

第三届中国计算机系统教育研讨会 总结报告

2018年7月4-6日

第三届中国计算机系统教育研讨会（CSEW 2018）由中国教育部批准、微软亚洲研究院承办，于2018年7月4日到6日在北京微软亚洲研究院召开。本次会议的主要组织者为美国康奈尔大学的Lorenzo Alvisi教授和Robbert van Renesse教授、加州大学圣地亚哥分校的Geoffrey M. Voelker教授、微软亚洲研究院的周礼栋副院长。来自国内清华大学、北京大学、上海交通大学、中国科学技术大学、中国科学院大学、南京大学、华中科技大学、北京理工大学、西安交通大学、厦门大学、华南理工大学、香港中文大学、香港城市大学、香港大学等14所高校，以及中国科学院计算技术研究所、中国科学院深圳先进技术研究院、微软亚洲研究院等3所研究机构的二十余名从事计算机系统研究与教学的老师探讨计算机系统软件类课程（操作系统、计算机网络、分布式系统、编译原理等）教学的相关问题和经验。本次研讨会的所有参与人员都积极参与，发挥了重要的作用。

为期三天的研讨会集专题研讨、演讲报告和自由讨论于一体。研讨会包含六个专题研讨、五个演讲报告，从多方面讨论系统软件类课程教学和教育的不同方面的问题和解决方法。本文是此次研讨会的专题研讨和演讲报告的总结。

本文的撰写得益于研讨会全体参与人员的共同努力。研讨会的英文总结版本由微软亚洲研究院蒋运崧收集和整理，中文版本（即本文）是在英文版本的基础上进行翻译和扩充。中文版本由中国科学技术大学张昱和清华大学陈渝负责组织翻译、请相关老师核对翻译稿、以及进行全文的审校。初步的翻译稿由北京理工大学研究生石剑君、清华大学研究生甄艳洁和魏超、中国科学技术大学研究生郭兴承担。在此感谢几位研究生和所有参与人员的辛勤付出。

2018年11月22日



目录

专题研讨会.....	3
专题 1: 实验和编程作业.....	3
专题 2: 不断改进课程的教学材料.....	4
专题 3: 教学方法的创新.....	5
专题 4: 云平台.....	7
专题 5: 中国的现代化操作系统教学.....	8
专题 6: 现代教学挑战.....	9
事后补充.....	9
报告.....	11
臧斌宇: 中国的现代化操作系统教学.....	11
陈渝: 清华大学的操作系统实验.....	11
陈志为: 使用人工智能聊天机器人教学.....	12
张昱: 程序设计语言基础.....	12
蒋炎岩: 使用抽象机的课程实践项目.....	12

专题研讨会

专题 1：实验和编程作业

研讨嘉宾：清华大学 陈文光（组长）、北京理工大学 嵩天、清华大学 陈康、北京大学 杨智、中国科学技术大学 李诚

记录：华南理工大学 陈春华

英文整理：微软亚洲研究院 蒋运韞

中文翻译：北京理工大学研究生 石剑君（导师：计卫星）**审校：**中国科学技术大学 张昱

- **陈文光（清华大学，计算机系统）**

陈文光老师认为传统的计算机系统实验大都是基于构造或者基于模拟的实验。例如，ICS perflab 是编写程序并使之在现有的体系结构上运行，cachelab 是编写一个缓存模拟器并在该缓存模拟器上运行程序。虽然基于构造的实验可以在真实硬件上运行，但却引入太多噪声。而基于模拟器的实验能够降低噪声，却无法在真实硬件上运行。

陈老师建议采用基于测量的课程实验，它们既能在真实硬件上运行，也可以使测量程序引入较少的噪声。但是，这些基于测量的实验的多样性有所欠缺，致使难以检测抄袭：一旦有人发布了解决方案，学生就可能就会拷贝代码。

- **嵩天（北京理工大学，计算机网络）**

嵩天老师讨论了覆盖计算机网络两类课程（包括导论课和面向实践的课程）的实验。两类课程使用涉及计算机网络不同方面的四组实验，包括：1）路由器和交换机的配置，2）套接字编程，3）使用 Wireshark 软件工具进行网络数据包分析，以及 4）高速网络数据包分析。

嵩老师谈到一些问题和实验指导。例如，如何在移动终端、SDN、云以及物联网上设置实验？考虑到边缘网络（如物联网设备），Intel DPDK 是一个可用于网络实验的好工具。DPDK 是数据平面开发套件，它包含一组可以加速数据包在各种 CPU 架构上处理的库组成，包括 x86、PowerPC 和 ARM 处理器。遗憾的是，DPDK 对本科生来说使用可能太难了。

