



2016.08



北京大学高能效计算与应用中心

✦ 中心简介

北京大学高效计算与应用中心 (Center for Energy-Efficient Computing and Applications, CECA, 以下简称“中心”) 成立于 2010 年底, 是北京大学在“985 工程”中建设的开展国际先进水平高效计算与应用研究的科研机构。该中心既是北京大学计算机系统结构学科的重要组成部分, 又是一个交叉研究机构。

中心为北京大学信息科学技术学院下辖的一个实体单位, 实行主任负责制。中心实行特殊机制, 在教师聘用和管理上具有相当大的灵活性, 为杰出教师提供有竞争力的待遇和启动经费, 有效推动科研力量的发展, 建立具有世界先进水平的研究环境, 以吸引国际高水平人才。

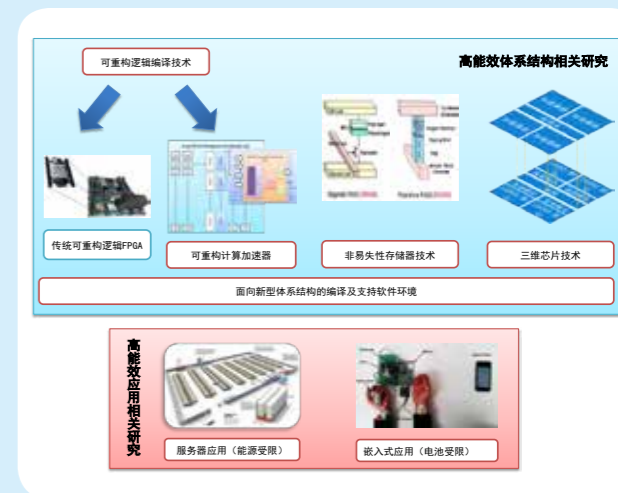
中心的总体建设目标是: 建立起具有真正国际一流水平的团队, 开展世界领先水平的针对高效计算体系结构与应用方向的前沿研究, 通过五到十年的建设, 成为国际上重要的先进研究机构, 具备突出的国际、国内影响力, 为国家重大决策提供理论依据并承接关键任务, 在工业界产生较强影响并起到示范、带动作用, 培养高水平人才 (包括硕士生、博士生、博士后), 使他们有潜力到国内外优秀大学任教。

中心的研究方向为高效计算、通信以及应用, 目标是: 为了大幅度提高计算能效并降低能耗, 研发在设计自动化、体系结构、编译和系统级优化方面, 与低能耗计算相关的新型和关键技术及其应用。具体研究内容涵盖高效计算 (包括但不限于高效计算 / 存储 / 通讯体系结构、编译与系统级软件、从小型嵌入式系统到大型数据中心在内的不同规模的计算系统等) 以及针对高效计算的应用 (包括但不限于深度学习、图像视频处理、无线电子医疗、移动环境感知和设计自动化等计算密集型应用的硬件加速)。



✦ 目前研究领域

1. 高效体系结构相关探索研究。例如面向可重构多加速器新型体系结构的编译与综合; 面向异构计算系统的编译技术; 高可靠的非易失性存储体系结构与面向大数据的存储系统设计; 高效无线局域网硬件体系结构; 三维芯片技术以及低功耗电路技术的自动设计方法等。
2. 高效应用相关研究。例如针对深度学习及视频图像处理的定制计算; 无线电子医疗; 移动环境感知; 非易失存储器件在数据中心的应用; 智能、高效的传感器网络与物联网等。

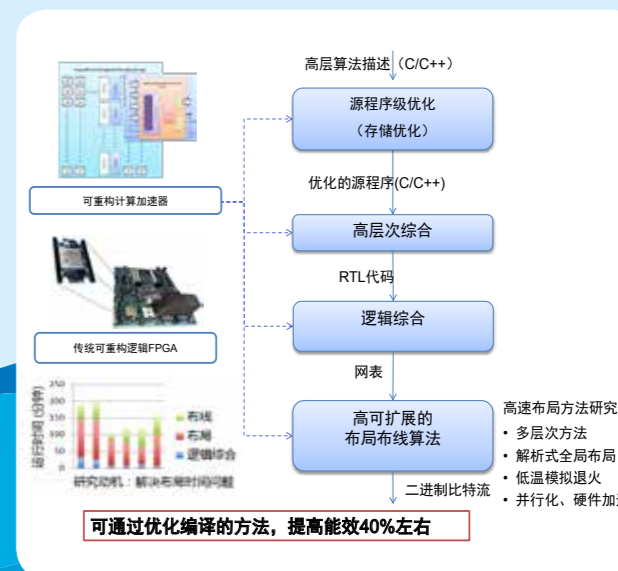


✦ 初期科研成果

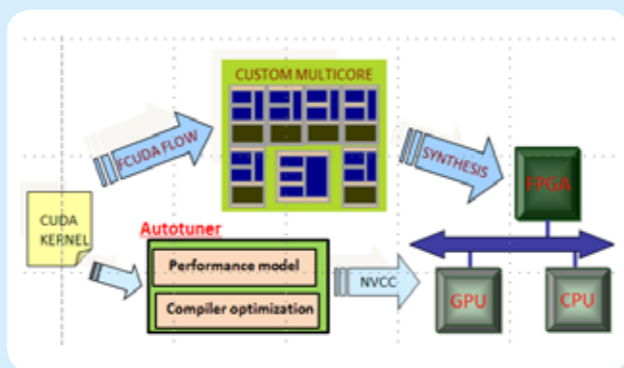
经过近六年的发展, 至 2016 年 8 月, 中心在以下研究有了初步进展:

1. 面向可重构计算多加速器新型体系结构的编译与综合研究:

针对拥有可重构多加速器的新型体系结构, 中心将研究完整的自动化设计流程, 支持从通用算法设计语言 (C/C++ 语言) 程序生成到可重构逻辑配置信息的整个工具链: 包括高层次综合、逻辑综合、快速物理设计等, 并将实现一套开放源代码的可重构逻辑物理综合流程, 以推动相关研究。主要研究内容包括: (1) 简单高效的编程模型: 复杂的编程模型限制了基于可重构逻辑 FPGA 的加速器体系结构的大规模应用, 因此我们提出使用并行程序编程语言来编写 FPGA 程序。我们选取针对 GPU 的 Compute Unified Device Architecture (CUDA) 编程模型。一方面, 使用 CUDA 的线程模型来准确地表示程序的并行度。另一方面, 使用 CUDA 来设计由 FPGA, GPU 和 CPU 构成的异构系统结构。(2) 高层次综合中的存储优化: 综合考虑多种高层次综合中的存储优化策略, 包括: 数据重用、存储划分及存储合并等, 并将其与程序调度、循环变换和循环流水等优化策略相结合, 提出优化的自动存储优化算法, 实现基于多面体模型的循环优化、跨循环迭代、多维数组的存储划分与基于循环特性的优化地址变换, 并增加对新型可重构硬件的支持。(3) 电子设计自



动化的高可扩展算法和流程：在可重构逻辑的自动设计流程中，布局占用了大约四分之三的运行时间；为缩短其运行时间，中心计划从并行化和层次化等方面展开研究，开发比现有工具快 10 倍至 100 倍的高速物理设计流程。本研究获得国家自然科学基金青年项目（61202073）和中国博士后科学基金（2012M52011）支持，初步成果已发表在 ICCAD 2012, ASP-DAC 2012, ISPD 2012, ASP-DAC 2013, FPGA 2013, DAC 2013, FCCM 2014, FPT 2014, ICCAD 2015 等国际会议论文。



