



计算机科学

COMPUTER SCIENCE

高性能并行计算的发展历程

陈国良

引用本文

陈国良. 高性能并行计算的发展历程[J]. 计算机科学, 2024, 51(1): 1-3.

相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[面向联邦学习的高效分布式训练框架](#)

Efficient Distributed Training Framework for Federated Learning

计算机科学, 2023, 50(11): 317-326. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.221100224>

[基于SYCL的多相流LBM模拟跨平台异构并行计算研究](#)

Study on Cross-platform Heterogeneous Parallel Computing for Lattice Boltzmann Multi-phase Flow Simulations Based on SYCL

计算机科学, 2023, 50(11): 32-40. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230300123>

[高性能计算技术及标准现状分析](#)

Survey on High-performance Computing Technology and Standards

计算机科学, 2023, 50(11): 1-7. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.221100021>

[基于多核CPU的DVB-RCS2并行Turbo译码方法](#)

Parallel DVB-RCS2 Turbo Decoding on Multi-core CPU

计算机科学, 2023, 50(6): 22-28. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230300005>

[第一性原理极化率计算中的众核优化方法研究](#)

Many-core Optimization Method for the Calculation of Ab initio Polarizability

计算机科学, 2023, 50(6): 1-9. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.220700162>

高性能并行计算的发展历程

陈国良

深圳大学

(glchen@szu.edu.cn)

摘要 并行计算是相对于串行计算而言的,它是将一个计算任务分解成若干相对独立的子任务,然后用若干个处理器对其并行求解。使用并行计算最直接的目的就是提高问题的求解速度以快速完成原问题的解。非数值计算是相对数值计算而言的,它研究的是如何将计算科学中一些不能直接使用数学函数解决的问题并行求解。90年代开始,我带领团队系统地开展了此方面的研究,首先是奠定了所需的理论基础,并逐渐形成了完善的学科体系和应用示范。在此过程中,我们还积极倡导交叉学科研究,及时关注学科前沿技术,并且坚持学术研究要服务于国民经济主战场。在整个研究过程中,我们一方面积极开展国际学术交流,创办国际学术会议和专业期刊;另一方面坚持自力更生,研制自主可控的国产高性能计算机,创建科教平台为普及中国高性能计算机教育服务。

关键词: 并行计算; 高性能计算; 国产计算机; 学科体系

1 奠定理论基础

我是1978年改革开放后第一批被派出的出国访问学者。出国前,我的工程技术能力较强,曾亲自参与了我国前几代计算机的研制工作,所以到了美国普度大学后,我的合作老师建议我学习计算机基础理论方面的知识,但我毕竟不是数理工作者,因此,我根据自己的实践经验,选择了“非数值计算的并行算法”这一研究方向,发表了一系列学术论文。1990年,中国科学技术大学出版社出版了我的《并行算法:排序和选择》一书,后来,中国台湾儒林图书公司出版了该书的繁体字版本。

随着电路工艺设计水平的提高,超大规模集成电路VLSI设计与应用得到了广泛的研究。我首先对二层印刷电路的布局进行了研究,即如何使电路布局的面积 A 最小以及电路的连线导致的延迟时间 T 最短,这就是著名的 AT^2 理论。结合此方面的研究,我与扬州大学陈峻同志,于1990年编写了《VLSI计算理论与并行算法》一书,而后台湾儒林图书公司亦出版了该书的繁体字版本。

同时,我们研究了图论中的很多基本算法,包括最小生成树、最短路径、最大流等,涉及到了很多组合数学中的问题,于是我们找到了中国科学技术大学数学系的李乔教授为我们补习有关的数学知识。1991年,《并行图论算法》一书出版,此书亦被台湾儒林图书公司出版了繁体字版本。

2 建立学科体系

回国后,我结合“非数值计算并行算法”的基本内容和思路,连续两年向国家自然科学基金委员会申报面上项目,但两次均被否决!当时我颇为惆怅,于是决定回中国科学技术大学继续专研。那时虽然科研经费很少,但科研场地宽大,我将实验室划分为一个个“格子间”,每个学生都有自己的“独立天地”;此外,还在实验室拐角处搭了个布篷,供大家休息之用。一位同事在布篷外挂了一副对联:风声雨声读书声,声声入耳;家事国事天下事,事事关心!这是明末东林书院的口号,

如今呈现在我们面前,鼓励着大家砥砺前行!

