



2010 科研成果年报



中国科学院计算技术研究所

编委主任：李国杰

编委副主任：孙凝晖

编委：李锦涛 隋雪青 张光辉 徐志伟

王 凡 胡伟武

主编：王兆其

责任编辑：罗瑞丽 吴金凤

编辑：杨 佳 李 丹

通讯员：张睿超 陆 京 杨 欣 程秀云

戴 媛 李晓宇 田卫平 雷 俊

任 菲 赵静蕊 常百灵



中国科学院计算技术研究所
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

2010
科研成果年报

二〇一一年四月
中国科学院计算技术研究所科研处编

目录

计算所“十一五”科研工作总结	1
科研成果与主要进展	4
重大科研任务进展	6
曙光 6000 千万亿次高效能计算机	6
高性能多核 CPU 研发与应用	8
龙芯安全适用计算机 CPU 研制与应用	10
支持国产 CPU 的编译系统及工具链	12
国家搜索引擎——人民搜索引擎系统	15
IMT-Advanced 新型无线资源管理研究及验证	18
超并行高效能计算机体系结构与设计方法研究	20
研究方向科研进展	22
获奖成果	31
烟草物流系统信息协同智能处理关键技术及应用	31
汉语自然语言处理及机器翻译关键技术研究与应用	33
ICTCLAS 汉语词法分析系统	35
一种 RISC 处理器及其寄存器标志位处理方法	37
鉴定 / 验收的代表性成果	39
延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构与新方法研究	39
网络计算环境综合试验平台	42
无线传感网节点嵌入式芯片设计	44
一体化安全管理技术与系统	46
2010 年上海世博会人流疏导应急预案模拟关键技术研究与服务应用 ...	48
科研基地进展	51
中科院计算机系统结构重点实验室年度进展	51
中科院智能信息处理重点实验室年度进展	53
信息内容安全技术国家工程实验室年度进展	54
国际学术研讨会	55
学位论文	58
全国百篇优秀博士学位论文（提名）简介	58
中国科学院优秀博士学位论文简介	61
学术论文	64
获 2010 年计算所优秀论文一等奖论文摘要	65

计算所“十一五”科研 工作总结

二〇一〇年是国家“十一五”规划结束之年，计算所在“十一五”期间承担了大量国家科技任务，取得了一系列丰硕的成果，为“十二五”的发展奠定了良好的基础。

“十一五”期间，计算所继续坚持新时期办院方针，坚持“基础性、战略性、前瞻性”的三性原则，坚持“科研为国分忧，创新与民造福”的科研价值观，以“跻身国际前沿，关注国计民生，引领中国信息产业”为己任，落实“创新、求实”的理念，以“一流人才、一流管理、一流成果和一流效益”为目标，从国家战略与市场需求出发，加强原始创新与关键技术创新，集中力量办大事，创造性地开展工作，并在国家“十一五”科技计划支持下取得了龙芯、曙光等多项重大科技成果，为提高我国科技创新能力、支撑和引领经济社会

发展做出突出贡献，力争成为世界一流的科研学术机构。

一. 承担项目情况

“十一五”期间，计算所承担了大量国家科技任务，包括工信部国家科技重大专项；科技部重大基础研究计划（973计划）项目、科技部高技术研究发展计划（863计划）项目课题、科技部科技支撑项目；国家基金各类项目；中科院知识创新工程重大项目、重要方向性项目；国家发展改革委员会项目；军工任务；国际合作项目以及来自企业的各种横向任务。总经费达到13亿元。

作为依托单位，承担国家科技重大专项6项，专项经费总额达到44387万元：



- 高性能多核 CPU 研发与应用
- 龙芯安全适用计算机 CPU 研制和应用
- 支持国产 CPU 的编译系统及工具链
- IMT-Advanced 新型无线资源管理研究及验证
- 传感器网络关键技术研究（传输与组网）
- 面向 IMT-Advanced 增强多媒体多播技术

承担 973 计划项目课题 16 项，专项经费总额 8964 万元。作为首席科学家承担 973 计划项目 2 项，包括：延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构、与新方法研究（首席科学家李国杰院士），语义资源空间模型、理论、方法和工具（首席科学家诸葛海研究员）。

承担 863 项目课题 57 项，其中重大项目课题 6 项，专项经费总额 41298 万元。重大项目课题包括：

- 曙光 5000A 高效能计算机
- 四核龙芯 3 号处理器设计
- 曙光 6000 千万亿次高效能计算机系统研制
- 中国国家网格软件研究与开发
- 网络安全时间监控技术及系统
- 面向跨语言搜索的机器翻译关键技术研究

承担科技支撑计划项目课题 5 项，专项经费总额 1684 万元。

承担国家科技基础条件平台项目 1 项，经费总额 886 万元。

承担国家自然科学基金委员会项目 110 项，其中基金创新研究群体 1 项，杰出青年基金 1 项，

基金重大研究计划 1 项，基金重点项目 7 项，经费总额 4060 万元。

承担中科院各类项目 12 项，其中知识创新工程重大项目 1 项，重要方向性项目 6 项，经费总额 7766 万元。

承担国家其他项目 70 项，经费总额 12621 万元。

承担横向项目 120 余项，经费总额 6971 万元。

二. 取得成果情况

“十一五”期间，计算所共取得科技成果 144 项，包含 11 项 973 课题成果（含两个 973 项目），40 项 863 课题成果，2 项 CNGI 项目成果，5 项科技支撑计划项目成果，1 项科技条件平台项目成果，2 项国际合作项目成果等。

其中，863 计划和中科院创新重大项目成果“龙芯 2 号增强型高性能通用处理器”（简称龙芯 2E）是当时世界上除美日之外性能最高的通用处理器，最高主频达 1.0GHz，具有低功耗、高安全性的特点。龙芯 2E 样机实测 SPEC CPU2000 分值为定点 503 分，浮点 503 分，最高双精度浮点运算速度每秒 39.93 亿次，性能达到中低档 Intel 奔腾 4 处理器的水平。龙芯 2E 是我国内地第一个采用 90 纳米设计技术的处理器。2006 年 9 月通过了科技部组织的验收和中科院组织的科技成果鉴定。

863 计划重大项目成果“曙光 5000A”系统峰值运算速度 233.5 万亿次，Linpack 值 180.6 万亿次，系统效率 77.34%，MPI 延迟 1.6 μs，

系统峰值功耗 992 千瓦，在 2008 年 11 月发布的第 32 届全球高性能计算机 TOP500 排行榜上位列第十，是当时除美国以外世界上最快的高性能计算机系统。曙光 5000A 于 2009 年 5 月运抵用户单位上海超级计算中心并被命名为“魔方”，10 月初正式对外开放运行，成为当时世界上最大的公用计算服务平台。曙光 5000A 的部署极大地提高了上海超级计算中心的计算能力，为广大的科研、教育、商业、工业用户提供了强有力的计算工具，为科技创新提供了重要的基础设施保障。

973 项目重大成果“延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构、与新方法研究”提出了新原理——并行系统全局时钟原理、自测试自诊断自修复（3S）原理，新结构——包括多层次可扩展可配置的多核结构、片上众核结构和 3X 测试压缩结构等，新方法——包括多核 / 众核编程模型和编译框架、众核体系结构并行模拟和 FPGA 复用验证、全系统全流程的低功耗设计方法、协同优化测试功耗和测试数据量的低功耗测试方法、精确串扰源时延测试故障模型与定时分析及测试生成等，并研制出万亿次原型芯片 TGAP（8 核龙芯 3B）、16 核可扩展性验证芯片 Godson-T。

973 项目成果“语义资源空间模型、理论、方法和工具”主要是面向未来网络互联环境，围绕规范组织、语义互联和智能聚融这三个科学问题开展系统的基础研究工作，提出资源空间模型、语义链网络模型等基础模型和方法。针对信息物理社会的互联网络资源管理开展了前瞻性研究工作，探讨了交互语义及其在信息物理社会互联环

境中的内在影响机制，提出了未来信息物理社会的基础框架模型，为进一步开展信息物理社会中的资源高效管理研究奠定了基础。

由 973 课题、863 课题支持取得的成果“天玑网络舆情监测系统”，融专业搜索、信息抽取、文本分析和智能数据挖掘等技术于一体，能够从 BBS 论坛、新闻网站、博客等多种信息通道中实时采集和提取舆情信息，跟踪舆情动向，监测事态的宏观分布与变化趋势，为政府部门、企业乃至个人用户提供热点专题监控、个性化信息推送、综合智能搜索等服务，并可以图文并茂的形式提供客观、完整、准确的舆情监测报告。

863 课题成果“无线传感网节点嵌入式芯片”，研究和设计了具有低功耗、高效能、配置灵活、支持大规模组网等特点的无线传感网芯片，该芯片兼顾了性能和成本、性能和功耗以及性能和开发难度等诸多因素之间的平衡，其灵活的体系结构也增加了系统开发及应用的灵活性，可以支持多种传感器网络应用系统的建设，对于掌握传感网节点芯片设计及制造的相关关键技术具有重要意义，并具有良好的产业化前景。

此外，还取得了“基于三维人体运动仿真与视频分析的计算机辅助运动系统”、“虚拟体育运动训练系统关键技术”、“CNGI 主干网网络监测和性能分析系统”、“基于 IPv6 的宽带无线移动城域网通信业务系统”、“数字内容集成分发平台”等一批重要的科技成果。这些成果大部分已成功应用于国民经济的多个方面，产生了很好的经济效益和社会效益。

“十一五”期间计算所共获国家发明二等奖 1



项、国家科技进步二等奖 3 项；获省部级科技一等奖 2 项，省部级科技二、三等奖 8 项；中国专利金奖提名一项。具体为：

- “高效数字视频编解码技术及其在国际标准与国家标准中的应用”获 2006 年度国家发明二等奖
- “曙光 4000 系列高性能计算机”获 2006 年度国家科技进步二等奖
- “中国国家网格”获 2007 年度国家科技进步二等奖
- “烟草物流系统信息协同智能处理关键技术及应用”获 2010 年度国家科技进步二等奖
- “面向体育训练的三维人体运动模拟与视频分析系统”获 2006 年度北京市科学技术一等奖
- “基于 Web 的手语播报系统与手语普适终端”获 2007 年度教育部科学技术进步一等奖
- “中国国家网格”获 2006 年度北京市科学技术二等奖
- “大型网络存储系统关键技术及其应用”获 2007 年度北京市科学技术二等奖
- “汉语自然语言处理及机器翻译关键技术研究与应用”获 2009 年度北京市科学技术二等奖
- “主体网格智能平台”获 2006 年度北京市科学技术三等奖
- “知识网格模型与方法”获 2007 年度北京市科学技术三等奖

- “集成电路逻辑测试与验证基础技术”获 2007 年度北京市科学技术三等奖
- “高并行、海量 IP 网络存储系统”获 2007 年度国防科学技术进步三等奖
- “数字电路实速检测和故障诊断技术及其应用”获 2008 年度北京市科学技术三等奖
- “一种 RISC 处理器及其寄存器标志位处理方法”获第十二届中国专利金奖提名

三. 科研基地建设情况

“十一五”期间，计算所加大了科研基地建设力度，2008 年底获批建设国家发展改革委员会“信息内容安全技术国家工程实验室”，2011 年初中国科学院系统结构重点实验室获批建设科学技术部“计算机体系结构国家重点实验室”。此外，我所还组织申请了北京市移动计算与新型终端重点实验室。目前计算所共有一个国家重点实验室、一个中科院重点实验室、一个国家工程实验室、两个国家工程中心，分别是：计算机体系结构国家重点实验室（筹）、中国科学院智能信息处理重点实验室、信息内容安全技术国家工程实验室、国家高性能计算机工程技术研究中心、国家并行计算机工程技术研究中心。

依托科研基地，计算所加强了原始创新研究、重大关键技术研究和产业化共性技术研究，以解决计算机学科中的重大科学和技术问题，为计算所的长远发展提供长期的、战略性的技术储备和基础，并培养一批优秀的学术带头人和高水平、高素质的学术团队。

四. 科研条件平台建设情况

“十一五”期间，计算所积极加强全所科研条件平台建设，为科技计划的执行提供保障。计算所现有由 70 个计算节点组成，价值约 646 万，面向前瞻研究、基础研究、交叉学科领域中重要项目的共享计算平台——计算所超算平台，该平台为多项国家科技任务（973、863、国家基金等）提供了支撑服务；计算所还建有由 400 个 CPU 核、3200GB 内存，基于并行文件系统的 60TB 存储组成、整个平台软硬件价值达到 5000 多万的集成电路设计与系统结构研究平台，该平台部署了硬件仿真加速设备、高频信号测试 / 部署 / 分析设备、全流程 EDA 软件和先进工艺库，并购置了大量的关键 IP，能够支持 28 纳米芯片设计能力，设备性能处于国际领先水平。该平台的建成，使计算所成为国内仅有的几家具备高频信号实验环

境的单位之一。

五. 重大项目过程管理情况

“十一五”期间，计算所针对国家战略需求，加强前期规划和部署，同时加强重大科研项目的过程管理，特别是对同一个学科方向的国家科技重大专项、国家 973 计划、863 计划、院重大项目等实行所级项目管理，如在计算机系统结构方向成立了“超龙计划”所级项目，将高性能计算机、微处理器设计、编译技术、测试技术等方向的相关课题（973 项目、863 项目、国家科技重大专项课题）纳入其中，成立项目总体组，进行统一协调、有效部署，增强了课题之间的联动性，提高了整体科研管理水平，体现了全所集中力量办大事的决心和能力，取得了一批重要的科技成果。

科研为国分忧

创新与民造福



科研成果与主要进展

2010 年，计算所共取得科技成果 50 项。其中，973 项目重大成果“延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构、与新方法研究”提出了一系列新原理、新结构与新方法，并研制出万亿次原型芯片 TGAP、16 核可扩展性验证芯片 Godson-T。项目组在计算机领域顶级会议上发表了多篇高水平的论文，部分科研人员还应邀在 ISCA 会议上做特邀报告，部分成果被国际同行引用，在国际上产生了重要的影响。

2010 年计算所在研的一些重大科研项目取得了重要进展，如曙光 6000 在 2010 年 5 月 31 日发布的第 35 届全球高性能计算机 TOP500 排行榜上排名第二，龙芯 3B 芯片流片成功等。计算所部署的其它科研方向也取得了新进展。

重大科研任务进展

曙光 6000 千万亿次高效能计算机

在国家 863 计划支持下，2010 年 5 月，中国科学院计算技术研究所和曙光信息产业（北京）有限公司、中科院深圳先进技术研究院、中科院软件研究所、北京航空航天大学联合研制成功曙光 6000（星云）高效能计算机系统。曙光 6000 采用了基于多核 CPU 和高性能 GPU 加速器的混合架构，实现了高效异构协同计算技术，是世界上第 3 台实测性能超千万亿次的超级计算

机，也是国内首台实测性能超千万亿次的超级计算机。曙光 6000 每瓦能耗实测性能 4.8 亿次，GREEN500 排名第 4，是国内最绿色的超级计算机。在系统架构上采用了全冗余设计的刀片技术，单机柜峰值计算能力达到了 25.7TFlops，具有高可靠和高密度的特点；曙光 6000 在基础架构、刀片、存储系统、管理系统等方面具有完全的自主知识产权，其核心部件曙光 TC3600 节

点已经大规模上市销售。

在 2010 年 5 月 31 日发布的第 35 届 TOP500 排行榜上，以 1.27PFlops 的 Linpack 实测值排名第二，以理论峰值 2.98PFlops 排名第一，这是我国的高性能计算机系统在该排行榜上的历史最好成绩。

曙光 6000 将被安装在国家超级计算（深圳）中心用于构建中国国家网格南方主节点。深圳超算中心也将跃升为世界上计算能力最强的通用高性能计算中心之一。

深圳位于粤港澳地区的核心，是国家经济最为发达和活跃的区域之一。十多年来，深圳成立了数十家科研机构，随着深港创新圈建设的深入，香港 8 所大学与内地的合作更加紧密。经过长期慎密的调研，华南地区和港澳地区对高性能计算需求旺盛，目前该地区的计算能力已经远远不能满足需求。

在深圳设立公共超级计算中心不仅能扭转华南地区计算能力严重不足局面，而且还能形成资源共享优势，使有限的资源得到最有效的利用。建设立足深圳、覆盖港澳台、辐射东南亚的国家超级计算中心，将有力促进国际合作，支撑人才引进与学术交流，大大提高深圳市的科技创新能力，加快自主知识产权的发展和转化，为深圳科技创新提供基础设施保障。

2010 年 5 月 14 日，国务院总理温家宝在天津视察了正在紧张测试中的曙光 6000（星云）超级计算机。温总理还殷切鼓励这里的年轻科技人员：要敢于打破陈规旧律，攀登世界科技高峰。





重大科研任务进展

高性能多核 CPU 研发与应用

“高性能多核 CPU 研发与应用”是国家核高基重大专项课题（课题编号为 2009ZX01028-002-003），课题本阶段的重大标志性成果是龙芯 3B 处理器的研制成功。

龙芯 3B 是由中国科学院计算技术研究所研制的高性能通用处理器，主要应用于高性能计算机和服务器领域。龙芯 3B 突破了以下核心技术：

- 单片千亿次计算能力的芯片设计技术；
- 超深亚微米的高性能、低功耗、高复杂度的通用处理器物理设计技术；
- DDR2/3 和 HT1.0 等高速并行接口的设计技术；
- 大规模芯片的验证技术和测试技术；
- 可扩展的多核存储一致性协议设计技术与验证技术。

龙芯 3B 的最大特色是龙芯向量处理器核的设计。该向量处理器核兼容 MIPS64 指令集，包含 2 个 256 位的向量处理部件和 1 个 128x256 位的向量寄存器堆，使得龙芯 3B 在 1GHz 的工作频率下峰值双精度浮点计算能力达