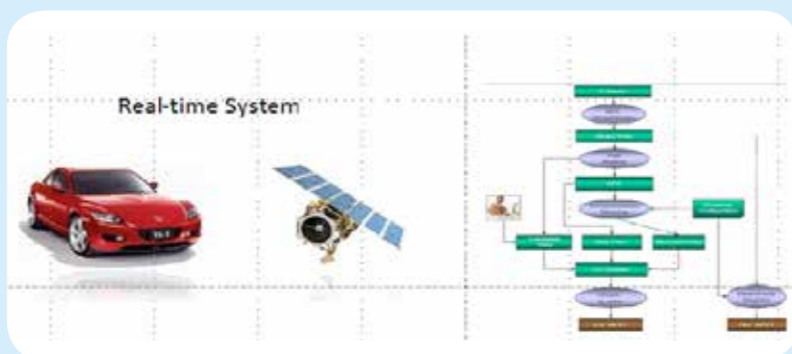
2. 面向众核（GPU/MIC）系统结构的优化技术：

作为通用加速器之一，GPU/MIC 已经被广泛的使用在各种领域中如机器学习、图形图像处理、高性能计算等领域。然而，目前 GPU/MIC 体系结构和编译器的设计并不能满足新型应用对性能和功耗的需求。为了提高 GPU/MIC 的性能、能耗，降低其使用门槛，我们提出创新的体系结构、编译优化算法、性能、能耗和编成模型，并研发基于这些创新技术的应用。本项目已受国家自然科学基金青年项目（61300005）支持，初步成果已发表在 ICCAD 2013, DAC 2014, TPDS 2015, CGO 2015, HPCA 2015, MICRO 2015, TCAD 2016 等国际会议和期刊。



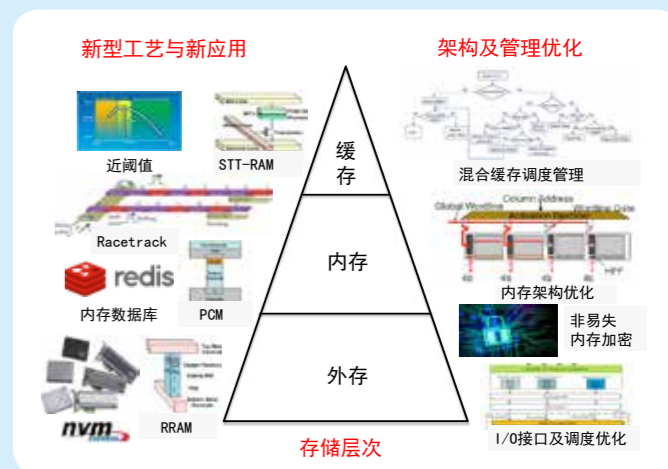
3. 面向嵌入式系统的编译技术：

由于安全性的需求，嵌入式 / 实时系统需要使用静态程序分析的方法估算程序的最差执行时间。静态的程序分析不仅需要考虑到程序的控制和数据流，还需考虑底层处理器的体系结构，如缓存配置等等。我们拟提出使用硬件加锁结合静态程序分析的方法，来优化程序的性能，提高实时系统的性能可预测性。初步成果已发表在 TECS 2013, DAC 2013, DATE 2014, TCAD 2015 等国际会议和期刊。



4. 高效、高可靠性存储体系结构研究：

当今计算机系统面临严重的“存储墙”问题：即存储系统无法提供足够的数据来匹配飞速增长的计算能力，同时又难以满足功耗和可靠性的需求限制。因此，本课题将通过优化存储体系结构来缓解这一问题，主要包括如下几部分研究：（1）基于新型非易失存储（NVM）的存储体系结构：新型 NVM 具备密度高、静态功耗低等优点，同时具有非对称访问，寿命有限等新特性，因此，针对其特性在不同存储层次提出结构改进和管理策略的优化来显著提高存储能效；（2）面向新兴应用的存储体系结构设计：针对新兴应用（如内存计算 / 内存数据库）的数据访存特点，提出创新的访存控制架构与相应管理策略，从而有效地提高访存性能并降低功耗；（3）高可靠性、高安全性的存储体系结构：随着存储工艺的发展以及新型存储器件的兴起，存储可靠性和数据安全性成为一个重要挑战，本课题将通过存储体系结构的优化，提高存储系统的可靠性和安全性。本课题已获得国家自然科学基金项目（61202072）、863 项目（2013AA013201）以及华为等项目的支持，初步成果已发表在 DATE 2012, ICCD 2013, ISLPED 2014, HPCA 2014, DATE 2015, ISCA 2015, ISLPED 2015 等国际会议。



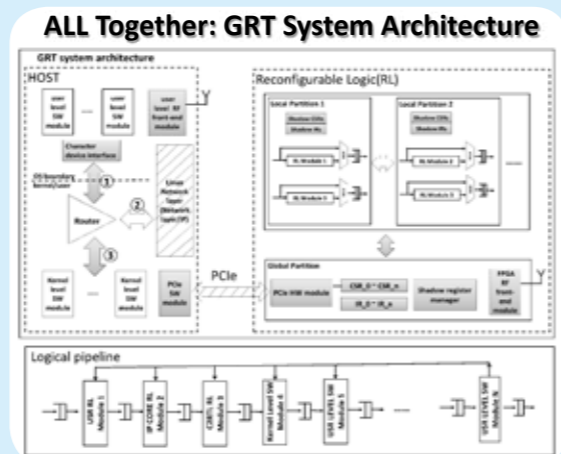
5. 面向大数据的高性能存储系统设计研究：

为了有效地利用海量数据，需要解决的首要问题就是如何高效存储及访存这些数据。各种互联网大数据应用的后台基础设施都依赖于一个强大的分布式存储系统，该系统也是各大互联网公司的核心技术。近年来，以传统磁盘为代表的存储设备已经成为计算机的性能瓶颈。因此，存储领域正在发生一场深刻的变革，以闪存固态硬盘（Flash based SSD）为代表的新型存储硬件正逐渐取代传统磁盘来实现高性能数据访存。然而，传统的存储系统并不能充分发挥新型存储硬件的特性，硬件的潜能并没有得到充分挖掘。我们期望能够合理选择并且能够最大限度地发挥底层硬件的价值，在设计、优化存储系统上开展多层次的研究。本课题自上而下涉及如下三个层次的研究：（1）针对新型存储设备的分布式存储系统（如 Ceph 等）优化设计；（2）面向新型存储设备的文件 / 操作系统、资源 / 任务调度优化；（3）衔接上层存储引擎（如 KV store 等）与底层新型存储设备的接口库开发。本课题已获得 863 项目（2013AA013201）、百度和华为等项目的支持，初步成果已发表在 ISLPED 2013, ASPLOS 2014, EuroSys 2014, ISLPED 2015, MSST 2015, APSys 2015, APPT 2015 等国际会议。



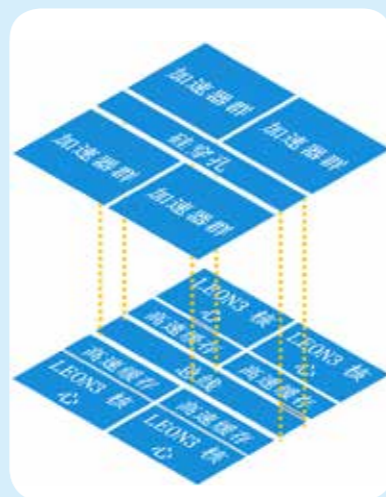
6. 带有可重配置特性的高性能无线局域网物理层与数据链路层硬件体系结构:

无线局域网 (WLAN) 技术已经深入到生活的每个角落。越来越高的数据传输率 / 能源效率、快速的标准演化等趋势对物理层和数据链路层硬件提出了更高的要求。目前国内外工业界和学术界还在不断为满足这些要求而努力。我们拟提出创新的带有可重配置特性的高性能 WLAN 物理层和数据链路层硬件体系结构, 可以在 WLAN 标准快速演进的过程中, 在合理功耗下实现高性能, 并具有三个突出优点: 实现快速的特性响应时间和更长的生命周期、大幅度减少开发周期并降低开发成本、对 WLAN 层次协议栈跨层优化提供有效的支持。本项目考虑标准分析与算法结构改进、硬件体系结构设计、高可编程性与兼容性、准确验证与原型系统的实现四个方面的内容, 不仅得到创新、严谨、有效的体系结构设计及前端面积 / 功耗数据, 还会针对当前及下一代 WLAN 标准提供开放易用的 FPGA 高性能原型系统, 在科学研究、国家产业、国产 CPU 支持等方面均有较好的应用前景。本研究已受国家自然科学基金面上项目 (61370056) 支持, 并发表了 MobiCom 2014, ACM SIGARCH Computer Architecture News (2014), FPL 2014, ICFPT 2014 等国内外学术期刊和会议论文。



