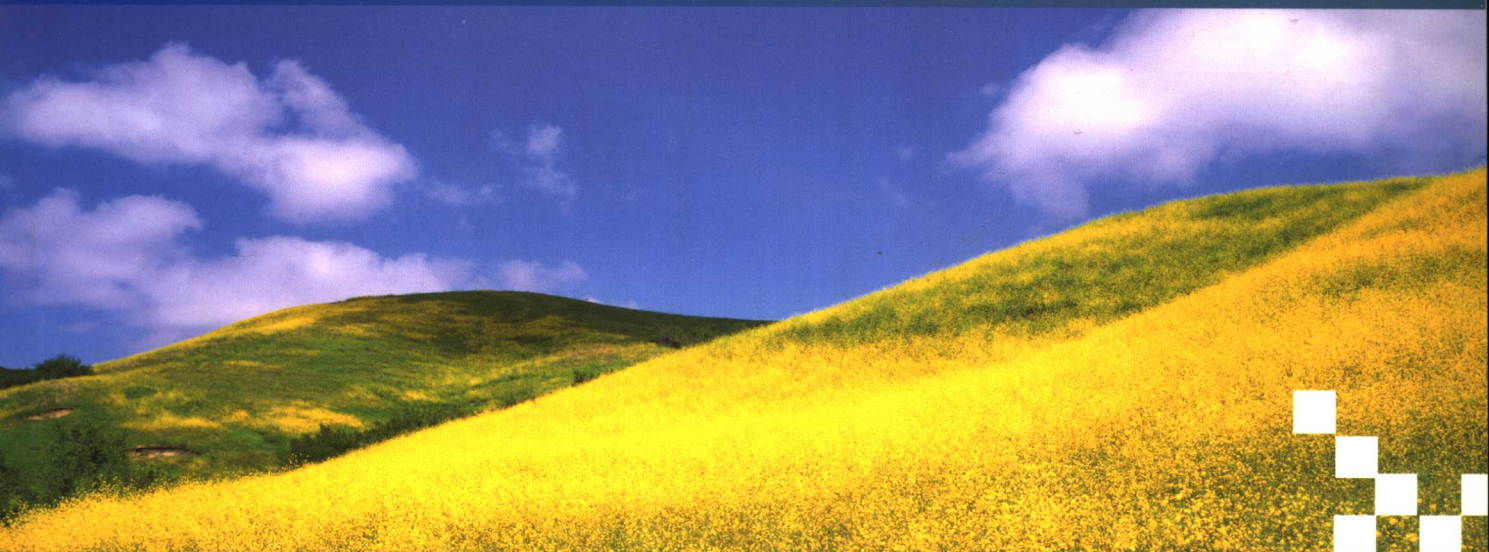




中国计算机学会学术工作委员会 主编

2004

中国计算机科学技术发展报告



清华大学出版社

2004

中国计算机科学技术发展报告

中国计算机学会学术工作委员会 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是由中国计算机学会学术工作委员会组织编写的具有权威性的计算机科学技术年度发展报告,总结了2004年度计算机科学技术发展的热点问题和现状,展望了未来的发展趋势。书中包括高性能计算机主题、软件主题、网格计算主题、嵌入式和新型人机交互主题以及生物信息学主题等5个主题共12个报告,分别由目前活跃在各个研究方向上的科研人员撰写,详细介绍了我国有关这几个主题在研究、开发和应用等方面取得的进展,以及它们的未来发展趋势分析。这些报告基本上反映了我国计算机科学技术工作者当前的研究进展,对学术研究有重要参考价值。

本书的读者对象为信息行业的从业人员,高等院校的学生、教师以及科研院所的研究人员等。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

中国计算机科学技术发展报告 2004/ 中国计算机学会学术工作委员会编著. —北京:清华大学出版社, 2005.8

ISBN 7-302-11420-X

I. 中… II. 中… III. 计算机科学—发展—研究报告—中国—2004 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 082169 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 薛 慧

封面设计: 傅瑞学

版式设计: 肖 米

印 刷 者: 北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 203×280 印张: 15.25 字数: 400 千字

版 次: 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11420-X/TP·7504

印 数: 1~2000

定 价: 28.00 元

前言

在当前的信息时代和知识经济的时代,计算机科学技术的发展很大程度上成为国民经济发展的动力,越来越浸入到国民生活的方方面面。中国的计算机科学和技术也是方兴未艾、日新月异的,但也正处于充满机遇和挑战的时期。2004年中国计算机学会新一届理事会成立,开始考虑按年度出版中国计算机科学技术发展报告,旨在记录我国计算机科学技术发展的历程,并阐述计算机科学技术发展的新趋势和新动向。

今年的发展报告组织并选择了高性能计算机主题、软件主题、网格计算主题,嵌入式和新型人机交互主题以及生物信息学主题等5个主题共12个报告,分别由目前活跃在各个研究方向上的科研人员撰写,详细介绍了我国有关这几个主题在研究、开发和应用等方面取得的进展,以及它们的未来发展趋势分析。这些报告基本上反映了我国计算机科学和技术工作者当前的研究进展,对学术研究有重要参考价值。

本报告既是我国计算机科学技术发展历程的一个记录,总结了2004年我国计算机科学技术发展的成果,进一步推动我国计算机科学技术的振兴

和发展,推动我国的信息化进程,也可作为广大计算机科学技术人员了解当前计算机科学技术发展动态的一个渠道,适合本领域决策部门的人员和科研人员参考。

由于2004年度的发展报告策划组稿时间短,组稿过程比较仓促,各个报告在形式和内容安排上都不够一致,另外,还有一些目前研究比较活跃的主题没有被包含进来。这些都将在我们今后的年度报告中逐步改进。报告中的观点仅代表撰稿人的个人意见,但仍具有非常重要的参考价值。