- **陈康（清华大学，计算机组成/分布式系统）**

陈康老师介绍了包含汇编编程、计算机组成、操作系统、编译器和计算机体系结构的计算机系统课程系列。对于计算机组成课程而言，实验平台从一个使用 74xx 系列 TTL 芯片自行设计的 8 位计算机，演变到一个基于 16 位 FPGA 的平台，再演变到一个 32 位离线或在线开发板。清华大学设计自己的开发板而不使用现成的开发板的原因是：现成的开发板可能只有片上内存（在处理器内部，与现实计算机不同）或者 DDR 内存（对于本科生来说太过复杂）。在清华大学自主设计的开发板上，取而代之的是使用 SRAM 内存模块。

陈康还讨论了在线和离线实验：在线实验减少了实验设备由于老化，或者虚接导致的硬件错误，这种错误极其难以调试。在线实验降低了这方面的难度，但是在线实验的缺陷在于缺少了在实际硬件开发板上操作的亲身体会。

- **杨智（北京大学，分布式系统）**

杨智老师自 2012 年起开始讲授分布式系统课程，该课程侧重于分布式系统的重要原理，旨在教会学生解决问题，并获得一定分布式编程经验。实验面临的一些挑战是：如何通过实验来系统地学习分布式系统；由于学生时间有限，如何在实验过程里避免重复编程，如何提高学生兴趣，等等。课程采用了一些实践，包括系统性实验（将一个系统拆分成不同模块，让学生

逐步实现不同模块，边学习边完成一个整体系统）；增加实验相关的论文阅读讨论。实践发现这种方式需要老师在实验开始前帮助学生设计整体系统，比较适合选课人数不是很多的情况；另外，发现学生在实验选题时希望能有一定的技术挑战，愿意投入时间来完成较为复杂的题目。

Spark 已被证明是一个很好的实验工具，尽管对一个成功的实践项目而言，学生必须要学习很多东西。在实践项目的早期阶段，最好引导学生清楚地了解需求、问题和所需的知识。在学生与老师会面讨论之前，应该事先提供给一些选定的论文。

举例来说，一个实践项目可以是将键值存储实验改为快速内存键值存储实验，以实现分布式机器学习。

• 李诚（中国科学技术大学，编译器/分布式计算）

中国科学技术大学计算机学院的编译原理课程教学团队由张昱、郑启龙和李诚三位老师组成，为不同教学目标而开设了三个级别的编译课程（即荣誉层级、普通层级和双学位层级）。李诚老师分享了他首次参与荣誉层级编译课程教学的实践经验。

该教学团队重新构建了与以往不同的课程实践项目，在项目中引入了现代编译器和编程技术，如 LLVM、ANTLR、Git、makefile、GitBook、GitHub 等。旨在让学生完成所有课程实践项目后，能够熟悉现代编译技术和高级构建工具。

为了鼓励学生花足够的时间完成课程实践项目，他们允许学生在截止日期之后重新提交他们的解决方案。实践表明这是很有价值并且有成效的，因为在中国科学技术大学，三年级计算机专业的本科生课程学习负担非常重。由于不少学生在有效管理时间上欠缺而没有赶上截止日期或者在截止日期前提供了不完整的解决方案。在 2018 年秋季的荣誉层级班级中，42 名学生中有 17 名重新提交了他们的解决方案，其中一些学生重新提交了多次。最终成绩则综合考虑首次提交的成绩和重新提交的成绩而进行计算。

专题 2：不断改进课程的教学材料

研讨嘉宾：北京大学 边凯归（组长）、清华大学 陈文光、厦门大学 郑炜、南京大学 许封元

记录：上海交通大学 夏虞斌

英文整理：微软亚洲研究院 蒋运韞

中文翻译：清华大学研究生 甄艳洁（导师：陈渝） 审校：中国科学技术大学 张昱

• 边凯归（北京大学，计算机网络）

边凯归老师首先介绍了北京大学本科课程“计算机网络”的新的教学内容。近年来人工智能（AI）和机器学习（ML）的蓬勃发展引起了学生们的广泛关注。探索将 AI 或 ML 与网络应用相结合的方法是很有趣的，这有助于提高网络课程对学生的吸引力。边老师介绍了两个相关的课程实践项目。第一个项目是 AI 驱动的内容分发网络，它通过神经网络模型分析和预测 Web 内容的流行度，使得流行的内容可以预先缓存到边缘网络中，以便最终用户快速访问。第二个项目是为中国的在线社交网络应用——微信打造一个智能聊天机器人。学生开发一个插件安装在微信客户端，该插件使用自然语言处理（NLP）技术监控和分析聊天内容，基于该分析，当检测到隐私敏感或其他信息泄漏时，它将向用户发出警报。

