

网络化操作系统课程设计及 BOPPPS 模型在课堂中的探索与应用^{*}

李姗姗, 陈立前, 曹 源, 文艳军, 罗 宇, 王之王

(国防科学技术大学计算机学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要:网络化操作系统课程是为了让学生了解和掌握网络化环境下的新型操作系统技术而设置的一门研究生专业选修课,课程梳理了网络化操作系统与传统操作系统的对应关系,并从中选择了主要的关键技术作为课程内容。课程通过教师讲授+学生课堂报告+项目实践等多个环节让学生理解基础原理的同时,了解操作系统的最新发展前沿,同时锻炼和提升解决实际问题的能力。针对教学内容涉及面广以及学生参与性不足等问题,课程将国际前沿的教学理念 BOPPPS 模型运用到课程设计中,通过课程引入、确定课程目标、预评测、参与式学习、后评价和课程总结六个环节,充分调动学生的积极主动性,有效提升教学效果。

关键词:网络化操作系统;BOPPPS 模型

中图分类号:G642

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1007-130X.2016.Suppl(1).001

Course design of network operating systems and the application of BOPPPS model

LI Shan-shan, CHEN Li-qian, CAO Yuan, WEN Yan-jun, LUO Yu, WANG Zhi-yuan

(College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Network operating systems is an optional course for graduates, which enables students to understand and master new operating system technologies in network environments. The course combines the network operating system and the traditional operating system, and takes key technologies as the main course contents. Students can understand the basic principles and the cutting-edge developments of operating systems through teachers' instructions and lectures, students' reports and practice projects. Additionally, the ability to solve practical problems is enhanced as well. The course applies the BOPPPS model to the curriculum design, including curriculum introduction, course objective setting, pre-evaluation, participatory learning, post-evaluation and course summary. These six steps fully inspire students' enthusiasm for learning, and effectively enhance teaching effectiveness.

Key words: network operating systems; BOPPPS model

1 引言

云计算时代,软件服务化、网络化的趋势改变了应用的部署和管理模式,计算由单机推向了用户端和服务端一体化的运行模式,数据存储由本地推

向了数据中心的存储方式,操作系统正面临着新的设计需求与挑战^[1]。过去,显示、存储、计算都在一台机器上,现在,个人计算机主要负责显示以及简单的计算和少量存储,而由数据中心负责主要的计算和存储。即从单机为中心发展到以网络为中心,将网络而不是计算机单机视为软件的开发和运行

^{*} 收稿日期:2015-08-11;修回日期:2015-10-29

通信地址:410073 湖南省长沙市国防科学技术大学计算机学院计算机系

Address: College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, Hunan, P. R. China

平台。这种情况下,传统的操作系统技术,如设备管理、存储管理、进程管理、内存管理、桌面管理等都难以满足网络化的需求。网络化操作系统是面向计算机专业硕士或博士研究生开设的课程。其以云计算为背景主线,主要目的是让学生了解和掌握网络化时代的新型操作系统技术。通过讲授、研讨、项目实践等方式,培养学生的创新思维、文献阅读等学术研究能力,帮助从事操作系统研究的学生打好基础,能够联系实际系统问题进行求解,同时开拓学生的学术视野。

作为一门新兴的课程,网络化操作系统面向新的计算和存储需求,以传统操作系统技术为基础,引入网络、分布式系统设计的原理和技术,知识点庞杂繁多,涉及系统实现、架构设计、算法理论等方面,且系统实现枯燥,理论算法抽象,以传统教学方法授课。如何设置教学内容、方法,让学生既对课程体系有全局的认识,又能深入了解关键技术,同时掌握部分系统设计和实现技术,对课程的设计来说是一项具有挑战性的任务。

BOPPPS是近年来北美众多院校所采纳和推广的一种教学模式^[2],其将教学过程分为引入(Bridge-in)、目标(Objective)、预评价(Pre-assessment)、参与学习(Participatory learning)、后评价(Post-assessment)和小结(Summary)六个部分,简称为BOPPPS模型^[3]。BOPPPS模型的目标在于提高学生的兴趣,吸引学生的注意力,理解课程的目标,让学生处于一种主动学习的状态并有效评估学习的效果^[4]。本文结合作者在网络化操作系统课程教学中的实践经验,通过将BOPPPS引入课堂的教学过程中,有效提高课程的教学效果。这些教学方法重视学生与老师、学生之间的相互作用,充分发挥学生的主观能动性。

