



<http://www.phei.com.cn>

# 网格计算技术

## Grid Computing Technology

徐志伟 冯百明 李伟 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电子信息科技专著出版专项资金资助出版

# 网格计算技术

**Grid Computing Technology**

徐志伟 冯百明 李 伟 编著

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

**北京 • BEIJING**

## 内 容 简 介

本书是一本系统讲述网格计算技术的专业书籍。全书由绪论、网格体系结构、信息管理、资源管理、数据管理、通信与安全、用户界面、作业管理、网格系统管理和网格性能评价等 10 章组成。附录中还给出了本书的英汉术语对照表和名词术语索引表。

本书取材广泛,内容系统,集成了各种网格计算技术,反映了国内外前沿技术的发展,服务于网格计算及相关领域专业人员,也可作为大学高年级和研究生网格计算课程教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

网格计算技术/徐志伟,冯百明,李伟编著. —北京:电子工业出版社,2004.5

ISBN 7-5053-9782-6

I. 网… II. ①徐… ②冯… ③李… III. 网格-计算 IV. 0243

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 022567 号

策划编辑: 童占梅

责任编辑: 童占梅

印 刷: 北京天宇星印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 500 千字

印 次: 2004 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 35.20 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。  
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn),盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

## 序 1

信息与物质、能量的最大不同是信息几乎可以无限制地共享。图书馆里的一本书由一个人借走了，别人就无法同时再借阅，但网站上的网页几乎可同时被成千上万人下载。不但像书本一样的静态信息可以共享，动态执行的程序也可以共享，连在网上的其他资源也可以分时共享。资源共享是人类的理想，也是降低信息化成本的根本出路。除了信息共享之外，通过网络互连协同工作也是人们长期追求的目标。集成与协同工作已成为 21 世纪科研活动的主要方式。

20 世纪 60 年代末，美国 DARPA 启动了互联网研究，90 年代出现了共享信息的万维网。互联网和万维网的出现极大地改变了人们获取信息的方式。现在互联网上的网民人数已超过 5 亿，光缆敷设长度已逾二百多万千米，但是还没有达到信息资源共享的目标，互联网上到处是信息孤岛。由于标准不统一，基于互联网的协同工作也很困难。

在人们建设万维网的滚滚热潮中，一些信息领域的有志之士敏锐地觉察到了互联网潜在的能力，开始了网格的研究和开发工作，希望把互联网建设成为一个全面共享资源的基础设施——网格。在网格上，人们可以方便地共享各种资源，如同我们现在可以方便地利用电力网格所提供的电力资源一样，只要用户把电器插入插座，就可以使用不同发电厂、通过不同的传输网送到用户家中的电力资源。

网格研究起源于美国政府资助的高性能计算科研项目。这类研究的目的是将跨地域的多台高性能计算机、大型数据库、贵重科研设备、通信设备、可视化设备和各种传感器等整合成一个巨大的超级计算机系统，支持科学计算和科学研究。与此同时，企业界为了更广泛地应用互联网与万维网，实现跨地域的资源共享和协同工作，制定了 XML 等工业标准，投入巨资研究万维网服务（Web Service）。计算网格与万维网服务在技术与目标上有许多共同之处。计算网格和万维网服务的结合产生了开放网格服务体系（OGSA），给网格的研究开发注入了新的活力，许多研究开发都纷纷转移到 OGSA 平台上，形成了全世界发展服务网格的热潮。

国家“863”计划已经启动了中国的网格技术研究，着手建立国家高性能计算环境和国家信息网格系统。中国科学院计算技术研究所作为牵头单位，已经联合国内其他大学和研究所致力于网格软件的开发，目前已经完成该软件 1.0 版的开发工作，开始在全国范围的有关节点上部署。网格技术的研究使本书作者获得了第一手的实践经验。

本书作者选择了计算网格、万维网服务和开放网格服务结构作为本书的主要内容，集中介绍了网格计算的主要技术，对目前网格计算的情况进行了总结性的介绍，相信本书对开始从事网格计算的研究人员、工程技术人员和希望了解网格技术的普通读者都会有所帮助。书中大部分内容已经在中科院计算所面向硕士研究生和博士研究生开设的《网格计算技术》课程中讲授过，对研究生们认识网格和开展网格研究工作很有帮助，受到了他们的欢迎。