最后,谨向为本年度报告贡献稿件的所有专家表示感谢。同时,中国计算机学会学术工作委员会的委员们为本报告的出版付出了辛勤的劳动,其中,中国计算机学会学术工作委员会主任、清华大学计算机系郑纬民教授负责组织和策划工作;中国计算机学会学术工作委员会委员、中国科学院软件研究所的操云甫研究员负责主题的选定和征稿工作。在此一并向他们表示感谢。

中国计算机学会学术工作委员会
2005年5月

目
录

第一篇 高性能计算机

1 2004 年高性能计算机发展趋势分析与展望 张云泉 等

1 1 背景

5 2 总体性能分析

8 3 地理分布分析

11 4 制造商分析

14 5 行业领域分析

16 6 发展趋势与前景

16 6.1 面向科学计算需求的系统体系结构设计

18 6.2 存储访问带宽:下一代高性能计算机架构的挑战

19 6.3 对效能的重视

20 6.4 美国 2004 高性能计算振兴法案

20 6.5 高端计算的软件危机

21 7 总结

21 参考文献

23 高性能计算机的最新进展 孙凝晖

23 1 高性能计算机产品

24 2 2004 年 TOP500 分析

26 3 Blue Gene/L 介绍

27 4 ASCI 计划的进展

28 5 高效能计算系统计划(HPCS)的进展

30 6 系统评价技术的变化

32 7 美国 NFS 研究计划

33 8 高性能计算机主要支撑技术的进展

37 9 我国高性能计算机系统的进展

39 10 高性能计算算法和应用的进展

41 11 高性能计算机存在的问题和发展趋势

44 12 结束语

第二篇 软件

45 软件中间件技术现状及发展 梅 宏

45 1 前言

46 2 研究现状

47 2.1 主要技术与产品

48 2.2 关键实现技术

49 2.3 国内外市场

50 3 发展趋势

55	4	思考与探讨
55	4.1	关于中间件发展驱动力的思考
57	4.2	关于中间件未来趋势的探讨
58	5	结语
59		参考文献
63		软件工程技术的发展趋势 王 青
63	1	软件工程是什么
64	2	基本概念
64	2.1	软件
65	2.2	软件工程与计算机科学
65	2.3	软件工程与系统工程
65	2.4	软件过程和过程模型
65	2.5	软件成本
65	2.6	计算机辅助软件工程——CASE
65	2.7	软件质量
66	3	软件工程发展的历史
66	3.1	结构化程序设计
67	3.2	功能分解
67	3.3	结构化分析与设计
67	3.4	以数据为中心的设计方法
67	3.5	面向对象的设计方法
68	3.6	以过程为中心的软件开发方法
68	4	软件过程技术
69	4.1	软件过程管理及软件过程改进
73	4.2	软件过程模型技术
76	5	敏捷软件开发方法
77	5.1	敏捷软件开发方法核心理念
77	5.2	敏捷开发方法的价值系统和指导原则
78	5.3	敏捷开发方法的适用范围
78	5.4	敏捷开发方法与 CMM 的对比
78		参考文献
81		数据库技术发展趋势 孟小峰 周龙骧 王 珊
81	1	泛数据研究的时代
82	2	国际数据库研究界动态
83	3	主流技术发展趋势
83	3.1	信息集成
85	3.2	数据流管理
86	3.3	传感器数据库技术
88	3.4	XML 数据管理

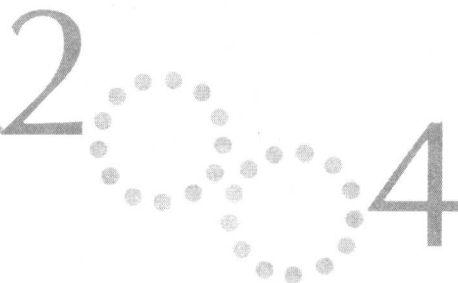
89	3.5	网格数据管理
91	3.6	DBMS 的自适应管理
91	3.7	移动数据管理
93	3.8	微小型数据库技术
94	3.9	数据库用户界面
94	4	结束语
95		参考文献

第三篇 网格计算

99		网格计算 金 海
99	1	2004 年国际网格计算的进展
99	1.1	网格项目与产品
101	1.2	网格基础研究
103	2	中国国家网格计划(CNGrid)
105	2.1	CNGrid 网格环境建设
106	2.2	建设应用网格
108	3	中国教育科研网格计划(ChinaGrid)
109	3.1	校园网格平台建设
113	3.2	ChinaGrid 网格公共支撑平台 CGSP 的建设
114	3.3	ChinaGrid 应用网格平台及其 典型应用建设
116	4	“以网络为基础的科学活动环境研 究”重大专项
119		参考文献
121		对等计算研究概论 郑纬民 胡进锋 代亚非等
121	1	前言
123	2	P2P 系统的关键技术
123	2.1	覆盖网路由协议
126	2.2	数据搜索技术
127	2.3	应用层组播算法
131	3	国内研究系统介绍
131	3.1	Maze 文件共享系统——北京 大学
133	3.2	Granary 广域存储服务系 统——清华大学
135	3.3	AnySee 视频组播系统——华 中科技大学
138	4	总结

