

基于多 Agent 的网格资源管理模型的研究与构建^{*})

孙华志^{1,2} 马希荣^{1,2}

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)¹ (天津师范大学计算机与信息工程学院 天津 300074)²

摘要 随着 Internet 技术的日趋成熟,网格计算(Grid Computing)的设想引起了全球范围的关注。网格计算的关键要素是对非集中控制的资源进行协调,通过标准的、开放的、通用的协议和接口,提供非凡的服务质量(QoS)保证。本文试图探索一种基于多 Agent 的、分布式节点自治的网格资源管理模型,通过在校园网环境下实现该模型,为用户提供一个分布的、易于扩展的、高效实用的网络计算环境。

关键词 多 Agent 系统,分布式,网格计算,网格资源管理

A Research and Construction on the Grid Resources Managing Model Based on Multi-Agent

SUN Hua-Zhi^{1,2} MA Xi-Rong^{1,2}

(College of Information Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083)¹

(College of Computer and Information Engineering, Tianjin Normal University, Tianjin 300074)²

Abstract With the maturity of Internet technique, the presumption of grid computing has aroused attention throughout the world. However, the key factor of grid computing is to mediate among non-centralized controlled resources, to guarantee the high quality of service (QoS) through the standardized, open and generalized protocol and interface. This paper is trying to explore the Grid Resources Managing Model of distributed node autonomy based on Multi-Agent Technique, to provide the user with a distributive, easily extended, highly efficient, and practical Internet computing environment through the application of this model to the internet environment on campus.

Keywords Multi-Agent, Distributed, Grid computing, Grid resources managing

1 引言

随着 Internet 技术的发展与日趋成熟,网络已成为获取信息、科学计算、电子交易、电子政务等需求的重要载体。同时,随着人们对计算要求的不断提高,计算的不断复杂化,人们对 Internet 的工作模式也提出了新的要求。它应该是一个分布、开放的计算环境,应不断朝着模拟人类社会的发展方向,Internet 技术因此进入了一个全新的发展阶段。

20 世纪 90 年代中期,网格计算(Grid Computing)技术的设想引起了全球范围的关注,其基本思想是通过 Internet“试图实现互联网上所有资源的全面连通,包括计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源等”^[1]。“网格”概念的出现,为我们描述了一幅美丽的、诱人的蓝图,一方面为解决分布式、动态的、海量的信息处理提供了面貌一新的解决方案,另一方面可以使现有网络资源得到更充分的利用。

但是,由于“网格”的理论仍不成熟,缺乏足够的实践应用,因此还没有进入推广使用阶段。网格计算是跨管理域的分布式计算平台。要实现动态的、多机构虚拟组织中的协同资源共享与问题解决,网格计算的关键要素是对非集中控制的资源进行协调,通过标准的、开放的、通用的协议和接口,提供非凡的服务质量(QoS)保证。网格计算的核心部分是网格的资源管理系统,它包括网格资源的描述与发布、资源的发现和资源的调度等。由于资源的分布、动态、异构等特性,在“资源”与“计算”之间它们往往是多对多的关系,即多个请求的计

算任务对应多个可用资源,而它们的状态又同时处于动态变化过程中,这给分布式并行计算带来了技术困难。因此,这一领域中的许多问题是 NP 完全问题,迄今为止仍没有令人满意的解决方案。因此,网格的资源管理系统的研究仍充满挑战性,需要解决大量的理论与实际问题,是目前国际上网格基础理论研究方面的热点。

本文在校园网环境下,探索一种基于多 Agent 的、分布式节点自治的、易于扩展的网格资源管理模型,通过实用网格模型的实现,为用户提供一个分布的、高效的、可完成资源共享、资源发现和任务调度的网络计算环境。

2 网格计算概述

网格是借鉴电力网的概念提出来的,其最终目的是希望用户在使用网格计算能力时,就如同现在使用电力一样方便。人们使用电力时,不需要知道它是从哪个地点的发电站输送出来的,也不需要知道该电力是通过什么样的发电机产生的,不管是通过水力发电还是核反应发电,我们使用的是统一形式的“电能”。网格也希望给最终使用者提供的是与地理位置无关、与具体的计算设施无关的通用的计算能力^[2]。