• 郑炜（厦门大学，操作系统）

郑炜老师分享了他讲授厦门大学“操作系统”课程的经验 and 想法。他指出，现在主要的挑战是学生更喜欢负担轻的课程及实践，因此学生们往往会避免选修像操作系统这样的高负荷课程。郑炜尝试了许多方法来解决这个问题。例如，结合一个循序渐进的实验指南和重要概念

的“思维导图”，通过实验来帮助学生更好地理解概念。当使用新版教科书时应及时更新幻灯片，因为大多数幻灯片的内容都是从教科书中拿来的，而教科书的某些部分可能不是最新的。郑炜还尝试其他一些方法来增强与学生的互动，例如，通过类比、动画等方式教学是比较有效的，学生也更容易理解；建立微信群用于学生的问答等。

- **陈文光（清华大学，计算机系统）**

陈文光老师分享了他在清华大学开设研究生英文课程“大数据系统概论”的经验。该课程分为三部分。第一部分是让学生快速了解经典的并行编程方法和容错技术，使用 OpenMP 或 MPI 进行编程，使用检查点技术进行容错。第二部分包括 MapReduce 和 Spark 编程，以及图计算和流计算等典型大数据处理模式。学生在学习传统并行编程时遇到的困难会使他们对新的大数据处理模式有更深入了解和思考。第三部分介绍参数服务器（parameter server）框架，以完成分布式大型机器学习应用，并介绍了数据可视化工具。陈老师还讲述了这门课程是如何逐渐发展的。由于 GPU 可以用作专门的加速器，他曾尝试在课程项目中添加 GPU 编程。然而，对于在学习大数据系统的第一门课的学生来说，GPU 的教学内容似乎过深而难以让学生理解，于是他后来将其从课程中删去。为了强调单台机器能力常常被低估，他增加了一个单机作业来作为对比。最后，为了使课程内容对学生更有吸引力，他还介绍了一些区块链之类的新话题，学生们很感兴趣。

- **许封元（南京大学，系统安全）**

许封元老师分享了他在分布式系统和安全等课程上的观察和看法。他认为选修系统相关课程的学生的思维和态度是不断在变化的，因此课程材料需要相应的调整，以吸引学生的关注度和兴趣。在保证教师设定的教学目标和大纲基本不变的情况下，适度调整教学内容和形式可以营造积极的教学氛围和提高学习质量。鉴于目前学生的反馈，建议的教学材料的变化包括：1) 在介绍一种新技术或知识时，多利用实际中学生能够接触到的例子来引起他们的兴趣；2) 准备适量的视频短片、原型系统等幻灯片以外的其他形式材料；3) 穿插介绍目前某些领域的最新研究进展，特别是被学生传为“黑科技”的技术。

专题 3：教学方法的创新

研讨嘉宾：香港城市大学 陈志为（组长）、清华大学 向勇、北京理工大学 嵩天、南京大学 许封元、华南理工大学 陈春华

记录：上海交通大学 冷静文

英文整理：微软亚洲研究院 蒋运韞

中文翻译：中国科学技术大学研究生 郭兴（导师：张昱） **审校：**中国科学技术大学 张昱

- **陈志为（香港城市大学，计算机组成）**

陈志为老师在本专题研讨开始时首先强调前一天讨论的一些创新方法（例如，Robbert 的竞赛风格的项目）和结对学习。他考虑是否可以总结在以“教学生如何调试”为主题的系统类课程中的教学方法，因为调试是编程中的重要概念，其定义可以扩展到实现系统。其他创新方法包括 Robbert 的竞赛风格、或使用游戏甚至在线社交网络来进行课程沟通。考虑到听课的学生有复杂的背景（有些人只知道 Java，而另一些人知道 Python 和/或 C++），系统类课程教学在教学中可能需要一个“新的编译器”。特别是，Robbert、Lorenzo 和 Geoff 前一天提到，应该如何让学生“从不同的角度看待事情”，从不同的角度理解概念。陈老师最后举例说明，

如何用“低门槛高天花板”的方法在这个“指尖知识（使用搜索引擎迅速获取知识）”的世界教学生。例如，使用一条一致的主线来激发日益具有挑战性的不同主题，推动学生从不同的角度去反思和看待事物（例如，在他的计算机组织课程中，他强调“半加法器”在很多方面都很有用，而不仅仅是加个位数）。

