





# Agent 计算

程显毅 著



淮阴师院图书馆 580272

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

-----  
**图书在版编目(CIP)数据**

Agent 计算/程显毅著. —哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2003. 1

ISBN 7 - 5388 - 4243 - 8

I. A... II. 程... III. 电子计算机—基本知识 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 106663 号  
-----

责任编辑 赵春雁

**Agent 计算**

**Agent JISUAN**

程显毅 著

---

**出 版** 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

电话(0451)3642106 电传 3642143(发行部)

**印 刷** 哈尔滨太平洋彩色印刷有限公司

**开 本** 850 × 1168 1/32

**印 张** 14.25

**插 页** 2

**字 数** 358 000

**版 次** 2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

**印 数** 1 - 1 000

**书 号** ISBN 7 - 5388 - 4243 - 8/TP · 90

**定 价** 38.00 元

## 内容简介

计算机技术的发展把人类社会带入信息化时代。随着信息化进程的深入,网络通信技术、计算机技术和人工智能技术相融合,产生了一个新的研究领域——agent 计算。它是智能信息技术发展进程的必然产物,agent 计算的目标就是建立多 agent 协作、协商、协调的问题求解模式。

全书系统地论述了 agent 计算的原理、方法、技术、工具、应用和存在的问题,并总结了作者在该领域的研究成果和国内外最新研究状况。该书特色在于,介绍了 agent 计算的理论基础(哲学、数学、逻辑、信息学和社会学),用量子信息技术和 RoboCup 技术架起理论和实际的桥梁。本书可作为计算机科学技术学科、电子信息学科、网络与通信专业的大学高年级、研究生和教师的教学用书,也可供从事这方面研究和开发工作的科技人员学习和参考。

# 前 言

Agent 是当今或未来一段时间内计算机科学研究热点之一,有四种含义:助手、组件、代理和主体。简单地说,agent 是代表一个人(或组织)去完成某件事情。在计算机领域,agent 可看作是一种在分布式环境中能感知环境并能根据自身态度 BDI(Belief、Desire、Intention 等)解释其行为的目标系统。不少学者把 agent 称为“智能体”。

主体最主要的特征是有控制权,可以按照自己的意愿完成想完成的任务。

90 年代,随着计算机网络、计算机通信等技术的发展,特别是 Internet 和 World Wide Web 的普及,对于主体(agent)以及多主体系统(MAS)的研究已成为分布式人工智能(DAI - distributed Artificial Intelligent)研究的一个热点。agent 技术提供了一种全新的计算和问题求解风范,这主要是因为基于 agent 的系统具有许多优点,如提供了一种远程智能程序设计的方法,放松了对集中式、规划、顺序控制的限制,提供了分散控制、应急和并行处理模式。

基于 agent,人们提出了一种新的 AI 定义:AI 的目标是构造能表现出一定智能行为的 agent。所以,agent 的研究应该是 AI 的核心问题。Stanford 大学计算机科学系的 Hayes - Roth,在 IJCAI'95 的特邀报告中谈到:“agent 既是 AI 最初的目标,也是 AI 最终的目标。”

在人工智能研究中,agent 概念的回归并不仅仅是因为人们认识到了,应该把人工智能各个领域的研究成果集成为一个具有智能行为概念的“人”,更重要的是人们认识到了人类智能的本质是一种社会性的智能,人类绝大部分的活动都涉及多个人构成的社会团体,大型复杂问题的求解需要多个专业人员或组织协作完成。要对社会性的智能进行研究,构成社会的基本构件“人”的对应物,agent 理所当

然地成为 AI 研究的基本对象,而社会的对应物 MAS 也成为人工智能研究的基本对象。

在 MAS 中,坚固性已取代最优性,成为检测这类系统质量的主要准则。另一个需求是互操作性,即不同的异构系统在快速变化的环境中交换信息、共同工作的能力。由于对 agent 特性的描述大部分还只停留在自然语言的层次上,且描述很不严格,研究人员试图从理论上用一种形式化的方法描述 agent 特性,再通过这种形式化的描述发现一些有用的规律。具体地说,就是要研究如何用符号表示复杂现实世界中的 agent,以及 agent 如何根据各种信息对环境进行推理和决策。这种研究使用逻辑学作为工具,首先需要精确地定义关于 agent 的各种概念,如知识、信念、愿望、意图等,以及一些更复杂的和带有感情色彩的概念,如合作、协商、谈判、好坏等等,然后对有关推理问题进行研究。

