

刘宴兵 尚明生 肖云鹏 著

网格高性能调度及资源管理技术



 科学出版社
www.sciencep.com

网格高性能调度及资源 管理技术

刘宴兵 尚明生 肖云鹏 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地论述了网格计算关键技术发展趋势、网格高性能资源管理、任务调度核心服务技术和云计算等相关内容。全书共分为五章,主要内容包括:网格计算的技术发展历程、发展趋势和实际应用;网格计算中的核心资源管理模型和任务调度涉及的关键技术基础知识、算法和分析;网格计算与云计算在概念上和技术层面上的异同点及相关技术;结合网格仿真工具GridSim 提供的代码包,实现网格资源调度仿真示例。

本书可以作为在网络工程、网络计算和云计算等研究领域的专业研究人员、技术人员、网络算法设计人员、管理人员,以及大专院校相关专业师生研究和学习的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

网格高性能调度及资源管理技术 / 刘宴兵,尚明生,肖云鹏著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-027310-9

I. 网… II. ①刘…②尚…③肖… III. ①网格-管理-研究
IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 072948 号

责任编辑:余 丁 魏英杰 / 责任校对:李奕莹

责任印制:赵 博 / 封面设计:嘉华永盛

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 5 月第 一 版 开本:B5(720×1000) 1/16

2010 年 5 月第一次印刷 印张:17 1/4

印数:1—2 500 字数:335 000

定价:50.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换

前 言

网格计算及其衍生的云计算是近年来兴起的新技术,是影响下一个信息技术高潮的最重要的核心技术,也是物联网相关研究领域中可以借鉴的技术基础。网格被认为是支撑未来各类应用的新的国家信息基础设施,是第三代因特网的应用,是下一代的万维网,是计算机体系结构、操作系统、用户界面领域最重要的突破性创新。网格相关技术的研究和应用必将对社会和经济的发展、国防和科学研究,以及人们的生活和工作方式产生巨大的影响。网格计算的相关技术是近年来信息技术领域的研究热点。

在当今信息全球化的社会中,网格作为一种计算和数据管理的基础设施,能为商业活动、政府行为、科学研究以及大众娱乐等诸多领域提供信息化支持。为了实现网格应用的预期目的,必须开发复杂的软硬件与设备系统,通过它们改善用户访问网络资源的方式,提高协同使用各种资源的效率,为需要稳定、高效地使用各种资源的用户提供网格策略上的支持。用户在网格上无论是使用一个资源,还是将多个资源集成起来作为一台虚拟的计算机,其为用户提供的访问资源方式都是一样的。网格能够给人们提供一个高级、强大的全球计算服务与信息数据资源管理平台。由于网格中的资源具有分布性、共享性、自相似性、动态性、多样性、自治性与管理的多重性等特点,跨多个管理域的网格高性能资源管理和任务调度成为网格计算的核心技术。目前,我国信息产业及现代服务业重点领域研究包括网格计算平台与基础设施、软件系统集成等关键技术,而信息产业及现代服务业领域属于《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》中确定的16个重大科技专项之一。为此,近年来国家自然科学基金立项了重大项目“当代并行机的并行算法应用基础研究”等30余项与任务调度和资源管理方向直接相关的自由申请项目。国家863计划立项重大专项“高性能计算机及网格服务环境”项目。国家973计划更是将相关网格计算的“新型计算机系统的体系结构、算法及其支撑软件的基础研究”和“大规模、高速、高性能信息网络的基础研究”等项目作为重点研究课题。

目前,还没有书籍对网格以及云计算的核心服务技术进行系统阐述,我们在结合实际科研项目,参阅大量中外文献资料的基础上,编写了这本书,意在介绍网格计算发展趋势、网格高性能资源管理和任务调度核心服务技术等。全书共分为五章。第一章以简明、易于理解的方式向读者介绍了不断发展的网格计算历史、发展趋势、实际应用和网格相关关键技术。第二章介绍了网格资源管理以及任务调度的相关知识。第三章结合决定网格计算中资源是否得到有效而合理使用的关键问

题,对网格计算中的四种核心任务调度算法进行了详细介绍。第四章介绍了几种核心的网格资源管理模型,网格计算的高性能资源管理、任务调度研究成果以及电子商务的方兴未艾都预示着云计算的初步发展。第五章介绍了网格技术与云计算在概念上和技术层面上的异同点及相关技术,以使读者能够从网格计算技术过渡到云计算产生一个宏观的整体上的认识和理解,为读者深入探讨和研究云计算等相关技术提供基础。附录中结合网格仿真工具 GridSim 提供的代码包,示例实现网格资源调度仿真实验。