到 128GFLOPS，性能功耗比为 3.2GFLOPS/W，优于国际主流的高性能通用处理器。

龙芯 3B 处理器片内集成 8 个 64 位的龙芯向量处理器核，4MB 的二级 Cache，2 个 64 位 DDR2/3 内存控制器，2 个 16 位的 HT1.0 接口，1 个 PCI/PCI-X 接口和 1 个 LPC 接口。龙芯 3B 处理器采用意法半导体 65 纳米工艺设计，面积 300mm²，晶体管数近 6 亿，主频

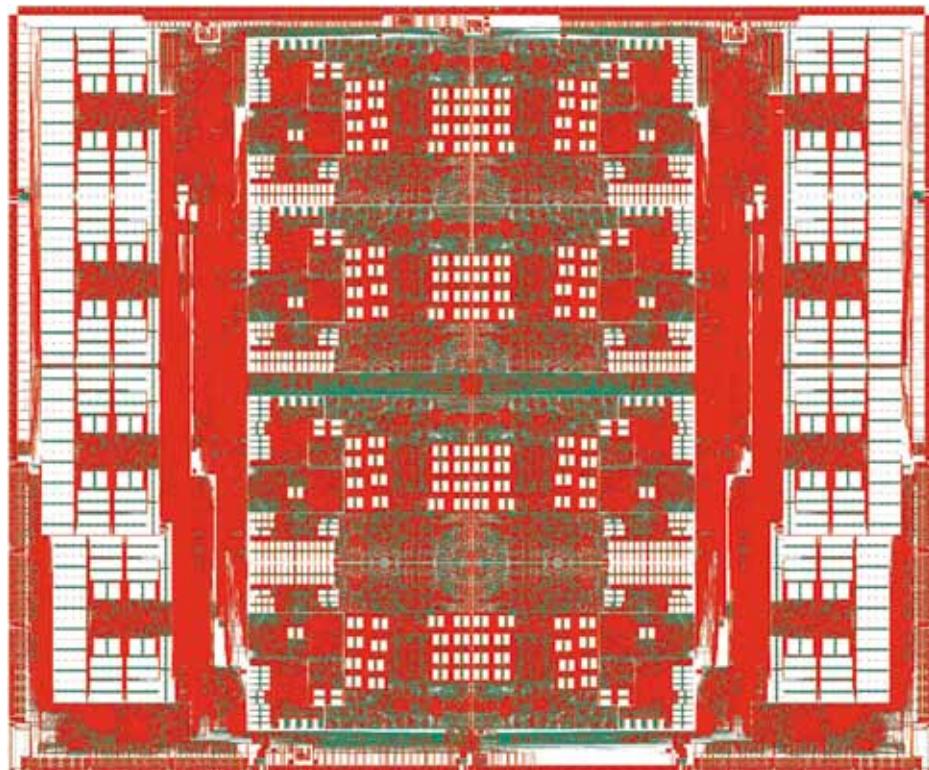


龙芯 3B 芯片

1GHz, DDR2/3 接口频率 400MHz, HT 接口频率 800MHz, 功耗 40 瓦, 采用倒装焊球栅阵列 (Flip-Chip BGA) 封装, 芯片引脚数 1121。龙芯 3B 设置了 300 多条专用的向量处理指令, 并在向量寄存器堆、二级 Cache 和内存之间建立了全流水的数据通路, 使得高密度的计算和高吞吐的数据传输能够协调一致。在龙芯 3B 平台

上, 矩阵乘法的效率达到 93%, FFT 的效率达到 87%。

中国科学院计算技术研究所和曙光公司已完成基于龙芯 3B 的 HPP (超并行) 计算结点原型和刀片服务器原型的研制。龙芯 3B 将应用于曙光 6000 千万亿次高性能计算机中, 8000 颗龙芯 3B 即可达到千万亿次计算能力。



龙芯 3B 芯片布局



重大科研任务进展

龙芯安全适用计算机 CPU 研制与应用

“龙芯安全适用计算机 CPU 研制与应用”是国家核高基重大专项课题（课题编号为 2009ZX01029-001-003），2010 年取得了重要的阶段性成果，研制成功龙芯 2G 处理器，实现了龙芯一体式安全适用计算机的研发、工程化和量产。

龙芯 2G 和南桥芯片构成安全适用计算机的两片解决方案，技术指标包括：1.0GHz @ 65nm，1 亿晶体管；MIPS64 兼容，X86 二进制翻译加速，龙芯媒体扩展；64KB + 64KB L1, 1MB L2 Cache；DDR2/3 内存控制器；HT1.0 高速 IO, PCI, LPC, SPI, UART 等；功耗：3W@1GHz。

突破的核心关键技术主要包括：可伸缩的片内互连结构；高速信号传输技术，集成了片内的高速 DDR2/3 内存控制器，集成了 HT 高速端口；X86 二进制翻译技术，提出了在 MIPS 平台上实现 X86 动态二进制翻译的方法。

详细特征如下：

- 片内集成一个 64 位的四发射超标量 GS464 高性能处理器核；
- 处理器核包括 2 个全流水的 64 位双精度浮点乘加部件；



龙芯 2G 芯片

- 处理器核包含 64KB 数据 Cache 和 64KB 的指令 Cache；
- 片内集成 1MB 二级 Cache；
- 通过目录协议维护处理器核及 I/O DMA 访问的 Cache 一致性；
- 片内集成 1 个 64 位 400MHz 的 DDR2/3 控制器；
- 片内集成 1 个 16 位 800MHz 的 Hyper Transport 控制器；
- 16 位的 HT 端口可拆分成两个 8 路的 HT 端口使用；
- 片内集成 32 位 100MHz PCI/66MHz PCI；
- 一个 LPC、一个 UART、一个 SPI、16 路 GPIO 接口；
- 采用 128 位 AXI 接口的交叉开关网络。

与上一代龙芯 2F 芯片及其解决方案相比，龙芯 2G 芯片及其解决方案的整体性能得到了明显提高。目前，龙芯 2G 开发系统已经完成，基于龙芯 2G 的面向教育、办公等行业应用的各种安全适用计算机解决方案已经完成研制并逐步推向市场。

江苏中科梦兰电子科技有限公司采用龙芯 2F 处理器完成了龙芯一体式安全适用计算机的研发、工程化和量产。龙芯一体式安全适用计算机在低成本计算机整机架构散热技术、软硬件协同功耗

管理技术、一键恢复技术、软件应用方案系统集成等方面取得了重要突破，申请专利 8 项，其中发明专利 3 项；申请软件著作权 2 项。该产品入选了国家火炬计划项目，并入选江苏省自主创新产品目录。已完成市场销售 16 万套，主要应用于中小学教育信息化、农村信息化、社区医疗信息化等行业，对于提升基础教育信息化水平，缩小数字鸿沟具有重要意义。另外该产品的规模化应用，促进了芯片、软件、整机和解决方案的协调发展，对于改善国产处理器和基础软件的产业生态环境，建立自主可控的信息产业体系，培育战略新兴产业发挥了重要作用。



龙芯一体式安全适用计算机——玲珑



重大科研任务进展

支持国产 CPU 的编译系统及工具链

“支持国产 CPU 的编译系统及工具链”是国家核高基重大专项课题（课题编号为 2009ZX01036-001-002），计算所是课题牵头承担单位，联合承担单位有中科院软件所、北京大学、同济大学、中国科技大学。2010 年课题取得了如下进展：所研制的支持国产龙芯 CPU 的高性能编译系统，支持多种语言，性能高于商用编译器 GCC 的 30% 以上；所开发的二进制翻译系统，性能达到 GCC 所产生代码的 65%，并成功地为龙芯移植了 flash 播放器。另外，本项目在高性能数学库软件包、程序调试和分析工具等方面，也已

基本上完成了合同约定的指标。具体进展如下：

龙芯基本编译系统的健壮性已基本达到产品编译器的水平。主要编译选项（O0/O2/O3/ ipa/profiling）通过了 SPEC CPU 2006 测试程序，SuperTest 通过率高于 GCC 的通过率，能够支持像 GCC 4.4 和 mplayer 等实际应用程序，支持 Java、C++ 异常处理和 OpenMP3.0。结合龙芯 3 号处理器的新特征，通过数据预取、SIMD 指令支持、分支指令优化等，所产生代码的定点性能比 GCC 高 26%，浮点性能高 38%。

完成了针对龙芯 3 号多核处理器的自动并

SPEC2006	龙芯编译	GCC	diff
INT	2.39	1.84	29%
FP	2.15	1.55	38%

龙芯编译器与 GCC 性能对比数据

行化编译功能，其并行化后的性能加速能力，与 Intel 编译器的自动并行化水平相当，且对于某些程序，我们的并行优化系统比英特尔商用编译的并行化效果更好。

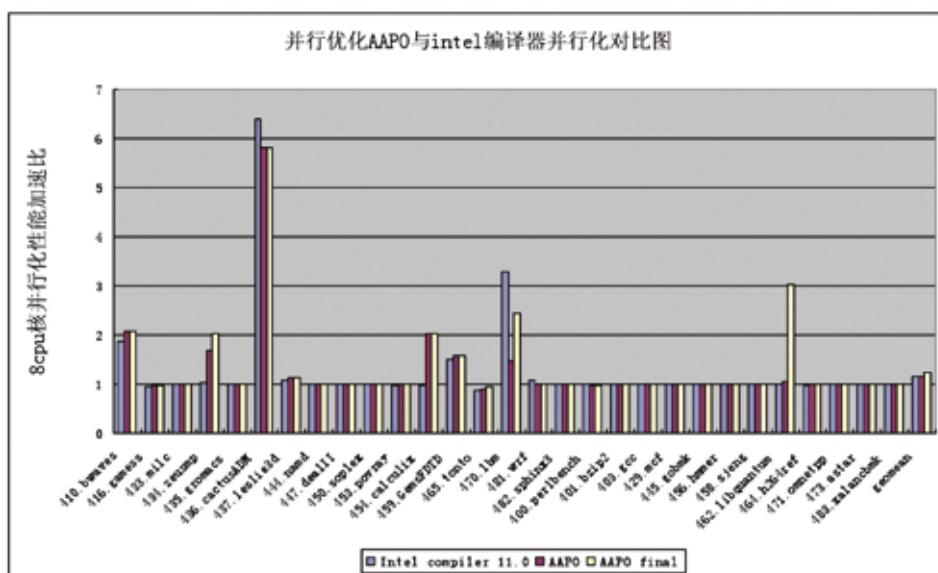
二进制翻译器方面，通过采用多种优化技术，如标志位分析、非对齐优化、影子栈 (Shadow Stack) 优化、动态数据预取、浮点运算异常的处理、栈变量提升，性能得到很大提升，可达到本地性能的 65%，能够运行如 Flashplayer，Acrobat Reader, MySQL, Apache 等应用程序。

高性能数学库方面已完成 BLAS、LAPACK、FFT、直接解法器和迭代解法器 5 个模块的开发工作，在 X86 平台上研究了性能自适应软件包的体系结构、自动性能优化技术、核心高性能数学库子程序多核并行算法设计开发和性能优化、递

归分块和非线性存储技术、数千个数学库子程序的高效正确性组合测试等关键技术，并基于多核并行、自适应性能优化、汇编优化、递归分块、tiling、数据结构重写等技术，对开发的数学库做了性能优化，目前其单核平均性能是 Intel 公司开发的 MKL 的 1.04 倍，8 核平均性能是 MKL 的 1.24 倍。

在低功耗编译优化技术方面，提出了 Profiling 驱动的动态频率调节方法，在程序中找到合适的函数区域，插入动态调频指令，实现运行时的处理器动态频率调节。测试数据表明，该方法可以在处理器性能延迟小于 5% 的情况下，降低处理器能耗 10% 以上。

静态程序分析和错误检测工具方面，设计并实现了一个支持高可靠软件开发的编译框架原型。



龙芯自动并行化与 Intel 编译的性能对比数据

在面向多核行为的程序静态分析技术方面，构建了精确的全程序分析框架，开发了高效的流敏感、上下文敏感的基于程序依赖图的程序切片引擎。

为用户提供了插桩工具、并行程序集成调试系统平台，实现了程序编辑、工程管理等用户直接使用的功能，支持宿主机与目标机之间的通信与跨平台编译、启动待调试与分析程序执行等幕后功能。完成了第二版 SMART 软件和多线程应用

并行行为剖析器 TProfiler 软件的开发，为用户提供了一个图形化的程序性能分析工具。

本课题发表论文共 47 篇，其中 1 篇发表在 ACM Transaction 上，11 篇发表在顶级国际会议 PLDI (2 篇)、icse (1 篇)、PACT (1 篇)、CGO (7 篇)。申请并受理专利 13 项，软件著作权登记 4 项。



(a) 翻译后的 flash 流畅播放视频



(b) 在浏览器中支持插件的翻译

二进制翻译器为龙芯移植的 flash 播放器

——跻身国际前沿，
关注国计民生，
引领中国信息产业 ——

重大科研任务进展

国家搜索引擎 ——人民搜索引擎系统

2010年3月底网络重点实验室社会搜索团队承担了国家搜索引擎——人民搜索引擎系统核心平台的研制工作，在两个多月的时间里完成了系统整体框架设计、技术选型、大规模数据采集、分布式索引和检索，系统部署等重要工作，于2010年6月20日完成测试版上线任务。

此后课题组全面参与到支持新闻检索服务的平台改造工作中，经过6个月系统架构调整和处理流程改造，系统稳定性和性能得到了大幅度提高，新闻检索服务正式版于12月20日顺利上线。

为了建设成可持续发展的国家级搜索引擎，人民搜索引擎核心平台采用了可持续扩展的分布式处理架构设计，并正在利用智能信息处理技术进一步提高搜索引擎的查询质量。具体情况如下：

(1) 分布式处理架构设计

搜索系统的分布式架构总体上分为：分布式

采集、分布式存储、分布式数据处理和分布式检索等部分。

分布式采集集群由多个“采集服务器组”组成，一个采集服务器组负责一部分的采集任务。在分布式框架的支持下，由全局的任务管理中心负责统一的采集任务分配。每个采集服务器组都对应着一个分发中心，由分发中心负责将下一轮待采的URL按负载及可用性分配到所属的采集服务器组。

分布式存储系统利用服务器节点自带的硬盘作为存储设备，并通过分布式文件系统实现数据的备份和存储。目前，人民搜索系统中原始网络数据、网页属性信息、索引等都采用分布式文件系统进行存储。

分布式数据处理包括数据预处理、索引构建等环节。计算特点是数据规模大，响应时间要求相对较低。因此，人民搜索引擎核心平台直接基



于 MapReduce 技术框架和编程模型实现了链接去重、日志分析、网页质量评估、统计分析、并行索引等大规模数据处理功能。

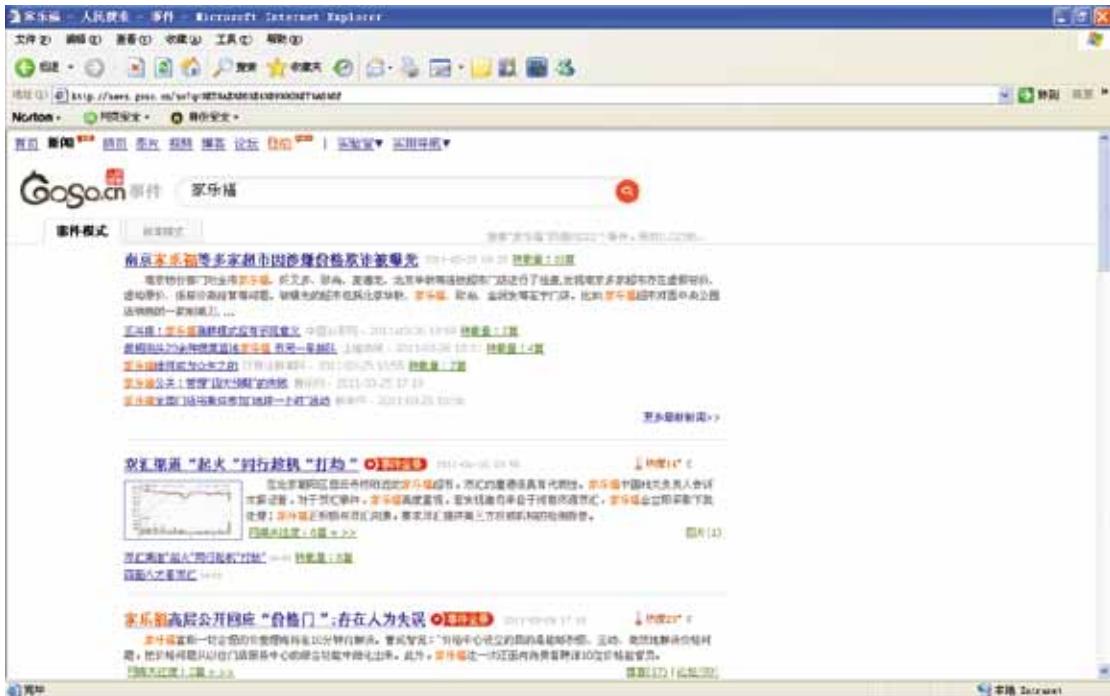
为了支持大规模并发用户的检索需要，人民搜索采用了多层检索服务集群来实现高速并行检索功能。检索服务集群内部分为两个层次：第一个层次是检索服务器组，每个“检索服务器组”都可以独立地提供检索服务；第二个层次是检索服务器组内部的分布式查询服务器和检索服务器。分布式查询服务器以并行的方式把“检索请求”发送到各个检索服务器，并把结果收集回来，经过整理排序后完成对检索请求的响应。

(2) 智能信息处理

高质量搜索引擎服务核心之一是搜索引擎的智能化。课题组正在综合利用中文分词、Web 语义分析、聚类、信息质量评估等智能信息处理技术来为用户提供高质量的搜索服务。中文分词是中文检索的基础。Web 语义分析工作包括：大规模汉语 Web 高频词语语义关联分析、基本短语块的识别。聚类分析用于新闻事件聚集和检索结果的优化处理。网页质量评估主要从两个方面入手：一是找到高质量的信息，二是过滤掉垃圾信息。在信息质量评估的基础上，进行网页内的数据清理，剔除无用数据，保留真正有意义的信息。



