

网格网的智能化调度研究

张焕炯¹ 钟义信²

(杭州电子科技大学 杭州 310018)¹ (北京邮电大学信息工程学院 北京 100876)²

摘要 网格计算的资源管理和任务调度是解决网格资源描述、组织管理和任务分配等关键技术的技术,它既是保证网格网作为先进的计算基础的重要前提,也是体现网格网特色的重要要素。针对网格网任务调度进行研究,并给出了一种智能化的调度方案,预期该方案能快速、有效和智能地进行网格网任务调度,极大地提高网格网任务调度的效率。

关键词 网格计算,网格网,智能调度

Research on the Intelligent Schedule Measure of Grid Network

ZHANG Huan-jiong¹ ZHONG Yi-xin²

(Hangzhou University of Electrical Science and Technology, Hangzhou 310018, China)¹

(School of Information Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)²

Abstract The asset management and schedule measure in Grid computing system are the key technologies of describing the network resources, network management and task assignment. In this paper, the intelligent schedule measure in Grid Internet system was researched, the essential conditions of realizing intelligent schedule measure were discussed, furthermore, one intelligent schedule measure was pointed out.

Keywords Grid computing, Grid network, Intelligent schedule measure

1 引言

网格计算能打破不同类型的计算机资源之间的束缚,把分散在不同地理位置上的不同计算机整合成具有超强计算能力的虚拟超级计算机,实现规模巨大的科学计算等功能,从而达到最大限度地利用现有计算机资源的目的。因预期网格网具有非常卓越的先进性能,它业已成为近年来计算机研究的热点之一。

网格计算已经有了一系列的研究成果^[1,2],尤其是一些规模巨大的研究机构凭借本身具有较强计算机组网的有利条件,用不同的计算机协同组网建构实验性的 Grid Network 并进行具体的实验研究,如用 5.5 万台不同的个人电脑参与的 D2OL 项目所表现出来的网格计算能力,已经超过了当时的十台最好的超级计算机的计算能力;又如 TeraGrid 大型的高性能计算项目^[3],也获得了较好的实验效果,等等。但是,网格计算迄今仍处于研究和应用的初级阶段,在真正的普遍性和实用性方面还需要有长足的进步。深入研究网格计算和网格网系统的关键技术,采用有别于传统的网络互联的创新方法来解决包括资源管理和监控、系统互操作与软件等的兼容、系统安全和通信等等方面的挑战性问题,成为网格计算研究中最重要、最迫切的任务。

概括网格计算中的关键技术,其中最根本的关键点是网格网的架构性互联、相关协议和标志性业务的界定,也就是建构适配网格计算主要功能业务的新型 Pervasive/Grid 体系结

构,以及与 Pervasive/Grid 体系结构相适配的协议和标志性业务,除此外,关键技术还应该包括适合网格计算的宽带通信技术、先进的网络安全技术、资源管理和任务调度技术等等,在 Pervasive/Grid 体系结构的基础上,把所有这些关键技术进行有效的融合,就能充分利用网格网中的计算和存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源,使网格计算的用户有可能在整个网络中将其整合成适合所需科学计算规模的虚拟计算机,并获得一体化的、动态变化的、可灵活控制的、协作式的、智能化的信息服务,并充分展现网格计算的先进性和优越性。

在这些关键技术中,网格计算的任务调度技术是重要内容之一,它不仅特色鲜明,在提高系统的资源利用率方面能有效避免不必要的损耗,更能有效提高网格网系统的运算速度,同时对于提高系统的有效性和可靠性也可起到非常重要的作用,更能直接展现网格计算的智能性和主动性。本文就网格计算实施中的任务调度技术展开研究,不仅研究网格计算中智能调度技术实现的条件,而且具体提出了一种智能化的调度方案,该方案通过定义一个智能函数,动态地分配网格网节点的任务,使得进行相同网格计算任务的代价达到最低,从而尽可能地提高网格网的运行效率。

2 网格网实现智能化调度的条件分析

网格计算的实现,一个很重要的方面是如何进行动态的、有效的智能化调度,智能化的调度使得资源的配置与所需求

到稿日期:2009-12-10 返修日期:2010-03-07

张焕炯 男,博士,主要研究方向为面向通信系统的现代信号处理及网络技术,E-mail:zhanghuanjiong@sina.com;钟义信 男,教授,博士生导师,主要研究方向为通信理论及人工智能等。