2 网络化操作系统课程的设计

课程共设置了七个专题,包括云计算和网络化操作系统概述、海量分布式存储系统、虚拟化技术、分布式缓存管理技术、新型终端技术、分布式编程模型和安全可信技术等。为了让学生对网络化操作系统有承前启后的认识,课程首先梳理了传统操作系统和网络化操作系统的对应关系,如图1所示,从中选择了主要的关键技术作为课程内容。

(1)专题一:云计算和网络化操作系统概述。

主要内容包括云计算的概念和发展现状、网络化操作系统的概念与内涵、传统操作系统技术与网

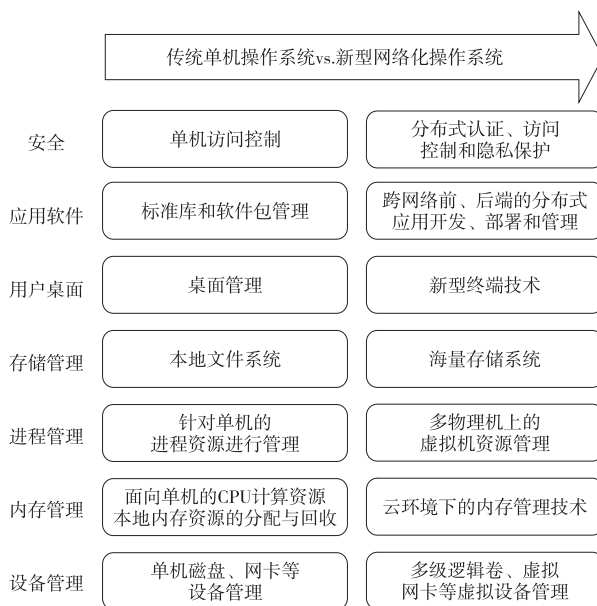


Figure 1 Correspondence between traditional operating system and network operating systems

图1 传统操作系统与网络化操作系统的对应关系及体系结构。

主要目的是让学生了解云计算的背景,对网络化操作系统有全局的认识,了解基本概念和相关技术。

(2)专题二:海量分布式存储系统。

该专题内容与传统操作系统中的文件系统相对应,主要包括海量分布式存储系统概述;分布式文件系统的概念,几种典型的分布式文件系统的体系结构和关键技术分析,包括GFS、TFS、FastDFS、HayStack等;Key/Value存储系统的概念,几种典型的Key/Value存储系统的体系结构和关键技术分析,包括Cassandra、Bigtable等;分布式块存储系统的介绍,几种典型的分布式块存储系统的体系结构和关键技术分析,包括SheepDog等。

主要目的是让学生了解海量分布存储系统的概念和设计需求。

(3)专题三:虚拟化技术。

该专题内容与传统操作系统中的进程管理相对应,主要包括虚拟化的基本概念和分类,包括CPU虚拟化、内存虚拟化、I/O虚拟化的关键技术,重点讲述内存虚拟化技术。同时介绍IaaS环境下虚拟化资源管理和调度机制。

主要目的是让学生了解虚拟化的基本概念,掌握主要的虚拟化关键技术。

(4)专题四:分布式缓存管理技术。

该专题内容与传统操作系统中的内存管理相对应,介绍云计算环境中各种级别的内存管理问

题,虚拟化平台的内存调度问题,常见的解决方案评述,包括气球驱动、内存页合并、内存空洞和换页池等;基于数据中心的内存存储系统的概念、应用场景和关键技术分析,包括 RAMCloud、RAM-Cube 等。

主要目的是让学生了解内存管理在云计算环境中的特点和意义,通过跟踪国际最新研究进展,了解虚拟化平台和数据中心两种级别下内存管理的关键技术。

(5)专题五:新型终端技术。

该专题内容与传统操作系统中的桌面管理相对应,主要包括新型终端关键技术、应用模式与生态环境概述、Android 操作系统、HTML5 的发展及其在未来新型终端中的应用、浏览器技术的发展与挑战、图形绘制与人机交互的进展与趋势。

主要目的是让学生了解新型终端技术的需求、生态和发展方向,掌握新型终端领域的若干核心关键技术的概念和研究重点。

(6)专题六:分布式编程模型。

该专题主要讲授网络化环境下的编程模型,与传统操作系统中的库与软件包管理相对应。课程以 MapReduce 为典型分布式编程模型,介绍 MapReduce 的基本概念和应用场景、编程方法、执行流程、数据流和运行实例。

主要目的是让学生了解分布式编程模型的主要原理和编程方法,理解 MapReduce 与传统并行计算模式的区别。

(7)专题七:安全可信技术。

该专题与传统操作系统中的安全技术相对应,主要包括分布式认证、访问控制技术、虚拟计算环境中的可信技术、分布式加密存储技术等。主要目的是为了让学生了解网络化环境新的安全威胁与