人民搜索新闻搜索服务首页



人民搜索新闻搜索服务查询结果

——坚持“基础性、战略性、
前瞻性”的三性原则——



重大科研任务进展

IMT-Advanced 新型无线资源管理研究及验证

“IMT-Advanced 新型无线资源管理研究及验证”（项目编号：2009ZX03003-007-01）是由计算所牵头承担的“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项课题，主要针对 IMT-Advanced 系统（即第四代移动通信系统）支持更高的频谱效率、更丰富的业务类型、更高的移动性等特性，研究新型无线资源管理技术，解决新型网络架构、高频谱利用率、高速移动、多业务融合等带来的问题。在 IMT-Advanced 无线资源管理框架及系统级资源协同机制设计的基础上，研究多维协同、异构协同、跨层协同、分布式协同等关键技术，并积极参加国内、国际标准化工作。2010 年取得的主要进展包括：

1、设计了基于 OFDM/MIMO 系统的时、频、空域跨层联合资源控制机制，包括上 / 下行多维无线资源调度、码本设计与码本反馈机制等。其中，提交多个码本设计提案到 3GPP，受到广泛关注，

三星等多个公司对该码本进行了仿真对比，飞利浦公司也利用相同思路开展相关标准化工作。

2、针对多等级、多服务质量需求的资源分配问题，提出了单播和组播业务的联合资源分配方法和保障多类型业务公平性的无线资源分配方案等，在保证业务服务质量的同时，终端能耗效率提高 30% 以上。

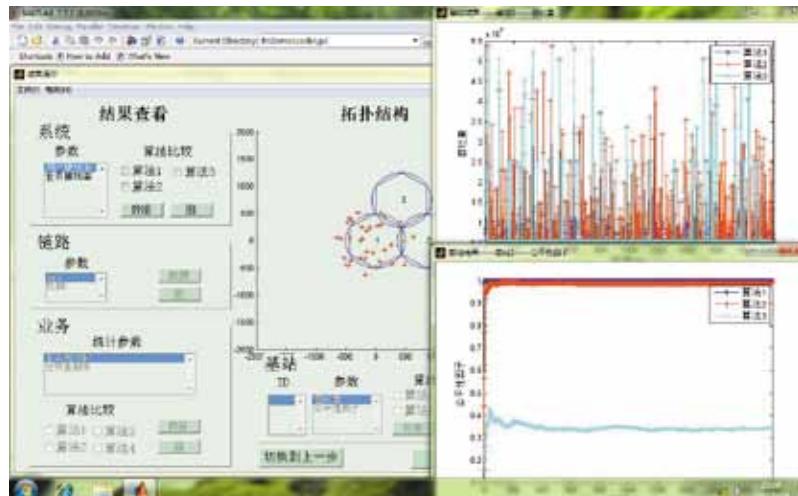
3、提出了面向异构网络的多业务流网络选择方法、多径同传方法及无线资源管理自优化机制，参加了 3GPP 在 HetNet（异构网络）方面的仿真场景设计与性能评估。通过分布式 MESH 网络的跨层优化方法，多跳分布式网络中单天线情况下系统吞吐量可达到 90Mbps。

4、实现了应用于 IMT-Advanced 无线资源管理方案评估和关键算法验证的仿真平台以及原型试验平台，为 IMT-Advanced 无线资源管理相关新技术的研究提供了测试验证平台。其中，仿

真验证平台采取链路级仿真和系统级仿真相结合的方式，支持多业务、多网络、多种移动模式及多种信道模型，能够支持 19 个基站和 57 个终端的联合仿真；原型验证系统利用软件无线电技术，实现了包含多种主流接入技术的异构网络，包括 3GPP LTE、TD-SCDMA、WiMAX 等，并通过网关和核心网络模拟系统，搭建一个全 IP 的测

试网络，能同时支持数据、语音和流媒体业务。

5、本课题共向 3GPP 等通信领域的主流国际标准化组织提交提案 18 项，接收 3 项；向 IMT-Advanced 推进组等国内标准化组织提交提案 16 项，接收 7 项，在国内新型无线资源管理领域的提案数量名列前茅；申请专利 21 项；发表论文 10 余篇。



面向未来无线通信仿真平台



异构网关
TD-SCDMA
WiMAX
LTE
异构无线网络原型系统



重大科研任务进展

超并行高效能计算机体系结构与设计方法研究

该项目为国家自然科学基金委员会创新研究群体科学基金项目，负责人是李国杰院士，起止时间是 2010 年 1 月至 2012 年 12 月。

围绕着超并行和高效能这两个体系结构设计的目标，本群体在六个方向开展了工作。在高性能计算机超并行体系结构方向，提出了两种简洁有效的 DAM Cache 方案，从体系结构上分离 I/O 数据与 CPU 数据；利用龙芯实验平台对上述两种方案进行了全面评估。相对传统的 Snooping Cache 技术，DMA Cache 可以得到平均 34.8%，最大 58.4% 的性能提高。在高效能计算机设计方法方向，提出了基于虚拟机架构的可信接入技术，可信链，平台完整性的验证，网络隔离；提出并实现了一种面向管理者虚拟机的完整性检测技术。在多（众）核处理器的新型体系结构方向，提出了一种基于 pending period 的硬件确定性重放方法，保证在重放执行时所有

的冲突访存操作的顺序都和首次执行相同；提供对弱存储一致性协议的支持，实验结果表明，本项目提出的方法仅需要少量的硬件改动，所需要的总 log 大小仅为每千条指令 0.55Byte。在多核处理器的低功耗设计方法方向，基于 SMT 提出一种改进的取指逻辑，使得当多个线程需要取相同地址的指令时只需要取指一次；提出了一个改进的指令流水线结构，能够消除输入相同的冗余指令执行，同时不引入新的关键路径；提出了一种新颖的线程同步逻辑，使得线程在分离取指后能自动检测到将来的合并点，尽可能避免冗余取指；相对于传统 SMT 设计，我们的方案在两个线程和四个线程的情况下分别能得到 15.2% 和 26% 的性能提高；相对于传统超标量的设计，在两个线程和四个线程的情况下能分别获得 50% 和 86% 的性能提高。在多核处理器的测试、验证与可靠设计方法方向，突破了电压噪声和激变的检

测技术, 容忍技术, 实现能够容忍 80% 电压激变的设计方法; 提出了考虑工艺偏差和通路相关性的通路选择和测试生成方法; 提出了在 GPU 基础上构建的 n-detect 算法, 较现行商业工具速度提高了 25 倍, 较最新研究提高了 2-3 倍。在高性能计算机的并行编译方法方向, 对 1000 个数据集进行了分析, 在 ICC 上有最高达 1.71 倍加速比, 在 GCC 上有最高达 2.33 倍加速比。栈

变量提升方法可以为某些程序带来很大的性能提升, 最大的性能提升可以达到 45%。

2010 年, 本群体在计算机体系结构领域三大国际顶级会议 (ISCA, MICRO, HPCA, 计算机学会列出的体系结构领域最顶尖的三个会议亦是这三个), 以及编程语言和编译顶级会议 PLDI 发表的论文成果卓著, 下表给出了相关国际会议论文的发表情况:

	会议 / 期刊	创办年份	大陆总论文数 (2006 年以来)	2010 年 本群体
体 系 结 构 领 域 顶 级 会 议	国际计算机体系结构会议 International Symposium on Computer Architecture (ISCA)	1974	4	2.50%
	国际微体系结构会议 International Symposium on Micro- architecture (MICRO)	1968	2	1.50%
	国际高性能计算机体系结构会议 International Symposium on High- Performance Computer Architecture (HPCA)	1995	3	2.67%
编 程 语 言 和 编 译 顶 级 会 议	ACM 编程语言设计与实现会议 ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI)	1979	3	1.33%



研究方向科研进展

研究方向科研进展

编译

2010 年在国家核高基重大专项的支持下，基本完成了面向龙芯的编译系统、二进制翻译系统及工具链的研发工作，其性能明显好于国际著名开源编译系统 GCC，并在健壮性等方面取得了很大进展；在 863 等项目支持下，继续推进面向曙光 6000 的编程环境的研发工作，在面向层次并行的编程语言、SIMD 优化等方面取得良好的进展。该团队从多角度研究了面向多核系统的存储优化，发现了多核并行应用对访存带宽竞争的新特征，并利用动态优化等技术有效提高了数据访问的效率；针对多核 / 众核芯片应用的编译优化问题，提出了一种利用领域专家的优化经验有效指导编译优化的策略和框架，可望有效提高优化效果；针对通信、航天等领域的典型应用，研究了面向典型嵌入式应用的多核编程模型和有效降低开销的程序正确性调试方法。上述部分成果发表于 PACT10、CGO11 和 ACM TACO 等国际会议和学术期刊上。

VLSI 测试、验证与可靠性设计

以保障芯片质量和成品率、提高计算机系统

可靠性为目标，深入研究 VLSI 测试、验证与可靠性设计方法学和关键技术。2010 年主要进展有：在测试与验证方面，提出了基于统计定时分析 / 考虑通路相关性的关键通路选择及时延测试生成方法、用于超速测试的片内测试时钟生成方法、用于超速测试的可测通路选择和分组方法、基于扩展指令的软件自测试方法、基于马尔可夫模型的半形式化激励生成方法等；在可靠性设计方面，提出了多核处理器上 PTV 偏差的协同优化方法、提高集成电路能耗有效性的动态电压频率调节方法、基于过滤器的电压紧急容错技术、基于跨层布局布线的 FPGA 可靠性设计技术、面向响应压缩的多故障诊断方法、基于二叉树波导的光控制包广播算法等。

操作系统

面向海量并发运行的异构服务与应用，以提供能量高效、可信的绿色执行环境与系统软件为研究目标，解决无限扩展绿色系统软件面临的挑战：编程墙问题、无限扩展性、能量有效性和软体系结构，发展新的云计算系统软件的设计、分析、编程与执行的机制与模型，重点解决软件的阻尼

效益和软件的执行效能墙。具体有 3 个研究方向，
 1、面向云计算的绿色计算理论与方法，包括能力服务计算、LogPCM 与动力学方程，2、计算系统软件结构与设计，包括绿色软件技术（内存优化及其流动技术、高性能虚拟化设备 IO 优化技术、VM 间高速通信技术等）和可信软件技术（软件架构、验证与准入技术、颗粒化与直接执行技术），
 3、可扩展 web server 的优化技术。

先进微系统

2010 年度 Godson-TI 众核原型芯片流片成功。该芯片包含 16 个 MIPS 处理器核，4 个片上共享 L2-cache，总晶体管数目 1.27 亿个，面积为 230mm²。该芯片在线程模型、存储模型、同步模型和结构模型方面采用了大量创新性设计方法，在片上互连网络、片上存储系统等多个层次具有很强的可配置性。基于此芯片可以进一步研究程序性能和网络带宽及网络拥塞间的关系，程序性能和 LLC 配置的关系，以及系统可编程性和性能平衡等众核处理器结构设计的关键技术。2010 年基于 Godson-TI 众核体系结构的研究工作在 Micro 和 IPDPS 等本领域顶级学术会议上发表了论文，并申请发明专利 7 项。

自然语言处理

2010 年，在国家自然科学基金和国家 863 等项目支持下，研究组继续探索自然语言的机器翻译技术，取得了一定的进展。有关判别式词语对齐的研究工作发表在自然语言处理领域最高国际刊物《Computational Linguistics》上，这

是国内大陆学者在该刊的第一篇长文，实现了历史性突破。国内大陆首次在自然语言处理领域最高国际会议 ACL 上开设讲座（Tutorial），标志着研究组的成果得到国际学术界广泛认可。提出了机器翻译与句法分析一体化方法，进一步丰富和完善了基于源语言句法的统计机器翻译系列模型。除此之外，在统计翻译模型、句法结构映射、语义角色标注等方面开展了深入研究。在自然语言处理和人工智能的顶级国际会议 ACL、AAAI 和 COLING 发表 12 篇论文（4 篇 ACL、1 篇 AAAI、7 篇 COLING）。参加国际口语自动翻译评测（IWSLT 2010），在多个项目中获得第一。“汉语自然语言处理及机器翻译关键技术研究与应用”获 2009 年度北京市科学技术二等奖。“ICTCLAS 汉语词法分析系统”获得 2010 年“钱伟长中文信息处理科学技术奖”一等奖。与新疆大学、内蒙古大学和青海师范大学开展密切合作，深入研究维吾尔语、藏语和蒙古语等少数民族语言和汉语的翻译方法，初步搭建民汉机器翻译系统，在国家安全部门的多家单位安装试运行。

数字媒体

2010 年在国家 973 和国家自然科学基金等项目的支持下，在人脸感知与识别、手势交互与理解以及多媒体分析与理解等方面开展研究工作，取得了一系列研究成果。主要进展包括：在人脸识别与感知方面提出了面向从单样例到多样例的识别方法，提出了人脸年龄变化的模型和利用这一模型的人脸分析与合成方法，对基于 Gabor 特征的人脸图像表示方法进行了系统的研究，提出



了从流形的角度进行超分辨率图像恢复的方法。在人体的检测与分析方面，提出了多种有效的表示方法。在手势分析方面，提出了结合双目视觉特征的手势检测与识别方法。在多媒体数据的分析与理解方面，提出了 Home Video 的分析与理解方法。上述研究工作在若干企业和重要部门得到了应用。研究成果发表在 IEEE Transactions on PAMI, IEEE Trans. on Image Processing 等重要刊物和 IEEE CVPR、ECCV 以及 ACM MM(长文) 等重要会议上。2010 年获得了国家杰出青年科学基金资助一项，同时承办了第 12 届 ACM 多模式交互国际会议 (ACM International conference on Multimodal Interfaces)。

智能科学

2010 年在国家 973 项目和国家自然科学基金重点项目支持下，吸收脑科学、认知科学等的最新研究成果，提出一种新的心智模型 CAM，它由意识、记忆、高级认知行为三个层次构成。CAM 将为类脑计算机、智能机器人等研制提供理论基础。研究成果在 ICCI2010、ICCS2010、ICAI2010 等国际会议上发表，得到与会专家的好评。在 863 项目支持下，开发了网构软件自治管理器 eHealer。该系统主要包括运行监控模块、故障诊断模块和故障恢复模块三大部分。其中 DDL 推理、强化学习、知识库管理等构成了该系统的核心构件。实现从软件诊断到恢复的一体化管理，为软件的可靠运行提供有效支持。多专家系统开发工具 AGrIP 由多主体环境 MAGE、面向对象的知识处理系统 OKPS、基于范例推理系统

CBRS、数据挖掘平台 MSMiner、多媒体信息检索系统 MIRES、本体知识管理系统 KMSphere 等构成，该工具在航天、海军、采矿等方面进行了推广应用。

机器学习与数据挖掘

2010 年在国家重点基金项目“WEB 搜索与挖掘的新理论与方法”支持下，在跨领域分类学习研究方面，提出了基于一致性正则化从多源领域到目标领域的跨领域分类框架。在这个框架下，局部的子分类器不仅考虑了在源领域上的可利用的局部数据，而且考虑了这些由源领域知识得到的子分类器在目标领域上的预测的一致性。还提出了一致性正则化的分布式实现，可避免收集各个领域数据到中心节点，减轻了数据信息的隐私性担忧。论文发表在 IEEETKDE，其它阶段性成果发表在 CIKM2010、ICDM2010、SDM2010 上。提出了一种基于蚁群系统的非参数方法用于提取二值图像中的含有断点的曲线。与传统的 Hough 变换方法相比，基于蚁群系统的曲线提取方法能够在未知曲线形状的情况下提取出规则的或不规则的曲线。所提出的方法具有快速收敛性、内在并行性、有效处理大噪声数据等特性。此外，该方法能够克服先前算法无法同时抽取多曲线的局限。实验结果表明了所提出方法的有效性和高效性，论文发表在 AAAI2010 上，实现了我所在该顶级会议上零的突破。

跨媒体计算技术

2010 年度重点开展面向音视频过滤的视频

内容分析与检测关键技术与系统平台的研发工作，着力解决复杂对抗攻击环境下的海量网络视频数据的高速高精度检测问题。提出了一种融合样例自动扩展与稳定特征挖掘的高鲁棒性局部视觉特征提取方法，有效提高了视频检测的抗攻击能力；提出了一种面向非均匀数据分布的优化 LSH 高维索引方法，能够有效应对特征数据非均匀分布的情况，从而可以明显提高特征匹配的速度；提出了一种基于仿射协变邻近特征集的并行几何一致性验证算法及其在 GPU 上的实现方法，与传统方法相比，计算速度提高 10 倍以上，此项成果在 2010 年的多媒体检索领域著名国际会议 ICME 上荣获最佳论文奖。经过多年努力，研究组逐步成为互联网音视频监管国家战略应用的关键技术提供者。

生物信息学

2010 年度在计算蛋白质组学算法研究与软件开发等方面取得了重要进展。开发完成的蛋白质鉴定软件 pFind 2.6 在中科院动物所等单位获得了示范应用，成功主办了首届中国计算蛋白质组学研讨会；开发完成了球坐标下冷冻电镜三维重构软件 ISAFRecSystem，提出了一种冷冻电镜电子断层三维重构新算法 ASART；开发完成了国内第一款基于 GPU 的电子断层三维重构系统 ATOM；发现了蛋白质结构中的“短接”(short-cut) 现象，并据此设计了蛋白质结构预测的穿线法程序 FALCON-SWIFT，大幅提高了算法性能，并被选作为 CAS@home 的首个应用。基于生物网络分析大规模对非编码 RNA 进行功能

