

主要是笔试，记忆性题目较多。在这种情况下，学生难于或不愿进行深度学习。

2.2. 难以培养学生的程序设计能力

教师注重理论知识的讲解，只是将函数使用方法和程序结构“灌输”给学生，没有针对实际问题进行分析和算法设计，也没有引导学生一步步编程。在实践环节，多是要求学生输入课本上的程序，查看运行结果或者对课本上的程序进行少许的改动，这种验证型或者简单的设计型实验很难培养学生求解问题和程序设计的能力。久而久之，学生对编程产生了“恐惧感”和“焦虑感”。许多“焦虑”的学生选择了去校外培训班练习编程。这里面固然有课程学时紧张的原因，但教师在教学中没有注重培养学生的程序设计能力也是重要的原因之一。

3. PBL 的主要特征

PBL 于 20 世纪 60 年代由加拿大麦克马斯特大学医学院发起，逐步被世界许多大学和教育机构采用。丹麦奥尔堡大学所有的教学活动均基于 PBL 模式[4]。PBL 教学模式主要有三大特征。

(1) 以问题为出发点，开始学习过程。问题来自于校外合作机构或现实生活中，必须是非结构化的，具有一定的复杂性，不能通过简单的方法来解决[5]。学生在分析问题和求解问题的过程中完成知识的学习。这种以解决实际复杂问题为导向的学习方式，能够将理论和实践紧密结合起来，有利于激发学生深度学习的动力。

(2) 以项目来组织，完成问题的求解。项目小组一般由 6~8 位学生和 1~2 位指导教师构成。学生通过阅读文献、互相学习和小组讨论等形式合作完成项目，提交项目报告和项目过程分析报告。这种学习和求解问题的组织形式有利于培养学生的团队合作、沟通和表达能力。这些能力在软件开发中是必须的。

(3) 以学生为中心，开展学习活动。学习过程中，学生是学习的主体，自主学习，教师是引导者和帮助者。在课堂教学中，教师不是灌输知识，而是启发学生，和学生一起讨论，一起学习。在项目小组中，学生自我管理项目，自主决定项目的组成要素；教师检查项目工作符合课程的要求。这种以学生为中心的教学方式，能够激发学生学习的主动性、创造性和内在潜力，培养学生主动学习的能力。PBL 模式能激发学生自主学习和深度学习，能够培养学生分析和解决复杂问题的能力。同时，也能增强学生的团

队合作能力。网络编程技术课程的教学基于 PBL 模式进行。

4. 教学设计

网络编程技术的教学要从面向内容向面向能力转变。教学设计基于 Biggs 的构建一致性理论 (Constructive Alignment) 进行，主要分为三步：定义教学目标，选择合适的教学方法和评价学习结果[6]。这三者之间要具有一致性，即教学方法要促使教学目标的达成，评价实际的教学结果是否达到了教学目标。此外，要对教学活动和教学效果进行评估，持续改进。

4.1. 教学目标

首先，需要定义明确的教学目标。教学目标有两种分类体系：SOLO ((Structure of Observed Learning Outcome) 和 Bloom[7]。在计算机类专业中，一般采用 Bloom 分类体系定义教学目标[5]。Bloom 体系将教学目标分为：记忆、理解、应用、分析、评估和创新等六个层级。本课程的教学目标定义为应用级，即学生应具有应用知识的能力。具体的教学目标如下：

LO1: 掌握基本的 socket 函数，具有设计和开发客户与迭代服务器程序的能力；

LO2: 掌握 TCP 客户/服务器程序的基本结构，具有设计和开发健壮的并发服务器程序的能力；

LO3: 掌握 UDP 客户/服务器程序的基本结构，具有设计和开发可靠的 UDP 客户和服务器程序的能力；

LO4: 掌握基本的 I/O 复用技术，具有设计和开发 TCP/UDP 多协议客户和服务器程序的能力；

LO5: 具有撰写软件开发相关文档的能力，并能清晰陈述文档的主要内容。

4.2. 教学方法

传统的教学方法是教师讲解课程内容，学生上机练习编程。课程的总学时一般是 36 学时左右，讲课学时和上机学时的比例大致是 2:1~1:1[8]。理论和实践都不够深入，学完了课程，学生不会编程。基于 PBL 模式，本课程采用理论教学和项目实践相结合的方式进行。以笔者所在学校为例，本课程的教学计划如表 1 所示，总学时 40 学时，其中理论教学 16 学时，实践教学 24 学时。