总的来看,基本上所有的研究还都处于起步阶段,许多重要的问题还有待于进一步研究。目前,对于 agent 和多 agent 的研究内容包括 agent 和多 agent 的理论、通信和交互技术、agent 体系结构和组织、agent 语言、agent 之间的协作和协商等方面。

鉴于 agent 技术和理论的支持还在不断发展中,建造 agent 系统一般可分三步走:

- (1)复杂行为 BDI 模型的研究;
- (2)BDI 系统体系结构的设计;
- (3)BDI 解释器生成。

注意:研究 agent 决不是把 agent 做成像人一样能够思维的系统。我们这里说的 BDI 只是思维状态的代表,究竟用哪些思维状态能够解释复杂行为是有争议的,但 BDI 属性基本被大多数研究者承认。

一个新的概念和技术在计算机领域能够引起广泛关注,甚至“火”起来,通常是由于以下因素所至:

- 它在解决计算机主流技术及其应用的瓶颈问题上提供了有效

的途径。

·它在开拓计算机技术新的应用领域方面发挥了关键的作用。

agent 计算打破了 C/S 模式,正在向分散、对等、协同计算方向发展,致力于解决如下问题:

- (1)数据、控制、专家知识或资源分布问题。
- (2)需要人性化的问题。
- (3)软件集成、重用的问题。
- (4)需要协作、协商、协调的问题。

Agent 计算之所以能引起重视,我们认为有三点理由:一是表达能力强,如描述一场足球比赛,从赛场、足球、大门、运动员到比赛规则都可容易表示为各类 agent,这是其它熟知方法所不及的。二是求解机制灵活,不限于单纯的逻辑推理和中心控制方法。三是推理的格局引入了精神状态(信念、愿望、意图、承诺、能力等等),将人工智能技术扩充到更广泛的领域中。

本书特色之处在于:第二章讨论了 agent 计算的理论(它包括:哲学基础、数学基础、逻辑基础、信息学基础、量子信息技术和社会学基础);第四章以清晰的结构讨论了 agent 计算中的核心技术 MAS 求解(组织、联盟、协调、协商、协作、对抗、理性和交互);RoboCup 是典型的 MAS,架起了理论和实际的桥梁;第七章详细介绍了 RoboCup 相关技术。

本书第 4、5 章由山西财经大学李淑琴老师执笔。

本书的内容凝结了课题组成员长期讨论的成果,在此对课题组成员:王昌达、赵曦滨、楚威、黄胜、潘凌寒、殷秀莲、郑舟敏、卢林峰等表示深深的谢意。

衷心感谢我的导师石纯一教授给予的悉心指导和教诲,他在我的选题设计、研究和写作过程中倾注了大量的心血,他的为人师表、渊博知识、开阔的科学视野、严谨的治学态度都给我留下了深刻的印象,使我受益匪浅。