预测，文章发表在核酸研究杂志上。

天玑舆情

在平台建设方面，“天玑”舆情平台继续应用到安全中心、证监会、教育部等舆情系统和项目中，同时以财经、金融为突破口，结合专业金融服务企业的领域经验和业务积累，推动搜索、舆情相关技术和服务平台的完善和成熟。此外，本年度作为牵头单位成功申请了 863 舆情重大项目，并积极向外合作和拓展，正在与烟台分所、澳门大学等协作建立更广泛的网络舆情获取与分析平台。在以天玑舆情为核心的技术方面，参加了 TREC 评测中 BLOG, WEB, ENTITY 共计 6 个子任务的评测，取得了非常好的成绩：Web Track 是全部参赛队伍 (25 个队伍，共提交 92 个结果) 中唯一一家提交了分布式的 25T 超大规模检索全部 3 个任务的队伍；在 BLOG 评测任务中取得一个单项第一和一个第二的好成绩；其中的部分成果发表在 WWW 和 SAC 等领域内高水平的学术会议上，得到同行专家的认可；在微博客、社交类网站、便携设备以及智能终端的舆情关键技术等方面也取得了一定的突破。所承担的基金重点项目“web 搜索与挖掘的新理论和新方法”的基础理论以及关键技术的具体研究工作取得了超过预期的阶段性成果，共计发表（或已被接受）论文 56 篇，其中期刊论文 20 篇，会议论文 36 篇。

网络靶场

网络靶场团队经过近一年半时间的探索，所承担的中科院知识创新工程项目“国家网络靶场”



在系统实现、关键技术、应用项目产出等多方面取得了重大进展。在系统实现方面，目前平台系统框架、底层虚拟化及仿真层已经基本成形，即将发布第一版；第三方主机审计系统正在从原有的虚拟机内部向外部移植，更加不受实验干扰。在关键技术方面，提出将传统虚拟化、网络仿真与安全审计三者融合的思路，形成如全核态的分布式仿真、背景流量虚拟化方法、虚拟环境下的主机审计等关键技术，不过这些技术还有待进一步集成与整理。在应用项目产出方面，与北京市有关高校关于基于网络靶场的信息安全攻防实验室的建设项目已基本确定，目前已完成“基于网络靶场的信息安全实验教学竞赛平台”的需求分析、架构设计和原型系统开发。另外针对基于网络靶场的信息系统安全测评方面做了一定的预研工作，为靶场下一个示范应用系统建设做好准备工作。

网格软件

网格软件团队在 2010 年所取得的重大进展是：中国国家网格软件 CNGrid GOS 4.0 软件（下文简称 GOS 软件）的发布。在科技部 863 计划重大项目课题“中国国家网格软件研究与开发”支持下，由计算所牵头，CNGrid GOS 历时三年研发成功。GOS 软件由共用网格系统软件核心的高性能计算网格、数据网格和网格工作流三部分组成。GOS 软件在分布式资源管理、虚拟组织、网程技术、网格安全机制和支持多种行业应用方面具有重要创新。共同承担 GOS 软件研发任务的单位有：江南计算技术研究所、清华大学、中国人民解放军国防科学技术大学、北京航空航天

大学、中国科学院计算机网络信息中心和上海超级计算中心。自主研发的 GOS 软件支撑了中国国家网格服务环境的运行，已推广到飞机设计、铁路运输、气象预报、新药研制、水利信息、天体物理研究等应用领域，在世界同类软件中具有重要的地位。

网络数据科学与工程基础研究

在网络结构分析方面，探索了社区结构和扩散动力学的关系，提出了有效的异质网络多尺度社区发现方法，并提出了一种抽取网络骨干的有效方法，分析用户间的相互影响给出了一种高效的社会推荐方法。在用户查询的理解和处理方面，通过对用户查询意图、相似度以及冗余性的分析，提出了一系列新颖的推荐模型，来满足用户多样性的查询需求，提高搜索引擎的可用性，改善了用户的查询体验。在网络拓扑知识优化 P2P 流量研究方面，推进了多项相关的国际和国内标准，其中一项牵头的国家通信行业基础标准《基于承载网感知的 P2P 流量优化技术总体技术要求》已发布（发布号：YD/T 2146-2010）。上述研究成果发表在 Physical Review E、EPL 等有影响力的学术期刊和 WWW、CIKM 等顶级国际会议上，得到了国内外同行的充分认可，在相关领域形成了持续影响力。因研究成果突出，获中科院院长特别奖。

大规模网络信息内容处理

开展大规模网络流动信息的识别、匹配、挖掘关键算法和技术研究。在数据流过滤、多通道

数据流挖掘、网络协议特征发现等方面对关键技术及方法进行研究。其中，基于正则表达式匹配的过滤技术在 2010 年取得了重要突破，基于自主研发的核心算法的匹配引擎在 2010 年 CNCERT 中国信息安全技术公开赛中获得第一名。在多通道数据流过滤和挖掘方面，首次提出了网络多通道概念，并将多通道网络流过滤问题转化为多通道网络流分类问题，提出了跨多通道网络流的决策融合算法。网络协议特征发现以网络流量为对象，不依赖逆向工程和协议文档，对协议格式和状态机进行自动挖掘，在新协议发现、私有协议识别、Botnet 检测等领域都有广泛应用。相应的成果在 ICDM、CIKM、RAID、SIGSAC 等会议上发表了文章，得到了国际同行的关注。

大规模网络安全评估、检测灾备

开展国家级网络安全评估、监控体系结构、协同分析与应急灾备以及安全模型等关键技术及理论的研究。网络异常检测系统的处理能力达到 10Gbps，核心算法的处理能力是国际最好算法的 2 倍。安全属性计算与等级保护上提出了同时保障机密性和完整性的类型化安全 Pi 演算；针对信息流控制，提出了广义污点传播模型多级可信互联模型构建工具 WF-SPevf，可在同一框架内实现安全策略的表达、查询、验证、冲突检测及调试。获得了多项自然基金项目、863 项目、242 项目、发改委项目的支持。大规模网络安全事件监测应用于安全中心、新联通、公安部；大规模 DDoS 攻击监测应用于北京奥运安保、中国人民银行、中国海关；失窃密行为异常检测应用于安全中心，

相关成果获得解放军科技进步一等奖。

信息对抗技术和方法

主要在渗透检测与对抗、隐蔽与匿名通讯、网络攻防等方面展开研究。获得了 973 课题、科学院知识创新重要方向项目、242 课题、安全部 115 基金等支持，开发建设的应用系统在国家信息安全保障中发挥了重要作用，获得了用户的高度评价。

网络测量分析与模型化

继续针对新一代互联网高带宽、移动性、异构性及业务复杂多样化等特点，在数据包特征匹配算法、面向数据包处理的 Bloom Filter 算法、无线移动网络测量方法、网络行为分析与模型化、基于业务感知的网络应用等关键技术方面取得积极进展，并在新一代互联网监测分析平台中得到应用。该平台已经成功部署应用到多个实际网络中，为网络运维管理提供有效的手段。平台的运行为我们的进一步研究提供了丰富的测量数据。本年度该方向在国际学术期刊上发表与录用 SCI 论文 10 篇，其中 TPDS 录用论文 2 篇，在 INFOCOM、ICDCS、ICNP、ICC、GLOBECOM 等国际会议上发表学术论文 25 篇。

面向 Post-IP 的移动互联网

针对 Post-IP 网络超大规模性、多元异构性特点，重点研究异构网络融合架构，支持大规模移动网元的命名与寻址架构和基于量化研究方法



的数据传输优化技术。在异构网络融合方面，本年度承担了宽带无线重大专项、CNGI 三期等一系列项目，与移动、联通等运营商合作，提出了适用于 WWAN 和 WLAN 融合网络的通用移动管理技术。在 Post-IP 网络命名与寻址方面，重点研究层次化、可扩展的网络单元命名方法和名字空间组织方式，积极推动下一代网络命名的标准化工工作，目前该研究已在中国通信标准协会率先立项。在数据传输优化方面，在协议分层与优化算子耦合关系、网络利用率、延迟与数据传输计算复杂性的制衡关系方面进行了深入的理论研究，取得了阶段性的成果，并成功获得了国家 973 课题和国家自然科学基金的支持。相关研究在国内外重要学术会议和国际期刊上共计发表论文 20 余篇，制定中国通信行业标准 1 项。

物联网

该研究方向 2010 年承担“传感器网络关键技术研究”、“传感器网络总体研究及仿真平台”、“面向太湖蓝藻爆发监测的传感器网络研发与应用验证”、“中高速传感器网络核心芯片研发”、“传感器网络电磁频谱监测关键技术研究”和“面向地质灾害监测预警的传感器网络研发与应用验证”等国家科技重大专项项目，相关核心技术与系统应用于无锡“感知中国”的物联网应用示范项目。目前承担“感知太湖、智慧水利”和“感知环境、智慧环保”两项无锡市物联网应用示范项目，其中，“感知太湖、智慧水利”第一期工程已经完成并通过当地政府组织的专家验收，并在 2010 年夏季太湖蓝藻的监测与治理工作中发

挥出了积极的作用。“感知环境、智慧环保”工程实施方案已经通过环保部组织的专家评审，并推荐国家发改委立项。这些示范工程将在水利和环保等行业的物联网应用中形成国家级的行业标准示范。

汽车网络

车联网是物联网的重要应用体现，该方向重点研究如何使汽车入网，实现汽车的智能安全驾驶、绿色节能、智能导航，辅助电动汽车的研制。本年度与中科院电动汽车研发中心等单位联合成功申请了中国科学院知识创新工程重大项目“下一代电动车核心技术研发”，对项目中的多平台汽车数据采集方法、基于 3G 的数据传输、云监控和 3G 远程视频传输等多项关键技术开展了深入研究，提出了基于采集板的数据采集、可监控千辆级汽车的云监控架构、基于 IPv6 的隧道数据传输技术、海量数据挖掘等多项研究成果，并在此基础上开展了“基于云监控的汽车状态感知系统”的研制工作。目前，该系统的一期研制工作已基本完成，并在上海中科深江电动汽车有限公司进行了试用，对电动汽车的高效研制和顺利推广起到了很好的推动作用。

泛在设备互联技术与系统

在国家 863 计划目标导向课题“泛在设备的互联技术”支持下，开展了泛在设备互联技术与系统的相关研究，取得了以下成果：1) 制订行业标准（征求意见稿）1 项：国家 / 行业标准申请。在去年取得国家标准任务号的基础上，申请行业

标准 1 项:《信息技术 信息设备资源共享协同服务(IGRS) 第 301 部分 设备语义描述》, 标准任务号为 2010-3179T-SJ。2) 开发支持泛在设备自发互联与动态协作的协议栈和中间件 1 套。支持 Windows 和 Linux 环境下多种网络协议的互联、互发现、互通, 可运行在计算机、机顶盒、家庭网关、智能手机等终端设备上, 并完成了“泛在设备互操作场景”的演示验证工作。3) 研制桥接器 1 款: 基于龙芯 2F 的支持 IGRS 和 UPnP 协议的桥接器(天枢物联网关)。该网关支持 802.5 和 802.11、802.15.4、802.15.1 等无线接入方式。能有效支持异构网络环境下设备间的互发现和互操作。4) 发表论文 13 篇, 申请专利 4 项, 申请软件登记 5 项。培养博士生 3 人, 硕士生 8 名(毕业 3 名)。

残疾人信息无障碍关键技术研究与示范应用

在国家科技支撑计划、科学院科技助残计划、北京市经信委信息化研究项目等多个项目支持下, 残疾人信息无障碍关键技术研究取得了重要进展: 1) 面人盲人上网的语音推送系统研发成功, 并已在北京市残疾人福利基金会、中国残疾人服务网、中国残疾人福利基金会等三个网站开通试运行。该系统可将普通网站自动转化为语音版, 转化过程中采用网页智能分析技术, 过滤冗余内容并将网页内容重新组织为适于语音浏览的结构, 可大大提高盲人用户的浏览效率。2) 低成本便携式盲人计算机原型系统研发完成。采用龙芯 CPU 设计定制了专用软硬件系统, 研发了盲文点字输入设备等专用设备和语音浏览器等各种盲用软件, 实

现了低成本、便捷易用的盲人专用计算机系统。

智能终端感知关键技术

在国家自然基金重大研究计划、国家 863 计划、北京市经信委信息化等多个项目支持下, 智能终端感知计算技术与系统研发目前取得如下进展: 1) 研制了基于龙芯的低成本移动定位终端。可以在室内实时采集多路无线信号数据, 并采用多种模式分类方法进行即时定位。2) 研究了面向室内高动态环境的智能终端定位关键技术, 能够对环境时间、空间的迁移变化以及 AP 的缺失具有一定的适应性。3) 搭建基于智能终端的面向社区老人与儿童监护的室内外无缝定位与移动服务系统。能通过手机实时报告被监护人在社区的室内外移动情况。4) 研究了面向应急环境的简单快速定位方法与系统。采用旋转定向天线对环境中的移动目标进行跟踪定位, 以实时掌握现场动态。5) 研究了基于房间区域内的移动人物行为识别方法。采用深度摄像传感器获得场景的三维动态数据, 进一步分析得到诸如老人或儿童等需要监护对象在房间内的活动情况。

无线通信技术

2010 年围绕下一代无线通信基带芯片、协议栈、接入网系统及先进无线通信关键技术等课题进行研发。在 4G 终端基带芯片方面, 完成了 LTE 终端基带处理芯片的 SoC 架构设计, 改进并验证了各个硬件加速单元, 实现了用于物理层控制的 RISC 处理器及其子系统, 进行了 SoC 的设计集成工作; 针对 ASIP 芯片架构对物理层处



理算法进行了性能优化；建立了完整的终端基带芯片验证 / 测试平台。通信协议栈研发方面，完成了面向家庭基站及行业应用的宽带无线通信系统，空中接口协议栈以及专用增强网关系统，其研究成果已被多家设备厂商采用，具有广阔的应用前景。针对高速铁路宽带无线通信，异构无线网络和绿色无线电等内容重点展开关键技术研究，向国家 IMT-Advanced 组织提交提案 6 项，其中 2 项提交到国际标准组织，发表论文 10 余篇，成功申请到工信部重大专项，北京市自然科学基金重大项目，北京市重大科技项目等；与美、英著名高校合作申请 WCNC2013, VTC2015-Spring 等国际会议，牵头组织 IEEE JSAC 专刊（影响因子 4.249），获邀成为 GlobeCom2011 的 Workshop Co-chair。

空间计算技术

2010 年度承担了 863 项目“基于先进计算架构的高性能空间分析中间件”、“基于新软硬件体系结构的网络地图服务器关键技术研发”和“嵌入式高灵敏度实时软件 GNSS 接收机关键技术研究”，在三个方面取得成果：(1) 进一步改进了织女星地理信息系统平台软件的底层核心算法，提高空间数据引擎的执行效率，增加了对国产神通

数据库的支持，在空间分析结果的准确性、分析效率和算法的鲁棒性方面有大幅提高，“织女星高性能空间分析软件”再次获得科技部表彰。(2) 参与的“感知太湖，智慧水利”太湖水环境治理物联网应用示范项目获得用户好评。(3) 新申请了五项空间分析核心算法专利，基本形成了织女星云 GIS 平台体系。

软件集成与服务计算

以行业、区域或特定应用领域的综合集成问题为背景，瞄准互联网环境下数据和应用的快速即时集成问题，提供基础设施能力及云服务。技术特色包括：跨部门数据动态汇聚和联动，数据保鲜技术，系统快速响应和快速应用构造能力，流数据和并发接入，并发复杂事件链处理等。2010 取得一些阶段成果，其中部分成果已在面向基层的科技信息服务建设工作——全国科技信息服务网中得到实际应用（该系统将拓展到 20 个省 100 余个地市级，直接服务于全国近 10 万名基层人员），服务流程系统和服务仓储库等两项成果已经融入到企业产品中。申报相关的专利和软件登记 9 项，撰写论文 27 篇，出版了专著《互联网计算的原理与实践——探索网格、云和 WebX.0 背后的本质问题和关键技术》。

— 从优秀到卓越 —

获奖成果

烟草物流系统信息协同智能处理 关键技术及应用

该成果荣获 2010 年度国家科技进步奖二等奖，计算所为第三完成单位，谢高岗研究员排名第二。

烟草行业年税收超过国家每年总税收的 10%，在国民经济中占有重要地位。自国家烟草专卖局 2005 年提出《关于构建行业现代物流系统的指导意见》以来，我国烟草行业物流现代化建设得到了较大发展，自动化和信息化水平不断提高，传统的物流模式加速向系统化、信息化、标准化、一体化的现代物流转变。行业物流信息化的建设重点正逐步由孤立的软硬件系统转向多环节的协同管理平台。如何有效采集、存储和分发物流各

环节之间的基础数据，如何对基于营销和配送等环节多维度数据信息进行智能分析处理，如何搭建一个可扩展的物流业务流程集成协作平台，这些都是烟草物流乃至物流业发展过程中亟待突破的重点和难点问题。

烟草物流系统信息协同智能处理技术是一项涉及数据采集传输技术、系统建模技术、智能优化技术和信息集成技术等要素的综合技术，涵盖烟草物流信息共享、配送车辆调度、协同营销和业务流程集成等方面。本成果由湖南大学、南昌航空大学、中国科学院计算技术研究所、湖南白





沙物流有限公司以及长沙理工大学合作完成。

计算所主要的工作集中在可伸缩烟草物流数据共享基础设施研究方面。在项目中成功开发了健壮高效的数据分发传输算法与共享机制，基于P2P网络技术，构建开放可伸缩的烟草物流数据共享基础设施，实现了多维度海量物流数据的有效采集、存储和分发。针对烟草物流数据中心后台数据分发和各环节的数据共享问题，提出了基于缓存和服务切换策略的传输方法，实现了终端移动环境下的服务质量(QoS)保障。针对数据缓存一致性维护问题，提出了基于P2P技术的一致性维护方法，将组播问题转换为广播问题，显

著提高了一致性维护的收敛速度。此外，利用非负稀疏矩阵分解技术(SNMF：Sparse Non-negative Matrix Factorization)和动态聚类方法，将多维度海量的物流数据划分为不同的类别，分别应用于不同的物流智能处理系统。在此基础上，构建了开放可伸缩的烟草物流数据共享基础设施(如图所示)，充分利用了各个实体终端自身的处理能力，以解决传统集中式方案的单点失效和负载不均衡等问题，有效保障多维度海量物流数据的实时采集、稳定存储和策略快速分发。相关研究成果获得授权国家发明专利5项，授权软件著作权1项，发表论文20余篇。