7. 面向低功耗电路和新摩尔定律技术的自动设计方法:

中心研究的面向新摩尔定律技术的划分和布局问题。初步数据表明, 与传统同构多处理器相比, 基于异构三维集成的多加速器体系结构可以在性能和能效方面具有几倍到十几倍的提升。本研究已获得教育部博士点新教师类项目 (20120001120124) 支持。此外, 中心正在研究低功耗电路技术与三维集成的整合, 例如如何运用多位触发器降低层间时钟与数据信号传递的功耗是其中的研究问题。我们利用解析式的方法建立多触发器聚合问题的模型, 达到与以往最好的方法将时钟信号能耗降低 20% 的同样效果, 并且将线长缩短 25%。此工作在 ISPD 2013 和 ISPD 2015 国际会议发表了论文。



8. 面向深度学习应用的高能效系统设计研究:

近年来, 借助于高性能计算机系统的飞速发展和深度学习 (Deep Learning) 算法的不断改进, 科研人员在机器学习领域取得了突破性的进展。目前, 深度学习算法已经被广泛应用在图像 \ 视频 \ 语音识别、自然语言处理等研究方向, 并取得了巨大成功。然而, 在基于通用处理器的计算机系统上运行深度学习算法的效率较低, 而仅仅通过现有的纵向与横向扩展 (scale up & out) 方法, 即使能够满足性能的要求, 也由于功耗、价格、体积等因素的限

制, 难以得到满足不同场景下各种应用的多方面需求。因此, 基于 GPU、FPGA、定制芯片 (ASIC) 等开发异构计算系统已经成为主流的解决方案。因此, 本课题自下而上在如下三个方面开展高效深度学习系统设计和优化: (1) 针对不同应用的具体需求, 合理需用硬件平台并设计相应的深度学习异构加速器; (2) 基于异构加速器, 设计深度学习异构计算系统并提供灵活易用的开发平台; (3) 面向异构系统对深度学习算法和应用进行改造和优化, 从而进一步提高其运行能效。本项目初步成果已经发表在 SHAW-4, FPGA 2015 等国际会议上。



9. 医学图像重建的算法加速和硬件加速:

医学图像处理的高级算法 (例如低剂量 X 光层析成像和高分辨电子显微镜层析成像) 计算强度大、实时性要求高。基于 Mumford-Shah 正则项的同时完成图像重建和图像分割的迭代式方法, 能有效消除低剂量重建图像的伪影, 但耗时较长。我们采用以射线为单位的异步并行算法, 实现利于 FPGA 运行的流水线结构, 达到 GPU 相当的性能, 而能效提高 58 倍的效果。该研究已发表 SPIE Optics+Photonics 2015。而电子层析成像是利用计算技术重建更多信息量的原始图像的技术, 但它的成像分辨率和视场受限于计算能力。例如, 在主流服务器上使用最先进的锥形倾斜方法成像, 重建大小为 $1024 \times 1024 \times 128$ 的图像平均需要 15 小时。这项研究将从算法加速和硬件加速同时展开, 与神经科学研究者设计出适合计算平台的高效的图像重构算法。

10. 基于环境物理特征的定位和平面图重构技术研究:

室内定位是基于位置服务 (Location Based Service) 的关键。目前的定位技术大多依赖于 IT 基础设施的信号 (如 WiFi、无线基站等)。当这些信号由于障碍物导致强度或覆盖不够时, 它们无法提供准确定位。此外服务提供商无法得到室内平面图, 它们是全球大多数复杂室内环境难以提供定位服务的两大主要原因。针对这两个问题, 中心研究如何利用周围环境中固定的物理特征 (如商场店面标志、或停车场减速带), 通过图像匹配、角度测量、和运动传感器计算, 为智能手机在 IT 基础设施信号不足的环境中提供定位。此外我们还研究通过众包感知的方式, 从大量普通移动用户获取图像、惯性传感器等数据, 重构复杂室内



环境的平面图。这两项研究将使定位服务普适覆盖于所有室内环境成为可能。该研究已发表 INFOCOM 2014, ICC 2014, MobiCom 2014 和 SenSys 2015 等国际论文，与百度的合作正在开展，是少数学术界在定位技术上可能被工业界采用的工作之一。

✦ 科研项目、专利及论文发表（按时间倒序排列）

中心自成立以来，到 2016 年 8 月，在近六年的时间内，获得国家级、省部级科研项目 18 项，与企业合作承担科研项目 19 项，项目总金额突破 1000 万元；申请 / 获授权专利 14 项。

国家级、省部级科研项目

- 国家自然科学基金面上项目，“面向不规则 GPU 应用的分析与优化技术研究”
- 国家自然科学基金重点项目，“同频同时全双工频谱效率和安全提升机理研究”
- 国家自然科学基金重点国际（地区）合作研究项目，“高效图像与视频处理技术：理论，现实和应用研究”
- 国家自然科学基金面上项目，“基于新型高密度赛道存储器的缓存设计与优化研究”
- 港澳台科技合作专项，“5G 接入网组网”
- 北京市自然科学基金面上项目，“智能手机持续传感应用的高能效软硬中间件的研究”
- 国家自然科学基金面上项目，“带有可重配置特性的高性能无线局域网物理层与数据链路层硬件体系结构”
- 国家自然科学基金青年科学基金项目，“针对 GPU 的高效并行任务执行设计研究”
- 国家自然科学基金青年科学基金项目，“针对 FPGA 协处理器的高速布局布线算法研究”
- 国家自然科学基金青年科学基金项目，“多核系统中基于新型存储器工艺的高能效缓存设计研究”
- 国家自然科学基金青年科学基金项目，“集成在处理器中的计算型可重构逻辑体系结构探索研究”
- 教育部高等学校博士学科点专项科研基金（博导类），“在异构多核处理器中基于 RRAM 可编程单元的三维 FPGA 体系结构”
- 教育部高等学校博士学科点专项科研基金（新教师类），“面向 2.5 维集成的异构 FPGA 的高可扩展布局算法研究”
- 教育部高等学校博士学科点专项科研基金（新教师类），“可重构逻辑与处理器核心的结合方法”
- 国家高技术研究发展计划（863 计划），“面向大数据的先进存储结构及关键技术”项目，北京大学子课题“基于新型存储器件的存储系统结构与技术”
- 国家高技术研究发展计划（863 计划），“新型多核 / 众核处理器编程与运行支撑环境”项目，“面向国产处理器的并行程序综合优化技术与系统”课题，北京大学子课题“物理过程模拟领域内典型应用在国产处理器上的优化验证”
- 国家高技术研究发展计划（863 计划），“新型多核 / 众核处理器编程与运行支撑环境”项目，“面向多核 / 众核处理器的并行程序编程技术、框架和语言支持”课题，北京大学子课题“基于新数组类型的统一编程模型的研究和开发”（与北京大学信息科学技术学院软件研究所合作）
- 中国博士后科学基金，“高层次综合中的存储优化”

与企业合作承担项目（部分保密项目未列出）

- CCF- 腾讯犀牛鸟创意基金，“低质量图像中字符识别关键技术研究”
- 华为技术合作项目，“自动切割算法”
- CCF-Intel 青年学者提升计划，“面向 NVMe SSD 设备的分布式键值存储系统优化研究”
- 北京怀教网络技术有限公司，“北大 - 怀教网络教育移动云平台”
- 京微雅格，“FPGA 网表结构特征提取及时延估算方法的研究”
- 华为创新计划，“基于 NVM 的低功耗体系结构和算法研究”
- Advanced Micro Devices（AMD）项目，“高效计算机系统探索”
- 百度项目，“北大百度数据中心联合研发项目”
- 基伍国际项目，“北大基伍云计算联合研发项目”