- **陈春华（华南理工大学，计算机与软件工程概论）**

陈春华老师介绍了一种面向大一学生开展计算机与软件工程概论课程实践的教学方法。该方法强调综合和互动学习。上课前，学生需要完成一个阅读作业，其中包含相关的关键词列表、大纲和用于检查核心概念理解的问题。在课堂上，除了授课，学生还参与小组学习活动、进行结对教学、讨论和问答。下课后，学生们利用老师的办公时间和在线讨论工具与老师进一步交流以巩固自己的知识。课程结束时，学生们进行口头海报展示。课程的分数在课前、课间和课后的任务、海报展示和考试之间平均分配。陈老师还讨论了翻转课堂的挑战和好处，使用 Padlet 进行在线教育支持，将学生学习经验提高到布鲁姆分类学水平的目标。

- **向勇（清华大学，操作系统）**

向勇老师介绍了他使用雨课堂的教学方法，该方法使用流行的微信界面让学生随时访问老师在授课期间发布的教学材料。向老师还对雨课堂微信应用的功能进行了现场演示，应用支持发起问卷、收集学生的答案并立即展示结果，还可以收集学生的疑问和反馈。向老师讨论了他用来教学生的多种方式的多种权衡，包括黑板、幻灯片、在 MOOC 中的演示文稿、维基和用 Piazza 来传达信息和展开讨论，用 Github 管理项目。

- **嵩天（北京理工大学，计算机网络）**

嵩天老师介绍了他在一个非常受欢迎的在线 MOOC 课程中教授学生 Python 编程以及在北京理工大学讲授计算机网络和安全课程的经历。他讨论了使用 MOOC 和翻转课堂进行教学的利弊，以及他不断发展他的课程的经验。对于教师来说，迭代对于课程质量至关重要，学生的反馈是了解如何改进课程的关键。针对他的网络和安全课程，他介绍了使用知名的网络应用程序来激励学生学习网络和安全核心概念的各种方法。他在演讲结束时总结了与在线教育相关的问题和挑战，包括如何启动在线系统实验室、如何维护在线学习社会、是否有足够的在线课程以及如何增加学生和教师之间的反馈。

- **许封元（南京大学，系统安全）**

许封元老师介绍了他教学生做课程实践项目以及并入某种形式的竞争等的教学方法。他强调在学期初期应该将教学材料与课程实践项目联系起来，还强调实现技术之外的软件设计要素、让学生撰写项目报告的意义、以及竞赛项目带来的趣味和激励的好处。许封元老师描述了他提升学生参与度的一些方法。首先，对于包含学生项目的课程，尽量在授课的早期引入和介绍学生项目中所涉及的背景知识和技术要点概述，这样有利于学生较为正确地根据兴趣爱好和学习目标来制定项目题目和规划项目路线。其次，在课堂上讨论学生在项目中已遇到的或者可能遇到的问题和现象，这样既有助于吸引学生的注意力，又能鼓励一些积极的学生分享他们的第一手的问题解决思路，让其他学生也受益。此外，许老师还建议将一些竞赛机制引入课堂和课外学习，比如安排一些论文的辩论会、让学生参加一些课外比赛，如 CTF；让学生在课堂上有更多主动性。

专题 4：云平台

研讨嘉宾：香港中文大学 李柏晴（组长）、华中科技大学 华宇、中国科学院计算技术研究所 王卅、上海交通大学 冷静文、北京大学 杨智

记录：中国科学院深圳先进技术研究院 喻之斌 **英文整理：**微软亚洲研究院 蒋运韞

中文翻译：中国科学技术大学研究生 郭兴（导师：张昱） **审校：**清华大学 陈渝

- **李柏晴（香港中文大学，云计算）**

李柏晴老师分享了他在港中大讲授云计算课程的经验。本课程涵盖 hadoop、mapreduce 编程和云存储的例子（例如，BigTable、Dynamo 和 Haystack）。学生们需要在本地 OpenStack 云集群、Amazon EC2 和 Microsoft Azure 上完成作业。Amazon EC2 和 Microsoft Azure 都为学生提供了免费帐号。主要的挑战是，由于云资源有限，学生无法进行大规模实验。此外，除了虚拟机实例和云存储服务外，学生还需要了解如何使用不同的可用云服务资源。

- **华宇（华中科技大学，存储系统）**

华宇老师分享了他对在教学中使用云平台的好处和挑战的看法。云平台可为共享教材和任务以及在教师和学生之间快速高效地传输数据提供集中管理。此外，云平台还允许学生体验云性能并学习一些高级技术，如重复数据删除技术。学生当前面临的挑战是如果提高动手能力，并通过云平台来开展深入的研究。