早期我们的研究工作比较偏理论,后来中国高校教指委建议应由深度向广度发展,这使得我们的研究在一般的高校和研究所都可展开。因此,我在前期基础理论研究的基础上,将研究发展为“高性能并行计算”。我们为“并行计算”建立起一个生态链,即学科体系:并行计算的理论基础—并行算法的设计与分析;并行计算的硬件平台—并行机体系结构;并行计算的软件支撑—并行程序设计;并行计算的发展动力—并行应用。同时,为了加快技术的发展和普及,我们编写了一系列该领域的经典教材,包括《并行算法的设计和分析》《并行计算机体系结构》《并行程序设计》《并行计算导论——结构·算法·编程》等。

3 倡导交叉学科

近代科学技术的发展趋势之一是多学科交叉融合并进。就信息学科而言,将电子学、数学、物理学、生物学和计算机科学相互交叉融合,就出现了“神经计算”和“演化计算”等学科。在90年代初,我们结合国家863和973的项目,开展了“神经信息处理系统 $GP^2N^2S^2$ ”的搭建,设计了神经网络语言和神经网络编译器以及应用平台等。在此基础上,与东南大学何振亚教授共同申请了“神经计算理论及体系结构的设计”863项目和国家攀登计划等。结合此项工作,我们撰写了《神经网络及其应用》(1992)一书,由中国科学与技术大学出版社出版;并在《计算机研究与发展》杂志上发表了长文《神经计算及其在组合优化中的应用》,分上、下篇连载。

90年代中期,我们开始了对演化计算研究,从遗传算法入手。1996年,我们撰写的《遗传算法及其应用》一书由人民邮电出版社出版,此书可谓是国内最早的该领域内的一本经典著作。在中国科学技术大学最早参与演化计算的是现在南方科技大学的姚新教授,他曾是我在福州招收的第一届科大少年班的学生,此外,参编《遗传算法及其应用》一书的作者还有王煦法、庄镇泉和王东生老师等,他们都为此书的出版做出了重大贡献!

4 关注前沿技术

作为一名研究者,在努力深专自己的学科研究的同时,也要非常关注前沿技术,因为前沿技术不但能增进现有学科的先进性,更能指引现有学科的发展方向,使得我们的研究内容,不仅站得高,而且看得远!在谈及前沿技术时,我们未涉及到元器件、软件技术和计算机科学理论等内容,而重点是研究冯诺依曼计算机体系结构和非冯诺依曼计算机体系结构,实际上,这几方面也非常重要!非冯诺依曼计算机体系结构研究主要包括量子计算与量子计算机、光通信与光计算机、序列比对与基因测序机等。冯诺依曼计算机体系结构研究主要包括微程序控制“八位运控模型”、心动阵列 Systolic 阵列机、数据流(Dataflow)计算机、直接执行高级语言计算机(1980)、数据库计算机(1981)、Transputer 阵列机 T800(1994)、微型计算机 P35 等。

5 服务国计民生

做科学技术研究,最终是要服务国计民生。我一生虽专注计算机科学技术的研究,但始终未忘记服务于国民经济主战场。其中包括科学治淮,如淮河泄洪调度、淮河污染排查、淮河水文站数字化、江淮气旋灾害性气象预报等。这些领域虽非我所学专业,但我仍然愿意利用我的专业知识为国计民生服务。我在淮河边长大,自幼就看到淮河水患给淮河边上的人民带来的灾害,能用所学知识治理淮河,为安徽父老做一些贡献,我倍感荣幸。同时,我们将计算机技术与行业应用相结合,主导并参与了铜陵大桥、宁波大桥、杭州湾大桥、芜湖长江大桥、华北油田、胜利油田、大庆油田和新疆油田数字化建设与改造工作,每次我带领团队亲临现场工作,十分辛苦,但也乐在其中!

随着社会的进步,人民生活得到改善,人们赖以生存的大自然环境却受到了不同程度的损害,湖泊就是其中之一。本团队在湖泊污染治理方面,也协同有关部门做了些力所能及的工作。其中包括太湖岸边海藻处理、巢湖周边环境治理、滇池科学养殖等,都取得了良好的治理效果,受到了当地群众和政府的赞扬。中国自古就有“民以食为天”的古训,中国又是农业大国。我们生活在安徽,当地父老用本就不富裕的粮食养活了我们,我们就应该为农业服务。我们与安徽农科院、池州农科院合作,对茶的种植工艺进行信息化改进,并进一步将其扩大到农业病虫害防治、科学施肥、优化灌溉等。我们将这些在试验田里的经验进一步推广到广大农产田间,使得农业大丰收。此外,在城市交通管控方面,我们与合肥市交通局、上海市交通局合作,依靠交通管控计算机实现城市交通的规划和管理,并配置了大屏幕供管理人员直接观看,效果非常好,颇受领导赞许。在此基础上,我们全盘规划了合肥市交通路线,形成了最早的智慧城市建设范例。

