

Agent Grid 技术研究初探^{*}

张英朝 张维明 肖卫东 沙基昌

(国防科技大学管理科学与工程系 长沙 410073)

Initial Research on Agent Grid

ZHANG Yin-Chao ZHANG Wei-Ming XIAO Wei-Dong SHA Ji-Chang

(Department of Managing Science and Engineering, National University of Defence Technology, Changsha 410073)

yingchao-zhang@sohu.com

Abstract The term "Grid" is increasingly appearing in computer literature, generally referring to some form of system framework into which hardware, software, or information resources can be plugged, and which permits easy configuration and creation of new functionality from existing resources. In this article, first, we introduce the concepts of Grid and Agent Grid based on our own understanding. Then we compare Agent Grid with the traditional Multi-Agent System to make the concept and characters of Agent Grid much clearer. Next, the key techniques of Agent Grid, such as Agent Grid System Architecture, System Models, Intelligent Agents and Agent-Based System Resource Management, are thoroughly illustrated. Finally, we briefly discuss the future applications of Agent Grid.

Keywords Grid, Agent grid, MAS, Key techniques, Applications

1. 引言

Grid 的研究和发展源于高性能计算领域,最初目标在于解决高性能计算对于计算机计算能力所提出的越来越高的需求。Grid 是信息技术一个全新的研究领域,其内涵与概念还很不完善,业界关于 Grid 的观点很多,本文概括为以下三种:

- 中间件观点^[1]。Grid 实际上是一个中间件,现有的资源,诸如网络、超级计算机、服务器、操作系统、数据库、文件系统等都是 Grid 的底层设施,Grid 之上是应用程序,这些应用程序通过 Grid 调用、共享资源来完成任务。

- 网络操作系统观点。Grid 中资源管理的概念与传统操作系统类似,其本身就是一个巨大的网络操作系统。

- 第三代 Internet 观点。Grid 的硬件和软件技术将能够把所有计算资源和信息资源联为一体,透明而且高效地提供各种服务,最终目标是将整个 Internet 整合成一台巨大的、虚拟的超级计算机,实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、知识资源、专家资源的全面共享,提供各种信息服务。

我们认为,Grid 基本上就是一个集成的机制或概念,这个概念可以应用在计算机系统的各个层次中,即:计算(computation)、数据(data)、软件(software)、主体(agent)和人(people)。在 Grid 中体现的集成特性主要包含以下几个方面^[1,2]:

- 资源集成异构性。Grid 所集成的资源包括各种硬件(计算机、存储设备等)、软件(数据、文件等)、物理的和逻辑的资源。

- 用户透明性。Grid 将通过网络联接的资源无缝集成在一起,共同来完成某个特定的任务(作业),呈现给 Grid 使用者的将是一台虚拟的超级计算机。

- 集成方式高度灵活性。可以满足各种不同的应用需求。
- 通过某种互联的机制将多种资源联入 Grid 的能力。Grid 具备网络的基本特点。

- Grid 中的参与者有使用 Grid 中任何资源(本地和异地资源)的能力。

- 集成机制具有组合 Grid 中的资源来形成新的组合资源的能力。

与之相对应,本文认为 Grid 所应具备的能力^[2]包括以下几点:

- 维护自身状态的能力。包括描述系统可用资源的静态元数据,以及描述系统当前状态的动态元数据,Grid 的功能越丰富,其元数据也就越丰富。

- 发现新入网资源的能力。

- 将资源与需求匹配的能力(包括资源组合与需求组合);资源监控与优化的能力。

- 系统具有一定的智能性。

Agent Grid 是由美国 DARPA 在 CoABS 项目中率先提出的一种新型 Grid,其主要目的是为了增强基于主体系统(ABS)的交互操作性和通用性。根据 DoD 的观点,Agent Grid 技术主要用于解决现有美军军用信息系统中存在的下列难题^[3]:

- 减少指挥控制系统中花费在操纵“烟囱”系统(即互通、互联、互操作性极差的指挥控制系统)的时间,进而以更为可靠的、灵活的主体系统替换现有的“烟囱”系统。

- 增强现有 DoD 信息系统设备的互操作性,提高系统资源的共享程度。

- 简化未来不确定战场环境中快速集成各个系统的难度,以适应未来战争需要。

^{*} 国家自然科学基金资助项目(批准号:60003013)。张英朝 博士研究生,主要研究方向为信息系统工程、信息管理与智能决策支持技术。张维明 教授,博士生导师,主要研究方向为信息系统工程与智能决策支持技术。肖卫东 副教授,硕士生导师,主要研究方向为信息系统工程与信息管理。沙基昌 教授,博士生导师,主要研究方向为指挥自动化系统。

- 减少系统复杂度,增强主体系统智能性。
- 用于解决数据风暴和信息匮乏问题。

目前,Grid 的研究主要集中在美国和欧洲。英国政府已投资 1 亿英镑,用来研制“英国国家 Grid (UK National Grid)”。美国政府用于 Grid 技术基础研究的经费则已达 5 亿美元,其军方重点投资于 Agent Grid 技术研究。国际上,学术界关于 Grid 的研究主要面向科学计算和数据集成。国内,中国科学院计算技术研究所对 Grid 技术的研究已较为深入,研究的最大特色是提出了“服务 Grid”的思想^[1]。

关于 Agent Grid 的研究国内尚未深入开展。我们在深入了解 Grid 及 Agent Grid 的概念与基本特点基础之上,首先将 Agent Grid 与多主体系统(MAS)进行对比以进一步明确 Agent Grid 的概念、自身特点及其与 MAS 的区别,进而基于自己的理解提出 Agent Grid 研究中的几项主要关键技术。

2. Agent Grid 与 MAS 的比较及其特点

人工智能技术研究在于解决大型、复杂的现实问题,而解决这类问题已超出单个主体的能力,多主体系统(MAS)正是在这种背景下产生的。多主体系统的典型特性^[5]如下:

- 每一个主体具有有限信息资源和问题求解能力,缺乏实现协作的全局观点。
- 系统不存在全局(Global)控制,即控制是分布的。
- 系统知识与数据都是分散的。
- 系统计算是异步执行的。

MAS 涉及研究范围较大,目前其研究内容^[5]主要为:

- 关于主体的研究。主要探讨多主体系统中各类主体的结构、知识和行为等个体方面的性质。
- 关于多主体系统群体协作技术的研究。主要探讨多主体系统的整体性质,研究内容包括 MAS 的结构和组织(Organization)、主体间的协调(Coordination)、连贯行为(Coherent Behaviour)、协同(Cooperation)、协商(Negotiation)、多主体规划(Multi-Agent Planning)、相互作用与通信等。
- 关于一些特定系统组织方法的研究。如开放系统、多主体组织设计、类市场机制、自主主体、智能协同信息系统等。
- 关于多主体系统设计及开发方法的研究。如建造 MAS、测试床、设计工具以及 MAS 应用的方法与实现技术等。

大多数情况下,Agent Grid 是基于现有 MAS 进行构建的,作为一种特殊类型的 Grid 系统,首先,它具有普遍意义上的 Grid 的所有基本特点^[1],简要描述如下:

- Agent Grid 是一个分布式的电子环境,人作为 Agent Grid 的重要组成部分。
- 当主体进入 Agent Grid 时,主体获取整个 Grid 的状态信息并且调整自己的活动以使得自身活动和整个 Grid 的活动融为一体。
- Agent Grid 中包含计算机和其他资源,并且允许本 Grid 中的资源被其它 Agent Grid 中的主体调用。
- Agent Grid 时刻均衡本 Grid 中的所有资源及负载,Agent Grid 系统的目标由系统中主体协调统一实现,并且对于不同任务赋予不同的执行优先权。
- 不论何种类型的主体(包括人和设备),一进入 Agent Grid 马上就成为该 Grid 子系统中的一部分,当主体离开 Grid 时(或处于休眠、关机状态),Grid 将为该主体离开和下