应该说,网格计算是一种分布式计算基础设施(Infrastructure),用来实现在动态的、跨组织域的虚拟组织(VO)内实现协同的资源共享和问题求解。网格是一个集成的计算与资源环境,或者说是一个计算资源池。网格能够充分吸纳各种计算资源,并把它们转换成一种随处可得的、可靠的、标准

^{*})国家自然科学基金(重点)项目(编号:90412012),天津市科技攻关计划(重点)课题(编号:04310731R)。孙华志 教授,博士研究生,主要研究领域为:操作系统,网格计算,移动计算。马希荣 教授,博士后,主要研究领域为:多 Agent 系统,人工智能。

的同时还是经济的计算能力。网格计算是构筑在 Internet 上的一组新兴技术,它将改变传统的 Client/Server 和 Client/Cluster 结构,形成新的 Pervasive/Grid 体系结构,这种体系结构将使得用户把整个网络视为一个巨大的计算机,并从中享受一体化的、动态变化的、可灵活控制的、智能的、协作式信息服务。换言之,网格就是把整个网络上的资源集成为一台巨大的超级计算机,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、设备资源的全面共享^[3]。当然,网格并不是以其规模来界定的,也可以构造地区性的网格,如企业、事业内部网格,局域网网格等等。网格的根本特征不是它的规模,而是资源共享,消除资源孤岛。资源共享的含义包括两个方面:一是不同的时间段、不同的用户或应用程序分时使用同一个资源,另一是同一个用户或应用程序同时使用多个资源。

基于网格的问题求解就是网格计算。网格计算的目标是资源共享和分布协同工作,希望给最终的使用者提供的是与地理位置无关、与具体的计算设施无关的通用的计算能力。网格计算技术必须解决多个层次的资源共享和合作技术,制定网格的标准,将 Internet 从通讯和信息交互的平台提升到资源共享的平台。

2.1 国内外网格计算的研究现状

有关网格的研究始于 1995 年,当时美国 Argonne 国家实验室的 Ian Foster 博士和南加州大学信息科学研究所的 Carl Kesselman 博士共同领导了美国政府(能源部、NASA 等)支持的高性能分布式计算项目 Globus。在此项目中,为了标记现代科学和工程方面的分布式计算基础结构,首次使用了具有实际内涵的“网格(Grid)”一词,提出了一种能够被广泛利用 Internet 上的各种资源,实现虚拟组织(VO)的资源共享和问题求解技术。到目前为止,关于“网格”这一概念并没有一个统一确定的定义。网格计算的主要创始人 Ian Foster 博士于 1998 年在他撰写的《网格:21 世纪信息技术基础设施的蓝图》一书中这样描述网格:“网格是构筑在互联网上的一组新兴技术,它将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体,为科技人员和普通老百姓提供更多的资源、功能和交互性。互联网主要为人们提供电子邮件、网页浏览等通信功能,而网格功能则更多更强,让人们透明地使用计算、存储等其他资源”^[4]。

从网格提出到今天,网格计算已经引起了各国政府、学术界和著名高科技企业的高度重视,掀起了 Internet 的新的技术浪潮,并取得重要的进展。网格计算不仅在学术界、研究领域进行着深入的研究与实验,同时得到了来自产业界诸如 IBM、HP、Microsoft、NTT、Intel、SGI 和 Sun 等各大公司的巨资支持与商业应用开发。网格计算作为一种高性能广域分布式计算模型成为研究热点。迄今为止,国际上已经出现许多网格研究项目,包括美国的 Globus、Legion、Condor、IPG 等,欧洲的 CERN DataGrid、UNICORE、MOL 等,澳大利亚的 Nimrod/G、EcoGrid 等,日本的 Ninf、Bricks 等。

我国在这一领域同样具有重大的应用需求,同时具备了一定研究基础,在这领域也已开展一定程度的研究工作。2002 年 4 月,科技部召开了“网格战略研讨会”,确认将网格的研究和应用列为“863 计划”的一个专项,成立了专项专家组。863 网格专项投资高达 3 个亿,主要任务是研制面向网格的万亿次级高性能计算机、具有数万亿次聚合计算能力的高性能计算环境;开发具有自主知识产权的网格软件;建设科