表 1 网络编程技术课程教学计划

教学内容	学时	支撑的教学目标	教学方式
课程简介			
简单客户和迭代服务器程序基本结构 TCP/UDP 协议	3	LO1	讲授、程序演示、课堂讨论
基本套接口函数	2	LO1	讲授、程序演示、课堂讨论
TCP 并发服务器程序基本结构	4	LO2、LO5	讲授、程序演示、小组讨论、小组讲解
I/O 复用技术 客户和迭代服务器程序基本结构	4	LO1、LO4、LO5	讲授、程序演示、小组讨论、小组讲解

客户和迭代服务器程序设计	8	LO1、LO4、LO5	以问题为出发点、项目实践、小组完成
UDP 客户和服务器程序基本结构名字解析	2	LO3	讲授、程序演示、小组讨论
多协议客户和服务器程序基本结构	1	LO4	讲授、程序演示
多协议客户和服务器程序设计	16	LO2、LO3、LO4、LO5	以问题为出发点、项目实践、小组完成

4.2.1. 理论教学

理论教学侧重于重点和难点知识的学习，采用课堂讲授、程序演示和讨论等方式进行，其中部分课堂讲授采用“翻转课堂”形式。以 Windows 操作系统的“与 Internet 时间服务器同步”为开场白，引导学生思索 Windows 是如何从时间服务器上获取时间的，一步步编写一客户程序访问时间服务器 `time.windows.com`，调试、运行程序，返回当前时间。进一步启发学生，“我们能不能自己编写一个时间服务器呢？”，学生进行讨论，说出自己的实现方法。教师引导、总结，编写时间服务器程序。这样，一个简单的客户和服务器程序就完成了。通过这一日常工作中的实例将学生引入网络编程的大门。

理论教学中，要通过小组讨论和师生讨论，将功能相同或相近的协议、函数和程序结构进行比较和归纳。例如，将 TCP 和 UDP 协议进行比较，将 `inet_aton` 和 `inet_pton` 等函数进行比较。`accept`、`getpeername` 和 `recvfrom` 等函数均能获取对端的 IP 地址，这三个函数分布在课本的不同部分，对它们进行比较和归纳。相似地，还有 `close` 和 `shutdown` 函数等。TCP 和 UDP 客户程序的结构及功能有相同之处，也有比较明显的区别，对它们进行比较和归纳，特别是它们之中 `connect` 函数的作用要进行详细的比较。基于 `select` 和 `poll` 函数的迭代服务器程序结构比较相近，均有一 `client` 数组，对它们进行分析和比较。理论教学学时较短，在学生掌握重点和难点知识的基础上，要对知识的逻辑脉络进行总结。从课程的整个知识体系来说，TCP 编程是沿着单向客户和迭代服务器、双向客户和并发服务器、I/O 复用（`select` 和 `poll` 函数）、基于 I/O 复用的双向客户和迭代服务器进行讲解的；从单向交互到双向交互，从迭代服务器到并发服务器，再到迭代服务器，此时的迭代服务器已经得到了升华，能够处理任意数目的客户连接（实际上，连接数目是受系统资源限制的）。理清知识脉络，可以使学生既看见树木又看见森林，灵活运用知识。信息技术对学生理解抽象知识和激发学生的学习动力有重要的作用。客户与服务器的交互过程宜用动画的形式进行展示。本门课程是基于 Linux 平台的，常用的计算机是 Windows 平台，可以利用云服务器进行程序演示。近几年，笔者即使用两台异地的云服务器进行程序演示，一台作为客户端，一台作为服务器端，创造真实的网络程序运行环境。即时互动与反馈系统（Interactive Response System, IRS）可以及时掌握学生的听课状态，增加与学生的互动。课前，教师将问题输入系统；课堂上，将答题网址共享给学生，学生利用手机输入答案，答案实时显示在讲台屏幕上；课后，教师可以下载答题数据，并对答题数据进行分析。教师可以采用 IRS 与学生进行交互，激发学生的学习动力，掌握学生的学习状态。

4.2.2. 实践教学

本课程有两个单元的实践环节：客户和迭代服务器程序设计及多协议客户和服务器程序设计。这两个“题目”只是实践环节的总体要求，即问题解决方案中要用到“题目”要求的知识。实践环节是以问题为中心的，题目是开放的，学生可以在教师提供的问题列表中选择问题，也可以自己选取实际工作和生活中的问题进行解决。鼓励学生将大学生创新创业训练计划项目或“互联网+”大学生创新创业大赛等科技活动中的内容作为选题。在课程开始时即进行选题，选题原则上不能重复。