次重新加入本 Grid 做好相应准备。

- Agent Grid 具备将异类组件主体合并成一个一致主体集合的能力。
- 人和主体可以在任何时间、任何地点接入 Agent Grid 以获取所需要的信息和功能服务。
- Agent Grid 支持主体与用户进行交互、包装数据源、过滤信息、计划和执行任务和主体间的协调。
- Agent Grid 支持系统的动态重构、再组织和相关联资源(软件组件、应用、数据和主体等)的动态适应能力。

本文进一步认为,Agent Grid 是 Grid 一种特殊的构建实现形式(基于 MAS 进行构建),其自身典型特性可总结为以下几点:①智能性:Agent Grid 基于智能主体构建,能够根据任务和环境的不同实现一定程度的智能化处理。②自适应性:Agent Grid 可以实现动态自适应,始终保持 Grid 的功能和逻辑完整性。③系统互操作性:Agent Grid 可以较为容易地实现与其他 Agent Grid 之间的交互操作。④系统可重构性、灵活性:基于主体构建的 Agent Grid 很好地实现了系统重构和重组,Agent Grid 具备良好的灵活性。

通过以上分析对比,我们认为 MAS 是构成 Agent Grid 的基础,Agent Grid 从某种程度上讲正是由多个 MAS、人和资源组成的,所不同的是 Agent Grid 高于 MAS。Agent Grid 必须存在全局控制机制,Agent Grid 中的每个主体(或每个子 MAS)应具备实现协作的全局观点等等,这些将在本文后面部分进行详细探讨。

3. Agent Grid 主要关键技术

在深入研究 Agent Grid 本身特点的基础上,通过 Agent Grid 与传统意义上的 MAS 进行对比,本文认为进行 Agent Grid 研究的关键技术包括系统结构与系统模型、智能主体技术、基于主体的系统资源管理和元数据技术、基于主体的分布式处理和负载均衡技术、基于主体的信息安全技术、基于 Ontology 的统一语义和 Wrapper 技术等几项主要内容。

3.1 系统结构与系统模型^[6]

Grid 的研究虽然国外国内都已经开始了一段时间,并且美国、欧洲等一些机构已经推出了一些实际应用的 Grid 系统(如 Globus^[1]、欧洲数据网格等),但是到目前为止尚未提出一种较为科学和能广为接受的 Grid 系统结构。本文认为,只有提出一套合理的、科学的 Agent Grid 系统结构,明确 Agent Grid 的系统组织模型,Agent Grid 的研究才能进一步深入下去,Agent Grid 的其它关键技术才能进一步明确,否则所做的研究只会停留在提概念、进行理想化描述阶段,没有实际意义。Agent Grid 作为一种新型信息系统,要对其系统结构和系统模型进行研究,我们认为应在借鉴传统信息系统和 Internet 系统结构与组织模型的基础之上,基于系统通信协议和多主体系统结构与模型的特点,给出一种能够广为接受的 Agent Grid 系统结构,同时进一步明确 Agent Grid 的其它关键技术,并随着研究的不断深入对所提出的 Agent Grid 系统结构和系统模型进行修正。

3.2 智能主体技术

智能主体技术是构建 Agent Grid 的基石,智能主体是 Agent Grid 的基本组成单元和功能单元。虽然现在智能主体技术相对来讲发展比较成熟,但是 Agent Grid 中的智能主体不同于传统 MAS 中的智能主体,主体必须具备实现协作的全局观点并且能够无缝地接入到 Agent Grid 当中。这就对智

能主体提出了更高的要求,Grid 环境中的智能主体技术是 Agent Grid 研究重要关键技术之一。

传统 MAS 中智能主体的特性^[7]主要体现为:

- 作用性。主体被赋予自主性和权限的程度,并至少能够根据主体与系统中其它实体之间交互的性质定性测度。

- 智能性。智能是推理和学习行为的程度,指主体具有接收用户关于目标的表述并能完成委托给它任务的能力。

- 移动性。移动性是指主体本身在网络上移动的程度。

本文认为,Agent Grid 中智能主体除具备以上常规特性之外,还应具备下列特性:

- 自治性。智能主体以任务目标为导向,为某些用户服务。

- 自适应性。智能主体能够从环境中学习并能动态地适应环境。

- 协作性。智能主体通过协商和合作来达到共同的工作目标。

- 互操作性。包括智能主体间的互操作、智能主体和人以及其他系统互操作、智能主体和信息资源的互操作。

- 社会性。智能主体共同工作在一个主体群体中,在具备各自特性的同时具备社会性。

3.3 基于主体的系统资源管理和元数据技术

Agent Grid 是一种新型信息系统,如何对于 Agent Grid 的系统资源进行有效的管理,以实现 Agent Grid 所应具备的特性是一个关键问题。基于 Agent Grid 系统组织结构的特点,Agent Grid 系统资源管理是基于主体技术^[8]的,这就为 Agent Grid 系统资源管理提出了新的研究课题,即基于主体的系统资源管理技术研究^[9],研究如何基于智能主体技术建立起整个 Agent Grid 系统范围内统一的系统资源命名、注册、发现、会计、计划、协同和管理机制^[10]。作为系统管理重要支撑的元数据技术^[11]对于 Agent Grid 的系统管理同样是不可缺少的,同时在 Agent Grid 环境中,比传统的元数据技术更应有所加强。

3.4 基于主体的分布式处理和负载均衡技术

Agent Grid 是一个全局的、跨地域的异构系统,其构成组元数量多(大的系统可以百万计)、成分复杂(由各种主体、人员和资源设备构成),同时其任务来源和主体组元的处理能力可能会很不均衡,这就要求 Agent Grid 必须具备很强的分布式处理和负载均衡能力^[11]。同时在 Agent Grid 系统中,分布式处理和负载均衡技术都必须适应系统本身的特点^[12],因此,本文认为基于主体的分布式处理和负载均衡技术是 Agent Grid 研究的一项关键技术。

3.5 基于主体的信息安全技术

信息时代,任何一个信息系统构建及运行时必须考虑其安全性,Agent Grid 也不例外。相对来讲,Agent Grid 的安全研究更为复杂和迫切(因为构成 Agent Grid 系统的可能是多个 MAS 的异构联邦)。美军 DoD 建设的 ITAS 系统中曾提到了 Grid 安全技术,其信息安全支撑技术是 PKI。我们在参考文献^[13]中提出了一种符合 Agent Grid 系统特点的基于主体的信息系统安全体系结构,其核心思想是立足于 PKI 和 CA 认证技术,通过统一的授权和认证安全机制,实现基于内容的、智能化的 Agent Grid 信息安全体系。

3.6 基于 Ontology 的统一语义和 Wrapper 技术

Agent Grid 是由许多异构的主体系统(现有条件下)构成的,为了很好地实现各个子系统之间、人与资源之间的通信和

交互操作,需要基于 Ontology 建立起统一的语义描述^[14],应用 XML 语言作为系统数据交换标准,进而基于统一描述的知识实现系统互操作^[2]。Wrapper 技术主要是将现有的多主体系统依据构建 Agent Grid 系统的要求进行很好的封装,进而运用联邦的形式构建 Agent Grid。

Agent Grid 研究中,移动代码技术、智能主体通信模型及通信语言、系统集成技术和单主体包装技术(Agent Wrapper)等技术也是所要解决的重点和难点问题,限于篇幅,本文不再赘述。