本书的部分内容得到国家自然科学基金项目(No. 60973160)、教育部重点科学技术项目(No. 209101)、重庆市科委重点项目(No. CSTC, 2008BA2044&2009BA2024)和重庆邮电大学出版基金的资助。电子科技大学的孙世新教授、重庆大学廖晓峰教授和重庆邮电大学唐红教授在此书的编写过程中给予了建议与指导。黄德玲、徐光侠、刘章雄、郎炯、嵇晓声、陈杰、蹇懿、林庆国、郑海燕、杨莎莎、陶强、史佳佳等硕士研究生参加了本书的编排工作,并以不同方式给予了帮助。谨在此向他们表示衷心的感谢。我们还要感谢所有直接或间接为本书作出贡献的同事和朋友。

在本书的编写当中,考虑了不同层次读者的需要,书中的每一部分都从基本原理入手,由浅到深、循序渐进,直至分析关键问题、剖析具体算法,读者可以根据需要进行有选择性的阅读。本书可作为在网络工程、网络计算和云计算等研究领域的专业研究人员、技术人员、网络算法设计人员、管理人员,以及大专院校相关专业师生研究和学习的参考资料。由于网格计算相关标准化工作还在研究的过程中,各种解决方案还处于研究和讨论阶段,有些相关的研究成果来源于外文期刊,加之作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者
2010 年 5 月

目 录

前言

第一章 概论	1
1.1 网格计算简介	1
1.1.1 网格计算的概念与特点	1
1.1.2 网格计算的发展过程与趋势	4
1.1.3 国内外网格计算项目简介	9
1.1.4 网格计算面临的挑战与应用	16
1.2 网格核心服务技术	22
1.2.1 网格计算的核心服务技术	22
1.2.2 高性能调度技术	25
1.2.3 高吞吐率资源管理技术	26
1.2.4 网格资源管理及任务调度的发展趋势	27
1.3 小结	30
参考文献	30
第二章 网格资源管理及任务调度	32
2.1 网格资源管理概述	32
2.1.1 网格资源的定义	32
2.1.2 网格资源的分类	34
2.1.3 网格资源的特点	35
2.1.4 资源管理操作	36
2.1.5 网格资源管理系统	38
2.2 网格资源管理系统的主要模型	48
2.2.1 层次模型	49
2.2.2 抽象所有者模型	51
2.2.3 经济/市场模型	52
2.2.4 三种资源管理模型的应用	55
2.3 网格任务调度概述	56
2.3.1 网格任务调度的特点	59
2.3.2 网格任务调度的目标	60
2.4 网格任务调度模型	63

2.4.1 应用模型	65
2.4.2 计算平台模型	69
2.4.3 性能目标模型	81
2.5 小结	83
参考文献	83
第三章 网络任务调度算法	85
3.1 可分任务调度算法	85
3.1.1 非阻塞的可分任务单趟调度	86
3.1.2 周期性的多趟可分任务调度	95
3.1.3 任意拓扑网络的可分任务调度	103
3.2 独立任务调度算法	110
3.2.1 同构平台任务调度	111
3.2.2 异构平台的任务调度	117
3.3 依赖调度算法	134
3.3.1 问题的定义	134
3.3.2 算法框架	136
3.3.3 构造调度列表	136
3.3.4 选择处理机	138
3.3.5 性能评价	140
3.4 多维 QoS 要求及负载均衡的任务调度算法	145
3.4.1 网络 QoS 机制简介	146
3.4.2 网络 QoS 参数分类和度量	147
3.4.3 S-GTSA 算法	150
3.4.4 S-GTSA 算法建模	159
3.4.5 实现过程	164
3.4.6 性能评价	165
3.5 小结	172
参考文献	173
第四章 网络资源管理模型	176
4.1 基于 Agent 与移动 Agent 的网络资源管理模型	176
4.1.1 Agent 技术概述	176
4.1.2 基于 Agent 的分层网络资源管理模型	187
4.1.3 基于移动 Agent 的网络资源管理模型	191
4.2 基于知识的分布式网络资源管理模型	201
4.2.1 基于知识的分布式网络资源管理模型 KRMM	201

