

基于 MAS 设计现代信息处理系统:思路与探讨^{*}

Designing MAS-based Modern Information Processing System: Ideas and Discussions

刁力力 胡可云 陆玉昌 石纯一

(清华大学计算机科学技术系智能技术与系统国家重点实验室 北京100084)

Abstract This paper discusses the ideas for designing modern information processing system, in which we emphasize the observation about the advantages and disadvantages while designing large-scale open system using MAS theory. After brief review and analysis about the study situations or limitations of present information processing techniques and DAI/MAS, this paper discusses many problems in the combination between MAS and information processing. Finally, a brand new MAS organization structural model and new ideas for devising information processing systems are put forward with the consideration about the limitations of MAS' organization structure and the strong requirements of feasibility and efficiency.

Keywords Information processing system, DAI, MAS, Agent

一、概述:现状与问题所在

随着 Internet 的蓬勃发展,人类正逐步迈向信息时代。信息社会的最重要标志就是信息爆炸,为充分利用信息,人们需要有方便的手段来对信息进行操作,而且更希望能有自动地利用信息透明地实现人类需求的手段,当这些手段与 Internet 结合起来之后,将会使人类方便地共享信息及网络资源成为可能。这种“手段”具体到实现上和计算机网络系统上,就应当是由计算机软、硬件组成的分布式信息处理系统。进一步,要想真正能够方便人们对信息的需求并自主地利用信息来帮助人类,计算机软件系统必须是智能的,从计算机发展的态势来看,为充分利用网络资源而获得良好的性/价比、可靠性、可扩展性等而将集中式计算转变为分布计算的分布式系统,应是计算机软件系统的主要构成方式^[1]。最近兴起的 Agent 和 Agent Society 研究,反映了这一态势。所谓的 MAS (Multi-Agent-System) 符合上述信息手段的条件,因为单个的 Software Agent 具有智能地为外界(用户)服务的能力,而多个分布的 Agent 组成的 Society 还可以相互合作完成复杂任务,充分利用分布式资源。因此,我们认为,一个开放的、智能的、分布的、处理包含多媒体信息在内的多种信息的信息处理系统应当是一个 MAS,从目前 MAS 研究现状来看,研究主要局限于 Agent 及其系统行为的分析和建

模、自适应、矛盾处理和冲突消解等理论方面^[2]。这些方面的研究成果既理论极为复杂,且又极为不完善,不可能把 MAS 的想法物化为能切实为人类处理信息提供帮助的真实软件系统。当然,也有一些实用系统的存在^[3],但它们都是建立在不完善或有根本缺陷的 MAS 理论之上,而且实现的只是部分的或片面的 MAS 功能,难以真正实用或充分发挥 MAS 的效能,那么,是否我们就必须等待 MAS 的理论完善后才开始实用化呢?实际上理论和实践是相辅相成的,我们应该边进行理论研究,边进行试验,以进一步推动理论的研究进展,关键是要拥有一个试验平台:一个开放、易于实现的 MAS 框架结构。这种 MAS 的框架结构/组织研究是与对具体 Agent 及相互之间交互细节研究不同的另类研究方面,即二者可以分开。目前对 MAS 组织结构的研究进行得不多,主要成果有合同网组织结构、DVMT、AOS 模型等,但它们都有各自的局限性,基本上还不能实用。另外,虽然现在存在的很多所谓“Software Agent”其实并没有多少真正的智能,但毕竟它已构成了自主 Agent 的基础。所以,我们应该考虑采用能方便地利用现有成果的 MAS 框架。

二、信息处理技术

2.1 信息:知识、数据及其他

从广义上讲,信息可以指一切有意义的,或说对人

^{*} 本文得到中国国家自然科学基金重大项目(编号:79990580)、中国国家重点基础研究发展项目(编号:G1998030414)和清华大学信息学院基础研究项目资助。刁力力 博士研究生,胡可云 博士研究生,陆玉昌 教授,石纯一 博士研究生导师,教授。

