

国外著名高等院校
信息科学与技术优秀教材



并行程序设计

DESIGNING and BUILDING
PARALLEL PROGRAMS

Ian Foster



英文版

人民邮电出版社
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

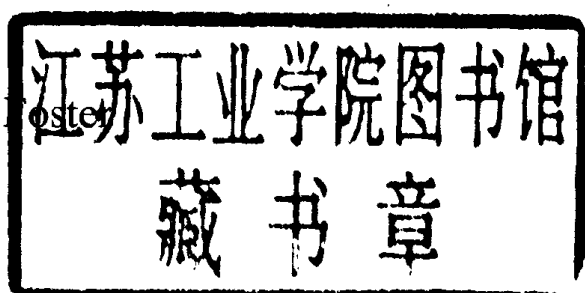
并行程序设计

(英文版)

Designing and Building Parallel Programs

Concepts and Tools for Parallel Software Engineering

Ian Foster



人民邮电出版社

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材
并行程序设计（英文版）

- ◆ 著 Ian Foster
责任编辑 陈冀康
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本：800×1000 1/16
印张：25 彩插：4
字数：447 千字 2002 年 9 月第 1 版
印数：1-3 000 册 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字：01 - 2001 - 4834 号

ISBN 7-115-10347-X/TP · 2906

定价：35.00 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)67129223

Plate 1 The unbalanced coordinate bisection partitioning algorithm applied to a finite element mesh generated for a superconductivity simulation. *Image courtesy of P. Plassman.*

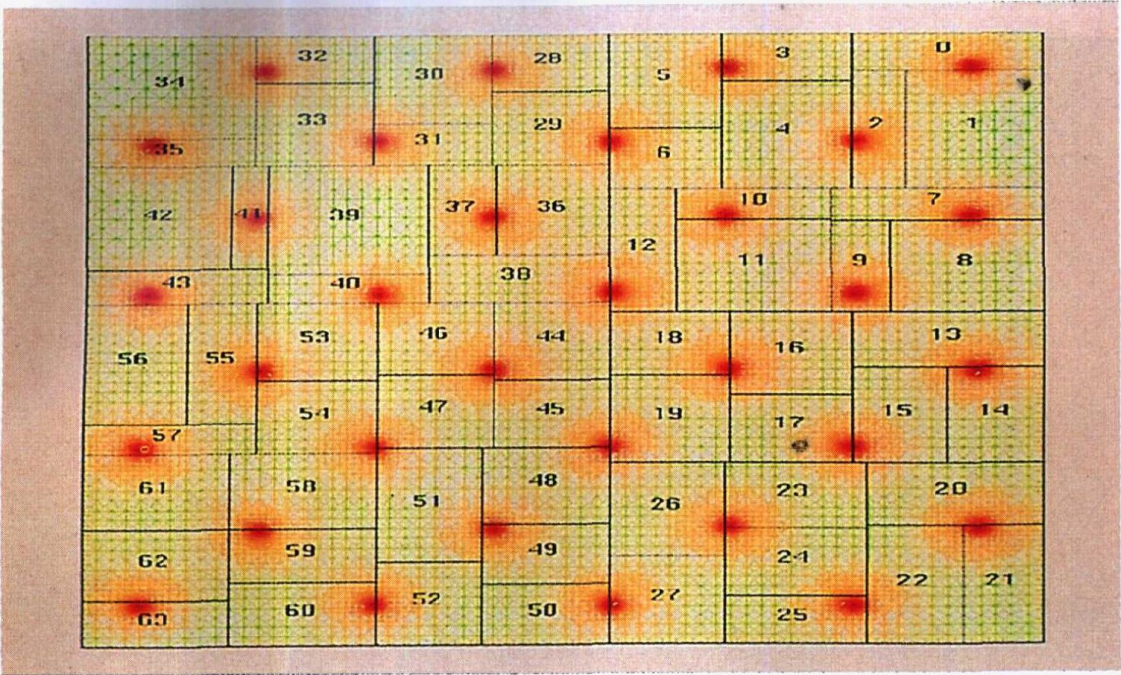


Plate 2 The spectral bisection partitioning algorithm applied to a finite element mesh generated for an assembly part. *Image courtesy of Z. Johan.*



Plate 3 A dynamic, local load-balancing algorithm applied to a weather model. This shows the situation after grid points have migrated to compensate for a “hot spot” slightly to the left of the grid center. *Image courtesy of J. Michalakes.*

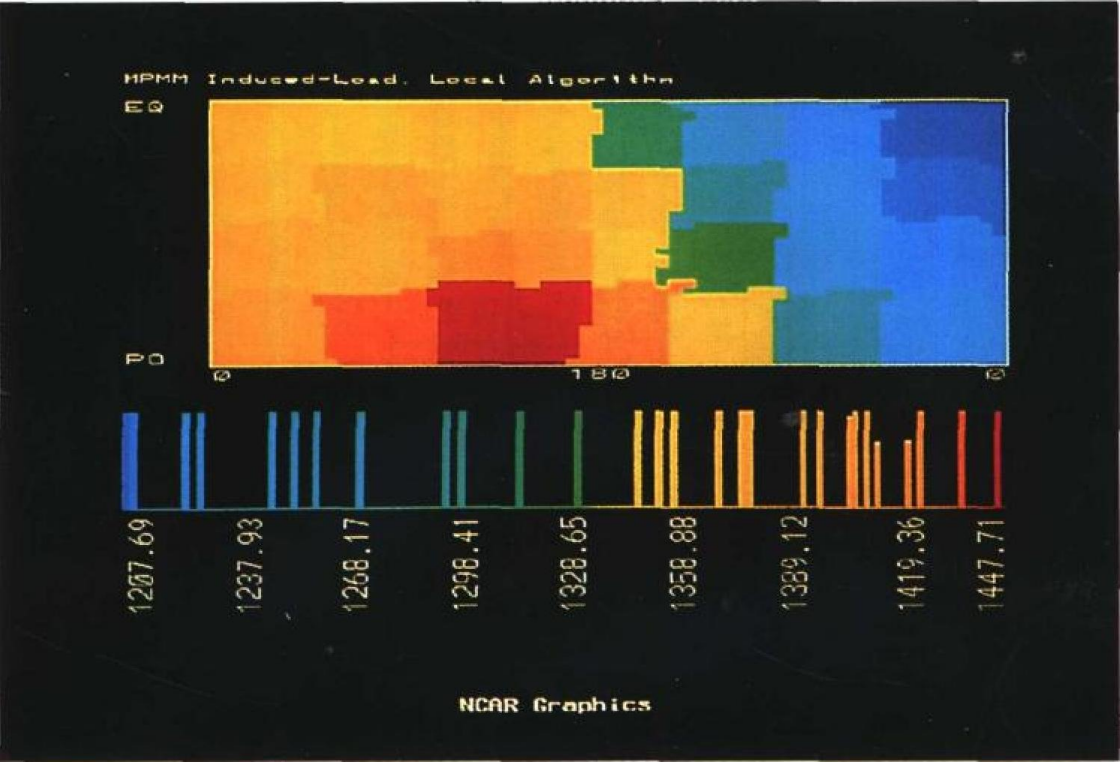


Plate 4 Potential temperature isosurface from a simulation of thunderstorm downdrafts, as described in the text. *Image courtesy of J. Anderson.*