学研究、经济建设、社会发展和国防建设急需的重要应用网格;制定若干与网格相关的国家标准,参与制定国际标准,使一批发明专利和软件获得受理和登记,形成自主知识产权。网格研究在我国正在迅速展开。

2.2 网格研究与应用所面临的问题

虽然近年来在全球范围内对网格的研究如火如荼,但实际上对网格基础理论研究还很薄弱;适应网格环境的硬件设施研究非常不足;支持电子商务、电子政务以及科研、教育、娱乐等网格软件系统和应用工具有待长时间的开发和实践,目前没有形成一个成熟的方案;网格基础设施仍不能满足实时、大规模的应用需要,面向网格的高性能计算机、高速网络设备、海量存储设备、大型分布储存系统等仍有很大的发展空间;网格软件关键技术有待于突破,包括动态资源共享、高可用和可靠性、按需服务、安全保证等,而许多关键技术是 NP 完全问题^[5]。

因此,网格技术从实验走向实际应用仍有很长的路要走,这就意味着在网格计算领域仍有很大的研究空间。目前对网格的研究与应用面临着如下问题:

(1)分布性。这是网格系统的典型特征,尤其是网格强调资源环境的广域分布特性,需要解决网格系统节点间连接的不可靠性、数据移动的延迟和 QoS 等。

(2)自治性。由于构成网格的节点隶属于不同的组织域,跨组织域的资源共享与协同必须服从各自自治域的安全和管理策略,网格应用对可信计算的需求与跨组织域节点的“不信任通信基础”之间的矛盾凸显了构造网格的可信计算环境的重要性。

(3)动态性。网格本身是一个不断变化的环境,其动态性包括两个层面:一是网格节点(资源节点)进入网格系统的动态性,二是网格节点自身状态的动态性。因此,网格环境的动态实时监测与性能优化是网格动态性导致的主要矛盾。

(4)异构性。由于网格系统的节点种类繁多,而且同类节点结构差异较大,存在着严重的异构性问题,需要一些新的方法和机制来屏蔽这种资源异构性。

总之,网格技术的发展基本上还处于初始阶段,人们对于网络计算环境下资源组织与管理的理论和方法等问题的认识还相当肤浅,基础理论方面的研究还十分缺乏,需要进一步开展大量的研究工作。

3 基于节点自治的网格资源管理模型

在网格计算环境中,资源分散在各个不同地域和管理域中,由不同的组织拥有和操作,并且在使用策略和安全机制上各不相同,即不同站点可能会使用不同的局部资源管理系统。同时,很多应用需要同时使用多个站点上的资源,站点自治性和分配资源时可能出现的故障需要一种特殊机制来同时分配位于多个站点上的资源。因此,如何对网格计算环境中的资源进行管理是实现高性能联合计算,共同完成重大应用问题的关键问题与网格计算的核心问题,它包括资源的组织、定位、发现、调度、分配、确认、进程创建以及准备所需资源的其它活动^[6]。

资源管理提供了管理的功能和概念,使集群能够被当作单一资源。系统管理员根据预先定义好的标准通过资源管理软件确保资源的合理分配和使用,以最终达到资源共享的目的。在资源管理中,面临唯一验证、授权、资源访问、资源发现以及资源调度等挑战。由于网格在逻辑上连接了属于不同的

所有者或组织的多重资源,因而选择合适的资源管理体系结构模型在最终网格(在商业上)是否成功上起着重要的作用。

从研究现状看,目前的很多研究项目属于专用的、处于试验性阶段,距实际应用还存在很大差距。究其原因,一是大多数计算任务不能够划分成相互之间不通信和很少通信的子任务,因而在子任务之间存在频繁的通信^[7]。另外,系统在资源发现、定位、状态更新上花费了大量的网络带宽。以现在比较流行的 Globus 网络软件包来说,网格资源必须将自己共享的信息实时报告给 MDS(元计算目录服务)。网格节点在分配任务时,必须查找和定位资源,任务分配后,还必须通过检测来保持任务或服务的存活。这些都消耗了大量的网络带宽、远程计算机之间的通信带宽和延迟,严重影响着整个系统的性能。

