

ISCA-2014与北美学术之旅

刘磊 国重编译组

第41界国际计算机系统结构研讨会（41st, ISCA-2014）在美国明尼苏达州的明尼阿波利斯举行，这是ISCA有史以来第二次在这个有三支球队和一千多个湖的美丽的河滨城市召开（第一次是在1981年）。ISCA是计算机系统结构领域内重要的国际学术会议，其收录的论文基本覆盖了近40年领域内关键性的研究成果。

我和明尼阿波利斯颇有缘份。因为我虽出国不多，只有两次，但两次却都在这个城市，前一次是在2012年参加PACT学术会议。据本次大会的主席游本中老师介绍，今年的ISCA收到的投稿数量和参会人数在历史上都是名列前茅的，文章的录取率是17.8%，一共录用了46篇文章，报名的参会的人数接近600。很高兴我在博士阶段的一个主要工作被大会接受为正式文章，并作大会报告；另外，借本次参会之便，我还应邀访问了硅谷的几个公司和学术机构，并进行了相关学术报告和讨论。总的来讲，本次北美学术之旅是成功和充满激情的，我将近些年的主要工作展示给了业内的同行，此外，我还认识了很多新的学术上的朋友，会见了老朋友，与国际学术界和工业界交流合作也逐步展开。

参会（6月14-15的前期workshop）

我于6月13号到达明尼阿波利斯。ISCA跟其他会议有些不同，他的workshop环节是安排正会之前的。正会是16号开始，因此与会者有时间休整和准备，也有时间去各个workshop交流和学习。我比较关注的是关于memory的一个workshop，在希尔顿酒店的一个能容纳30人左右的小规模会场举行。来自国际学术界的几个比较知名的研究组（如美国cmu和滨州大学的研究小组）就内存系统模拟器，3D-Stacked技术，新存储介质的内存系统等关键问题展开了讨论。讨论的过程是非常激烈的。与大会报告不同的是，发言者的演讲可能会随时被各种问题打断。这种形式有点“残酷”，演讲者不但要应付夹杂着各种口音的“突如其来”的问题，还要在很短的时间内完整的阐述自己的思想。这种小型的研讨会比大会报告更自由，充满着各种思想的碰撞与摩擦，我参加的这次研讨就有一个印度裔的教授与报告者进行了激烈的辩论，最后“愤然离席”。从学术的角度来讲这不能不说是一件好事，因为几乎所有的重要的学术思想的产生和发展都毫无疑问的经历了这种“针锋相对”的碰撞。“真理越辩越明”，就计算机学科的特点来讲，不断的辩论和说服别人的过程实际上也是自己的想法从“粗糙”到“精细”的过程，也是自我审视自己研究方式与实验方法的过程。我没有在这次研讨会上发言，绝大部分的时间都是在听和思考。会后我与一个cmu的印度学者就stt的应用技术进行了简短的交流，问题涉及到stt与现有cmos的集成、良品率，以及访存延迟等方面。业内对nvm的研究兴趣很高涨，很多学者认为，与pcm相比，stt的应用前景可能会更好。

当地时间周日的晚上是酒会，是ISCA官方为欢迎来自世界各地的学者而准备的交流会。在酒会上我见到了从未谋面的“老熟人”，比如求学于cmu的yoong kim博士，我和他在2011前后年有过若干次的电话讨论和邮件交流，但始终没有见过面。yoong kim充满激情，对学术很是酷爱，他的很多研究都被学术界所看好，文章的引用次

数很高。例如tcm，讨论通过动态的线程行为分类进行访存优化的文章，在2010年发表至今已被引用135次。我本人也反复的研读过这篇文章，并推荐给课题组里的学生，还有过两次引用。参加ISCA的华人学者很多。大家互相介绍，互相谈论着自己最近的一些工作。学术界已经越来越多的能看到来自中国学者的工作，在这里很容易就能了解到现在前沿的研究所关注的问题，也很容易就能找到和自己兴趣相投的学术伙伴。回想起两年前，在离这里不到一公里的另一个酒店，我就认识了现在与我交流并发表文章的匹兹堡大学的学者。