本书不是下载一大堆国外网格项目的介绍材料简单罗列给读者，而是按照研究生教材的要求，分不同章节分别阐述网格的体系结构、信息管理、资源管理、数据管理、界面管理、通信与安全等关键技术，这将有利于读者深入了解网格技术的特点和开展相关技术的研究与应用。我相信本书的出版会对我国网格研究与应用起到推动作用。

中国工程院院士

李国杰

于北京·中国科学院计算技术研究所

## 序 2

网络是近几年信息技术领域的热点研究课题，网络技术的研究和开发热潮吸引了越来越多的人员和机构参加，引起了社会的广泛关注。网络的本质是服务，开始是通信服务、信息服务，之后是各式各样的服务，教育服务、计算服务、商务服务、娱乐服务、金融服务、政务服务、旅游服务、医疗服务等。简而言之，网络就是资源一体化和服务一体化。资源一体化包括服务资源（各种计算机软硬件系统，各种仪器、设备、装置、传感器和各种信息资源）和客户资源（计算设备，显示设备，各种家电，包括手机、照相机等）的一体化。资源一体化不仅为了提高资源的利用率，而且也是为了服务一体化。服务一体化的目标是提高服务质量。

网络被认为是下一代的万维网。以全球网络论坛、万维网联盟、WS-I 等组织为代表的许多标准化组织正致力于有关网络标准和规范的建立。国际上信息产业界的大公司、主要的大学和科研机构纷纷加入到网络技术研究和开发队伍中。我国也有不少的研究机构和大学开展了网络研究，中国科学院计算技术研究所是国内最早开展网络技术研究的少数几个单位之一，他们的“织女星网络”研究项目受到了国家“863”计划的资助，作为其研究成果的软件，在公布之后被大量用户下载使用。本书作者是中科院计算技术研究所从事网络研究的科研人员，几年来一直奋战在科研一线，积累了丰富的理论和实践知识。

随着网络研究的不断升温，越来越多的研究人员加入到网络研究开发的行列中，他们急需快速掌握网络研究开发的知识与技术。目前，国内外鲜见系统讲述网络技术的入门书籍，

《网络计算技术》就是为了满足这种需要而推出的一本网络技术方面的专业书籍。该书详细介绍了网络研究领域的主要技术，按照网格的基本模块安排书中内容，并选择许多项目中的相关研究成果作为实例，是作者多年研究成果的集中体现。此外，本书还介绍了国际和国内网格研究开发的现状，涉及目前活跃在网格研究领域的主要技术。读者通过阅读本书，可以掌握网格技术的基本概念和基本知识，对进一步深入开展网格技术的研究和开发工作将会有所帮助。

正如本书作者在书中所言，网格目前还处在“婴儿期”，其研究多数集中在计算网格，要发展成熟还有待时日。所以本书内容侧重在计算网格，书中涉及的某些技术在不久的将来难免过时，但是这些技术是未来更合适的新技术出现的基础。网格研究目前呈现的“百花齐放，百家争鸣”的局面，有助于网格技术的快速成熟，并推动实用网格的出现。我相信本书的出版会推动我国网格的研究和开发活动更上一层楼。

中国科学院院士  
高庆狮  
于北京·中关村

## 前 言

人类追求进步的脚步一刻也没有停止过,技术创新越来越受到社会的认同,社会发展的脚步迈得越来越大。尤其是以电子计算机为代表的信息技术走向社会之后,我们的社会加速度进步的趋势越来越明显。纵览计算机发展大事年表,我们不得不惊叹于技术的日新月异,不得不勉励自己坚持不懈地学习,否则很可能被时代所淘汰。

从计算机的出现、网络技术的成熟、国际互联网的建立、万维网的广泛使用等重大技术发展中,我们都深刻地感受到新技术给人们生活带来的巨大变革。当广大的计算机用户正在互联网的空中飞翔,在网页的海洋中遨游的时候,世界上一些具有敏锐眼光的计算机专家已经意识到了国际互联网的局限性和万维网的不足,在他人沉醉于国际互联网和万维网带来的便利时,这些专家已经开始着手研究和开发一种比国际互联网和万维网更先进的基础设施——网格。在网格上,人们不仅能共享信息资源,而且能共享计算资源、存储资源、设备仪器等各种可以通过网络使用的资源。