基于节点自治的网格资源管理的目的就是建立一个小而精、易于扩展的分布式网格计算模型。该计算模型主要面向 Internet 网络,适用于中、大粒度的大规模分布式计算。节点完全自治,所有节点在向网络提供计算资源的同时,也能充分利用网络资源进行计算,给最终的使用者提供一个与地理位置无关的、分布的、高效的网络计算环境。该模型采用分布式递归任务调度策略,将任务尽量调度到本机附近的节点上完成,减少网络之间的信息交换的次数和信息量,减少网络负载。该模型不需要建立集中或分布的资源管理,消除了管理带来的瓶颈,网络中各节点管理自己的本地资源,将网络上分布的、经常发生变化的各种资源充分投入到计算中去,大大提高计算效率。

(1) 虚拟组织的构造 网格计算的概念是在动态、多机构的虚拟组织之间通过资源共享协同地解决问题。本模型将在一定区域内构造的网络模型作为虚拟组织,也可称之为计算组织,该组织主要依靠节点之间建立的“邻居”关系维持。邻居关系的建立原则有:

1) 距离最近规则:按网络拓扑结构,将计算组织内距离最近的节点之间建立邻居关系,这个距离以两个节点之间的跳数来定义。

2) 能力规则:如果某个节点具有较丰富的资源或具有较强的计算能力,该节点可以和多个节点建立邻居关系。

3) 鲁棒性规则:如果网络的稳定性不是很好,可以建立类似环状这样的结构,增加系统的鲁棒性,以保证在某一方向的网络中断或节点失败后仍能充分共享各个节点的计算能力。

这样定义的计算组织具有良好的扩展性:当某个计算组织建立好之后,如果有新的节点想加入,只需和某个节点建立邻居关系即可。因为本系统没有中心节点,无须和管理节点建立联系;计算组织间也具有良好的扩展性、互连性,只需要将不同计算组织中的两个节点互相之间建立邻居关系,就可以将这两个计算组织连接起来,共享各自的计算资源。

(2) 节点信息管理与任务调度 模型中各节点是独立自治的,各个节点具有相同的功能结构(如图 1 所示),节点的功能由用户界面、网络计算编程环境、任务处理、任务划分、信息管理、任务调度和节点自身的基础硬件/操作系统/通信协议等部分组成,每个节点既能向网络提供资源,同时也够使用网络提供的资源。

在每个节点上都应配置有一个邻居节点状态表,表中包含了本地节点状态、邻居节点地址、邻居节点状态等信息作为任务调度时的参考。另外,在每个节点记载着从本节点提交的但尚未有完成任务的任务实体、其提交时间、服务开始时

间、生存剩余时间等信息作为任务冗余调度时的参考。每个节点应设置本节点的任务调度队列和任务运行队列。

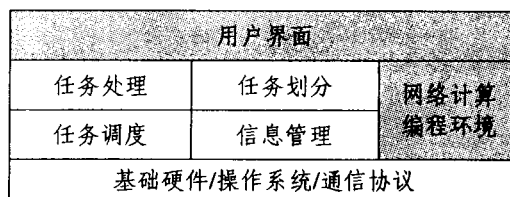


图 1 各节点功能结构

为实现网络上计算能力的共享,需要对用户提交作业进行合理的任务划分。本模型主要面向中、粗粒度的任务划分方法,降低网络系统中任务之间的通信开销。为提高系统的计算效率,要求划分后各子任务的计算开销远高于通信开销。

本系统模型中各节点完全独立地管理自己的所有资源和计算能力。当节点从邻居节点收到需要处理的任务时,完全根据自身当时的负载情况来决定是否处理该任务;在不能处理时,根据存储的邻居节点资源、计算能力的信息将其转发出去。节点存储各邻居节点拥有的资源、计算能力信息,并且此信息根据节点的任务调度和由邻居节点获得状态信息动态变化。