6月16大会开幕

当地时间16号早上9点，500人的会场座无虚席。大会主席游本中老师宣布ISCA正会开始，并介绍了正会的主要情况，计划进程等信息。第一个报告就是来自Microsoft的Doug Burger做的一个keynote，题目是“Insight into the MICROSOFT XBOX ONE Technology”。整体报告很有趣，不仅有来自工业界的各种眼花缭乱的数据，还有让人应接不暇的各种动画效果，感觉微软在这方面的研究和产品已经做到“人机合一”，留给人们很大的想像空间。但更有趣的场景出现在报告结束后的问答环节。大家熟知的Yale N. Patt在后排发问，他须发花白但可谓“声如洪钟”，底气十足。众人的目光立刻全部移向后排，并聚焦在提问者的身上。提问者非常“霸气”，时间几乎静止。服务生立刻送上mic，但被这位老先生一口回绝。“Am I clear?”，“Yes!”众人立刻齐声回答：“Do I need a mic?”，“No”，众人几乎被这种气场给征服了，还很少见这种场面，500多人更期盼的是提问者的问题而非演讲人的陈述。就像各国语言各不相同一样，这齐刷刷的眼神虽各有各的内涵，但此刻几乎都透露出一种敬畏之情。我碰巧就在后排，离提问者不远。提问者毫不客气的对设计方案提出了安全性的质疑，并指出如果安全性的问题不妥善处理的话“后果很严重”之类的言语。演讲者也做出了相应的说明，但显然没有多少说服力，我转头再寻找这位老先生，但他已经离开会场了。第一个报告就此结束。

茶点过后就是大会论文的报告时间了。ISCA要求每位演讲者先有一个75秒的快速报告，目的是让这么多参会者能够第一时间了解到自己感兴趣的报告，而不至于走错会场。我的报告就在大会的第一天，cache的主题session之内，正式报告的时间是下午的4:40~5:05。

大会报告

我这次在大会上介绍的文章题目是“Going Vertical in Memory Management: Handling Multiplicity by Multi-policy”，是一个关于多核共享存储体系结构下访存优化的工作。“访存优化”是计算机体系结构领域内经典问题之一，由于“内存墙”（Memory Wall）的限制，计算单元的利用率始终处于一个较低的状态。除了由于DRAM材质带来的“先天性”处理速率上的差异，多个计算单元之间的访存干扰是制约计算机整体性能的另一个因素。因此，为了提高计算环境的整体性能，业内对“访存优化”予以了足够的重视，在系统结构领域几个关键的学术会议上（ISCA, MICRO, ASPLOS等）每年都有若干篇文章讨论此类问题。

本文虽然也属“访存优化”相关领域，但切入点与带有“微体系结构”特点的文章不同，我希望从“系统”（System）的角度解决问题，希望在资源管理与分配的根源上寻求答案。首先，从系统设计的宏观思想来讲，我希望系统能够体现出自上而下的“Going Vertical”的特征，即从应用程序对资源的需求开始（上），到操作系统如何高效管理和利用资源（中），再到如何恰当的利用计算机微体系结构上的优势（下），在三个层次上建立适度的耦合，进而最大化资源的利用率、最小化资源竞争给系统带来的负面影响，以使得计算机始终处于较优的运行状态。我把这种思想称为“大垂直”。再之，在内存层次结构上（Memory Hierarchy），本文首次提出了多级存储器之间“垂直”划分的方案，区别于传统的仅在单级存储器上进行划分优化的“水平”策略，并基于真实的多核系统对其有效性展开了系统的评测，为“访存优化”提供了技术上的参考。我称之为“小垂直”。除此之外，本文介绍了将数据挖掘与体系结构的优化相结合的研究方法，即在大量的真实实验结果中发掘工作集的访存行为特点与最优资源分配之间的关系，并据此构成一颗指导优化的“决策树”，使操作系统的资源管理初步具备了“智能化”的特点。这部分工作仅收集实验数据的过程即耗时接近两年。作为辅助内容，本文也揭示了一个有意思的发现，即通过监控进程“页表”可以低开销的反应出程序对cache资源的需求以及程序实际的运行时访存特征（包括内存足迹、局部性和重用距离）。该采样方法简单易行、准确且具有较强的可操作性，不借助额外的辅助硬件或硬件支持的计数器。本文的研究大致包括以上几个方面。总的来讲，以“垂直”为系统设计思想和技术方案，本文提出了一套“应用程序与体系结构敏感”（Application-Architecture-Aware）的内存管理模型，并实现其原型。具体内容请参考文章中的详述。