138	参考文献	173	7 嵌入式系统走向融合的第一例(IP电话到3G手机)
143	网络存储系统与技术的现状及发展趋势 舒继武 薛巍 付长冬	173	7.1 IP电话(Voice over IP, VoIP)
143	1 概述	174	7.2 无线移动通信多址技术
143	1.1 信息时代对现代存储的要求	175	7.3 无线移动电话(2G/2.5G/3G手机)
144	1.2 网络存储术语简介	177	7.4 手机的融合
145	2 网络存储的研究现状及关键技术	177	8 近距离无线通信成为热点(无线数字家庭网络概览)
145	2.1 关于网络存储系统 I/O 性能的研究	177	8.1 Bluetooth(蓝牙)
148	2.2 关于网络存储系统管理的研究	179	8.2 Wi-Fi(无线高保真)
150	2.3 关于网络存储系统数据共享的研究	180	8.3 ZigBee
152	2.4 网络存储系统标准的研究与发展	180	8.4 UWB
153	2.5 国内网络存储的研究	181	8.5 无线 USB
154	3 网络存储的发展趋势	181	8.6 HomeRF(家用射频)
154	3.1 存储效用计算与信息生命周期管理	181	8.7 NFC(邻区通信)
154	3.2 智能化的网络存储系统	182	8.8 IrDA(红外数据协会标准)
155	3.3 数据网格	184	9 工业现场网采用 IP 协议成为共识
156	3.4 面向对象的网络存储技术	184	9.1 ASiBUS
156	3.5 网络存储服务质量	184	9.2 ModBus
157	3.6 网络存储安全	184	9.3 Devicenet
157	4 结论	184	9.4 Profibus DP
158	参考文献	184	9.5 ControlNet
		184	9.6 Ethernet/IP
		184	9.7 ModBus/TCP
		184	9.8 ProfiNet
		184	9.9 CANOpen
		185	9.10 以太网融入工业网发展迅速
		185	10 嵌入式系统与汽车电子的发展趋势
		185	10.1 汽车电子技术介绍
		185	10.2 汽车电子的发展情况及趋势
		186	10.3 汽车总线技术
		186	10.4 汽车网络计算平台与 SOC
		187	11 回顾 2004, 展望嵌入式产业大趋势
		187	11.1 点评 2004 年中国嵌入式重大事件
		191	11.2 对中国嵌入式产业的思考
		192	11.3 对韩国和日本的思考
		193	11.4 关于标准的思考
		193	11.5 嵌入式产业的大趋势
第四篇 嵌入式和新型人机交互			
161	嵌入式技术不断创新 中国计算机学会微机专业委员会(梁合庆、吕京建执笔)		
161	1 引言		
163	2 传统 8/16 位嵌入式与时俱进		
164	3 嵌入式 DSP 广泛应用		
165	4 32 位嵌入式处理器的发展趋势		
168	5 多核嵌入式处理器的应用现状		
170	6 基于 FPGA 设计 SOC 系统成为趋势		
170	6.1 SoC/SIP		
171	6.2 32 位 SOPC		
171	6.3 8 位 pSOC		
172	6.4 基于 FPGA 设计 SOC 系统的通用 EDA 平台		

197	分布式虚拟环境的新特点	陈小武 赵沁平
197	1 分布交互仿真的标准化与兼容性	
200	2 合成自然环境的综合性	
202	3 增强型的虚拟现实技术	
204	4 分布式虚拟环境的实用化	
207	5 适应信息化战争的分布式虚拟环境	
208	参考文献	
213	普适计算	史元春
213	1 引言	
214	2 计算从以机器为中心到以人为中心	
214	3 国内外研究现状分析	
214	3.1 普适计算将从根本上改善人机关系	
215	3.2 普适计算是信息技术发展的必然趋势	
216	3.3 国际上的研究态势	
216	3.4 我国的普适计算研究	
217	4 普适计算的研究内容	
217	4.1 探讨科学问题	
217	4.2 研究关键技术	
219	5 集成实验环境的重要性	
219	5.1 计算技术的演化	
219	5.2 智能空间是普适计算研究的实验床	
223	6 结论	
223	参考文献	
第五篇 生物信息学		
225	生物信息学是信息科学领域的重要前沿	陈润生
225	1 生物信息学产生的背景	
227	2 生物信息学的含义	
228	3 生物信息学的研究内容	
235	参考文献	



2004 年高性能计算机发展趋势分析与展望^{*}

张云泉 孙家昶 袁国兴¹ 张林波²

中国科学院软件研究所并行计算实验室, 北京 100080

{zyq,sun}@mail.rdcps.ac.cn

¹ 北京应用物理与计算数学研究所, 北京 100088

² 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100080

zlb@lsec.cc.ac.cn

1 背景

以高性能计算机为基础的计算科学已经成为继理论科学和实验科学之后人类科学研究的第三大支柱, 在一些新兴的学科如新材料技术和生物技术领域, 高性能计算机已成为科学研究的必备工具。同时, 高性能计算也越来越多地渗透到石油工业等一些传统的产业之中, 以提高生产效率、降低生产成本。

步入 2004 年, 美国为夺回被日本

地球模拟器霸占了两年半的 TOP500^[1] 第一宝座而进行的努力终于得到回报, 在 11 月发布的 TOP500 排行榜上一举夺回第一和第二的位置。在占据世界最快超级计算机排行榜榜首两年半后, NEC 的地球模拟器超级计算机终于被赶下了台, IBM 的 Blue Gene/L 成为新国王。在美日为世界第一的位置拼得热火朝天的时候, 中国的高性能计算市场同样不平静。2003 年中国的高性能计算厂商, 携高性能机群的价格优势,

^{*} 本工作得到国家 973 项目(No. G1999032805)、国家自然科学基金(No. 60303020)和国家 863“高性能计算机及其核心软件”重大专项课题《高性能计算机性能测试技术及方法研究》(No. 2004AA104020)的部分资助。

在多个大机器项目招标上连连告捷,国外厂商忙于招架。但在 2004 年,回过神来的国外厂商,也祭起价格大旗和技术优势,开始夺回失去的市场份额。最为显著的例子是,2004 年的中国国家气象局 2000 万美元高性能机器招标,IBM 凭借性能(21 万亿次)和技术优势中标,引起国内厂商的极大震惊。国内各厂商开始感觉到仅仅凭借价格优势,已经不能打动用户,用户更关心的是最后的应用效果。有些国内厂商甚至发出了“我们没有核心竞争力”的感叹。