- **王卅（中国科学院大学/中国科学院计算技术研究所，操作系统）**

王卅老师分享了他在中国科学院大学操作系统课程中使用云平台辅助教学的经验。他认为云平台便于扩展、维护简单，尽管他也认为云平台更适合分布式系统和网络课程，而不是操作系统课程，因为后者侧重于讲授内核内部。特别是，他讨论了在计算机组织课程中使用 FPGA 云平台的问题。FPGA 云平台为学生提供了全天候的进行实验项目的条件。它还使教师能够轻松地监控学生的进度。此外，云平台还促进了硬件软件协同设计的一些研究课题。然而，使用 FPGA 云进行教学有两个挑战。首先，学生可能会感到不那么兴奋，因为他们无法接触到真正的物理板。其次，FPGA 云平台有时不稳定。

- **冷静文（上海交通大学，嵌入式系统）**

冷静文老师分享了他关于云计算如何帮助嵌入式系统教学的想法。他在嵌入式系统教学中面临的主要困难是对全班约 85 名学生提交的代码进行深入检查。另一个困难是在学生中组织一些展示比赛。因此，他认为云平台为共享课程材料、收集学生反馈和执行大规模服务提供了一个高效的平台，但云平台的使用也可能对学生带来一个陡峭的学习曲线。

- **杨智（北京大学，分布式系统）**

杨智老师谈到了云平台如何帮助教学，例如提供虚拟的动手实验。他还分享了教学超出课程范围的内容的经验。特别是，他选择了一些最先进的研究论文在他的课程中讲解，让学生了解前沿的研究课题。

在这个专题讨论中，大家讨论了如何为本科生选择合适的研究论文，以及助教帮助促进课堂发展的重要性。Geoffrey M.Voelker 提到，在加州大学圣地亚哥分校，有助教的重聚活动，前助教会分享他们的教学经验。

专题 5：中国的现代化操作系统教学

研讨嘉宾：上海交通大学 陈海波（组长）、中国科学院深圳先进技术研究院 喻之斌、香港中文大学 李柏晴、上海交通大学 夏虞斌、中国科学技术大学 李诚

记录：清华大学 陈康

英文整理：微软亚洲研究院 蒋运韞

中文翻译：清华大学研究生 魏超（导师：陈渝）

审校：清华大学 陈渝

- **陈海波和 Robbert van Renesse（康奈尔大学）之间的讨论**

产业界需要的是与大学希望学术界教什么，这是一个非常有趣的问题。康奈尔大学的 Robbert van Renesse 想知道产业界希望学生具备什么样的系统技能：更注重实践，或者更注重理论（比如设计和分析）。似乎学术界和工业界之间存在一些分歧。陈海波希望他的员工在解决问题和系统建设方面拥有非常强大的技能（比如熟悉系统底层细节）。Robbert 表示，诸如推理系统等分析技能非常重要，应该在教育中加以强调。大家一致认为它们是同一枚硬币的两面。学生需要知道如何解决特定问题（通过精心设计的教学实验）以及如何推理系统（通过讲座和讨论）。不同的职业可能会强调不同的层面。

- **关于“中国与美国的学期组织不一样”的讨论**

在中国，本科学生在最后一学年，很少选择参加课程（至少最后一个春季学期是这样）。在陈康所在的清华大学计算机系，最后一个春季学期仅用于毕业设计。学生需要花费大约 6 个月的时间与他们的导师（教授/副教授/讲师）一起完成一个项目。学生也可以去实习并找工作（与毕业设计相互独立，学生自己寻找机会，与学校无关）。清华大学有特殊的夏季学期，这些时间用来补充教学。在美国，学生通常会在所有学期选择四门课程，包括最后一学年，直到他们毕业。美国学生暑假很长，学生经常去实习。

- **关于“一个学期的课程安排”的讨论**

陈康老师说，他所在的清华大学计算机系，每个学期的课程数量太多了。一个典型的数字大约是 8 到 10 门课程（他从他的一个学生了解到那位学生一学期选修 25 分、超过 10 门课程）。在美国，这个数字通常是 4 或者是 5。对于该系的普通学生来说，课程数量太多，很容易使课程学习变得没有深度。他认为他们应该加强大多数课程的深度（不仅仅是系统课程）。学生可能需要学习一些课程来开阔视野，但是深入学习更重要。