的计算要求相适配,也就是根据用户的计算要求,尽可能地给出规模和性能状态与之相配的虚拟计算机,实现最佳的资源配置,既避免所组建的虚拟计算平台因规模太大而致使资源浪费,也避免因资源的不够而导致网格计算无法实施的状况发生。智能调度的有效实施,更能促使网格计算具有相当的速度和精度,保障网格网系统的有效性和可靠性。

智能调度虽然被看成是网格网中的一个非底层结构的工具,但它需要网格网的许多底层的结构、协议等的支撑,也需要其他的关键技术的支持。在网格网中能灵活地实施智能调度,网格网必须具备以下的特性要求。

首先,网格网系统要有强大的网络互连的支撑,网格网络节点在异构特质的条件下要具备灵活的连通、融和的特性,并具备特定条件下的以自定义等为主要特点的主动性。把处于不同地理位置和结构体系各异的计算资源整合起来,是网格计算的主要目标,所以强大的网络互连是实现这个目标的基础;网格网中的网络节点作为网格计算资源的提供者和网格计算任务的需求者,它们不仅包括系统的高端服务器、大型设备、数据库等,还包括一个个具有计算等功能的处理器等组成的终端设备,它们不仅地理位置分散,而且各自的微系统的结构和遵循的标准互异,它们必须以互联协议中的通信、路由、名字解析等功能为基础,规划和组建大型的网格试验平台,开发适合大型网格系统运行的大型应用程序,在这个过程中还需赋予节点一定自主权限,诸如自定义一定的计算等处理能力,以便系统能在微系统下进行必要的检错纠错等处理,以提高系统的可靠性,在这样的系统环境中,采用网格网的智能调度,不仅能将网格计算的任务与建构虚拟系统的规模进行有效的匹配,更能实现动态的、实时的可靠性保障。

其二,网格网系统需要以并行计算和分布式计算(parallel Computing and Distributed Computing)为基础的技术支撑。并行计算和分布式计算不仅能实现多处理器体系的建构,且具有良好的扩展性;而网格计算需要充分利用不同地理位置上的具有非常明显的结构异构、型号各异、计算能力等不同的特性的现有计算机资源,把这些特质迥异的资源用网格硬件、网格操作系统、网格界面、网格应用等多个层面构建成完整的网格计算体系,根据所需要的计算规模,动态地组成与之适配的虚拟计算平台就需要分布式计算和并行计算的关键技术的支撑,并在此基础上,设计具有智能化的任务调度方案,实现计算资源的最佳调配。

其三,网格网系统要体现很好的协同性。在新型的 Pervasive/Grid 体系结构下,网络节点的高协同性是顺利实施任务调度的重要保障之一,在高度的协同性条件下,才能实现对计算资源的不同分布、节点的互异构制等的屏蔽,实现网络环境下的互操作,以致向网格应用层提供统一的使用接口,不仅为网格计算的基本业务的实施提供平台,并为网格计算的后续业务等的开发,提供必要的支持,网格计算的用户把整个网络视为一个巨型的计算机,并从中享受协作式的、一体化的信息服务。

其四,网格网系统要尽可能地实现开放性和安全性的统一。网格网的开放性不仅是智能化任务调度的前提之一,也是网格网系统增加新业务的条件,更是融合现有的计算资源,构建大规模网格网的先决条件。而安全性是确保网格计算顺利进行的重要条件,网格计算中的任务调度的一个重要内容

是被分割好的任务子模块用通信的方式具体落实到网格中的各处理器,这个过程中就需要有可靠的安全性能的保障。因此,网格网系统具有良好的安全性能,不仅是克服所遇到的安全问题的挑战的基础,更是网格网系统先进性的重要内涵。

3 智能化调度的一种实现方法

网格网的智能调度的实质就是在异构环境下的一种复杂的非确定性的动态任务分配,实现智能化调度就是使得这种任务分配尽可能地具有最佳的性能,体现在资源利用的效率最高,处理与通信等的时间最短,可靠性、安全性达到最好等等,所以智能化调度可描述为一个在异构系统中的平行计算在确定具体约束条件下的多优化目标的最优化决策过程,理论上,可以用求一个代价函数值最小的方法求得,但任务调度往往是一个 NP-完全问题,最优解很难用计算复杂度只有多项式次的运算而得到,在大多情况下,只好用次最优的启发式算法来实现任务调度,这方面已经有相关文献^[4,5]进行了很充分的讨论。