纵观国际风云,第一名争夺得如此激烈,只能说明一点,高性能计算系统作为战略资源对一个国家的科技发展越来越重要。虽然两次排行榜的差异较大,但对于业界人士来说,这是意料之中的。因为美国在两年半前丢掉排行榜第一的位置后,就对自己在高性能计算机方面的研究进行了反思,并针对地球模拟器制定了有效的计划,确保在几年后夺回第一的宝座。但从感觉来说,这个时间比想象中的长。而且,从取得突破的机器来看,也有些意外,因为 Blue Gene/L 本来是 IBM 专门为进行蛋白质折叠研究开发的专用机器。因为地球模拟器的影响,才开展了对其他应用的支持研究,发现效果不错后,才向通用机器发展的。

不过,从有两台机器突破来看,美国的后劲还是很足的。从计划来看,2005 年美国将会安装 360 万亿次的 Blue Gene/L。而日本的实力也不可忽视,如果找到资金,日本还是有机会夺回第一的位置的。

从目前两个排行榜的趋势来看,机群更加普及的趋势是很明显的。由于我国和国际水平有一定的滞后效应,相信未来的国内排行榜上,机群会占据更多位置。有些可惜的是,我国排行榜上并未出现新体系结构的机器,如果不加紧行动起来,我们和国际的差距又会加大。从价格上来说,机群无疑具有天然的优势,其作为普及推广高性能计算的开路先锋的贡献是不容置疑的。当然,现在也发现机群存在很多问题,如功耗,散热,占地,稳定性,可管理性,网络性能,用户友好,缺乏应用软件等方

面。科研人员正在从多方面努力解决这些问题,甚至提出了新的评价高性能机器的标准,如性能密度、性能能耗比等。比如今年的中国 TOP100 排行榜前十名中,就有三套是刀片式机群。刀片式机群能较好地解决功耗和占地的问题。缺乏合适的行业应用软件已成为制约机群在国内快速普及的障碍,改变软件免费或价格低的观念是用好机群的关键。国内应用单位需要有耐心投入资金开发本单位适用的应用软件。尤其值得一提的是,原有单位是否有良好的计算机模拟基础串行软件,也成为能否顺利开展并行计算的关键。

一方面,联想、浪潮和神威等公司进入高性能计算市场,使得这一市场的竞争趋向白热化;中小企业,如北大方正、清华同方、浙大网新赞禾、湖州奥利金公司、宝德公司、八亿恒通等也纷纷跟进,使得国产高性能计算机厂商呈现多样化。今年的新动向是中国国内巨大的市场前景吸引留学人员从海外带回先进技术创办高性能计算机公司,开始加入战团,如四川绵阳的聚星公司和深圳盈科公司就是这样两家颇具技术实力的公司,而且主推的都是刀片式机群。同时,这两家公司也填补了当地无高性能计算机研制开发单位的空白,对促进我国高性能计算的均衡发展会起到巨大作用。用户现在拥有了更多的选择权,同时更有利于高性能计算市场的规范化和成熟。另一方面,国产机器的性能水平快速提升。2003 年还只能在 TOP100 排行榜上看到 10 台万亿次峰值的计算机,而在 2004 年的 TOP100 排行榜上,峰值超过万亿次的高性能计算机就达到了 26 台。据我们所知,目前仍在搭建和调试的更高性能的机器也不在少数,这其中就包括 IBM 为国家气象局搭建的 21 万亿次峰值的 p 系列超级计算机。

高性能计算机体系结构的发展正处于一个技术发展的平滑期,上一次结构变革带来的发展动力已经趋向平缓和成熟,而下一波技术突破正在酝酿之中。从科学出版社出版的《2004 高技术发展报告》^[7]中我们看到,目前中

国和世界其他国家高性能计算机技术的发展处在同一个十字路口,没有现成的系统可供参考、跟踪和赶超。而中国在技术选择及产业化方面的努力甚至有可能对国际高性能计算机技术走向产生较大影响。专家认为,未来 5 至 10 年将是中国高性能计算机技术研究开发、产业化和应用发展至关重要的战略机遇期。

目前我国已具备自行研制国际先进水平超级计算机系统的能力,并形成了神威、银河、曙光、联想、浪潮等几个产品系列和研究队伍,有进行重大技术创新的条件,但研制的系统国产化程度并不高,处理器、高速网络的关键部件还主要依赖进口。随着集成电路生产基地逐渐向中国转移和国产通用 CPU 技术的突破,我国实际上已经开始具备自主生产高性能计算机全套部件的潜力。因此我们只要集中力量研制包括国产 CPU、外围芯片在内的全自主知识产权高性能计算机系统,就有可能彻底摆脱我国在高性能计算机关键技术受制于人的局面,同时也将扩大我国研究人员研究与创新的领域和范围,改善我国高性能计算机的研究与生产环境,从而确立中国在国际高性能计算机产业中的新地位。

通过 TOP500 结果还可以看到,传统的高性能计算机制造厂商如 IBM、HP、NEC 等在 2003 年并没有突出的表现,而基于开放源码 Linux 机群技术的 Linux Networx 公司,以及传统的 PC 机制造商如戴尔、联想却进入了顶尖的行列。这也说明,高性能计算机体系结构的发展正处于一个技术发展的平滑期,上一次结构变革带来的发展动力已经趋向平缓和成熟,而下一波技术突破正在酝酿之中。

虽然目前世界上最快的高性能计算机系统的 Linpack 性能已经达到 70 万亿次,但是业界已经开始探讨下一个里程碑——每秒千万亿次(Pflops)浮点运算。谁将制造出第一个千万亿次超级计算机,现在还是个悬念。

2004 年,美国 IBM 公司推出了新型超级计算机 Blue Gene/L 的原型系统并帮助美国夺回了被日本地球模拟器霸占了两年半的世界第一的位置。Blue Gene/L^[6]是 IBM 公司在

