

“UNIX程序设计”课程教学之思考

马立肖¹, 刘坤起¹, 赵致琢²

(1. 石家庄经济学院信息工程学院, 河北 石家庄 050031;

2. 厦门大学信息科学与技术学院计算机科学系, 福建 厦门 361005)

【摘要】 本文针对“UNIX程序设计”课程的教学实际,分析了课程的特点及其教学意义和课程实验的重要性,给出了实验内容的典型设计及其实施方案,最后对实践教学进行了思考和总结,以期不断提高课程质量。

【关键词】 UNIX程序设计; 课程内容; 教学方法; 实践环节

【中图分类号】 G642 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2095-5065 (2014) 12-0040-05

0 引言

“UNIX程序设计”是计算机学科专业本科生的一门专业基础课程。该课程以现实可行的Linux和其他类UNIX风格的操作系统为平台,应用Linux/UNIX系统调用进行并发程序设计,从根

本上帮助学生建立对多任务并发程序本质的正确观念、知识体系和关键技能,为深入理解操作系统原理、分析Linux/UNIX源代码、修改Linux内核及其应用打下了坚实的基础。因此,如何认识该课程的特点及其教学意义,设计与课程相关的实验,合理安排实践训练,是值得认真探讨和思考的问题,本文拟对这些问题进行思考和讨论。

收稿日期: 2014-10-8

作者简介: 马立肖(1978—),女,河北高邑人,硕士,讲师,主要从事演化计算、计算机科学教育等方向的教学与研究工作;

刘坤起(1966—),男,河北无极人,博士,教授,主要从事演化计算、程序设计语言、计算机科学教育等方向的教学与研究工作;

赵致琢(1957—),男,上海人,博士,教授,科学办学理念及其实践的首倡者,独立创建了经过实践检验的计算机科学一级学科人才培养理论体系,系统性的教学成果曾获省级、国家级教学成果奖,主要从事计算机模型与分布式基础算法、逻辑程序设计基础、计算机科学教育等方向的教学与研究工作。

基金项目: 教育部计算机科学与技术专业综合改革试点(石家庄经济学院)、河北省高等学校二级学院综合改革试点(石家庄经济学院信息工程学院)、福建省计算机科学与技术一级学科人才培养模式创新实验区(厦门大学)、福建省计算机科学与技术特色专业(厦门大学、仰恩大学)资助项目。

1 “UNIX程序设计”课程的特点及其教学意义

“UNIX程序设计”课程具有内容庞杂、实践性强、应用性强的特点。Linux操作系统是UNIX操作系统的开源实现,UNIX程序设计采用的系统调用接口遵循UNIX标准,是迄今唯一具有广泛可移植性的接口,大约有1108个函数(UNIX规范第3版)。除去大约590个标准C函数和其他不属于内核接口层的库函数等,课程中涉及的系统调用主要围绕进程管理、并发控制、进程通信、软中断、线程管理、线程同步及文件系统、网络应

用等内容,大约有200多个。因此,在“UNIX程序设计”课程中,涉及的系统调用数量大、范围广、内容庞杂。

“UNIX程序设计”课程实践性强。面对如此繁杂的系统调用及其应用,该课程需要学生在掌握主要系统调用的语法、语义及其使用方法的基础上,完成一系列的小型程序设计,以掌握多进程/多线程并发程序的基本特征、设计方法为重点之一,在此基础之上完成较复杂的扩展性项目,引导学生去理解和应用更高级的选题。对于本科生来说,并发程序设计是一种高级程序设计技术,其本身比较复杂,而且有一定难度,学习时必须全面考虑支持并发活动必需的数据结构,进程/线程控制、调度功能的实现技术,系统资源的共享,资源管理的策略与方法等,还要熟练地使用Linux操作系统下的开发环境。因此,“UNIX程序设计”课程的实践项目对学生来说是一次难得的Linux环境下并发程序设计项目的开发训练。

“UNIX程序设计”课程所涉及的技术应用广泛。Linux操作系统由于具有独特的设计理念和开源模式,已成为当前UNIX应用的主流,成为学习、研究操作系统内部工作细节的主要平台。在此平台上的UNIX程序设计技术在系统安全、视频处理、嵌入式开发、实时应用、大规模高性能计算、多核程序设计、游戏开发等领域都得到了广泛的应用。