获奖成果

汉语自然语言处理及机器翻译 关键技术研究与应用

该成果荣获 2009 年度北京市科学技术二等奖。成果完成人：刘群，吕雅娟，刘洋，钱跃良，林守勋，骆卫华，米海涛，熊得意，何中军，姜文斌。

随着互联网的普及和全球经济一体化的发展，语言信息处理技术的重要性日益突出。本项目在面向海量信息的汉语自然语言处理以及以汉语为核心的面向多语言的统计机器翻译关键技术的研究和应用上取得了重要突破。

在汉语自然语言处理关键技术方面，提出了基于层叠隐马尔可夫模型的汉语词法分析方法，将汉语分词、未登录词识别、词性标注统一到了一个完整的理论框架中，大幅提高了汉语词法分析的效率和精度。此项研究成为同类研究工作的基准。基于该模型开发的词法分析系统 ICTCLAS 在第一届国际 SigHan 汉语分词评测中获得多项第一名，是该次评测中表现最出色的系统。

在统计机器翻译关键技术方面，提出了一系列基于树到串规则的统计翻译模型，是目前国际上最热门的基于句法的统计翻译模型之一。项目组提出的基于最大熵括号转录语法的调序模型、基于上下文的规则选择模型以及领域自适应模型有效提高了机器翻译系统的翻译质量。基于该系列模型研制了多套统计机器翻译引擎和相应的训练工具，可以在大规模双语平行语料库基础上直接训练出高质量的机器翻译系统，并可以方便地移植到不同的领域和不同的语种。这些系统在国际上最重要的 NIST 机器翻译评测中名列第三，这是国内参评单位取得的最好成绩。

以上研究成果申请发明专利 8 项，其中已经授权 2 项；获得计算机软件著作权 10 项；在本领域顶级国际会议上连续发表论文二十余篇，被国际同行评价为“将会影响本领域的研究方向”。

在应用方面，开源的 ICTCLAS 工具是目前世



界上应用最广泛的汉语分词工具，正式下载量达 7 万余次，并被广大用户移植到了各种不同的编程语言和系统环境下，大大促进了我国中文信息处理、搜索引擎等相关领域的研究开发进展。项目组研制

的专利翻译系统已经用于 300 余万篇中国专利文献全文的翻译，用户评价正确率达到 70%-85%；机器翻译引擎已经转让给一些著名国际企业，产生了很好的经济效益。



— 集中力量办大事 —

获奖成果

ICTCLAS 汉语词法分析系统

该成果荣获 2010 年钱伟长中文信息处理科学技术奖一等奖。成果完成人：刘群，张华平，程学旗。

ICTCLAS 项目属于中文信息处理的基础性工作 - 汉语词法分析，其主要功能包括汉语词语切分、未定义词识别和词性标注。

汉语词法分析长期以来一直是困扰中文信息处理领域的一个基础性问题。我们于 2002-2003 年间提出了一种基于层次隐马模型的方法，旨在将汉语分词、切分排歧、未登录词识别、词性标注等浅层语言分析任务融合到一个相对统一的理论模型中。基于该方法开发的中科院计算所汉语词法分析系统 ICTCLAS，取得了很好的分词和标注效果。ICTCLAS 在 973 专家组机器翻译第二阶段的评测和 2003 年 5 月

SIGHAN 举办的第一届汉语分词大赛中，取得了不俗的成绩。ICTCLAS 相关工作被学术论文引用达到 700 多次，ICTCLAS 是目前最好的汉语词法分析系统之一，也是目前世界上应用最广泛的汉语词法分析系统。

应用推广情况：从 2001 年开始，我们通过 ICTCLAS 官方网站、中科院计算所网站、中文自然语言开放平台等多种形式发布 ICTCLAS 开源版本，从目前可观测的数据发现：ICTCLAS 的用户量已经超过 20 万人次，广泛地分布在中国、日本、新加坡、韩国、美国以及其他国家和地区。搜索“ICTCLAS”，讨论并推介 ICTCLAS 的网页接近 10 万个；ICTCLAS 爱好者自发形成的讨论社区与二次开发的社区数十个，广大爱好者分别基



于 ICTCLAS 改写为 C# 版本, Java 版本; ICTCLAS 自问世以来, 受到了广泛的欢迎和关注, 在《科学时报》、新浪网、人民日报海外版、

中新网、新华网、人民网均有报道。ICTCLAS 已经成为中文信息处理领域的最有影响的工作之一。



— 改革 创新 和谐 奋进 —

获奖成果

一种 RISC 处理器及其寄存器 标志位处理方法

龙芯处理器发明专利“一种 RISC 处理器及其寄存器标志位处理方法”获第十二届中国专利金奖提名。专利发明人：李国杰、胡伟武、李晓钰。

本发明专利主要解决的是如何高效实现 X86 程序在龙芯等 RISC 平台上的运行，通过

修改传统处理器逻辑，在 MIPS 指令集的 RISC 处理器上对 X86 指令集的 CISC 处理器的标志寄存器（EFLAGS）的 6 比特（bit）标志位做必要的硬件支持，扩大虚拟机的优化空间，并通过软硬件配合，实现在龙芯 MIPS 平台上高效翻译运行 X86 程序，达到提高虚拟机性能的





目的。

本发明专利已在 2009 年流片成功的龙芯 3A 四核 CPU 中得到应用，并将在龙芯 2 号、3 号系列 CPU 的后续各种芯片型号的研发中得到持续的应用。

为了对龙芯系列处理器技术进行有效的保护，先后在国内申请了与本发明专利相关的 60 多件发明专利，其中有 44 件已获得国内授权，这些专利为龙芯在国内商用化提供有效的保护。

这 60 件专利申请中，本发明专利及与其最相关的 4 件专利也进行了国际 PCT 申请，均已完成国际阶段，现已进入美国、加拿大、日本、韩国、欧洲这几个国家 / 地区的国家阶段。随着龙芯 3 号在国内高性能机、服务器、网络存储三方面的初步实现和应用，龙芯系列 CPU 也有望在其它国家得到应用，这些专利对维护我国处理器产业的技术利益具有重要的依据，为龙芯的国际商用化提供了有效的保护屏障。

—— 创新、求实、
团结、高效 ——

鉴定 / 验收的代表性成果

延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构与新方法研究

“延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构与新方法研究”（项目编号为 2005CB321600）是李国杰院士为首席科学家承担的国家重点基础研究发展计划项目（973 项目），2010 年 11 月通过了科技部验收，验收结果为优秀。该项目取得了一些重要的科研成果。

学术研究方面，本项目提出了新原理——并行系统全局时钟原理、自测试自诊断自修复（3S）原理，新结构——包括多层次可扩展可配置的多核结构、片上众核结构和 3X 测试压缩结构等，新方法——包括多核 / 众核编程模型和编译框架、众核体系结构并行模拟和 FPGA 复用验证、全系统全流程的低功耗设计方法、协同优化测试功耗和测试数据量的低功耗测试方法、精确串扰源时延测试故障模型与定时分析及测试生成等，并研制出万亿次原型芯片 TGAP（8 核龙芯 3B）、16 核可扩展性验证芯片 Godson-T。本项目研究成果在国际上处于领先水平，在国际学术界和产业界

产生了重要影响，对我国高端 CPU 发展具有战略意义。

研究基地建设方面，项目首席科学家李国杰院士是中科院计算机系统结构重点实验室的学术委员会主任。首席科学家助理胡伟武研究员、项目课题 4 负责人李晓维研究员、项目骨干冯晓兵研究员为重点实验室的副主任，项目多位骨干如李华伟研究员、范东睿副研究员、胡瑜副研究员等是重点实验室成员。本项目的执行有效促进了重点实验室的学术水平提升和人才培养工作，促进了重点实验室的发展。目前，中科院计算机系统结构重点实验室的学术水平在国内处于领先地位，向科技部申请成立国家重点实验室已经获批筹建。

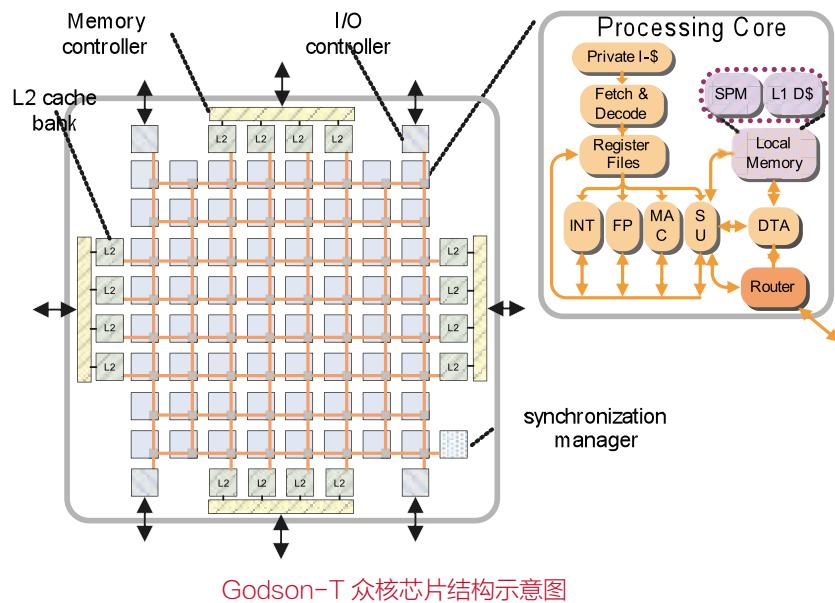
人才培养方面，本项目共培养博士后 2 名，博士 70 名、硕士 64 名。项目实施过程中培养了一批优秀青年人才，包括百人计划入选者 1 人、新世纪国家百千万人才工程入选 1 人、中国青年

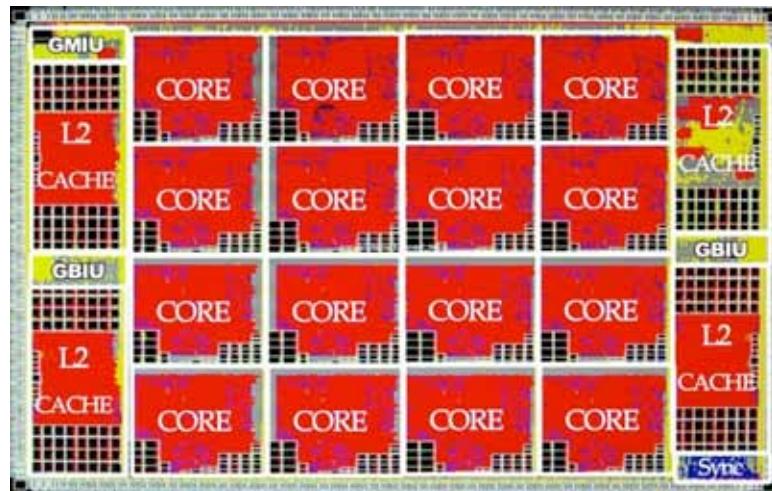
科技奖获得者 1 人、全国优秀博士学位论文提名奖 1 人、中国科学院院长奖特别奖 1 人、中科院院长优秀奖学金 1 人、中国科学院刘永龄奖学金优秀奖 1 人、中国计算机学会优秀博士学位论文奖 2 人、北京市科技新星计划 A 类 1 人、中科院卢嘉锡青年人才奖 1 人。

成果方面，本项目形成了延长摩尔定律的微处理器芯片设计的新原理、新结构、新方法，获得授权发明专利 43 件，受理专利 65 件，其中一些专利已授权给龙芯公司使用，吸引了 2 亿元创业投资，一项专利获国家专利金奖提名。发表了 324 篇学术论文(SCI 收录 49 篇, EI 收录 241 篇)，其中部分文章发表在领域顶级国际会议如 ISCA (ACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture)、Micro (International Symposium on Microarchitecture)、HPCA (IEEE International Symposium on High-

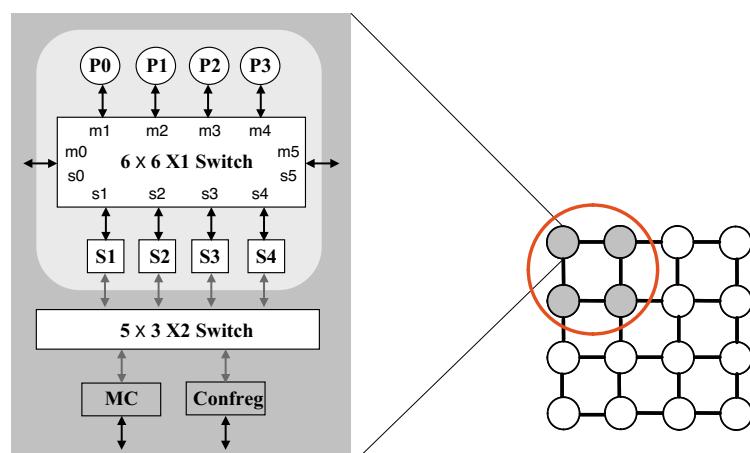
Performance Computer Architecture)、PLDI (ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation)、ISSCC (International Solid-State Circuits Conference) 和国际期刊如 IEEE Micro、TAO (ACM Transactions on Architecture and Code Optimization)、IEEE Trans. On VLSI 等上，本课题的论文覆盖了本领域所有顶级会议，部分科研人员还应邀在 ISCA ' 08 上做特邀报告；部分成果被国际同行引用，在国际上产生了重要的影响。本项目研究成果将在满足国家战略需求上发挥重要作用，并对相关领域的研究起到推动作用。

本项目围绕核心科学问题开展研究，达到预期目标，完成原定计划研究内容，项目验收答辩委员会对本项目的研究过程和成果给予了高度评价。

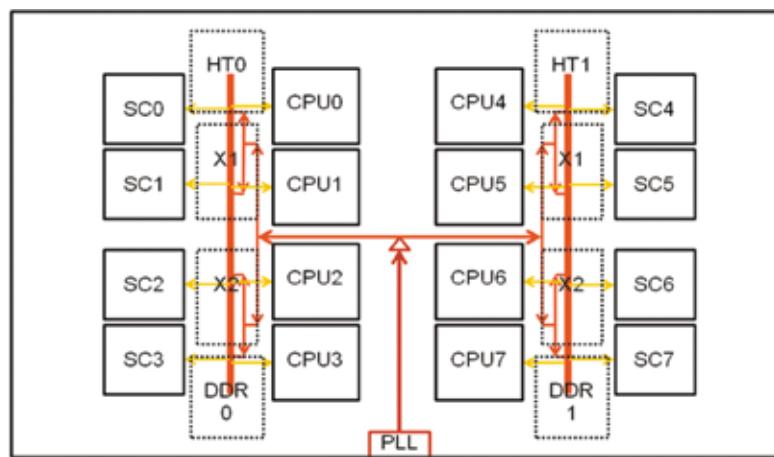




Godson-T 原型芯片物理版图



万亿次原型芯片 TGAP 的结构示意图



TGAP 的全局时钟网络拓扑结构图

科研成果与主要进展



鉴定 / 验收的代表性成果

网络计算环境综合试验平台

本成果是国家自然科学基金重大研究计划“以网络为基础的科学活动环境研究”的重大项目取得的研究成果，计算所李国杰院士为项目负责人，合作单位有华中科技大学、北京大学、清华大学、西安交通大学/上海超级计算中心，2010年8月19日通过国家基金委验收。

网络环境综合试验平台项目面向使用网络资源的科研工作者，为其提供全生命周期的eScience活动支持，包括数据收集、试验设计实施、数据分析、科学家协作与成果评价。本项目的直接研究成果为中国科学网格，China Science Grid (CSGrid)。

CSGrid 特色如下：

- 跨异构网格平台。科学家可以跨地域、跨组织进行协作，共同开展科学试验活动而不必关心跨管理域的资源共享和数据交换。

- 跨越网络和桌面的工作平台。科学家可以像组织和使用本地可视化资源一样看到和利用网络环境资源。提供资源虚拟化机制，将位于网络上遵循不同标准的网格服务、基于图形用户界

面的 Windows/X-Windows 应用、支持 COM/OLE 规范的应用，以及 HTML 页面、命令行程序等，转化为标准的 CSGrid 可重用网格构件，使网络科研活动平台从网络一直延伸到桌面。

- 易管理。科学家可以方便地使用网络计算环境，不必关心资源的状态、位置和生命周期等管理问题。CSGrid 提供各种网络资源监控、查询、部署、维护机制，还提供可调节的管理策略，使得大部分管理工作可以自动并且灵活地进行。

- 面向终端用户。科学家可以以本领域的“行话”定义任务和表达需求。本项目为科研活动提供面向领域，用户可定制、可修改的探索式渐进问题求解环境。

- 安全可靠。让科学家在安全可靠的网络计算环境中进行试验，不必担心因为故障而中断，被恶意用户的行为所破坏。本项目根据用户行为建立网络信任服务模型，防止恶意用户的欺诈行为。本项目还提供故障监控和修复机制，保证科学试验的顺利执行。

本项目的重要产出是跨越中国国家网格、中

国教育科研网格、TeraGrid、Crown、GPE 等多种异构平台的CSGrid，见下图。中国科学网格连接了位于中国国家网格的 10TFlops/95TB 计算资源和存储资源，和教育科研网格，以及 Crown 网格的部分资源。各承担单位共提供了 3TFlops 计算能力和 30TB 存储空间。此外，中国科学网格还被授权使用 TeraGrid 和 EGEE 的部分计算节点。建立了生物信息学、天文、教育、医疗、制造等 7 个典型示范应用。平台的受益者包括高校学生、科研工作者、科普爱好者、环保志愿者、工业企业、医疗机构，其领域跨越信息、生物、天文、制造、医学。