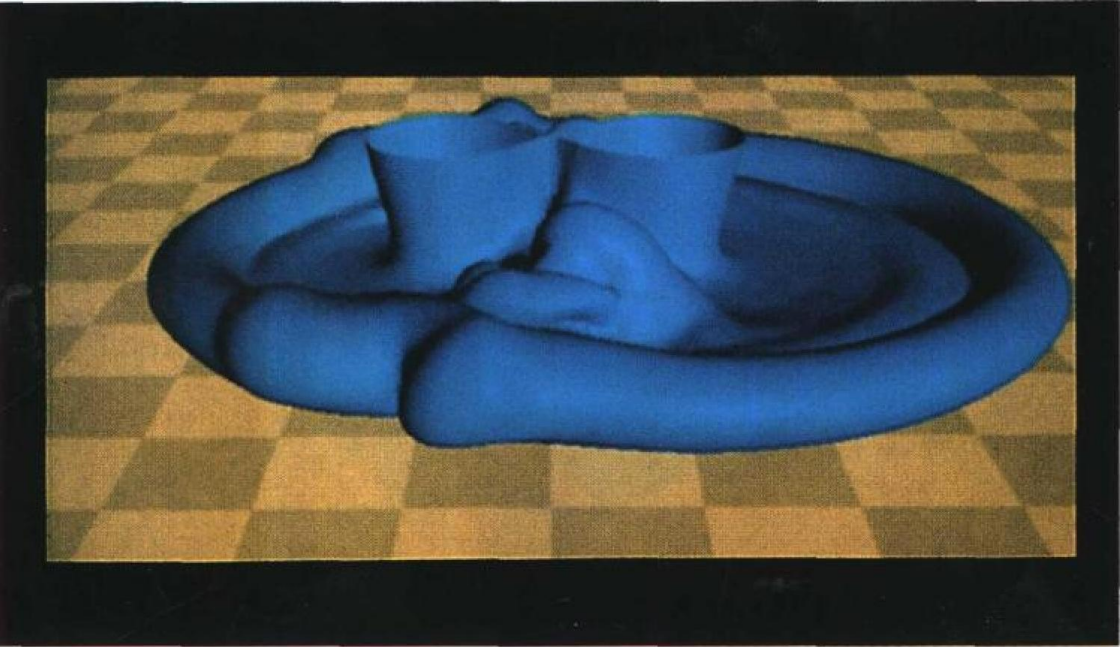


Plate 5 , Load distribution in an atmosphere model with a 64x128 grid. Each figure shows per-point computational load at a single time step, with the histogram giving relative frequency of different load values. The upper image shows a time step in which radiation time steps are performed, and the lower image an ordinary time step. Diurnal, land/ocean, and local variations are visible. *Images courtesy of J. Michalakes.*