“UNIX程序设计”课程对科班学生专业能力的培养意义重大,主要有以下几点。

(1)站在操作系统使用者的角度来看,课程以系统调用接口为切入点,从系统外部洞察操作系统的数据结构、内部状态、行为、作用、机制,为深刻理解操作系统原理奠定基础。

(2)站在系统级编程的角度来看,课程可以为系统软件的开发奠定基础。应用系统调用和多进程/多线程机制的程序设计技术,可以更加简洁、灵活地利用操作系统的运行机制和底层特性,适应多核体系结构及网络安全性发展需求,为高性能计算、多媒体处理、嵌入式系统的开发等提供技术支持,为将来学生进行深入的系统级

软件开发打下坚实的基础。

(3)站在高性能应用开发的角度来看,本课程可以为应用级软件开发奠定基础。随着计算机软硬件技术的发展,传统的应用软件开发技术不足以更好地提高和发挥软硬件的性能,并发程序设计将成为面向网络软件开发最核心的技术之一。UNIX程序设计以多进程/多线程并发设计为核心进行软件开发,可以更加高效地解决各领域的应用需求,为将来学生进行高性能应用级软件开发打下坚实的基础。

(4)一般来说,除了特定专业化方向的人才培养要求,一级学科的本科人才培养方案中,多核程序设计是毕业生所能学习、掌握的最高程序设计技术,而多核程序设计的教学真正取得实效,有赖于“UNIX程序设计”教学奠定的基础,舍此并无其他更好的途径。

2 课程实验的重要性

实验课程是巩固和验证所学理论知识,培养学生分析问题、解决问题能力及动手能力的重要环节。由于本课程内容庞杂、实践性强,单纯靠课堂讲解理论知识是不够的,必须借助实验来加深对课堂讲授内容的理解。否则,操作系统理论知识难以真正理解。例如,可以通过编写用户空间代码,从系统外部洞察操作系统的数据结构、内部状态和工作过程,使学生切实体会操作系统的设计原理和实现技术。

“UNIX程序设计”实验是帮助学生真正掌握并发程序设计方法,提升程序设计技能的有效途径。通过实验课程中一系列实践项目的训练,能有效地帮助学生建立对多任务并发程序核心技术的正确认识,建立并发程序设计思想、掌握并发程序设计方法、编程模式,以适应软件开发技术发展的需要。同时,还可以为进一步分析操作系统内核源代码、进行内核剪裁奠定基础。

本课程实验还可以培养学生的创新意识与探索精神。

3 课程实验内容的典型设计及具体实施

目前,国内高校计算机专业课程的教学,与操作系统相关的实验课程主要有三个方面:Linux操作系统的应用、UNIX程序设计和Linux内核分析与设计。目前,只有一部分学校开设“UNIX程序设计”课程,在授课内容上各个学校也大多选取部分系统调用进行简单的程序设计,课程内容缺少系统性、教学深度和训练强度,教学目标不明确,未能或很少涉及并发程序设计的综合应用或系统开发项目训练,因此,也难以让学生真正理解课程的精髓。

为了配合计算机专业基础课程的教学,在受到实验课时限制和安排的情况下,为了使绝大多数学生能够保质保量地完成一系列相关专业基础实验,石家庄经济学院在实验内容的设计与要求上进行了深入研究,与“UNIX程序设计”理论课程的教学同步,安排了如下4个实验单元。

(1) 实验单元1——文件管理器。

目的:掌握系统调用的特征及使用方法,深刻理解系统调用的含义。

项目1.1——模拟实现cp命令。

要求:通过联机帮助了解cp命令的各种用法,利用UNIX系统调用实现具有参数的cp命令功能,并在此基础上能够对系统调用中的错误进行有效处理,同时利用缓冲机制提高文件读写的效率。

项目1.2——模拟实现cat命令。

要求:通过联机帮助了解cat命令的各种用法,利用UNIX系统调用实现cat命令的各种功能,注意对系统调用中的错误信息进行有效处理。

项目1.3——模拟实现ls命令。

要求:通过联机帮助了解ls命令的使用方法,并分析ls的工作过程,利用系统调用模拟实现带参数的ls,注意对系统调用中的错误信息进行有效处理。

项目1.4——文件管理器。

要求:本项目要求实现在字符界面下管理文件系统的一系列功能,比如文件复制、文件查

看、列目录、创建目录、删除目录等,并将该管理器作为独立的可执行文件添加到Linux系统相应目录下,使之成为shell的执行命令之一。

(2) 实验单元2——多进程并发程序设计。

目的:掌握多进程程序设计相关系统调用方法、多进程程序设计的相关技术。

项目2.1——一个简单的命令解释器。

要求:shell是一个管理进程和运行程序的程序。利用UNIX系统调用模拟并实现一个简单的shell——myShell,能够处理各种命令形式:

a. 内置命令如cd、pwd;

b. 系统实用程序如date、ps、ls等命令及其带参数形式;

c. 用户自定义的文件管理器命令(实验单元1)。

项目2.2——具备信号功能的命令解释器。

要求:在项目2.1基础上,增加信号处理功能,使得myShell能够正确响应SIGCHLD和SIGINT及SIGQUIT、SIGTTOU等信号。

项目2.3——具备流水线功能的命令解释器。

要求:在项目2.2基础上,为myShell增加流水线处理功能,利用管道机制连接一个进程的输出和另一个进程的输入。

项目2.4——具有作业控制能力的命令解释器。

要求:在项目2.3基础上,为myShell增加作业控制功能,使得作业在前台、后台工作和停止工作之间切换。

项目2.5——基于多进程的读/写问题。

要求:利用进程同步机制实现“读者/写者问题”,并在项目2.4实现的myShell中进行测试。

(3) 实验单元3——多线程并发程序设计。

要求:掌握多线程程序设计相关系统调用的使用方法、多线程程序设计的相关技术。

项目3.1——模拟实现wc功能。

要求:利用多线程实现Linux系统中的wc程序,实现计算一个或多个文件中的行、单词以及字符个数,并在项目2.4实现的myShell中进行测试。

项目3.2——基于多线程的读/写问题。

要求：使用多线程同步机制实现“读/写问题”，并在项目2.4实现的myShell中进行测试。

(4) 实验单元4——并发程序设计技术的应用。

项目4.1——并发网络服务器。

目的：掌握网络编程的基本操作和设计原则，应用多进程/多线程并发技术实现基于socket流的客户/服务器系统。

要求：综合应用多进程/多线程技术及socket技术，建立目录服务器、cat服务器和exec服务器，允许其他机器上的客户得到目录信息、读取文件和运行程序。

项目4.2——并发快速排序算法。

目的：以并发和多任务的角度重新审视算法和数据结构中的最基本、最重要的知识，建立并发程序本质的正确概念、知识体系和关键技能。

要求：改造快速排序算法，实现并发快速排序算法。

仰恩大学计算机试点班也在课程教学中，随“操作系统原理”课程，进行相应的“UNIX程序设计”实验教学，并与“操作系统原理”课程的实验进行合理分工和有机对接，安排学生对一组多进程/多线程并发程序进行了设计与实现，这对后来相关课程的学习起到了相互促进的作用，对学生专业能力的提高影响深远。

4 对课程实践的思考

为了培养高素质计算机专业人才，必须加强并发软件系统的开发能力。为了做好课程实验教学工作，在内容选取和项目设计上要充分考虑课程的特点和教学活动的客观情况，具体来说需要注意以下两点。

(1) 注重基础性、实质性。由于Linux操作系统的系统调用内容庞杂、涉及面广，本科教学又受到学时数的限制，难以面面俱到。因此，在内容选取方面应注重基础性、实质性，围绕核心方法和技术，设计一系列小规模实验项目。

(2) 注重逻辑性、完整性。注重实验的逻辑性、完整性，将基础性实验内容组织成一个完成的逻辑体，提炼现代多用户、多任务操作系统的本质特征，始终贯穿并发、共享的主线，实现综合项目设计。

在实验的具体实施过程中，学生针对相关主题，从系统调用出发，先开展相关的基础实验，并以此为基础，循序渐进，最终集成、实现一个综合性的并发系统课程设计。这种注重基础性、实质性，在框架的设计上注重逻辑性、完整性，在原理上注重系统性的理念，始终贯穿以并发、共享为主线的实践安排。这可视为学生并发程序设计能力综合训练中的重要一环，教学中应给予足够的重视。

同时，由于课程的实践是在理论基础知识的指导下进行的，因此，要求学生具备操作系统基础知识。教师在掌握基本原理、方法的基础上提出实验的基本要求，鼓励学生勤于思考，选择适当的方法进行实验设计与实现。为了取得应有的实验效果，作为教师应注意与操作系统课程的衔接与配合，要求学生在每个实验之前，利用操作系统原理及UNIX程序设计相关知识进行设计、描述解决方法，编写程序，并进行全面测试以保证并发程序的可靠性。每个实验单元完成后，还要撰写详细的课程设计报告，及时提交，认真修改。合理安排实验进度，严格把关实验环节，进行及时有效的实验答疑辅导和必要的讲评与总结，保证实验课程的教学取得良好的成效。