2000 年启动的一个历时 5 年的研制项目,项目总经费 5 亿美元,目的是最终制造出用于生物计算的千万亿次超级计算机。Blue Gene/L 是该项目中的第一个系统,预计峰值计算速度为 360 万亿次。

Blue Gene/L 的成功显示了开放源代码操作系统 Linux 的兴起。Blue Gene/L 是一套由 3.3 万个处理器构成的超级计算机。最终的 Blue Gene/L 系统将于 2005 年上半年安装在美国能源部的劳伦斯-利弗莫尔国家实验室内,用于美国核储备等领域的研究,进行材料科学模拟实验。原型 Blue Gene/L 每秒可执行 70.72 万亿次计算。据 IBM 说,当最终组装完毕后,Blue Gene/L 将是一台拥有 13 万个处理器的系统,估计具有 360 万亿次的峰值速度。

与此同时,随着专用集成电路设计的普及,为某种应用专门设计的超级计算机的研制也逐渐在高性能计算领域占据重要地位。位居 500 强首位的日本 RIKEN 高性能计算中心研制的地球模拟器,其后续研制中用于分析蛋白质分子作用的专用机“蛋白质探索者”将很可能成为世界上第一个千万亿次量级的系统。美国国防部在 2002 年也启动了高生产率计算系统(HPCS)^[4,5]计划。该计划的主要目标是“填补当前基于 20 世纪 80 年代后期技术的高性能计算和未来量子计算技术之间的高端计算空白”。其研究目标不仅是千万亿次系统,而且是希望确定未来 10 年甚至 20 年的高性能计算机体系结构。可以说,美国 HPCS 计划的启动标志着高性能计算机业一个新的创新时代的开始。中国目前还没有自己的千万亿次计算机研究计划,相关研究有可能在“十一五”期间启动。

随着高性能计算机性能的提高、价格的降低,高性能计算已经从传统的科研和国家战略需要走向更广泛的行业应用;已经有越来越多的经济部门使用高性能计算机,如石油勘探、机械设计、金融分析及生物制药等。如果说能否制造高性能计算机反映一个国家计算领域的研发实力,那么能否用好高性能计算机则反映一个国家的综合科研实力。而目前中国的

产业界除石油、气象、生物等少数领域外,对高性能计算机的应用远远落后于西方国家。可以说,中国高性能计算机的应用水平与西方的差距比起设计能力的差距要大得多。

随着企业探索利用超级计算机,超级计算机的价格不断下降,而它们的功能和商业应用灵活性却在不断增加。高性能计算企业应用成为在匹兹堡举行的 SC2004 超级计算大会上的亮点之一。一位 IBM 官员说,随着价格的下降和企业 IT 需要的增加,在企业 IT 环境中使用超级计算机的想法为越来越多的人所接受。IBM 官员说,现在各机构开始研究超级计算机可以为它们的业务做些什么。这位官员以物流公司(超级计算机可以帮助制定送货路线、供货、容量和时间)、信用卡公司(进行复杂的欺诈检测分析)和零售商(进行复杂的数据挖掘)为例加以说明。

那么,2004 年高性能计算机研制和开发的走向和特点如何?用户需要什么样的高性能机器?高性能计算的主要应用领域有哪些?哪些领域增长得比较快速?国内高性能计算的普及情况如何?主要集中在哪些省市?哪些厂商占据主要市场?通过对比 2003 年和 2004 年的国际和国内高性能计算机排行榜数据,我们能否对这些问题做出很好的回答呢?

国际上,自 1993 年起每年都会按 Linpack 的测试性能公布在世界范围内已安装的前 500 台高性能计算机排行,此排行榜已经被国际公认,成为高性能计算机研制生产、市场发展和应用交流的重要参考。由于历史原因,我国的高性能计算机未曾向国际公布 Linpack 性能测试结果,故而在 2002 年之前尚未列入国际 TOP500 排行榜。在中国软件行业协会数学软件分会发布首次中国高性能计算机排行榜的 2002 年当年,就实现了零的突破。在中国 TOP50 排行榜中名列第一的联想深腾 1800 万亿次机群名列 2002 年世界 TOP500 第 43 名,结束了世界 TOP500 排行榜没有国产高性能机器的历史。2003 年,在中国 TOP100 排行

榜^[2]中名列第一的联想深腾 6800 万亿次机群名列 2003 年世界 TOP500 第 14 名,达到了国产高性能机器的历史新高。2004 年,在中国 TOP100 排行榜中名列第一的曙光 4000A 更是取得了 6 月份排行榜世界第 10 的历史性突破,引起世界关注。

当然,随着高性能计算应用领域的不断普及和扩大,尤其是向信息服务领域的渗透,原来主要面向科学计算高性能计算设计的 Linpack 测试开始不能完全满足用户进行高性能计算评测的需要。急需寻找和开发新的能够被广大科研人员和用户接受的评测标准和软件。

从国际上看,2004 年正式发布的 HPC Challenge Benchmark^[12]就是向综合评价方式的探索,但采用这种多 Benchmark 评价方式的问题在于如何对测试结果进行综合,给出最终的排名。中国软件行业协会数学软件分会早在 2003 年年底就由孙家昶理事长提出了收集和整理行业软件,进行面向特定行业的 Benchmark 软件包开发和评测的倡议,得到了一致认可。在 2004 年 8 月召开的南开高性能计算国际研讨会上,孙家昶理事长就这一想法和 TOP500 的发起人 Jack Dongarra 教授交换了意见,双方不谋而合,并就多个测试结果的综合评价等问题交换了意见。目前,尽管在真正实施过程中存在很多现实的困难,分会正以并行 FFT 为突破口,稳步推进这一工作。可喜的是,这一工作和中国 TOP100 排行榜的工作在 2004 年得到了国家 863“高性能计算机及其核心软件”重大专项课题“高性能计算机性能测试技术及方法研究”的支持。