网格(Grid)一词在20世纪90年代中期首次被用来描述用于科学和工程分布式计算的基础设施。这种基础设施把计算资源、数据存储设施、广域网络、仪器设备等连成有机的整体,方便用户使用这个基础设施中的任何资源。网格是一种新技术,目前正在发展之中。尽管已经有一些网格的雏形系统出现,但它们所能提供的功能还很简单,用户界面也还不够友好,还没有达到实用的程度。

目前,网格的情况跟万维网的早期一样,那时候的万维网所能提供的功能差不多就是远程计算机之间的文件传输。将自己所需要的信息从目标机器上取回来,需要知道文件所在的地址。网络上相关信息的发现是一件繁杂的事情。但是,随着信息传输协议HTTP和信息组织语言HTML的定义和使用,万维网的情况发生了巨大变化,人们可以容易地获取网上的信息。通过超链接的形式,将与一个网页内容相关的其他网页链接在网页之中,用户只要用鼠标在需要的超链接上点一下,所需要的信息就可以显示在浏览器窗口中。即使没有任何计算机知识的人,都可以凭借文字说明和图片轻松地在网上冲浪。当然网格肯定要比万维网功能更强,网格究竟要做成什么样子,目前还没有统一的认识。人们甚至还在争论,是否为了不同的目的建造不同种类的网格,一个网格主要瞄准分布的高性能计算机联合求解需要巨大计算能力的问题;另一个网格则把不同的信息资源集成起来,供所有的用户共享使用;其他的网格实现其他的功能。但不管实际情况多么捉摸不定,网格这个新生事物却毫不迟疑地迈着大步向我们走来,网格将会成为我们未来生活中不可缺少的助手,正如现在的万维网一样。在未来的网格上,我们不必知道需要的文件存储在什么地方,也不用关心运行我们作业的计算机是在我们附近还是在地球的另一端,我们只要把自己的请求提交给网格就可以了,网格这个遍布全球的计算设施将为我们提供优质的服务。

本书是一本讲述网格计算技术的入门书籍,涉及的内容广泛,在完成本书的过程中我们参阅了大量的文献,其中包括公开发表的论文、网上发布的白皮书、用户说明书等。本书在引用具体技术的位置都明确说明了技术的来源是哪个项目、哪个软件、哪个小组的,这些知识的产

权都归相应的拥有者所有。书中有部分引用已经很难查证原始的出处，我们注明的参考文献仅是我们获得相关资料的文献。由于我们工作的疏漏和时间紧迫，没有一一列举出所有的参考文献，谨请有关作者谅解，如有不妥之处，请告知我们改正。我们尊重他人的知识产权，如果我们的工作中有什么疏忽和遗漏，请相关的作者通过电子邮件同我们联系，在此表示歉意和谢意。

网格技术的发展非常快，目前正处在迅速发展时期，新思想、新技术、新观点不断提出，我们在本书中力求比较全面地介绍网格的主要技术，但由于水平和精力所限，难免挂一漏万。再者，一本书的成型需要时间，从开始写作到最后出版也需要较长的时间，书中介绍的技术难免过时，我们不可能把有关的新技术全部介绍给大家。如果您对本书有什么意见，欢迎告诉我们。如果将来有机会再版，我们会根据大家的意见，力争给您提供一个比较好的版本。

我们的网格研究课题受到了国家自然科学基金委杰出青年科学基金（69925205）、国家“863”高技术研究发展计划基金（2002AA104310）、中国科学院知识创新工程（20014010）的资助。在完成本书的过程中，我们得到了许多同志的帮助和鼓励，在这里我们无法一一列举，谨向所有帮助过我们的有关人士表示感谢，是您的帮助和鼓励激励着我们完成了本书。这里我们要特别感谢中国科学院计算技术研究所网格研究课题组所有成员的大力支持和帮助，该组的许多同志就本书涉及的问题和观点经常与我们讨论，并无偿提供各自所拥有的文献、资料 and 代码等。查礼博士为作业管理部分提供了许多资料和建议，余海燕博士和邱杰为 GT3 和 .Net 下的实例实现提供了帮助，张彦哲提供了 WebSphere 服务实现方面的帮助，刘利民对用户管理部分提供了帮助，邹锐对记账部分提供了帮助，张杰对安全方面提供了帮助，并对安全方面的专业名词翻译提供了帮助。在本书的完成过程中还得到王源博士、刘兴武、游赣梅、董方鹏、龚弈利、刘东华、李丙辰、谈恩华、王宇、王海军、蔡季萍、侯志强、岳强等同志的帮助，在此对他们表示感谢。

