

文章编号: 1672-5913(2022)06-0145-04

中图分类号: G642

面向网络学科竞赛的创新人才培养探索与实践

张 栋^{1,2}, 林为伟^{1,3}, 李承泽¹

(1. 福州大学 计算机与大数据学院, 福建 福州 350002 ;

2. 福州大学至诚学院 计算机工程系, 福建 福州 350108 ;

3. 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)

摘 要: 针对网络工程专业创新人才培养面临的问题和挑战, 提出面向网络学科竞赛的创新型人才培养路径, 即通过开设软件定义网络创新课程, 推动线上线下混合模式, 面向实践产出, 培养科研基础能力, 学科竞赛驱动学习成果产出, 最后通过 5 年的教学实践说明培养效果。

关键词: 网络工程; 学科竞赛; 软件定义网络; 人才培养

DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2022.06.037

0 引 言

随着互联网的高速发展, 计算机网络领域发生巨大的变革, 计算机网络与其他学科方向的融合越来越广泛, 网络专业的人才已经不仅限于传统网络技术的应用能力, 还涉及软件定义网络 (Software Defined Networking, SDN)^[1]、网络安全、开源网络操作系统、工业互联网、人工智能等。在国家网络强国战略的背景下, 社会对计算机网络前沿领域创新型人才的需求越来越大, 然而, 网络工程专业仍旧以传统经典的 TCP/IP 网络技术为主的教学具有一定的局限性, 难以适应社会发展对网络人才的需求。

针对快速变化的网络技术及业界对于网络创新型人才的新需求, 应对现有网络工程专业人才培养模式变革, 通过开设软件定义网络创新创业课程, 结合线上优质 MOOC 资源和开源网络平台的实践训练, 培养学生论文文献阅读等基础科研能力, 推动科研实训, 推进创新项目和学术论文产出, 累积相关成果参加网络专业学科竞赛, 多方并举, 促进学生创新能力提升。

1 问题与挑战

面对网络的创新发展和人才需求的变化, 网

络工程专业人才培养面临着问题和挑战^[2], 表现为以下 3 个方面。

(1) 现有教学内容具有较大局限性。当前, 网络相关技术更新迭代快, 本科生仅学习 TCP/IP 网络架构、局域网组网等经典的网络知识无法跟上网络技术的变革速度, 无法满足学生掌握网络前沿知识的需求, 同时也没有办法实现对范围较广的网络知识的总体认知, 学生难以利用所学到的课内知识来参与科研与竞赛。在教学方面, 除了要培养学生对前沿理论的掌握与运用, 也应着重培养基础科研能力。

(2) 创新学习的能力要求越来越高。对于网络专业毕业生而言, 业界越来越重视其网络前沿性知识的掌握, 以及主动学习、研究和探索解决复杂网络工程问题的能力, 而不仅是机械性地记忆各种操作命令、配置方法、理论知识。为培养高质量、掌握新型网络技术的创新型人才, 新的专业人才培养模式要面向未来网络创新领域, 在科研能力训练方面有所体现。

(3) 网络工程专业的外延越来越广。目前, 计算机网络所涵盖的范围越来越广, 扩展到 SDN、安全、物联网、智能化、云计算、大数据等领域, 在竞赛、科研、项目工作的开展中只

基金项目: 2020 年福建省级新工科研究与改革实践项目 (闽教高 [2020]4 号)。

第一作者简介: 张栋, 男, 教授, 研究方向为计算机网络、计算机教育, zhangdong@fzu.edu.cn。

了解或熟悉其中一种技术或者知识是远远不够的。这些领域、技术之间通常也彼此联系,比如 SDN 的安全以及物联网与云计算的结合等。现有的技术成熟与落地的必要条件之一是要学科交融,以学科竞赛为例,赛题的要求往往更综合,而开展综合性赛题的前提就是要对相关领域的知识和技术进行系统性地学习,以应对学科竞赛专业广泛与相关领域间关联性强的要求。

2 网络创新人才培养举措

图 1 为面向网络学科竞赛的创新人才培养模式,具体措施是以网络学科竞赛为最终目标,通过开设 SDN 创新课程^[3],引入线上优质 MOOC 资源配合线下问题驱动的教学,利用线上开源实验平台进行实践训练,对拔尖学生进行科研训练等一系列前序措施,最终将相关成果和产出用于参加网络专业领域的学科竞赛。多举措递进,以学生为中心,以产出为导向。