4.2.2 KRMM 网络资源管理器	207
4.3 资源池与竞拍机制相结合的网格资源管理	208
4.3.1 传统抽象所有者模型的优缺点	209
4.3.2 一种基于引入资源池的抽象所有者模型	210
4.3.3 基于拍卖机制抽象所有者模型	214
4.3.4 资源池与拍卖机制在抽象所有者模型中的应用	221
4.4 模型应用实现实例	224
4.4.1 传统 AO 网络资源管理模型	224
4.4.2 基于竞拍机制的 AO 网络资源管理模型	225
4.4.3 性能评价	228
4.5 小结	230
参考文献	231
第五章 网格到云计算	232
5.1 网格计算与云计算	232
5.1.1 云计算的萌芽	232
5.1.2 网格计算与云计算的关系	233
5.2 网格与云计算相关基础技术	236
5.2.1 基于网格服务的异构数据集成技术	236
5.2.2 数据存储	239
5.2.3 网格端到端数据安全	241
5.3 云计算技术	245
5.3.1 云计算的基本原理及基础架构	245
5.3.2 云计算中的核心技术	247
5.4 小结	257
参考文献	258
附录 网格高性能调度及资源管理技术的实验环境——GridSim 简介	260
1 GridSim 的简介和安装	260
2 GridSim 关键特征及体系结构	261
3 GridSim 网格模拟仿真过程	263
4 基于 GridSim 的调度算法的模拟	265

第一章 概 论

网格计算作为一种发展迅速的基础设施,能够突破现有的计算限制,实现大规模协同的科学计算及协同问题求解,成为一种新型的分布式计算模式,是继 Internet 之后又一次重大的科技进步。本章的主要目的是向读者介绍网格的基本知识、网格计算的核心服务技术以及网格的发展趋势。为此,本章从网格的概念、网格的发展过程、网格国内外研究现状和网格计算的核心服务技术等几个方面对网格计算进行概述,为后面深入学习、掌握和运用网格高性能调度及资源管理技术提供基本知识。

1.1 网格计算简介

高度信息化、科技化的新时代中,人们迫切需要功能更强、速度更高的计算机系统。超高速计算机的处理能力、复杂的数据存储方法、下一代远程通信、新一代操作系统和服务以及非常高级的网络服务能力标志着一个新的计算时代的到来。多种迹象表明,如何利用硬件和网络发展带来的汇聚能力,提高计算效率和生产力,已成为业界研究的重中之重。于是网格计算、云计算等技术应运而生,网格计算等同于世界上最大的计算机,来满足人类日益增强的计算性能的需求。网格的最高目标是能够同电网一样使用网格中的资源,这个远大的目标吸引了众多的科研人员和资金投入到网格计算的研究当中。因此,网格计算及其衍生的云计算等也得到了巨大促进性的发展,从最初的实验产品演变成今天科学界和工业界引人注目的技术。

1.1.1 网格计算的概念与特点

网格是从电力网络中借鉴过来的一个概念,原本是希望计算力和计算资源能够像电力一样“打开电源开关就可以使用”,而不用去关心是谁、如何提供这些服务。网格上的资源包括计算机、集群、计算机池、仪器、设备、传感器、存储设备、数据、软件等实体以及实体工作时所需要的软件和数据。通过网格将它们转化成一种随处可得、可靠、标准而经济的计算能力。

《网格:一种未来计算基础设施蓝图》一书中把网格定义为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,为科技人员和普通用户提供更多的资源、功能和服务。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,它可以让人们透明地使用计算、存储等其他资源。网格资源除了包括能够通过网络使用的一般资源外,还包括在网格设备旁边工作的人力资源。目前,学术界和商业界围绕网格开展的研究有很多,其研究的内容和名称也不尽相同,因而网格尚未有精确的定义和内容定位。例如,国外媒体常用下一代互联网(NGI)、Internet2、下一代 Web 等来描述网格相关技术。但下一代互联网和 Internet2 又是美国的两个具体科研项目的名字,它们与网格研究目标相交叉,但研究内容和重点又有很大不同。企业界用的名称也很多,有内容分发(contents delivery)、服务分发(service delivery)、电子服务(e-service)、实时企业计算(real-time enterprise computing, RTEC)、分布式计算(peer-to-peer computing, P2P)、Web 服务等。