书稿完成之后，帮助阅读过全部和部分书稿的有龚弈利、王源、刘利民、岳强、张杰、谈恩华、查礼、蔡季萍、侯志强等，感谢这些同志在百忙之中抽出时间阅读书稿，并对书稿提出了修改意见和建议。

电子工业出版社的童占梅老师对本书的完成和出版给予了热情的帮助，在书稿完成过程中给我们提出了许多有益的建议和意见，使我们少走了许多弯路，她为书稿的最终面世付出了辛勤的劳动。

再次向所有给予过我们任何形式帮助的各位同志表示感谢。

祝各位读者阅读快乐！

徐志伟（zxu@ict.ac.cn）

冯百明（fengbm@ict.ac.cn）

李 伟（liwei@ict.ac.cn）

于北京·中国科学院计算技术研究所



# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....     | (1)  |
| 1.1 网格概述 .....            | (1)  |
| 1.1.1 网格是什么 .....         | (1)  |
| 1.1.2 为什么需要网格 .....       | (4)  |
| 1.1.3 网格的发展 .....         | (6)  |
| 1.1.4 网格的目标 .....         | (8)  |
| 1.2 网格的分类 .....           | (9)  |
| 1.2.1 按网格客体分类 .....       | (9)  |
| 1.2.2 按网格主体分类 .....       | (10) |
| 1.2.3 按网格策略分类 .....       | (11) |
| 1.3 网格研究现状 .....          | (12) |
| 1.3.1 美国的网格研究 .....       | (12) |
| 1.3.2 欧洲的网格研究 .....       | (14) |
| 1.3.3 亚洲的网格研究 .....       | (15) |
| 1.3.4 我国的网格研究 .....       | (15) |
| 1.3.5 志愿者计算 .....         | (16) |
| 1.4 网格相关组织 .....          | (17) |
| 1.4.1 全球网格论坛 .....        | (17) |
| 1.4.2 万维网联盟 .....         | (18) |
| 1.4.3 国际互联网工程任务组 .....    | (18) |
| 1.4.4 结构化信息标准促进组织 .....   | (19) |
| 1.4.5 其他组织 .....          | (19) |
| 1.5 有关本书的说明 .....         | (20) |
| 1.5.1 本书的结构 .....         | (20) |
| 1.5.2 本书的体例 .....         | (21) |
| 1.5.3 本书的例子 .....         | (21) |
| 1.5.4 本书的读者对象 .....       | (23) |
| 1.5.5 本书的阅读顺序 .....       | (23) |
| 1.6 本章小结 .....            | (23) |
| 思考题 .....                 | (24) |
| <b>第 2 章 网格体系结构</b> ..... | (25) |
| 2.1 网格体系结构概述 .....        | (25) |
| 2.1.1 网格体系结构的意义和功能 .....  | (25) |
| 2.1.2 网格基本模块 .....        | (27) |

|              |                            |             |
|--------------|----------------------------|-------------|
| 2.1.3        | 网络的层次结构 .....              | (30)        |
| 2.1.4        | 网络理论框架——CAM 模型 .....       | (31)        |
| 2.1.5        | 网络中的生产-消费模型 .....          | (34)        |
| 2.2          | 计算网络 .....                 | (34)        |
| 2.2.1        | Globus 工具集 .....           | (35)        |
| 2.2.2        | 五层协议结构 .....               | (36)        |
| 2.2.3        | 模块结构 .....                 | (37)        |
| 2.2.4        | 运行作业 .....                 | (38)        |
| 2.3          | 万维网服务 .....                | (39)        |
| 2.3.1        | 基本结构 .....                 | (39)        |
| 2.3.2        | 万维网服务相关协议 .....            | (40)        |
| 2.3.3        | 万维网服务流程中协议和规范的使用 .....     | (42)        |
| 2.3.4        | 全球 XML 万维网服务体系结构 GXA ..... | (44)        |
| 2.3.5        | ebXML .....                | (45)        |
| 2.4          | 开放网络服务结构 OGSA .....        | (46)        |
| 2.4.1        | 网络服务 .....                 | (47)        |
| 2.4.2        | 网络服务结构 .....               | (48)        |
| 2.4.3        | 扩展 WSDL .....              | (50)        |
| 2.4.4        | OGSI .....                 | (51)        |
| 2.4.5        | GT3 .....                  | (55)        |
| 2.5          | 其他相关技术 .....               | (57)        |
| 2.6          | 本章小结 .....                 | (58)        |
|              | 思考题 .....                  | (58)        |
| <b>第 3 章</b> | <b>信息管理 .....</b>          | <b>(59)</b> |
| 3.1          | 信息管理概述 .....               | (59)        |
| 3.1.1        | 网络信息管理 .....               | (59)        |
| 3.1.2        | 网络信息的分类 .....              | (60)        |
| 3.1.3        | 信息表示 .....                 | (61)        |
| 3.1.4        | 信息存储 .....                 | (63)        |
| 3.2          | 网络信息服务 .....               | (64)        |
| 3.2.1        | 信息服务结构 .....               | (64)        |
| 3.2.2        | 信息服务的主要功能 .....            | (66)        |
| 3.2.3        | UDDI 中的信息和服务 .....         | (68)        |
| 3.3          | 通用信息模型 CIM .....           | (70)        |
| 3.3.1        | 通用信息模型概述 .....             | (70)        |
| 3.3.2        | 基本组成 .....                 | (70)        |
| 3.3.3        | 工作过程 .....                 | (72)        |
| 3.4          | 轻量目录访问协议 LDAP .....        | (73)        |
| 3.4.1        | 组成结构 .....                 | (73)        |