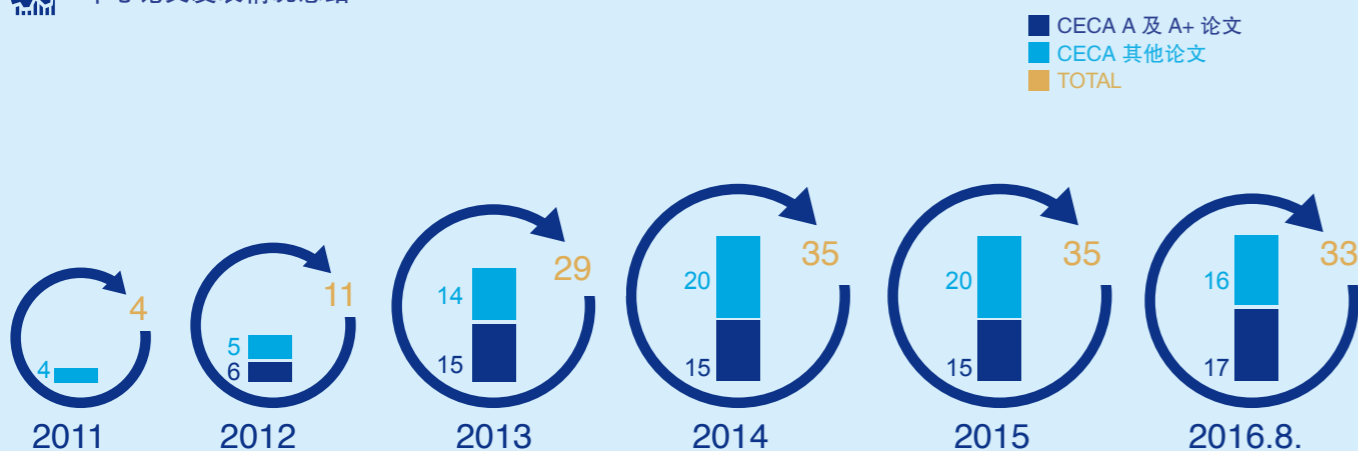
已申请 / 授权专利

- 王韬、龚健，“一种 FPGA 与计算机之间的通信系统”
- 王韬、李志伟、丁博岩、吕松武，“一种计算设备与 FPGA 间的 USB 通信方法和通信系统”
- 梁云、谢小龙，“一种用于 GPU 寄存器分配和线性级并行协同优化编译技术”
- 梁云、李秀红，“一种通用图形处理器多任务并发执行的任务派发方法”
- 孙广宇、张宪、张超、张炜其，“针对 Path ORAM 的叉型访问方法”
- 孙广宇、张超，“一种基于配额控制温度的赛道存储芯片及其控制方法”
- 陈一峯、崔翔、王韬、严磊，“一种用于 GPU 异构集群的高性能 FFT 方法”
- 罗国杰、沈明华，“基于网表位置信息最优划分的 FPGA 粗粒度并行分布方法”
- 王韬、李晓光、吴浩洋、吕松武，“一种基于 FPGA 的无线电光纤连接接口通信库及其实现方法”
- 张宪、孙广宇，“基于 STT-RAM 存储单元错误率分布的 PUF 认证方法”
- 张超、孙广宇、张宪、张炜其，“赛道存储位置错误纠正码的编码方法和纠错方法”
- 张超、孙广宇、张宪、张炜其，“一种基于亚阈值电流的磁畴壁移动控制方法及其电路”
- 叶凡、边凯归、高睿鹏、田阳、王韬、王亦洲、李晓明，“一种基于环境特征物体的室内定位方法”
- 彭春翌、吕松武、王韬，“蜂窝网络中的通信系统和方法”

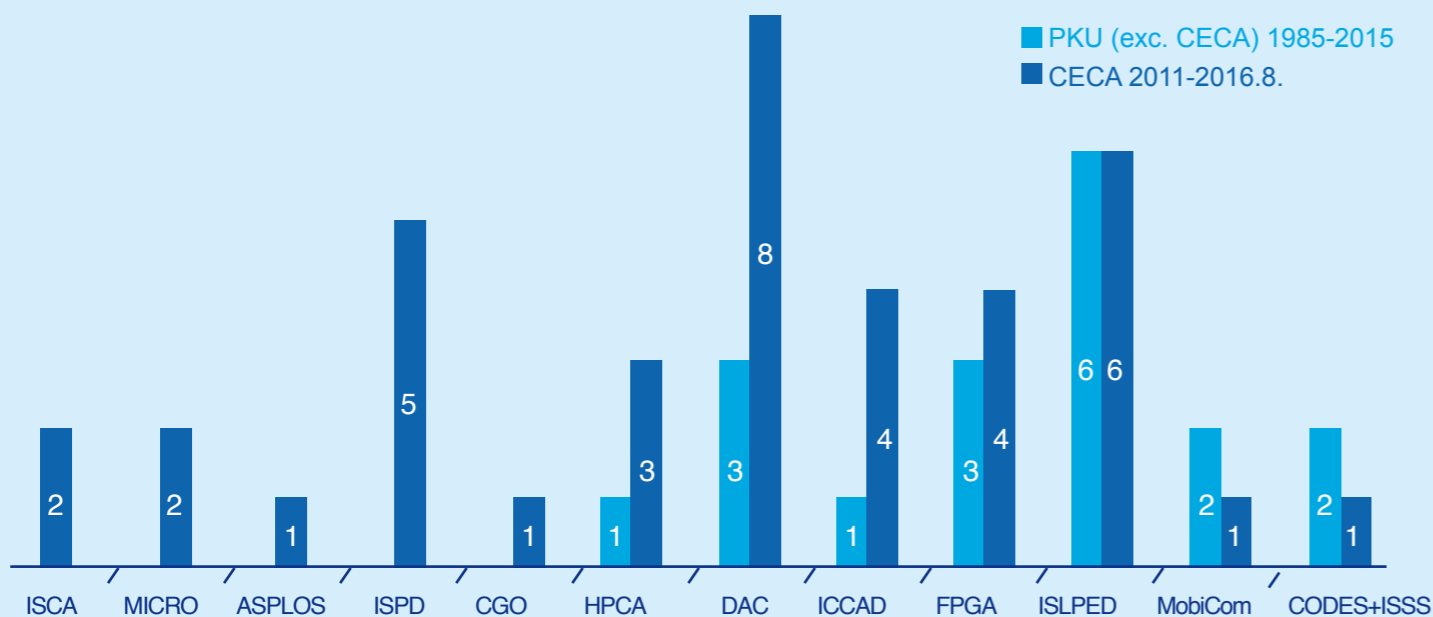
论文发表

中心自 2011 年下半年从海外引进全职教师起，开始陆续在国际期刊、会议上发表论文，截至 2016 年 8 月，在五年的时间里，共有近 150 篇论文在国际知名会议和期刊上获得发表或接收，其中 68 篇为中心 A 类论文（计算机体系结构及相关领域顶级会议、期刊论文）。