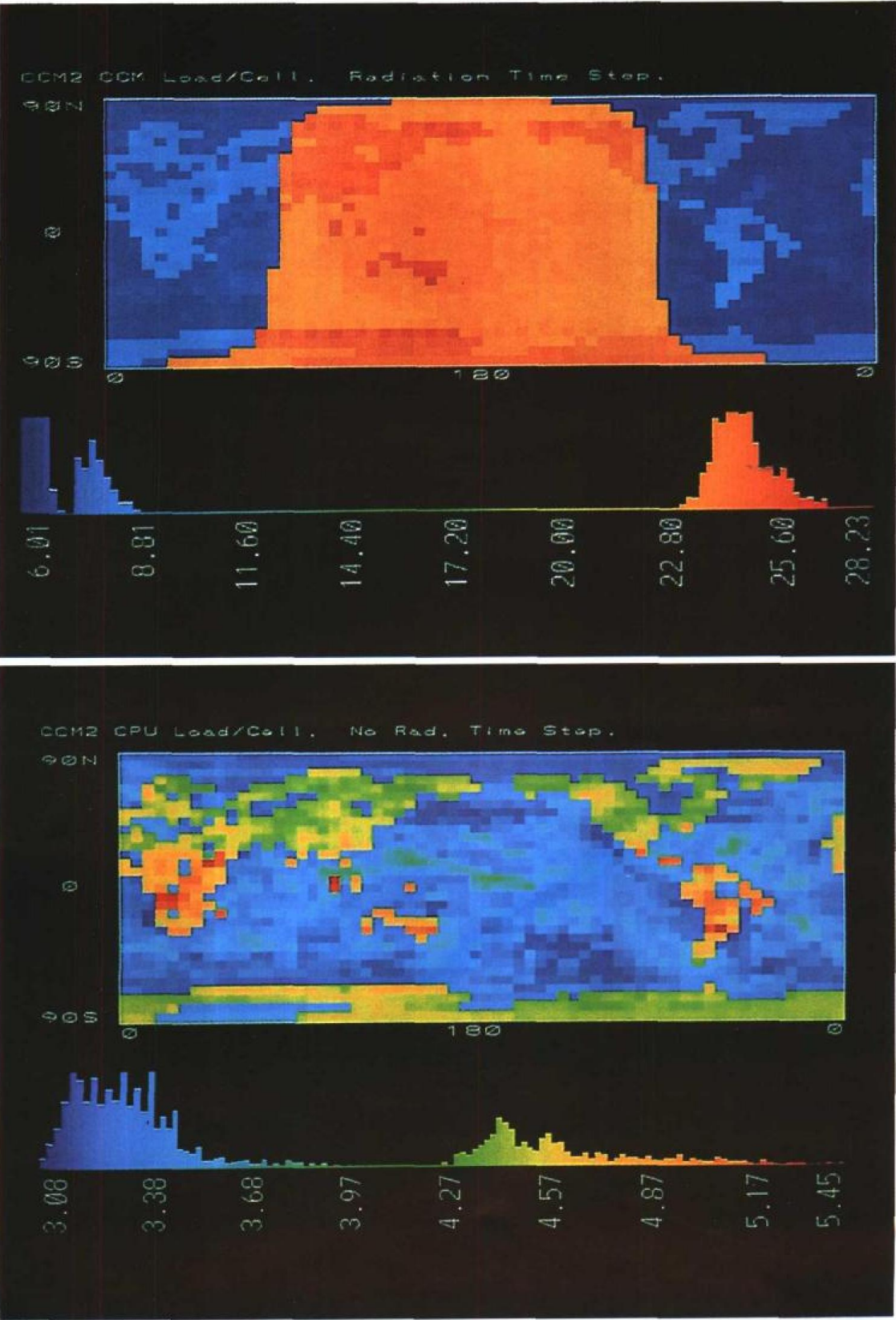


Plate 6 Molecular model for the active site region in the enzyme Malate Dehydrogenase, as described in the text. *Image courtesy of P. Bash.*

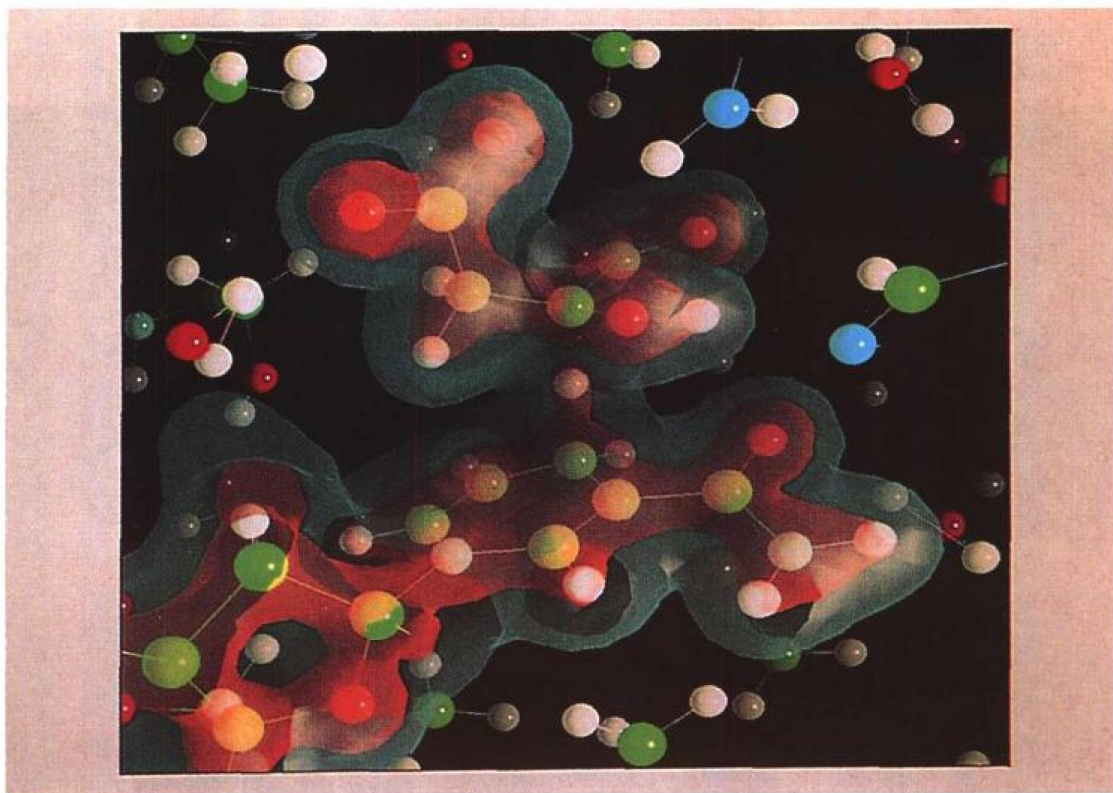


Plate 7 Profile data generated by the Gauge performance tool for a parallel atmospheric model running on 32 processors, showing per-processor communication volume and message counts and a three-dimensional profile in which color indicates time. Processors 24-31 are specialized I/O processors.

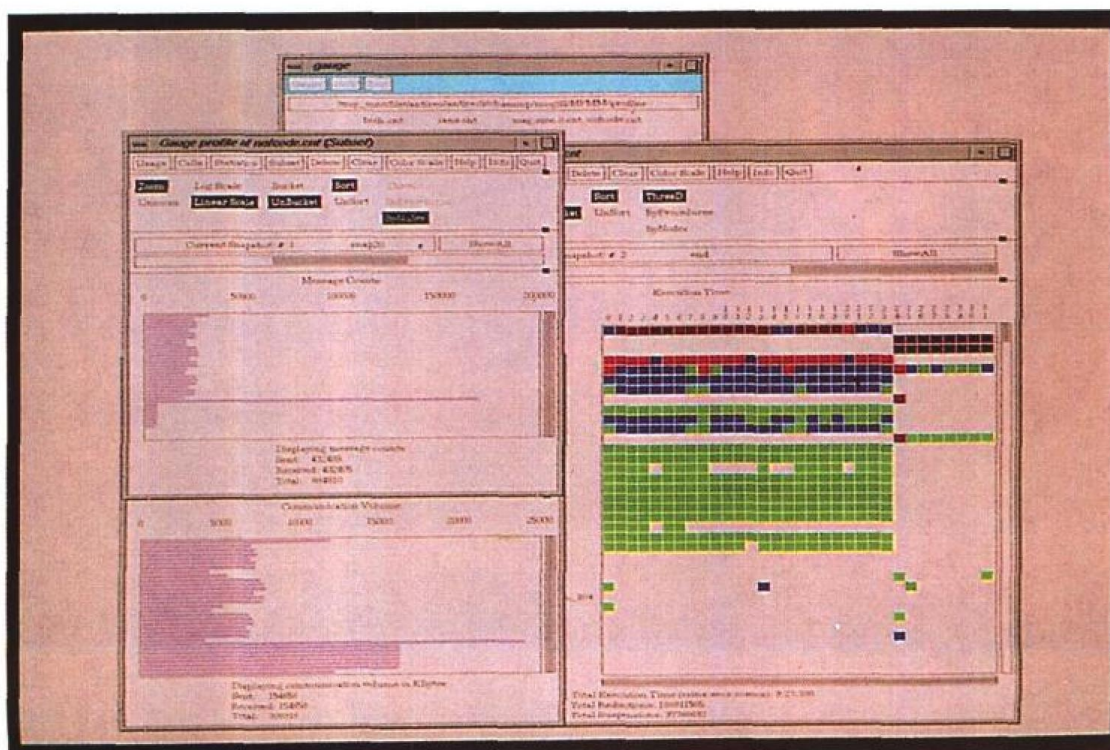


Plate 8 Gantt chart and space-time graph for a parallel climate model executing on 64 processors, generated using the Paragraft performance tool.