本书得到了计算机软件新技术国家重点实验室(南京大学)、江

苏大学专著出版基金、江苏省教育厅研究项目(02KJD520004)的资助。

书中不妥、错误之处,恳请同行不吝指教。

程显毅

2002年11月于江苏大学



# 目 录

第一章 概述 .....	( 1 )
1 问题的提出 .....	( 1 )
1.1 三个例子 .....	( 1 )
1.2 AI 的社会观点 .....	( 2 )
1.3 算法危机 .....	( 2 )
1.4 计算智能的局限性 .....	( 3 )
1.5 网络计算/网格计算的局限性 .....	( 5 )
2 什么是 agent .....	( 17 )
2.1 弱定义和强定义 .....	( 18 )
2.2 多角度理解 agent .....	( 19 )
2.3 agent 原型 .....	( 21 )
2.4 agent 和程序的区别 .....	( 22 )
2.5 agent 和对象的区别 .....	( 24 )
2.6 多 agent 系统 .....	( 24 )
3 agent 计算的研究目标 .....	( 25 )
3.1 计算的内涵 .....	( 25 )
3.2 agent 计算的研究内容 .....	( 26 )
3.3 agent 计算的研究目标 .....	( 26 )
4 agent 分类 .....	( 28 )
4.1 按体系结构分类 .....	( 28 )
4.2 按驻留环境分类 .....	( 35 )
4.3 按功能作用分类 .....	( 36 )
第二章 agent 计算理论基础 .....	( 39 )
1 哲学和心理学基础 .....	( 39 )
1.1 Bratman 的意图哲学 .....	( 39 )
1.2 Prigogine 的耗散结构理论 .....	( 41 )
1.3 协同学 .....	( 43 )
2 数学基础 .....	( 46 )
2.1 进程代数 .....	( 46 )

2.2	联系数学	( 49 )
2.3	对策论	( 51 )
2.4	模糊数学	( 52 )
3	逻辑基础	( 54 )
3.1	模态逻辑	( 54 )
3.2	时态逻辑	( 55 )
3.3	泛逻辑学	( 58 )
3.4	语义学	( 65 )
3.5	认知逻辑	( 79 )
4	信息学基础	( 89 )
4.1	演化计算	( 89 )
4.2	神经网络	( 92 )
4.3	寄存器自动机	( 99 )
4.4	Petri 网	( 100 )
4.5	移动计算	( 106 )
4.6	智能信息技术	( 108 )
5	社会学基础	( 127 )
5.1	行为学	( 127 )
5.2	组织学	( 130 )
<b>第三章 agent 模型</b>		( 135 )
1	认知模型	( 135 )
1.1	RG 模型	( 137 )
1.2	意愿理论	( 141 )
2	通信模型	( 143 )
2.1	agent 通信理论	( 143 )
2.2	agent 通信模型 ICE	( 145 )
2.3	ICE 体系结构研究进展	( 147 )
3	动力学模型	( 150 )
3.1	动力学理论要点	( 150 )
3.2	信念与动力学	( 152 )
3.3	愿望与动力学	( 153 )

3.4	意图与动力学 .....	(154)
4	自组织模型 .....	(154)
4.1	进化模型 .....	(155)
4.2	进程模型 .....	(158)
5	市场模型 .....	(161)
5.1	问题的提出 .....	(161)
5.2	效用与 BDI .....	(163)
6	个性模型 .....	(164)
6.1	Agent 的共性与个性 .....	(165)
6.2	Agent 的多样性与统一性 .....	(166)
7	agent 模型研究中的几个关键问题 .....	(169)
7.1	BDI 的非正规特性 .....	(169)
7.2	理论与实际分离的问题 .....	(173)
7.3	逻辑全知问题 .....	(174)
7.4	演绎的不可判定性问题 .....	(174)
7.5	BDI 解释器 .....	(175)
<b>第四章</b>	<b>多 agent 系统求解机制 .....</b>	<b>(187)</b>
1	MAS 模型 .....	(187)
1.1	MAS 联合思维状态模型 .....	(187)
1.2	结合社会规范的 BDO 模型 .....	(192)
1.3	各种形式化方法的比较 .....	(195)
1.4	MAS 分类 .....	(196)
2	联盟与组织 .....	(198)
2.1	联盟 .....	(199)
2.2	组织 .....	(201)
3	协作 .....	(218)
3.1	依赖——协作的基础 .....	(219)
3.2	协作过程 .....	(221)
3.3	协作规划 .....	(222)
3.4	任务分配 .....	(224)
3.5	协作方案 .....	(224)

3.6	协作模型	(226)
4	协调	(232)
4.1	集中与分布结合的协调	(233)
4.2	基于规范的协调	(235)
4.3	没有通讯的协调	(237)
4.4	预防冲突的协调	(239)
5	协商	(241)
5.1	基于对策论的协商	(242)
5.2	基于劝说的协商	(243)
5.3	基于经济学的协商(拍卖机制)	(244)
5.4	基于意图的协商	(250)
5.5	基于合同网的协商	(251)
6	理性	(252)
6.1	绝对理性	(253)
6.2	有限理性	(255)
7	对抗	(266)
7.1	对抗是提高性能的需要	(266)
7.2	个体对抗	(267)
7.3	群体对抗	(269)
7.4	对手模型	(270)
8	交互	(274)
8.1	交互的作用	(275)
8.2	交互内容	(275)
8.3	交互过程	(276)
8.4	交互策略	(276)
9	与 MAS 相关的概念	(277)
<b>第五章 面向 agent 编程(AOP)</b>		<b>(282)</b>
1	AOP 提出	(282)
2	AOP 标准	(285)
2.1	agent 构造标准	(285)
2.2	系统构造标准	(286)