4. Agent Grid 发展趋势及应用研究

Agent Grid 技术研究最早始于美国军方,其在先进战场空间信息系统(ABIS)和战场数据信息分发(BADD)等项目中都提出应用 Agent Grid 构建该系统的方案,经过一段时间的实施已初见成效^[3]。基于此,目前美国军方正在规划实施一个更为宏大的 Grid 计划——“Global Information Grid”,预计在 2020 年完成。作为该计划的一个重要组成部分,美国海军和海军陆战队已启动了一个耗资 160 亿美元历时 8 年的项目——军用 Agent Grid^[3],包括 Agent Grid 系统的研制、建设、维护和升级。同时,随着 Agent Grid 研究在学术界的加速,信息产业界各大公司相继公布了与 Agent Grid 目标一致的研究开发计划;惠普、IBM、微软、Sun 等公司最近达成共识,支持 XML、SOAP、UDDI 等万维网标准^[4],从而更加有利于开发新一代的网络应用。

Agent Grid 是信息技术正在兴起的研究热点,预计将成为新一代信息系统的基础^[6],有着广阔的发展和前景。

结论 本文首先简要介绍了 Grid 和 Agent Grid 的概念、特性以及研究发展现状,将 Agent Grid 与传统 MAS 进行了对比,通过对比进一步明确了 Agent Grid 的概念和系统特性。基于此,本文就 Agent Grid 关键技术进行了较为深入的探讨,明确提出了进行 Agent Grid 研究的几项主要关键技术。最后本文就 Agent Grid 的发展趋势和应用进行了简要的分析和讨论。

Agent Grid 是信息技术一个全新的研究领域,基于主体的系统资源管理技术和负载均衡技术,Agent Grid 信息安全技术将是我們下一步研究工作的重点。

参考文献

- 1 Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid. Intl. J. Supercomputer Applications. 2001
- 2 Moore R W. Knowledge-Based Grids. [San Diego Supercomputer Center Technical Report]. Jan. 2001
- 3 Manola F, Thompson C. Characterizing the Agent Grid. <http://www.objs.com/agility/tech-reports>. 2001
- 4 李国杰. 信息服务 Grid——第三代 Internet. 计算机世界网. 2001, 11
- 5 姚莉, 张维明. 智能协作信息技术. 北京: 电子工业出版社, 2002, 4
- 6 Foster I, Kesselman C. An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration. <http://www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf>. 2002, 2
- 7 史忠植. 智能主体及其应用. 北京: 科学出版社, 2000, 12
- 8 Kwiat K A. Engineering Resource Management for the Information Grid and the Emerging Role of E-Commerce. In: Proc. of the Academia/Industry Working Conf. on Research Challenges(AIWORC'00). April 2000
- 9 Amin M. Intelligent Management of the Power Grid: An Anticipatory, Multi-Agent, High-Performance Computing Approach. EPRI/DoD Complex Interactive Networks/Systems Initiative, First Annual Report. 2000, 5

机群系统管理的研究和实现

孟庆平¹ 刘淘英² 李 恪¹

(北京科技大学 北京 100080)¹ (中国科学院计算技术研究所 北京 100080)²

Cluster System Management Research and Design

MENG Qing-Ping¹ LIU Tao-Ying² LI Ke¹

(Beijing University of Science and Technology, Beijing 100080)¹

(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)²

email: mqp@ncic.ac.cn

Abstract This paper is based on the researchment of Dawning super server in ICT, and uses system management of cluster operating system as researched object. The purpose of system management is to implement the configuring, managing and monitoring resources of the whole cluster which includes all nodes. So the single entry point and single control point must be implemented, and also several problems such as cross platform must be solved. Firstly, the paper presents the ideas in designing the system management. Secondly, it discusses some key techniques that are used and implementation strategies in details. The system management is a convenient, flexible and usable tool and can also improve the work efficiency.