类有用的表达,它可以有多种存在形式,从最原始的数据信息到能描述或代表某些事实或看法的知识信息,从最简单的数字信息到千姿百态的多媒体信息,构成了现在分布广泛的信息社会,这些异构的信息具有不同的特性,很难用统一的方式来与之打交道,而作为信息的最终制造者和受益者的人类,却希望能有尽可能简单和一致的方法来操纵异构的信息,这样,就导致了以人类辅佐身份出现的信息处理系统的诞生,但是,不论从理论上还是实践上,这些信息处理系统都不能完全达到人类需求,人类需要的是能主动提供服务帮助人类需求实现的智能系统,而不能只是被动的辅佐。

2.2 信息的存储手段及控制:数据库、知识库等

存放数据信息及知识信息的介质/手段我们抽象地统称之为数据库和知识库,数据库的实现手段很多,比如文件系统,关系型数据库系统,面向对象数据库系统等,知识库里的知识虽然具有抽象的意义,但归根结底到存储时,也必须以具体的数据方式被存储,只不过有不同的知识表示机制罢了,由于信息时代信息的分布特性,信息源不可能只局限于某处,而应当是分布的、独立运作的,因此,需要实现在分布式环境下各种信息的存储、访问、查询、编辑等功能,此外,包括多媒体信息在内的多种信息模式的不断涌现,对分布式信息处理系统提出了新的挑战,它要求支持丰富的数据类型,支持对象的同步,支持复杂对象的查询以及基于非格式化数据的查询,并具有高效的存取数据的物理存储结构与逻辑组织结构等,这样一方面要求加深对信息存储手段—数据库和知识库的深入研究以使其有更强大的适应力和功能,更重要的是研究什么样的信息处理系统能无缝地将分布式信息源组合到一起,能够开放和智能到灵活地处理新的信息模式及意外情况,能够最大限度地利用现存的各种分布的信息处理手段等问题。

2.3 分布式信息处理技术

CSCW(Computer Supported Cooperative Work)是一种将人类合作行为模式与计算机支持技术融为一体的新兴技术,即在计算机技术支持的环境下,一个群体协同完成一项共同的任务,CSCW系统构建的主要目标是信息共享和工作协同^[4],CSCW为信息处理提供了一个重要思想,整体协作,实际上,分布式信息处理系统的最终目的就是为人类提供尽可能的服务,包括使人类工作组间的合作成为可能,但是CSCW仅是人类对信息处理需求的部分方面,人们既追求针对性强的高效任务协同,也追求无明确目标的隐式合作;既追求工作组间互相了解的不透明合作,也追求被系统屏蔽掉的透明合作,等等,可以说,如何建立一个全面开放、合作能力强、能适应包括CSCW在内的多种信

息处理及合作需求的分布式信息处理系统,将是满足人类对信息处理需求的关键,而CSCW的很多研究成果也应该可以方便地用于该系统,成为该系统理论和实践的部分基础。

三、DAI和MAS

3.1 DAI研究

DAI(Distributed AI,分布式人工智能)是人工智能研究的一个重要分支,DAI系统由多个智能体(Agent)组成,每个Agent又是一个半自治系统,在Agent之间以及Agent与环境之间都是并发的,需要进行交互,DAI研究的主要内容就是这些并发Agent的构造,协调及有关技术^[5],MAS是DAI研究的主要方面,它着力于解决知识与行为的社会性问题。

3.2 Agent和Agent Society

Agent是自治的、有目标的行为实体^[6],它能作用于自身和环境,并能对环境作出反应,一般来说,Agent应具有知识、目标和能力,实际上,Agent的定义在不同系统中有很大差别,Agent知识的多少、能力的大小,可以灵活变化,Agent Society或MAS是多个Agent及使它们联系起来或共同存在的环境的综合。