挑战,以及对应的防护机制。

图 2 给出了这些关键技术的体系结构图。

作者采用了教师讲授+学生课堂报告+项目实践三个环节来组织课程。课堂上,教师主要讲授基本原理,选择经典的案例,让学生快速理解重要的知识点。课后布置操作系统顶级会议和期刊的学术论文和最新研究成果让学生阅读,如 OSDI、SOSP、EuroSys、HotOS 等,并进行课堂报告和研讨,一方面巩固学生在课程中学到的知识,另一方面能够拓展前沿,更深入地了解技术的发展,同时根据课堂讲授和研讨的内容,撰写研究论文或综述论文。此外,课堂报告还可以锻炼学生的表达能力,教师鼓励学生采用英文的幻灯片和英文口头报告,以模拟国际会议的形式,报告完后再组织学生研讨,促进学生之间的思维碰撞,更深入地进行思考。在课程学习的后半部分,教师将综合课程中的多个知识点,形成大作业,让学生分组完成。这部分主要是让学生综合应用课堂所学的知识,提高他们动手操作和实际解决问题的能力。课程依托国防科学技术大学计算机学院丰富的集群计算和存储资源,采用“云计算”模式,构建了网络化操作系统课程的网络远程实验环境。学生不用到实验室就可以通过网络使用综合实验平台进行相应课程实验,比如搭建 Hadoop 平台、部署虚拟化计算平台、配置海量存储系统等。教师从实际项目中提取了一些问题并设置成项目实践的题目,使授课内容随技术的进步和产业发展而更新,保持广泛性和前沿性。

3 网络化操作系统课程建设的问题与难点

网络化操作系统课程兼有系统性和理论性的

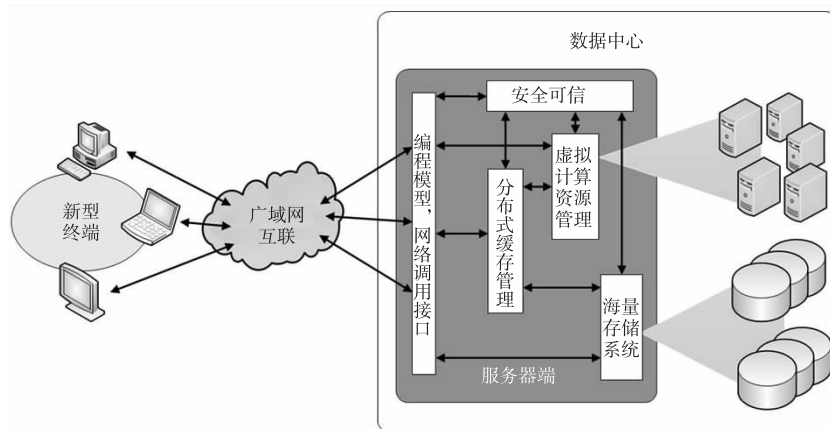


Figure 2 Technical architecture of the network operating system

图 2 网络化操作系统的技术体系结构

特点,在实践和原理上对学生的能力都有要求。采用传统操作系统的教学方法,教学内容和过程会较为枯燥,难以提起学生的学习兴趣,尤其是对于在本科阶段计算机专业基础较为薄弱的学生,许多知识点将难以理解。作者结合开课过程中的遇到的问题,认为网络化操作系统的课程建设主要存在以下问题:

(1)专业知识涉及面广,技术本身发展迅速。

网络化操作系统要求学生具备扎实的操作系统基础,涉及的知识面较广,不仅包括计算机原理、程序设计、数据结构、计算机网络等基础知识,还包括分布式计算、应用数学、算法设计等理论。在本科的学习过程中,操作系统就属于较难的专业课程,而在研究生阶段开设网络化操作系统这门课,则是对学生提出了更高的要求。同时,随着其他计算机软硬件技术的发展,操作系统本身的系统结构和实现技术也在不断地更新与发展。不仅仅是学生,授课老师也必须紧跟操作系统的发展前沿,对授课内容同步保持更新,并从中引导学生理解设计思路,分析和发现技术发展的趋势与一般规律,以拓展思维,进一步提高系统设计能力和创新能力。

(2)实践门槛较高,学生缺乏项目实践经验。

现有的操作系统实践大多数基于开源的Linux操作系统,代码主要采用C语言,涉及大量的指针、钩子函数等较难掌握的编程技术,部分代码还嵌入了汇编语言代码,不好编写和理解。同时,由于操作系统规模庞大,牵一发而动全身,难以把对某一个模块的修改限定在较小的影响范围。另外,学生往往缺乏项目实践经验,没有工程设计的思想和概念,无论是编程量还是解决复杂问题的能力都比较弱。网络化操作系统中许多关键技术如虚拟化、分布式文件系统的设计与实现都来源于现实的大型网络系统,学生对问题更没有直观感受。