另外，我想谈一下本文的成文过程。本文的撰写经历了一个很长的过程，前后一共经历了上百次的讨论和修改，过程中产生了上百个中间版本（第二作者主要参与）。每一次的修改，都让我对自己所开展的研究更加坚定。除去短期访问之外，我并没有国外的长期留学经历，因此对于英文文章的撰写始终处在一个摸索和进步的阶段，走过不少弯路。好在经过这几年的摔打，我慢慢的有了一些体会，逐渐的积攒了一些经验。我觉得投稿不能带有侥幸心理，如果研究没有做扎实或者撰写不过关是不能去碰运气的。与别的学者交流，我发现他们很多高质量的文章都是提前至少一个月甚至更长的时间就修改好了，而如果我们的文章在投稿前两个小时还在写，那么其结果无异于“以卵击石”，很难逃过行家“法眼”。很多的好研究就是因为撰写问题被kill掉的，所以我认为撰写务必谨慎和严肃，千万不要认为审稿人会仅关注你的想法和实验等核心内容，而错误的认为写作是次要问题进而不会为此而毙掉一篇文章。

我做大会报告的时间恰好是中国时间的午夜，坦率的说，我当时非常的困倦。报告的过程进展的还算正常，也引起了一些学者的关注，他们在会后跟我有进一步的交流。一个曾服务于Intel的芯片设计师（我们实验平台所用的这款芯片就是他参与设计的）会后跟我聊天的时候说，他觉得我们的优化方案很“cute”，很好的利用他们芯片设计上的特点，这是出乎他的意料的。还有几个学者说我们“Going Vertical”这个口号喊的很好，是当前“异构”体系结构时代一个有代表性的系统设计思路。此外，我还和其他几个国内外青年学者进行了良好的交流，并初步确立了交流与未来合作的意向。

学术访问

应学术上朋友的邀请，我在会后的一个礼拜将拜访位于硅谷的VMware公司，以及顺道造访Google和斯坦福大学。硅谷的VMware位于Palo Alto，距离斯坦福大学仅有咫尺之遥。那里的办公楼通常只有两三层那么高，每栋楼的规模也不大，呈矮小的矩形，据说这是从曾经的加州历史上大地震中总结出的建筑风格。那里风景很好，树木很高大，以特有的美国红松和衫树为主，遍地绿茵；那里阳光很是充足，透过林立的大树，星星点点的洒在草地上。另有各种飞鸟穿梭其间，人与自然一片祥和。我觉得这里办公楼不高不大的原因恐怕不是因为大地震，而是为了不破坏这种和谐的自然环境，这里的一切都太自然了。



图：在Google山景城与两位华人研究人员进行交流时的合影。注：陈立群（左一），Google系统部的研发工程师；刘磊（中），中科院计算所助理研究员；李勇（右一），VMware核心技术部的研发工程师