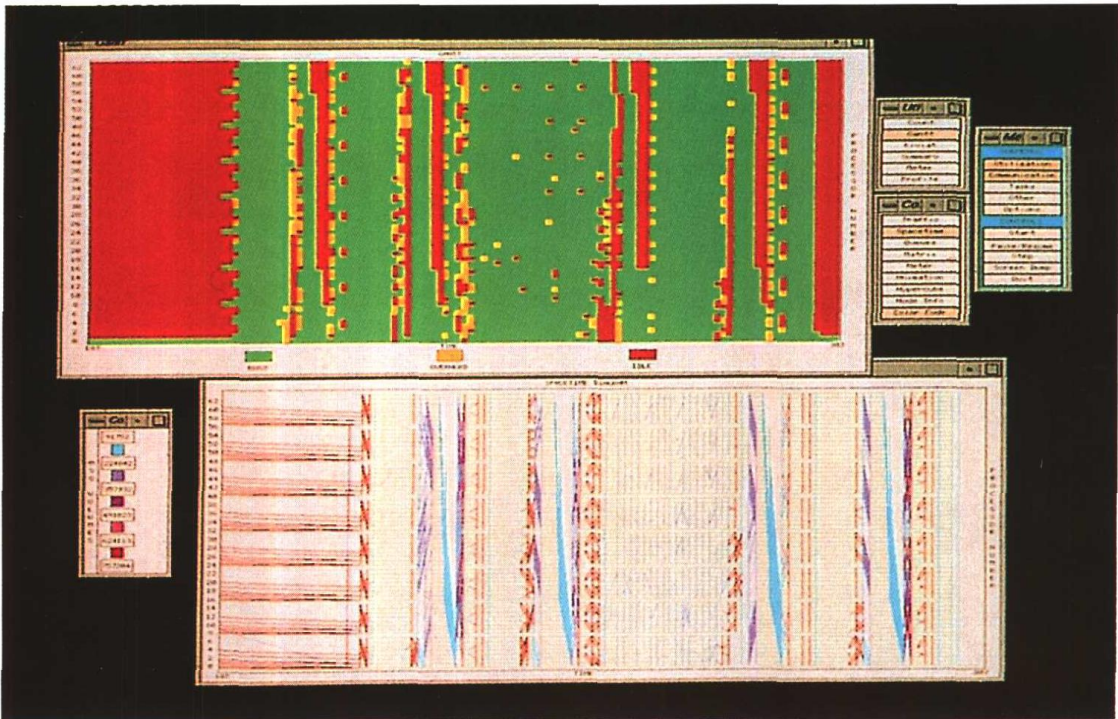


Plate 9 Thinking Machine Corporation's PRISM performance tool, here applied to a Gaussian elimination algorithm. *Image courtesy of D. Reed.*

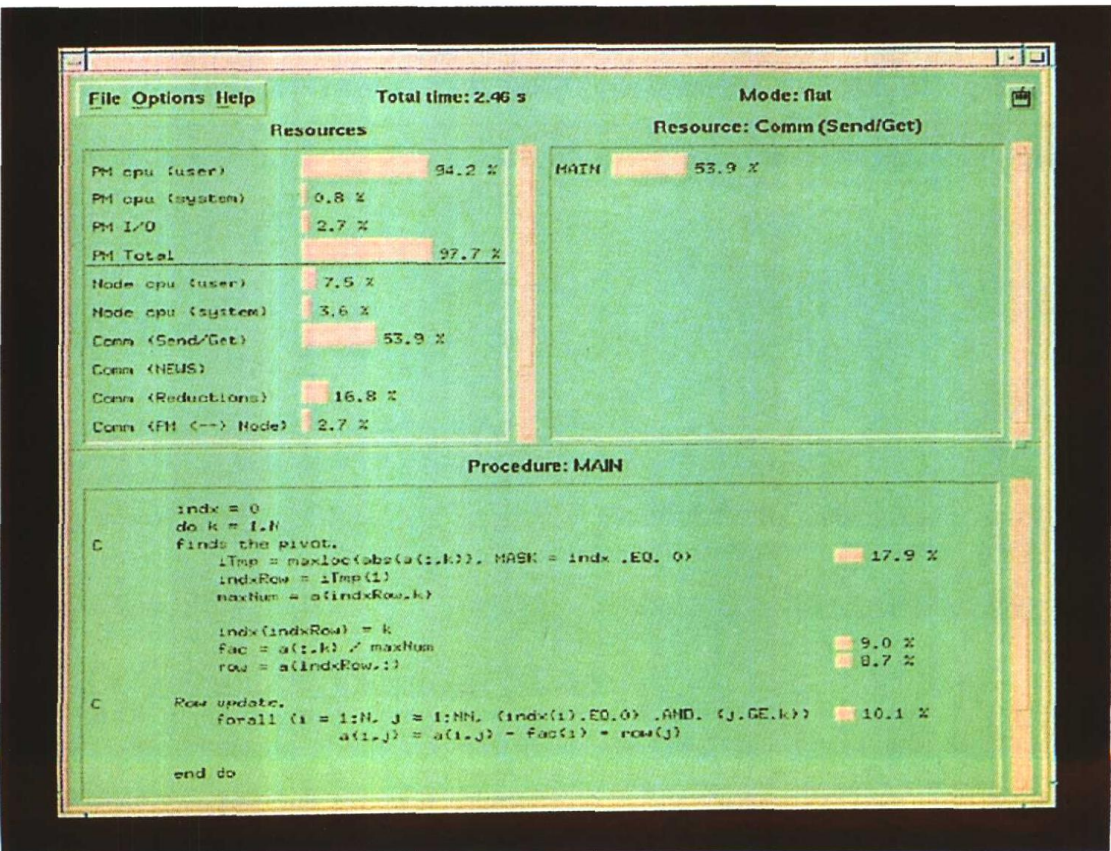


Plate 10 Paragraph displays of instantaneous communication activity in a parallel climate model executing on 64 processors.