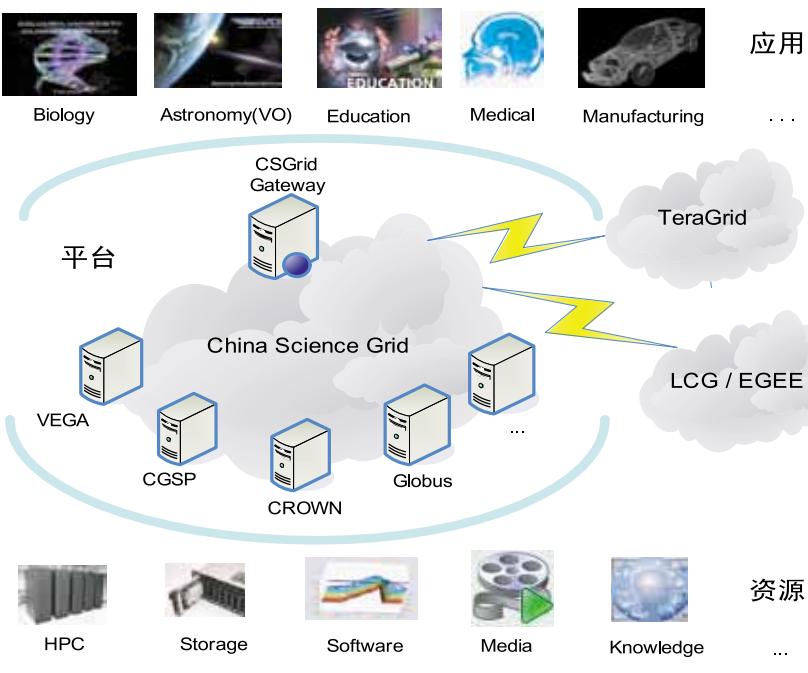
CSGrid 成功地实现了中国教育科研网格和中国国家网格之间的信息服务、作业管理和数据互

操作性，同时还实现了与德国国家网格 GPE 的互操作性。

本项目共发表论文 284 篇，国际期刊论文 29 篇，国际会议论文 176 篇，其中包括一批较有影响的国际刊物和会议，如 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on Computers, IEICE Transactions on Information and Systems, VLDB, ICDCS, ICPP, IPDPS, HPDC , CCGRID, GRID, CLUSTER 等。

本项目出版学术专著 7 部，获 27 项国家专利授权，93 项软件著作登记。

本项目共举办 19 次国际学术会议，邀请多人次海内外知名学者来华讲学交流。



CSGrid 平台整体示意图



鉴定 / 验收的代表性成果

无线传感网节点嵌入式芯片

在国家863计划目标导向课题“无线传感网节点嵌入式芯片设计”（课题编号为2007AA01Z2A9）的资助下，计算所成功开发了新一代的无线传感器网络节点芯片（EasiSOC）并投入实际应用。该芯片从系统架构设计出发，采用片上系统的设计方法，合理评估软硬件功能划分，加入专用的硬件计算模块、组网协议模块，提高了节点的计算能力和效率，并配合能量控制模块以及相应的软件控制策略来降低节点的功耗，同时具有自动增益控制的低功耗低误码率的数字基带，实现较好的无线通信组网功能。课题于2010年5月通过验收，并被评为优秀。该成果具有以下特点：

- 具有通用处理器和专用协处理器、硬件功能模块之间协同工作的体系结构及软硬件任务分配和协同工作机制，可以充分发挥软件的灵活性和专用硬件处理的高效性，增强节点的信号采集、

信号处理以及信号发送能力，并且提高节点计算效率。

- 具有程序下载及保密模块，能完成程序单向下载及不可逆校验，使得程序下载之后对芯片外部保密，增强节点的保密性及安全性，增加整个系统的抗破坏性及稳定性。

- 具有功耗管理模块，能支持“休眠-事件唤醒”工作机制，为节点提供了三种休眠模式，配合不同的能耗管理策略，可以有效地降低系统的动态功耗。

- 具有一种低功耗、高性能、低误码率的数字基带，能自适应调节门限进行自动增益控制和信号相位判决，在降低误码率的同时有效地减少了接收机的功耗，提升了无线通信性能。

- 具有可配置的网络协议模块。能完成常用的B-MAC协议，并可软件配置前导长度及休眠等级，在提升性能、简化结构的同时兼顾到协议

配置的灵活性。

EasiSOC 是具有自主知识产权的无线传感网核心芯片，可为我国无线传感网提供符合要求的核心芯片产品，实现在国内无线传感网中的实际应用，使国内无线传感网产业更加健康、有序地发展。同时也为建立国家标准体系，加强国家无线通信信息安全做出贡献。

项目的开发成功，极大地提高了中国无线传感网关键核心芯片的研究开发技术水平，推动本

学科与相关学科的向前发展，为无线传感网应用提供保障，减少或避免核心芯片及相关产品进口量，提高我国在该领域的影响力。

项目开发过程中积累的丰富技术成果和经验还可以为其他同行业的后续开发工作提供芯片级的技术支持，有助于芯片模块及相关设备的国产化，从而推进我国无线传感网络建设进程并带动整个产业链的发展。



图（上）从左到右分别是芯片设计版图、SIP 封装后的芯片实物图以及基于该芯片的传感网节点平台

（下）从左到右分别是室内环境监测系统、智能交通监测系统以及生态环境监测验证场景



鉴定 / 验收的代表性成果

一体化安全管理技术与系统

本成果为国家 863 计划目标导向课题“一体化安全管理技术与系统”取得的成果，课题执行时间为 2007 年 7 月至 2009 年 12 月，2010 年 5 月通过科技部验收。

根据总体目标要求，本课题已成功完成 POS 10G 专用网络处理加速卡的设计和实现、整体硬件软件系统的开发、硬件兼容性开发以及系统测试等工作，具备对 IP、TCP/UDP、应用层等多层协议的分析与处理能力，对于各种应用能够做到细粒度的访问控制，最小粒度可达 1Kbps；软件层面的入侵防御和防病毒功能已经实现，能够对主要的入侵和病毒进行检测和防御，目前检测率可以超过 90%；VPN 可以实现 L2TP、SSL、IPSec 等隧道形式，基于国家商用密码算法的加密研发工作已经完成，正在北京市密码管理办公室进行测试，申请相关资质和证书；反垃

圾邮件、内容过滤、流量监控等软件功能已经完成，能够解决绝大部分实际需求；安全策略统一部署已经实现，可以实现事件库或特征库的统一控制和升级、防护列表策略的统一下发，能够对集中管理体系中的设备进行版本统一升级。

各个安全功能之间能够在安全防护表下实现统一配置和部署，安全防护效果大大提高；在启用全部安全能力后，系统整体性能下降不超过 30%，最高实现了小包 4G 的 UTM 性能。

课题的研究成果形成了具有自主知识产权的填补国内空白的天清汉马 USG 一体化安全网系列产品。课题成果通过了公安部、国家保密局、中国信息安全测评中心等权威机构的资质认定。

本课题成果不仅在 2008 年北京奥运会期间应用到了北京奥组委以及青岛奥帆委的相关

网络中，经受住了国际大型赛事的检验，还在政府、金融、电信等各大行业进行了推广和应用，

并已选取了上海黄浦区信息化委员会以及天津电力两个单位进行试用部署，试用效果良好。



10G 网卡

—— 一流人才、一流管理、
一流成果、一流效益 ——



鉴定 / 验收的代表性成果

2010 年上海世博会人流疏导应急预案模拟关键技术研究与服务应用

世博会试运行前，园区运行指挥最为关心的是大规模客流的安全问题，包括全园客流的容纳情况和紧急情况下的疏散方案。计算所承担了“世博科技”专项课题“2010 年上海世博会人流疏导应急预案模拟关键技术研究与服务应用”(2009BAK43B38)，课题执行时间为 2009 年 7 月至 2010 年 4 月，希望通过在虚拟环境中合成并仿真大规模客流及其运动行为，为园区运行决策提供科学的参考信息。

课题组 2008 年已经在 PC 上实现了 5 万规模人群的运动模拟，完成了我国首个自主知识产权的支持大型公共设施安全问题研究的虚拟现实系统。为确保世博园区的安全、有序运行，课题组攻克大量关键技术，研制成功了能够支持百万级大规模客流运动模拟的虚拟现实系统平台 (Par-Guarder)。系统结合运用虚拟现

实技术与高性能计算技术，支持规模达 100 万的人群运动模拟计算，可以模拟仿真世博园 3.28 平方公里范围内人群运动的过程。而且，能够支持高密度群体行为模拟，每个个体游览或疏散行为具有个性化，能够逼真地表现游览或疏散的人群运动。

研究成果在世博园 30 万 -100 万客流压力模拟和 C 区核心区域人流疏导模拟中，进行了实际应用。

首先，利用 Par-Guarder 系统对园区高峰期客流进行了两次模拟，主要模拟分析了园区不同规模下客流压力负荷情况。在第一次模拟中，对世博园围栏区游客总数在 30 万、40 万、50 万、60 万和 70 万等情况的园区客流情况进行了仿真；在世博会试运行前，根据园区运行指挥中心反馈的信息，课题组校正模拟参数后

进行了第二次客流压力模拟，并根据世博局的要求，将最大模拟游客总数提高到100万。在对模拟结果进行综合分析基础上，课题组向世博局提交了两份详细报告。报告中给出了人群密度的动态变化趋势、游客拥堵点的总面积和分布情况等研究结论。研究结果为高峰期客流管理措施的制定、游客安全的保障，提供了科学可靠的决策依据。

其次，课题组利用Par-Guarder系统对园区客流疏散情况进行了模拟，特别针对位于浦东片区的游客密度较高的C区核心区域等世博局关心的热点地区，该区域集中了德国馆、英国馆、法国馆、西班牙馆等热门展馆。在对模拟结果进行综合分析基础上，课题组向世博局提交了详细报告。报告中给出了疏散所需的时间，疏散过程中客流压力较大的道路区域，总



课题研究所获得的荣誉



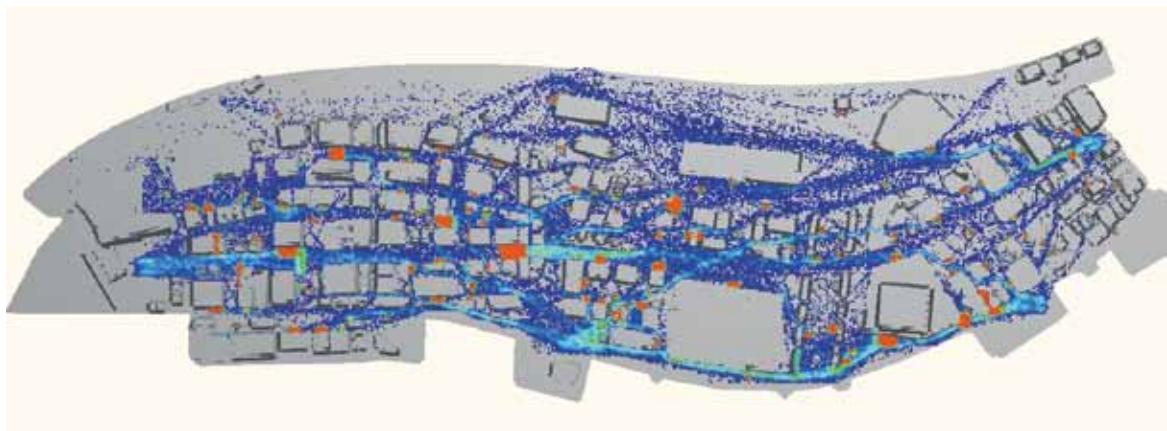
上海世博园区高峰客流模拟结果



结了存在的问题并提出了改进建议。

课题成果为世博会运营总体目标“安全、便捷、和谐”的实现起到了积极的作用，得到了世博局园区运行指挥中心的高度认可，产生了

良好的社会效益。2011年1月通过验收。课题组获得国家科技部等11部委联合颁发的“世博科技先进集体”和“世博科技先进个人”荣誉称号。



客流密度分布统计图

——创新人才、
创新文化、
创新环境——

科研基地进展

中科院计算机系统结构重点实验室年度进展

中科院计算机系统结构重点实验室于 2006 年 11 月批准成立，致力于研究高性能处理器和高性能计算机系统研制过程中不断出现的基础科学问题和关键科技问题，为龙芯系列高性能处理器和曙光系列高性能计算机系统的成功不断提供创新方法和关键技术，培养优秀人才。2010 年在基础研究和国家重点实验室申请中均取得标志性进展。

项目申请方面：实验室 2010 年度新增 973 项目 1 项——“高通量计算系统的构建原理、支撑技术及云服务应用”(2011CB302500)，李国杰院士任首席科学家，孙凝晖研究员任首席科学家助理，设立 6 个课题，总经费 2700

万元。

平台建设方面：实验室运行经费和 NSFC 创新群体经费择优资助建立了 5 个共享实验平台：[平台 1]众核处理器的在线 3S 软硬件研究平台；[平台 2]系统级功耗和可靠计算研究平台；[平台 3]内存系统监控分析平台；[平台 4]部件级功耗监控系统；[平台 5]基于 Godson-T 的节点内处理器异构的集群系统的实验环境。

项目进展方面：李国杰院士任首席科学家的 973 项目“延长摩尔定律的微处理芯片新原理、新结构与新方法研究”顺利结题，评审为优；李晓维研究员任项目负责人的基金重点项目“数字 VLSI 电路测试技术研究”顺利结题，评审

科
研
基
地
进
展



为优。

论文发表方面：测试团队在 ISCA2010，编译团队在 PLDI2010，体系结构团队（与微处理器中心合作）在 HPCA2010 等顶级学术会议上发表了学术论文。

国重申请方面：2010 年 11 月 17 日，正式提交了《计算机体系结构国家重点实验室建设申请报告》；1 月 24 日下午，科技部基础司组织专家来计算所现场考察 / 座谈；1 月 27 日上午，参加科技部基础司主持的国家重点实验

室建设申请单位集中答辩。

在申请书中拟定五大科研方向：[1] 高端计算机体系结构方向；[2] 微处理器与 VLSI 方向；[3] 编译和操作系统方向；[4] 测试与容错方向；[5] 非传统体系结构方向。拟设立 11 个科研小组。

最新消息：2011 年 4 月 2 日科技部网站公布了“关于组织制定国家重点实验室建设计划的通知”，标志着计算机体系结构国家重点实验室已从“申请”阶段转入“建设”阶段。



科技部领导和专家现场考察

中科院智能信息处理重点实验室 年度进展

中科院智能信息处理重点实验室围绕智能信息处理，从智能信息的获取、表示、理解、展现等几个方面开展研究，形成互为依托的有机整体。研究领域包括数字媒体计算、知识网格、自然语言处理、智能科学、知识科学与大规模知识处理、以及大规模智能化网络信息服务等。2010 年在国家 973 计划、自然科学基金、国家 863 计划以及若干部委项目和企业合作研究项目的支持下，围绕上述领域的若干基础性和应用基础性问题开展研究。

2010 年实验室在多民族语言机器翻译方面与多个单位建立广泛的联系并取得了显著的研究进展，所提出的方法在 ACL 上开办讲座 (Tutorial) 进行了系统的介绍，承办了 IUCS2010 会议。大规模知识处理研究持续了十年，技术成果已经在企业知识管理、企业智能客服等领域获得了应用，与企业界的合作正在全面展开。知识网格方面，持续举办多年的会议 SKG，该会议已经举办了六届，开展了语义

链网络方面的基础研究，应邀在 IFIP 世界计算机大会 AI2010 上作特邀报告。智能科学与机器学习方面，成果应用于电信、感知网等方面，参与组织了 IFIP IIP2010。数字媒体的理解与识别方面，研究成果在多个企业获得应用，同时承办了第 12 届 ACM 多模式交互国际会议 (ICMI 2010)。

2010 年，实验室获得了北京市科学技术进步二等奖一项，钱伟长中文信息处理科学技术奖一等奖一项，中国电子学会电子信息科学技术奖一等奖一项；获得国家自然科学基金项目 10 项，其中牵头重点项目 1 项，参与重点项目 1 项，国家杰出青年科学基金资助一项；获得北京市自然科学基金重点项目 1 项。发表论文 130 多篇，其中包括刊物论文 42 篇， IEEE T PAMI 论文 2 篇， Artificial Intelligence 论文 1 篇， Computational Linguistics 论文 1 篇。在一批重要的国际会议如 AAAI、ACL、ECCV、CVPR、ACM MM 等发表论文多篇。



信息内容安全技术国家工程实验室年度进展

信息内容安全技术国家工程实验室于2008年11月批复成立，主要任务是围绕国家网络信息内容安全的重大需求，以基于网络的信息检测分析与安全管理为重点，开展信息内容安全基础理论和网络信息获取、分析、挖掘、安全对抗等核心技术研究，进行大规模模拟试验和真实环境下的持续验证。项目建设期三年，主要建设内容包括信息内容安全基础理论与关键技术研究，信息内容安全核心关键技术研发试验平台等。

2010年是工程实验室建设的第二年。经过两年的建设，信息内容安全技术国家工程实验室取得了重大进展，各项建设工程进展顺利，投资完成情况良好。截止到2010年年底，所内三个实验平台（网络舆情分析与预警研究验证平台、海量网络音视频信息研究验证平台、互联网模拟和仿真平台）已经完成占总计划67.1%的平台硬件设备购置。另外，位于国家计算机网络与信息安全管理中心的互联网真实网络流实验测试平台已完成占总计划82.7%的设备购置。

工程实验室在建设过程中紧密围绕国家信息安全保障的需要，积极完成国家有关部门委托的科研课题，开展信息内容安全关键技术攻关和重要技

术标准研究制订。2010年，工程实验室牵头申请863计划十二五期间信息安全领域唯一优先启动的项目，项目预期目标是有效推进国家网络特定区域安全管理，提升国家网络信息安全保障水平。工程实验室还参与863重大项目“三网融合演进技术与系统研究”课题3“面向三网融合的统一安全管控网络”的申请，计划开展三网融合条件下统一安全管控的关键技术及标准研究，推动工程实验室在新型网络安全监管的研究水平。在发改委信息安全专项的支持下，工程实验室开展绿色上网系列标准的研制工作，目前已基本完成5项标准的标准草案和标准验证工作。此外，工程实验室还获得发改委信息安全专项项目“专用网络信息系统安全可控性仿真与验证服务”的支持，研究建设专用网络信息系统仿真平台和可控性验证方法，形成安全可控性仿真与验证专业化服务能力，促进专用信息系统安全可控性水平的提升。

