

基于问题导向和深度学习的计算机网络 课堂教学实践研究

罗玉川 柳林 徐明

国防科技大学计算机学院, 长沙, 410073

摘要 针对计算机网络课程知识点庞杂, 协议众多, 教学过程中学生学习兴趣不高、理解不透的问题, 提出了基于问题导向和深度学习理念的教学模式, 从而实现从表层到深层、从被动到主动的学习转变, 并以“可靠数据传输原理”一节为例, 阐述如何创设网络场景, 挖掘教材内容, 以问题激活课堂, 以问题任务驱动学习, 实现学生批判性、理解性的深度学习, 达成主动构建知识体系并加以应用的目的, 从而具备解决复杂问题的实践和创新能力。

关键字 问题导向, 深度学习, 计算机网络, 可靠数据传输原理

A Problem-oriented Computer Network Teaching Mode Based on in-depth Learning Concept

Yuchuan Luo Lin Liu Ming Xu

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

luoyuchuan09@nudt.edu.cn liulin16@nudt.edu.cn mingxu@nudt.edu.cn

Abstract—Due to the complicated knowledge points and various protocols, computer network course often makes students feel boring and hard to understand its principles and knowledge points thoroughly. To solve the problem, we propose a problem-oriented teaching mode based on in-depth learning concept to activate deeply and actively learning. Take the section “principle of reliable data transfer” as an example, we demonstrate how to create network scene and excavate the content of teaching materials to activate classroom with problems and thus promote critical and in-depth learning. By actively building their knowledge systems, the students finally harvest the ability of practice and innovation to solve complex problems.

Key words—Problem-oriented, In-depth Learning, Computer Networks, Principles of Reliable data Transfer

1 引言

截至2020年12月, 我国网民规模已将近10亿, 光纤接入用户数量接近5亿户, 4G基站和用户数量全球领先, 电子政府全面展开, 数字经济欣欣向荣, 对GDP的贡献率已达67.7%[1]。无论从互联网用户数量、还是市场规模来说, 我国无疑已经成为了一个网络大国。然而我国网络发展仍然面临着核心技术受制于人、网络安全风险较大等问题, 如何由网络大国到网络强国是当前我国面临的一大挑战问题。习主席强调要“努力把我国建设成为网络强国”, 这给网络领域人才培养提出了新的挑战。

计算机网络作为计算机科学与技术、网络工程、网络空间安全、信息安全和软件工程等专业的必修课,

在网络人才培养中占有基础性的地位。计算机网络课程旨在使学生掌握计算机网络的核心理念、工作原理、网络组成和网络协议等基础知识和基本技能, 并具备分析设计网络协议和开发网络应用的能力, 是后续分布式计算、网络工程、网络管理、无线网络、网络安全、计算机系统安全等诸多课程的先行课程。

在实际教学过程中, 计算机网络课程具有很强的理论性和实践性。由于计算机网络协议众多、知识点庞杂、新技术迭代更新快, 学生常常感到抽象、枯燥、不易理解, 使得学生学习热情不高, 为了应付考试而被动地、机械地接受学习内容, 缺乏深入理解和融会贯通, 最终导致教学目标难以真正落实。针对该问题, 我们尝试以类比方法为基础, 以实际问题为引导, 促进学生进行批判性、理解性的主动学习, 使学生在自

我发现、主动探究中学习知识、掌握能力、内化思维,提升教与学的效果。论文引言要简短,要与本研究有关的研究和文献,写自己在本文中的研究的意义、实践等。

2 计算机网络课程教学方法研究

章铁飞等人提出引入可视化软件来解决计算机网络课程实践教学面临的网络硬件成本高、学生实践难的问题,并给出了两个教学案例的实施过程[2]。武欣嵘等人针对计算机网络课程包含复杂抽象的概念与人们日常生活中的原理存在类似性,总结了计算机网络课程中可采用的类比教学方法和案例。采用类比教学方法可增强学生的主观能动性和认知理解能力,显著提升了计算机网络课程的教学效果[3]。顾军等人将OBE理念引入计算机网络课程教学模式改革中,在确定知识、能力和素质三方面的教学目标的基础上,反向设计激发学生自主学习的问题驱动教学方式,并结合可视化方法提高教学效果[4]。