下面给出对中国软件行业协会数学软件分会 2004 年 11 月 15 日发布的中国高性能计算机 TOP100(www.samss.org.cn)排行榜的分析。特别指出的是,在计算性能、应用领域等方面,我们根据国际 TOP500(www.top500.org)2004 年的统计数据给出了当前国际和国内高性能计算的对比分析。

2 总体性能分析

图 1 和图 2 分别给出了国际 TOP500 的性能发展趋势和中国高性能计算机年度性能发

展趋势。

表 1 和表 3 分别给出了国际 TOP500 和中国 TOP100 的前 10 名的数据,表 2 给出了国际 TOP500 上的中国大陆机器数据。

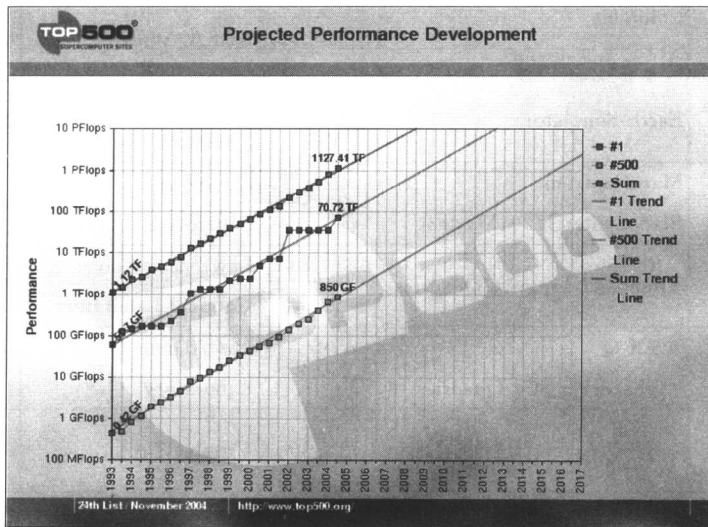


图 1 国际 TOP500 的性能发展趋势(来源 TOP500 1993—2004)

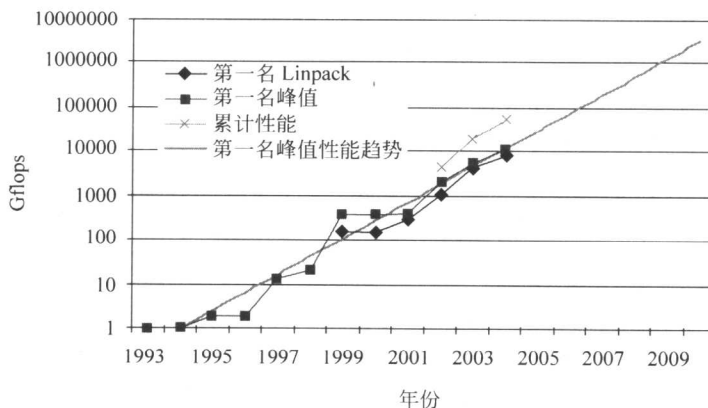


图 2 中国高性能计算机年度性能发展趋势(1993—2004)

由 TOP500 和 TOP100 的数据可以看出:

- 2004 年 TOP500 高性能计算的总性能达到了 1.127Pflops,首次超过千万亿次(Pflops),而根据 2004 年中国 TOP100 排行榜的数据,中国目前高性能计算的总性能是 53Tflops(2003 年 19.68Tflops),是 2003 年总性能的 2.69 倍。
- TOP500 排行榜第一名的 Linpack 性能为 70.72Tflops,美国终于夺回被日本占据两年半五期排行榜第一的位置。中国

TOP100 排行榜第一名的 Linpack 性能为 8.061Tflops(2003 年 4.148Tflops),且有 12 台(2003 年 2 台)机器的 Linpack 性能达到了 1Tflops 以上。在 2004 年 6 月发布的 TOP500 排行榜上,该机器的最好排名为第 10 位,是国产并行计算机在 TOP500 上首次进入前 10 名;在 2004 年 11 月发布的排行榜中,其排名为第 17 名,性能是 2003 年 TOP100 第一名性能的 1.94 倍。

表 1 国际 TOP500 的 TOP10(来源: TOP500 2004. 11)

排名	制造商	机器型号	$R_{\max}$ /Tflops	安装地点	国家	年份	处理器数
1	IBM	Blue Gene/L DDZ beta-System	70.72	DOE/IBM	USA	2004	32768
2	SGI	Columbia Altix, Infiniband	51.87	NASA Ames	USA	2004	10160
3	NEC	Earth-Simulator	35.86	the Earth Simulator Center	Japan	2002	5120
4	IBM	MareNostrum BladeCenter JS20, Myrinet	20.53	Barcelona Supercomputer Center	Spain	2004	3564
5	CDC	Thunder Itanium2, Quadrics	19.94	Lawrence Livermore National Laboratory	USA	2004	4096
6	HP	ASCI Q AlphaServer SC, Quadrics	13.88	Los Alamos National Laboratory	USA	2002	8192
7	Self Made	System X Apple XServe, Infiniband	12.25	Virginia Tech	USA	2004	2200
8	IBM/LLNL	BlueGene/L DD1 500 MHz	11.68	Lawrence Livermore National Laboratory	USA	2004	8192
9	IBM	pSeries 655	10.31	Naval Oceanographic Office	USA	2004	2944
10	Dell	Dell PowerEdge, Myrinet	9.82	NCSA	USA	2003	2500