工程实验室在学科建设方面也取得了一定成果，2010年共申请专利及软件著作权登记50余项，发表期刊和会议论文150余篇，专著2部。此外，工程实验室承担的项目获奖2项：新疆科技进步一等奖，解放军科技进步一等奖。

国际学术研讨会

2010 年计算所举办了“第四届国际普遍交流学术研讨会”、Hadoop 2010 云计算大会和首届中国计算蛋白质组学研讨会。

国际普遍交流学术研讨会 (International Universal Communication Symposium, 简称 IUCS) 是由日本情报通信研究机构 (National Institute of Information and Communications Technology, 简称 NICT) 发起的国际学术会议，每年举办一次，目的在于加强以“普遍交流”为基本理念的信息通信技术的学术交流和合作，主要涉及语音与语言技术、超临场感交流、感知与人机交互等领域。IUCS 先后于 2007 年、2008 年和 2009 年分别在日本京都、大阪和东京举行了 3 届。IUCS 2010 于 2010 年 10 月 18 日至 19 日在北京中关村皇冠假日酒店召开。这也是该研讨会首次在日本以外地区召开。此次会议由中科院智能信息处理重点实验室自然语言处理研究组承办。自然语言处理组的刘群研究员担任大会主席，日本情报通信研究机构副主任 Kazumasa Enami 博士担任大会副主席。大会共收到来自世界各地的论文投稿 85 篇，录用口头报告 (Oral Presentation) 论文 35 篇 (录取率 41%) 和海



报张贴 (Poster) 论文 22 篇 (录取率 26%)。会议论文集由 IEEE 出版并受 EI 检索。另外，会上还安排了系统展示环节，来自日本情报通信研究机构、中国科学院计算技术研究所、富士通研究开发中心和灵珑中科软件公司等单位的研究人员展示了他们开发的 8 个应用系统。

由中科院计算所主办的“Hadoop 中国 2010 云计算大会 - Hadoop in China 2010”于 9 月 4 日在京落下帷幕。Hadoop 是云计算领域的一项具体技术，一套在数据处理领域广泛使用的软件工具。今年 Hadoop 大会的口号是“交流、理解和实践”，意即发扬开源精神深度交流 Hadoop



技术，理解互联网应用对云计算技术的实际需求，促进以 Hadoop 为代表的云计算技术应用实践。继去年成功举办以来，Hadoop in China 已逐渐成为集技术研讨、交流和成果展示为一体的综合性技术交流平台。今年参会人数超过 600 人，这标志着以 Hadoop in China 大会为窗口的中国 Hadoop 志愿者社区业已形成，而且成为国内推广 Hadoop 技术的重要力量之一。大会邀请了 Yahoo!、Facebook、百度、中国移动研究院、淘宝、EMC、VMware、Intel、IBM、eBay 等国内外著名 IT 企业到会分享交流技术内容。中科院计算所、江南计算所、清华大学、中国人民大学等学术机构的专家到会报告了最新研究进展。大会现场展示了中科院计算所、曙光、EMC 等单位云计算领域的最新成果。中科院计算所常务副所长孙凝晖研究员到会致辞并表示：中科院计算所支持开源。

2010 年 11 月 10 日，中科院计算所前瞻研究实验室生物信息学研究组主办的“首届中国计

算蛋白质组学研讨会”在计算所举行。为了推动计算蛋白质组学在中国的发展，我所生物信息学研究组倡议举办首届中国计算蛋白质组学研讨会。本次研讨会实际注册参会人数 136 人，涵盖我国 14 个省、直辖市、特别行政区，还包括美国和加拿大 4 人；共有 26 个邀请学术报告，全国从事计算蛋白质组学相关研究的主要单位都作了报告，比较全面地反映了我国计算蛋白质组学的研究水平。本次研讨会有三大特点。第一个特点，是“水军”和“陆军”面对面。学术界把生化实验称为“湿实验”，相应地把计算分析称为“干实验”，因此我们把相应的研究人员分别称为“水军”和“陆军”。一般“水军”和“陆军”分别开会，很难见面，造成“水军”有大量数据需要计算分析而找不到“陆军”，“陆军”发明了算法却不知道“水军”是否需要，彼此都很着急。来自加拿大滑铁卢大学的计算蛋白质组学国际知名学者马斌教授特别赞赏本次研讨会为“水军”和“陆军”面对面交流创造了机会。第二个特点，是推出一批新人。计



算蛋白质组学是年轻的科学，其研究队伍也具有年轻的特点。本次研讨会特意邀请各团队派出一线年轻的博士们上台作报告，同时特意邀请一些近期刚刚回国、一直没有机会与国内学术界正式见面的青年海归学者与大家见面，意在积极推动国外先进技术和理念在国内传播，推动国内的学术交流和合作研究走向深入。马斌教授很风趣地引用李宗盛的歌《最近比较烦》里面一句歌词“前方看不到岸，后边还有一班天才追赶”来表述自己参会的心情，这既反映了计算蛋白质组学的前沿特点，又反映了国内人才培养的快速步伐。第三个特点，是报告内容新颖。报告比较多的主题包括糖蛋白质鉴定、蛋白质从头测序、蛋白质翻译后修饰分析、蛋白质组定量分析、蛋白质基因组学分析，这都是当前的研究热点，说明国内计算蛋白质组学发展并不落后。来自华中农业大学、长期坚持在国内做研究的张红雨博士的报告告诉听众，有些生物的化石虽然已经丧失DNA等遗传信息，但是却保留有蛋白质，利用蛋白质序列

及其非常保守的折叠结构可以判定生物进化中的关键时间点。这是本次研讨会很有趣的一个学术报告。本次研讨会最后由复旦大学杨芃原教授作总结发言，他认为本次计算蛋白质组学研讨会是中国蛋白质组学发展史上的一个里程碑。

本次研讨会是计算所前瞻研究实验室生物信息学研究组主办的第一个全国性学术会议。会上，贺思敏研究员致开幕词，赵屹、孙瑞祥、付岩、张法、卜东波代表计算所分别就蛋白质基因组学研究、电子转运碎裂质谱图的鉴定、翻译后修饰分析、冷冻电镜三维重构和蛋白质结构预测作了大会报告。此外，袁作飞、迟浩、刘超在会前的两天培训中为全国各地59人分别介绍了pFind、pNovo、pQuant三大软件的原理及其使用方法。会议期间播放了计算所、曙光5000和曙光6000的专题片，并组织专家参观了“超龙一号”计算机原型。会后调查有96.6%的被调查者认为本次研讨会组织精细、接待周到，100%的被调查者希望每年或者每两年举办一次研讨会。





学位论文

2010 年计算所有 165 人取得硕士学位，其中优秀硕士学位论文 76 篇；有 91 人取得博士学位，其中优秀博士学位论文 51 篇。2002 级博士研究生季向阳完成的题为《可伸缩视频编码研究》的博士学位论文，获 2010 年全国百篇优秀博士学位论文奖提名。2001 级硕博连读生熊瑞勤完成的题为《三维小波可伸缩视频编码技术的研究》的博士学位论文，被评为 2010 年中国科学院优秀博士学位论文。

全国百篇优秀博士学位论文（提名） 简介

季向阳，男，1976 年 9 月出生，2002 年 9 月师从中国科学院计算技术研究所赵德斌教授、高文教授，于 2008 年 7 月获博士学位。

邮箱: xiangyangji@hotmail.com



中文摘要

在基于互联网的新数字媒体环境下，越来越多的视频内容在互联网上进行传递。然而，Internet 由于其自身设计和构造的特点，并不具有服务质量（QoS）的保障，时延和丢包率等也是随时间动态变化的；此外，网络传输视频信

息的内容与形式非常丰富，使用不同设备的不同用户对不同的视频内容也会有不同服务质量的要求。因此，面向互联网的视频服务给流化视频编码技术提出了新的问题。一个基本方法是使编码生成的码流具有高度可伸缩性，能够根据网络条件的变化和接收端的要求随时对码流进行调整。同时，这些可伸缩功能可以很好地提供内容的层式保护、多通道内容的制作与分发、灵活的视频会议、移动商务、视频点播系统、多点的监控系统和端到端的无线传输等。

本文对可伸缩视频编码中时域、空域与质量可伸缩以及它们的组合编码进行了深入的研究，提出了高效、简单、鲁棒的可伸缩编码方法。主要内容包括：

- 在时域可伸缩编码方面，研究了高效的B帧编码技术。提出了两种高效的双向预测模式，即对称预测模式与直接预测模式。这两项技术均已被AVS接受。第一项技术用于替代传统双向预测模式，此模式只需要一个运动矢量被编码，在假设运动近似匀速的条件下，另一个运动矢量可以由它推导出来。这种模式在预测精度与运动矢量信息编码所需比特数之间取得有效的平衡，从而可以获取更好的率失真性能。第二项技术是时域直接模式，它不但解决了AVS标准中B帧与P帧都只有两个参考帧缓冲区限制下如何正确得到参考索引的问题，而且在保持高精度时域直接模式运动矢量的推导中避免了除法运算。

- 提出了一种低复杂度的块级运动矢量精度自适应B帧编码方法，这种方法可以使B帧双向预测块自适应地选择运动矢量精度来降低运动

补偿插值的复杂度。根据运动补偿线性插值的性质，对双向预测块前后向亮度预测信息的运动补偿插值进一步地合并，从而再一次降低基于子像素的双向预测块的运动补偿复杂度。此外，本文还为双向预测块提出了一种简单的色度运动补偿插值方法。实验结果表明，这种方法可以在与现有方法保持相当编码效率情况下，极大地降低B帧解码复杂度，甚至比P帧有更低的运动补偿复杂度。

- 在质量可伸缩视频编码方面，提出了一种对多个质量增强层进行不同漏预测的质量精细可伸缩视频编码方法。首先假设基本层码流和部分增强层码流可用情况下，对基于两个漏因子的漏预测方法给出了误差传递理论分析。基于这种分析，提出了如何有效地产生用于增强层预测的信息。通过选择合适的漏因子，可以有效地将增强层的信息引入预测环内，从而使得这种方法在达到高效编码的同时又能有效地抑制漂移误差。进一步，为了降低解码复杂度，提出了变换域系数缩放方法来解决部分增强层的多次重构问题。另外，提出了一种编码优化方法来改善多FGS层编码的漂移误差问题。实验结果表明，与现有的质量精细可伸缩视频编码方法相比，所提出的方法可以有效地抑制漂移误差，因此极大地提高了编码效率。

- 提出了应用于低延时传输的基于小波与漏预测的空域-质量组合的可伸缩视频编码。现有的基于分层编码的方法支持空域-质量组合的可伸缩视频编码，但通常不能有效地去除不同空域分辨率层间的冗余，这往往使得高分辨率层的编



码效率不够理想。在所提出的方法中，通过小波变换来实现空域分辨率可伸缩以保证消耗在低分辨率图像上的比特能够全部为高分辨率层使用。通过空-频域运动补偿相结合的漏预测方法来实现对编码效率与漂移误差的控制。另外，根据不同误差传递率的应用需求，给出了最优漏因子选择的理论指导。

5. 提出了一种基本层嵌入 H.264/AVC 编码的三维小波全方位可伸缩视频编码方案。三维小波视频编码通过开环运动补偿机制来实现其视频流的高度可伸缩性，因此往往很难在特定码率点达到最优的率失真性能，尤其是在低码率点，由于过多的比特数花费在运动信息编码上，不能产生令人满意的视频质量。一种有效的方法是对最低分辨率的基本层利用 H.264/AVC 编码来有效提高低码率点视频的质量。一方面，采用优化的基本层编码结构，增强层可以充分利用基本层的重构信息；另一方面，通过在时域小波变换中引入一种帧内模式编码，可以有效抑制“t+2D”方案中低分辨率视频解码的运动非对齐空域混叠效应。

6. 提出了一种用于 H.264/AVC SVC 中分级 B 帧编码时整帧丢失的错误隐藏算法。作为 H.264/AVC 可伸缩部分的扩展，可伸缩编码（H.264/AVC SVC）为生成的码流提供了灵活的时域、空域和质量的可伸缩性。但是，在不可靠网络中传输时，如果出现信息包丢失，即使是可伸缩的视频码流，解码后的质量仍然会很差。在我们提出的算法中，通过利用相邻视频图像的时域运动关系，可以简单有效地推导丢失帧的运动信息，从而可以在正确接收的前向和后向参考图像上进行运动补偿来恢复丢失帧。实验结果表明，当发生信息包丢失时，与 H.264/AVC SVC 中使用的错误隐藏算法相比，本文提出的错误隐藏算法可以明显地提高解码视频的主、客观质量。该算法也可以应用于带可分级 B 帧编码的 H.264/AVC 码流的错误隐藏，同时也可扩展到三维小波编码中时域高频子带的错误隐藏。

关键词：视频编码；可伸缩编码；中国音视频编码标准（AVS）；B 帧预测；错误隐藏

— 自主创新、科技强国 —

中国科学院优秀博士学位论文简介



论文题目：三维小波可伸缩视频编码技术的研究

作者简介：熊瑞勤，男，1981年9月出生，2001年9月师从于中国科学院计算技术研究所博士生导师张亚勤教授，于2007年7月获博士学位。

邮箱：rqxiong@gmail.com

中文摘要

视频由图像序列构成，能记录和呈现动态视觉场景。随着电子与网络通讯技术的飞速发展，视频在生活中的应用越来越普及。视频信号通常数据量巨大，不便于直接存储和传输。作为多媒体的核心技术之一，视频编码研究如何利用视频像素之间的相似性来达到减小数据量的目的。在互联网这种复杂异构网络环境下，网络视频应用面临着不同用户间的传输带宽差异、带宽的动态波动等问题。另外，不同的用户设备可能具有不同的处理能力、内存空间，以及不同的显示分辨率。这要求视频编码方法和传输的视频流具有一定的

灵活性和可伸缩性。因此，可伸缩编码成为近年来视频编码的研究热点。由于小波分析具有出色的多分辨率特性，基于小波的编码更是成为可伸缩编码的研究热点问题。

本论文针对可伸缩视频编码的挑战，在三维小波可伸缩视频编码的几个核心问题：运动补偿时域滤波、可伸缩运动场生成与表示、空域可伸缩编码框架、空域可伸缩码率分配等问题上开展了研究，分别提出了新的理论或方法，获得了编码性能上的显著提高。本论文的主要内容包括：

[1] 运动补偿时域滤波的提升型 (Lifting) 模型

视频编码最重要的一个环节就是利用帧间相关性来达到压缩的目的。不同于传统编码方法的“重构 + 预测”环结构，三维子带视频编码采

学
位
论
文



用时域滤波(Temporal Filtering)，而如何沿精确运动方向进行时域滤波是很关键的问题。本论文为运动补偿时域滤波(Motion Compensated Temporal Filtering)提出一种Barbell提升型模型。该Barbell提升型模型可以描述相邻帧之间由于复杂运动而产生的像素多对多映射，从根本上解决了传统的方案只支持整像素一对一映射的问题。Barbell提升型从理论上自然地建立了预测步中的子像素插值和更新步中的子像素插值之间的逻辑关系。基于Barbell提升型，在时域滤波的预测步和提升步可以采用更灵活的预测函数，为运动补偿时域滤波性能的提升提供了框架基础。

[2] 高效运动补偿时域滤波技术

以Barbell提升型为基础，为时域滤波的预测步和提升步提出了几种更高效的技术。首先在预测步采用自适应的运动场分块大小和基于子像素插值滤波器系数的Barbell加权函数。这使得时域滤波中的运动补偿准确度大大提高。其次，针对空域子带变换比块DCT变换对运动补偿块边界的跳变更敏感这一特性，进一步提出了使用重叠块运动补偿的时域滤波技术。这项技术可以大大降低三维子带分解结果中的空域高频信号，从而提高编码性能。第三，考虑到相邻帧的不同空域子带具有不同的相关强度，不同空域子带的时域滤波效用不同，所以提出一种空域子带自适应的时域滤波技术。这几项技术累计可以提高预测步的性能达1.3~3.5dB，可以提高三维子带视频编码的整体效率达1.5dB。

[3] 运动矢量场的可伸缩生成与可伸缩表示

三维子带系数的位面编码较好地支持了质量

可伸缩性。然而，仅对子带系数进行可伸缩编码，而时域滤波中仍然采用传统视频编码中的单一固定的运动矢量场，无法在较宽的码率范围内都获得最优性能。为了达到最佳的率失真性能，在不同的码率点需要不同精度的运动场。针对这一问题，提出了一种运动场的可伸缩生成和可伸缩表示方法。该方法产生一个渐进式细化的运动场描述，从运动场表示单位的块大小和运动场矢量的表示精度单位两个方向逐渐细化该运动场，可以提供一种细粒度的可伸缩运动场表示。该运动场的生成由一个递减的拉格朗日参数控制。同时，还研究了可伸缩纹理码流和可伸缩运动场码流之间的码率分配优化问题。该技术使得可支持的最低码率大大降低，并且低码率下可伸缩编码的性能提高了3~6dB。

[4] 空域可伸缩编码框架

空域(分辨率)可伸缩是一种具有重要意义的性质，然而分辨率可伸缩视频编码在高效地利用或者消除视频多个分辨率之间的冗余性方面存在一些技术难点。本论文针对其中的几个关键问题进行了研究。具体包括：

首先，研究了基于空域MCTF子带分解结构的编码方法在支持分辨率可伸缩性中存在的问题，分析了在空域和子带域分别进行时域滤波重构的差异，提出了一种消除编解码端时域滤波不匹配的方法。该方法可提高低分辨率视频的重构质量达1.3dB。

