

文章编号: 1672-5913(2020)11-0179-04

中图分类号: G642

计算机专业软件定义网络实验课程建设探索

林为伟^{1,2}, 叶福玲^{1,2}, 张 栋^{1,3}

- (1. 福州大学 数学与计算机科学学院, 福建 福州 350108;
2. 福州大学 网络信息安全与计算机技术实验教学中心, 福建 福州 350108;
3. 福州大学 至诚学院计算机工程系, 福建 福州 350002)

摘 要: 针对计算机专业实验课程在能力和思维训练、前沿内容迭代更新、学习产出可持续、实验项目挑战度等方面的问题, 提出建设计算机专业实验一流课程。以软件定义网络课程为例, 探索设置“基础—进阶—综合/探究”3 级层次化的实验课程体系, 为计算机专业实验一流课程建设探索提供参考。

关键词: 计算机专业实验课; 实验教学; 一流课程建设; 软件定义网络

DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2020.11.043

0 引 言

人才培养是高校工作的重点, 并且是通过一系列具体的专业课程来实现, 因此课程质量直接关乎人才培养的质量。从 2018 年 6 月召开的新时代全国高等学校本科教育工作会议提出“金课”的概念, 到 2018 年 8 月教育部发布《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》, 再到 2019 年教育部出台《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》, 足见国家对于建设一流课程、提高本科教学质量的必要性已有共识。

目前对于计算机专业而言, 实验作为人才培养的关键环节, 其一流课程建设尚处探索阶段。计算机专业实验课在课程体系设置、内容前沿性、学习产出、课程挑战度等方面, 与一流课程的标准仍有差距, 课程质量还需提升。

作为计算机专业网络方向的前沿课程, 软件定义网络 (Software Defined Networking, SDN) 是计算机专业实验一流课程建设探索实践的可行选择。SDN 是一种新型网络创新架构, 将网络控制与数据转发分离, 是下一代互联网发展的重

要方向, 已成为本科和研究生计算机网络课程的一个重要教学内容^[1-2]。

1 计算机专业实验课程现状

在计算机专业实验教学中, 已有人提出以工程教育认证为驱动、以学生为中心、以产出为导向, 进行专业建设和人才培养, 要求毕业生具有解决复杂工程问题的能力^[3]; 也有人引入虚拟仿真实验教学手段, 实施实验教学形式的改革^[4-5]。但是, 目前多数计算机专业实验课程与一流课程仍有一定差距, 表现为以下几点。

(1) 能力和思维训练不够。课程内容以验证性实验为主, 设计性和综合性实验不足^[6]。多数实验项目设计开发和分析改进少, 对学生综合能力和高级思维的训练不够, 学生难以掌握解决复杂工程问题的能力。

(2) 课程内容前沿性不足。课程内容主要基于传统技术开展, 对前沿领域的新技术主要通过理论讲授, 缺少实践训练, 导致学生无法深入理解相应的理论知识, 难以满足互联网快速发展对前沿人才的需求^[7]。

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目“产教融合的软件定义网络课程建设”(201801089006); 2018 年福建省本科高校重大教育教学改革研究项目“大数据时代‘新工科’跨界人才培养模式研究与实践”(FBJG20180286); 2018 年福建省本科教学团队建设项目“对接产业链、服务专业群的应用型大数据教学团队”(闽教高[2018]59 号); 2019 年福建省虚拟仿真实验教学培育中心项目“大数据技术与网络安全虚拟仿真实验中心”(闽教高[2019]13 号)。
作者简介: 林为伟, 男, 助理实验师, 研究方向为计算机网络, fjlinww@fzu.edu.cn; 张栋 (通信作者), 男, 副教授, 研究方向为计算机网络, zhangdong@fzu.edu.cn。

(3) 课程学习产出单一化。课程对学生的考核主要依据实验报告, 学习产出相对单一, 同时, 验证性、步骤化的实验任务客观上造成实验报告相似度较高, 不利于教师对学生能力进行客观考核评价, 亦不利于课程对学生的能力训练。

(4) 实验项目挑战度不高。课程内容的层次划分不明显, 多数实验项目只需根据实验指导书按部就班即可完成, 实验过程中学生花费主要精力在验证操作步骤和截图撰写实验报告上。另一方面, 实验内容较少更新。因此, 对于师生双方, 课程的挑战度均不高。

在一流课程建设的背景下, 针对计算机专业实验课程的现状与问题, 本文探索计算机专业实验一流课程建设路径, 并以软件定义网络为例, 阐述创新型的软件定义网络实验课程, 训练学生解决复杂网络工程问题的能力和高级思维, 同时反向驱动计算机专业实验技术教师能力的自我提升。