6 服务国防建设

1961年我大学毕业后,除了在福建前线驻守外,还在广州军区驻中山大学军代表,从地方召集科技人员从军,然后到北京军区预研火炮计算机。1965年集体转业至太原785厂

研制火炮指挥仪东方红一号,经国家白城子打靶后装配到部队。该机属于第二代计算机,采用晶体管分立元件及磁芯存储器。另外还为北京军区研制“双三七高炮指挥仪”,装备到北京驻京部队。

在五机部布置研制火炮计算机时,我们提出了研制 TDL 晶体管——二极管逻辑的计算机方案,且担当的是东方红一号主设计师和研制师。在此期间,我在大众机械厂情报室的支持下,翻译了《逻辑电路设计手册》《晶体管开关电路的分析》等,分别由国防出版社、科学出版社出版。

7 坚持自力更生

1972年中国科学技术大学由北京南迁至合肥,我也申请调入该校任教。我调入中科院所教授的第一批学生是我国首届工农兵学员,他们的专业基础参差不齐,且受当时大环境“突出政治”的影响,老师也容易受到“白专”的批判。但我来自工厂,主要负责计算仪器制造,于是我一方面为工农兵学员上专业课,一方面领着他们研制国产机 KD-1 号。我们一起挑选元器件、设计电路板图、整机逻辑计、组装、调试、运行等,使他们不但学习了专业知识,还掌握了实际机器制造的经验,为此我被当时的工宣队和军宣队表彰为“主动接受工农兵再教育”的典范。

在中国科学技术大学工作后期,我们师生共同利用国产龙芯芯片研制了 KD-50/KD-60 等。2008年我调入深圳大学后,继续利用国产芯片研制了 KD-90/SD-30 以及普适型高性能计算机等。2016年我调入南京邮电大学后,我和所在团队与天文台、曙光公司共同研制“天文大数据一体机”,为我国悟空号回收信息进行综合处理。

8 普及计算机教育

除了做科研和教学这些本职工作外,我们还积极响应科协号召,普及计算机教育,让青少年和广大群众都能了解计算机及其在国民经济生活中的应用。我们走出校门,到山村边远地区和广大的农村中去。

在中国科学技术大学任教期间,我与唐策善老师联合合肥教育学院一起组织了中小学计算机编程竞赛,从计算机游戏和计算机动画宣传片着手展开,其中的讲解画面都是通过计算机编程实现的。此项工作得到了当年中国科学技术大学朱清时校长的大力支持。不仅如此,他还带队前往合肥周边的中小学进行计算机普及宣传,所到之处,张灯结彩,整队在村前欢迎,场面十分动人!计算机编程竞赛规模现已扩大到由中国计算机学会主办的“全国青少年编程竞赛”,参赛人员之多,范围之广,在同类的计算机竞赛中可谓之首!

在深圳大学时,我积极响应中国科协的号召,几乎走遍了深圳市的所有中小学,举行所谓“大手捧小手”活动。孩子们围绕着我,还替我戴上红领巾,游览校园。之后,此项活动范围从中小学扩大到全体市民,在深圳市民大讲堂举行的计算机科普讲座多达上万人,听众中还有小孩、老人!

为了在全国推广普及“高性能并行计算”,我们在边远地区和内地举办了“全国高校青年教授培训班”,此项工作是在教育部高等教育出版社主持下进行的。首先从云南、贵州

开始,后经太原、无锡等地,当然这些工作都是面对高校的,为了配合教学工作的需要,我们还编写了“简明教材”并搭建了相应的教学实验室方案。这些工作对当年普及“并行计算”课程教学都是十分必要的。时至今日,全国各地的教学名师很多都是从我们这个培训班中走出去的,因此,这个培训班也被称为高性能并行计算的“黄埔军校”。除了在内地创办“并行计算”课程外,当年我们还应邀到香港城市大学、香港理工大学、香港中文大学、澳门大学等进行专题讲座。

9 开展国际交流

我们不仅在国内开创并行算法与并行计算研究,还积极展开了国际交流,一方面我们积极加入该领域的学术组织和团体,另一方面也在国内组织相关的国际学术会议,同时邀请国际上相关的学术权威专家来华讲学交流等。1996年我创办了首届“The International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming (PAAP)”国际学术会议,至今已经成功举办13届。1974年我和北京航空航天大学校长李未院士创办了《计算机科学》期刊,该期刊发表国内外计算机科学与技术的发展动态、涉及面广的方法论与技术、反映新趋势且能起承前启后作用的研究成果。

