已经提出了许多面向主体的软件开发方法(如 Gaia, MaSE, Tropos)以支持面向主体的分析和设计,提出了多种面向主体的程序设计思想和语言(如 AGENT-0, JAL, 3APL)以支持软件系统的最终实现,研发了许多面向主体的 CASE 工具和集成开发环境(如 JACK, AgentBuilder, Aglets)以辅助软件开发人员的软件工程化工作。此外,在面向主体的软件重用、面向主体的软件项目管理、面向主体的形式化规约和系统验证等方面也取得了一定的进展。

面向主体的软件工程无疑是 21 世纪计算机科学与技术领域的一项重要技术,其发展和应用将对计算机科学与技术,尤其是软件工程,产生重大而深远的影响。许多学者甚至将它视为是 21 世纪的一次新的技术革命。随着面向主体软件开发的**思想、理论、技术、标准化和开发平台等方面的不断发展和日趋成熟,以及它们在软件开发中的广泛应用,面向主体软件工程在软件工程领域的地位和作用将日益突出。

尽管目前面向主体软件工程远未成熟,尚有大量的问题有待解决,离工业化、大规模的应用尚有较大的差距,但是鉴于它的技术潜力以及学术影响,我们迫切地认识到需要加强对面向主体软件工程的教学,推动在该领域的科学研究工作。

现阶段有关主体方面的书籍大多是从人工智能和分布式人工智能的角度来介绍主体理论和技术以及相关的知识,它们通常是由一些人工智能和分布式人工智能领域的学者和专家撰写的,内容通常针对一些特定的技术(如自主决策技术、主体通信语言)和应用(如分布式问题求解),因而这些书籍不能满足面向主体软件工程教学和研究的需求。此外,还有一些书籍仅仅是一些专题(如主体理论、体系结构和语言、面向主体软件工程)的学术论文汇集,书中各个章节的内容较为独立,对知识点的介绍不够系统。

本书编写有以下三方面的目的:

(1) 从软件工程化开发的角度和视点,系统地介绍和分析面向主体软件开发的思想和方法、相关知识和最新的研究成果

内容包括面向主体软件开发的基本概念和核心思想、主体的软件体系结构、多主体系统的交互和合作、面向主体的分析和设计方法、面向主体的程序设计、面向主体的软件开发平台和基础理论。尤其是,我们将通过与面向对象软件开发技术的对比,深入分析面向主体软件开发技术的特点及其对复杂软件系统开发所提供的各种技术支持。

(2) 帮助读者运用面向主体软件开发的思想和技术来促进复杂软件系统的开发

通过学习本书,希望读者一方面能够借助于面向主体软件开发的基本概念和思想来理解、描述和分析应用系统和软件系统,加强对复杂系统的认识,促进其开发;另一方面,能够了解现有的各种面向主体软件开发方法、技术和平台以及它们的优势和不足,根据应用需求的特点来选择合适的开发方法、技术和平台,并利用它们开发出灵活、健壮的多主体系统。

(3) 帮助读者了解面向主体软件工程领域的研究现状和面临的问题,推动相关的科学研究工作

面向主体软件工程的研究非常活跃,尚有大量的理论、技术、平台、标准化等方面的问题有待解决。我们希望能够通过本书对面向主体软件开发知识的介绍,帮助读者较为全面地了解面向主体软件工程领域的研究状况和已有的研究成果,引导读者阅读相关的资料和文献,发现现有工作的局限性和存在的问题,了解面向主体软件工程所面临的挑战,从而有针对性地开展面向主体软件工程的相关研究工作。

针对上述编写目的,本书将围绕工程化软件开发的要求和特点展开有关面向主体软件开发的知识点介绍,内容既包括基本的概念模型,也包括高层的软件开发思想(见第2章);既有基础的抽象理论(见第8,9章),也有一般性的具体技术如需求分析方法、软件设计方法、编程语言和开发平台(见第5,6,7章);既有针对单个主体开发所需的微观实现技术(见第3章),也有针对多主体系统开发所需的宏观实现技术(见第4章)。

本书内容新颖、系统,取材于国内外最近的学术文献和资料,结合了作者近几年在该领域的研究心得和成果,展示了该领域研究状况。作者用简洁的文字阐述,对于重要或者费解的知识点,尽可能通过例子和图示作进一步的说明。为了引导读者开展相关的研究工作,本书对面向主体软件开发的特点和存在的问题作了深入的剖析,并在每一章的末尾均有一小节用于介绍与该章内容有关的学术资料,以帮助和引导读者了解和阅读本书以外相关的资料和文献。此外,本书末尾的参考文献列举了该领域我们所收集到的一些重要学术文献。本书附录部分提供了一些较为重要的学术研究信息,包括与主体理论和技术研究相关的学术刊物、会议、书籍、研究人员和研究机构、标准化组织、Web网站等。

本书可以作为计算机软件专业硕士和博士研究生的教材和参考用书,对从事主体理论和技术研究的人员,尤其是从事面向主体软件工程研究的人员,以及基于主体技术的工程实践人员均具有较为重要的参考价值。

本书撰写得到了许多人的帮助。陈嘉佳同学撰写了本书第7章的初稿,钱乐秋老师仔细阅读了全书的初稿并提出了许多宝贵的意见,在此表示感谢!