其次，研究了基于空域MCTF子带分解结构的编码方法在支持分辨率可伸缩性下的最优码率分配问题。此工作提出了由子带变换的平移可

变性导致的运动补偿时域滤波中的子带耦合问题，并且对子带耦合的强度进行了量化的理论分析，推导出运动补偿时域滤波过程中信号在子带间传递的量化模型，并应用该模型指导分辨率可伸缩下的最优码率分配问题。该工作可大幅提高低分辨率视频在高码率下的重构质量，并且明显改善视觉质量。

第三，为更好地支持多分辨率，提出了一种多分辨率运动补偿时域滤波框架，并研究了该框架下利用分辨率层间冗余的有效方法。具体地，提出了一种尺度内时域滤波技术 (In-Scale MCTF)，该技术利用当前分辨率下所有子带联合进行时域滤波，既避免了跨分辨率的子带耦合，又充分利用了尺度内允许的子带耦合，从而得到比带内运动补偿时域滤波 (In-band MCTF) 更好的效果，提高了分辨率可伸缩视频编码的性能。

[5] 适用 H.264/MPEG-4 SVC 的高效尺度内预测 (In-Scale Prediction) 技术

把子带视频编码中的 In-Scale 运动补偿时域滤波技术扩展到 H.264/MPEG-4 SVC 编码框架中，来提高 H.264/MPEG-4 SVC 的分辨率可伸缩编码的性能。此工作对子带编码中的 In-Scale 运动补偿时域滤波技术主要进行了三方面扩展。第一：从只支持小波滤波器扩展到支持一般的上下采样滤波器。第二，针对 H.264/MPEG-4 SVC 的分层编码结构，将 In-Scale 运动补偿的层间开环反馈扩展为闭环反馈。第三，针对分辨率可伸缩与质量可伸缩混合的应用，提出了更灵活的自适应 In-Scale 预测技术。此技术能同时利用时域相关性和分辨率层相关性。实验结果表明，

此方法优于现有 H.264/MPEG-4 SVC 标准中的方法，可以提高编码效率达 0.5~1dB，尤其是在分辨率切换码率附近可以提高编码质量达 2dB。

[6] 一套处于国际领先水平的可伸缩视频编码方案

设计实现了一套完整的可伸缩视频编码方案。该方案参加了视频编码标准组织 MPEG 发起的可伸缩视频编码标准的方案竞争（见 MPEG 文档 M10569/S05）。来自全球高校、科研机构一共有 21 个符合 CFP(call for proposal) 要求的候选方案参加竞争。第 68 次 MPEG 会议组织了编码性能质量评测，其中包括两个测试场景。场景 1 支持大范围的可伸缩性，包括三个分辨率 (4CIF/CIF/QCIF)、三个帧率 (60/30/15Hz) 伸缩级别。场景 2 支持较小范围的可伸缩性，包括两个分辨率 (CIF/QCIF)、两个帧率 (30/15Hz) 伸缩级别。在质量评测中，该方案取得了综合排名第一（其中测试场景 1 排名第一，测试场景 2 排名第三），并且是所有参选的子带视频编码方案中性能最好的一个，因而此方案被 MPEG 组织采纳为子带视频编码的参考方案（见 MPEG 文档 N6383），对应的软件被 MPEG 采纳为参考软件，对 MPEG 成员公开。此方案被国际上的一些研究者作为研究平台，对应的技术文档 (MPEG M10569/S05、M11975 和 M12339) 被引用 40 多次。

关键词：视频编码，可伸缩编码，空域可伸缩性，质量可伸缩性，子带变换，运动补偿时域滤波，可伸缩运动场，码率分配，层间预测



学术论文

2010 年全所共发表论文 591 篇，其中期刊论文 213 篇，会议论文 378 篇。

第四届中国科学院计算技术研究所优秀论文奖和优秀著作奖共评出优秀论文奖一等奖十篇，优秀论文奖二等奖十八篇；优秀著作奖二等奖一部。获奖作品第一作者名单如下：

优秀论文奖一等奖第一作者名单：

鄢贵海、陈洋、刘洋、诸葛海、李如豹、王鹏、迟浩、陈云霁、唐丹、龙国平

优秀论文奖二等奖第一作者名单：

李佳、徐地、李华伟、庄福振、张史梁、李甲、郭嘉丰、沈华伟、张国强、王楠、张鹏、田霖、陈益强、廖浩均、叶叮、夏添、王文英、苏孟豪

优秀著作奖二等奖第一作者名单：李晓维

第四届中国科学院计算技术研究 所优秀论文奖一等奖论文摘要

1. Guihai Yan, Xiaoyao Liang, Yinhe Han, Xiaowei Li. Leveraging the Core-Level Complementary Effects of PVT Variations to Reduce Timing Emergencies in Multi-Core Processors. In Proc. of ACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture, Saint-Malo, France, pp.485–496, 2010.

第一作者：鄢贵海，yan_guihai@ict.ac.cn



Process, Voltage, and Temperature (PVT) variations can significantly degrade the performance benefits expected from next nanoscale technology. The primary circuit implication of the PVT variations is the resultant timing emergencies. In a multi-core processor running multiple programs, variations create spatial and temporal unbalance across the processing

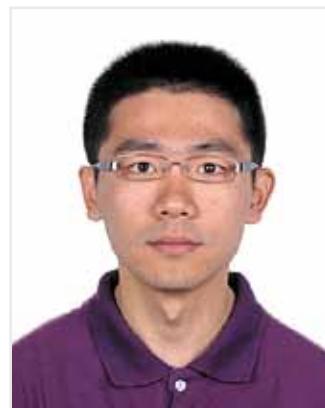
cores. Most prior schemes are dedicated to tolerating PVT variations individually for a single core, but ignore the opportunity of leveraging the complementary effects between variations and the intrinsic variation unbalance among individual cores. We find that the notorious delay impacts from different variations are not necessarily aggregated. Cores with mild

variations can share the violent workload from cores suffering large variations. If operated correctly, variations on different cores can help mitigating each other and result in a variation-mild environment. In this paper, we propose Timing Emergency Aware Thread Migration (TEA-TM), a delay sensor-based scheme to reduce system

timing emergencies under PVT variations. Fourier transform and frequency domain analysis are conducted to provide the insights and the potential of the PVT co-optimization scheme. Experimental results show on average TEA-TM can help save up to 24% throughput loss, at the same time improve the system fairness by 85%.

2. Yang Chen, Yuanjie Huang, Lieven Eeckhout, Grigori Fursin, Liang Peng, Olivier Temam, and Chengyong Wu. Evaluating Iterative Optimization Across 1000 Data Sets. In Proc. of ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation, Toronto, Canada, pp.448–459, 2010.

第一作者：陈洋， chenyang@ict.ac.cn



While iterative optimization has become a popular compiler optimization approach, it is based on a premise which has never been truly evaluated: that it is possible to learn the best compiler optimizations across data sets. Up to now, most iterative optimization studies find the best optimizations through repeated runs on the same data set. Only a handful of studies have attempted to

exercise iterative optimization on a few tens of data sets. In this paper, we truly put iterative compilation to the test for the first time by evaluating its effectiveness across a large number of data sets. We therefore compose KDataSets, a data set suite with 1000 data sets for 32 programs, which we release to the public. We characterize the diversity of KDataSets, and subsequently

use it to evaluate iterative optimization. We demonstrate that it is possible to derive a robust iterative optimization strategy across data sets: for all 32 programs, we find that there exists at least one combination of compiler optimizations that achieves 86% or more of the best possible speedup across all data sets using Intel's ICC (83% for GNU's GCC). This optimal combination is program-specific and yields speedups up

to 1.71 on ICC and 2.23 on GCC over the highest optimization level (-fast and -O3, respectively). This finding makes the task of optimizing programs across data sets much easier than previously anticipated, and it paves the way for the practical and reliable usage of iterative optimization. Finally, we derive pre-shipping and post-shipping optimization strategies for software vendors.

3. Yang Liu, Qun Liu, and Shouxun Lin. Discriminative Word Alignment by Linear Modeling. Computational Linguistics, 36(3): pp.303–339, 2010.

第一作者：刘洋，yliu@ict.ac.cn



Word alignment plays an important role in many NLP tasks as it indicates the correspondence between words in a parallel text. Although widely used to align large bilingual corpora, generative models are hard to extend to incorporate arbitrary useful linguistic information. This article

presents a discriminative framework for word alignment based on a linear model. Within this framework, all knowledge sources are treated as feature functions, which depend on a source

language sentence, a target language sentence, and the alignment between them.

We describe a number of features that could produce symmetric alignments. Our model is easy to extend and can be optimized with respect to evaluation metrics directly. The model achieves state-of-the-art alignment quality on three word alignment shared

tasks for five language pairs with varying divergence and richness of resources. We further show that our approach improves translation

performance for various statistical machine translation systems.

4. Hai Zhuge. Interactive semantics. *Artificial Intelligence*, 174(2): pp.190–204, 2010.

第一作者：诸葛海，zhuge@ict.ac.cn



Much research pursues machine intelligence through better representation of semantics. What is semantics? People in different areas view semantics from different facets although it accompanies interaction through civilization. Some researchers believe that humans have some innate structure in mind for processing semantics. Then, what the structure is like? Some argue that humans evolve a structure for processing semantics through constant learning. Then, how the

process is like? Humans have invented various symbol systems to represent semantics. Can semantics be accurately represented? Turing machines are good at processing symbols according to algorithms designed by humans, but they are limited in ability to process semantics and to do active interaction. Super computers and highspeed networks do not help solve this issue as they do not have any semantic worldview and cannot reflect themselves. Can future cyber-society have

some semantic images that enable machines and individuals (humans and agents) to reflect themselves and interact with each other with knowing social situation through time? This paper concerns these issues in the context of studying an interactive semantics for the future cyber-society.

It firstly distinguishes social semantics from natural semantics, and then explores the interactive semantics in the category of social semantics. Interactive semantics consists of an interactive system and its semantic image, which co-evolve and influence each

other. The semantic worldview and interactive semantic base are proposed as the semantic basis of interaction. The process of building and explaining semantic image can be based on an

evolving structure incorporating adaptive multi-dimensional classification space and selforganized semantic link network. A semantic lens is proposed to enhance the potential of the structure and help individuals build and retrieve semantic images from different facets, abstraction levels and scales through time.

5. Rubao Lee, Xiaoning Ding, Feng Chen, Qingda Lu, Xiaodong Zhang. MCC-DB: Minimizing Cache Conflicts in Multi-core Processors for Databases. In Proc. of International Conference on Very Large Data Bases ,Lyon, France, 2009.



In a typical commercial multi-core processor, the last level cache (LLC) is shared by two or more cores. Existing studies have shown that the shared LLC is beneficial to concurrent query processes with commonly

shared data sets. However, the shared LLC can also be a performance bottleneck to concurrent queries, each of which has private data structures, such as a hash table for the widely used hash join operator,

causing serious cache conflicts. We show that cache conflicts on multi-core processors can significantly degrade overall database performance. In this paper, we propose a hybrid system method called MCC-DB for accelerating executions of warehouse-style queries, which relies on the DBMS knowledge of data access patterns to minimize LLC conflicts in multicore systems through an enhanced OS facility of cache partitioning. MCC-DB consists of three components: (1) a cache-aware query optimizer carefully selects query plans in order to balance the numbers

of cache-sensitive and cache-insensitive plans; (2) a query execution scheduler makes decisions to run queries with an objective of minimizing LLC conflicts; and (3) an enhanced OS kernel facility partitions the shared LLC according to each query's cache capacity need and locality strength. We have implemented MCC-DB by patching the three components in PostgreSQL and Linux kernel. Our intensive measurements on an Intel multi-core system with warehouse-style queries show that MCC-DB can reduce query execution times by up to 33%.

6. Peng Wang, Dan Meng, Jizhong Han, Jianfeng Zhan, Bibo Tu, Xiaofeng Shi, Le Wang. Transformer: a New Paradigm For Building Data-Parallel Programming Models. IEEE Micro, 30(4), pp.55–64, 2010.

第一作者：王鹏，wangpeng@ncic.ac.cn



Cloud computing drives the design and development of diverse programming models for massive data processing. The transformer programming framework aims to facilitate the building of diverse data-parallel programming

models. Transformer has two layers: a common runtime system and a model-specific system. Using transformer, the authors show how to implement three programming models: dryad-like data flow, mapreduce, and all-pairs.

7. Hao Chi , Ruixiang Sun , Bing Yang , Chunqing Song , Leheng Wang , Chao Liu , Yan Fu , Zuofei Yuan , Haipeng Wang , Simin He and Mengqiu Dong. pNovo: De novo Peptide Sequencing and Identification Using HCD Spectra. Journal of Proteome Research, 9 (5), pp.2713 - 2724, 2010.

第一作者：迟浩；通讯作者：贺思敏，smhe@ict.ac.cn



De novo peptide sequencing has improved remarkably in the past decade as a result of better instruments and computational algorithms. However, de novo sequencing can correctly interpret only 30% of high- and medium-quality spectra generated by collision-induced dissociation (CID), which is much less than database search. This is mainly due to incomplete fragmentation and overlap of different ion series in CID spectra. In this study, we show that higher-energy collisional dissociation (HCD) is of great help to de novo sequencing because it produces high mass accuracy tandem mass spectrometry (MS/MS) spectra without the low-mass cutoff associated with CID in ion trap instruments. Besides, abundant internal and immonium ions in the HCD spectra can

help differentiate similar peptide sequences. Taking advantage of these characteristics, we developed an algorithm called pNovo for efficient de novo sequencing of peptides from HCD spectra. pNovo gave correct identifications to 80% or more of the HCD spectra identified by database search. The number of correct full-length peptides sequenced by pNovo is comparable with that obtained by database search. A distinct advantage of de novo sequencing is that deamidated peptides and peptides with amino acid mutations can be identified efficiently without extra cost in computation. In summary, implementation of the HCD characteristics makes pNovo an excellent tool for de novo peptide sequencing from HCD spectra.

8. Yunji Chen, Weiwu Hu, Tian Chen, and Ruiyang Wu. LReplay: A Pending Period Based Deterministic Replay Scheme. In Proc. of ACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture, Saint-Malo, France, pp.187–197, 2010.

第一作者：陈云霁；通讯作者：胡伟武，hww@ict.ac.cn



Debugging parallel program is a well-known difficult problem. A promising method to facilitate debugging parallel program is using hardware support to achieve deterministic replay. A hardware-assisted deterministic replay scheme should have a small log size, as well as low design cost, to be feasible for adopting by industrial processors. To achieve the goals, we propose a novel and succinct hardware-assisted deterministic replay scheme named LReplay. The key innovation of LReplay is that instead of recording the logical time orders between instructions or instruction blocks as previous investigations, LReplay is built upon recording the

pending period information. According to the experimental results on Godson-3, the overall log size of LReplay is about 0.55B/K-Inst (byte per k-instruction) for sequential consistency, and 0.85B/KInst for Godson-3 consistency. The log size is smaller in an order of magnitude than state-of-art deterministic replay schemes incurring no performance loss. Furthermore, LReplay only consumes about 1.3% area of Godson-3, since it requires only trivial modifications to the existing components of Godson-3. The above features of LReplay demonstrate the potential of integrating hardware-assisted deterministic replay into future industrial processors.

Dan Tang, Yungang Bao, Weiwu Hu, Mingyu Chen.
DMA Cache: Using On-Chip Storage to Architecturally Separate I/O Data from CPU Data for improving I/O Performance. In Proc. of IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture , Bangalore, India, 2010.

第一作者：唐丹；通讯作者：胡伟武， hww@ict.ac.cn



As technology advances both in increasing bandwidth and in reducing latency for I/O buses and devices, moving I/O data in/out memory has become critical. In this paper, we have observed the different characteristics of I/O and CPU memory reference behavior, and found the potential benefits of separating I/O data from CPU data. We propose a DMA cache technique to store I/O data in dedicated on-chip storage and present two DMA cache designs. The first design, Decoupled DMA Cache (DDC), adopts additional on-chip storage as the DMA cache to buffer I/O data. The second design, Partition-Based DMA Cache (PBDC), does not

require additional on-chip storage, but can dynamically use some ways of the processor's last level cache (LLC) as the DMA cache.

We have implemented and evaluated the two DMA cache designs by using an FPGA-based emulation platform and the memory reference traces of real-world

applications. Experimental results show that, compared with the existing snooping-cache scheme, DDC can reduce memory access latency (in bus cycles) by 34.8%

on average (up to 58.4%), while PBDC can achieve about 80% of DDC's performance improvements despite no additional on-chip storage.

Guoping Long, Diana Franklin, Susmit Biswas, Pablo Ortiz, Jason Oberg, Dongrui Fan, Frederic T. Chong. Minimal Multi-Threading: Finding and Removing Redundant Instructions in Multi-Threaded Processors. In Proc. of International Symposium on Microarchitecture, Atlanta, USA, 2010.

第一作者：龙国平；通讯作者：范东睿，fandr@ict.ac.cn



Parallelism is the key to continued performance scaling in modern microprocessors. Yet we observe that this parallelism can often contain a surprising amount of instruction redundancy. We propose to exploit this redundancy to improve performance and decrease energy consumption.

We propose a multi-threading micro-architecture, Minimal Multi-Threading (MMT), that leverages register renaming and the instruction window to combine the fetch and execution of identical instructions between threads in SPMD applications. While many techniques exploit intra-thread similarities by detecting when a later instruction may use an earlier result, MMT exploits inter-thread similarities by,

whenever possible, fetching instructions from different threads together and only splitting them if the computation is unique. With two threads, our design achieves a speedup of 1.15 (geometric mean) over a twothread traditional SMT with a trace cache. With four threads, our design achieves a speedup of 1.25 (geometric mean) over a traditional SMT processor with four-threads and a trace cache. These correspond to speedups of 1.5 and 1.84 over a traditional out-of-order processor. Moreover, our performance increases in most applications with no power increase because the increase in overhead is countered with a decrease in cache accesses, leading to a decrease in energy consumption for all applications.



中国科学院计算技术研究所
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

地址：北京海淀区中关村
科学院南路 6 号
邮编：100190
电话：(010) 62601116
传真：(010) 62567724
<http://www.ict.ac.cn>