(3)原理枯燥难懂,学生的主动性难以调动。

网络化操作系统的课程内容大都偏原理和理论,内容抽象,既包括系统结构的设计策略,又有关键技术的设计思想,内容庞杂,且难有“所见即所得”的效果。学生在课程学习过程中,常常会因为听不懂、难理解而丧失学习的兴趣,学习的积极性和主动性难以调动。由于技术发展较快,教师自身对教学内容的知识体系也理解不深,导致教学重点把握不到位,学生对各个知识点也缺乏关联分析和实例化操作,因此无法在课程学习中获得感性认识。同时,设计网络化操作系统的实验体系也并非

易事,对环境、学生的动手能力等各方面都要求较高,学生难以在有限时间内完成与教学目标一致的实验,学生的学习效果也难以评估。

4 基于BOPPPS模型的课程设计

BOPPPS模型是根据人的认知理念提出的一种教学模型。一般来说,人的专注力只能持续10~15分钟,因此,BOPPPS模型将教学内容分割成若干个相对独立的小单元,每个小单元维持在10~15分钟左右。每个小单元又被细分成六个阶段,依次为引入(Bridge-in)、目标(Objective)、预评价(Pre-assessment)、参与学习(Participatory learning)、后评价(Post-assessment)和小结(Summary)。BOPPPS模型强调学生的全方位参与和及时的反馈与评估,通过参与,调动学生的学习积极性和主动性,进一步提高教学效果。本文基于BOPPPS的理念和方法,将其融入到网络化操作系统的课程设计中,进行一些初步探索和尝试,列举如下:

(1)引入阶段。

这个阶段类似于我们在写论文时,先要在引言中把动机(Motivation)说清楚,让学生明白所要学习的知识点以及为什么要学习这部分内容,以更好地专注即将要授课的内容。一般来说,在引入阶段,教师可以叙述一个与课程主题相关的吸引人的故事,引入即将授课的内容;通过类比的方式,强调授课动机与内容的重要性;将已经学过或未来要学的内容相连结。这里可以借助各种媒介,如视频、图片等,一定要引起学生的兴趣。在网络化操作系统的课程授课中,教师大量采用了类比和提问的方式,比如在讲解云计算中各类服务的运行方式,类比了日常生活中的用水和用电的便捷以及按需使用,而云计算的目标,是希望只要能接入互联网络,就能够灵活地使用各类资源;通过提问的方式,主要是在引出内容前让学生主动思考,当实际内容与他所说的一致时,学生会收获大量的认同感,听课的主动性也能提高,比如在讲解云计算的出现背景时,首先让学生思考这几年我们的IT生活有哪些变化,学生会设身处地地思考,比如用智能终端上网而不是个人电脑,比如大量数据存放网盘而不是个人硬盘,比如很多应用都要终端APP而不需要再通过浏览器访问,课堂气氛非常活跃,学生的听课积极性也会提高。但是,提问的过程一定要注意设置的问题不要太深,最好能与学生切身相关并且

有趣,否则如果学生站着回答不出来,反而会更加挫败学习的积极性。

(2) 目标阶段。

在这一阶段,教师需要明确课堂的教学目标,也就是当这部分内容学习结束,学生能够做到什么,具体包含三个部分:对象(who)、将学到什么或做到什么(will do what)、在什么情况下(under what condition)。一般来说,目标设置的越具体、越量化,就越方便对学习效果进行评估。当授课教师向学生明确学习目标,学生就可以有具体的学习方向。在网络化操作系统的学习过程中,目标设置是课堂设计的难点,因为对于原理和系统性的知识,难以评估学生是否达到了教学目标,许多时候也不好对教学内容进行拆分。课程中的目标,多数是理解原理,对于原理相对独立的小单元,教师尽量设置可量化考评的目标,即通过提问、小测试来进行评估。对于较大的知识单元,则后期需要通过设计项目实践环节和论文报告来进行评估。

(3) 预评测阶段。

在这一阶段,主要是评测学生的基础和能,进而调整授课内容的深度与进度。一般来说,可以通过提问或作业的方式,达到预评测的目的。比如,在讲解分布式文件系统时,提到现有的分布式文件系统大都是用户态的,这里可以设置提问,为何要选择用户态而不是内核态。教师可以通过学生的回答来预评测他们的操作系统基础,如果学生基础较好,则会考虑到“以进程的方式运行,单个进程不会影响到整个操作系统,从而可以对其进行充分优化”“无需了解操作系统的内部实现机制和接口,从而降低了实现的难度,并提高了通用性”等原因。