在这些教学方法中,问题导向教学法得到了大家的广泛关注和利用,其基本思想是设计基于真实情景的具体问题,让学生在解决问题、完成任务的过程中自主学习知识、锻炼能力[5]。与传统方法相比,这种教学方法将教学活动中心放在学生身上,能够有效促进学生深度参与教学活动,激发学生的学习主观能动性,提高教学的总体效果。

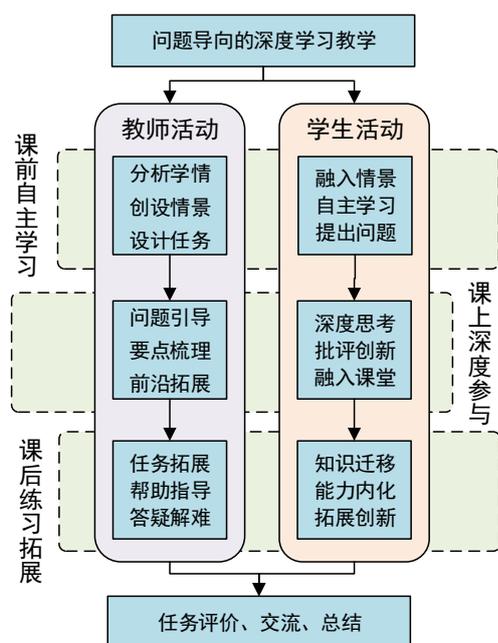


图1 计算机网络的问题导向深度学习教学模式

深度学习是一种批判性的主动学习方式,通过理解性学习使学习者主动构建知识体系,并加以应用迁移以形成解决复杂问题的能力[6]。不同于深度学习,

表层学习是一种机械式的被动学习方式,学习者通常将各个知识点作为不相关的孤立事实进行简单的记忆和复制,不求融会贯通和迁移应用。

为了提高实际教学效果,我们提出将问题导向法与深度学习理论有机融合的教学模式。如图1所示,该教学模式将教学活动划分为三个阶段,通过设计基于实际情景的问题任务,引导学生课前自主学习、课上深度参与、课后练习拓展,以充分挖掘计算机网络的魅力,激发学生学习探索计算机网络的兴趣,促进学生对知识进行深层理解和迁移应用,最终培养学生的实践能力和网络思维。

3 问题导向的深度学习教学实践

3.1 教材、学情分析

(1) 教材分析。

本节课源自库罗斯和罗斯编写、陈鸣翻译、机械工业出版社出版的《计算机网络——自顶向下方法》第三章第四节。但教材对于可靠数据传输原理的介绍比较琐碎,虽然描述了构建可靠数据传输协议的技术机制,但重点不突出。如果学生未能理解可靠数据传输背后所面临的实际网络环境以及各种可靠数据传输技术机制之间的逻辑关系,就只会机械的记忆复制,难以进行知识迁移并内化为能力素质。3级标题是论文的具体内容。如果作标题,后面没有句号“。”,下面的内容要另起行。

(2) 教材分析。

本课程授课对象为大学本科二年级学生。这一阶段的学生保持着比较旺盛的求知欲,渴望明白各种事务背后的原理。他们能够广泛获取资料,并通过阅读、观察等方法学习知识,同时运用类似、分析、归纳等方法加以消化吸收,这些为本节课的顺利进行提供了能力基础。

在本节课之间,学生已完成了《大学计算机基础》、《计算机程序设计》、《计算机组成原理》等先导课程,为本节课的学习提供了一定的知识基础。但学生对计算机网络的复杂性和工作过程缺乏直观认识,理解上存在困难。因此,在本节课的教学设计中,我们通过创设情景,利用问题导向法,引导学生融入情景、分析问题、求解问题、质疑问题,促进学生自主探索、深入理解、能力内化。