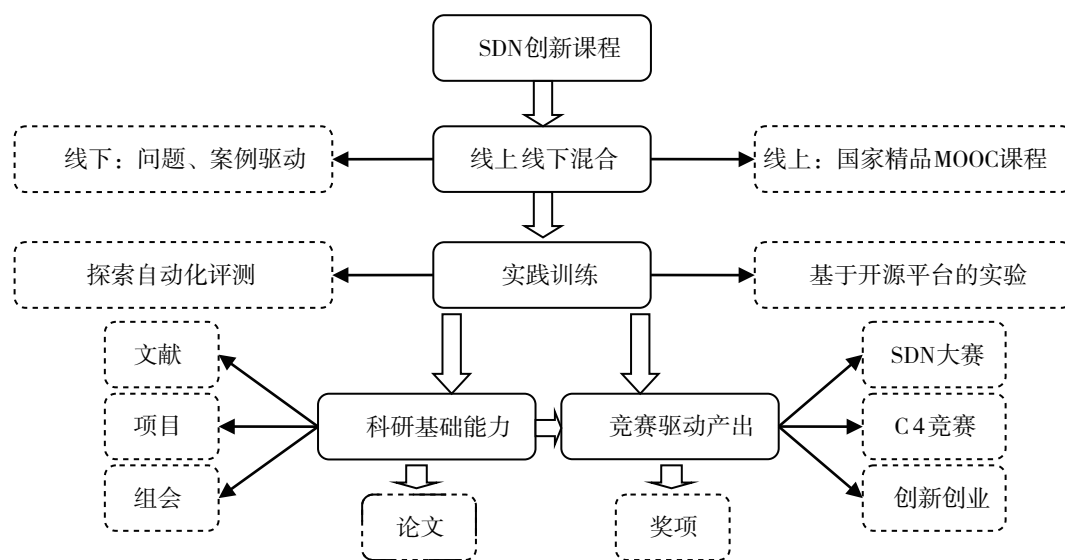


图 1 面向网络学科竞赛的创新人才培养模式

2.1 开设 SDN 创新型课程

课程是专业人才培养具体实施的载体。为了弥补原有专业人才培养方案对网络前沿理论和技术应用的不足,课程团队于 2017 年开设了 SDN 创新型课程。通过 SDN 课程学习,学生对 SDN 网络整体架构、网络功能虚拟化 NFV、数据平面、控制平面、OpenFlow 协议、控制器北向应用等理论知识可以形成全面的了解,为后续理论和应用创新奠定基础。课程的开展循序渐进,从传统网络背景知识回顾开始,针对传统网络缺陷引出 SDN 的概念,再根据 SDN 体系架构进行相关知识技术学习,最后开展负载均衡、网络功能虚拟化、数据中心、数据平面可编程等专题研究和综合应用设计,培养学生运用 SDN 解决复杂网络工程问题能力。SDN 课程采取基于学习产

出为导向的评价体系,不过于关注学生的卷面成绩,而关注过程性评价,重点对学生在日常作业中体现出的能力水平进行评价。此外,课程团队重视对 SDN 课程的持续改进,及时总结,更新教学内容,改进教学手段,不断提升教学质量。

2.2 线上线下混合式学习

开设 SDN 课程之后,面临如何在有限的课堂学时内掌握大量新型网络理论知识和技术应用的问题。结合教学实际,课程采取线上线下混合式教学设计,引入线上优质 MOOC 资源,要求学生课前在 MOOC 平台上学习国家精品课程“计算机网络”^[4]和“软件定义网络技术”^[5]的相关章节,巩固传统 TCP/IP 网络理论和技术基础,初步学习 SDN 新型网络理论知识和相关技术,引导学生将传统网络和 SDN 原理的优缺点

进行关联类比,形成粗粒度的知识框架,并“带着问题进课堂”。线下课堂以线上学习过程产生的问题为驱动,结合具体场景案例应用进行讲解,提高线下授课的效率;围绕课程重难点,展开阐述,将知识框架细化,形成对于知识的理解和掌握;借助“雨课堂”智慧教学工具,实现翻转课堂,告别传统的“满堂灌”,体现以学生为中心的教学形式转变。学生通过线上线下混合式学习积累经验并在博客园或者 CSDN 等平台发表博客,总结课程内容,分享感受,在系统性学习的同时,锻炼了创新学习的能力。

2.3 以实践促进理论学习

仅限理论学习不足以支撑课程对学生解决复杂网络工程问题能力和创新思维的训练,通过实践才能促进其加深对 SDN 相关理论知识的理解,更加熟练地掌握 SDN 技术应用。SDN 课程借鉴 SDNLAB 的开放实验项目,利用 SDN 开源平台软件,并结合教学实际,对相关实验项目进行改进和重构,设计了一系列实践训练:从简单的开源工具使用、拓扑搭建、Open vSwitch 操作配置、OpenFlow 协议分析、开源控制器部署等验证型实践入手,到调用控制器北向接口实现简单网络功能,最后是划分不同专题的复杂综合性实践应用。另一方面,在实践教学过程中,探索对于实验结果的自动评判,利于实验过程的故障排除和实验后的过程分析^[6]。通过“基础—进阶—综合”循序渐进的实践训练,让学生对 SDN、网络虚拟化、网络协议分析、北向应用编程、数据平面可编程等知识具有更加直观的理解,同时对 SDN 知识相关的源码、接口、开源工具等运用更加熟练,在实际动手中训练学生解决复杂网络工程问题能力和创新思维。