- **关于“研讨会上与参会者可能的合作”的讨论**

我们或许可以从系统相关课程的授课和（或）与系统相关的实验课程开始合作。第一步可能是有一个地方来分享课程材料。

- **对下一个研讨会的建议**

- 1) 是否邀请计算机系统结构方面的老师？
- 2) 讨论 Systems+X？X 可以是其他任何内容，比如人工智能、机器学习、数据挖掘等。

- **对其他资源和建议**

- 1) Piazza 是一个很好的讨论工具。
- 2) “权威课程”一览表：<https://github.com/prakhar1989/awesome-courses>
- 3) 鼓励大学生阅读系统论文。他们需要学习如何思考 and 如何推理计算机系统。
- 4) 需要感谢助教，因为他们贡献了很多。

专题 6：现代教学挑战

研讨嘉宾：香港大学 崔鹤鸣（组长）、厦门大学 郑炜、中国科学院大学/中国科学院计算技术研究所 王卅

记录：清华大学 向勇

英文整理：微软亚洲研究院 蒋运韞

中文翻译：中国科学技术大学研究生 郭兴（导师：张昱） **审校：**清华大学 陈渝

- **崔鹤鸣（香港大学，分布式系统）**

“分布式系统”课程为香港大学选修课程。挑战包括：用新技术激发学生，鼓励学生继续在自己的职业生涯中学习，培养良好的学习习惯。崔鹤鸣老师让学生阅读和讨论论文，一个例子是 Facebook 的照片缓存技术。学生很喜欢这种方法。其余的挑战包括培养自我学习能力、识别有研究潜力优秀学生，以及提高学生的团队精神和领导力。

- **郑炜（厦门大学，操作系统）**

郑炜老师指出挑战主要包括在课堂上维持秩序和识别作弊。因为大学对课堂的出勤率有要求，有些时间花在课堂点名上。代码审查可用于检查作弊。

- **王卅（中国科学院大学/中国科学院计算技术研究所，操作系统）**

王卅老师试图在课堂上引入游戏和故事使系统类课程比 AI 更有吸引力。该方法用于教材准备和课堂讨论的过程中。

本专题还讨论以下内容：

- 1) 一些工具，如来自斯坦福的 MOSS，可以用来识别作弊。
- 2) 学生有义务在学习中保持诚实和信用。

事后补充

提供人：清华大学 陈康

中文翻译：中国科学技术大学研究生 郭兴（导师：张昱） **审校：**清华大学 陈渝

- **陈康（清华大学，计算机组成原理）**

对于“实验室和项目”小组，陈康老师第一次给出了他上计算机组成原理的教学经验。清华的这门课程有“三周内造出一台计算机”的美誉。学生需要使用约 25 + 5 个指令建立一个 MIPS 计算机。学生们每 3 人一组。每个组都提供一个实验板。板载组件包括 FPGA、SRAM、UART、USB、VGA、PS2 等。25 条指令对于所有组都是相同的，它们用于运行一个非常简单的监视程序（使用 25 条指令编写的类似 Shell 的程序）。此监视程序可用于测试硬件实现是否正确。另外 5 条指令在各组之间是不同的，从剩余的 MIPS 指令中随机选择。这 5 条指令是为了防止组之间相互抄袭。学生主要需要实现 CPU。其中最困难的部分是如何访问 SRAM。实验环境避免使用片内存储器（位于处理器内部），这是太容易，与实际硬件也不符。当然也需要避免使用 DDR RAM，这太复杂了。这也是需要构建特殊的实验板的原因。

大多数组进行实验的时候可以参考之前更简单的实验（包括构建 ALU、控制 UART 和控制 SRAM 等）按时完成项目。对于想要获得较高分数的学生，他们需要构建更多的内容，例如使用 VGA 构建 GUI 界面或运行内核程序。运行内核程序需要在硬件上实现内核/用户模式。

陈康老师对这个实验的评价是：任课老师在努力降低计算机组成实验的难度。它现在实际上不需要太多的硬件知识和经验。但是调试硬件仍然很困难，即使程序是正确的，有一些小

缺陷 (比如, 由于不注意的电路板弯曲而导致的频繁断线)会阻止 CPU 正常运行。这可以通过提供基于 Web 的实验环境来解决这个问题。这将使设备保持在稳定的环境中, 从而最大限度地减少这些缺陷。学生可以通过 Web 浏览器连接到实验室板。在教学实践中确实观察到了更好的实验体验。不过, 它还是把学生从硬件上推得更远。不过, 陈康认为这是正确的方向。随着 FPGA 加速特定应用程序的需求的发展, 学生在职业生涯中有更多的机会编写 VHDL/Verilog 程序。计算机组成原理的课程可以帮助学生在这个方面获得训练。