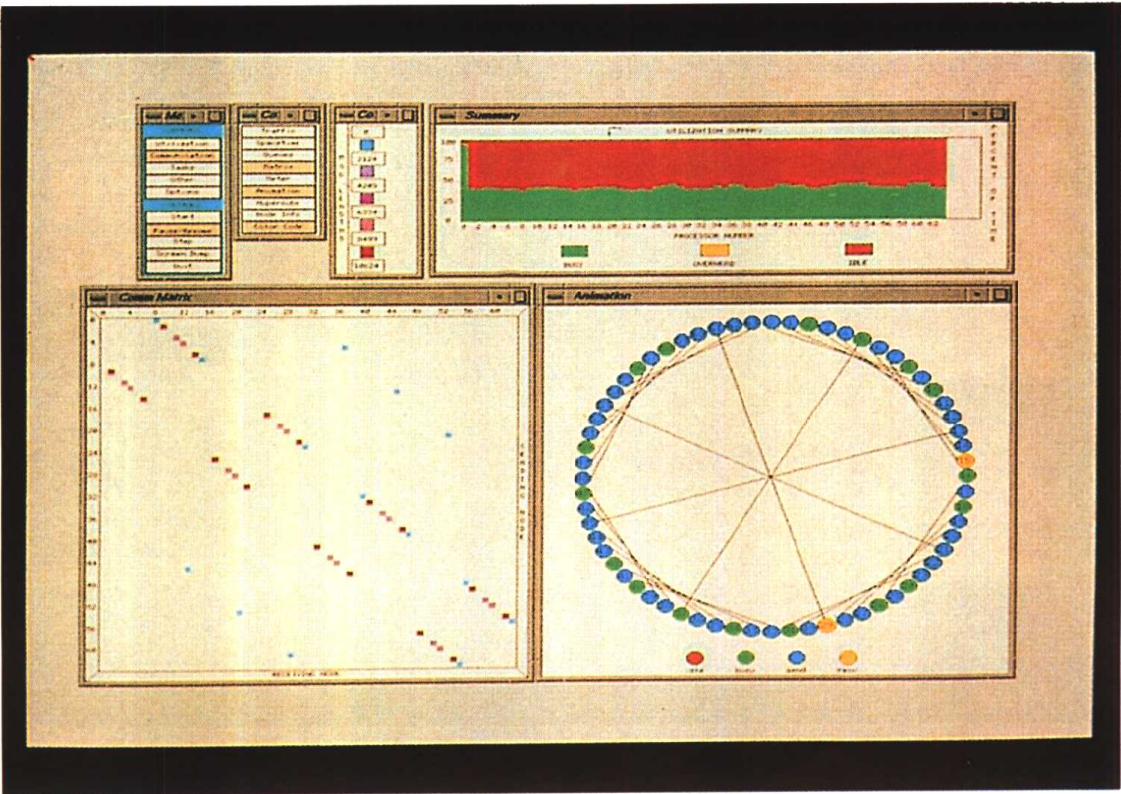


Plate 11 Gantt chart, state duration histogram, and instantaneous state diagram for a search problem running on 16 processors, generated using Upshot. *Image courtesy of E. Lusk.*

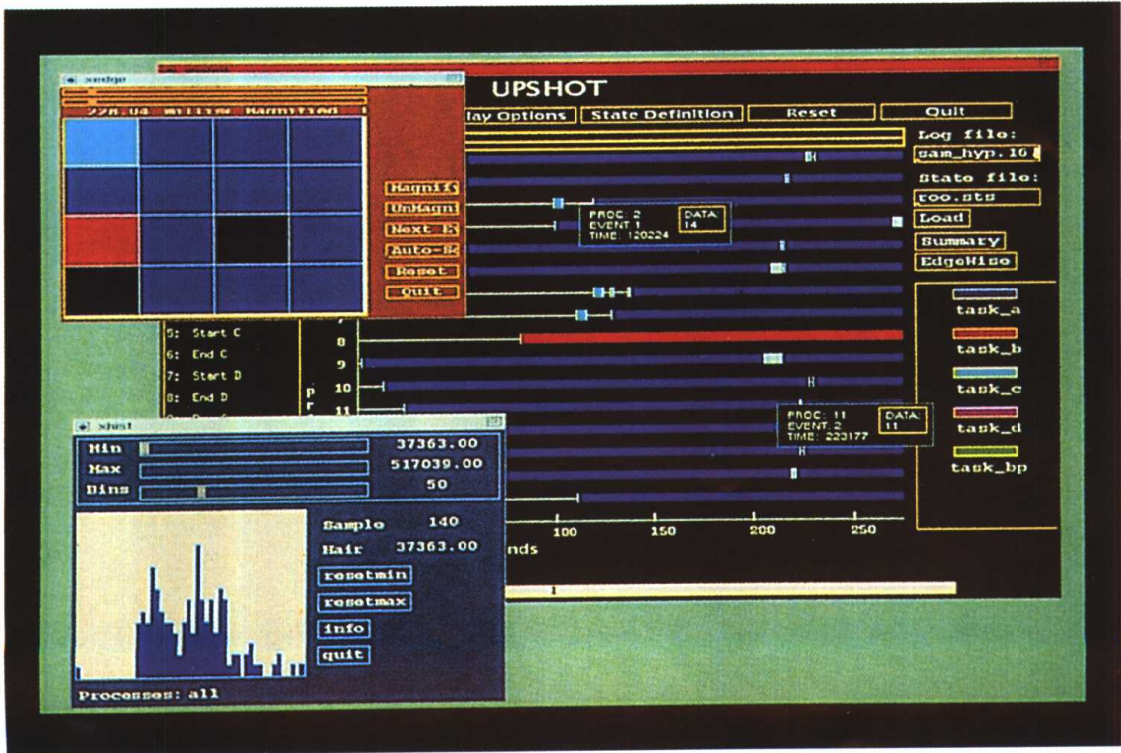


Plate 12 Gantt chart for a computational chemistry code executing on 8 processors of an IBM SP computer, generated using the Upshot performance tool. *Image courtesy of J. Tilson.*