3.2 教学内容与目标

(1) 教学内容。

可靠数据传输原理。

(2) 教学目标。

① 知识目标：理解实现可靠数据传输的技术机制，掌握信道传输报文出错情况下的应对措施。

② 能力目标：

- 能够描述不同网络环境下进行可靠数据传输的发送方和接收方行为；
- 能够解释不同可靠数据传输技术机制的适用场景。

③ 素质目标。

- 通过问题求解，让学生在逐步解决问题的过程中建立信心，激发学生学习网络知识的兴趣，培养学生积极向上的学习态度；
- 通过问题求解，培养学生网络思维和运用网络思维解释、解决实际问题的意识。

3.3 教学过程

“可靠数据传输原理”一节教学设计包括三个部分：1) 由拉练传口令出错的例子引出计算机网络物理信道不可靠这一事实，归纳总结底层信道模型和实现可靠数据传输的服务框架；2) 通过问题引导教学法，探索实现可靠数据传输的原理和方法，同时引出信道利用率的问题，并讨论提高信道利用率的方法，即流水线可靠数据传输协议，这是教学的重点；最后，总结可靠数据传输的方法和原理，并布置拓展任务。下面展示整个教学设计的内容。首先创设情景，提出本节课要完成的具体任务，即如何在不可靠的底层信道之上实现可靠数据传输？接着，将任务分解为一系列层层递进的问题，引导学生在问题求解过程中主动探索、深度学习。详细教学设计如下。

任务导入：传递口令是军训拉练的一个科目。某次拉练过程中发生了一件有趣的事情，队伍头前头的连长发现队伍有些松散，于是向身后的新兵传递了一个口令“让大家尽量跟着”，收到口令的士兵依次扭头将口令传递给身后的下一名士兵，可传到最后一名士兵时他傻眼了，因为他收到的口令是“连长让你尽量蹲着”。显然最后一名士兵收到了错误的口令，由士兵组成的信道并不可靠。计算机网络也面临同样的问题，构成计算机网络的底层信道可能会损坏比特、甚至丢失整个分组或者不按分组发送的顺序进行交付。面对这些问题，我们如何实现可靠的数据传输呢？下面我们通过解决一系列问题来完成这个任务。

问题 1：首先，我们来看一种理想情况，如果底层信道是完全可靠的，如何实现可靠数据传输？

老师解析：由于底层信道完全可靠，发送方发送到信道上的分组既不会发生比特差错，也不会被丢弃，所有数据按照发送的顺序达到接收方。这种情况下，

发送方和接收方只管发送和接收，不需要做任何额外的事情就可以实现可靠数据传输。但这种理想的完美信道在现实中不存在。

问题 2：接下来，我们考虑一种更接近实际的情况，假设信道存在比特差错，但还是会保证所有分组都按序到达接收方，这种情况下又如何实现可靠数据传输呢？显然这里需要解决两个关键问题：1) 如何判断接收的数据是否存在差错？2) 如果接收到了错误的数据，如何从错误中恢复？第一个问题可以采用之前学习过的校验和机制来解决。那如何解决第二个问题呢？

分组讨论，类比思考，分享交流方案：根据生活经验，比如网上购物、签收邮件等，我们都会在收到东西并检查之后给对方以肯定或否定的反馈。在计算机网络环境中，基于这种反馈机制的可靠数据传输协议称为自动重传请求 ARQ 协议。在 ARQ 协议中每发送一个分组后会等待接收方的反馈，如果反馈为 ACK，则发送下一个分组；如果为 NAK，则重发当前分组。接收方会对每个接收分组进行差错检测，如果正确向发送方回送 ACK，否则回送 NAK 并丢弃当前分组。

问题 3：上述 ARQ 协议似乎可以在存在比特差错的信道上实现可靠数据传输了，但是否存在缺陷？如何解决？

知识迁移应用：ACK 和 NAK 分组也可能因为比特差错而受损，导致发送方无法正确判断接收方是否正确接收分组，可以在 ACK 和 NAK 分组中也增加差错检测机制。