表 2 2004 年 11 月 TOP500 上安装在中国大陆的机器列表

排名	安装地点	制造商	机器型号	应用领域	年份	$R_{\max}$ /Gflops	处理器数
17	上海超级计算中心	曙光	Dawning 4000A, Opteron 2.2GHz, Myrinet	科学计算	2004	8061	2560
38	中国科学院计算机网络信息中心	联想	DeepComp 6800, Itanium2 1.3GHz, QsNet	科学计算	2003	4193	1024
61	南开大学	IBM	xSeries Xeon 3.06GHz, Myrinet	科学计算	2003	3231	800
132	石油公司(D)	IBM	BladeCenter Xeon 3.06GHz, Gig-E	工业	2004	1922.6	512
184	地球科学(A)	IBM	BladeCenter Xeon 3.06GHz, Gig-E	工业	2004	1547.1	412
209	上海大学	HP	DL360G3 Xeon 3.06GHz, Infiniband	科学计算	2004	1401	348
225	中科院数学与系统科学研究院	联想	DeepComp 1800 - P4 Xeon 2GHz - Myrinet	科学计算	2002	1297	512

续表

排名	安装地点	制造商	机器型号	应用领域	年份	R_{max} /Gflops	处理 器数
229	神州数码	HP	HP Superdome SuperDome HyperPlex	工业	2004	1281	560
247	公共部门	IBM	xSeries Xeon 2.4GHz, Gig-E	政府部门	2003	1256	622
324	中国国家气象局	IBM	IBM SP Power4+, Federation, eServer pSeries 655 (1.7GHz Power4+)	研究开发	2004	1107	1008
355	新疆石油	IBM	BladeCenter Xeon 2.4GHz, Gig-E	工业	2003	1040	448
372	复旦大学	HP	HP Cluster HP DL360 Cluster - Myrinet DL360G3, Pentium4 Xeon 3.2GHz	科学计算	2004	1015.5	256
384	华普信息技术	HP	HP Superdome SuperDome 875MHz/HyperPlex	工业	2004	1013	512
419	Saxony 开发公司	HP	HP Integrity Superdome, 1.5GHz, HPlex	工业	2004	971.2	192
481	深圳大学	清华大学/ 深圳大学	DeepSuper-21C, P4 Xeon 3.06/ 2.8GHz, Myrinet	科学计算	2003	877.3	256
482	中国石油	HP	HP BL-20P Cluster Pentium4 Xeon 3.06GHz	工业	2004	873	238
498	神州数码	HP	HP Superdome 875MHz/HyperPlex	工业	2004	850.6	416

表 3 中国 TOP100 排行榜的 TOP10(2004.11)

排名	研制厂商/ 单位	型号	安装地点	安装 年份	应用领域	处理 器数	Linpack 值 /Gflops	峰值 /Gflops	效率
1	曙光	曙光 4000A	上海超级计算 中心	2004	科学计算/ 工业	2560	8061.00	11264.00	0.72
2	联想	深腾 6800	中国科学院计算 机网络信息中心	2003	科学计算	1024	4148.00	5324.80	0.78
3	IBM	南开之星	天津南开大学科 学计算研究所	2004	科学计算/ 教育	800	3284.00	4700.00	0.70
4	IBM	BladeCenter	石油公司(D)	2004	地球物理	512	1922.56	3133.44	0.61
5	IBM	BladeCenter	地球科学(A)	2004	地球物理	412	1547.06	2521.44	0.61
6	上海大 学/HP	上大自 强 3000	上海大学	2004	科学计算/ 教育	352	1508.00	2154.24	0.70
7	联想	深腾 1800/ LSSC-II	中科院数学与系 统科学研究院	2002	科学计算	512	1297.00	2048.00	0.63
8	IBM	xSeries Cluster	公共部门	2003	政府部门	622	1255.99	2985.60	0.42
9	IBM	IBM P655	中国国家气象局	2004	大气气象	1008	1107.00	6854.40	0.16
10	IBM	BladeCenter Cluster	新疆石油	2003	地球物理	448	1040.00	2150.40	0.48

- TOP500 中 398 个系统的 Linpack 性能超过了 1Tflops, 共有 296 个系统是机群, 使得机群成为占据主导地位的体系结构。中国 TOP100 中, 有 26 个系统的峰值达到了 1Tflops, 而 2003 年有 10 台, 共有 48 个 (2003 年为 26 个) 系统是机群, 其中只有 1 个 (2003 年 4 个) 系统是自己搭建的, 自己搭建的大机群逐年减少。从这一点来看, 机群仍然处在快速增长阶段, 但尚未占主导地位。值得注意的是, 性能比较高的系统往往采用机群的体系结构, 尤其是前 10 名中, 有 9 台是机群。
- TOP500 中 TOP10 的最低性能接近 10Tflops, 为 9.819Tflops, 其中 4 台由 IBM 制造, SGI、NEC、California Digital Corporation、HP、Dell 和自己制造各一台。值得关注的是, 有 4 套机群系统进入 TOP10, 比去年的 7 台有所下降, 表明美日等在采用新体系结构高性能计算机方面正在高端开始稳步转向, 而中国国内还看不到这种转变。据业界权威人士指出, 中国国内大约在 2008 年才会真正推出全新体系结构的高性能计算机。中国 TOP100 中, TOP10 的最低性能大于 1.04Tflops (2003 年为 0.38Tflops), 其中 6 台由 IBM 制造, 2 台由联想制造, 1 台由曙光制造, 1 台由上海大学和 HP 联合研制。从 2003 年的 8 台国产机器占据主要位置, 转变为国外机器占据主导地位。前两名仍然由国产机器保持。IBM 公司在 2004 年成绩不俗。
- IBM 和 HP 是两家最大的上榜者。IBM 上榜系统的数量由 6 月份的 224 减少为 216, 而 HP 从 140 增加到 173。
- 亚洲国家在 TOP500 中的数量正在增加。排行榜中有来自日本的 30 套系统