|              |                             |             |
|--------------|-----------------------------|-------------|
| 3.4.2        | 接口和实现 .....                 | (76)        |
| 3.5          | 元计算目录服务 MDS .....           | (76)        |
| 3.5.1        | MDS 的作用和功能 .....            | (76)        |
| 3.5.2        | MDS 的结构 .....               | (77)        |
| 3.5.3        | MDS 的使用 .....               | (78)        |
| 3.6          | Java 名字和目录接口 JNDI .....     | (80)        |
| 3.6.1        | 名字服务 .....                  | (80)        |
| 3.6.2        | Java 名字和目录接口 JNDI 的结构 ..... | (80)        |
| 3.7          | GT3 的信息服务 .....             | (81)        |
| 3.7.1        | OGSA 信息服务的特点 .....          | (82)        |
| 3.7.2        | 索引服务 .....                  | (84)        |
| 3.7.3        | 查询 .....                    | (85)        |
| 3.8          | XML 格式信息查询 .....            | (87)        |
| 3.8.1        | XPath .....                 | (87)        |
| 3.8.2        | XQuery .....                | (90)        |
| 3.9          | 本章小结 .....                  | (92)        |
|              | 思考题 .....                   | (92)        |
| <b>第 4 章</b> | <b>资源管理 .....</b>           | <b>(94)</b> |
| 4.1          | 网格资源 .....                  | (94)        |
| 4.1.1        | 资源的定义 .....                 | (94)        |
| 4.1.2        | 资源的分类 .....                 | (95)        |
| 4.1.3        | 网格资源的特点 .....               | (96)        |
| 4.2          | 资源管理系统结构 .....              | (97)        |
| 4.2.1        | 资源管理系统的三种类型 .....           | (97)        |
| 4.2.2        | 资源管理的目的和功能 .....            | (98)        |
| 4.2.3        | Globus 资源管理结构 .....         | (100)       |
| 4.2.4        | GT3 的资源管理器 .....            | (102)       |
| 4.3          | 资源描述 .....                  | (104)       |
| 4.3.1        | 资源规范语言 RSL .....            | (105)       |
| 4.3.2        | 万维网服务描述语言 WSDL .....        | (107)       |
| 4.3.3        | 资源描述框架 RDF .....            | (112)       |
| 4.3.4        | 统一资源标识符 URI .....           | (113)       |
| 4.3.5        | LDAP 中的资源描述 .....           | (115)       |
| 4.3.6        | 资源命名 .....                  | (116)       |
| 4.4          | 资源管理操作 .....                | (117)       |
| 4.4.1        | 资源信息收集 .....                | (117)       |
| 4.4.2        | 资源信息更新 .....                | (117)       |
| 4.4.3        | 资源发现 .....                  | (118)       |
| 4.4.4        | 资源分配 .....                  | (119)       |