2.4 科研基础能力的训练

经过理论学习和实践强化,学生普遍能够达成课程的基本要求,教师从中发掘出开发能力强、有科研潜质的学生,通过参与项目、文献阅读和组会交流,训练科研基础能力。①组织学生参与实际的网络创新项目,学生根据自身情况,在项目中负责不同的任务,参与解决实际的复杂网络工程问题。②以完成项目任务为目标驱动,

组织学生阅读对应网络领域的文献,尝试经典论文的实验复现。学生通过阅读综述论文,对相应方向的最新研究进展形成整体的认知;在进一步阅读参考文献的过程中,形成对具体问题研究进展的归纳总结,找出感兴趣的研究点开展实验,找到属于自己创新点。通过大量论文的阅读和归纳总结,引导学生提出自己的思考与理解,撰写学术论文。③定期开展组会讨论和交流,让学生以 PPT 的形式介绍论文阅读情况和项目进展,推进项目进度,并从中锻炼口语表达能力,积累项目经验。

2.5 以竞赛驱动学习产出

以开设 SDN 创新型课程为基础,引入线上优质教学资源促进理论学习,通过实践训练强化理论理解和技术应用,对拔尖学生展开科研基础能力训练,层层递进,最终达成学生解决复杂网络工程问题能力的提升和创新思维的训练,最后通过组织学生结合网络领域的实际应用,将对应的创新思考落实成作品,参加各级各类的学科竞赛,进一步驱动学生学习成果的产出,通过竞赛成绩形成对后续学习研究的正向激励。

3 相关成果

自 2017 年开课以来,经过近 5 年的探索与实践,面向网络学科竞赛的创新型人才培养模式取得了一定的成效,在学生发表学术文章、学科竞赛两个方面,均获得了一定的成果。在发表学术文章方面,学生在可编程交换芯片、网络功能虚拟化、网络测量等领域展开研究,成果先后发表在 GLOBECOM、IM、ICNP、IWQoS、INFOCOM 等国际学术会议以及相关期刊上,学生发表学术论文情况见表 1。在学科竞赛方面,学生多次在中国高校计算机大赛网络技术挑战赛(C4)和全国高校 SDN 应用创新开发大赛上取得佳绩,还包括国家大学生创新创业训练计划项目优秀结题 2 项,并入围全国大学生创新创业年会,学生学科竞赛相关成果见表 2。在课程建设方面,该课程被认定为福建省省级线上线下混合式一流课程。

表 1 近 5 年学生发表论文统计

年份	论文主题	会议	级别
2018	MATReduce	GLOBECOM	CCF C
2019	P4SC	IM	CCF C
2019	RL-Sketch	LCN	CCF C
2020	ApproSync	ICNP	CCF B
2021	LightNF	IWQoS	CCF B (Best Paper Award)
2021	MTP	INFOCOM	CCF A

表 2 近 5 年学生所获各类国家级竞赛项目成果

年份	竞赛名称	奖励等级
2017	全国 SDN 应用创新开发大赛	二等奖 1 项
2018	全国 SDN 应用创新开发大赛	三等奖 1 项
2018	国家大学生创新创业训练计划项目	结题优秀
2019	国家大学生创新创业训练计划项目	结题优秀
2018	C4 全国总决赛	二等奖 1 项
2019	C4 全国总决赛	一、三等奖各 1 项
2020	C4 全国总决赛	一等奖 1 项
2021	未来之光—未来网络科技创新大赛	优胜奖 1 项

4 结 语

面向未来网络的创新发展和新的网络人才需求,网络工程专业的人才培养对学生创新学习的能力要求越来越高,专业的外延也越来越广,同时现有教学内容具有较大的局限性。针对上述问题和挑战,提出面向网络学科竞赛的创新人才培养模式。通过开设 SDN 创新型课程,推动线上线下混合式模式的理论教学,面向实践的产出,对开发能力强、有科研潜质的学生进行基础能力训练,多举措递进,最终整理相关学习成果参加网络类学科竞赛,进一步驱动学习成果产出,实现培养学生解决复杂网络工程问题的能力,和创新思维。上述人才培养模式在学科竞赛、论文产出以及课程建设方面均取得了一定的成效。

参考文献:

- [1] 张朝昆,崔勇,唐蜀蜀,等.软件定义网络(SDN)研究进展[J].软件学报,2015,26(1): 62-81.
- [2] 施晓秋,蒋宗礼,沈谦,等.网络工程新工科人才培养与专业建设的挑战、机遇与对策[J].高等工程教育研究,2020(5): 11-17.
- [3] 林为伟,叶福玲,张栋.计算机专业软件定义网络实验课程建设探索[J].计算机教育,2020(11): 179-182.
- [4] 中国大学MOOC.计算机网络[EB/OL]. [2021-07-12]. <https://www.icourse163.org/course/HIT-154005?from=searchPage>.
- [5] 中国大学MOOC.软件定义网络技术 Software Defined Networking, SDN[EB/OL]. [2021-07-12]. <https://www.icourse163.org/course/WZU-1205809832?from=searchPage>.
- [6] 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,2019,36(7): 83-86.

(编辑:赵 原)