2 建设软件定义网络实践一流课程

对照“两性一度”标准, 即高阶性、创新性和挑战度, 以培养学生解决复杂网络工程问题能力和高级思维的教学目标为导向, 聚焦学习内容, 充分调动学生的参与度, 提高学习兴趣和学习热情, 从课程体系建设、教学活动实施两大方向开展一流课程建设^[8-9]。

2.1 设置层次化的实验课程体系

将软件定义网络课程设置层次化的实验课程体系, 共计 32 学时。依据实验任务和要求的不同, 设置基础实验、进阶实验、综合实验和探究实验等 4 类实验, 每类实验分别对应 1 项或多项能力训练, 力图通过比较完整的 SDN 实践训练, 培养学生解决复杂网络工程问题能力。课程的实验教学体系与对应的能力构建关系如图 1 所示。

(1) 基础实验。基础实验让学生熟悉网络开源工具, 搭建 SDN 拓扑, 以及交换机、南向接

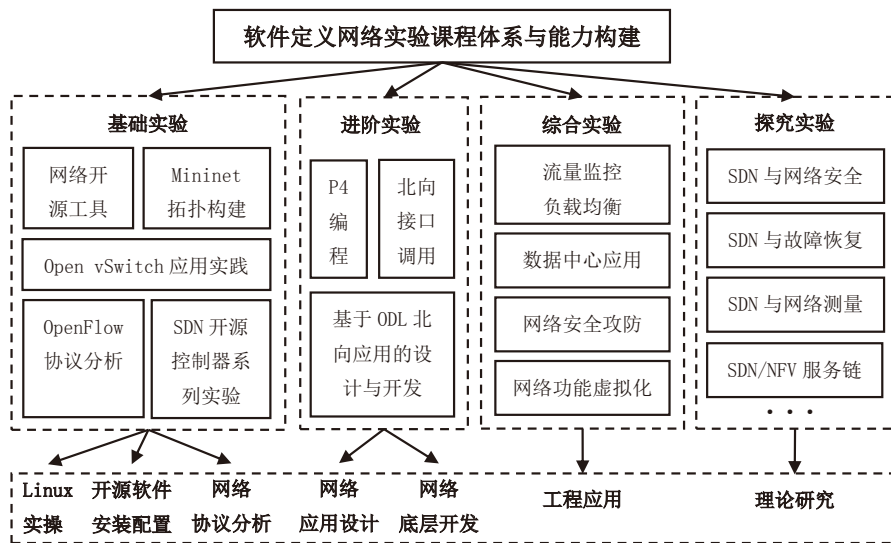


图 1 实验课程体系与学生能力构建

口、控制器的基本实践, 为进阶实验打基础。基础实验训练学生掌握常见的 Linux 操作, 学会开源软件安装配置, 以及网络协议分析等实用技能。

(2) 进阶实验。进阶实验侧重 SDN 数据平面可编程以及应用设计与开发, 难点是数据平面的 P4 编程环境搭建以及编写北向应用的 Java 程序, 其中, 北向应用编程还需将代码提交托管平台。进阶实验训练学生掌握 SDN 网络应用设计和 SDN 网络底层开发的技能。

(3) 综合实验。综合实验侧重工程应用, 指导学生深入挖掘分析常见的网络热点领域的需求, 开发实际可用的 SDN 应用程序, 累积应用开发经验。综合实验由学生组队完成, 按照软件工程实践的开发要求, 经历需求分析、系统设计、两次开发冲刺、系统测试和上线等环节, 所有环节均以博客的形式进行记录。

(4) 探究实验。探究实验侧重理论研究, 将科研活动引进课堂, 实现科研反哺教学^[10]。以“SDN+X”的课题为研究内容, “X”包含课程团队在研的多个研究方向, 由学生组队或单独完成。通过阅读文献, 寻找创新点进行实验验证, 力争形成可以发表的学术论文, 为学生提供科研训练的机会。

设置的 4 类实验, 形成“基础—进阶—综合/探究”3 级层次化的实验课程体系, 实现以基础实验和进阶实验为铺垫, 以综合实验和探究实验为提升, 充分训练学生解决复杂网络工程问题能力和高级思维。

2.2 开展实施全新的实验教学活动

教学团队在软件定义网络实验课程教学中面临知识内容持续更新,前置课程缺乏铺垫,不能照搬基础课程等现实矛盾,采取了多样化的解决方案。

(1) 面向前沿领域,保持内容更新。不同于基础课程相对固定的实验内容,软件定义网络作为计算机的专业实验课程,学生需要掌握网络领域的最新技能,具备业界求职的竞争力。因此,教师在教学活动中始终面向网络前沿领域,保持实验内容的持续更新。对于基础实验和进阶实验,及时跟踪 SDN 开源软件、接口协议以及操作系统的更新,保持教学使用软件和系统在一个较新的版本;对于综合实验和探究实验,紧跟业界的产品需求和学界的研究进展,及时更新开发需求和研究课题。课程的持续更新对教师提出了更高的挑战,促使其始终在科研第一线,并同业界保持多方面产学合作。例如举办 SDN 培训、协办 SDN 竞赛;围绕业界对毕业生的能力要求,持续更新知识结构;培养学生解决复杂网络工程问题的能力,让学校教学不脱离业界的实际需求。