|              |                        |              |
|--------------|------------------------|--------------|
| 4.4.5        | 资源定位 .....             | (121)        |
| 4.4.6        | 资源迁移 .....             | (121)        |
| 4.4.7        | 资源预约 .....             | (121)        |
| 4.5          | 网格社区 .....             | (122)        |
| 4.5.1        | 建立网格社区的意义 .....        | (122)        |
| 4.5.2        | 网格社区的定义 .....          | (123)        |
| 4.5.3        | 网格社区的实现 .....          | (123)        |
| 4.6          | 服务发现简介 .....           | (124)        |
| 4.6.1        | UDDI 的服务发现 .....       | (124)        |
| 4.6.2        | WS-Inspection 规范 ..... | (124)        |
| 4.7          | 本章小节 .....             | (126)        |
|              | 思考题 .....              | (126)        |
| <b>第 5 章</b> | <b>数据管理 .....</b>      | <b>(127)</b> |
| 5.1          | 网格数据概述 .....           | (127)        |
| 5.1.1        | 网格上的数据 .....           | (127)        |
| 5.1.2        | 数据管理的功能 .....          | (128)        |
| 5.1.3        | 数据实例 .....             | (129)        |
| 5.2          | 数据传输 .....             | (130)        |
| 5.2.1        | 并行传输 .....             | (130)        |
| 5.2.2        | 容错传输 .....             | (131)        |
| 5.2.3        | 第三方控制的传输 .....         | (132)        |
| 5.2.4        | 分布传输 .....             | (132)        |
| 5.2.5        | 汇集传输 .....             | (133)        |
| 5.3          | 数据存储 .....             | (133)        |
| 5.3.1        | 分布存储 .....             | (133)        |
| 5.3.2        | 聚集存储 .....             | (134)        |
| 5.3.3        | 缓存存储 .....             | (134)        |
| 5.4          | 副本管理 .....             | (135)        |
| 5.4.1        | 副本创建 .....             | (135)        |
| 5.4.2        | 副本一致性维护 .....          | (137)        |
| 5.4.3        | 副本选择 .....             | (138)        |
| 5.4.4        | 副本删除 .....             | (138)        |
| 5.4.5        | 数据移动 .....             | (139)        |
| 5.5          | Globus 的数据管理 .....     | (140)        |
| 5.5.1        | 网格文件传输协议 GridFTP ..... | (140)        |
| 5.5.2        | 辅助存储全局访问 GASS .....    | (142)        |
| 5.5.3        | 副本定位服务 RLS .....       | (143)        |
| 5.5.4        | 可靠文件传输 .....           | (145)        |
| 5.6          | 数据管理举例 .....           | (147)        |