智能化调度的一个实现方式可以这样进行:在网格系统中事先定义资源函数,资源函数中的变量和参数分别表征每一个处于异构环境中的处理器或独立计算机的相应特征和计算等能力,用 $G(m_1(k_1), m_2(k_2), \dots, m_i(k_i), \dots, m_l(k_l))$ 表示,其中 $m_i(k_i)$, $i=1, 2, \dots, l$ 表示在该资源函数中第 i 个处理器的资源特征标识,所定义的资源函数通过相应的映射等处理而屏蔽原来的异构环境,这些资源函数作为网格资源管理中的一部分可事先存在,放在网格网结构分层中的中间件层中;另一方面,网格网系统根据用户所需要的网格计算任务要求,把所需的总任务要求进行预处理,分割成具有一定粒度(grain)要求、其特征以编码标注的子模块,这些子模块各自形成相对完整的子目标任务,它们之间互相关联,但不重叠,以确保避免重复处理,预处理后所得到的结果用任务分配函数 $F(n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_j)$ 来表征,其中 n_i 表示第 i 个的子任务模块,而且该预处理是针对网格网用户所提任务要求的,所提的任务不同,则对应的任务分配函数也不尽相同,更直接体现在任务分配函数中分量个数等也不同。然后要求任务分配函数与事先在网络中已存在的资源函数相匹配,也就是具体在 $F(n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_j)$ 与 $G(m_1(k_1), m_2(k_2), \dots, m_i(k_i), \dots, m_l(k_l))$ 之间建立映射关系,这个关系也体现在子任务模块 n_i 与资源函数中所标注的处理器 $m_i(k_i)$ 之间建立对应的匹配关系,然后分别把指令传输到对应的处理器模块上,这个过程通过并行执行完成,处理器模块接获子任务模块后,再进行解析等预处理,为以后的具体计算等作好准备,从而完成一次完整的任务调度。

采用这样的调度方式,一个最重要的考虑就是通过定义资源函数来屏蔽具体的处理器的结构异构特质,这样也就克服了具体的异构环境对于任务调度的制约。这种调度策略下,能实现的调度种类可能很多,选择一种最佳的调度方案,是实现智能化任务调度的重要环节之一,通常设置多变量的代价函数,并用求得代价函数的最小值而得到,这是一个给出约束条件下求极值的过程,一种合理而可行的代价函数可以定义为所选择的任务调度下资源利用率最高和调度实现所花时间最少,代价函数中要求资源利用率最高,表现为资源函数和任务分配函数之间的匹配程度最高,而时间所花最少

不仅要求诸如任务分配等预处理的效率上要高速,同时在网格网的通信时间上也要达到最小,这就有效提高了任务调度的速度。在实际情况中,两个条件同时满足的情况不一定能出现,因此需要构造一个包含这些要求的综合性的代价函数,最简单的方式是根据所需网格计算的用户的实际需求,给每一个分量进行加权后构成一个线性组合函数,求该组合函数的极值的方式选择具体的任务调度,从而获得相对较优的调度实施途径。

简要归纳智能化调度实现流程的主要步骤,大致有如下几步:

第一步 网格网用户在所在网格网节点上提出网格计算的任务要求。

第二步 系统根据任务要求,确定任务规模,并把任务进行分割、标注、编码等预处理,获得任务分配函数 $F(n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_j)$, 其中 $n_i, i=1, 2, \dots, j$ 为预处理后的子任务模块。

第三步 根据网格网用户要求,构造包含多目标要求的综合代价函数。

第四步 调用资源函数 $G(m_1(k_1), m_2(k_2), \dots, m_i(k_i), \dots, m_j(k_j))$, 并与任务分配函数建立映射关系,每一个映射关系就对应一个综合代价函数的值。

第五步 根据综合代价函数的极值,得到要选的任务调度方案。并由此方案,再把子任务模块分配到每一个对应的处理器,各处理器进一步可各自展开计算等处理。

这些步骤中,第五步因需要求综合代价函数的极值,故最能体现任务调度智能化的特色。

结束语 网格网系统的任务调度是网格计算中的主要核心技术之一,智能化调度不仅在提高网格网系统的资源利用

率方面能有效避免不必要的损耗,更体现在能有效提高网格网系统的运算速度,同时对于提高系统的有效性和可靠性也可起到非常重要的作用。

本文对网格网任务智能化的调度展开了研究,不仅讨论了网格网智能化调度所需要的基本条件,而且还针对网格网系统的结构在异构特质条件下,提出了一种可行的智能化调度实现方案,把智能化调度过程转化为求多目标要求的综合代价函数的极值,这种调度方式便于实现,对提高网格网系统的性能可起到促进作用。