Foster 在“网格的剖析”中把网格进一步描述为在动态变化的多个虚拟机构间共享资源和协同解决问题。其核心概念是在一组参与节点(资源提供者和使用者)中协商资源共享的能力,利用协商得到的资源来解决一些问题。随后,人们渐渐了解到在统一异构系统操作和一致化基础设施中一个统一的规范化标准是必不可少的。随后, Foster 又在“什么是网格? 判断是否网格的三个标准”中对网格的概念进行了完善,提出了网格必须同时满足的三个条件:

- ① 在非集中控制的环境中协同使用资源。
- ② 使用标准的、开放的和通用的协议和接口(Foster 认为目前只有 Globus 才算得上标准协议)。
- ③ 提供非平凡的服务质量。这三个条件非常严格,像 P2P、SUN Grid Engine、Condor、Entropia、MultiCluster 等都被排除在网格之外。

中国科学院计算所所长李国杰院士认为:网格实际上是继传统互联网、Web 之后的第三次浪潮,可以称之为第三代互联网应用。它是充分吸纳各种计算资源,并将它们转化成一种随处可得的、可靠的、标准的同时还是经济的计算能力。那种认为网格就是仅仅通过网络把计算机、人、仪器、数据等连接起来的观点是过时的,它过分强调了物理的网络和离散的网格资源,而没有将它们作为一个有机的统一整体来看待。另外一种观点就是把网格看做是中间件系统,这样观点也是不全面的。中间件的确在网格中占有很重要的地位,但是网格绝不仅仅只是中间件。这两种观点都存在一定的片面性。只有把两种观点有机地结合起来,才能真正的构成网格环境。

网格计算是伴随着互联网技术而迅速发展起来的,专门针对复杂科学计算的新型计算模式。基于网格问题的计算就是网格计算,这种计算模式是利用互联网把分散在不同地理位置的电脑组织成一个虚拟的超级计算机。其中每一台参与计算的计算机就是一个节点,整个计算是由多个节点组成的一张网格来完成的。简单地说,计算机网络就是一种网格,是主要用于解决科学与工程计算问题的网格。

这样组织起来的虚拟的超级计算机有两个优势,一个是数据处理能力超强;另一个是能充分利用网上的闲置处理能力。网络是把整个网络整合成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、专家资源的全面共享。网络是一个在地理位置上广泛分布的基础设施,用户数量巨大,资源千差万别,需求种类繁多,应用功能各异。网络要向用户、资源提供畅通的渠道,提供安全、高效、高质量的服务。网络必须具备如下基本特点:

① 虚拟性。网络中的资源和用户都要经过抽象,把实际的用户和资源虚拟化为网格用户和网格资源。网格用户使用标准、开放、通用的协议和界面,可以访问网络中的各种资源,但实际的用户和物理资源是相互不可见的。资源对外提供的只是一个虚拟化的接口。

② 共享性。网络中的各种资源都能够共享使用,是一个提供资源共享的场所。网络中的多个用户不仅能够共同使用网络中的一个资源,网络中的一个用户也可以同时使用多个网格资源。

③ 集成性。网络把地理位置上分布的各种资源集成在一起,成为一个有机的整体,协调分散给不同地理位置的资源使用者。用户不仅可以使使用单个资源提供的功能,而且能够联合使用多个资源的合成功能。网络可以集成来自不同管理域、不同管理平台、具有不同能力的资源。

④ 协商性。网络支持资源的协商使用,资源请求者和资源提供者可以通过协商得到不同质量的服务,满足不同的实际需求。通过协商,请求者和提供者之间还可以建立专用的服务接口,提供突出个性的服务。请求者可制定系统响应时间、数据带宽、资源可用性、安全性等各种要求,得到非平凡的服务质量,使得整个系统能提供的功能大于其各个组成部分的功能之和。

网络又是一个简单、灵活的系统。简单是指网格的使用不需要用户经过专门的培训和学习,不需要用户了解技术的具体细节,就如同现在使用电力资源一样,用户只要把网格设备接入网格“插座”,就可以使用网格资源。灵活是指网格中的资源来去自由,根据资源拥有者的意思,资源可以随时进入或退出网格,且不影响整个网格的使用。

网络概念的提出将从根本上改变人们对计算的看法,网络提供的是一种与以往完全不同的计算方式。网络是以一种全新、更自由、更方便的方式提供计算资源,解决更复杂的问题,打破了以往计算资源上的种种限制。Bramley 认为网络提供的计算能力是以前所无法得到的,而且也不能通过其他方式得到的。这就使得网络意义重大,其主要原因如下:

① 计算能力大小的限制。以前大部分需要计算的用户无法得到足够的计算服务能力,许多问题的解决是不能够通过计算或完全靠计算来实现的,因此对求解模型以及算法的化简是最常见的近似方法。网络提供的计算能力远远超过以前我

们所能够想象的程度,在网格计算能力的支持下,人们可以做许多以前无法想象和无法完成的工作。

② 地理位置的限制。计算资源是分布在各处的,由于资源的特殊性,有些资源是不可复制且无法和地理位置分开的,所以使用资源就必须要到资源所在地去。网格把资源所在位置的限制打破了,与资源的使用和使用者所在位置以及资源所在位置无关。这也是网格突出意义的所在。

③ 节约资源。现今的计算资源利用率远远不足,而很多应用又缺乏资源,网格恰恰可以充分利用资源,不仅可以把资源送到用户的桌面,更可以把提交的应用放到网格中完成。

④ 非常重要的一点就是网格打破了传统的共享和协作方面的限制,以前对资源的共享往往停留在数据文件传输的层次,而网格资源的共享允许对其他资源进行直接的控制,并且共享资源的各方可以进行交流,充分利用网格的各项功能。这种合作和控制可以根据需要,动态地与不同的组织和个人建立不同的工作关系。

这种观念和使用方式上的改变,是由网格技术支持的,不是凭空产生的。网格的意义,就如同互联网改变了人们传统的通信方式和通信手段一样,它将改变传统的计算方式和计算手段。网格技术将为人们提供更强大、更方便、更高级的问题求解手段。

1.1.2 网格计算的发展过程与趋势

供电系统与我们每一个人都息息相关,通过输电线路,电力资源被传输到家庭、学校、公司以及其他生活和工作场所,当我们需要使用电力的时候,只要把电器的电源插头接入电网就可以了。不管我们是使用电视机、电脑、冰箱,还是充电器、电热毯,不管电器的内部设施简单还是复杂,它们都可以自动使用电力资源。至于电网中的电力资源来自什么地方,是怎么产生的,怎么传输给用户都不需要知道,只需要付费使用即可。

前面已经介绍过,网格就是把电网作为比拟对象开始建立和发展的,希望成熟的网格能够和电网一样,用户只需接入网格,就可以利用网格中的资源,而不用去考虑使用的资源来自何方,怎么样产生的。计算网格的英文翻译是 computational grid,就是根据电网的英文 electric power grid 演变而来的。网格和电网的作用对比如图 1.1 所示。

网格把分布在不同地理位置上的各种资源用通信媒介连接起来,为用户提供服务。早期出现的网络操作系统和分布式操作系统的目标就是为用户提供可以使用的各种资源的操作系统平台。后来出现了异构计算,人们期望能够跨平台使用计算资源。近几年出现了并行分布计算,产生了在计算机界具有广泛影响的并行虚拟机(parallel virtual machine,PVM)等,人们可以利用网络连接起来的多台计

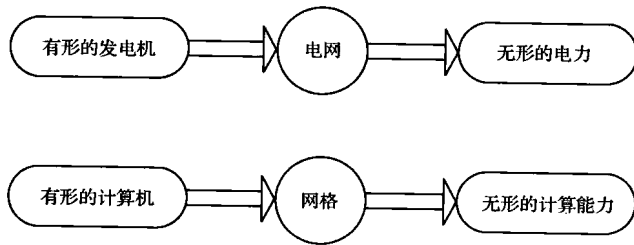


图 1.1 电网和网络作用的对比

计算机或工作站共同计算一个问题。元计算的研究最终导致了现在网络的成形。网络的概念是在 I-WAY 项目中提出来的。

从美国、日本及欧洲的发达国家到印度这样的发展中国家都启动了大型网格研究计划,并得到了产业界的大力支持。网格的发展到目前为止基本上可以划分为以下几个阶段:一是萌芽阶段,在 20 世纪 90 年代初期,主要是千兆网的测试床以及一些元计算的实施;二是实验阶段,在 20 世纪 90 年代中期到晚期,如 I-WAY 项目,还包括一些学术性的软件项目,如 Globus、Legion 等;三是飞速发展阶段,出现了大量的应用社团和项目,工业界对网格计算的兴趣在增长,如 IBM、Platform、Microsoft、Sun、Compaq 等公司。同时也出现了一比较显著的技术基础,如 Globus Toolkit,形成了具有相当规模和世界影响的全球网格论坛(global grid forum, GGF)组织。David 等把网络按照技术发展的顺利分成三代:

第一代网格。FAFNER(factoring via network-enabled recursion)和 I-WAY 两个项目是第一代网格的典型代表。这个时期都是把计算机简单连接起来提供更高的技术资源,元计算的概念就是在这个时期提出的。随着 FAFNER 的发展,出现了 SETI@home 和 Distributed. Net 等项目,I-WAY 发展出现了 Globus 和 Legion 等项目。

第二代网格。Globus 和 Legion 等项目是第二代网格的典型代表,特别是 Globus 工具集的开发和应用,对网格的研究和发展起了极大的推动作用。网格的安全性也被人们重视,这个时期的主要工作是支持大规模数据和计算的中间件开发,人们逐渐认识了计算网格,建立了面向协议和模块的网络体系结构。

第三代网格。典型代表是万维网服务和开放网格服务结构。万维网服务是面向商业领域的计算框架,作为万维网服务框架中的基本技术,简单对象访问协议(SOAP)、万维网服务描述语言(WSDL)和统一集成、描述和发现(UDDI)规范获得了业界的普遍支持。这个阶段网格的主要特点是面向服务的网格结构。开放网格服务结构(OGSA)把万维网和计算网格结合起来,建立以服务为核心的网络结构。

今天,网格已遍及全球,并在美国、加拿大、欧洲和亚太地区的研究者间建立起了广泛的协作。投资机构、商业供应商、学术研究者、美国国家中心和实验室联合起来形成了一个经验丰富的团队,他们决定继续构建网格。更重要的是网络、数字图书馆、对等式计算和协作研究等相关领域都正不断地提供与网格相关的各种思想。毋庸置疑,网格已经成为当今世界的研究热点,发展网格被认为是下一代 Internet 的核心任务之一。从网格技术的发展来看,有以下发展趋势:

(1) 标准化趋势

就像 Internet 需要依赖 TCP/IP 协议一样,网格也需要依赖标准协议才能共享和互通。目前,全球网格论坛、对象管理组织(object management group, OMG)、寰宇网联盟(world wide web consortium, W3C)以及 Globus 项目组在内的诸多团体都试图争夺网格标准的制定权。

Globus 项目组在网格协议制定上有很大发言权, Globus Toolkit 已经成为事实上的网格标准。Globus 由美国阿贡国家实验室数学与计算机分部、南加州大学信息科学学院和芝加哥大学分布式系统实验室合作开发,并与美国国家计算科学联盟、NASA IPG 项目等建立了伙伴关系。一些重要的公司,包括 IBM、Microsoft、Compaq、Sun 等公开宣布支持 Globus Toolkit。目前大多数网格项目都是基于 Globus Toolkit 所提供的协议和服务建设的,例如美国的物理网格 GriPhyN、欧洲的数据网格 DataGrid、荷兰的集群计算机网络格 DAS-2 等。

在加拿大多伦多市召开的全球网格论坛会议上, Globus 项目组和 IBM 共同倡议了一个全新的网格标准,即开放网格服务体系,它把 Globus 标准与以商用为主的 Web Services 标准结合起来,网格服务统一以 Services 的方式对外界提供。OGSA 的诞生,标志着网格已经从学术界的象牙塔延伸到了商业世界中,而且从一个封闭的世界走向了开放的环境中。OGSA 从一诞生,就得到业界的广泛支持,如 Microsoft、Platform Computing、AVAKI、Entropia 等从一开始就宣传支持 OGSA。目前,OGSA 已经被广为接受,几乎所有的业界同仁都认为它就是网格的未来。GGF 由四研究组负责与 OGSA 相关的标准制定工作,即开放网格服务体系结构工作组(OGSA-WG)、开放网格服务基础设施工作组(OGSI-WG)、开放网格服务体系结构安全工作组(OGSA-SEC-WG)以及数据库访问和集成服务工作组(DAIS-WG)。

符合 OGSA 规范的 Globus Toolkit 3.0 (Alpha 版)已经在第一届 Globus-world 会议上发布,这标志着 OGSA 已经从一种理念、一种体系结构,走到付诸实践的阶段了。

(2) 技术融合趋势

在 OGSA 出现之前,已经出现很多种用于分布式计算的技术和产品。例如, Sun 公司就推出了开放网络计算(open network computing)、OSF 的 DCE、对象管

