

新工科背景下《计算机网络》课程虚实结合 实验教学改革研究

张志霞

广东理工学院, 广东 肇庆 526100

DOI:10.61369/EST.2026080006

摘 要 : 面对新工科背景下的高校工程教育改革,《计算机网络》课程实验教学也面临着更高的要求,在传统实验教学的基础上开展“虚”、“实”的有机结合是势在必行的选择。文章旨在提高学生的创新能力和动手能力,以改善实验教学条件,以满足“新工科”人才的需求。采用搭建虚拟仿真环境与实验平台、开展虚实结合实验项目的设计、改进实验教学过程、完善多元化的考试方式及评分标准、强化师资力量建设等方法,开展《计算机网络》课程虚实结合实验教学的研究与探讨,既提高了课堂教学质量,也锻炼了学生的创新意识和动手能力,为打造符合新工科要求的高水平网络工程人才培养体系提供有力保障。

关 键 词 : 新工科背景;《计算机网络》课程;虚实结合;实验教学改革

Research on the Reform of Experimental Teaching Combining Virtual and Reality in the Course of "Computer Networks" under the Background of New Engineering

Zhang Zhixia

Guangdong Technology College, Zhaoqing, Guangdong 526100

Abstract : Faced with the reform of engineering education in universities under the background of new engineering disciplines, the experimental teaching of the course "Computer Networks" is also facing higher requirements. It is imperative to carry out an organic combination of "virtual" and "real" on the basis of traditional experimental teaching. The article aims to enhance students' innovation and hands-on abilities in order to improve experimental teaching conditions and meet the needs of "new engineering" talents. By building a virtual simulation environment and experimental platform, conducting the design of virtual real integration experimental projects, improving the experimental teaching process, perfecting diversified examination methods and scoring standards, and strengthening the construction of teaching staff, the research and exploration of virtual real integration experimental teaching in the course of "Computer Networks" have been carried out. This not only improves the quality of classroom teaching, but also exercises students' innovative consciousness and hands-on ability, providing strong guarantees for building a high-level network engineering talent training system that meets the requirements of the new engineering discipline.

Keywords : new engineering background; course on "Computer Networks"; combination of virtual and real; experimental teaching reform

引言

《计算机网络》这门课存在实验设备不足、维修费用高以及实验内容过少等问题,难以满足多样化的教学需求,很大程度上影响学生创新能力的培养。在虚实结合实验教学中,将虚拟实验与实际实验相融合,不仅可以很好地解决实验设备短缺的问题,而且可以给学生创造一个更为宽松自由的学习空间,有利于培养学生的创新能力,提高学生处理复杂的网络工程项目问题的能力,这既是适应“新工科”发展的需要,也是促进高等教育发展的重要手段之一。

课题信息: 2024年广东理工学院校级质量工程项目(JXGG2024025)、2025年广东理工学院校级质量工程项目(KCJYS202504)。

作者简介: 张志霞(1979.06—),女,汉族,广东省肇庆人,硕士研究生学历,任职于广东理工学院就职,计算机科学与技术副教授,主要从事计算机网络与通信方面的教学工作。

一、新工科背景下《计算机网络》课程虚实结合实验教学改革目标

“新工科”是我国现阶段高等工程教育的发展方向之一，“新工科”旨在培养具有创新精神和创新能力以及跨界能力的专业人才来支撑产业转型升级及发展。因此，在这样的背景下，《计算机网络》作为计算机专业的基础核心课程，其实验教学效果对学生专业知识掌握有着举足轻重的作用。

（一）提升学生实践创新能力

随着新工科的发展，大学工程教育的目的就是培养学生具备创新能力以及动手能力，《计算机网络》这门课是一门理论联系实际非常紧密的专业基础课，知识点涵盖网络协议、拓扑搭建、数据传输、网络运维、安全防护等核心内容，理论抽象性强，若仅靠课堂讲授，学生难以直观感知数据流转与协议交互的微观过程。而虚实结合模式恰能化抽象为具象，通过可视化仿真动态呈现数据包封装、路由选择及握手过程，使晦涩的协议机制变得直观可感。这种直观的认知体验可降低学习门槛，激发学生深入探究底层原理的兴趣。在此基础上，学生不再局限于验证既定结论，而是敢于在虚拟环境中大胆试错，通过自定义拓扑与参数配置，验证个性化网络架构的可行性。

（二）优化实验教学资源

目前，《计算机网络》课程在实验过程中存在许多困难，如实验设备少且昂贵、利用率低下等。由于有了虚拟实验平台的支持，学生们无论何时何地都可以开展实验活动，不受学校物理实验室的时间及设备数量限制。而且，虚拟实验设备容易扩充和维修，在一定程度上避免了因为设备老旧或者故障导致无法继续上课的问题。