在这里的访问将持续5天，其间还要作一场正式的学术报告。这里的办公环境每个正式的工程师或研发人员都有自己的办公室，人员紧张的时候也可能会两个人共用一间，实习和短期的客座访问人员都坐在开放的办公区。在这里进行的学术交流对我来说很有意义。我主要作的是资源管理这方面的研究，而VMware恰好是作这方面的行家里手。通过几天的交流和学习，我了解到了一些工业界开展研究的特点，这区别于“学院派”的一般经验和套路。另一个很有意思的事情是，VMware高层是公开支持员工自发的组成兴趣小组的，理论上每个员工可以将20%的时间用于这部分“额外”的工作。公司非但不会为了员工“不务正业”而有所限制，反而拿出奖金和设备来鼓励和支持这种由兴趣驱动的项目。

我抽了一个下午的时间访问了位于山景城的谷歌，接待方是我在ISCA大会上认识的谷歌华人研究员。谷歌的氛围非常开放，我们中午在谷歌的中央大食堂里用餐后就在找了一处阳光很好的休闲椅谈论起技术问题。我们交流的内容很广泛，涉及数据中心遇到的种种问题，如服务质量、集群调度、能耗管理等方方面面（谈话并没有涉及到谷歌的技术机密）。这次谈话让我深感如果能把实验室中的研究应用的企业当中，其过程通常甚为迂曲。比如，企业级高性能服务器通常使用的内存Bank数量要高于一般的服务器（2~4倍），那么，在实验室中研究的消除DRAM上线程间访存竞争的很多方法在真实的场景下就显得“多此一举”。企业中的问题又往往过于具体，依赖于他们的生产线或者特殊的内部平台，不但难于介入，而且也难于抽象成有高度的、具有普遍性的科学问题。因此，如何开展和企业的合作是我将来必须要面对和解决好的问题。我们还参观了谷歌的办公环境，真可谓是五颜六色、五花八门，但却出奇的安静、沉寂、内敛。我们在休息区品尝了一些甜点和饮料，接待方给我介绍了公司的文化和管理上的一些事情，随后我们几人合影留念。

我给VMware报告的题目是“Memory Optimization through Operating System Approaches”。来听报告的人里有VMware的技术总监和总工，其中一个人是ISCA这个文章的审稿人，还有一人参加了2012年PACT会议时我讲的报告，另外还有若干个从电话接入的听众。这是一场小型的研讨会，过程中听众会随时和你交流，他们更关心的是那些技术能够被他们的产品线所使用，那些知识能够潜在的影响他们现有的技术。整个报告的节奏紧张紧凑，听众的问题也很有水平，有些甚至很难应对。通过与他们的交流，我自己也很有收获。



图：摄于加州著名的“大树公园”

后记

这次北美学术之旅我一共完成了两个任务，参加了ISCA大会，访问了硅谷的高科技公司，并与相关研究人员进行了学术交流。我深刻的感觉到研究要尽可能的贴近实际，越实际越有价值，因此与工业界合作是一种好形式。现在本土的很多企业越做越强，如百度、华为、腾讯等，无论在产品、技术还是用户数量上都处于世界前列，他们所遇到的科学问题或技术需求也因此会具有很大的实际价值。如果能够与这些企业展开深度的合作那么我们的研究成果的价值就不会仅局限于文章了。

我写这篇文章的时候距离本次学术之旅的结束已经过去一段时间了。现在回想起来，紧凑的十多天时间我基本上都在各处奔波与交流，有时候一天要跨两个小城市，忙、累，但却很有意义。那段时间恰逢4年一次的世界杯足球赛，那个时候已经可以在山景城的公路上看见谷歌的无人驾驶汽车了。6月的加州不像明州那么阴冷，加州特有一种金黄色的草，一寸寸，一片片，生长在阳光下，漫山遍野的都是。从飞机上看整个加州就像是撒了一层厚厚的金沙。我周六的上午和朋友一起去游览了加州的一个著名的“大树公园”，在一片“繁花盛开的森林”，那里的每一棵树都至少有几百年的历史。照片中的这棵树据说有1500年的树龄，她像“划过时间之海而来的一艘美丽的船”，满满的承载了1500年来加州的阳光，她扬帆启航的时候比哥伦布发现美洲大陆要早900年，那个时候恰好是中国的南北朝时代。