问题 4：如果发送方检测到收到的 ACK 或 NAK 存在差错，此时发送方如何从错误中恢复呢？

学生思考回答：1) 通知接收方，让其重新发送反馈；2) 增加纠错机制，使发送方不仅可以检测差错，还能纠正差错；3) 发送方可以重新发送当前分组。

老师点评启发：第一种方法需要发送方向接收方发送一个特殊分组，正如前面所讨论的，这个特殊分组也可能出现差错，这又会带来新的问题；第二种方法需要增加冗余校验比特，增加通信开销；第三种方法保持了接收方和发送方的简单，最接近实用，但它引入了冗余分组，使得接收方无法判断收到的分组是新的分组还是上一次分组的重传。

问题 5：结合现实生活，想想如何判断冗余？在此基础上如何实现基于重传的可靠数据传输？

类比思考、知识迁移：让发送方给分组编号，接收方根据序号就可以判断接收到的分组是新的分组还是上一次分组的重传。在此基础上，接收方用 ACK 回

复正确接收的分组和冗余分组，用 NAK 回复损坏的分组。至此，可以得到一个能够正确处理比特差错的可靠数据传输协议。

问题 6：前面的协议中接收方使用 ACK 和 NAK，为了降低协议的复杂性，有没有可能只用一种反馈消息（比如 ACK）呢？

分组讨论，角色扮演，分享方案：可以，需要在 ACK 中加入序号，明确是对哪一个分组的确认。当接收方收到受损的分组时，不再发送 NAK，而是对上一次正确接收的分组进行确认。发送方如果接收到上一分组的两次 ACK，就知道当前分组损坏，需要重传。由此，我们得到一个能够正确处理比特差错的只用 ACK 的可靠数据传输协议。

问题 7：上述协议虽然能够正确处理比特差错，但真实网络还可能丢弃分组，这种情况下前面的上述协议还能正确工作吗？会遇到什么问题？

学生思考后回答：不能，由于存在分组丢失的可能，如果数据分组或 ACK 丢失，会使得接收方一直在等待发送方的数据，而发送方一直等待接收方的反馈，造成死锁。

问题 8：结合现实生活，想想如何避免发送方或接收方一直等待这种死锁状态？

学生分组讨论，分享解决方法：发送方设定一个定时器，如果定时器超时后仍没有收到接收方的反馈，就认为分组已经丢失，直接重传当前分组。由于有序号机制，无论是数据分组丢失还是 ACK 丢失，亦或是分组经历较大时延而延迟达到接收方，接收方都能正确处理发送方的这种超时重传。

问题 1~8 总结：通过解决以上问题，我们构建了一个能够正确处理底层信道比特差错和分组丢失的可靠数据传输协议。但是该协议中，发送方每次都要确信接收方已经正确接收到了当前分组才会发送下一个分组，采用这种模式的协议也被称为停等协议。停等协议的最大问题是信道利用率低。

知识迁移，计算停等协议的信道利用率，说明停等协议存在的性能问题。

问题 9：要解决上述协议存在的性能问题，一种自然的选择是不以停等方式运行，即允许发送方连续发送多个分组而无需等待确认，这种技术被称为流水线。请同学们思考，采用流水线方式会给可靠数据传输协议带来哪些影响？

学生讨论、思考后回答：1) 序号范围必须足够大，传输过程中的每个分组都要有一个唯一的序号；2)

发送方和接收方不得不缓存多个分组，至少发送方要缓存已经发送但还没有被确认的分组。

老师点评启发：所需序号范围和缓存大小取决于流水线数据传输协议如何处理丢失、损坏和延时过大的分组。流水线技术解决差错恢复有两种基本方法：回退 N 步（GBN）和选择重传（SR）

问题 10：GBN 协议的基本思想是一旦发送方检测到序号为 n 的分组丢失，则重传序号大于等于 n 的所有已发送的分组。请同学们思考在这种模式下，发送方和接收方如何工作？两人一组，一人扮演发送方，一人扮演接收方，模拟协议的执行过程。