5 结语

提高“UNIX程序设计”课程的质量，需要在教学实践中，从课程实践内容设置、实施等方面进行深入思考、探索、实践和总结，并结合每一学年具体的教学进度和学生实际能力的差异进行微调，由浅入深、循序渐进地展开。只有这样，才能真正激发学生的学习兴趣，培养其专业技术综合能力，提高课程的教学质量，实现课程的教学目标。

【参考文献】

[1] Alfred V. Aho, Monica S.Lam, Ravi Sethi, Jeffrey D. Ullman. 编译原理 (第2版) [M]. 赵建华, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2009.

[2] Neil Matthew, Richard Stones. Linux程序设计 (第四版) [M]. 陈健, 宋健建, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2010.

[3] 赵克佳, 沈志宇. UNIX/Linux程序设计教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.

[4] Michael Kerrisk. Linux/UNIX系统编程手册 (上、下册) [M]. 孙剑, 等译. 北京: 人民邮电出版社, 2014.

[5] Arnold Robbins. 实战Linux编程精髓[M]. 杨明军, 曹亚菲, 夏毅, 译. 北京: 中国电力出版社, 2005.

[6] 费翔林, 李敏, 叶保留. Linux操作系统实验教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.

[7] Bruce Molay. UNIX/Linux编程实践教程[M]. 杨宗源, 黄海涛, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[8] Clay Breshears. 并发的艺术[M]. 聂雪军, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2010.

[9] 杜华. Linux编程技术详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

[10] Kay A.Robbins, Steven Robbins. UNIX系统编程[M]. 陈涓, 赵振平, 译. 北京: 机械工业出版社, 2005.

[11] 邱铁, 于玉龙, 徐子川. Linux应用与开发典型实例精讲[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.

[12] 张杰敏, 王巍. 基于UNIX/Linux的C系统编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.

(上接第21页)

酸甜,真可谓如人饮水,冷暖自知。面对实施国内难度最大、工作量最大的培养方案,面对难度大幅度提升的理论课程,面对CPU、OS原型和编译器原型的设计和实现,面对难以找到合适的教材,面对全批全改的作业和一对一的作业验收和答疑,面对周六和节假日的照常上课,我们的任课教师以舍我其谁的精神,脚踏实地,任劳任怨,克服了一个又一个困难,换来了今天的改革硕果。这就是我们的改革,一群对教育和教学有着特殊感情,对教育事业无限忠诚的人所演绎的真实故事,也是我们精心策划地献给计算机科学事业的一份厚礼。

展望未来,面对新的征程和新的挑战,我们需要慎密思考,认真总结,克服不足,发扬优点,以满怀的信心和前所未有的勇气,继续探索科学办学之路,以持续推进高校的内涵发展。

【参考文献】

[1] 赵致琢. 关于计算机科学与技术认知问题的研究简报 (、) [J]. 计算机研究与发展, 2001, 38 (1) .

[2] 赵致琢. 高等学校计算机科学与技术学科专业教育

(修订版) [M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[3] 赵致琢, 计算科学导论 (第三版) [M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[4] 刘坤起, 赵致琢. 计算科学导论教学辅导 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[5] 刘坤起. 集合论基础 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.

[6] 赵致琢, 刘坤起, 张继红. 高级语言程序设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.

[7] 赵占芳, 刘坤起. 高级语言程序设计实验教程 [M]. 北京: 电子业出版社, 2014.

[8] 赵致琢. 计算机科学与技术学科教育与教学改革研究进展通报 [J]. 计算机科学, 2000 (11) .

[9] 赵致琢, 刘椿年, 许满武, 陈国良. 计算机科学与技术一级学科面向21世纪系列教材一体化建设研究报告 [J]. 计算机科学, 2002 (6) .

[10] 赵致琢. 普通高等学校科学办学的理论探索与改革实践——以“计算机科学与技术”学科为例 [J]. 工业和信息化教育, 2013 (12) .

[11] 赵致琢. 计算机专业的教学改革与科学办学的实践 (上、下) [J]. 工业和信息化教育, 2013 (12) .