理集团 OMG 的 CORBA、Microsoft 的 DCOM。这些机制互不兼容,甚至严重到了同一家公司的产品都不兼容的程度,这给网格的发展带来了极大的阻碍。20 世纪 90 年代末,令人扼腕叹息的混乱局面终于有望结束,因为此时基于 XML 的 Web Services 技术开始大行其道。Web Services 之所以能够迅速走红,是因为它在各种异构平台之上构筑了一层通用的、与平台无关的信息和服务交换设施,从而屏蔽了互联网中千差万别的差异,使信息和服务畅通无阻地在计算机之间流动。Web Services 得到了各大公司的支持,解决方案精彩纷呈,包括 IBM 的 WebSphere、Microsoft 的 .NET、Sun 的 SunOne、Oracle 的 Oracle9i、惠普的 eSpeak 等。

Globus 项目组看到了 Web Services 的巨大潜力,将 Globus Toolkit 的开发转向了 Web Services 平台,试图用 OGSA 在网格世界一统天下。基于 OGSA 的网格一切对外功能都以网格服务来体现,并借助一些现成的、与平台无关的技术(如 XML、SOAP、WSDL、UDDI、WSFL、WSEL 等)来实现这些服务的描述、查找、访问和信息传输等功能。这样,一切平台及所使用技术的异构性都被屏蔽。用户访问网格服务时,就无需关心该服务是 CORBA 提供的,还是 .NET 提供的。

(3) 大型化趋势

美国政府单在网格技术的基础研究上,每年投入的经费就高达 5 亿美元。美国能源部 DOE 支持的科学网格用 622Mb/s 的 ESNet 网络连接了能源部的两台超级计算机,网格计算能力达到每秒 5 万亿次,存储能力达到 1 300 万亿字节。美国国家科学基金 NSF 支持的 TeraGrid 将连接位于五个不同地方的超级计算机,达到每秒 20 万亿次的计算能力,并能存储和处理近 1 000 万亿字节的数据。TeraGrid 的最大特色是连接网格的专用网络带宽将达到惊人的 40Gb/s。美国物理网格(grid physics network, GriPhyN)计划建立每秒千万亿次级别的计算平台,用于数据密集型计算。

IBM 计划投入 40 多亿美元进行网格计算创新(grid computing initiative)。IBM 的网格项目已经见效,它不仅成为 Globus 的首席合作伙伴,还成为 OGSA 标准的制定者之一。

(4) 领域趋势

网格计算就是一种利用已有资源创造高效的方式。信息世界中各种各样的资源丰富多样,由不同的资源集成得到不同的网格应用领域方向。下面列举一些常见网格应用领域的趋势方向:无线协作网络、实时内置分析系统、无线协作建筑和交通工具、自觉改进网络、知识导航和讨论网络、世界脑库、无线协作机器人、无线计算机和传感网络、人工智能网络、体内植入电脑等。

(5) 前景趋势

经过深入思考,就会发现,网格并不是一种可有可无的技术,而是网络技术必

然的发展方向。我们暂时不考虑它是不是叫做网格这个名称,而去思考一下互联网将向什么方向发展。一方面,网络的带宽将更宽,网络的地址将更多,网络上的资源将更多。就像从普通公路发展到高速公路一样,更多的地址意味着允许更多的车上路,更多的资源就像在路边修建更多的服务设施——这就是宽带互联网(下一代因特网)正在做的事情;另一方面,网络上的资源多了,跑的车多了之后,这时最重要的问题就是如何管理好它们,让它们形成一个有机的整体,发挥出最大化的效益——这就是网格所要做的事情。这两件事情是互相依存促进的,缺一不可。对于网格而言,在技术实现上没有像人工智能技术那样的硬瓶颈,因而最关键的问题是它究竟是不是未来发展方向。通过前面的分析,我们已经知道,把互联网管理好,形成一个有机整体,是必然的趋势,因而网格必然是我们的未来。既然方向问题解决了,它在技术上又是可行的,因此根本就不用担心它的成熟和普及问题。它可能会“忽如一夜春风来,千树万树梨花开”。第一台个人计算机是20世纪70年代末问世的,而我们现在的环球网,也不过20世纪90年代初期才问世,看看它们现在都已经普及到了何种程度?不妨让我们展望一下未来。

未来的企业。网格不仅能将一家跨国公司分布在世界各地的分支机构连接成为单一的合作团队,还能把全世界所有的企业连接成为实时交换信息的有机整体。例如,当所有的超市和商场都通过网格服务将其销售信息动态发布出来时,任何一家工厂都可以随时知道自己的商品每时每刻在全球的销售情况,并自动向所有的供货商发出原料订单,从而极其精准地安排生产,避免原料的浪费和产品的积压,实现全社会的精确生产。