3	使用 AOP 应注意的问题 .....	(287)
3.1	问题的根源 .....	(294)
4	agent 语言 .....	(295)
4.1	KQML 语言 .....	(296)
4.2	ACL 语言 .....	(307)
4.3	Java 语言 .....	(311)
4.4	PLACA 语言 .....	(312)
4.5	AGENTO 语言 .....	(313)
4.6	ABE 语言 .....	(315)
5	AOP 工具 .....	(316)
5.1	agent 设计工具 AOSDE .....	(316)
5.2	agent 可视化构建工具 CAgent .....	(317)
6	测试床 .....	(319)
6.1	测试床的作用 .....	(319)
6.2	DVMT 测试床 .....	(319)
6.3	测试床环境 .....	(321)
<b>第六章</b>	<b>agent 应用 .....</b>	<b>(324)</b>
1	计算机集成制造( CIMS) .....	(324)
1.1	敏捷制造对 DAI 提出的挑战 .....	(325)
1.2	基于 agent 的 CIMS 模型 .....	(326)
2	计算机协同工作( CSCW) .....	(329)
2.1	CSCW 发展背景 .....	(329)
2.2	CSCW 中的 agent 模型 .....	(331)
2.3	CSCW 中的 agent 描述 .....	(332)
2.4	CSCW 中的 agent 协作模型 .....	(334)
3	多机器人群体与协作 .....	(336)
3.1	基本概念 .....	(336)
3.2	系统结构 .....	(338)
3.3	控制机理 .....	(339)
3.4	分析和设计 .....	(340)
4	智能界面 Microsoft agent .....	(341)

4.1	Microsoft agent 2.0 的组成 .....	(342)
4.2	准备工作 .....	(343)
4.3	小试一下:编写第一个 agent 程序 .....	(344)
4.4	语言 ID 列表 .....	(346)
4.5	角色动画列表 .....	(346)
4.6	使用 agent Characters Editor 生成自己的角色 .....	(347)
4.7	下载各种资源 .....	(348)
5	基于移动 agent 的网上信息检索 .....	(348)
5.1	移动 agent 研究背景 .....	(349)
5.2	移动 agent 主要研究内容 .....	(352)
5.3	移动 agent 研究现状 .....	(360)
5.4	移动 agent 应用 .....	(362)
5.5	移动 agent 标准化 .....	(363)
<b>第七章</b>	<b>RoboCup</b> .....	(365)
1	Robocup 简介 .....	(365)
2	仿真环境 .....	(369)
2.1	比赛规则 .....	(369)
2.2	重要参数 .....	(371)
2.3	基本动作 .....	(373)
3	Robocup 建模 .....	(381)
3.1	Robocup 模型 .....	(381)
3.2	Robocup 设计 .....	(384)
4	Robocup 实现 .....	(389)
4.1	协作规划 .....	(389)
4.2	学习 .....	(396)
4.3	决策模型 .....	(398)
4.4	CMU 程序文档 .....	(407)
<b>第八章</b>	<b>关于 agent 计算的思考</b> .....	(419)
1	agent 计算给计算机科学带来的机遇和挑战 .....	(419)
1.1	挑战之一:智能模拟从“先有个体”向“先有集体”过渡 .....	(420)
1.2	挑战之二:程序设计从“细粒度”向“粗粒度”过渡 .....	(420)