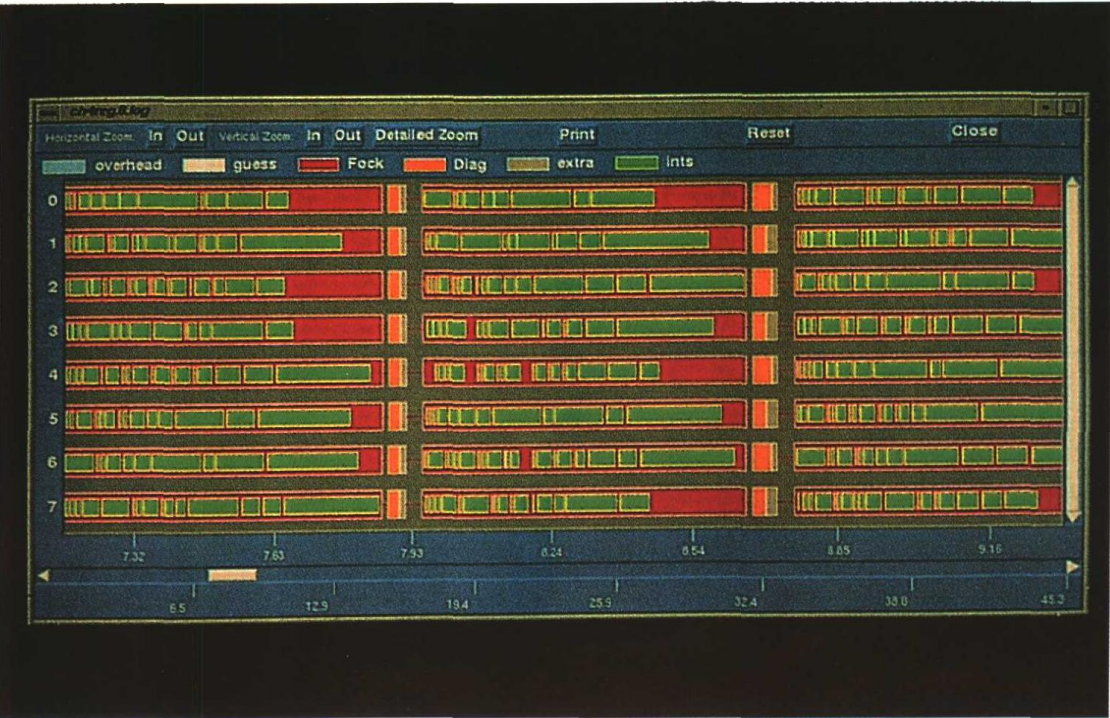


Plate 13 Pablo display of performance data collected from a numerical solver. *Image courtesy of D. Reed.*

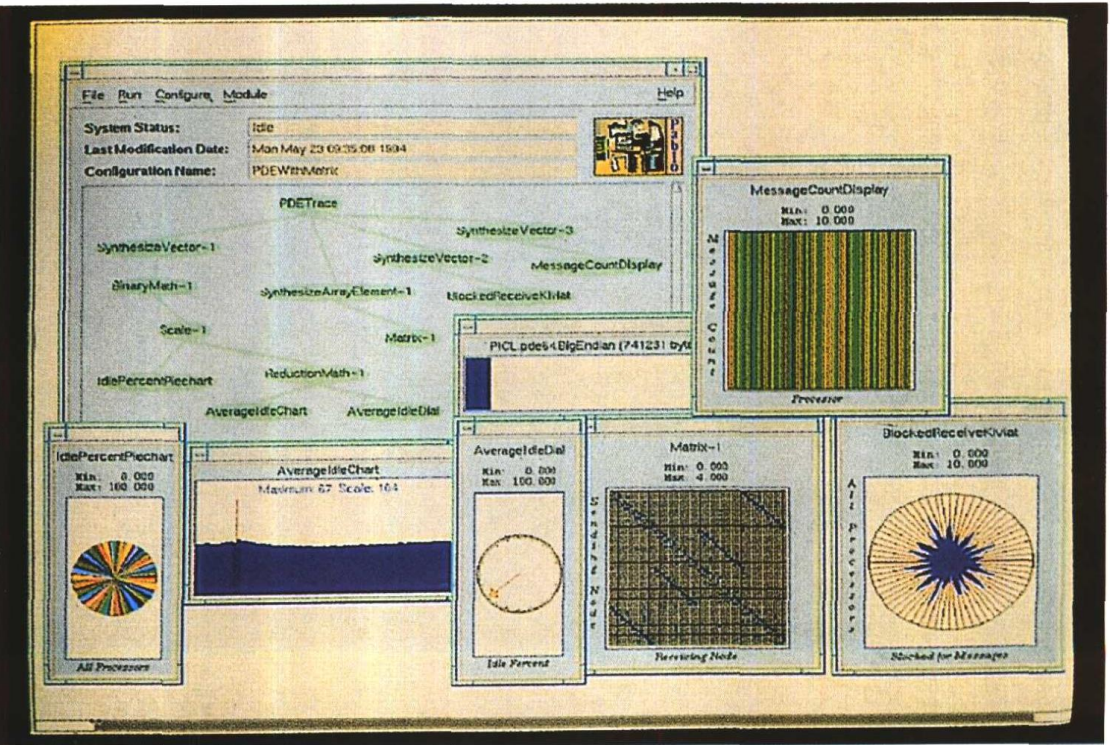


Plate 14 Pablo virtual reality display of performance data. *Image courtesy of D. Reed.*