- **陈康 (清华大学, 清华大学整体系统相关课程)**

对于“中国 OS 教育现代化”的专题讨论, 陈康老师对本系的系统相关课程的组织进行了简要的讨论。清华大学每年有三学期。秋季学期始于 9 月, 并于第二年 1 月结束 (16 周)。春季学期始于 2 月, 结束于 6 月 (16 周)。夏季学期是在 7 月或 8 月 (五周、1 或 2 个课程)。每个学年从 9 月开始, 即学年安排为秋季、春季和夏季。

在清华大学计算机系有大约 5 门有关计算机系统的课程。第二个暑期学期 (第二年结束) 的汇编编程; 计算机组成和编译器在第三个秋季学期; 操作系统和计算机体系结构在第三个春季学期。这些都是必修课。在第三个暑期学期, 还有“计算机系统实验”和“分布式数据处理实验”。接下来是第四秋季学期的“操作系统专题训练”和“编译原理专题训练”。这些不是必修的, 学生可以选择媒体处理项目或机器学习项目代替。

陈康老师对系统相关课程组织的评论: 课程的组织还可以, 计算机系的毕业生在就业市场上非常受欢迎。学生维护了一贯的高水平。不过陈康老师认为的确还有改善余地:

- 1) 第二个暑期学期对汇编编程课程来说有点太晚了 (现在, 它实际上就像是电脑系统课程的介绍)。此外, 可能需要一整个课程, 涵盖计算机系统的基本方面 (计算机系统简介)。它应该早点开始, 比如在第二年的秋季或春季。相对来说理解系统需要时间。目前的课程设置导致一个相对巨大的跳跃: 学生上计算机组成课程时, 只有很少有计算机系统的知识。

- 2) 当前课程缺乏联系和必要的组成部分。例如, 在各种课程中介绍的数据表示, 很多是重复的, 应该合并, 只需在一个课程中讲解。在任何课程中都没有谈论链接器和装载器的话题, 但它们对于了解程序在系统中的运行方式至关重要, 需要补充。还需要讲解一些基本的系统级优化技术, 因为它们对任何程序员都有用。

- 3) 课程组织是不容易改变的。系统课程的教师已经注意到上面提到的问题, 并开始召集不同课程的教授, 讨论如何处理这些问题。系统课程的教师将对目前的组织进行小的改动, 使学生更容易获得与系统相关的课程。

报告

臧斌宇：中国的现代化操作系统教学

报告人：上海交通大学 臧斌宇

记录：上海交通大学 陈海波

中文翻译：清华大学研究生 魏超（导师：陈渝） 审校：清华大学 陈渝

臧斌宇老师重新审视了计算机教育的历史，并将其分为三个时代：多神教的时代（上世纪 70 年代至 80 年代中期），期间出现了许多新的理论和技术（这些技术发展或许太快）；一神教时代（世纪 80 年代到 21 世纪初），单处理器技术成熟；现今时代（2000 年代至现在）。中国系统教育的一个问题是所使用的教科书源于多神教时代的经典教科书（龙书和恐龙书）。虽然学生理解经典理论是有益的，但它们可能无法跟上现代计算机系统的复杂性和可扩展性，并且在培养学生在现代计算机系统的实践方面效果较差。为此，臧斌宇从 2000 年开始通过从美国顶级计算机系引入课程，整合它们以适应中国的教育系统并重新调整中国学生的课程教材，开始彻底改革中国系统课程。

臧老师介绍了上海交通大学软件学院的系统类课程组织，强调计算机系统课程的引入是非常重要的。教材应该足够容易让学生学习，并有足够的信息让学生知道系统是如何工作的。计算机科学与工程学科太宽泛，无法涵盖一切。我们应该提供足够的信息给那些可能远离系统的学生。总的来说，臧老师强调计算机系统教育应该从程序员的角度出发，然后深入到系统设计者的角度。这些都体现在上海交通大学的系统课程中。

在吸引学生的注意力和兴趣方面，臧老师举例说明了如何使用实际生活中的具体例子来激发教科书中的基本理论和系统设计的折衷。例如，臧老师在计算机系统工程课程中使用支付宝事件（由杭州光纤切断引起的服务中断）来激发分布式系统中的一致性问题。

在接下来的“中国的现代化操作系统教学”专题研讨上，提供有关讲授什么以及如何讲授计算机系统介绍的建议可能是有用的。也许这个小组可以给其他中国大学提供一些建议，或者给那些想从零开始学习系统的学生一些建议——也许是从基于 CSAPP（“计算机系统：程序员视角”）的课程开始的，因为许多老师都提到了这门课程。