我们为什么要研究Agent Society,或说MAS呢?因为MAS优于仅由单个Agent控制的系统,设计一个Agent,使它具有足够的能力来控制其环境,这存在许多困难:首先Agent必须处理众多不确定的相互矛盾的信息,其次它必须处理多个上下文相关的、冲突的目标,最后Agent必须把它的目标与自己受限的感知和行为能力相对应,然而,为解决上述困难,MAS是一次质的飞跃:首先,通过与其他Agent通讯,可以开发新的规划或求解方法来处理不完全的、不确定的知识,第二,通过Agent间合作,多Agent系统不仅改善了每个Agent的基本能力,而且从Agent的交互中进一步了解社会行为,第三,MAS使用了模块化风格组织系统,如果说模拟人是单个Agent的目标,那么MAS则是以模拟人类社会作为最终目标的。

3.3 MAS的组织结构

3.3.1 MAS组织结构研究的主要内容 MAS的组织结构是指系统中Agent之间的信息关系和控制关系以及问题求解能力的分布模式,它是结构和控制的有机结合,通过对角色、行为预期和控制关系的定义提供Agent活动和交互的框架,组织结构涉及几乎所有的DAI基本问题,它是某些基本问题研究的基础,或是直接提供解决某些基本问题的方法。

如何根据需要选择适当的组织结构是建立MAS的一个关键问题,在组织结构研究中应当吸取社会学、经济学和管理科学的理论,类比人类的组织模式。

MAS 的组织结构与人类的组织模式有着可类比的关系。从宏观来看,两者都存在任务、资源和信息的分配;从微观来看,H. A. Simon 的有限合理性理论表明,两者都要为解决更复杂问题而不断改进组织结构。

在组织结构的发展和演变过程中,复杂性与不确定性是两个起相反作用的因素—复杂性的增大促使组织结构从层次向市场发展,而为了减少不确定性,组织结构应更具层次性。考虑到大规模系统的建立以及实际应用的需要,可能结合层次与市场的 MAS 组织结构将会更具有优势。

3.3.2 典型的 MAS 组织结构模型及其评价

·合同网:合同网的系统目标是进行随机自适应的任务分配。它引入了市场中的招标-投标-中标机制,实现了问题求解组织结构的动态构造。合同网在形成组织时由于必须在大量基于市场的平等的 Agent 间进行选择,或说协商,以决定最佳的任务分布策略,这就使形成组织的过程异常复杂,或说花费非常高,因为 Agent 间必须有频繁的通讯,这一点在 Agent 数目较多时尤为突出,也由此限制了系统的规模和能力。合同网除了问题解决能力限制外,还有效率及可靠性方面的问题。虽然有一些对它的改进工作,但都以牺牲系统的灵活性为代价。可以说,合同网模型不适合于大规模系统。

·DVMT:DVMT 由一些同构的 Agent 组成,每个 Agent 都是功能强劲的系统,Agent 间关系由地理分布形成。与合同网不同的是 DVMT 是一种 FA/C(功能精确/协作)的求解模型,它面对不完整不精确的数据,通过协作来消除不确定性,得到一致解,DVMT 具有多元团体的组织结构。

·Actor 系统和 AOS:开放信息系统与计算生态学从开放并发的角度来研究,与传统的 DAI 研究注重知识的作用相比,更注重组织结构的作用。有代表性的应是 Actor 系统和 AOS(Agoric Open Systems)。Actor 系统包含两部分:唯一的计算实体 Actor 和用于 Actor 创建、破坏以及消息传递的操作系统。Actor 模型的本质是并发,也实现了动态重构,其局限性只来自计算结构本身和硬件资源的有限性。M. S. Miller 和 K. E. Drexler 分析了市场与计算问题,提出了一个理想的系统模型 AOS,他们认为,对于涉及目标、资源和行为的系统的计算问题可以从经济学的角度来看待,使用市场机制是计算模型从集中向分散的控制与行为模型发展的自然结果;贸易与价格机制能够将局部决策合并为全局有效行为,显示出在大系统计算组织上的重要价值,市场生态系统非常适合成为开放系统的基础。AOS 研究主要针对语言和操作系统级进行,但该模型的思想对 MAS 系统有重要意义。Miller 和 Drexler 认