1.3 挑战之三:计算模式从“计划模式”向“市场模式”过渡 .....	(421)
1.4 挑战之四:基本假设从“能力无限”向“资源约束”过渡 .....	(423)
1.5 挑战之五:网络社会从“自由”向“理性”过渡 .....	(423)
2 agent 计算的哲理 .....	(424)
2.1 agent 计算在认识论与方法论上的进步 .....	(424)
2.2 agent 计算的系统论意义及其社会学范式的确立 .....	(426)
2.3 agent 计算的逻辑理性与经济学方法的结合 .....	(427)
后 记 .....	(431)
参考文献 .....	(432)

# 第一章 概述

## 1 问题的提出

### 1.1 三个例子

首先让我们来描述一下在未来的某个时刻将发生的三件事情。

例 1. 由于出乎意料的天气情况,某航空控制系统突然出现了故障。幸运的是,通过与邻边国家协商,可以使其用计算机控制的航空控制系统来跟踪和处理所有受影响的航线,这样,潜在的危险状况得以有惊无险地渡过。

例 2. 在你登录的时候,计算机允许你通过你的个人数字助手(PDA)按轻重次序将邮件信息分类成表。接着,你会得到一相同的新闻文章目录时,PDA 会将你的注意力吸引到一篇特别的文章上,它描述的是发生在你身边却至今未被人知的事情。遇到一个电子商务和许多其它的 PDA 时,你的 PDA 早已为你从 FTP 站点获得了有关的学术的报告。

例 3. 你正在编辑一文件,这时,你的 PDA 提醒你:你收到一封邮件,通知你发送到一重要论坛的一篇论文已被录用。PDA 正确地判断出你必须尽可能快地看它,并通过参考一系列数据库和其它网络信息资源立刻开始调查,很快,你便得到了既便宜又方便的路由选择器摘要。

以上三个例子都是以 agent 而闻名的,例 1 是合作求解的范例,例 2 是智能代理(意图驱动求解)的范例,例 3 是智能决策辅助支持求解的范例。所以,有人把 AI(Artificial Intelligence)定义为有目的地建立和展示智能行为的 agent。“agent”的 AI 想法是非常重要的,或许这是令人惊奇的。因此,直到 20 世纪 90 年代,AI 研究者才对围绕着 agent 综合的争议有了一些重视。从那时起,在这一项目的



发展有了强大的繁荣。如今,agent 在主流计算机科学方面被学者广泛争论。一份 1994 年的英国国家日报做过这样的报导<sup>[1]</sup>:基于 agent 的计算(ABC)在软件发展史上是下一个有意义的重大突破。而且,预计 agent 将从 1994 年的 \$3700 万增长到 2000 年的 \$26 亿,大约 6 年增长 70 倍,实际数字已超过了这个预测。所以,工业和学术界的研究者也都严肃地对待 agent 技术。

## 1.2 AI 的社会观点

认知科学试图把人类智能活动过程看作计算机信息处理过程,要求输入的是一些直觉、感觉的模拟信号,而输出的是智能处理的行为。把信息处理看作智能活动过程的观点已引起了一些争议。问题在于认知科学本质上是个体行为科学,以认知科学为基础的 AI 也只研究单个 agent 的智能活动,并试图用计算机模拟。认知科学和 AI 不考虑社会环境和存在于社会环境下的 agent 与 agent,agent 和社会环境的相互作用。实际上,AI 忽略了社会学、经济学对智能行为的影响,AI 的信息处理观点正在降温,因为它只能解释很少的低层次智能,不能解释更大范围的智能和社会现象。

AI 的社会观点就是把 agent 作为社会环境的一部分,把社会信息及通信作为研究的中心。AI 的社会观点的重要性是明显的,由于计算机网络技术的发展,我们所处世界已从根本上发生变化,信息不再像认知科学认为的那样,是个人独有和被动的,相反,信息变为积极的,支配 agent 之间相互作用。计算机、机器人与人共同组成社会活动的网络,协同求解智能问题。信息交换由 agent 负责,agent 相当于网络系统中的路由器,起交通警察的作用,AI 的社会观点使 AI 翻开了新的一页,向只有人才能具有智能活动的观念提出挑战。

## 1.3 算法危机

(1) 传统算法计算的基础是 Turing 可计算理论,该理论要求所有被计算对象必须满足三个前提:形式化;算法化;复杂度合理化。而复杂计算往往很难突破这三个前提,如形象思维、常识的计算。