(2) 整合实验环境,提供线上资源。软件定义网络偏向网络前沿领域,学生在前置网络课程中缺乏知识铺垫。同时,SDN 体系庞大,开源软件众多,安装配置复杂耗时且易出错,但实验学时有限、题目难度大。面对教学的现实矛盾,在保持实验难度不降低的前提下,自主研发 SDN 虚拟仿真实验平台,整合现有 SDN 系列开源软硬件设备,设计实验操作的自动化评测引擎,自动验证实验结果的有效性与正确性,有效收集和整理分析学生实验操作中的错误或故障处理数据^[1]。为学生提供线上资源自主预习,提前熟悉基本操作,提高效率,并在实验全程始终带着问题进行学习,养成“自主探究”和“终身学习”习惯,让学生逐步具备复杂网络工程问题的发现、分析、解决和研究等能力。

(3) 提高课程难度,丰富学习产出。作为专

业实验课,软件定义网络不能依照基础实验课程的要求按部就班,仅提交实验报告作为学习产出和评价依据,应合理提高课程难度,设置的各层次实验对学生的挑战度逐步增加。基础实验难度虽小,但也强调实现方法多样化;进阶实验难度提升,要进一步作基础设计开发;综合实验难度更大,要求面向实际工程作设计开发;探究实验更是让学生提前参与科研。与此同时,学生学习产出也愈加丰富。对于基础实验和进阶实验,提交实验报告是基本要求,同时,鼓励学生实验过程进行归纳总结,撰写 SDN 系列技术博客,或向国内计算机网络领域有影响力的媒体 SDN-LAB 投稿;对于综合实验,以能够解决业界实际需求的 SDN 应用程序作为产出,鼓励学生完善课程作品参加各类专业竞赛;对于探究实验,指导学生撰写 SDNLAB 文章或学术论文,在本科学习阶段充分挖掘科研潜能。通过丰富的学习产出,对实验成绩实现综合客观的评价。

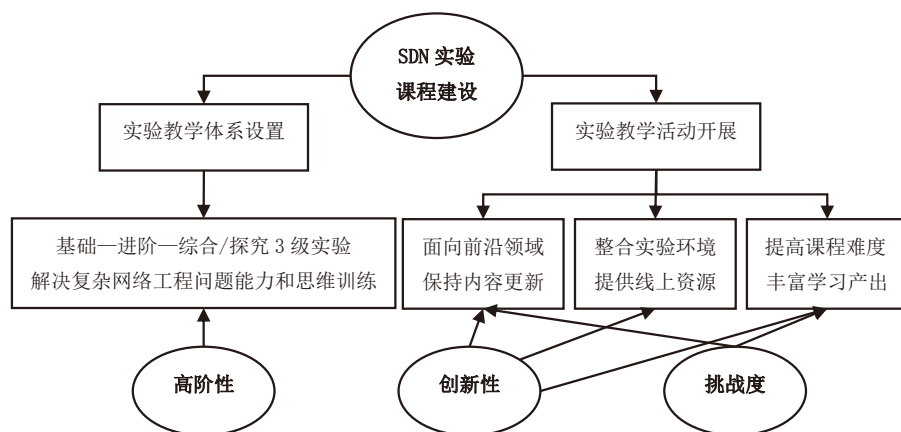


图2 建设SDN实验课程建设与一流课程要求的对应关系

图2展示了课程团队建设SDN实验课程的总体措施与一流课程标准的对应关系。

3 结 语

软件定义网络实验课程从2017年开课至今,已有2名本科生以第一作者被CCF C类国际学术会议录用或发表SDN相关学术论文3篇;有多名本科生在SDNLAB平台上发表SDN技术文章。在学科竞赛方面,由实验指导教师辅导修读本科生参加SDN的学科竞赛,包括中国高校计算机大赛——网络技术挑战赛和全国高校SDN应用创新

开发大赛,多次进入全国总决赛并获奖。由学生参与研发的SDN虚拟仿真实验平台,用于实验的自动评测和错误提示。此外,学生通过整理实验报告形成一系列技术博客,促进了线上的技术交流与相互学习。课程开课至今的成果组成见图3。

课程团队对照一流课程建设要求,在实验教学体系设置和实验教学活动开展两方面进行软件定义网络实验课程建设,分层次设置实验课程体系,面向前沿保持内容更新,为学生整合实验环境并提供线上资源,提高难度的同时丰富学习产出,多举措并用,为计算机专业实验一流课程建设探索提供参考。