陈渝：清华大学的操作系统实验

报告人：清华大学 陈渝

记录、中文翻译：清华大学 陈渝

陈渝老师首先介绍了当前国际和国内的操作系统实验课程设计，并对清华大学计算机系的操作系统课程的实验内容进行了阐述。清华大学计算机系的操作系统实验课程由 8 个实验组成，每个实验在课堂上会有 25~40 分钟讲解，包括实验需求、与前后实验的相关性、知识点理论与实验部分的联系等方面。学生会花 1~5 天不等的完成实验内容。同时，提供了可代替考试的大实验，可供学有余力的同学选择。

同时，在实验的硬件环境方面，陈老师推荐采用基于 RISC-V 开源 CPU 来进行操作系统实验，其丰富的软硬件资源可便于学生更好地理解 CPU/外设硬件细节、以及操作系统与 CPU/外设的交互细节。

陈志为：使用人工智能聊天机器人教学

报告人：香港城市大学 陈志为

记录：香港城市大学 陈志为

陈志为老师带来的报告题目是“使用人工智能聊天机器人教学”。陈老师演示了如何使用脸书聊天机器人(AI ChatBot)教授计算机科学课程，并探讨了人工智能和机器学习在这些应用场景的作用。陈老师还对如何利用人工智能来设计拥有“低门槛高天花板”的计算机科学相关的问题进行了简要的讨论。

张昱：程序设计语言基础

报告人：中国科学技术大学 张昱

记录：中国科学技术大学 张昱

在开源软件盛行、各类异构硬件迅猛发展及广泛应用的新计算系统时代，软件系统常由多种编程语言编制且日趋复杂。编程语言作为人与机器间的桥梁，仍继续发展以解决层出不穷的新问题，而编程语言的原理却万变不离其宗。编程语言基础在复杂软件系统的研制中发挥日益重要的作用，业界亟需更多懂语言原理的人才来设计可靠高效的解决方案。面对这些现状，高校该如何选择和讲授程序设计语言及其相关的知识？

针对此，张昱老师介绍了中国科学技术大学计算机学院开设的程序语言相关的三个层级的课程：具体的程序设计语言、《编译原理和技术》、《程序设计语言基础》；重点介绍了在开设《程序设计语言基础》课程的思考、探索与实践。针对《程序设计语言基础》，张老师指出这门课旨在让学生了解不同编程语言范型及其特征和实现技术，学习形式化描述语言特征的主要方法，以期培养学生设计和实现领域特定语言的能力。她从五个方面阐述对该课程教学内容的思考：1) 引入哪些编程语言到课程中；2) 讲授哪些程序语言概念；3) 以什么形式来介绍这些概念；4) 教学材料；5) 作业和实验。

张老师还介绍了她在 2018 年春季的教学实践的情况以及经验教训。这次实践引入了四种不同范型的编程语言，包括脚本语言 Lua、函数式语言 OCaml、逻辑语言 Datalog、增强内存安全的系统编程语言 Rust，重点使用 Lua 和 OCaml 开展课程实践。课程介绍静态和动态作用域、对象系统、lambda 演算和类型系统、控制流、类型和命题、内存管理、并发等程序语言概念。由于课程涉及面广，学生之间、学生与老师之间的交流和问答对学生理解知识就非常重要。尽管老师尝试多种方法鼓励学生交流，但是效果不理想；教学中引入 Piazza 进行问与答，倒是有一定的价值：既方便浏览，也便于日后复用。

蒋炎岩：使用抽象机的课程实践项目

报告人：南京大学 蒋炎岩

记录：南京大学 蒋炎岩

在需要直接对计算机硬件编程的课程实践（如操作系统实践）中，学生需花费极大精力阅读硬件手册，并容易在编码过程中遭遇挫折。考虑到此类编程训练不是所有学生所必须的，可以对此类实践项目的底层硬件系统进行抽象，有助于减少干扰，并引导学生将关注点聚焦到课程内容。

蒋炎岩老师介绍了南京大学在课程实践项目中的计算机硬件抽象层“抽象计算机”（Abstract Machine）设计上的一些初步尝试。抽象计算机基于一个最小 C 程序运行时环境，根据底层硬件的能力提供可选的扩展（extension）API 支持。目前抽象计算机扩展由输入输出、中断/异常上下文管理、虚拟存储、多处理器四部分组成。

抽象计算机为整合计算机系统方向的多门课程实践提供了一个新的思路，在抽象计算机上编程能实现系统软件在多个体系结构之间的无缝移植，例如学生编写的操作系统可以在不修改的前提下运行在 Linux 本地（用于调试）、x86（模拟器）和 MIPS（学生自行设计的 CPU）等平台上。目前南京大学在《计算机系统基础》、《操作系统》和《计算机系统综合实验》三门课程中使用了抽象计算机，并计划在实践中发现问题、逐步改进。

PREVIEW