

校企协同育人驱动的课程持续改进*

刘浩文 李兵 程大钊 余伟** 朱卫平

武汉大学计算机学院, 武汉 430072

摘要 以武汉大学软件工程专业课程“云计算平台与技术”为例, 具体介绍如何在华为技术有限公司、阿里云计算有限公司、武汉噢易云计算股份有限公司等相关企业不同维度不同方面支持下, 持续建设“云计算平台与技术”课程, 培养云计算产业人才和软件工程专业人才, 为软件工程专业课程如何在校企协同育人驱动下, 构建可持续的课程建设机制提供参考。

关键字 人才培养, 课程建设, 持续改进, 校企协同育人

Continuous Improvement of the Course Driven by the Schema of University-Industry Collaborative Education

Liu haowen, Li bing, Cheng dazhao, Yu wei*, Zhu weiping

School of Computer Science of Wuhan University,
Wuhan 430072, China;

Abstract—Taking the course "Cloud Computing Platform and Technology" in the software engineering at Wuhan University as an example, this article specifically introduces how to continuously establish the "Cloud Computing Platform and Technology" course with the support of relevant enterprises such as Huawei Technologies Co., Ltd., Alibaba Cloud Computing Co., Ltd., Wuhan Oyi Cloud Computing Co., Ltd. from different dimensions and aspects, cultivate talents in the cloud computing industry and software engineering, and provide reference for how to build a sustainable curriculum construction mechanism for software engineering courses under the drive of university-industry cooperative education.

Keywords—Talent cultivation, curriculum development, continuous improvement, university-industry collaborative education

1 引言

工信部 2018 年印发的《推动企业上云实施指南(2018-2020 年)》指出, 云计算是信息技术发展和服务模式创新的集中体现, 是信息化发展的重大变革和必然趋势。支持企业上云, 有利于推动企业加快数字化、网络化、智能化转型^[1]。

国内越来越多高校结合本校学科特点及行业应用, 开设了云计算相关的课程, 以顺应市场和时代的需要。

2021 年 11 月国家工信部《“十四五”软件和信息技术服务页发展规划》中提出强化产业创新发展能力, 支持企业与高校联合, 开展关键核心技术攻关^[2]。

***基金资助**: 本文得到①教育部-华为技术有限公司“智能基座课程建设项目“云计算平台与技术”(ZNJZ20231066); ②教育部产学研合作协同育人项目“持续改进的云计算平台与技术课程建设”(220600643245717, 阿里云计算有限公司); ③教育部产学研合作协同育人项目“面向任务导向型专业课程实验的教学实践”(230801792252142, 武汉噢易云计算股份有限公司)等项目支持。

**通讯作者: 余伟 yuwei@whu.edu.com。

2023 年华为中国合作伙伴大会上的华为云赋能分论坛上, 华为技术有限公司呼吁政、产、学、研、用联合起来, 推进产教融合与校企合作, 加速人才生态创新。

因此高等教育要主动融入新发展格局, 面向产业创新发展需要, 发挥自身人才培养的创新优势, 联合高新技术企业进行专业课程建设, 培养具备跨界整合能力的高素质复合型和创新型技术人才。

在国家、企业都强调和重视校企协同育人的背景下, “云计算平台与技术”作为软件工程专业核心专业实践课程, 可以更好地为国家、产业、行业人才培养服务。课程组组建了校企协同育人建设团队, 在华为技术有限公司、阿里云等企业的支持下, 积极开展“云计算平台与技术”课程持续共建, 持续改进工作。

2 云计算平台与技术课程可持续建设

云计算技术体系庞杂、存在多学科交叉、实用性强、更新较快等特点。经过笔者的调研及与同行交流,

云计算课程在各高校的教学实施过程中, 仍然存在比较多的问题。

(1) 课程设置比较随意, 在学生培养方案的顶层设计中定位不明确, 无法与学生的毕业要求结合起来, 培养目标比较宽泛不具体。一般来说课程的设置, 不仅需要考虑课程之间的关系, 还要从整体上考虑在整个课程体系, 对学生不同能力培养的侧重点, 从而才能制定合理而明确的培养目标。