|              |                            |       |
|--------------|----------------------------|-------|
| 5.6.1        | 欧洲数据网格 EUDataGrid          | (147) |
| 5.6.2        | 元数据目录 MCAT                 | (149) |
| 5.6.3        | 存储资源中介者 SRB                | (150) |
| 5.7          | 开放网格服务结构下的数据访问和集成 OGSA-DAI | (153) |
| 5.7.1        | OGSA-DAI 概述                | (154) |
| 5.7.2        | 网格数据服务 GDS 的配置             | (155) |
| 5.7.3        | 执行文档                       | (156) |
| 5.7.4        | 响应文档                       | (160) |
| 5.7.5        | 角色映射                       | (161) |
| 5.8          | 本章小结                       | (162) |
|              | 思考题                        | (162) |
| <b>第 6 章</b> | <b>通信与安全</b>               | (163) |
| 6.1          | 网格通信协议                     | (163) |
| 6.1.1        | XML 远程过程调用 XML-RPC         | (163) |
| 6.1.2        | 简单对象访问协议 SOAP              | (165) |
| 6.1.3        | WS-Routing                 | (169) |
| 6.1.4        | WS-Referral                | (171) |
| 6.2          | 网络安全基本概念                   | (173) |
| 6.2.1        | 安全概述                       | (173) |
| 6.2.2        | 对称密码体制和非对称密码体制             | (174) |
| 6.2.3        | X.509 证书                   | (176) |
| 6.2.4        | 网格计算的安全性                   | (178) |
| 6.3          | XML 安全                     | (179) |
| 6.3.1        | XML 加密                     | (180) |
| 6.3.2        | XML 签名                     | (181) |
| 6.3.3        | 规范 XML                     | (183) |
| 6.3.4        | 其他 XML 安全规范                | (184) |
| 6.4          | 网格系统安全规范                   | (185) |
| 6.4.1        | WS-Security                | (185) |
| 6.4.2        | WS-License                 | (188) |
| 6.4.3        | 网络安全基础设施 GSI               | (189) |
| 6.4.4        | GT3 的安全                    | (190) |
| 6.5          | 访问控制                       | (192) |
| 6.5.1        | 网络访问控制概述                   | (192) |
| 6.5.2        | 社区授权服务 CAS                 | (193) |
| 6.5.3        | 虚拟组织身份服务 VOMS              | (194) |
| 6.6          | 本章小结                       | (195) |
|              | 思考题                        | (196) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| <b>第7章 用户界面</b>        | (197) |
| 7.1 网络应用               | (197) |
| 7.1.1 网络应用的特点          | (197) |
| 7.1.2 网络应用的模式          | (198) |
| 7.1.3 资源使用的市场模型        | (199) |
| 7.2 输入/输出处理            | (201) |
| 7.2.1 网络应用的输入/输出       | (201) |
| 7.2.2 输入处理             | (202) |
| 7.2.3 输出处理             | (203) |
| 7.2.4 出错信息输出           | (204) |
| 7.2.5 作业状态查询           | (204) |
| 7.3 网络应用编程模式           | (205) |
| 7.3.1 网络远程过程调用         | (205) |
| 7.3.2 基于共享存储器抽象的网络编程模型 | (206) |
| 7.3.3 GT3 的编程模型        | (207) |
| 7.3.4 并行编程模型           | (208) |
| 7.3.5 网络应用开发语言         | (209) |
| 7.3.6 服务器页面语言          | (211) |
| 7.4 业务流程执行语言 BPEL      | (215) |
| 7.4.1 服务业务流程执行语言       | (215) |
| 7.4.2 WS-Coordination  | (217) |
| 7.4.3 WS-Transaction   | (219) |
| 7.5 网络服务标记语言 GSML      | (219) |
| 7.5.1 GSML 的定位         | (219) |
| 7.5.2 GSML 的组成         | (220) |
| 7.6 网络应用开发环境和工具        | (221) |
| 7.6.1 GT3 开发环境         | (222) |
| 7.6.2 .NET 框架          | (223) |
| 7.6.3 UNICORE          | (225) |
| 7.6.4 其他工具             | (226) |
| 7.7 本章小结               | (228) |
| 思考题                    | (228) |
| <b>第8章 作业管理</b>        | (229) |
| 8.1 网络作业               | (229) |
| 8.1.1 网络下的作业管理         | (229) |
| 8.1.2 网络作业执行流程         | (230) |
| 8.2 作业描述               | (232) |
| 8.2.1 作业描述语言           | (232) |
| 8.2.2 作业描述表格           | (235) |

|               |                     |              |
|---------------|---------------------|--------------|
| 8.3           | 作业调度 .....          | (235)        |
| 8.3.1         | 作业调度的目标 .....       | (236)        |
| 8.3.2         | 调度策略 .....          | (238)        |
| 8.3.3         | 网络作业调度与本地作业调度 ..... | (241)        |
| 8.4           | 网络进程间的通信和死锁 .....   | (242)        |
| 8.4.1         | 网络进程间的通信 .....      | (243)        |
| 8.4.2         | 网络作业的死锁 .....       | (244)        |
| 8.5           | 高级作业管理功能 .....      | (245)        |
| 8.5.1         | 作业迁移 .....          | (245)        |
| 8.5.2         | 任务分解 .....          | (247)        |
| 8.5.3         | 作业代码检查 .....        | (248)        |
| 8.6           | 网络作业管理系统简介 .....    | (248)        |
| 8.6.1         | 欧洲数据网络的作业管理 .....   | (248)        |
| 8.6.2         | Sun 网络引擎 SGE .....  | (253)        |
| 8.6.3         | GRAM .....          | (255)        |
| 8.7           | 本章小结 .....          | (255)        |
|               | 思考题 .....           | (255)        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>网络系统管理 .....</b> | <b>(256)</b> |
| 9.1           | 用户管理 .....          | (256)        |
| 9.1.1         | 网络用户 .....          | (256)        |
| 9.1.2         | 用户命名 .....          | (257)        |
| 9.1.3         | 用户管理操作 .....        | (258)        |
| 9.1.4         | 网络用户管理系统 .....      | (260)        |
| 9.1.5         | 自由联盟的用户管理 .....     | (261)        |
| 9.2           | 网络系统监控 .....        | (263)        |
| 9.2.1         | 网络监控系统概述 .....      | (264)        |
| 9.2.2         | 网络监控结构 GMA .....    | (265)        |
| 9.2.3         | 网络监控系统举例 .....      | (267)        |
| 9.3           | 记账 .....            | (269)        |
| 9.3.1         | 记账信息 .....          | (269)        |
| 9.3.2         | 付费记账 .....          | (269)        |
| 9.3.3         | 规范用户行为的记账 .....     | (270)        |
| 9.3.4         | 网络银行 .....          | (270)        |
| 9.4           | 网络上的时间 .....        | (273)        |
| 9.5           | 网络上的语言 .....        | (275)        |
| 9.6           | 本章小结 .....          | (278)        |
|               | 思考题 .....           | (278)        |
| <b>第 10 章</b> | <b>网络性能评价 .....</b> | <b>(279)</b> |
| 10.1          | 网络性能评价的意义和标准 .....  | (279)        |