为,计算市场模型应具有以下基本性质:(1)对象封装。(2)价格机制与交易,(3)自发的秩序。(4)命令与价格机制的结合。(5)信誉的作用。对开放的 MAS,Actor 和计算市场是两种可供选择的组织结构模型。Actor 模型是在抽象机系统上定义的,有着严密的理论基础。它通过创建新的 Actor,带缓冲的异步消息传递以及替代行为达到最大限度的并发,并能实现动态重构,表现了 Actor 模型的强大功能和潜力。但是,由于 Actor 模型没有考虑硬件资源的有限性,建立系统也必须在 Actor 环境下进行,很难在现实中得到应用。目前 Actor 模型更适合处理细粒度的并发计算问题,对于 MAS 系统中大粒度问题求解,具有很大难度。它不适合大规模开放系统。

计算市场模型是系统复杂性与不确定性增大到一定程度后的必然要求,它充分体现了 DAI 系统的分布性,强调最大限度地发挥每个 Agent 的智能,并通过市场价格机制将局部决策集成为全局有效的智能行为,因此,计算市场更应引起重视,AOS 的思想至今未能得以实现,这是因为它过于庞大的组织模式和过于复杂的价格体系。还有其他原因。它视价格为调节任务分布的最主要杠杆。实际上,还有很多影响资源分配的因素,如时间、效能、完成任务的质量、地理位置、偏好和情绪化因素等。很多因素不能精确地统一到价格上去。对真正开放和自治的系统,实现全局价格简直是不可能也不必要。实际上,大市场只能是各区域经济的松散联合。因之,AOS 的全局价格阻碍了其真正大规模化和开放化。AOS 规定在市场交易中实行价格机制,在组织内部实行命令机制,这都是有一定道理的。它使层次和市场在一定程度上得以结合,将会拥有较好的性能,但这样的规定也会有不灵活的问题。实际上市场交易时也可能会有命令(行政)手段,组织内部也可以有价格手段(如激励成员竞争)。真正开放和灵活的系统应当能够允许有各种不同的交往手段并可以灵活运用。还有,AOS 的 Agent 与组织的界限不明确,这里的 Agent 和组织都可以参与市场交易,那么,它们有什么差别呢?组织是 Agent 的简单集合呢还是另外一种智能体的概念模型?不管是哪种情况,系统中每个智能体都必须要有两套交流策略,一是作为独立市场参与者基于价格机制的策略,一是作为组织管理者或组织成员所使用的基于命令机制的交流策略。这就增加了 AOS 中智能体行为的复杂度和不确定性,也因此影响到了系统的效能。可以看出,AOS 缺乏有效的层次结构。没有好的层次结构,整个系统就会在一定程度上呈现无序,也影响到系统的功能和真正大规模化。

另外,组织结构的自适应(包括自组织和组织动态重构)也是 MAS 组织结构研究中的重大问题。上面提

到的 MAS 组织结构模型基本上都可以在一定程度上实现问题级自组织或系统级动态重构,但均有不够灵活或组织重构代价高等缺陷。同时,很多有关 DAI 和 MAS 的具体研究因为缺乏现实的实验系统而不能进一步深入,如何提出符合开放、灵活、耗费省、功能强、可靠性好等要求的易于实现的 MAS 组织结构应是研究的重点。