(2) 教学内容过于陈旧, 更新不及时, 教学资源与案例跟不上技术实践的需要。阿里云、腾讯云和华为云应该说是当今国内规模最大, 产品体系最为完善, 应用领域最广, 技术应用落地最多的三大云计算平台。表 1 对比了三家厂商的云产品发布时间线, 它们虽然起步时间不同, 但最开始都只是基于桌面虚拟化技术提供基础的云服务器、云数据库和云存储服务, 后期慢慢向基于 docker 的云容器服务, 以及基于 kubernetes 的云原生服务方向在发展。在 2022 年云栖大会上阿里云宣布将坚定推进核心产品全面 Serverless 化^[3]。

表 1 三大国产云服务商产品时间线比较

年份	阿里云	腾讯云	华为云
2010年	云服务器		
2011年	云数据库		
2012年	云存储		
2013年	云安全	云服务器	
2014年	云计算网络 VPC、云解析 DNS	云数据库	
2015年		云安全	云服务器
2016年	云容器、云函数	云容器、云函数	云数据库
2017年		云解析	云存储
2018年	云原生数据库		云容器
2019年	云原生容器引擎	云原生数据库、云原生容器引擎	云原生容器引擎
2020年	云原生 DevOps	云原生 DevOps	云原生 DevOps

但大多数高校的云计算课程内容和实验案例还停留在基于 OpenStack 搭建虚拟化平台、基于桌面虚拟化技术构建虚拟机或基于 docker 容器技术部署应用的程度。

(3) 实验环境往往需要企业的资源支持或者某个特定企业的技术支持, 这对于课程在一些知名高校或经费充足的高校开展或许不成问题, 但不利于课程

建设成果在更多大部分非知名高校或经费不足的高校推广。

在多个校企协同育人项目的支持下, 开展了课程目标的修订、课程内容的归纳调整、实验案例的持续优化、学生的全过程能力考核评价等工作。

2.1 课程目标的校企联合修订

结合国家、产业、社会重大需求以及企业的实际用人需求, 结合中国工程教育专业认证的毕业要求^[4], 学习其它高校在落实工程教育认证方面的举措^[5, 6], 并根据我院软件工程专业的课程体系实际情况, 课程组对“云计算平台与技术”的课程能力培养的定位和内容进行了相应的联合修订, 总体目标是培养学生根据应用上云的不同实际需求, 选择合适平台、工具, 提出相应的云平台解决方案, 开发适合于分布式环境的应用, 并将应用部署于云平台生产环境的能力, 课程培养分目标及达到的毕业要求如表 2 所示。

2.2 教学内容与教学资源的校企持续更新

课程组梳理了云计算与分布式计算、大数据等相关课程的关系, 结合当前云计算主流技术和行业内技术趋势, 以及课程模块必要性和满意度调查^[7], 重新整理了云计算相关的核心知识模块, 既包括了云计算使能基础技术, 又包括云原生新技术, 详细信息如表 3 所示。

在每一个知识模块的教学实施过程中, 都要通过公有云或虚拟机开展相关实验, 为了教学效果, 课程组设计了两类规模的实验案例, 其中小规模单元实验案例可以当堂完成, 中型规模的综合实验案例可以在 2-3 周内完成并可以作为平时考核或期末考试内容, 如表 4 所示。

作为校企协同育人的一部分内容, 阿里云、华为云、武汉噢易云也提供了相应的课程资源与云环境。其中阿里云在提供课程资源(云中学堂^[8]、飞天加速计划^[9])学习的同时提供了相应的云环境, 在完成课程学习和实验之后自动释放相关资源; 华为云将课程资源(华为云开发者学堂^[10])与云环境相分离, 通过提供代金券的形式提供一定时长的云环境, 在有效期内可以开展任何实验。武汉噢易云提供了私有云资源管理平台, 将学院现有的服务器资源汇聚为一个集群, 通过平台提供虚拟桌面池, 根据课程组的实验安排计划进行桌面调度与分配, 方便学生合理利用有限资源, 并开展相关实验。