中心论文发表情况总结



若干高效计算与应用领域顶级会议论文发表情况统计



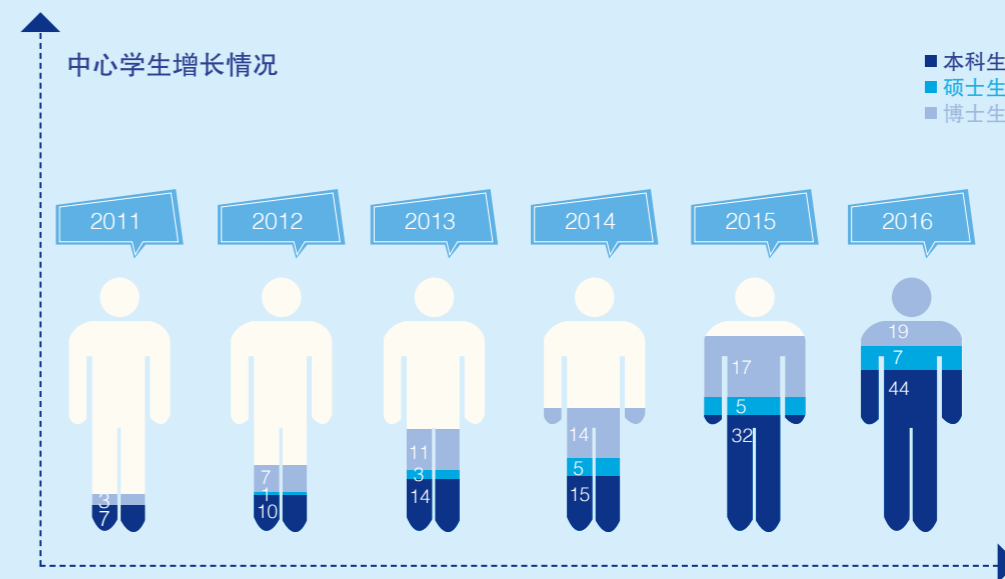
部分代表性论文摘录

- Dan Wu, Daqing Zhang, Chenren Xu, Yasha Wang, and Hao Wang, "WiDir: Walking Direction Estimation Using Wireless Signals," *UbiComp'16 (to appear)*.
- Guangyu Sun, Chao Zhang, Peng Li, Tao Wang, and Yiran Chen, "Statistical Cache Bypassing for Non-Volatile Memory," *IEEE Transactions on Computers*, 2016.
- Ashwin Ashok, Chenren Xu, Tam Vu, Marco Gruteser, Richard Howard, Yanyong Zhang, Narayan Mandayam, Wenjia Yuan, and Kristin Dana, "What Am I Looking At? Low-Power Radio-Optical Beacons For In-View Recognition Using Smart-Glasses," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2016.
- Chenren Xu, Bernhard Firner, Yanyong Zhang, and Richard Howard, "The Case for Efficient and Robust RF-based Device-free Localization," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2016.
- Chang Xu, Guojie Luo, Peixin Li, Yiyu Shi, and Iris Hui-Ru Jiang, "Analytical Clustering Score with Application to Postplacement Register Clustering," *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems*, 2016.
- Yun Liang, Muhammad T. Satria, Kyle Rupnow, and Deming Chen, "An Accurate GPU Performance Model for Effective Control Flow Divergence Optimization," *IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems*, 2016.
- Ruipeng Gao, Mingmin Zhao, Tao Ye, Fan Ye, Guojie Luo, Yizhou Wang, Tao Wang, and Xiaoming Li, "Multi-story Indoor Floor Plan Reconstruction via Mobile Crowdsensing," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2016.
- Baihong Jin, Guojie Luo, and Wentai Zhang, "A Fast and Accurate Approach for Common Path Pessimism Removal in Static Timing Analysis," *ISCAS'16*.
- Xiang Ding, Jing Xu, Guanling Chen, and Chenren Xu, "Beyond Smartphone Overuse: Identifying Addictive Mobile Apps," *CHI Extended Abstracts'16*.
- Haoyang Wu, Tao Wang, Jiahua Chen, Sanjun Liu, Shuyi Tian, Songwu Lu, Meng Ma, Lingyang Song, and Bingli Jiao, "GRT-duplex: A Novel SDR Platform for Full-Duplex WiFi," *Mobile Networks and Applications*, 2016.
- Guojie Luo, Wentai Zhang, Jiayi Zhang, and Jason Cong, "Scaling Up Physical Design: Challenges and Opportunities," *ISPD'16*.
- Sugang Li, Ashwin Ashok, Yanyong Zhang, Chenren Xu, Janne Lindqvist, and Marco Gruteser, "Whose Move is it Anyway? Authenticating Smart Wearable Devices Using Unique Head Movement Patterns," *PerCom'16*.
- Xian Zhang, Guangyu Sun, Chao Zhang, Weiqi Zhang, Yun Liang, Tao Wang, Yiran Chen, and Jia Di, "Fork Path: Improving Efficiency of ORAM by Removing Redundant Memory Accesses," *MICRO'15*.
- Xiaolong Xie, Yun Liang, Xiuhong Li, Yudong Wu, Guangyu Sun, Tao Wang, and Dongrui Fan, "Enabling Coordinated Register Allocation and Thread-level Parallelism Optimization for GPUs," *MICRO'15*.
- Tianlong Yu, Vyas Sekar, Srinivasan Seshan, Yuvraj Agarwal, and Chenren Xu, "Handling a Trillion (unfixable) Flaws on a Billion Devices: Rethinking Network Security for the Internet-of-Things," *HotNets'15*.
- Minghua Shen and Guojie Luo, "Accelerate FPGA Routing with Parallel Recursive Partitioning," *ICCAD'15*.
- Yun Liang, Xiaolong Xie, Guangyu Sun, and Deming Chen, "An Efficient Compiler Framework for Cache Bypassing on GPUs," *IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems*, 2015.
- Wentai Zhang, Li Shen, Thomas Page, Guojie Luo, Peng Li, Ming Jiang, Peter Maass, and Jason Cong, "FPGA Acceleration by Asynchronous Parallelization for Simultaneous Image Reconstruction and Segmentation Based on the Mumford-Shah Regularization," *SPIE Optical Engineering + Applications'15*.
- Zhiwen Hu, Zijie Zheng, Tao Wang, and Lingyang Song, "Poster: Roadside Unit Caching Mechanism for Multi-Service Providers," *MobiHoc'15*.

- Chao Zhang, Guangyu Sun, Xian Zhang, Weiqi Zhang, Weisheng Zhao, Tao Wang, Yun Liang, Yongpan Liu, Yu Wang, and Jiwu Shu, "Hi-fi Playback: Tolerating Position Errors in Shift Operations of Racetrack Memory," *ISCA'15*.
- Chao Kong, Zengwen Yuan, Xushen Han, Feng Yang, Xinbing Wang, Tao Wang, and Songwu Lu, "VSMC MIMO: A Spectral Efficient Scheme for Cooperative Relay in Cognitive Radio Networks," *INFOCOM'15*.
- Yun Liang, Huynh Phung Huynh, Kyle Rupnow, Rick Siow Mong Goh, and Deming Chen, "Efficient GPU Spatial-Temporal Multitasking," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2015.
- Chen Zhang, Peng Li, Guangyu Sun, Yijin Guan, Bingjun Xiao, and Jason Cong, "Optimizing FPGA-based Accelerator Design for Deep Convolutional Neural Networks: An Analytical Approach based on Roofline Model," *FPGA'15 (Best Paper Nomination)*.
- Xiaolong Xie, Yun Liang, Yu Wan, Guangyu Sun, and Tao Wang, "Coordinated Static and Dynamic Cache Bypassing for GPUs," *HPCA'15*.
- Wai Teng Tang, Ruizhe Zhao, Mian Lu, Yun Liang, Huynh Phung Huynh, Xibai Li, and Rick Siow Mong Goh, "Optimizing and Auto-Tuning Scale-Free Sparse Matrix-Vector Multiplication on Intel Xeon Phi," *CGO'15*.
- Chao Zhang, Guangyu Sun, Weiqi Zhang, Fan Mi, Hai Li, and Weisheng Zhao, "Quantitative Modeling of Racetrack Memory: A Tradeoff among Area, Performance, and Power," *ASP-DAC'15 (Best Paper)*.
- Jiahua Chen, Tao Wang, Haoyang Wu, Jian Gong, Xiaoguang Li, Yang Hu, Gaohan Zhang, Zhiwei Li, Junrui Yang, and Songwu Lu, "A High-performance and High-programmability Reconfigurable Wireless Development Platform (demonstration paper)," *ICFPT'14*.
- Chang Xu, Wentai Zhang, and Guojie Luo, "Analyzing the Impact of Heterogeneous Blocks on FPGA Placement Quality," *ICFPT'14*.
- Tao Wang, Guangyu Sun, Jiahua Chen, Jian Gong, Haoyang Wu, Xiaoguang Li, Songwu Lu, and Jason Cong, "GRT: a Reconfigurable SDR Platform with High Performance and Usability," *Computer Architecture News*, 2014.
- Jian Gong, Tao Wang, Jiahua Chen, Haoyang Wu, Fan Ye, Songwu Lu, and Jason Cong, "An Efficient and Flexible Host-FPGA PCIe Communication Library," *FPL'14*.
- Tao Zhang, Ke Chen, Cong Xu, Guangyu Sun, Tao Wang, and Yuan Xie, "Half-DRAM: a High-bandwidth and Low-power DRAM Architecture from the Rethinking of Fine-grained Activation," *ISCA'14*.
- Tao Zhang, Ke Chen, Guangyu Sun, and Yuan Xie, "3D-SWIFT: A High-Performance 3D-Stacked Wide IO DRAM," *GLSVLSI'14 (Best Paper)*.
- Peng Wang, Guangyu Sun, Song Jiang, Jian Ouyang, Shiding Lin, Chen Zhang, and Jason Cong, "An Efficient Design and Implementation of LSM-Tree based Key-Value Store on Open-Channel SSD," *EuroSys'14*.
- Jian Ouyang, Shiding Lin, Song Jiang, Zhenyu Hou, Yong Wang, and Yuanzheng Wang, "SDF: Software-defined Flash for Web-scale Internet Storage Systems," *ASPLOS'14*.
- Yuxin Wang, Peng Li, and Jason Cong, "Theory and Algorithm for Generalized Memory Partitioning in High-Level Synthesis," *FPGA'14*.
- Peng Li, Louis-Noel Pouchet, and Jason Cong, "Throughput optimization for high-level synthesis using resource constraints," *IMPACT'14*.
- Wei Zuo, Peng Li, Deming Chen, Louis-Noel Pouchet, Shunan Zhong, and Jason Cong, "Improving Polyhedral Code Generation for High-Level Synthesis," *CODES+ISSS'13 (Best Paper)*.
- Guan-Hua Tu, Chunyi Peng, Chi-Yu Li, Xingyu Ma, Hongyi Wang, Tao Wang, and Songwu Lu, "Accounting for Roaming Users on Mobile Data Access: Issues and Root Causes," *MobiSys'13*.
- Wei Zuo, Yun Liang, Peng Li, Kyle Rupnow, Deming Chen, and Jason Cong, "Improving High Level Synthesis Optimization Opportunity through Polyhedral Transformations," *FPGA'13*.