四、MAS 在信息处理中

随着现今软件设计和系统研究的发展,软件日趋并行化和智能化,计算机系统日趋大规模化、分散化。随着计算机网络软硬件技术的不断完善,对信息处理分散合作的需求不断增加。同时,随着计算机应用的范围不断扩大,信息种类也越来越繁杂,软件系统的功能和操作也越来越复杂,这都使我们意识到需要有真正的、全面面向用户的新系统的出现。人类需要的是能主动提供服务帮助人类需求实现的智能系统,而不能只是被动的辅佐。MAS 也正是部分出于这种需求而建立起来的对分布式智能系统进行深入研究的学科,而且也只有 MAS 思想能够有可能全面地解决网络软硬件资源、分布式知识源和数据源等的全面无缝利用,以及在松散耦合分布的环境下产生的例外等意外事件造成系统的不可靠和鲁棒性方面的问题(系统中的智能体应有处理意外、维护系统正常运作及目标实现的能力和智能)。以 MAS 思想为基础建立起来的信息处理系统也因此比一般系统具有独到优势。由于要建立的是实用的信息处理系统,而且由前面提及的 MAS 研究的不足,这样的系统需要具有新的特点或要求:(1)必须要实用。走出实验室的 MAS 必须克服过于理想化的问题,其控制必须简化以到达高效;在不损害系统能力的前提下,也可以考虑牺牲智能体的某些自主能力及灵活性以换取好的稳定性、可靠性和性能,等等。(2)实现过程要尽可能简单,功能要尽可能强。(3)必须要有开放的、灵活的系统控制机制。用户应该有决定系统的规模、功能、容量等。他们甚至可以独立地设计并往系统中加入反映其喜好的智能体为其服务。(4)系统必须要有强大的信息处理能力,不论是对知识信息还是多媒体等数据信息。真正开放的大规模分布信息处理系统还必须与 Internet 结合,必须依靠 Web 技术直接对用户提供服务,必须要借助于 Internet 上的通信方法和协议来实现信息处理系统内部的通信交流和合作。通过 Internet 的作用,使网络上分散的各种资源,如知识源、数据源等信息源,各种软硬件资源,通过该信息处理系统松散地连接到一起,而该系统也因此有了解决问题的更强大能力,使基于 Internet 的全球信息处理大系统成为可能。总之,以 MAS 思想为基础

建立大规模开放信息处理系统,从理论和实践两方面都使人类对信息处理的需求的满足成为可能,具有深刻的现实意义。

五、一个新的基于 MAS 思想的信息处理系统设计思路

在详细讨论这个问题之前,让我们先考虑有关智能体方面的问题。

最近刮起了一股 Agent 旋风,如 Apple 公司的知识浏览器,已经使诸如“若程序无智能、不 Agency 化将没有任何前途”的思想流行起来。在不远的将来,用户们将不再需要为信息搜索而使自己陷入数据的沼泽中。智能 Agent 将会在合适的时候把合适的信息以最易理解的形式呈献给用户,这一点虽非尽善尽美,但却比以前前进了一大步。按目前研究思路至少有三种基于 Agent 的软件系统概念出现:Agent 是能在网络上传送并在远地机上运行的程序;Agent 是在固定机上运行以提供服务的程序;Agent 是帮助用户执行任务的程序^[7],上面提到的系统模式没有一个能真正智能地完成当前复杂的信息处理任务。它们缺乏自主性。这也是很多传统应用的致命缺陷。对 MAS 而言,每个 Agent 的自主是与传统分布式应用区别的最关键点,也是具有优势的一点。Agent,作为开放智能信息系统的计算单元,应当能自主地决定下述的精神状态:什么是好/坏;下一次该做什么及如何作,或如何对来自外来的包括任何地方任何时候都可能发生的物理和逻辑事件及其他 Agent 故意产生的刺激作出反应,以及如何刺激其他 Agent^[8],等等。

在 MAS 领域中有很多的解决方案。在详细考察多种思想之后,我们认为,计算市场模型虽不易实现,但其思想部分迎合了复杂信息处理系统的要求。但是我们必须结合真正可行和实用方面的考虑,克服原思想的缺陷或局限,才能设计出真正开放实用的信息处理系统框架来。

5.1 Agent 设计

现在很多 MAS 的研究集中于如何设计有广泛用途的 Agent。因此,要建立 MAS,必须从零开始设计各个系统成员(智能体),包括用于特定需要的复杂逻辑控制。这种思路有以下问题:虽然研究在建立 Agent 和 Agent Society 以及协商/协作的理论机理方面取得了很大的成果,但是一来这些理论和策略太复杂以致不能实用,二来它们还远未到达成熟。没有人能够推出能获得普遍赞同的完备的 MAS 理论——至少在可预见的将来,因此,这样建立的 MAS 系统在通过 Agent 合作以实现目标的有效性和可靠性方面都值得怀疑。此外,全部编写针对特别事务的逻辑控制部分耗费的人力、物力资源都相当多(考察当今软件设计成本即可