和来自其他国家的 57 套系统, 包括 17 套来自中国的系统。

- 2004 年之前 TOP500 的 Linpack 效率基本稳定在 65% 左右。中国 TOP100 的最低性能大于 131Gflops, 是 2003 年的第 100 名性能 38.68Gflops 的 3.39 倍。Linpack 效率平均为 61.9% (2003 年为 57.9%), 有较大提高。
- 目前中国 TOP100 排行榜中机器的平均 Linpack 性能为 529.98Gflops, 是 2003 年的 2.69 倍。2004 年国际 TOP500 排行榜中机器的平均 Linpack 性能为 2.254Tflops, 平均性能首次超过 2Tflops, 是中国的平均性能的 4.25 倍, 比 2003 年的 5.38 倍缩小, 而国际上平均性能接近 529.98Gflops 的时间为 2002 年 11 月, 相差两年, 比 2003 年的两年半缩短半年。

3 地理分布分析

图 3 和图 4 分别为 TOP500 国家系统数量分布图和性能分布图。图 5 为 TOP500 亚洲国家系统数量份额图。

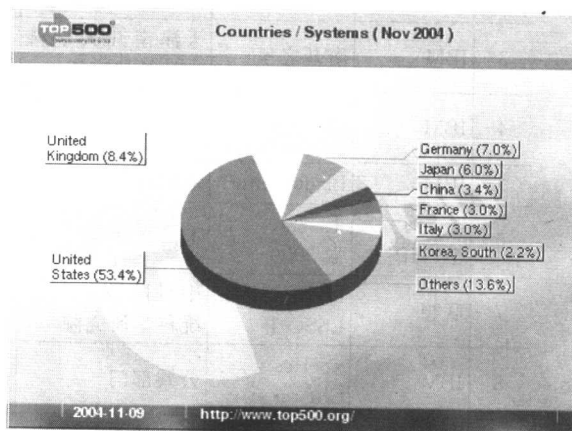


图 3 TOP500 国家系统数量分布图
(来源: 2004 年 11 月 TOP500)

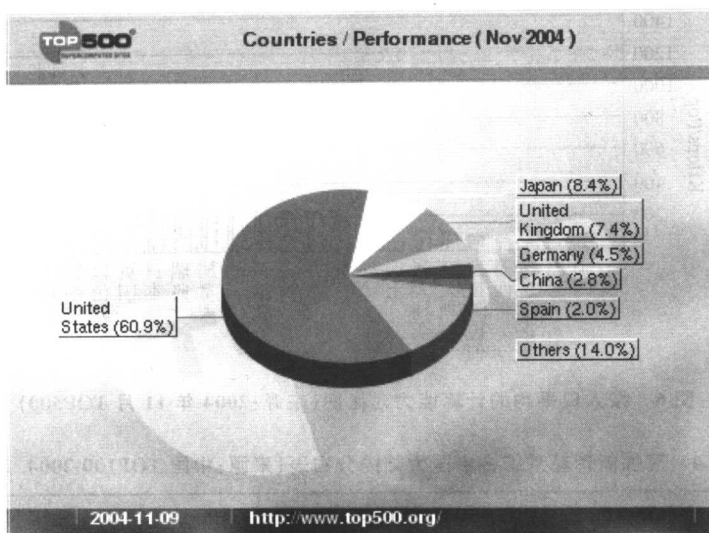


图 4 TOP500 国家系统性能分布图(来源:2004 年 11 月 TOP500)

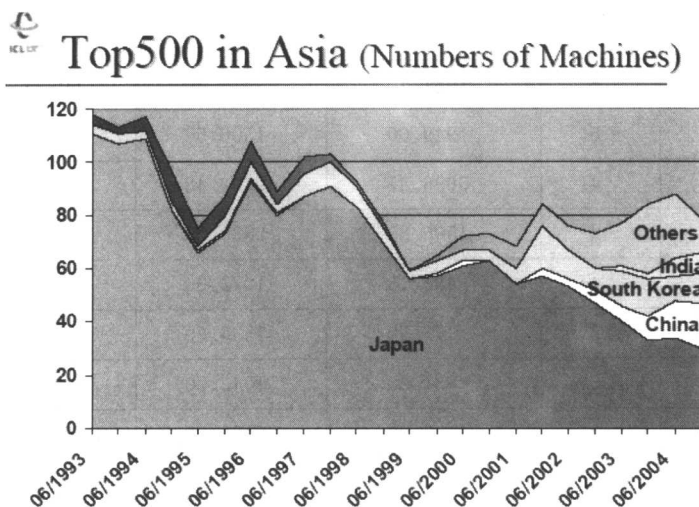


图 5 TOP500 亚洲国家系统数量份额图(来源:2004 年 11 月 TOP500)

美国安装的系统为 267 套,比一年前的 247 套上升,占据第一的位置。开始于几年前,亚洲国家(除了日本)所拥有的系统稳步上升。在本次排行榜中,日本上榜 30 套系统,而其他亚洲国家共上榜 57 套系统,其中中国上榜 17 套系统。但欧洲国家仍然以 127 套系统领先于亚洲。从装机总数量来看,美国、英国、德国、日本和中国分列前五名。从装机总性能来看,美国、日本、英国、德国和中国分列前五名。中国安装的机器占装机总数量的 3.4%,占总性能的 2.8%。中国在装机总数量和总性能的份额上都排世界

第五名,而美国在两方面都占据世界的半壁江山。从亚洲国家的上榜机器数量来看,中国和印度的数量呈现上升趋势,日本的数量呈现下降趋势,韩国的持平。

虽然中国的进步很快,但从人均计算能力上来看,却排在韩国、沙特、墨西哥、巴西之后,仅比印度高,如图 6 所示。

从中国 TOP100 的地理分布(不包含港澳台地区)来看(表 4),目前有 21 个省市(2003 年 24 个,2002 年 18 个省市)榜上有名,其中近 50% 的高性能计算机集中在北京和上海两市,上榜的省市数量比 2003 年有所下降。