(4) 参与学习阶段。

这一阶段主要通过学生与学生之间的讨论、学生与老师之间的互动来提高学生学习的积极性。参与学习的方法有很多,常见的做法,可以设置一些开放题目,让学生分组讨论,例如,讲解完分布式文件系统的基本原理后,可以将问题扩展到更加复杂的情况,比如当元数据量不断增加,单一元数据服务器无法存放而需要多个元数据服务器时,如何切分目录树,更好地兼顾负载均衡和本地性(Locality),让学生分组讨论如何设计,并在课堂向全班同学讲解,通过亲身参与设计更深刻地感知技术背后的原理和规律。除此之外,还有很多参与互动的有趣方法,比如掷雪团,设置一个题目,让学生在纸片上写下自己的想法,然后揉成团,随机扔给班

里另外一个同学,老师随机点一些同学来展示别的同学想法。除了参与到思考中,还可以驱散课堂学习倦怠和懈怠情绪。作者曾经针对 RAMCloud 的缺点,让学生在纸片中列出并掷雪团,课堂效果不错,不但调动了积极性,学生还会对比和反思自己的思路与其他同学思路的异同。此外,还可以采用一些媒体手段如 i-click、选项卡等。

另外,除了教师课堂授课,网络化操作系统课程还采用了学生报告和项目实践的教学方法。在学生报告环节,由教师给学生分派前沿的学术论文在课后阅读并在课堂中报告,报告完后组织全班进行研讨和打分,让每个学生都有参与感和紧张感。网络化操作系统课程是小班教学,比较利于组织学生报告和研讨,课前我们会把教室中的桌椅调整位置,呈大 U 型摆放,使整个报告和研讨的过程都更有学术会议的氛围。在项目实践环节,课程依托国防科学技术大学计算机学院丰富的集群计算和存储资源,构建了网络化操作系统课程的网络远程实验环境。学生不用到实验室就可以通过网络使用综合实验平台进行相应课程实验,比如搭建 Hadoop 平台、部署虚拟化计算平台、配置海量存储系统等。让学生们可以方便地应用课堂中学习的知识点,提升自己解决自己问题能力,有利于教师对教学效果进行评估。

(5) 后评价阶段。

后评价阶段主要用来评估学生的学习成效、及是否达成教学目标。根据不同的授课内容和目标,会有不同的评价手段。课堂提问、学生报告、项目实践结果等都是网络化操作系统课程较有效的评价手段。课堂提问主要针对课堂讲授的原理性内容,可以让学生叙述步骤或复述原理;学生报告主要是考察学生对课程内容的理解以及相关前沿内容的分析和思考;项目实践则是一种综合的评价方式,考察学生对原理的理解程度,以及系统实现甚至改进关键技术的能力。

(6) 总结阶段。

教师通过此阶段总结课堂内容、整合学习要点以及预告下次课的内容,让学员提前作课前预习。有时也可以让学生自己进行总结,这种方式不失为一种后评价方法。教师根据后评价和学生的总结调整授课内容和进度,此外,可以适当表扬学生,也是有效的课程总结方式。

5 结束语

本文介绍了网络化操作系统的课程设计,希望

合理设置教学内容和教学方法,让学生了解网络化时代的新型操作系统技术。基于 BOPPPS 模型,探索了如何在课程中充分调动学生的积极主动性,把抽象、枯燥及庞杂的教学内容有效教授给学生,通过主动学习、主动参与、主动探究、主动创新不断发展自我、完善自我、超越自我,最终达到提高教学效果,培养创造性人才的目的。

参考文献:

- [1] Sosinsky B. Cloud computing bible [M]. New York: John Wiley & Sons, 2010.
- [2] Pattison P, Russell D. Instructional skills workshop (ISW) handbook[M]. Vancouver: UBC Centre for Teaching and Academic Growth, 2006.
- [3] <http://www3.telus.net/dandoherty/patternguides/images/>

isw-boppps-cards3x3. pdf.

- [4] Caffarella R S. Planning programs for adult learners: A practical guide for educators, trainers, and staff developers[M]. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2002.

作者简介:



李姗姗(1980-),女,江西丰城人,博士,副研究员,CCF 会员(E200020293M),研究方向为操作系统和软件可靠性。E-mail: shanshanli@nudt. edu. cn

LI Shan-shan, born in 1980, PhD, associate research fellow, CCF member(E200020293M), her research interests include operating system, and software reliability.