看出),系统的设计周期也很长。同时,要使逻辑正确无误需要长时间的检验,更推迟了系统的投入使用。如果有经检验运作良好的也针对该领域的传统应用程序存在,为什么不考虑使用它们呢?在我们看来,新系统体系结构的优势之一就应当是集成 MAS 和传统应用软件,众所周知,几乎所有的软件应用都分别用于不同领域,正如以前提到过的,如果新的信息处理系统仍能保留并使用这些已有成果,甚至可以开放到打破领域限制把这些应用通过系统松散地集成到一起,使之相互共享,那么这种系统的开放性和功能都能有新的突破。另外,大系统的设计和实现不应该只依靠单个或特定的系统设计者来完成。它应该开放到由分散在各地的设计者(或用户)往系统中自由地添加或删除组件(智能体软件),即系统分散控制,动态且灵活。进一步地,如果我们新的信息处理系统中的各组件(智能体)都精心设计为有通用意味的事务单元的话,整个系统就将呈现出对复杂环境和需求更强的处理能力。

可能有人会怀疑:传统应用能够表现出智能吗?它们能够在 MAS 中象拥有精神状态的 Agent 一样行动吗?坦率地说,传统应用在任何体系结构中都不可能以 Agent 方式运作,因为它们没有预定义的通信和合作协议,以及其他一些致命缺陷,如自主性,心智状态等。因此,把传统应用直接用于 MAS 没有任何用处,更不用说使系统具有智能了,让我们换一种思路考虑:尽管很多已存在的软件不能表现出智能,那些可以灵活使用传统应用功能的程序应该表现出了一定的智能,这样的程序就象支配“傻”的传统应用的“大脑”一样,如果真正智能的“大脑”能和“傻”应用——专门事务控制逻辑结合到一起,这种混合体我们认为就是一种软件 Agent^[1]。而这种智能的“大脑”我们也称之为“Agent Shell(外壳)”。当然,也不应排斥按理论严格建立起来的 Agent 存在。我们理想中的开放的信息处理系统应当同时可以容纳“纯”的 Agent(按传统理论严格建立起来的 Agent)和“混合”Agent(Agent 外壳和传统应用的结合)。上面提到的“混合”Agent 和“纯”的 Agent 从软件 Agent 级来看没有什么区别。“混合”Agent 的“大脑”部分实际就是“纯”的 Agent 的主要智能部分。因此,“混合”Agent 也可以呈现出心智状态、自主性等智能。换句话说,我们认为,“大脑”可以和专门事务的控制逻辑——可以看作和“技能”相似的东西——分离开。对照人类社会,在人才市场上,智力(大脑)和能力(专业技能)是选择的两大基准。一般地,如果我们可以使所谓“Agent 外壳”代表 Agent 的智能部分,专门事务处理控制逻辑和规划等作为 Agent 的能力部分,我们就可以找到构造 Agent 的统一形式,那就是,使 Agent 分成两部分:智能部分和能力部分。因此,在有相应可靠的传统应用存在时,Agent 的设计者们就不用管 Agent 对特定领域具体事务处理的实现方法,他们只需

要设计和处理、维护与其他 Agent 的交互、合作,管理自身状态和行为策略的智能部分即可。具体事务处理是基于智能理论的还是传统的方法并不重要——关键是 Agent 整体上具有了智能体的特征,这才是 MAS 的基础,因此,设计者可以自由地选择是采用传统应用呢还是用更高级的方法。这样的系统将比一般的 MAS 系统更开放、更可靠,而且设计周期短。随着系统完善到一定程度,其对复杂环境的灵活适应性未必就差。

