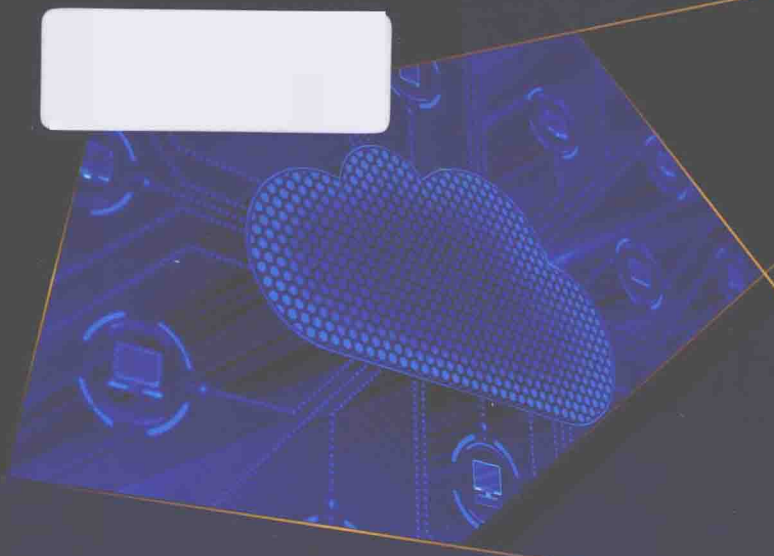
以网络为基础的
科学活动环境研究系列

网络计算环境：资源管理与互操作

栾钟治　李晓林　姜进磊　单志广　著



科学出版社

以网络为基础的科学活动环境研究系列

网络计算环境：资源管理与互操作

栾钟治　李晓林　姜进磊　单志广　著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以多重视角全面系统地讲述了以网格计算系统为代表的网络计算环境中资源管理和互操作相关的概念、方法、技术、系统及应用实例。全书由网格资源管理、网格监控和网格互操作三部分组成。

书中针对资源管理与互操作的概念、架构和技术细节等相关问题提出了解决方案，并给出了统一的抽象化模型和大量的应用实践。这些内容大多数来自于作者多年来在相关领域的研究成果和实际项目工作。

全书内容丰富，知识跨度较大，对网络计算领域的研究和技术人员有重要的参考价值，也可供高等院校相关专业的教师和研究生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

网络计算环境：资源管理与互操作/栾钟治等著. —北京：科学出版社，2014.10

（以网络为基础的科学活动环境研究系列）

ISBN 978-7-03-042155-5

Ⅰ. ①资… Ⅱ. ①栾… Ⅲ. ①计算机网络－信息管理 Ⅳ. ①TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 237669 号

责任编辑：任 静 / 责任校对：郭瑞芝

责任印制：徐晓晨 / 封面设计：迷底书装

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

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 10 月第 一 版 开本：720×1 000 1/16

2014 年 10 月第一次印刷 印张：14 3/4

字数：275 000

定价：72.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

“以网络为基础的科学活动环境研究系列”编委会

序

近年来，以网络为基础的科学活动环境已经引起了各国政府、学术界和工业界的高度重视，各国政府纷纷立项对网络计算环境进行研究和开发。我国在这一领域同样具有重大的应用需求，同时也具备了一定的研究基础。以网络为基础的科学活动环境研究将为高能物理、大气、天文、生物信息等许多重大应用领域提供科学活动的虚拟计算环境，必然将对我国社会和经济的发展、国防、科学研究，以及人们的生活和工作方式产生巨大的影响。

以网络为基础的科学活动环境是利用网络技术将地理上位置不同的计算设施、存储设备、仪器仪表等集成在一起，建立大规模计算和数据处理的通用基础支撑结构，实现互联网上计算资源、数据资源和服务资源的广泛共享、有效聚合和充分释放，从而建立一个能够实现区域或全球合作或协作的虚拟科研和实验环境，支持以大规模计算和数据处理为特征的科学活动，改变和提高目前科学研究工作的方式与效率。

目前，网络计算的发展基本上还处于初始阶段，发展动力主要来源于“需求牵引”，在基础理论和关键技术等方面的研究仍面临着一系列根本性挑战。以网络为基础的科学活动环境的主要特性包括：

(1)无序成长性。Internet 上的资源急剧膨胀，其相互关联关系不断发生变化，缺乏有效的组织与管理，呈现出无序成长的状态，使得人们已经很难有效地控制整个网络系统。

(2)局部自治性。Internet 上的局部自治系统各自为政，相互之间缺乏有效的交互、协作和协同能力，难以联合起来共同完成大型的应用任务，严重影响了全系统综合效用的发挥，也影响了局部系统的利用率。