知识迁移，构建 GBN 协议：学生参照停等协议中发送方和接收方的工作方式，在老师的启发下完成 GBN 协议。

问题 11：请同学们思考 GBN 协议接收方为什么不缓存失序的分组？

学生思考后回答：一方面，接收方必须按序将数据交付给上层，在 GBN 协议的重传机制下，如果前序分组丢失，所有后续分组都会被重传，这种情况下缓存失序的分组没有意义；另一方面，不缓存失序分组可以使接收方保持简单。

问题 12：GBN 协议在某些情况下存在性能问题，当流水线中有大量分组时，单个分组的差错会引起 GBN 重传大量分组，而这些分组可能已经正确传输到接收方。为了提高性能，一个很自然的想法是让接收方缓存失序的分组，发送方只重传哪些它怀疑已经在接收方出错的分组，以避免不必要的重传，基于这种选择重传机制的协议被称为 SR 协议。请同学们思考要做到选择性重传，要对 GBN 协议进行哪些修改？

知识迁移，构建 SR 协议：学生参照前面所学 GBN 协议，在老师启发下完成 SR 协议。

问题 9~12 总结：在上述问题求解过程中，学生通过解决两种流水线协议的差错恢复问题，深入理解了流水线可靠数据传输协议的原理，并通过角色扮演和计算直观认识了流水线协议的工作过程和性能提升，至此，成功完成在不可靠底层信道基础上实现可靠数据传输的任务。

课后拓展任务：利用课堂所学可靠数据传输原理，设计一种面向间歇性通信场景（如物联网）的可靠数据传输协议，并且要求协议中仅使用否定确认（NAK）。

3.3 课程反思

在课程教学过程中,学生通过问题求解,学习了知识,收获了能力,锻炼了思维。相比传统以教为中心的的教学模式,基于问题引导的教学方法更容易激发学生的学习兴趣 and 主动性,促进学生进行深入思考和知识迁移应用等深度学习活动,提升教学效果。在计算机网络课后,同学们对包括校验和、序号、累积确认、超时重传、回退 N 步、选择重传等可靠数据传输的基本原理有了更深入的理解,并将这些基本原理内化为思维习惯。整个教学活动中有以下几个关键点:1) 问题设计具有梯度性和连续性,让学生在一步步由易到难的问题求解过程中建立信心、激发兴趣,深度参与;2) 课堂教学过程中采用分组探究、交流分享和游戏模拟等方式,提高了学生的学习兴趣,促进了学生的深入思考和深度理解,提升了教学的效果;3) 课后拓展任务设计衔接课堂内容,并进行了拓展迁移,既可以巩固教学效果,也可以锻炼学生的知识迁移和应用能力,培养学生的能力素质,体现了课程的高阶性、创新性和挑战度。

4 结束语

本文提出了问题导向的深度学习教学模式,并以“可靠数据传输原理”为例展示了该教学模式在实际教学过程中的具体应用。教学效果表明,这种教学模式能够最大限度的调动学生的学习主动性、激发学生的自主学习和深入思考,适合计算机网络课程的教学。

参考文献

- [1] 中国互联网络信息中心. 第 47 次中国互联网络发展状况统计报告: 2021.
- [2] 章铁飞, 邢建国. 可视化软件在计算机网络教学中的应用. 计算机教育 2021(05): 133-136.
- [3] 武欣嵘, 俞璐, 朱磊, 陈庆华. 在计算机网络课程中应用类比教学的思考与实践. 教育教学论坛 2020(04): 342-344.
- [4] 顾军, 姜秀柱, 李锡渝. OBE 理念下的“计算机网络”课程教学设计. 教育教学论坛 2021(04): 124-127.
- [5] 颜学雄, 曹宇, 张连成. 计算机网络课程中的基于问题教学模式. 计算机教育 2017(06): 79-81.
- [7] 张建忠, 徐敬东, 吴英, 张玉, 蒲凌君. 面向深层学习的计算机网络课程优化设计. 计算机教育 2021(01)