教学情况

中心目前正在培养 70 名学生，其中博士生 19 名，硕士生 7 名，本科生 44 名。2012 年有 1 名学生成功申请到君政基金（该基金为优秀本科生科研基金，目前仅限于北京大学、复旦大学、兰州大学、苏州大学和台湾清华大学的学生申请。北京大学 2012 年资助的名额为 36 人，其中信息科学技术学院名额为 4 人）。2012 年至今已毕业 2 名博士生、2 名硕士生，毕业后加入北京交通大学任教，以及加入峰科、阿里巴巴任职；已毕业的 50 余名本科生，多数选择前往世界知名学府继续深造，包括北京大学、美国麻省理工学院（MIT）、斯坦福大学（Stanford University）、加州大学伯克利分校（UC Berkeley）、康奈尔大学（Cornell University）、卡耐基梅隆大学（Carnegie Mellon University）、加拿大滑铁卢大学（University of Waterloo）等，另有部分毕业生选择加入华为、阿里巴巴等知名企业，或初创企业任职。中心研究生中，2 人获 2016 年度学院“学术十杰”称号（全院 1300 名研究生中 10 人获得）；中心本科毕业生 2013 - 2016 年，三年获得信息科学技术学院本科生“十佳”毕业论文荣誉称号。未来几年内，中心计划招收学生规模在 100 人左右。中心根据学生在中心的学习进展和未来发展方向，已推荐学生到包括美国斯坦福大学、加州大学洛杉矶校区等国际知名大学进行短期和长期学术交流（三个月到一年）。



中心已开设了《可重构系统基础》、《并行与分布式计算导论》、《计算机系统导论》、《编译技术》等十余门信息科学技术专业课程，其中，超过半数为英文授课，并 4 门为英文授课的本科生必修课。Operating Systems (A) (Honor Track)《操作系统 A (实验班)》、Data Structure and Algorithms (A) (Honor Track)《数据结构与算法 A (实验班)》、Computer Organization and Architecture (A)《计算机组织与体系结构 A》、C++ Programming and Algorithm Design (A)《程式设计实习 A》。

✦ 国际交流

中心本身的组成有相当的国际化背景，自成立至 2016 年 8 月的近六年以来，吸引了多名国际知名学者来中心作学术交流和访问，达 70 余次。来中心作学术报告的国内外学者包括美国英伟达公司资深杰出科学家、麻省理工学院 Professor of the Practice Joel Emer 教授，美国国家工程院院士、宾夕法尼亚州立大学 Jane Irwin 教授，加拿大工程院院士、多伦多大学的 Jonathan Rose 教授，英国皇家工程院院士、帝国理工学院 Wayne Luk 教授，日本东北大学 Norio Shiratori 教授，德国 Charite 大学医院 Thomas Penzel 教授，美国 Xilinx 公司 CTO、副总裁 Ivo Bolsens 博士，Intel 首席工程师 Yen-Kuang Chen 博士，AMD 首席工程师 Gabriel Loh 博士等。在中心国际化背景的熏陶下，中心的师生积极参与国际交流活动。中心两次接待美国明尼苏达大学学生代表团来访，并接收来自美国加州大学洛杉矶校区（UCLA）的学生到中心进行暑期交流。

2011 年，中心合作承办了环太平洋地区集成电路技术论坛。2013 年，中心承办了 IEEE 国际会议 International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED 2013)。作为低功耗计算和绿色计算技术领域的顶尖国际会议之一，ISLPED 拥有近 20 年的历史，而今年为该会议首次在中国举办。2014、2015 年，中心罗国杰老师作为教练，带领北京大学代表队，连续两年在 ACM/ICPC 大学生程序设计竞赛中获得佳绩。该竞赛经过 30 多年的发展，已成为世界最具影响力的大学生计算机竞赛。特别是 2014 年的总决赛金奖，为北京大学参加该竞赛以来首次获得。



中心历届学术年会特邀报告专家（按时间顺序排列）



周兴铭
中国科学院院士
国防科学技术大学



李国杰
中国工程院院士
中国科学院计算技术研究所



陈左宁
中国工程院院士
中国工程院副院长



陈国良
中国科学院院士
中国科学技术大学



Josep Torrellas
ACM/IEEE Fellow
UIUC



Jonathan Rose
加拿大工程院院士
University of Toronto



Wayne Luk
英国皇家工程院院士
Imperial College



Trevor Mudge
IEEE Life Fellow
UMICH



Tim Cheng
IEEE Fellow
UCSB



张钹
中国科学院院士
清华大学



Arvind
美国国家工程院院士
MIT



Jane Irwin
美国国家工程院院士
PennState



高文
中国工程院院士
北京大学



Gurindar Sohi
美国国家工程院院士
WISC

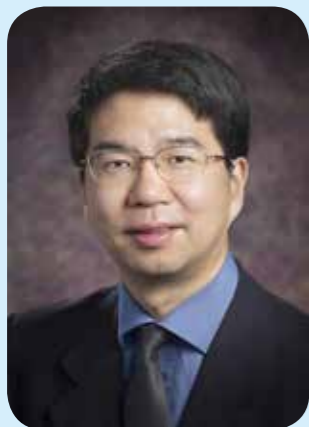


Kai Li
美国国家工程院院士
Princeton



刘炯朗
台湾研究院院士
台湾清华大学前校长

✦ 中心主任

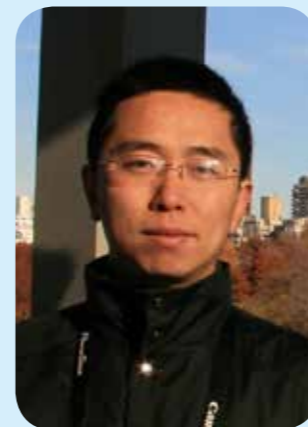


主任：丛京生，博士、千人计划教授

本科毕业于北京大学计算机科学与技术系，1990 年获得美国伊利诺大学香槟校区 (UIUC) 计算机科学系博士学位。目前任美国加州大学洛杉矶校区 (UCLA) 校长讲席教授 (Chancellor's Professor)、特定域计算中心 (Center for Domain-Specific Computing, CDSC) 主任、超大规模集成电路技术实验室 (VAST) 主任。他曾在 2005–2008 年任 UCLA 计算机科学系系主任，2009 年至今，任 UCLA 副教务长，主管国际合作，并任北京大学–UCLA 理工联合研究所共同主任。丛教授还被北京大学聘为千人计划教授，并担任北京大学高效计算与应用中心主任。