以单纯节点自治的信息管理为基础,根据网络结构分布、各节点拥有的资源、计算能力和计算组织动态变化的特征,进行分布式递归任务调度。每个节点的任务调度过程是独立的,整个网络计算的任务调度过程递归完成。采用优先处理本地任务的方式,在没有本地任务的情况下以先来先服务(FCFS)的方式对到达的任务进行处理。这样的处理模式将会使提交的任务优先选择在离任务提交节点较近的节点上运行;如果某节点拥有丰富的资源、较强的计算能力,连接的邻居节点就多,就会有更多的任务调度到该节点上运行,达到自然的负载平衡。

4 基于多 Agent 技术的网格资源管理系统的实现

要实现基于节点自治的计算模型,核心是建立一套可靠的、符合自然规律的状态机制,系统的任务调度是基于该状态机制之上。如果状态机制设计得不合理,将会严重影响整个系统的性能。我们在理论研究的基础上,以实际应用问题为背景,以共享网络计算能力为目标,以现有校园网连接结构为基础,以 Agent 技术为手段,建立具有分布式特点的网络计算模型;进一步研究节点资源和计算能力的变化,实现单纯节点自治资源管理方式;建立分布的递归任务调度策略,达到网络中自然的负载平衡;最终建立这一网络计算模型的原型系统。

4.1 Agent 技术概述

Agent 技术起源于 20 世纪的分布式人工智能的研究,近年来这一技术逐渐被应用在越来越多的领域中。Agent 技术强调软件的分布性、自治性和智能性,通常用来构建大规模的分布式软件系统。软件 Agent 是模型化的复杂软件系统的高级抽象,展示高度的动态行为。软件 Agent 是一种复杂的计算机程序,采取自治的行为,协同应用与环境交互,完成给定的目标。在计算机领域,Agent 是一种在分布式系统或协作系统中能持续自主地发挥作用的计算实体,常简称为智能体。

美国斯坦福大学的 Hayes Roth 认为,“智能 Agent 能持续执行三项功能:感知环境中的动态条件;执行动作影响环境条件;进行推理以解释感知信息,求解问题,产生推断和决定动作。”

(下转第 139 页)

服务器,在获取目标用户的网络标示以后,可以采用点对点方式。Inner Dispatcher 在游戏平台收到其他用户或系统发送过来的数据时,按照用户的当前分组情况进行匹配。如果是合法的数据(由同一个组正在参与同一个游戏的其他用户发送的数据),就将该数据交给 LAN Hook Module,让它将之转发给游戏进程,否则丢弃该数据包。

除此之外,基于 VPN 的新型游戏平台的功能扩展可以参考现有的即时通信工具,比如 Microsoft MSN Messenger 以及国内的 Tencent QQ 等软件。目前已经有一些公司推出了功能类似的游戏平台,并且已经独立于游戏之外,拥有着大量客户和潜在的市场。考虑到基于 VPN 的这种类型的游戏

平台的技术方面以及经济效益的影响,可以预见,在不久的将来,基于 VPN 的网络游戏平台将成为网络游戏的主流服务平台。

参考文献

- 1 陈丹瑜. VPN 构建的一种设计思想. 微机发展, 2003, 13(6)
- 2 周剑岚, 冯珊. 运用 Hook 技术实现的软件防火墙. 华中科技大学学报(自然科学版), 2004(3)
- 3 Wang Yufeng, Wang Wendong, Chen Shiduan. Supporting MPLS VPN Multicast. Journal of Electronics(China), 2004(1)

(上接第 47 页)

Agent 一般应具有以下几个特点:

(1)自治性 (autonomy): Agent 能自行控制其状态和行为,能够在没有人或其他程序介入时自动操作和运行。

(2)主动性 (voluntary): Agent 能够主动表现出目标驱动的行为,可以自行选择合适的时机来采取动作。

(3)社会能力 (social ability): 也称为可通信性 (communicability)。Agent 能够利用某种 Agent 通信语言与其他 Agent 或程序交换信息、相互合作。