从上可以看出这种开放智能系统的好处,结构灵活是其代表之一。

5.2 组织结构设计

让我们进一步考察 Agent 自身的定义。Agent 的概念至今仍有争论,基于已有成果,比较流行的说法是,Agent 是和人类相对应(或仿照人类)的一类智能实体,它有在复杂易变的环境中不需外部干涉,以自己的方式观察理解环境、自主处理复杂事务的能力。也即:在某一环境中持续自主发挥作用,有生命周期的计算实体。由此,这样的实体可以动态地根据情况需要控制,分配新任务给另外的 Agent,如合同网结构等。假设一个 MAS 中同时有许多不同的目标需要达到,这个系统将会有什么样的情况出现?有较低计算复杂度的目标可由单个 Agent,但大多数的目标也由于计算复杂度的原因不得通过多个 Agent 的协作来达到,这样,系统中所有的 Agent 都以平等身份进行竞争和协商,最后达到全局平衡。假设该 MAS 中 Agent 数为 n ,则 Agent 级的协商/竞争次数为 $O(n^2)$ 。随着 n 的增加,整个系统计算复杂度(包括协商次数及处理效率等)也随之大幅度增加,从而影响整个系统的工作效率,花费大量时间响应。即使我们可以设定协商时间和步数的限制,并不考虑由此带来的协商质量和效果,每个 Agent 仍需全面了解其所处的环境,包括其他 Agent 的条件、状态、能力等。于是,每个 Agent 都有更多竞争者,有更多的选项或方案供其选择合作伙伴或加入每个协作组(为一定任务而暂时协作的平等的 Agent 集)。这种平等 Agent 集方式组成 MAS 不适合于面向任务域,而实际系统基本上都是面向任务域的。在此域中,对请求的响应质量和效率应当有保证。除此之外,处理结果的一致性在大多数情况下也应当是重要的,也即,如果请求是相同的或相似的,则结果至少也应是相近的。但在传统 MAS 中,由于 Agent 间合作结构或方案甚至 Agent 自身都是极其复杂易变而导致不确定和不可靠,这一点(一致性)很难得到保证。实际上,从市场经济学的角度来看,直接在市场上发挥作用的是公司,也即人的组织。这种组织体现人的意志,也是一种智能体。但它和人这种智能体本质上是不同的。而正是公司和人这两种协商的智能体形成了市场上的大多数活动,此外,正如经济社会中存在等级一样,智能体间也是有层次关系的。“组织”这种形式可很

好地表示这种层次关系,试想如果 MAS 中的 Agent 间功能有层次关系,而协商和合作地位却平等,根据上述分析,这将导致 Agent 间关系混乱和难于控制,加大了建立理论和实际系统的难度。

总的来说,考虑在开放智能信息系统中接受“组织”的概念可以获得效能和实用性。这里所说的“组织”和“个体”实际上都是符合一般(传统)要求的智能体。只是“组织”侧重于管理各种关系(对外/对内)和任务分配,而“个体”智能体侧重于具体事务处理。如果把“个体”看作社会中的个人,把组织看作经济社会中的“公司”的话,我们就可把这种 MAS 看作市场经济社会的一种缩影,这和 Miller 等的 AOS 思想有相似之处,它使建立大规模分布复杂智能系统成为可能。这里的“组织”应当在系统级提供灵活而稳定的面向(复杂)任务(或激励)的服务(或功能)。它可以以接受刺激或任务的形式对计算市场上发生的事件作出必要反应,并对自己的行为负责。在我们看来,“组织”不能只是“个体”的简单联合;它“建立”于“个体”Agent 集上,表现的是与个体 Agent 不同的,或说是更高级的智能。正如公司汇聚一批精英,但却由公司出面进行市场交易创出品牌提高收益一样,“组织”应当对外进行交易,接受任务,对发包方负责;同时对内负责协调各下属(“个体”Agent)间关系,按才能分配任务以确保最大限度发挥个体 Agent 的作用。总之,在 Agent 系统中退出“组织”和个体 Agent 概念,并将之严格区分开是有好处的。