2.3 实验案例的持续优化

从表 4 可以看出, 部分实验案例来源于阿里云, 部分实验案例来源于华为云。

表 2 《云计算平台与技术》课程培养目标

序号	课程目标	中国工程教育专业认证毕业要求
课程目标1	了解云计算的业务模型、部署模型和服务模式，掌握基本的云计算核心技术，并熟悉当前主流的公有云平台并使用其中的云主机、云数据库、对象存储服务、弹性伸缩服务、负载均衡策略等主要产品，具备应用上云的能力	5. 使用现代工具：通过多种途径，了解软件工程专业技术和资源、软件工具与平台等的最新发展现状，能够理解不同开发技术与工具的应用场合和局限性
课程目标2	了解公有云平台的优势和不足，基于资源节约、数据安全、环境可持续发展的原则，具备理解与评价应用是否适合上云的能力	7. 环境可持续发展：理解环境保护和社会可持续发展的内涵和意义，了解软件工程实践在环境保护和可持续发展方面相关的方针、政策和法律法规
课程目标3	在使用云计算平台和技术的实验过程中，学会分析问题、独立思考、总结经验、表达观点，相互协作，培养有效沟通并共同解决应用上云过程中各类问题的能力	10. 沟通：能够主动了解专业领域的国际发展趋势，主动把握专业相关的技术热点，并能够发表观点看法，理解和尊重世界不同文化的差异性和多样性
课程目标4	关注云计算领域最新热点问题，持续跟踪DevOps、云原生等前沿技术发展趋势，以适应持续集成、持续交付、持续部署的能力	12. 终身学习：对软件工程技术发展前沿和学科发展趋势保持敏感性和开放心态，具备把握自己发展方向的能力

表 3 核心知识模块整理

课程模块	知识内容
模块1：云计算基础理论与概念	云计算架构和业务模型，公有云平台及相关产品
模块2：云计算使能技术-分布式技术	分布式计算理论、算法、协议以及典型分布式系统
模块3：云计算使能技术-虚拟化技术	服务器虚拟化技术和桌面虚拟化技术
模块4：云计算使能技术-容器化技术	容器化技术原理与工具
模块5：云原生技术-容器编排技术	基于 kubernetes 的云原生技术栈以及 Kubernetes 容器集群管理技术
模块6：云原生技术-服务网格技术	微服务技术，服务网格技术 Istio，应用可观测技术
模块7：云原生技术-Serverless技术	函数计算，Serverless 技术

近几年与华为云与阿里云的校企合作是顺利的，可以在他们的支持下持续增加最新的实验案例资源。但作为高校教师和教学单位，也要考虑在没有他们的支持下，当前实验案例如何开展和普及的问题。

为了实验的通用性和兼容性，课程组在使用来自于华为云、阿里云的实验案例时，采用了循序渐进的方式加以改造，使之也适应其它公有云平台甚至本地虚拟环境。

首先将课程模块 1 中应用上云的两个实验加以改造，可以快速适应其它公有云平台如腾讯云、青云等；

其次将课程模块 2 中的 Hadoop 和 Spark 存算分离大数据综合实验及 Kafka 消息服务综合实验，采用 docker 和 docker-compose 的方案加以改造，能够在本地虚拟机环境下就能轻松创建轻量级伪分布式实验环境，辅助学生开展相关应用实验。

再次，有意识地开展一些通用性实验，比如表 4 中的 DevOps 实验，而非专业性实验如云手机实验。

此外将 2022 年春所使用的华为鲲鹏云（使用 ARM 架构云主机环境）的实验，在 2023 年春都被改造成华为云（使用 X86 架构云主机环境）实验。

每个学期会根据实际情况挑选不同的实验案例开展实践教学，顺便完成相应的改造和完善。

总的来说，课程组希望通过实验教学过程积累相关的各种实验案例，并加以吸收改进，以适应本地实验环境，达到可以长期教学，并在更多高校推广，让更多的师生受益的目的。

2.4 全过程能力考核

课程组对 2022 年春、2023 年春、2024 年春三个学期的软件工程专业卓工班和普通班的学生课堂实验完成情况（完成率）、期末综合实验情况（实验选择占比）进行了统计与比较，分别见表 5 和表 6。其中应用上云（云上博客）实验及 DevOps 实验是 2023 年新增实验，云手机实验仅在 2022 年开展。

