

# 智能 Agent 与 Agent 系统

张寅生 唐跃平 (国防科工委指挥技术学院)

**摘要:**随着计算机网络及基于网络分布计算技术的发展,对于多 Agent 系统的研究,已逐渐成为人工智能领域一个新的研究热点。本文从多 Agent 系统研究的需求背景和技术背景,智能 Agent 的定义、特性,多 Agent 系统研究的现状以及发展前景等方面进行了阐述,初步向读者说明了多 Agent 系统的发展概况。

**关键词:**智能 Agent 多 Agent 系统 社会性

## 一、引论

九十年代,随着计算机网络以及基于网络的分布计算技术的发展,对于智能 Agent 及多 Agent 系统(MAS)的研究,已逐渐成为人工智能领域一个新的研究热点,也成为分布式人工智能(DAI)的重要研究方向。

对于智能 Agent 系统的研究,正以其蓬勃的发展态势,逐渐在当今计算机技术的研究领域中,上升到了一个具有重要“战略”意义的位置,Agent 技术也逐渐被人们认为是软件领域中的一次意义深远的突破,究其原因,无非有以下几点:

1. 电子信息技术的发展对常规的分布计算技术提出了许多急需的问题

目前绝大多数的 Internet 应用是建立在客户/服务器计算模型基础上的,即将分布式应用分解为客户和服务端两大部分,服务器只有在接到客户的请求后方能提供服务。这样就使得通过 Internet 进行信息分布和查找的应用不可避免地存在两个问题:(1)信息的提供者不能适时地将信息主动提供给最需要的客户;(2)信息的需求者及客户面对汪洋大海的网上信息,出现“信息过载”和“资源迷向”两种问题。所谓“信息过载”即客户面对主动送上门或已下载的信息难以及时消化;所谓“资源迷向”即客户不知道如何确切表达对网上资源的需求,也不知道如何准确有效地寻找资源。因此用户盼望出现一些能够协助其消化、寻找所需信息的“软件助手”,逐渐能够实现由“人找信息”向“信息找人”的境界过渡。

2. 人们对“人工智能”涵义的理解不断深刻,推动了人们对人工智能的研究不断向 Agent 技术方向发展

在人工智能研究中,人们逐渐发现传统的对人工智能的定义已不适应技术的发展,提出了一种新的人工智能的定义:人工智能是计算机科学的一个分支,它的目标

是构造出能表现出一定智能行为的主体。所以主体的研究应成为人工智能的核心问题。Stanford 大学计算机科学家 Hayes-Roth 在 IJCAI95 的特邀报告中谈到:“智能的计算机主体既是人工智能的最初目标,也是人工智能的最终目标”。主体概念的回归,并不仅仅因为人们认识到,应该把人工智能各个领域的研究成果集成到一个具有智能行为概念的“人”,更重要的是人们认识到,人类智能的本质是一种社会性的智能,而不是脱离社会的人的生理性智能,所以对人工智能的研究必须深入到基于主体概念的社会性智能研究,多 Agent 系统应成为人工智能研究的主要对象。

3. 人工智能与网络技术的发展为 Agent 技术的研究与发展提供了坚实的技术基础

经过几十年的努力,人工智能在基础理论和应用技术方面已经有了相当的积累,但这些成果没有在智能领域形成独立的系统,而分散到其他多个领域“为他人做嫁衣裳”。出现这种状况,究其原因,人工智能没有能制造一个综合集成的智能主体,来集中体现其学科的整体威力。但今天网络应用及网络计算技术的发展正好提供了一个历史的机遇:它为人工智能提供了一个真实的、动态变化的、相互联系与影响的且难以精确预测的复杂信息环境,使得人工智能在现有技术基础上,有可能集成在一些独立自主,协同工作的“智能 Agent”上,在网络世界里大显身手。同时,网络信息世界也为人工智能技术的进一步发展提供了一个天然的试验库。

## 二、智能 Agent

1. 什么叫智能 Agent

智能 Agent 的定义有广义和狭义之分。

。(注:(1)文章中讨论的智能 Agent 来指狭义的;(2)有专家将 Agent 译成“主体”,但由于目前国内对 Agent 还没有一个统一权威的翻译,故本文保留 Agent 的写法。)

