

《计算机体系结构研究新进展》专辑 前言

杨学军 刘志勇 窦 勇

计算机系统在微电子技术的驱动下,在应用需求的牵引下,快速发展.当前,计算机体系结构研究突出表现为微处理器体系结构研究,面临着许多新挑战.由于存储墙效应,微处理器芯片在实际应用中难以提高效率;随着芯片容量增大、频率提高,芯片的可靠性、功耗控制成为热点问题;并行处理技术从典型的高性能并行计算机渗透到单芯片多核处理器,面临大量新的挑战性问题.面向体系结构开展应用算法优化和体系结构支持软件工具的各种技术正在相互融合,新思想、新技术不断涌现,计算机体系结构技术正处于一个迅速变化的时期.为了反映计算机体系结构研究中的新进展,我们组织了本专辑.

本专辑的征文收到了大量的来稿,稿件内容涉及计算机体系结构研究的诸多方面,包括:微处理器体系结构指令调度、分支预测和实际系统级处理器芯片设计;各种存储优化技术、并行计算模型、并行编程模型以及性能分析测试等研究工作;面向体系结构的各种应用优化技术和有关芯片级体系结构容错、低功耗、片上网络等研究工作,等等.经审稿人两轮严格的书面评议,本专辑从中择优录用了 19 篇文章,以反映国内计算机体系结构相关研究的最新进展.

在微处理器体系结构方面,程旭等作者的论文“面向 UMPC 的北大众志-SK 系统芯片设计”提出将传统个人计算机中分布在主板上的众多芯片的功能集成到单一芯片中,采用 2D/3D 扩展指令、软硬协同视频解码加速部件、硬件视频编解码等方式,在高效完成多媒体处理的前提下,有效地降低对中央处理器性能的需求.陈文智等作者的论文“基于 MIPS 体系的扩展指令融合技术”将 MIPS 指令集扩展为 exMIPS 指令集,采用指令融合技术,“融合指令”的执行,不仅提升 CPU 性能,也提升指令域的有效利用率和代码密度.袁楠等作者的论文“高性能代价比的两层关联间接转移预测器设计”分析了两层关联间接转移预测器产生误预测的原因,提出了改进索引的 Hash 构造方法、压缩存储空间代价两类方法,在有限硬件代价下尽可能消除别名误预测,有效地降低硬件实现代价.

在存储结构优化技术方面,王绍刚等作者的论文“HybridTCache:一种基于专用事务 Cache 的软硬件协同事务存储系统”设计了一种新的专用事务 Cache,TCache,缓存事务执行过程中的临时数据,由操作系统协同管理 TCache 溢出,改进事务存储系统的性能、可扩展性、设计复杂度.林伟等作者的文章“众核处理器中使用写掩码实现缓回和写回/写穿透策略”提出在 L1 高速缓存保存写掩码的方法,用以记录本地更新缓存块的字节位置,解决写回策略下伪共享带来的缓存一致性的问题,相对于完全写穿透,混合写回策略在 32 和 64 线程的配置下均获得性能提升,并且采用两种优化空间开销的新方法后性能无损失.陈彧等作者的论文“SAGA:一种由流特性制导的微处理器高速缓存分配策略”提出一种流特性制导的缓存分配策略(SAGA),利用流检测引擎来发掘程序中的流特性信息,进而动态地在发生缓存缺失时指导缺失数据分配策略,最终提高数据缓存的性能.所光等作者的论文“面向多线程多道程序的加权共享 Cache 划分”设计了一种面向多线程多道程序的加权共享 Cache 划分框架(Weighted Cache Partitioning, WCP),实验结果表明,加权 Cache 划分算法虽然失效率有所增高,但却改进了 IPC 吞吐量、加权加速比和公平性.