上面我们提到过,好的开放式系统应当灵活到允许已有应用程序经最少量的移植花费方便地嵌入到该系统中,有一点我们想要补充的是,好的开放式智能系统其整个动作方式应当是分散控制,但是也应当有能够对整个系统进行宏观调控的机构或机制,以在一定程度上实现对资源流向的控制;好的开放式智能系统实行地方自治。各个地方内部的自治策略和规则(包括智能体的构成形式,智能体间关系,通信语言及协议等)均可依据各自情况独立选择和建立,各个地方间的交流(策略和方式)也可以局限在地方联盟的范围内一致,不必全局一致;智能体应当是具有一定心态和技能的软件实体,而这里的技能可以通过类似培训的方式由设计人员(或用户)独立添加进 Agent,实现 Agent 求解能力的确定(有针对性)和动态转化。这样的 MAS 可以大大简化系统的复杂度,提高效率,使 MAS 系统真正可以进行分散独立设计,真正可行。为建立或扩展该系统,各独立的软件设计者仅需精心设计具有通用可能的原子逻辑处理模块(可以是某一控制对象)即技能,再通过一定方式加入到空闲 Agent(个体 Agent)中;对新的用户需求,根据系统规则,建立响应外界请求并负责组织个体 Agent 合作处理的组织 Agent 即

可。可以看出,这样的系统既具有理想 MAS 的智能和自主的优点,又能为现实世界提供可行的环境,具有理论和实践方面的双重价值。

结束语 本文讨论了现代信息处理系统的设计思路,重点考察了用 MAS 理论设计大规模开放系统的优势与不足。文中提出了改造现有 MAS 组织结构的新的设计思路,使得设计出的系统能体现出 MAS 智能、灵活、鲁棒的特点,同时又可以兼顾实际应用系统的易于实现性和对效率的要求。一个基于上述思想实现的实际应用系统是多用户知识协同管理系统 SB-NT1.0(Smart Board New Technology 1.0),它是日本 FUJI XEROX 公司信息技术研究所 ITDC 研究和开发的智能文档处理系统的核心部分及实现基础。SB-NT1.0 是对该思想的可行性和性能的一次有益测试。另一个例子是支持宏观经济决策的人机集成研讨体系的计算机支持环境 EDSS(Economic Decision Support System)——它的设计也可以采用上述思想,从而体现出其在开放性、灵活性、鲁棒性和效率等方面的优势^[10]。以后还会不断有新的应用例子出现。

参考文献

- 1 Mullender S, et al. Distributed Systems. ACM Press & Addison Wesley Publishing Company, 1989
- 2 石纯一、王克宏、胡蓬,刘和云、康小强,等. 分布式人工智能进展(一). 清华大学计算机系, 1994
- 3 Schuwuttke U M, Quan A G. Enhancing Performance of Cooperating Agents in Real-time Diagnostic Systems. IJ-CAI-93, 1993. 332~337
- 4 谭郁松、王晓东、周兴铭. CSCW 研究中关键技术分析. 计算机科学, 1998, 25(3). 34~37
- 5 石纯一、王克宏、王学军、康小强,等. 分布式人工智能进展 模式识别与人工智能(PR & AI), 第8卷增刊. Dec. 1995
- 6 Wobcke W. Agency and Logic of Ability, Agent and Multi-Agent-Systems-Formalisms, Methodologies, and Applications. LNIA 1441(Lecture Notes in AI), 1997. 40~42
- 7 Cohen P R, Cheyer A, Wang M, Baeg S. An Open Agent Architecture. Readings In Agents. MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, INC., 1997. 197~204
- 8 Shohamand Y, Tanka K. A dynamic theory of incentives in multi-Agent system. In: Proc. of the 15th IJCAI, 1997. 626~631
- 9 熊郑,高文. 软件 Agent 计算机科学, 1996, 23(1): 10~13
- 10 DIAO Lih, LU Yuchang, SHI Chunyi. Using ODIIPSA98 to Design the Computer-Supporting Environment for Integrated Human-Machine Discussion System. In: Proc. of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation, Press of University of Science and Technology of China, 2000, 1. 258~262