未来的网上购物。远程沉浸网格可以带领消费者进入虚拟商店。您可以点击获取商品丰富的多媒体信息,并通过视频交互来获得千里之外的店员帮助,甚至可以在三维计算机屏幕上试穿衣服。

未来的学校。在网格技术的支撑下,将带来全新的协同式教学模式,让分布在世界各地的学生和老师可以在一个虚拟的班上上课。沉浸式的交互环境可以让人彻底忘记距离。信息随手可得的网格还能提供许多想象不到的功能,学生的大部分疑问甚至可以由网格自动解答。

未来的娱乐。网络游戏突飞猛进地发展,已经让许多年轻人到了不能自拔的地步。在网格的支持下,网络游戏的真实感和协同性还会大大增强。结合远程沉浸技术的网络游戏,将使人更加难以区分虚幻与真实。

未来的科学。协同式的科学研究,必将成为未来的主流。网格可以让全世界的天文望远镜形成一个整体,将采用不同手段、从不同角度观测到的天体数据进行融合,从而得到更深入的研究结果。网格可以将远程的实验设备、超级计算机、高级可视化设备连接起来,让科学家在三维的图形界面实时观看和控制数据,并与国际同行进行无缝的协同工作。

事实上,网络技术的研究开发早已不是停留在概念阶段,在部分领域已经进入了开发甚至布置实用型系统的阶段。例如,欧洲高能物理研究中心(CERN)与全球 13 个国家和地区,同步宣布大型强子对撞机计算网格 LCG 第一阶段的网格服务正式上线。该系统利用网格技术,将分散于全世界的十余个研究单位的计算机资源整合成为虚拟的单一系统,共同满足大型强子对撞机(LHC)实验对大量计算、物理分析、数据管理与系统维护的需求。国际最权威的科学杂志 *Nature* 曾对此做了报道。IBM、加拿大平台公司等为美国的大银行摩根大通研发了具有业务整合、资源共享、协同工作特征的银行网格应用系统,该系统的一部分已经投入生产型运行。美国的游戏网格“蝴蝶网络”给游戏开发商、发行商和服务提供商提供了一种可扩展的、具有自恢复能力的基础设施来运行多人参与的游戏。该系统能支持 100 万个游戏人员同时在线。在使用的两年时间内,利用传统的集中式服务器模型部署的一个游戏产生了 160 万美元利润,而在基于网格的基础设施上提供同样的游戏能产生 1 280 万美元利润,达到原来的 8 倍。在我国,IBM 与中国石油化工有限公司石油勘探开发研究院宣布将共同合作建立中国第一个企业应用网格系统。该项目的实施大致分为三个阶段:数据共享、数据库整合和计算力共享。此前,IBM 已经在全球部署了数十家企业应用网格的成功案例。解放军理工大学军事网格研究中心与上海电信技术研究院正式签约,共同为上海市这个有两千万人口的城市开发面向全市的下一代视频网格系统。这是网格技术在我国电信行业的第一个实用系统。

结合当前应用,网格调度、资源管理技术与云计算相关技术呈现出互相融合发展趋势。

1.1.3 国内外网格计算项目简介

目前,网格的研究已经从美国和欧洲推广到了世界各大洲,各个国家和地区都投入了大量的资金进行网格技术研究和网格基础设施建设:英国政府投资已超过 1 亿英镑,用于建设英国国家网格;美国政府用于网格技术基础研究的经费已超过 5 亿美元;欧洲联盟也投入了巨资建设欧洲数据网格和欧洲网格;亚洲的中国、日本、泰国、韩国、马来西亚等国也开始了网格的研发和建设工作。美国军方目前正在实施“全球信息网格计划”,预计到 2020 年完成。

网格技术的出现使许多具有行业挑战性的问题可以在新的计算平台上完成和实现。各国的科研机构 and 商业机构已经意识到网格的重要性,并在网格领域进行了投入。为了将有限的资金更有效地投入庞大的网格系统,国际与地区间的研究机构和商业机构开展有效地合作是非常必要的。全球网格论坛、地区网格论坛、国家网格论坛、网格协作组织纷纷出现,用来协调成员之间的合作关系、开发标准和协议。全球最大的网格联盟 GGF 已经成为事实上网格标准的制定与发布机构。