广义的智能 Agent 包括人类、物理世界中的移动机器人和信息世界中的软件机器人。

狭义的智能 Agent 则专指信息世界中的软件机器人。它是代表用户或其他程序,以主动服务的方式完成一组操作的机动计算主体。所谓“主动服务”是指(1)在完成操作过程中,智能 Agent 能够主动地去获得有关操作对象的知识及有关用户的意图和偏好的知识,并能将这些信息在以后的操作中加以利用。这一特性亦称之为“主动适应”;(2)智能 Agent 能对一些任务无需用户发出具体指令,只要当前状态符合某种条件,就可以代表用户完成相应的操作。这一特性亦称之为“主动代理”。比如智能 Agent 能够主动替 Internet 用户寻找、收集、存储一些对用户有用的网络信息,而不需用户给它具体指令,当然前提条件是智能 Agent 必须对它所服务的客户有所“了解”和“熟悉”的基础上。

## 2. 智能 Agent 的特性

(1)自主性(Autonomy)。一个智能 Agent 应该是一个独立自主的计算实体,它应能在无法事先建模的,动态变化的信息环境中,独立解决实际问题,在用户不参与的情况下,独立自主地为用户提供一些服务,如索取信息资源等。

(2)代理性(Agent)。代理性主要体现在①代表用户工作②可以对一些资源进行包装,引导代替用户对这些资源进行访问,成为用户便于通达这些资源的枢纽和中介。

(3)反应性(Responsibility)。反应性是指智能 Agent 能够感知所处的环境(物理环境或信息环境等),并能对相关事件作出适当的反应。

(4)主动性(Initiative)。主动性是指智能 Agent 能够遵循承诺采取主动行动,表现出面向目标的行为。比如一个 workflow 管理 Agent 能够按照约定,将最新的工作进展情况主动通报有关的工作站。

上述四种特性,属于智能 Agent 的一些基本特性。随着研究的深入和应用的广泛,一些专业学者对智能 Agent 的概念有一些更拟人化的要求。例如分布式人工智能领域内的学者,要求 Agent 具有知识、信息、意图等认

知特性;CSCW 领域内的学者,要求 Agent 具有更友好的人-机交互方式等等。

## 三、多 Agent 系统 (MAS)

### 1. 多 Agent 系统的产生

多 Agent 系统(Multi-Agent System)是指一些智能 Agent 通过协作完成某些任务或达到某些目标的计算系统。多 Agent 系统的产生和概念的提出,具有其特定的思想基础和技术基础。

Herbet Simo 的“有限性”(Bounded Rationality)和 Marvin Minsky 的“Society of Mind”奠定了多 Agent 系统的思想基础。

Simon 在“Administrative Behavior”一书中认为:一个大的机构把许多个体组织起来,可以弥补个体能力的有限,同样,劳动的分工和每个个体负责一项专门的任务,可以弥补个体学习新任务能力的有限;社会机构间有组织的信息流动,可以弥补个体知识的有限;精确的社会机构和明确的个体任务,可以弥补个体处理信息并运用信息作出决策能力的有限。尽管 Simon 的理论是针对人类社会而言的,但它却为一类新的计算系统的结构奠定了基础。单个 Agent 的智能是有限的,但可以通过适当的体系结构把 Agent 组织起来,从而弥补各个 Agent 的不足,使整个系统的能力超过任何单个 Agent 的能力。

1986年,MIT的著名计算机学家及人工智能学科的创始人之一 M. Minsky 在出的一本题为“Society of Mind”书中,曾试图将社会与社会行为的概念引入计算机中,并把这样一些计算社会中的个体称为 Agent。这是一个大胆的假设,同时是一个伟大的、意义深远的思想突破。1994年,Minsky 在《Communication of ACM》杂志上对 Agent 这个概念作了更明确的说明:“Agent 是一些具有特别技能的个体”,对计算机系统而言,Agent 是指“当你试图说明完成一些任务的机器而无需了解它是如何工作时,即将其处理为黑箱时,就称其为 Agent”。这个说明是从社会和社会中的个体两个方面来规定的。对社会而言,Agent 是能完成一些特定任务的个体,社会不关心它是如何工作的;而对个体而言,则要它们具有一定的技能,否则将不为社会所接受。