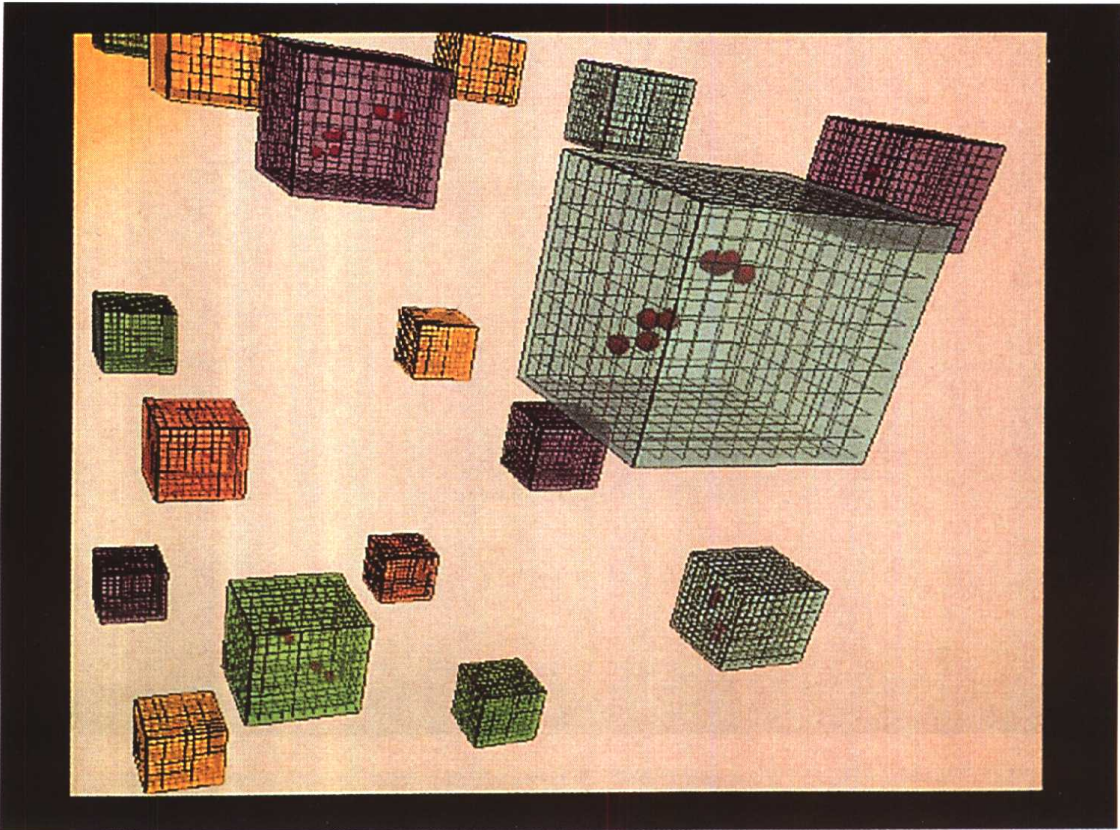
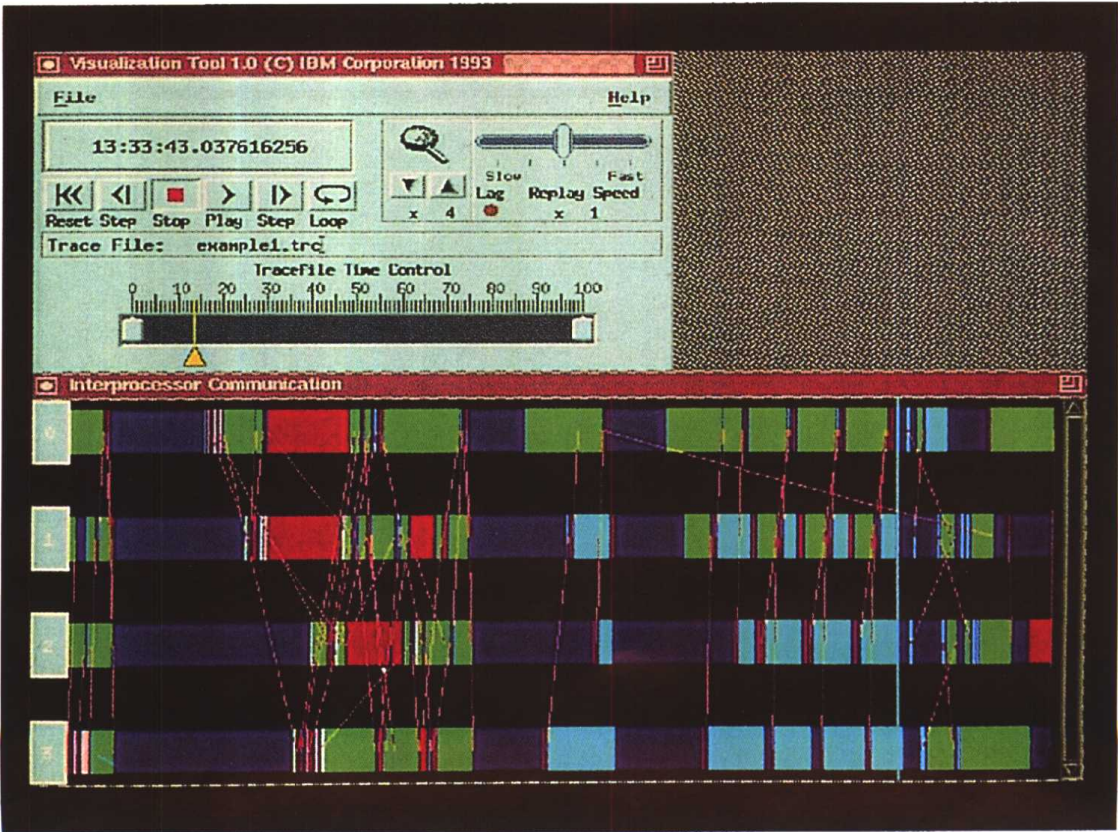


Plate 15 IBM's VT trace analysis tool.



图书在版编目 (CIP) 数据

并行程序设计 / () 福斯特 (Foster, I.) 编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.9
国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

ISBN 7-115-10347-X

I. 并... II. 福... III. 并行程序—程序设计—高等学校—教材—英文
IV. TP311.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 056145 号

版 权 声 明

English Reprint Edition Copyright © 2002 by PEARSON EDUCATION NORTH ASIA LIMITED
and POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS.

Designing and Building Parallel Programs: Concepts and Tools for Parallel Software Engineering

By Ian Foster

Copyright © 1995.

All Rights Reserved.

Published by arrangement with Addison Wesley, Pearson Education, Inc.

The edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special
Administrative of Hong Kong and Macau).

本书封面贴有 **Pearson Education** 出版集团激光防伪标签, 无标签者不得销售。

内 容 提 要

本书讲解如何在并行和分布式操作系统下设计高效率、低开销的程序，内容既包括并行程序设计的技术也包括实现程序的工具。

全书分为三个部分 13 章。第一部分是前 4 章，介绍并行计算和程序设计的概念。第二部分介绍了并行程序设计的语言和函数库，包括 C++、Fortran M、HPF 和 MPI 等并行编程工具。第三部分给出了并行程序设计的几类算法和常用的资源。

本书适合作为高等院校计算机专业并行程序设计课程的教材，也适合具有相应水平的读者自学。

出版说明

2001年，教育部印发了《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》。该文件明确指出，“九五”期间原国家教委在“抓好重点教材，全面提高质量”方针指导下，调动了各方面的积极性，产生了一大批具有改革特色的新教材。然而随着科学技术的飞速发展，目前高校教材建设工作仍滞后于教学改革的实践，一些教材内容陈旧，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要。为此该文件明确强调，要加强国外教材的引进工作。当前，引进的重点是信息科学与技术 and 生物科学与技术两大学科的教材。要根据专业（课程）建设的需要，通过深入调查、专家论证，引进国外优秀教材。要注意引进教材的系统配套，加强对引进教材的宣传，促进引进教材的使用和推广。