丛教授的研究领域包括电子设计自动化 (EDA)、高效计算与应用、大数据应用的定制计算，以及高度可扩展算法。丛教授在该领域已领导了超过 50 个科研项目，发表了超过 400 篇论文，其中包括 10 个最佳论文奖。他因“在 FPGA 工艺映射方面所作的先驱性工作而对 FPGA 科研及工业界作出的重要贡献”获得了 2011 ACM/IEEE A. Richard Newton Technical Impact Award in Electric Design Automation。他于 2000 年当选 IEEE Fellow，并于 2008 年当选 ACM Fellow。他于 2010 年因“在电子设计自动化领域，特别是 FPGA 合成、VLSI 互联优化，以及物理设计自动化方面作出的开创性贡献”获 IEEE 电路与系统分会年度技术成就奖，并于 2016 年因“为现场可编程门阵列的高层次综合建立的算法基础”获 IEEE 计算机分会年度技术成就奖。他是唯一一位同时获得这两个奖项的科学家。

丛京生教授还是一位卓越的教育家。他已培养了 34 名博士，其中，有 9 名学生跟随他走上了学术的道路，在包括美国康奈尔大学、美国佐治亚理工学院、北京大学、普渡大学、纽约州立大学宾汉姆顿分校、加州大学洛杉矶校区、伊利诺大学香槟校区，和德克萨斯大学奥斯汀校区等众多著名研究型高校任教，6 人获 NSF Career Award，1 人获 ACM SIGDA 杰出博士论文奖。丛教授和他的学生共同成立了三家高科技新企业：Aplus 科技（于 2003 年被 Magma 收购，目前隶属 Synopsys）、AutoESL 科技（于 2011 年被 Xilinx 收购）和 Neptune 科技（于 2013 年被 Xilinx 收购）。其他一些学生则加入了各大公司的研发机构或者从事管理工作，如 Amazon, Arista, Bloomberg, Broadcom, Cadence, Facebook, Google, IBM, Intel, Micron, Synopsys, Xilinx 等。



副主任：王韬，博士

现任北京大学信息科学技术学院副教授、北京大学高效计算与应用中心副主任、IEEE 高级会员，中国计算机协会高级会员。他于 1999 年、2006 年在北京大学分别取得学士和博士学位。于 2006–2008 年在清华大学–Intel 公司联合博士后工作站进行博士后工作。2008 年出站后，留任 Intel 公司主任研究员。在 Intel 期间，曾获 2008 Intel China Employee of the Year，为 Intel 中国个人最高奖项。他于 2010 年 11 月被北京大学引进，至 2016 年 7 月，已成功获得国家自然科学基金青年项目、国家自然科学基金面上项目、国家自然科学基金重点项目子课题、国家 863 计划子课题等多项资助。五年来发表 ISCA, MICRO, HPCA, MobiCom, IEEE TMC, IEEE TC, MONET 等国际知名学术期刊 / 会议论文 30 余篇，在许多国际学术会议上担任技术程序委员会委员 (TPC member) 或组织者，任中国计算机学会青年计算机科技论坛 (YOCSEF) 学术委员会委员、《中国计算机学会通信》编辑委员会委员、《Frontiers of Computer Science》青年副编委 (Young AE) 等社会学术职务。所提出的可软件定义的高性能无线网络底层体系结构，已经在学术界产生一定影响，所实现的相应软硬件开放平台，已被美国加州大学洛杉矶分校、美国俄亥俄州立大学、清华大学、国防科学技术大学等国内外多所研究机构所使用。开设本科专业必修课“操作系统 A (实验班) (英文授课)”、本科专业选修课“可重构系统基础”。目前的研究方向为：计算机系统结构、可重构无线网络体系结构、移动云计算。



助理主任：罗国杰，博士

现任北京大学信息科学技术学院特聘研究员、北京大学高效计算与应用中心任助理主任。详细介绍请见新体制教师。

荣誉客座教授



Joel Springer Emer, 博士

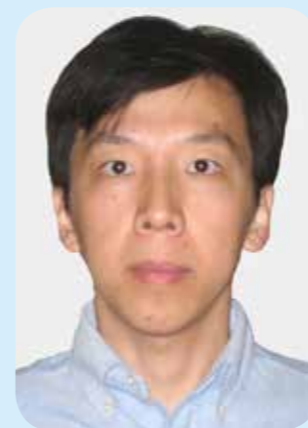
现为美国英伟达公司 (Nvidia Research) 资深杰出科学家、美国麻省理工学院 (MIT) Professor of the Practice, 曾在美国 Intel 公司、康柏电脑、DEC (Digital Equipment Corporation) 等知名企业就职, 积累了丰富的研究开发经验, 做出了多项开创性工作, 在计算机体系结构工业和学术界均具有较强的影响力。他的研究领域涉及计算机微体系架构、高速缓冲存储器、片内互联、以及处理器可靠性等领域, 并致力于关于多线程处理器、向量处理, 以及线程推测执行等方面的研究。由于他出色的研究成果, Emer 教授于 2009 年荣获国际计算机体系结构界最高奖项 Eckert-Mauchly 奖。他在 MICRO, ISCA 等计算机体系结构国际顶级会议上发表了多篇论文, 荣获专利数十项。Emer 教授是 ACM Fellow 和 IEEE Fellow; 他入选 ISCA 名人堂; 曾任 APLOS-III, HPCA8 以及 HiPEAC-4 大会主席; ISCA 2000, ISPASS 2003 以及 IEEE Micro Top Picks 2008 委员会主席; 并多次担任 ISCA 督导委员会成员。

新体制教师 (按姓氏首字母排列)



特聘研究员: 黄骏, 博士

于 2005 和 2008 年分别获得北京航空航天大学学士和硕士学位, 2012 年在美国密歇根州立大学 (MSU) 计算机科学与工程系获得博士学位。2012 至 2016 年 7 月留校任博士后研究员, 主持美国国家科学基金一项。2016 年 8 月加入北京大学高效计算与应用中心, 任助理教授、特聘研究员。研究方向包括无线网络、移动系统、物联网。近年来在国际学术会议和期刊上发表论文 20 余篇, 获得 2010 年度 IEEE ICNP 最佳论文奖。黄骏博士在多个国际会议和期刊进行学术服务, 其中包括担任 Ubicomp, MobiHoc, RTSS, 以及 IEEE/ACM ToN, IEEE TMC, IEEE TWC 等会议和期刊的审稿人。



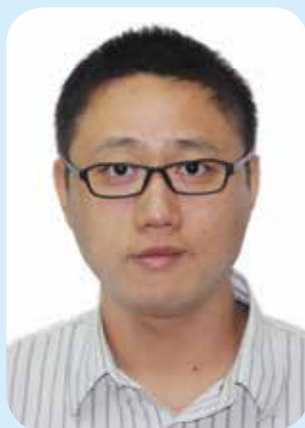
特聘研究员: 梁云, 博士

于 2004 年获得同济大学工学学士学位, 2010 年获得新加坡国立大学计算机专业博士学位。2010-2012 年在伊利诺伊大学香槟分校 (UIUC) 的 ADSC 研究所担任研究员。2012 年 8 月至今, 在北京大学高效计算与应用中心任助理教授、特聘研究员。研究方向为编译技术、高效计算机系统结构、GPU/FPGA、高层次综合和嵌入式系统。梁云博士在编译技术、计算机系统结构、嵌入式系统等相关领域的学术会议及期刊 (包括 MICRO, HPCA, ISCA, CGO, DAC, ICCAD, FCCM, FPGA, CASES, RTSS, IPDPS, CODES+ISSS, DATE 等) 发表论文 40 余篇。他的论文荣获 FCCM 2011 最佳论文奖, 多次被提名为最佳论文 (包括 ASPDAC 2016, DAC 2012, FPT 2011, CODES+ISSS 2008)。梁云博士在多个国际会议和期刊进行学术服务, 其中包括担任 ASP-DAC 分会主席, CGO, PACT, DATE, CASES 等会议的技术评议会委员, 以及 IEEE TC, TPDS, TVLSI, TCAD, ACM TECS, TACO, TRETSS 等期刊的审稿人。