分布式人工智能的产生和发展为多 Agent 系统提供了技术基础。分布式人工智能(DAI)的研究始于70年代末期,当时主要研究分布式问题的求解,其目的是在某

种程度上是为了解决计算效率问题。分布式问题求解研究的缺点是在于假设系统都具有自己的知识和目标,因而不能保证它们相互之间不发生冲突。由于分布式问题求解不能处理这种情况,人们就提出了多 Agent 系统的概念。到了 80 年代中期,DAI 的研究重点已经逐渐转到 MAS 的研究上了。

目前随着 Internet 的出现和发展, MAS 的研究已经不局限于 DAI, 而是渗透到计算机网络, 软件工程以及人机交互等领域。

## 2. 多 Agent 系统的体系结构

多 Agent 系统必须找出一种使各 Agent 能够协调工作的适当方法, 这种方法是建立在多 Agent 系统共享资源和各 Agent 自主性基础上的。虽然独立的 Agent 有各自分散的目标、知识和推理过程, 但它们之间必须有一种方法, 能够在相互协调, 互相帮助, 以找到整个系统的目标, 这一过程体现了多 Agent 系统中的“合作”精神。

多 Agent 的合作形式有任务共享和结束共享两种方式:

(1) 任务共享: 是指单个 Agent 可以用最少的通信和全局同步信息完成子问题求解, 任务共享要求对任务进行适当的分解, 比如, 合同网协议正是基于任务共享的;

(2) 结果共享: 是指 Agent 之间通过共享部分结果的形式互相协助, Hearsay-2 采用的就是这种合作形式。

## 3. 多 Agent 系统的特性

多 Agent 系统除了具有个体 Agent 的基本特性外, 还具有社会性、自治性、协作性等特性。

(1) 社会性。社会性要求多 Agent 系统中的一个 Agent 能及时响应其他 Agent 的服务请求, 对自己的行为作出承诺。若一个 Agent 表明自己有提供某项服务的能力和意图, 则当其他 Agent 确实要求它提供服务时, 它应义无反顾地履行职责。

有关专家在研究多 Agent 系统的社会性时, 更深入地提出了针对系统中单个 Agent 的“行为自信度”的概念, 他们对行为自信度定义为: 一个 Agent 能够被其他 Agent 所信任并将动作 K 委托给它执行的程度。同时他们对“行为自信度的修改”提出了五大规则: 自勉规则、鼓励规则、激励规则、信托规则、最佳伙伴规则。这些概念

的定义和规则的提出, 更是形象地表明了多 Agent 系统的社会性。

(2) 自治性。自治性要求在多 Agent 系统中, 一个 Agent 不能强制另一个 Agent 提供某项服务, 除非另一 Agent 有接收该请求的企图。因此, 针对自治性要求, 在多 Agent 系统中还存在着能力与兴趣相制约问题。一个 Agent 发出服务请求后, 其他 Agent 只有同时具备提供此服务的能力与兴趣, 才能接受动作委托。

(3) 协作性。协作性是指在多 Agent 系统中, 具有不同目标的各个 Agent 必须对其目标和资源使用进行协作, 因此 MAS 研究的中心就是参与经济学和社会学的有关理论和模型来处理多 Agent 之间的协作, 通常的协作有: 资源共享协作, 生产者/消费者关系协作, 任务/子任务关系协作等。

## 四、结束语

多 Agent 系统的研究借鉴了社会学、经济学与生态学等学科的思想, 但是, 这还仅仅是人工智能研究的一种趋势和现象, 更为深刻的背景是研究者认识到需要对传统人工智能的研究方法与理论进行反思, 需要对其研究重新定位。其中最重要的问题是, 传统计算系统的封闭性使人工智能模拟智能行为目标受到难以接收的限制, 而 MAS 思想中的个体简单, 但系统结构复杂的开放系统, 将成为解决上述问题的途径。

尽管对 MAS 的研究, 目前还处于初级阶段, 大量问题还停留在理论与方法的讨论中, 但是我们从中已可以看到一些重要的萌芽, 特别是这个系统思想对软件工程专业构成了潜在的挑战, 如面向对象的程序设计就业已有了这种趋势。如果这种挑战在不久的将来成为现实, 那将导致计算机科学的重要革命。

## 参考文献

- [1] 《计算机学报》1998 年第 1 期
- [2] 《计算机世界》1998 年第 4 期 C 版 8 年第 4 期 C 版

(来稿时间: 1998 年 4 月)