网格计算是计算机科学的发展的一个新的分支,通过对网格系统中的诸如智能化任务调度技术、网格互联技术等关键技术的研究和开发,可从根本上认识网格计算技术的本质,并获得新的成果。

参 考 文 献

- [1] Douglass F, Foster I. The Grid Grows Up [J]. IEEE Internet Computing, 2003
- [2] 洪学海, 许卓群, 丁文魁. 网格计算技术及应用综述[J]. 计算机科学, 2003, 30(8): 1-5
- [3] El-Rewini H, Abd-El-Barr M. 先进计算机体系结构与并行处理[M]. 陆鑫达, 林新华, 翁楚良, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005: 127
- [4] Chen S, et al. A Selection Theory and Methodology for Heterogeneous Supercomputing[C]//Proc. Workshop on Heterogeneous Processing, Los Alamitos, CA: IEEE CS Press, 1993: 15-22
- [5] Freund R, Siegel H. Heterogeneous Processing[J]. IEEE computer, 1993, 26: 13-17
- [6] 尹绍锋. 访问控制技术研究与应[用]. 长沙: 湖南大学, 2008
- [7] 钟勇, 秦小麟, 郑吉平, 等. 一种灵活的使用控制授权语言框架研究[J]. 计算机学报, 2006, 8: 1408-1418
- [8] 徐伟, 魏峻, 李京. 面向服务的工作流访问控制模型研究[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(8): 1369-1375
- [9] 朱一群, 李建华, 张全海. 一种面向 Web 服务的动态分级角色访问控制模型[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(5): 783-796
- [10] 许峰, 赖海光, 黄皓, 等. 面向服务的角色访问控制技术研究[J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 686-693
- [11] 沈海波, 洪帆. 访问控制模型研究综述[J]. 计算机应用研究, 2005, 6: 9-11
- [12] 陈晓苏, 魏林, 肖道举. 面向任务的 RBAC 扩展模型研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(8): 34-36
- [13] 曹春, 马晓星, 吕建. SCoAC: 一个面向服务计算的访问控制模型[J]. 计算机学报, 2006, 29(7): 1209-1216
- [14] 林闯, 封富君, 李俊山. 新型网络环境下的访问控制技术[J]. 软件学报, 2007, 18(4): 955-966
- [15] 邵晓燕, 邵贝恩. 基于 SOA 的企业应用跨安全域访问控制[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2009, 49(7): 1050-1053
- [16] 单智勇, 孙玉芳. 通用访问控制框架扩展研究[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(2): 228-234
- [17] 宋振. 基于角色和任务的权限管理扩展模型研究与应用[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2008

(上接第 33 页)

- [16] Zhang X, Li Y, Nalla D. An attribute-based access matrix model [C]//Proceedings of the 2005 ACM Symposium on Applied Computing, 2005: 359-363
- [17] Sandhu R, Coyne E J. Role based access control models [J]. IEEE Computer, 1996, 29(2): 38-47
- [18] Bell D E, La Padula L J. Secure Computer System: Unified exposition and multics interpretation[R]. MTR-2997. Revision 1, The MITRE Corporation, 1976
- [19] Biba K J. Integrity considerations for secure computer systems [R]. MTR-3153. The MITRE Corporation, 1977
- [20] Brewer D F C, Nash M J. The Chinese Wall security policy[C]//Proceedings of the 1989 IEEE Symposium on Security and Privacy, 1989: 206-214
- [21] 李晓峰, 冯登国, 陈朝武, 等. 基于属性的访问控制模型[J]. 通信学报, 2008(4): 90-98
- [22] 邓集波, 洪帆. 基于任务的访问控制模型[J]. 软件学报, 2003, 14: 76-82
- [23] 林莉, 怀进鹏, 李先贤. 基于属性的访问控制策略合成代数[J]. 软件学报, 2009, 2: 403-414
- [24] 崔永泉, 洪帆, 龙涛, 等. 基于使用控制和上下文的动态网格访问控制模型研究[J]. 计算机科学, 2008, 35(12): 37-41
- [25] 戴刚. 基于使用控制和上下文的模糊访问控制模型研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009