针对高投入、低资源以及虚拟实验功能不明确的问题，在新工科背景下开展《计算机网络》课程实践教学遇到困难，本文旨在提出“虚实结合”的新模式以达到高度还原工程场景的目的。

建立高仿真和模块化虚拟仿真试验平台并利用如“数字实验室云”这类新技术打破物理装置的数量和场所大小限制；重构实验课题架构，由验证性实验向系统化设计型工程实践转变。为此引入企业中的网络架构案例，构建包含路由器交换机、网络安全、SDN等多要素的混合现实场景；最后完善教学流程及考核体系，使学生的学习模式实现由“找设备”的转变到“适合自身使用工具”的转变。这样才能切实提升他们的综合解决问题能力，才能培养出富有创造性的新一代网络工程师。

二、新工科背景下《计算机网络》课程虚实结合实验教学问题

（一）虚拟仿真平台功能单一，缺乏工程实战性

当前实验教学过于依赖实物设备，而这些设备更新周期长、数量少，无法满足众多个性化需求。学生不能够在虚实结合环境中完成复杂的协议分析和故障排查等工作，该虚拟环境没有真正成为将理论教学转化成实践技能的重要载体，并且难以满足新工

科解决复杂工程问题的实训需求。

（二）实验项目设计陈旧，虚实结合深度不足

现有实验项目多为验证书本上的理论知识，缺乏结合实际与工程需求的设计。虽有虚拟仿真，但大多为单一使用，未形成“虚实相生”的体系化设计，如针对真实安防场景下的“内网状态感知”或“定位寻人”，没有后续实验设计。所以学生只能被动接受命令式操作，体会不到从需求分析到方案制定直至执行管理的全过程，导致实验枯燥单调，激发不了学生的探究兴趣，并未体现新科技教育中的创新性和挑战性。

（三）教学流程僵化，缺乏个性化与智能化支持

传统实验室教学模式缺乏弹性，无法形成以数据为基础的个性化导学体系；教师无法利用传统手段实时掌握每位学生学习进度，从而无法像“问渠学堂”那样依托知识云平台及智能助教精准推送信息提供辅导。学生在完成实验的过程中遇到困难时，往往得不到即时反馈，也没有对实验过程进行“事前预警、事中调控”的动态管理。这个“一刀切”的教学生态无视学生的差异性，导致优生觉得跟不上节奏，差生觉得学不会，这就无法实现因材施教的教学理想。

（四）考核评价片面，忽视过程与工程素养

现有的评价手段只重视了平时的实验报告成绩和期末理论考试成绩，未对实验过程进行有效采集和评价；缺少如“教学生态质量智控平台”这样的过程性评价体系，无法实现对学生课堂学习行为轨迹、学习干预方式、小组协作能力等方面的实时监测。过程性考核方式可能会导致学生抄袭他人实验报告应付检查的情况，而忽视对学生进行网络工程知识以及工程师素养方面的教育，也难以反映出学生的解决复杂工程问题能力，偏离了培养新型工程师的理念。

（五）师资队伍工程背景薄弱，案例教学滞后

教师团队中多数人缺乏企业的一线工程经验，无法将行业前沿的网络技术(SDN/NFV等)转化为教学案例，在教学过程中的“双师制”缺乏支撑，导致老师难以指导学生进行如企业导师一样的项目式学习。然而引入的PBL教学法往往流于形式，由于案例陈旧、脱离实际工作场景等原因不能引导学生针对真实的职场案例开展相应的实验研究，导致教学内容与产业需求脱节，难以实现以案例教学培养学生工程实践能力和创新能力的目标。

三、新工科背景下《计算机网络》课程虚实结合实验教学改革方法

（一）构建虚拟仿真实验平台

建立虚实结合教学的实验平台，该实验平台不应只是现实实验平台的数字镜像，而应基于数字孪生技术，在虚拟空间中1:1还原真实场景和仪器状态。使学生在虚拟环境中产生接近于真实世界的各种知觉体验，例如华为eNSP实验仿真平台，该平台具备开放性和扩展性并支持多端口接入，在打破时空限制的基础上，使学生随时随地能够参与虚拟实验学习与研究。更重要的是能够建立虚拟场景和硬件装置的数据链路，实现虚实数据双向传