我们在大陆内地开创“并行算法”课程,鉴于我在国内外学术研究的影响,国际高性能计算组织邀请我担当首任“国际高性能计算”亚洲常务理事。后续也曾应邀到美国卡内基梅隆大学、普度大学、明尼苏达大学、俄亥俄大学等进行专题讲座,曾三次访问日本、两次访问新加坡,到东京大学、京都大学、大阪大学、早稻田大学、通信大学、新加坡国立大学、澳洲悉尼大学、新西南理工、昆士兰大学、格里菲斯大学等进行专题讲座。在国外交流业务时,我充分利用我较好的数理基础进行讲授,颇得听众赞许!

10 创建科教平台

在高校工作期间,除了教书育人之外,我们还积极创建各类教学和科研平台,以便更有效地服务于教学和科研。1995年创建了“国家高性能计算中心(合肥)”。多年来我们在全国各地建立了很多服务地方特色的分中心,其中包括:蚌埠“水科学工程(淮委)”分中心(1997年)、宁波分中心(桥梁安检)(2002年)、南宁广西大学分中心(2003年)、苏州(苏州大学)分中心(2005年)、天津分中心(曙光大型机研制基地)(2006年)、成都分中心(都江堰分洪控制)(2007年)、深圳分中心(深圳大学)(2008年)、南京分中心(紫金山天文台共建)(2007年)。此外在我的牵头下,2006年12月,我们与北京国家信息中心共建,经国家发改委批准,成立“大数据计算系统国家工程实验室”,2022年10月与中国科学院计算技术研究所联合

共建“处理器芯片全国重点实验室”;2022年12月创建“高性能计算系统与软件前沿交叉研究院”。

结束语 我出生于农家,幼年家境贫寒,生活十分艰辛,考入西安交通大学后理工兼读,毕业携笔从戎,后来转业为工人,最后走进高校,终身从事科研和教育工作。一生可用24个字概括:亦工亦农;亦文亦武;亦强亦弱;亦硬亦软;亦虚亦实;亦东亦西。艰苦的生活环境,能磨练人的意志,利于人的成长;丰富的人生经历,能顺应时代变化,与时俱进;宽广的知识面,能跟上学科发展,厚积薄发。热爱科学、崇尚科学,热爱祖国、服务祖国,是我们应一直坚持的信念。



陈国良 中国科学院院士,深圳大学教授,全国首届高等学校教学名师,享受国家政府特殊津贴。1961年毕业于西安交通大学计算数学与计算仪器专业,现兼任中国科学技术大学软件学院院长和深圳大学计算机学院院长、国家高性能计算中心主任、教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会主任、国际高性能计算(亚洲)常务理事、中国计算机学会理事和高性能计算专业委员会主任等。

陈国良院士的主要研究领域为并行算法和高性能计算及其应用等,先后承担了国家863计划、国家攀登计划、国家973计划、国家自然科学基金重点等20多项科研项目,取得了多项被国内外广泛引用、达国际先进水平的研究成果。发表论文200多篇,出版学术著作和教材10多部。曾获国家科技进步二等奖、教育部科技进步一等奖、二等奖,中科院科技进步一等奖、国家级教学成果二等奖、水利部大禹一等奖、安徽省科技进步二等奖、2009年度安徽省重大科技成就奖等共20余项,并获863计划15周年先进个人重要贡献奖和宝钢教育基金优秀教师特等奖以及安徽省劳动模范光荣称号。

多年来,陈国良院士围绕并行算法的教学与研究,逐渐形成了“算法理论-算法设计-算法实现-算法应用”一套完整的并行算法学科体系,提出了“并行机结构-并行算法-并行编程”一体化的并行计算研究方法,建立了我国第一个国家高性能计算中心,营造了我国并行算法类的科研和教学基地,培养了200多名博士后、博士生和硕士研究生,是我国非数值并行算法研究的学科带头人,在国内外学术界和教育界有一定的影响和地位。陈国良院士率先于1995年创建了我国第一个国家高性能计算中心,并分别于2007年、2009年、2012年和2014年成功研制我国首台基于国产高性能通用处理器芯片龙芯单核、4核和8核KD-50、KD-60和KD-90的万亿次系列高性能计算机,为我国云计算和大数据处理以及普适高性能计算提供了基础设施。