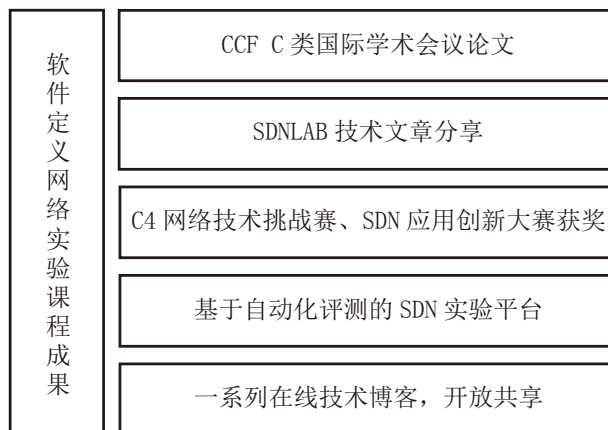


图3 软件定义网络实验课程开至今的成果

参考文献:

- [1] 张朝昆,崔勇,唐磊磊,等.软件定义网络(SDN)研究进展[J].软件学报,2015(1):62-81.
- [2] 黄家玮,刘敬玲,徐文茜,等.软件定义网络的实验教学方案设计[J].计算机教育,2017(3):152-154.
- [3] 周春月,刘颖,张洪婷,等.基于产出导向OBE的阶梯式实践教学研究[J].实验室研究与探索,2016(11):206-208,220.
- [4] 崔来中,陆楠.新工科背景下面向虚拟仿真实验的计算机网络课程实验教学探索[J].计算机教育,2019(3):146-150.
- [5] 赵春风.计算机网络技术混合式实验教学改革[J].计算机教育,2019(7):79-83.
- [6] 徐磊.基于软件定义网络的计算机网络课程实验教学研究[J].计算机教育,2017(5):150-153.
- [7] 琚生根,陈黎,周刚,等.“计算机网络”实验课程的教学探讨[J].实验技术与管理,2013(4):159-161,165.
- [8] 吴岩.建设中国“金课”[J].中国大学教学,2018(12):4-9.
- [9] 崔佳,宋耀武.“金课”的教学设计原则探究[J].中国高等教育,2019(5):46-48.
- [10] 刘慧,李雪婷.科研反哺教学视角下本科高校“金课”打造研究[J].创新创业理论研究与实践,2019(5):31-32.
- [11] 张栋,林为伟,叶福玲.基于自动化评测的软件定义网络虚拟仿真实验平台[J].实验技术与管理,2019(7):83-86.

(编辑:赵原)

(上接第173页)

未来笔者计划将慕测平台与线上MOOC资源相结合,使其紧密结合学生的学习和实习情

况,从而更好地进行软件测试课程教学,提高学生培养的质量。

参考文献:

- [1] 程宝雷.基于Rational的软件测试课程实验教学方法探讨[J].实验室研究与探索,2007,26(12):310-312.
- [2] 辜萍萍.软件测试课程实验教学体系设计与实践[J].实验室研究与探索,2019,38(7):181-184.
- [3] 郑炜,刘文兴,杨喜兵.软件测试(慕课版)[M].北京:人民邮电出版社,2017:1-294.
- [4] 李劲华,贾冬雪,赵毅.基于云架构的软件测试实验教学平台[J].实验技术与管理,2019,32(11):136-144.
- [5] 张策,徐晓飞,张龙,等.利用MOOC优势重塑教学:实现线上线下混合式教学新模式[J].中国大学教学2018(5):37-41.
- [6] 陈友媛,辛佳,杨世迎,等.混合式实验教学提高学生主动学习能力的探讨[J].实验室研究与探索,2019,38(4):205-208.
- [7] 卜令瑞,陈静.基于技能大赛的“软件测试”课程设计[J].信息技术与信息化,2017(11):32-33.
- [8] 王兴亚,王智钢,赵源.开发者测试[M].北京:机械工业出版社,2019:1-191.
- [9] 刘子聪.Java开发者测试可视化辅助实证分析[D].南京:南京大学,2017.
- [10] 陈丹丹.面向多目标任务的慕测混合云调度管理中心的设计与实现[D].南京:南京大学,2018.
- [11] Pauck F, Bodden E, Wehrheim H. Do android taint analysis keep their promises?[C]//Proceedings of the 26th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. New York: Association for Computing Machinery, 2018: 331-341.
- [12] 杨嵩,朱先勇,于萍.新工科背景下流体力学方程实验教学探索与建设[J].实验室研究与探索,2019,38(6):206-209.
- [13] 黑龙江省教育厅.黑龙江省高校一流本科教育振兴行动计划[EB/OL].(2019-07-04) https://www.acabridge.edu.cn/yxxw/yxxw/201907/t20190704_1667828.shtml.

(编辑:史志伟)