输和交互,为以后开展虚实结合的高级别实验打下坚实基础,解决传统实验教学中存在安全隐患、成本高昂等问题。

为改善目前《计算机网络》课程实验平台功能单薄、固定化的问题,需要打造“云端一体化、虚拟现实互补”的多样化仿真实验体系,在引进华为 eNSP 和 Cisco Packet Tracer 等专业级仿真软件的基础上,让学生开展路由器配置、VLAN 划分以及复杂的路由算法验证等工作,打牢学生的技能基础,并结合“新华思政”、“云创”等智慧教育资源,以“云创”提供的大数据和云计算能力实现大规模网络拓扑仿真,在“新华思政”中融入网络强国战略、信息安全伦理等内容作为课程思政元素,使专业仿真软件中的硬核技术培训与智慧平台中的宏观素质培养相结合,突破传统实验室的时间空间限制,搭建起由下至上(即自底向上)的协议配置自上而下的应用分析全流程实验环境,彻底解决教学内容陈旧、平台不给力的问题。

具体而言,虚拟仿真系统可以模仿真实网络中所存在的各种设备,如路由器、交换机等,并且可以根据教师的教学要求设置非常复杂且难度较大的网络结构,在一个非常逼真的环境中让学生来进行相关的实验活动。除此之外,还可以让多个使用者共同登录这个平台并进行相关的工作,这样就打破了以往那种时间和地点上的局限性,极大地提高了实验室资源的使用效率。虚拟仿真系统的出现解决了学校实验设施不足的问题,也节省了一定的成本开支,使得学校的实验教学工作更加顺利地展开。

（二）设计虚实结合的实验项目

混合现实教学活动是教育改革的重要环节之一,“以实为主,虚实结合”的原则应作为顶层设计的基础。对于基础性验证类实验,则应强调对真实仪器的操作,培养学生动手能力以及感官认识;而对于大型复杂系统、极端工况或高耗能实验而言,应该充分发挥虚拟仿真技术的优势。在虚实相结合的教学模式下,实验课的设计要注重其合理性,以提升学生的学习能力。对于《计算机网络》这门课程来说,可以通过知识点以及所具备的能力将其划分为基础类、综合性及创新型三部分,从而构建一个循序渐进且互相促进的实验项目体系。基础性实验主要是指一些网络协议的学习以及相关的基本设置等,在这个阶段可以让学生学习到相关的概念及方法。综合性实验是让学生经历解决问题的过程,比如可以设计一个小规模的局域网,或者制定相应的安全保护措施等。创新型实验要求学生运用多门课程的知识来尝试应用一些新的网络技术,比如将物联网技术与云计算技术结合起来等。这样有步骤地安排学生的实践活动,可以让他们一步步提高自己的动手能力和创新能力,在这个过程中他们收获颇丰。从文献资料上看,这种虚实相结合的方式对于培养学生的学习兴趣以及以后开展复杂工作都具有很好的帮助作用。

（三）优化实验教学流程

优化实验教学流程旨在重构传统“预习-操作-报告”的线性模式,建立虚实深度融合的闭环式教学链条。在教学准备阶段,学生需通过虚拟平台完成认知预习与虚拟拟操作,教师据此进行精准指导,实现“以虚预实”。在核心教学阶段,采用虚实交替的策略,利用虚拟仿真处理抽象原理的可视化演示,利用实体

设备完成关键技能的实操训练,两者穿插进行,互为印证。在课后拓展阶段,依托平台数据反馈,系统针对学生在实体操作中的薄弱环节推送定制化的虚拟强化训练模块。通过这种全流程的虚实穿插,不仅大幅提高了昂贵实验设备的利用率,更让教学过程从单一的技能训练升级为“认知-实践-反思-再实践”的深度探究过程。为更好地开展实验教学工作,在线上通过网络对学生相关知识的教学,并且在实际操作前利用虚拟仿真软件让学生做好相关准备并了解相关知识点,避免不必要的错误发生,而线下的部分则是通过真实的仪器来进行学习,主要是完善虚拟的部分并提出新的想法。

（四）建立多元化考核评价体系

（1）实践动手操作评价

针对新工科背景下的实践活动,改变以往那种按照程序一步一步去验证的做法,改为一个过程化的考核方法。通过上述的华为 eNSP 或者云创软件,老师可以布置一些有难度的任务(如排除故障或者调整网络),让学生在规定的时间内搭好拓扑并设置好相关的协议。此时关注点已经不是最后是否能实现网络连接,而是借助上面提到的平台数据记录功能,从头到尾跟踪学生做了什么、输入了多少命令、如何分析并找到原因等。比如在配置 OSPF 多个区域的时候,就会把学生怎么解决不能成功建立邻居这个事情记下来,从而评估他解决问题的实际能力。这样做的好处是真正考查到了学生对于底层协议的认识程度,使得他们将来面对复杂的网络也能从容应对。