从表 5 可知：

(1) 在单个学期内，随着课堂实验的逐渐开展，实验的难度在逐渐增加，学生的完成率略微呈现下降趋势；

(2) 对于新的实验, 学生开展实验时没有一定的参考性, 当堂完成率都不太高;

(3) 最近三个学期, 每一个同类实验的当堂完成率都有所提高, 主要因为实验案例更加成熟完善, 课程组教师的课堂指导也更加到位。

从表 6 可知, 随着实验案例的更加丰富、难度的加大、层次更加完善(每一个选题区分必做与选做), 学生在完成期末综合实验时有了更多的选择, 而学习能力较强的学生更愿意接受新的有难度的挑战。

表 4 实验案例组织

课程模块	实验案例	持续周数	来源
模块1	熟悉公有云平台及产品(云主机、云存储、云数据库)	1	自制
	应用上云: 云上博客	1	阿里云
	应用上云: 办公应用	1	华为云
	应用高可用(负载均衡、弹性伸缩)综合实验	2	华为云
模块2	Hadoop和Spark存算分离大数据综合实验	2	华为云
	Kafka消息服务综合实验	1	自制
模块3	基于VMWare搭建本地虚拟机实验	1	自制
	虚拟机之间、局域网内虚拟机之间、宿主机与虚拟机之间网络通信实验	1	自制
模块4	容器生命周期实验	1	自制
	容器网络	1	自制
	容器存储	1	自制
	DevOps综合实验	3	自制
模块5	Kubernetes集群安装实验	1	自制
	Kubernetes dashboard 应用部署实验	1	自制
模块6	服务网格实验	1	自制
	服务监控实验	1	自制
模块7	基于函数计算搭建手写数字识别平台	1	阿里云
	基于函数计算搭建图片识别平台	1	阿里云

其中卓工班的学生全部选择了难度最大的实验(基于 k8s 的云原生应用部署与服务治理), 而 2024 年春普通班大部分学生也都选择了该实验, 远超 2022 年春的同类学生, 难能可贵的是, 大部分同学都完成了选做部分, 且完成情况都还比较不错。

为了更加客观地评价每一个学生完成实验的情况, 对每一个实验采取如下方式进行综合评价:

(1) 按照完成并验收的顺序分档。前 20-30% 的学生会得到一个分值档次(90 分以上)、在后 20-30% 的学生得到一个分值档次(80 分以下), 该分值占当前实验的 30%;

(2) 在检查并验收学生时, 针对学生现场演示流畅程度、出现问题、解决问题以及回答问题的实际情况进行打分, 该分值占当前实验的 40%;

表 5 课堂实验完成情况

实验案例	实验当堂完成率		
	2022年春	2023年春	2024年春
244人(普通班216人, 卓工班28人)	184人(普通班159人, 卓工班25人)	279人(普通班244人, 卓工班35人)	
应用上云: 云上博客	没有布置	100%	100%
应用高可用部署综合实验	97.54% (97.22%, 100%)	97.82% (97.48%, 100%)	98.57% (98.36%, 100%)
容器生命周期实验	97.54% (97.22%, 100%)	97.82% (97.48%, 100%)	98.2% (97.96%, 100%)
容器网络实验	97.54% (97.22%, 100%)	97.82% (97.48%, 100%)	98.2% (97.96%, 100%)
容器存储实验	97.54% (97.22%, 100%)	97.82% (97.48%, 100%)	98.2% (97.96%, 100%)
DevOps实验	没有布置	69.57% (69.18%, 72%)	83.87% (83.6%, 85.7%)
Hadoop 和 Spark 存算分离大数据综合实验	95.08% (95.37%, 92.85%)	96.2% (96.86%, 92%)	97.49% (97.54%, 97.14%)
云手机实验	94.26% (94.44%, 92.85%)	没有布置	没有布置
Kubernetes 集群实验	83.61% (83.33%, 85.71%)	86.96% (86.79%, 88%)	88.53% (88.11%, 91.43%)