Keywords Cluster, System management, Single system image

1 引言

近年来,伴随着 Internet 的不断发展,客户对高性能系统的需求不仅表现为要求性能更高、更安全可靠的系统,对高性能系统的需求也在不断增多,不仅在科学计算领域,高性能服务器、并行数据库等其他领域也出现了对高性能计算的需求。但是 SMP、MPP 机器的价格普通用户难以承受。构筑超级计算机的另一个途径是利用网上的资源形成聚合的超级计算能力,如美国现在正在进行的 Grid 计划就属于这一范畴。关键的问题是如何解决异构系统的协同工作和效率问题。作为网络计算的简单形式,集群技术应运而生。集群技术是使用特定的连接方式,将比超级计算机便宜许多的硬件设备结合起来,提供与超级计算机性能相当的任务处理能力。集群技术集成了工作站、SMP 技术和 MPP 技术,具有能分散负载、易于使用和管理、扩展等优点,尤其是其性能价格比远远高于 SMP、MPP 等其它并行系统。集群的另一个优点是容错性好,如果集群管理服务器发现集群中有一个结点出现故障,那么它会将连在该结点上的连接重定向到其他结点机上。

基于以上的优点,集群技术已成为高性能计算机体系结构的发展趋势之一,而且利用集群技术产生的机群系统以其良好的可扩展性和性能价格比,迅速成为高性能计算领域的主流体系结构^[1]。所谓机群系统就是利用高速通用网络将一组高性能工作站或高档 PC 机,按某种结构连接起来,在并行程序设计以及可视化人机交互集成开发环境支持下,统一调度,协调处理,实现高效并行处理的系统。其特点是:构成系统

的所有节点都是完整的商用计算机系统;连接各个节点的互连网络提供节点间高性能、高可靠和可扩展的通信服务;整个系统呈现给用户的是一个单一的系统映象(Single System Image,简称 SSI);整个系统具有高可用性(Availability)。机群系统内部的这种松耦合的方式以及资源分布的特点使得对其的日常维护管理提出了新的要求:机群系统管理必须能够实现系统的单一控制。系统中所有分布的资源被组织成一个统一的整体由用户管理和使用,用户感受不到单个节点计算机的存在;可以解决机群系统中结点的异构性。节点机可以是高档 PC、工作站,也可以是 SMP。每个节点机上都安装有一份完整的商用操作系统,其操作平台可能是异构的,所以要完成系统的管理,必然要实现其跨平台性;同时为适应机群系统的可扩展性,该系统管理也应具有良好的可扩展性,一个或几个节点的崩溃不会导致整个系统停机;另外,系统管理必须具有可靠的安全性。这不仅是系统内部的要求,同时也是对支持网格的需要。

本文是以曙光超级服务器机群系统管理的研究和实现为背景,它是机群操作系统重要的一部分。为实现机群系统对管理系统提出的要求,文章首先阐述了机群系统管理所采用的设计思路;然后重点就系统管理在实现中要解决的问题进行详细的讨论,并提出了解决的策略;文章最后给出工作总结。

2 设计思想

本节我们将从单一系统映像、服务思想、跨平台、可扩展四个方面对机群系统管理的设计思路进行讨论。

- 10 Cao J, Kerbyson D J, Nudd G R. Performance Evaluation of an Agent-Based Resource Management Infrastructure for Grid Computing. In: Proc. of 1st IEEE Int. Symp. on Cluster Computing and the Grid. 2001. 311~318
- 11 Fox G, Gannon D. Computational Grids. Computing in Science&Engineering, July/August 2001. 74~77

- 12 Mondal A S. An intelligent load balancing tool. 2000 Infosys Technologies Ltd, Condensed Research Note. 2000.1
- 13 张英朝,张维明,曹阳,等. 基于智能协作技术的信息系统安全体系结构研究. 计算机工程与应用, 2002, 38(10): 8~10
- 14 徐振宇,黄凯歌,张维明,等. Ontology 建模方法研究. 计算机科学, 2002, 29(1): 68~71