邓小平同志早在1977年就明确指出：“要引进外国教材，吸收外国教材中有益的东西。”随着我国加入WTO，信息产业的国际竞争将日趋激烈，我们必须尽快培养出大批具有国际竞争能力的高水平信息技术人才。教材是一个很关键的问题，国外的一些优秀教材不但内容新，而且还提供了很多新的研究方法和思考方式。引进国外原版教材，可以促进我国教学水平的提高，提高学生的英语水平和学习能力，保证我们培养出的学生具有国际水准。

为了贯彻中央“科教兴国”的方针，配合国内高等教育教材建设的需要，人民邮电出版社约请有关专家反复论证，与国外知名的教材出版公司合作，陆续引进一些信息科学与技术优秀教材。第一批教材针对计算机专业的主干核心课程，是国外著名高等院校所采用的教材，教材的作者都是在相关领域享有盛名的专家教授。这些教材内容新，反映了计算机科学技术的最新发展，对全面提高我国信息科学与技术的教学水平必将起到巨大的推动作用。

出版国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材的工作将是一个长期的、坚持不懈的过程，我社网站（www.ptpress.com.cn）上介绍了我们首批陆续推出的图书的详细情况，后续教材的引进和出版情况我们会及时在网上发布，敬请关注。希望广大教师和学生将使用中的意见和建议及时反馈给我们，我们将根据您的反馈不断改进我们的工作，推出更多更好的引进版信息科学与技术教材。

人民邮电出版社

2001年12月

序 言

现今计算和模拟已经成为理论分析和实验之外的又一科学研究的重要手段。大规模的科学和工程计算又往往是在多处理器的超级计算机上进行的。并行程序的设计和编写越来越为更多的人所需要。很多高等学校都开设了与并行计算相关的课程。

Designing and Building Parallel Programs 这本书的在线版被选为清华大学计算机系高性能计算导论的主要参考书有三年了。三年来，尽管校园网的条件不断地提高，尽管在线版还附带了可下载的程序范例和其他丰富的相关资料，但是由于人们的多年形成的阅读习惯和网络速度的局限，我们一直希望能用上这本书的印刷版。现在在人民邮电出版社的努力下，这本书很快就能与读者见面了。我希望广大的读者在看到这本书时能和我一样的高兴。

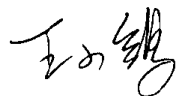
我第一次读这本书的时候，就喜欢上它了。贯穿全书的关于并行程序的性能和价格的主线是本书最显著的和最令人欣赏的地方。作者把内容分成三个部分：第一部分为基本概念，在我们的课程教学中占了约一半的份量。它介绍了并行程序设计相关的并行机模型和体系结构，并行程序设计模型，并行程序设计的基本思路和方法，大规模并行程序的开发过程的各个阶段及特点。除了介绍概念和原理之外，还介绍了程序的性能评价的定量分析模型。第二部分为工具部分，介绍了并行程序的编程语言和程序库，以及并行程序的性能调试工具。这部分的内容只能作为读者了解这类工具的入门，要真正掌握这类工具还需要参考其他的专著，如专门的手册或教科书。由于我们的教学实验条件和学时的限制，我们在教学中只介绍了 Message Passing Interface (MPI) 和 High Performance FORTRAN (HPF) 这两章的内容。而上机实验则仅限于使用 MPI。第三部分为其他的可供参考的资料。以随机数发生器的设计和超立方体体系结构的并行机上的算法为例，介绍了典型的并行算法。从这些算法的例子中可以清楚地体会到并行程序的设计思想和方法与串行程序的设计思想和方法的不同之处。各章后面都附有参考资料和练习，不仅可以用作帮助入门的参考书，也可以作为教科书使用。

本书作者 Ian Foster 先生是并行和分布计算方面的著名专家。现为美国 Argonne 国家实验室数学与计算机科学部的负责人之一，领导分布系统室的工作，

曾于1998年5月访问过北京并在北京召开的第四届亚太地区高性能计算国际会议 (the 4th International Conference/Exhibition on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC-ASIA2000)上作过主题报告, 也为中国同行们所熟悉。值得在此一提的是他近年来在网格计算 (Grid Computing) 方面的所作的积极努力和取得的进展也是令人瞩目的。也许正是作者在并行语言和工具的开发以及大型并行应用程序的开发方面的多年的实践经验和成就, 才使得这本书与实践的距离非常近。一些让人觉得似乎很难理解的并行计算的概念, 在这本书中经过作者用实际应用的例子来分析和讨论后, 就变得不是那么难懂了。

这本书比较适用作高等院校计算机专业并程序设计或并行计算相关课程的教材。希望我们在教学中使用这本书的一些实践经验, 能够为国内其他学校对本教材的认识、选用以及相关课程的教学能够有所帮助。我相信这本书一定会为有串程序设计基础的读者学习并程序设计提供入门的帮助。

清华大学计算机系副教授

 博士

2002年7月于 北京 清华园

Preface

Welcome to *Designing and Building Parallel Programs*! My goal in this book is to provide a practitioner's guide for students, programmers, engineers, and scientists who wish to design and build efficient and cost-effective programs for parallel and distributed computer systems. I cover both the techniques used to design parallel programs and the tools used to implement these programs. I assume familiarity with sequential programming, but no prior exposure to parallel computing.

Designing and Building Parallel Programs promotes a view of parallel programming as an engineering discipline, in which programs are developed in a methodical fashion and both cost and performance are considered in a design. This view is reflected in the structure of the book, which is divided into three parts. The first part, *Concepts*, provides a thorough discussion of parallel algorithm design, performance analysis, and program construction, with numerous examples to illustrate fundamental principles. The second part, *Tools*, provides an in-depth treatment of four parallel programming tools: the parallel languages Compositional C++ (CC++), Fortran M (FM), and High Performance Fortran (HPF), and the Message Passing Interface (MPI) library. HPF and MPI are standard parallel programming systems, and CC++ and FM are modern languages particularly well-suited for parallel software engineering. Part II also describes tools for collecting and analyzing performance data. The third part, *Resources* surveys some fundamental parallel algorithms and provides many pointers to other sources of information.

A unique feature of this book is that it is also a guide to a larger resource accessible via the Internet and the World Wide Web. *Designing and Building Parallel Programs (Online)* provides online access to the book's contents and also allows you to download the parallel tools described in the book, to access example programs and other educational materials, and to browse through a wealth of other online information on parallel and distributed computing. The online version is described in Chapter 13.