(3) 在检查学生的实验报告时, 针对实验报告的语言表达、文档规范性、逻辑性、详实程度进行打分, 占比为 30%。

通过上述举措, 每一次实验都可以将能力强的学生与能力弱的学生加以区分, 也能在一定程度上将勤快的学生与偷懒的学生加以区分。

表 6 期末综合实验完成情况

	实验人数占比 (%)		
	2022年春	2023年春	2024年春
期末综合实验案例选题	244人(普通班216人, 卓工班28人)	184人(普通班159人, 卓工班25人)	279人(普通班244人, 卓工班35人)
开发 web 应用并部署于公有云(容器)或本地虚拟机	49.18% (55.56%, 0%)	0%	20.43% (23.36%, 0%)
云开发 App 应用, 并将后端部署于公有云(容器)中	26.23% (29.63%, 0%)	0%	0%
基于 k8s 的云原生应用部署与服务治理	24.59% (14.81%, 100%)	100%	79.57% (76.63%, 100%)

3 结束语

在课程建设上,“云计算平台与技术”强调以学生为中心的工程教育思想,以国家、产业、社会的实际需求为导向,反向进行课程目标定位和教学内容调整,注重学生实践动手能力的培养,持续改进教学。

课程组也在校企协同育人的驱动下,滚动引进并吸纳了行业内最新的部分技术,并以实验案例为载体,持续改进和优化,使之逐渐脱离企业的实验环境或技术约束,具备通用化特征,方便推广与应用。

通过近三年的探索与实践,逐渐形成了较为全面完整的多层次、多维度的校企协同育人模式,可以指导课程的可持续建设,也对软件工程专业实践类课程建设提供了一定的借鉴作用,具有现实意义。

上述实践也表明,学生是不太关注宏观的培养目标的,但是对于教学内容、实验案例的持续更新是既欢迎又抗拒。绝大部分学生在开始时是欢迎的,哪怕有一定难度也愿意去尝试和挑战,但随着实验数量的累积、难度的增加,畏难情绪和惰性有所增加;还有一部分学生本身学习能力有所不足,对分数也没有过高追求的情况下,也更倾向于做适合自己难度的实验,因此综合动手能力会稍显不足。

在后续实践中,将从以下四个方面进行持续改进:

(1) 持续引进新的实验案例,并对旧的实验案例进行优化调整,保持实验案例的多样性和可选择性;

(2) 每学期从中挑选部分实验进行布置,并适当减少实验布置总数,进一步调整实验的必做部分和选做部分,照顾到绝大部分学生的能力要求;

(3) 尝试为不同难度的实验设置不同的分值,充分调动学生的积极性;比如为后面的实验设置更高的分值,引导学生在掂掂脚、伸伸手的情况下,完成更高难度的实验,掌握更多的技术、培养更强的能力;

(4) 进一步完善过程考核机制设计,对学生进行更客观的评价,引导所有学生认真对待每一个实验,而不是投机取巧、浑水摸鱼,形成良好的实验氛围和评价机制,保障其它举措的执行效果。

参考文献

- [1] 工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发《推动企业上云实施指南(2018-2020年)》的通知. 工信部信软(2018)135号[EB/OL], [2018-08-12]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-08/12/content_5313305.htm
- [2] 工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发“十四五”软件和信息技术服务业发展规划的通知. 工信部规(2021)180号[EB/OL], [2021-11-15] https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/01/content_5655205.htm
- [3] 阿里云 2022 云栖大会. <https://yunqi.aliyun.com/>, 2022. 11. 3-2022. 11. 5
- [4] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证通用标准解读及使用指南(2022版). 工程教育认证通告(2022)第4号[EB/OL], [2022-7-15]
- [5] 谭貌、段斌、周彦、旷怡. 面向产出落实工程教育认证标准的院系机制与实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2023, 11(5), P16-20
- [6] 李鑫、齐红、张馨予、李烁、姜宇. 工程教育认证背景下计算机一流专业建设的路径研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2022, 10(2), P62-65
- [7] 刘浩文, 李兵, 桂浩等. “云计算平台与技术”课程改革探索与实践[J]. 软件导刊, 2023, 22(6):13-17
- [8] 阿里云云中学堂. <https://edu.aliyun.com/campus/college>
- [9] 阿里云飞天加速计划. <https://developer.aliyun.com/plan/acc>
- [10] 华为云开发者学堂. 《云计算》课程方案. <https://education.huaweicloud.com/courses/course-v1:HuaweiX+CBUCNXK040+Self-paced/about>