(3)资源异构性。Internet 上的各种软件/硬件资源存在着多方面的差异，这种千差万别的状态影响了网络计算系统的可扩展性，加大了网络计算系统的使用难度，在一定程度上限制了网络计算的发展空间。

(4)海量信息共享复杂性。在很多科学研究活动中往往会得到 PB 数量级的海量数据。由于 Internet 上信息的存储缺少结构性，信息又有形态、时态的形式多样化的特点，这种分布的、半结构化的、多样化的信息造成了海量信息系统中信息广泛共享的复杂性。

鉴于人们对于网络计算的模型、方法和技术等问题的认识还比较肤浅，基于 Internet 的网络计算环境的基础研究还十分缺乏，以网络为基础的科学活动环境还存在着许多重大的基础科学问题需要解决，主要包括：

(1)无序成长性与动态有序性的统一。Internet 是一个无集中控制的不断无序成长的系统。这种成长性表现为 Internet 覆盖的地域不断扩大，大量分布的异构的资源不断更新与扩展，各局部自治系统之间的关联关系不断动态变化，使用 Internet 的人群越来越广泛，进入 Internet 的方式不断丰富。如何在一个不断无序成长的网络计算环境中，为完成用户任务确定所需的资源集合，进行动态有序的组织和管理，保证所需资源及其关联关系的相对稳定，建立相对稳定的计算系统视图，这是实现网络计算环境的重要前提。

(2)自治条件下的协同性与安全保证。Internet 是由众多局部自治系统构成的大系统。这些局部自治系统能够在自身的局部视图下控制自己的行为，为各自的用户提供服务，但它们缺乏与其他系统协同工作的能力及安全保障机制，尤其是与跨领域系统的协同工作能力与安全保障。针对系统的局部自治性，如何建立多个系统资源之间的关联关系，保持系统资源之间共享关系定义的灵活性和资源共享的高度可控性，如何在多个层次上实现局部自治系统之间的协同工作与群组安全，这些都是实现网络计算环境的核心问题。

(3)异构环境下的系统可用性和易用性。Internet 中的各种资源存在着形态、性能、功能，以及使用和服务方式等多个方面的差异，这种多层次的异构性和系统状态的不确定性造成了用户有效使用系统各种资源的巨大困难。在网络计算环境中，如何准确简便地使用程序设计语言等方式描述应用问题和资源需求，如何使软件系统能够适应异构动态变化的环境，保证网络计算系统的可用性、易用性和可靠性，使用户能够便捷有效地开发和使用系统聚合的效能，是实现网络计算环境的关键问题。

(4)海量信息的结构化组织与管理。Internet 上的信息与数据资源是海量的，各个资源之间基本上都是孤立的，没有实现有效的融合。在网络计算环境下如何实现高效的数据传输，如何有效地分配和存储数据以满足上层应用对于数据存取的需求，以及有效的数据管理模式与机制，这些都是网络计算环境中数据处理所面临的核心问题。为此需要研究数据存储的结构和方法，研究由多个存储系统组成的网络存储系统的统一视图和统一访问，数据的缓冲存储技术等海量信息的组织与管理方法。

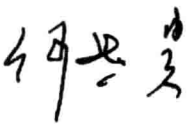
为此，国家自然科学基金委员会于 2003 年启动了“以网络为基础的科学活动环境研究”重大研究计划，着力开展网络计算环境的基础科学理论、体系结构与核心技术、综合试验平台三个层次中的基本科学问题和关键技术研究，同时重点建立高能物理、大气信息等网络计算环境实验应用系统，以网络计算环境中所涉及的新理论、新结构、新方法和新技术为突破口，力图在科学理论和实验技术方面实现源头创新，提高我国在网络计算环境领域的整体创新能力和国际竞争力。

在“以网络为基础的科学活动环境研究”重大研究计划执行过程中，学术指导专家组注重以网格标准规范研究作为重要抓手，整合重大研究计划的优势研究队伍，

推动集成、深化和提升该重大研究计划已有成果，促进学术团队的互动融合、技术方法的标准固化、研究成果的集成升华。在学术指导专家组的研究和提议下，该重大研究计划于 2009 年专门设立和启动了“网格标准基础研究”专项集成性项目(No.90812001)，基于重大研究计划的前期研究积累，整合了国内相关国家级网格项目平台的核心研制单位和优势研究团队，在学术指导专家组的指导下，重点开展了网格术语、网格标准的制定机制、网格标准的统一表示和形式化描述方法、网格系统结构、网格功能模块分解、模块内部运行机制和内外部接口定义等方面的基础研究，形成了《网格标准的基础研究与框架》专题研究报告，研究并编制完成了网格体系结构标准、网格资源描述标准、网格服务元信息管理规范、网格数据管理接口规范、网格互操作框架、网格计算系统管理框架、网格工作流规范、网格监控系统参考模型、网格安全技术标准、结构化数据整合、应用部署接口框架(ADIF)、网格服务调试结构及接口等十二项网格标准研究草案，其中两项已列入国家标准计划，四项提为国家标准建议，十项经重大研究计划指导专家组评审成为专家组推荐标准，形成了描述类、操作类、应用类、安全保密类和管理类五大类统一规范的网格标准体系草案，相关标准研究成果已在我国三大网格平台 CGSP、GOS、CROWN 中得到初步应用，成为我国首个整体性网格标准草案的基础研究和制定工作。