|        |                   |       |
|--------|-------------------|-------|
| 10.1.1 | 性能评价的数学基础 .....   | (279) |
| 10.1.2 | 网格性能评价标准 .....    | (280) |
| 10.1.3 | 网格性能评价指标 .....    | (282) |
| 10.1.4 | 基准程序 .....        | (283) |
| 10.1.5 | 性能预测 .....        | (284) |
| 10.2   | 评价模型 .....        | (285) |
| 10.2.1 | 单服务器队列 .....      | (285) |
| 10.2.2 | 排队网络 .....        | (286) |
| 10.3   | 优化 .....          | (287) |
| 10.3.1 | 影响网格性能的因素 .....   | (288) |
| 10.3.2 | 优化方法 .....        | (288) |
| 10.4   | Bricks 评价系统 ..... | (289) |
| 10.5   | 本章小结 .....        | (292) |
|        | 思考题 .....         | (292) |
| 附录 A   | 可扩展标记语言 XML ..... | (294) |
| 附录 B   | 英汉术语对照表 .....     | (300) |
| 附录 C   | 名词术语索引表 .....     | (304) |
|        | 后记 .....          | (307) |
|        | 参考文献 .....        | (308) |



# 第1章 绪 论

## 本章要点

本章主要内容是网格基础知识,读者可以了解到什么是网格,为什么需要网格,网格可以带给人们什么好处,以及网格的起源、网格的意义、网格的应用领域等。随后,介绍世界范围的网格研究与发展现状,并介绍网格标准和协调网格技术的国际组织。

### 1.1 网格概述

网格是继万维网之后出现的一种新型网络计算平台,目的是为用户提供一种全面共享包括网页在内的各种资源的基础设施。网格技术目前正处在萌芽后的发展阶段,有人把现在的网格比喻为一个婴儿,这个婴儿需要不断吸取营养,才能逐渐壮大成长,最终成长为一个健壮的人。

#### 1.1.1 网格是什么

网格是把地理位置上分散的资源集成起来的一种基础设施。通过这种基础设施,用户不需要了解这个基础设施上资源的具体细节就可以使用自己需要的资源。分布式资源和通信网络是网格的物理基础,网格上的资源包括计算机、集群、计算机池、仪器、设备、传感器、存储设施、数据、软件等实体,另外,这些实体工作时需要的相关软件和数据也属于网格资源。

《网格:一种未来计算基础设施蓝图》<sup>[1]</sup>一书中把网格描述为:“网格是构筑在互联网上的一组新兴技术,它将高速互联网、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,而网格则能提供更多更强的功能,它能让人们共享计算资源、存储资源和其他资源。”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。有人把网格看成是未来的互联网,国外媒体常用“下一代因特网”、“国际互联网2”、“下一代万维网”等词语来描述网格相关技术。

网格把用通信手段连接起来的资源无缝集成为一个有机的整体。它给用户提供一种基于国际互联网的新型计算平台,在这个平台上对来自客户的请求和提供资源的能力之间进行合理的匹配,为用户的请求选择合适的资源服务,可实现广域范围的资源共享。网格把分布的资源集成为一台能力巨大的超级计算机,提供计算资源、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。资源共享是网格的根本特征,消除资源孤岛是网格的奋斗目标。

同其他系统一样,网格中也包含主体和客体两种实体。网格主体是网格活动的驱动者,是网格中具有自主活动能力的实体,网格中的活动指令都是由网格主体发出的。网格客体是网格中不能自主活动的实体,是网格活动进行的场所、操作实现的工具等。网格客体需要网格主体