毛新军

2004年9月于多伦多

Abstract

In such research fields as artificial intelligence, distributed artificial intelligence, distributed computing, human-computer interaction and CSCW, et al., more and more attentions are put on the agent theory and technology, and many progresses have been made in the past years. In the late of 1990s, the concepts, theories and techniques of agent orientation were introduced into the software engineering literature and integrated with the principles of software engineering, which tries to support the development of multi-agent system by providing such technologies as modeling language, development methodology, programming language and software reuse, and therefore gives birth to a new research direction, i. e., agent-oriented software engineering.

Based on the agent theory and technology, the book analyzes and discusses the background and motivation of agent-oriented software engineering, and introduces the agent-oriented software development theory and technology from the viewpoint of software engineering. It includes the following contents: agent-oriented basic concepts, development philosophy, implementation technical details of multi-agent system, analysis and design methodologies, programming languages, CASE tools and environments, and fundamental theories. The book not only introduces the state-of-art of agent-oriented software engineering, but also analyzes the open problems and challenges in the area. The appendix of the book lists a lot of useful information about agent-oriented software engineering, such as related journals, international conferences, researchers, important websites, influential companies and standardization organizations.

The book can act as the textbook and reference book for the computer science undergraduate and graduate students. It is also helpful for the practitioners who intend to develop software system based on the agent-oriented technology.

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 产生背景	1
1.1.1 应用需求的变化	2
1.1.2 用户期望的变化	5
1.2 对软件工程化开发提出的要求	6
1.3 面向主体的软件工程	7
1.4 小结	8
第 2 章 基本概念和思想	10
2.1 什么是主体	11
2.1.1 主体概念	11
2.1.2 主体例子	15
2.1.3 主体环境	17
2.1.4 主体与对象	19
2.2 什么是多主体系统	22
2.2.1 多主体系统例子	24
2.2.2 多主体系统的特点	27
2.3 面向主体的软件开发	29
2.3.1 软件开发思想	29
2.3.2 基本机制和原则	30
2.3.3 软件开发过程	35
2.4 应用	38
2.5 进一步阅读	41
2.6 小结	43

第3章 主体的体系结构	44
3.1 主体的设计和实现问题	45
3.2 主体的抽象体系结构	47
3.2.1 顶级抽象体系结构	47
3.2.2 纯反应式的抽象体系结构	50
3.2.3 具有感知部件的抽象体系结构	51
3.2.4 具有状态部件的抽象体系结构	53
3.3 主体的实现体系结构	55
3.4 知识型体系结构	56
3.4.1 什么是知识型体系结构	56
3.4.2 案例分析	58
3.4.3 知识型体系结构的实现	62
3.4.4 评价	63
3.5 反应式体系结构	63
3.5.1 什么是反应式体系结构	64
3.5.2 案例分析	66
3.5.3 反应式体系结构的实现	69
3.5.4 评价	70
3.6 认知型体系结构	71
3.6.1 什么是认知型体系结构	71
3.6.2 案例分析	78
3.6.3 认知型体系结构的实现	82
3.6.4 评价	83
3.7 混合型体系结构	84
3.7.1 什么是混合型体系结构	84
3.7.2 混合型体系结构的实现	86
3.8 进一步阅读	89
3.9 小结	90
第4章 主体间的交互和协作	91
4.1 主体间的相关性	92
4.1.1 结构相关性	92
4.1.2 行为相关性	95