学生以项目小组为单位完成问题分析、算法设计和程序编写。项目小组由 6-8 位学生和 1 位指导教师组成。建议以宿舍为单位组成项目小组，这样便于讨论。学生自主管理项目进度，指导教师是引导者和帮助者。实践教学和理论教学是同时进行的，学生一边学习基本理论，一边完成项目。在项目进行期间，学生不但要利用课程本身的学时，还要利用业余时间。指导教师每周与项目小组面对面讨论一次。由于指导教师人数较少，讨论室缺乏，利用即时通信工具为每个项目小组建立群组，共享资料和在线讨论[9]。指导教师每周至少与项目小组在线视频讨论一次。在效果上，在线讨论和面对面讨论是一致的[10]。本课程利用较多时间进行项目实践，培养学生网络程序设计能力，使学生“会编程”，“喜欢编程”。

4.3. 学习结果评价

本课程采用过程性评价和终结性评价对学习结果进行综合评价，查看学生是否达到了教学目标，两者分别占总成绩的 70%和 30%。

过程性评价由理论教学评价和实践教学评价组成，两者分别占总成绩的 10%和 60%。理论教学评价主要评价在理论教学过程中，小组讨论结果的汇报情况。实践教学评价主要评价项目完成情况，由程序质量评价、项目报告评价、项目汇报评价和小组互评组成，它们分别占总成绩的 35%、10%、10%和 5%。程序质量评价主要评价程序功能、运行状况、程序结构和代码规范程度等。项目报告评价主要评价报告的逻辑性和规范性，报告中必须有伪代码。项目汇报评价主要评价学生的表达能力和回答问题情况。小组互评是指两两小组之间互相审阅对方的代码，给出分值。这实际上是一种互相学习的方式。

终结性评价相当于传统意义的期末考试，本课程采用机考的形式进行，考查学生对基本 Socket 函数和基本程序结构的掌握情况。过程性评价是以小组为单位进行的，对学生个体来说，不一定全面。终结性评价针对学生个体进行，与过程性评价相结合，对学生的学习结果进行综合评价。对学习结果进行评价，一方面是为了衡量学生的学习效

果,另一方面是为了改进教学和学习方法。过程性评价是在教学和学习过程中进行的,能够及时发现教学和学习中存在的问题,及时改进。

4.4. 教学效果评估

在教学活动进行中或结束后,要通过问卷调查、座谈和评价数据分析等活动,对教学效果进行评估,对教学设计进行反思和修改,持续提高教学质量。

5. 结论

网络编程技术是一门实践性很强的课程,要求学生能够分析实际问题,编程解决实际问题。本门课程的教学基于PBL模式,注重发挥学生的主动性,在讨论中学,在项目实践中学,使学生“会编程”,“喜欢编程”,培养学生的网络程序设计能力。这种教学模式对传统的教师讲授为主的模式进行了改变,需要学生积极参与到课堂教学中,同时加大了实践教学的学时。在具体教学实践中,要灵活运用,并根据教学反馈,及时改进、完善。

参考文献

- [1] 胡静, 赵雷, 罗宜元, 等. 网络工程专业的网络编程课程教学与改革[J]. 计算机教育, 2014(18): 35-38.
- [2] Martins VF, de Almeida Souza Concilio I, de Paiva Guimarães M. Problem based learning associated to the development of games for programming teaching[J]. Computer Applications in Engineering Education, 2018, 26(5): 1577-1589.
- [3] Askehave I, Linnemann Prehn H, Pedersen J, etc.. PBL-Problem Based Learning[Z]. Aalborg universitet Rektorsekretariatet, 2015.
https://www.aau.dk/digitalAssets/148/148025_pbl-aalborg-model_uk.pdf.
- [4] Triantafyllou E, Xylakis E, Zotou M, etc.. Applying Learning Analytics in Problem-Based Learning Engineering Semester Projects[C]. Proceedings of the 46th SEFI Annual Conference 2018: Creativity, Innovation and Entrepreneurship for Engineering Education Excellence, 2018: 1328-1335.
- [5] Brilingaite A, Bukauskas L, Juškevičienė A. Competency Assessment in Problem-Based Learning Projects of Information Technologies Students[J]. Informatics in Education, 2018, 17(1): 21-44.
- [6] Biggs J. Enhancing Teaching Through Constructive Alignment[J]. Higher Education, 1996, 32(3): 347-364.
- [7] Meerbaum-Salant O, Armoni M, Ben-Ari M. Learning computer science concepts with scratch[J]. Computer Science Education, 2013, 23(3): 239-264.
- [8] 刘琰, 常斌, 陈静, 等. 网络编程技术实践教学方法的探索与实践[J]. 计算机工程与科学, 2016, 38(Suppl(1)): 7-11.
- [9] Zeng F, Deng G, Wang Z, etc.. WeChat: a new clinical teaching tool for problem-based learning[J]. International journal of medical education, 2016(7): 119-121.
- [10] de Jong N, Versteegen D M, Könings K D. The role of

the e-tutor in synchronous online problem-based learning: A study in a Master Public Health Programme[J]. British Journal of Educational Technology, 2018, 49(3): 385-397.