（2）实验报告评价

将实验报告由单纯的结果描述转变为工程思维方式的总结。传统实验报告只是简单地把配置好的代码和图片复制上去,没有深入思考。新的评价标准是让学生根据虚拟仿真实验平台上产生的数据来对所出现的现象进行深层次的理论研究。如在讲解 TCP 拥塞控制部分的时候,除了给出实验结果外还必须用 Wireshark 等软件去抓取数据包分析出拥塞窗口变化的趋势,通过理论对其进行解释说明,要有“问题与反思”,即学生需要写出自己在做实验过程中碰到的问题及其解决方法,对于如何改进整个网络的设计提出自己的见解。老师会根据学生的实验报告是否合理、是否有理有据的数据支持以及技术文件书写格式的好坏来进行打分从而培养他们良好的科学素养和规范的技术文件写作习惯以适应新时代背景下的新工科人才培养目标。

（3）创新与合作

创新与合作评价主要考查的是学生之间如何相互交流,承担责任,并且拥有良好的技术创新思维,在整个综合性实验过程中,需要将学生分成几个小组,每个小组的学生都要担任一个角色,比如可以是网络规划师或者实施工程师或者是测试员等,大家一起来做这些比较复杂的项目,例如:智慧校园网规划这个项目,其中会涉及小组之间的分工情况如何、彼此配合得怎样好呢?方案里面有什么创新之处等。是不是有 SDN(软件定义网络)、IPv6 过渡方案这样的新技术被运用到解决方案当中去,有没有考虑到安全性和成本的问题等等。采用的方式就是让本小组的同学来互相打分,让学生们上台做一个简单的答辩报告,由企

业老师来进行评分，这样从各个方面对学生做出全面评价。

（五）加强教师队伍建设

强化师资队伍培养建设，构建一支既能开展理论授课又能熟悉虚拟技术和工程技术的“双师型、双能力”的混合师资力量。要建立健全企业挂职培训制度，定期组织专业课教师到相关单位学习锻炼，了解最新数字工程工具及虚拟调试技术等知识，防止出现脱离实际的情况。对于虚实结合的实验教学改革来说，教师水平也影响了这次改革的效果，在这种情况下，提高教师水平是必不可少的环节。教师参加新工科相关的培训、会议等后，会大大提高他们利用虚拟仿真技术进行网络实验的能力。比如，老师可以参加行业研讨会或企业活动，学习当前流行的网络技术以及这些新技术未来可能给教学带来的益处。另外，学校可以邀请企业专家与本校老师共同设计实验项目，把所学知识运用到实践中。有研究发现，一个拥有较高专业能力和较强实践能力的教学队伍，在帮助学生开展虚实结合实验的同时，也能在学校的教学改革中起到带头作用，从而培养出符合新工科要求的高水平网络工程人才。当然，改革过程中还存在一定的问题和不足。

例如，虚拟仿真的技术支持费用较高，部分实验项目的虚实结合程度有待提高，教师对新技术的应用水平参差不齐。今后，

将不断完善虚拟仿真技术，降低支持费用，加大对教师的培养力度，以满足新工科背景下实验教学的要求。另外，还要不断完善实验项目设置，使所开设的实验更符合新工科人才培养要求，为未来培养更多优秀的、符合时代需求的高水平综合型网络工程师，这也是我国高等教育改革的重要方面，也是新工科领域的一项重要工作。

四、结束语

在新工科背景下，《计算机网络》课程开展“虚”、“实”相结合的教学改革并取得了良好成效。在该课程中搭建了一个虚拟仿真环境，使学生能够在一个比较自由、宽松的环境中完成各种各样的实验操作，且能有效地培养学生的创新意识。另外，“虚”、“实”的有机结合，完善教学过程，使教学过程中所用到的各种资源得到充分利用，更好地培养学生处理复杂网络工程项目的能力。“虚”、“实”相结合的方式能让学生获得更全面的考核和更优质的师资。

参考文献

-
- [1] 沈亦红. 论物理虚拟实验与真实实验的互补作用 [J]. 中国电化教育, 2024(7): 42-44.
 - [2] 瞿墨, 邓居祁. 虚拟实验的特点与实现 [J]. 现代远程教育, 2022(4): 60-61.
 - [3] 丁美荣. 虚拟实验与真实实验整合的计算机网络研究性实验教学探究 [J]. 实验技术与管理, 2023, 28(5): 163-166.