(4)反应能力 (reactivity): 即 Agent 对环境的感知和影响。Agent 能够及时地感知所处环境的变化,并且做出适当的响应。

4.2 Agent 技术引入资源管理

Agent 技术强调软件的分布性、自治性和智能性,通常用来构建大规模的分布式软件系统。软件 Agent 是模型化的复杂软件系统的高级抽象,展示高度的动态行为。软件 Agent 是一种复杂的计算机程序,采取自治的行为,协同应用与环境交互,完成给定的目标。

在网格计算中引入 Agent 技术将会有如下优点:

(1)Java 语言的平台无关性满足了 Agent 可移动性的要求。在地域上分布的异构网格计算环境中能自主地将计算任务从一节点迁移到另一节点,并可与其它 Agent 或资源交互以实现作业和资源的管理和自适应。

(2)Agent 可以迁移到网格计算环境的各级客户服务器或中央服务器上,与之进行本地高速通信,它不再占用网络资源,从而大大降低了网络的通讯量,并提高了网络资源的利用效率;Agent 通过将服务器请求 Agent 动态迁移到其它 Server 端执行,使得此 Agent 较小依赖网络传输环节而直接面对要访问的服务器资源,从而避免了大量数据间的网络传送,降低了系统对网络带宽的依赖。

(3)Agent 通过在局域网服务器之间双向移动来传递对应的资源信息、负载信息、通讯量和任务执行序列等信息。这些信息作为资源管理、负载平衡、通讯调整、任务调度等的参考依据,Agent 根据这些数据智能地判断管理的情况并做出相应处理。这将大大改善系统的性能和智能化水平,提高网格计算的可靠性和执行效率。

(4)在网格计算中,Agent 不需要统一的调度。由用户创建的 Agent 可以异步在不同计算节点运行,等任务完成再将结果传送给用户。同一用户或同一计算节点可创建多种 A-

gent,同时在一个或多个节点运行,形成并行求解的能力。

(5)Agent 由于具有协作性和可移动性,并且具有面向对象的特征,在考虑实现安全措施时候会有更多的弹性。

综上所述,网格计算中基于 Agent 的资源管理、任务调度,集成起来将会形成高性能的网络及其应用架构。基于 Agent 的资源管理策略不但可以优化资源管理,而且可以科学地解决资源冲突、拥塞、网络时延、降低网络负载等。对于网格资源,创建一个资源库去存储资源的相关信息并利用相应的方法和工具对之进行管理;对于用户,它提供了一个可视的、规范的接口,使得用户能简便地在网格环境中共享资源,实现多编程环境下的协同应用求解,充分发挥网格的计算潜力。在这里,Agent 主要为用户提供一个资源的逻辑视图,很好地解决资源管理问题。

结束语 本文探讨了一种基于多 Agent 的网格资源管理模型,以实现资源共享、资源发现和任务调度;在网格计算中引用 Agent 技术,实现智能化服务代理的资源访问,使网格节点的完全自治;建立符合规律的状态机制,使系统在没有中心管理节点的情况下,能够很好地完成任务分配、负载平衡;在理论模型的指导下,以 Agent 技术为手段,构建一个实用的网格计算环境,给使用者提供一个分布的、高效的网络计算环境。

参考文献

- 1 Foster I. Internet Computing and the Emerging Grid. Nature, Dec. 2000
- 2 Foster I. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure (2nd Edition). Morgan Kaufmann, ISBN: 1-55860-933-4, 2004
- 3 都志辉,等. 网格计算. 清华大学出版社, 2002
- 4 Foster I, Kesselman C. Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit. Intl J Supercomputer Applications, 1997, 11(2): 115~128
- 5 Krauter K, Buyya R, Maheswaran M. A Taxonomy and Survey of Grid Resource Management Systems for Distributed Computing. Intl J of Software: Practice and Experience (SPE), USA, 2002, 32(2)
- 6 贾明飞,等. 网格资源管理系统模型研究. 微电子学与计算机, 2003(3)
- 7 刘丽,杨扬,等. 基于纳什均衡理论的网格资源调度机制. 计算机工程与应用, 2004(10)