4.2	主体间的协作	98
4.2.1	什么是协作	98
4.2.2	协作的作用	99
4.2.3	协作类型	100
4.2.4	协作机制	101
4.3	主体通信语言	102
4.3.1	什么是主体通信语言	102
4.3.2	言语行为理论	104
4.4	KQML	105
4.4.1	KQML 语法	106
4.4.2	KQML 消息例子	110
4.4.3	支持 KQML 交互的软件参考模型	112
4.4.4	KQML 的语义	114
4.5	FIPA 的 ACL	117
4.5.1	FIPA ACL 的语法	117
4.5.2	FIPA ACL 消息例子	120
4.5.3	FIPA ACL 的交互协议	121
4.5.4	FIPA ACL 的语义	124
4.6	KIF 和本体论	125
4.7	主体间的通信方式	127
4.7.1	消息传递	127
4.7.2	黑板方式	128
4.7.3	邮箱方式	128
4.8	多主体系统的协作模型	129
4.8.1	主体协作的公共描述框架	129
4.8.2	请求/服务合作模型	132
4.8.2.1	直接/被动合作模型	135
4.8.2.2	间接/被动合作模型	136
4.8.2.3	直接/主动终止合作模型	138
4.8.2.4	间接/主动终止合作模型	139
4.8.2.5	直接/主动非终止合作模型	140
4.8.2.6	间接/主动非终止合作模型	141
4.8.3	合同网模型	143
4.9	进一步阅读	145



4.10 小结	146
第5章 面向主体的分析和设计	148
5.1 分析、设计和建模	149
5.2 面向主体的分析和设计方法	151
5.3 MaSE 方法	154
5.3.1 建模核心概念	156
5.3.2 建模活动和建模语言	157
5.3.3 建模过程	161
5.3.4 方法小结	170
5.4 Gaia 方法	171
5.4.1 建模核心概念	172
5.4.2 建模活动和建模语言	174
5.4.3 建模过程	178
5.4.4 方法小结	184
5.5 Tropos 方法	184
5.5.1 建模核心概念	186
5.5.2 建模活动和建模语言	188
5.5.3 建模过程	191
5.5.4 方法小结	202
5.6 进一步阅读	203
5.7 小结	205
第6章 面向主体的程序设计	207
6.1 面向主体的程序设计思想	208
6.2 面向主体的程序设计语言	210
6.2.1 基于 LISP 技术	210
6.2.2 基于逻辑技术	213
6.2.3 基于对象技术	215
6.3 并发 METATEM	217
6.3.1 主体的组成	217
6.3.2 语法	218
6.3.3 程序的执行	221
6.3.4 案例分析	223

6.4	AGENT-0	225
6.4.1	主体的组成	226
6.4.1.1	主体的认知部件	226
6.4.1.2	部件属性	228
6.4.2	语法	229
6.4.3	程序的执行	234
6.4.4	案例分析	236
6.5	JAL	239
6.5.1	主体的组成	242
6.5.2	语法	243
6.5.2.1	事件	243
6.5.2.2	规划	246
6.5.2.3	信念	248
6.5.2.4	能力	251
6.5.2.5	主体	253
6.5.3	程序的执行	254
6.5.4	案例分析	255
6.6	进一步阅读	259
6.7	小结	260
第7章	面向主体的 CASE 工具和环境	262
7.1	面向主体的 CASE 工具和环境	263
7.1.1	基本概念	263
7.1.2	主要产品	266
7.1.3	异构性和技术标准	267
7.1.3.1	面向主体软件系统的异构性	267
7.1.3.2	FIPA 标准集	268
7.1.3.3	MASIF	270
7.1.3.4	Agentcities 网络	271
7.2	面向主体 CASE 工具 and 环境的分类	272
7.2.1	分类方法	272
7.2.2	分类结果	275
7.3	面向主体 CASE 工具 and 环境的评价	276
7.3.1	评价框架 SEF	276

7.3.2	评价结果	281
7.4	典型的面向主体 CASE 工具和环境	291
7.4.1	JACK	292
7.4.1.1	开发模型	293
7.4.1.2	系统组成	295
7.4.1.3	开发实例	297
7.4.1.4	开发过程与工具	305
7.4.2	Zeus	310
7.4.2.1	开发模型	311
7.4.2.2	系统组成	313
7.4.2.3	开发实例	315
7.4.2.4	开发过程与工具	316
7.4.3	MadKit	325
7.4.3.1	开发模型	326
7.4.3.2	系统组成	327
7.4.3.3	开发实例	329
7.4.3.4	开发过程与工具	334
7.5	进一步阅读	336
7.6	小结	337
第 8 章	主体逻辑	339
8.1	意向观点作为抽象工具	340
8.2	逻辑作为数学工具	342
8.2.1	命题和一阶谓词逻辑	343
8.2.2	模态逻辑	344
8.2.3	动态逻辑	347
8.2.4	时序逻辑	347
8.3	主体逻辑	349
8.3.1	Cohen 和 Levesque 的意图理论	349
8.3.1.1	形式化语言	350
8.3.1.2	形式化模型	351
8.3.1.3	形式化语义	352
8.3.1.4	主体的意图	353
8.3.2	Rao 和 Georgeff 的 BDI 逻辑	354