本套丛书源自“网格标准基础研究”专项集成性项目的相关研究成果，主要从网络计算环境的体系结构、数据管理、资源管理与互操作、应用开发与部署四个方面，系统展示了相关研究成果和工作进展。相信本套丛书的出版，将对于提升网络计算环境的基础研究水平、规范网格系统的实现和应用、增强我国在网络计算环境基础研究和标准规范制订方面的国际影响力具有重要的意义。

是以为序。



北京大学教授
国家自然科学基金委员会“以网络为基础的科学活动环境研究”
重大研究计划学术指导专家组组长

2014 年 10 月

前　言

网络计算系统的资源管理旨在把网络上分布的资源聚合起来，构造一个用户可以方便使用的统一系统。它与系统的动态性、开放性、异构性这三个特征都密切相关。资源管理要屏蔽资源的异构性，这可以在不同层次完成，同时，资源管理要面对的不仅是硬件资源，还有软件资源。在服务计算的概念出现以后，通常把各类资源都统一抽象成服务，通过服务调用的机制来使用资源。

目前，由于大规模分布式网络计算应用的迫切需求，以网络环境为基础的跨域分布式计算技术和平台一直是学术界和工业界研究的热点，随着网格计算、虚拟化和云计算等概念和技术的不断发展，相关的研究和实践可谓如火如荼。而其中资源的管理与互操作是最核心的关键问题之一。理解相关概念和技术的演化对该领域的研究和科学技术的发展具有重要的作用，了解相关技术的发展对领域应用的研究具有重要的指导意义。

作者以多年在相关领域的研究工作为基础，结合本领域的国内外工作展开论述，同时进行大量的实践和实际应用的描述，强调应用支撑的重要性。写作力求深入浅出，为读者提供丰富的信息。

本书的内容分为三篇，共 13 章。第一篇为网格资源管理，由第 1～6 章组成，首先概述了网格资源管理的目标、功能、基本操作和基本的表示方法，接着系统分析了相关的国内外研究进展和主流技术，在此基础上，细致地分析阐述了网格资源的描述模型和表示方法以及资源的发现和访问机制，最后，通过织女星网格系统作为实例，进一步阐述了资源管理方法和技术的具体应用。第二篇为网格监控，由第 7～9 章组成，首先简要概述了网格监控的概念、技术难点、模型、系统分类以及典型监控系统，接着详细论述了网格监控标准的设计思路和方法，最后通过实际系统作为网格监控标准的参考实现，详细介绍了面对实际应用需求的系统设计与实现。第三篇为网格互操作，由第 10～13 章组成，首先描述了网格互操作的基本概念、方法以及互操作模型，然后分别介绍了网格作业互操作、数据互操作和安全互操作的抽象模型和方法，接着分别针对数据互操作和安全互操作给出了两种具体的实现技术，即基于网关的数据互操作和跨域的安全令牌服务，最后，通过两个实际的网格系统互操作案例，详细描述了在真实场景下如何考虑和解决互操作当中遇到的问题。

全书由单志广负责整体内容策划和最终的审定工作，由栾钟治负责具体的内容编排、第三篇内容的组织、撰写和全书的统稿工作，李晓林负责第一篇内容的组织

和撰写，姜进磊负责第二篇内容的组织和撰写。感谢孟由、杨海龙负责全书的文字检查、参考文献编排等工作。其他参与文字工作的还有颜秉恒、梁晓星等。对他们的辛勤劳动表示感谢。

本书内容丰富，知识跨度较大，对网络计算领域的研究和技术人员、分析人员和爱好者均有参考价值，也可供高等院校相关研究者和学生作为参考资料及教材使用。

本书作者们的研究工作得到了国家自然科学基金项目“网格标准基础研究”(No.90812001)的资助，并得到了国家自然科学基金委员会“以网络为基础的科学活动环境研究”重大研究计划学术指导专家组的悉心指导，在此表示深深的谢意！

网络计算环境下的资源管理和互操作是一个不断演进和发展的方向，业界对它的研究与实践也仍在不断深入。由于我们的学识有限，全书涉及的内容又较为宽泛，加之时间比较仓促，书中的不妥之处在所难免，敬请读者不吝赐教。

作　者

2014 年 8 月

目　录

第二篇　网格监控

第三篇　网格互操作