在面向体系结构的并行计算模型和编程模型方面,涂碧波等作者的论文“多核处理器机群 memory 层次化并行计算模型研究”提出了一种新的并行计算模型 $m\log_n P$,对 memory 横向、纵向

层次化特征进行了统一的抽象,并对多核机群计算平台上点对点通信和集合通信的开销进行了模型分析和实际测试,结果表明新模型比 $\text{Log}_2 P / \text{Log}_3 P$ 模型更适用于多核机群计算平台,并且有助于 MPI 中间件和并行应用在多核机群计算平台上的性能优化. 薛正华等作者的论文“高性能服务器集群部署系统传输模型研究”针对部署大规模集群系统,提出了基于带宽受损的动态流水线模型(一种特殊的 P2P 传输模型),提供较好的可扩展性、可靠性和容错性. 冯国富等作者的论文“一种支持多种访存技术的 CBEA 片上多核 MPI 并行编程模型”实现了一个 MPI 编程支撑环境,通过对访存技术进行细分,并在统一访存接口下实现相应访存技术达到同时支持块访存和传统随机非规则访存应用的目的,同时提供运行时访存剖分信息帮助用户进行访存优化.

在体系结构性能评测与体系结构模拟器工具方面,龙国平等作者的论文“众核体系结构对 Cilk 语言的硬件支持及评测研究”基于域一致性模型,提出 Coherence Vector 机制改善了 Godson-T 的编程性,并顺利支持了 Cilk runtime. 严强等作者的论文“一种基于元数据的采样模拟技术优化”分析了体系结构模拟器采样模拟技术中定长样本不足的问题,提出了基于编译器元数据的采样模拟技术优化 BigLoopSP,在提高精确性的同时,降低了体系结构模拟的时间.

在面向体系结构的应用性能优化方面,王洁等作者的论文“基于 FPGA 的嵌入式多核处理器及 SUSAN 算法并行化”提出了基于 OpenMP 的 3 种可行 SUSAN 算法并行化方法,测试结果表明,其对四核系统能达到 3.0 左右的加速比,并行效率明显. 周永彬等作者的论文“基于软硬件的协同支持在众核上对 1-DFFT 算法的优化研究”通过片上众核处理器 Godson-T 的硬件支持、隐藏矩阵转置、计算与通信重叠等优化策略,在减小 L2 Cache 存储开销的情况下,使优化后的 1-D FFT 算法达到了 30% 以上的性能提升,同时程序性能具有良好的可扩展性. 徐金波等作者的论文“面向多兴趣区域图像处理应用的高效无冲突并行访问存储模型”针对多兴趣区域图像处理应用提出了一种基于地址映射寻址机制的层次式多体存储模型,实现了对图像数组中任意位置固定大小的矩形数据块元素的无冲突并行访问.

在处理器体系结构其它热点挑战问题方面,赖明澈等作者的论文“具有拥塞缓解策略的动态虚拟通道研究及其 VLSI 实现”针对 NoC 片上网络技术中的虚拟通道技术具有面积与功耗开销大的缺点,提出了一种基于拥塞缓解的动态虚拟通道结构,可以自动调整通道结构来适应不同的网络负载,实验效果明显. 任巨等作者的论文“一种流体系统中软硬结合的异构核协同方法”针对异构核间软件协同方法性能低的问题,提出了一种软硬结合的异构核协同方法,与软件协同方法相比,程序整体性能提高显著. 龚锐等作者的论文“片上多核处理器容软错误执行模型”针对多核芯片可靠性的挑战问题,提出了基于双模冗余的 CMP 软错误恢复执行模型 DCR 和基于三模冗余的 CMP 软错误屏蔽执行模型 TCR. DCR 模型在传统的软错误检测模型 CRT 的基础上增加了硬件实现的现场保存与恢复,利用 Cache 失效处理过程隐藏现场保存的时间开销,并且采用特殊的机制实现原始执行与恢复执行之间的 load 数据一致性. TCR 执行模型将 TMR 应用于内核一级,在检测到软错误以后可以动态重构,以实现 SEU 故障的屏蔽. 贺小川等作者的论文“抢占阈值调度的功耗优化”针对处理器低功耗问题,将节能调度和延迟调度结合起来,提出一种两阶段节能调度算法,先使用离线算法来计算每个任务的最优处理器执行速度,而后使用在线模拟调度算法来计算每个的任务的延迟时间,从而动态判定处理器开启/关闭时刻,提高了系统的性能功耗比.

由于篇幅所限,大量优秀论文未能在此刊出. 希望本刊能为读者提供计算机体系结构研究进展的一个概览.

在此,我们衷心感谢广大作者和审稿专家的大力支持!