特聘研究员: 罗国杰, 博士

现任北京大学信息科学技术学院特聘研究员、高效计算与应用中心任助理主任。他于 2005 年获得北京大学计算机科学技术系理学学士学位, 并分别于 2008 年和 2011 年获得美国加州大学洛杉矶校区 (UCLA) 计算机科学系理学硕士和博士学位。他目前的研究兴趣包括物理设计自动化、FPGA 计算加速器的快速综合方法、图像视频处理的定制计算、以及三维芯片的先进设计技术。罗国杰博士现在主持一个中国 NSF 青年基金、教育部博士点新教师基金、以及北京市 NSF 面上基金。他目前已发表会议论文 20 余篇、杂志论文 4 篇、以及书籍章节 2 篇; 并且在多个国际会议和期刊进行学术服务, 其中包括担任 ICCAD 2014-2015, ISPD 2014-2016, FPT 2014, ASP-DAC 2013-2015, NanoArch 2013-2014 等会议的技术评议会委员, 以及 IEEE TCAD, IEEE TVLSI, IEEE TCAS-I, IEEE TMSCS, ACM TODAES, ACM TRETSS, ACM JETC 等期刊的审稿人。他在博士研究生阶段设计并实现了前沿的三维芯片物理设计流程 3D-Craft, 并且获得 2013 年 ACM/SIGDA 评选的杰出博士论文奖; 他与合作者开发出的自动布局器 mPL11 取得 2011 年物理设计年会 (ISPD) 可布性驱动布局器比赛的亚军。



特聘研究员：孙广宇，博士

于 2003 和 2006 年分别获得清华大学工学学士和硕士学位，2011 年在美国宾夕法尼亚州立大学计算机科学与工程系获得计算机专业博士学位。毕业论文“Exploring Memory Hierarchy Design with Emerging Memory Technologies”获得 EDAA 优秀博士学位论文奖。2011 年 8 月至今在北京大学高效计算与应用中心任助理教授、特聘研究员。研究方向为高效计算机体系结构和存储系统、面向大数据应用的加速系统等。近年来在重要的国际学术期刊、国际外学术会议上发表论文 60 余篇，其中包括国际顶级系统结构会议 ISCA, Eurosys 等北大首篇一作论文，并获得 ASP-DAC, GLSVLSI, FPGA 等国际会议最佳论文 / 提名等奖项。孙广宇现在主持一个 NSF 青年基金，参与一个 863 项目，同时受到 AMD、百度、华为等工业界公司的项目支持。孙广宇一直在多个国际会议和期刊进行学术服务，其中包括担任 ISLPED 2013 的本地组织主席，并担任 DAC, ISLPED, DATE, VLSID, ASP-DAC 和 GLVLSI 等会议的技术评议会委员，担任 IEEE TC, IEEE Micro, IEEE TVLSI, IEEE ESL, IEEE TCAD, IEEE DTC 等杂志的审稿人。孙广宇是 CCF、IEEE 和 ACM 会员，并担任 CCF 体系结构专业委员会委员。



特聘研究员：许辰人，博士

于 2008 年获得上海大学自动化专业工学学士学位，2014 年分别获得美国罗格斯大学应用数理统计学硕士和电子与计算机工程博士学位。2014-2015 年在美国卡耐基梅隆大学计算机系担任博士后研究员，2015 年 8 月至今在北京大学高效计算与应用中心任助理教授、特聘研究员。研究方向为无线网络、移动系统、普适计算。近年来在重要的国际学术期刊、国际学术会议上发表论文 20 余篇，先后获得 2011 年度 ACM SenSys 最佳海报论文奖，2014 年度 ACM UbiComp 最佳论文提名奖，2014 年度三星最佳论文奖金奖以及 2015 年度罗格斯大学研究生学术成就奖。许辰人博士一直在多个国际会议和期刊进行学术服务，其中包括担任 2015 年度国际物联网应用研讨会的共同主席，并担任 ACM MobiSys, ACM BuildSys 等会议的技术评审委员会委员，担任 IEEE TMC, IEEE JSAC, IEEE/ACM TON 等杂志的审稿人。许辰人是 CCF、IEEE 和 ACM 会员。

兼职教授（按姓氏首字母排列）

作为中心的特色，中心邀请若干具有较高学术成就的国外兼职教授，每年投入一定的时间，参与中心的教学、科研，并与中心教师紧密合作，促进发展。目前有两名兼职教授加入中心：



吕松武，博士

美国加州大学洛杉矶校区（UCLA）教授。吕教授分别于 1995 年和 1999 年在伊利诺大学香槟校区获得硕士和博士学位。吕松武教授的主要研究方向为网络、云计算、移动系统、无线网安全以及物联网安全。吕教授现任 ACM/IEEE Transactions on Networking and ACM Wireless networks 和 IEEE Transactions on Mobile Computing and IEEE Wireless Communication Magazine 编辑委员会委员，所获奖项包括 NSF CAREER Award, IWQoS 1997, ISCC 2011 最佳论文奖等。吕松武教授于 2015 年当选 IEEE Fellow。



谢源，博士

美国加州大学圣塔芭芭拉分校（UCSB）教授。谢源教授于 1997 年获得清华大学电子工程系学士学位，于 1999 年和 2002 年获得普林斯顿大学电机工程系硕士和博士学位。谢源教授的研究领域包括超大规模集成电路（VLSI）设计、电子设计自动化、计算机系统结构、嵌入式系统设计等。谢源教授于 2002-2003 年任职于 IBM，于 2003-2014 年任职于宾州州立大学，于 2014 年加入加州大学圣塔芭芭拉分校，现为电气和计算机工程系教授。谢源教授目前担任 IEEE TVLSI, IEEE TCAD, IEEE D&T, ACM JETC, IET CDT 等期刊的 Associate Editor。他所获奖项包括 NSF CAREER award, the SRC Inventor Recognition Award, IBM Faculty Award, 及 ASP-DAC 2008, ISLPED 2012, ISVLSI 2012, ASP-DAC 2014 最佳论文奖，中国国家自然科学基金会海外及港澳学者合作研究基金等。谢源教授于 2014 年当选 IEEE Fellow。

◆ 博士后



刘君，博士

于 2007 年和 2011 年分别获得东北大学计算机应用专业工学硕士学位和计算机系统结构专业工学博士学位，中国计算机学会会员，2011 年 11 月至 2016 年 6 月任东北大学计算机系统研究所讲师，2015 年 9 月至 2016 年 6 月在北京大学高能效计算与应用中心访问，7 月起加入中心开展博士后工作，研究方向为无线网络体系结构、移动云计算。参与并完成国家自然科学基金项目“面向物联网的不确定情境感知计算研究”、工信部软件发展基金项目“SaaS 服务（通用管理）综合支撑平台”、辽宁省科技项目攻关项目“SaaS 支撑平台关键技术研究”、辽宁省科技项目博士启动基金“基于新兴古典经济的云计算资源分配方法研究”，在国内外重要学术会议、国内一级学报、核心期刊发表论文近 20 篇，其中多篇被 SCI、EI 和 ISTP 收录。出版专著 2 部。申请专利 1 项。

Tenure-track faculty positions at CECA

The School of EECS at Peking University invites applications for tenure-track positions in the areas of energy efficient computing (including but not limited to energy-efficient architectures, communication, compilation, and system software) and applications (such as smart grid, mobile computing, sensor networks, and hardware acceleration of computing-intensive applications). These positions are associated with the Center for Energy-Efficient Computing and Applications (<http://ceca.pku.edu.cn>), which offers a new level of startup and compensation packages. Applications from distinguished candidates at senior levels are also encouraged. To apply, please email the resume, statements of research and teaching, and at least three names for references to ceca_recruiting@pku.edu.cn.



电 话：+86 (0)10-6275-4857

传 真：+86 (0)10-6275-8746

E-mail: ceca@pku.edu.cn

地 址：北京市海淀区颐和园路5号，北京大学理科五号楼408室

邮 编：100871

网 址：<http://ceca.pku.edu.cn>