

课程教案

课程名称：计算机网络

负责人：李巍

单 位：山东大学

时 间：2021年8月

目 录

《计算机网络》课程教案 (理论 1)	3
《计算机网络》课程教案 (理论 2)	11
《计算机网络》课程教案 (理论 3)	19
《计算机网络》课程教案 (理论 4)	26
《计算机网络》课程教案 (理论 5)	33
《计算机网络》课程教案 (理论 6)	40
《计算机网络》课程教案 (理论 7)	48
《计算机网络》课程教案 (理论 8)	57
《计算机网络》课程教案 (理论 9)	65
《计算机网络》课程教案 (理论 10)	74
《计算机网络》课程教案 (理论 11)	81
《计算机网络》课程教案 (理论 12)	89
《计算机网络》课程教案 (理论 13)	96
《计算机网络》课程教案 (理论 14)	102
《计算机网络》课程教案 (理论 15)	107
《计算机网络》课程教案 (理论 16)	115
《计算机网络》课程教案 (理论 17)	121
《计算机网络》课程教案 (理论 18)	128
《计算机网络》课程教案 (理论 19)	134
《计算机网络》课程教案 (理论 20)	139
《计算机网络》课程教案 (理论 21)	146
《计算机网络》课程教案 (理论 22)	151
《计算机网络》课程教案 (理论 23)	156
《计算机网络》课程教案 (理论 24)	162
《计算机网络》课程教案 (理论 25)	168
《计算机网络》课程教案 (理论 26)	174
《计算机网络》课程教案 (理论 27)	179
《计算机网络》课程教案 (理论 28)	185
《计算机网络》课程教案 (理论 29)	192

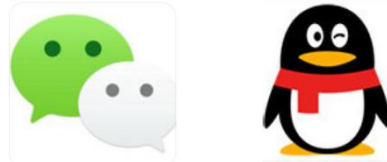
《计算机网络》课程教案（理论 30） 199

《计算机网络》课程教案（理论 1）

授课题目： 第一章计算机网络概念及应用 1.1 计算机网络的定义和用途 1.2 网络硬件	授课类型	理论课
	授课时间	第 1 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 了解计算机网络在信息时代的核心作用以及计算机网络的发展历史；学习按照不同标准对计算机网路进行分类。 能力目标： 使学生全面认识计算机网络发展历程、标志性事件和成果，认识当前网络领域国内外发展现状，并把握学科发展趋势和研究动态。 素质目标： 通过计算机网络发展历史以及标志性事件的剖析，培养学生的专业认同感、家国情怀的操守和自觉承担国际科技发展的责任意识。		
教学内容： 1.1 计算机网络的定义和用途 计算机网络定义；互联网定义；计算机网络与互联网的关系；国际互联网发展史；中国互联网发展史；互联网的特点；计算机网络在商业领域以及家庭范畴的应用；计算机网络面临的社会因素；B/S 与 C/S 模式；对等网络。 1.2 网络硬件 按照传输技术进行计算机网络分类，按照距离尺度进行计算机网络分类。		
教学重点： 计算机网络的定义，计算机网络与互联网的关系，国际和中国互联网发展历史，计算机网络分类。 教学难点： 理解计算机网络与互联网的关系，计算机网络分类。		
教 学 实	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+头脑风暴+雨课堂 教学设计：	

**施
过
程
设
计**

导入 (B) (5 分钟) : 1.结合软件工程专业知识架构, 引导学生认识到计算机网络课程的地位和重要性。2.借助微信, QQ 这种被广泛使用的通讯工具作为例子导入, 从理论分析和工程设计角度提出问题, 阐明学习计算机网络、互联网的必要性和重要性。



目标 (O) (3 分钟) : 以 PPT 形式明确学习目标和要求。

前测 (P) (7 分钟) : 教师利用雨课堂, 给出两道简单计算机网络题目, 对学生进行测试, 了解学生对计算机网络基本知识的掌握程度。1.考察计算机网络的概念; 2.考察学生对于互联网历史的了解程度。

参与式学习 (P) (65 分钟) :

(1) 结合学生使用互联网的经验, 通过启发式问答使学生认识计算机网络在信息社会中的重要性, 通过头脑风暴讨论计算机网络是如何产生的, 计算机网络应该包含哪些基本组成部分, 设计及发展计算机网络中会遇到什么问题, 该如何应对这些问题。让学生讨论, 如果作为计算机网络的设计者, 会遇到什么工程和技术问题, 有什么方法解决这些问题。



问题思考:

1. 如何使独立自主的计算机实现互联互通?
——以此来引导学生思考、交流、合作。
2. 实验和理论分析的区别与联系分别有哪些?

——启发学生重视理论与实践结合。

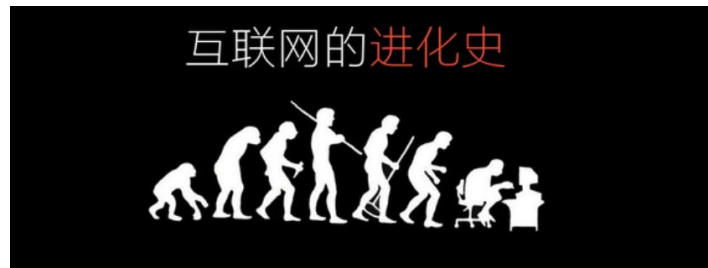
3. 计算机网络对于人类社会发展的意义和价值是什么？

——培养学生辩证的科学态度和社会责任感。

4. 设计和实现计算机网络中会遇到什么工程及技术问题？

——培养学生解决复杂工程问题的能力。

(2) 讲解国际和中国互联网发展历史，重要事件和里程碑。引导学生认识到互联网发展初期，中国与欧美国家之间的差距，使学生坚定科技强国的决心和不畏艰难的勇气。



问题思考：

1. 中国与欧美国家在互联网方面的发展趋势？

——培养学生具有国际视野。

2. 中国如何在下一代互联网迎头赶上？

——强化学生爱国情怀和科技强国的决心。

(3) 讲解互联网的特点，其具有开放性，自由性、实时性、共享性等。互联网的发展带来了丰富多样的网络文化，但同时也带来了学生注意力不集中、时间碎片化的弊端，通过一个短视频，引导学生讨论互联网带来的利弊，对使用互联网有清醒的意识，而不是被互联网所控制。学生自愿签署关于课堂拒绝使用与学习无关的电子设备及社交媒体的倡议书，学期末会有效果自评。



关于课堂电子设备使用以及社交媒体访问倡议书

虽然电子设备以及社交媒体为我们带来了很大便利，但是其深深理解课堂上不应该过度使用电子设备以及访问社交媒体为师生上课以及其他同学完成更多课业任务提供帮助。

随着学习环境快速变化，我们需要更加识别和解决，如过度使用、分散注意力、评价以及沟通能力、学习技能、学习能力和为适应不同类型和形式的课程（电子邮件、微信、微博、QQ、优酷、网上购书、社交网站、论坛等）而下降。

我们将课堂上关于课堂设备的社交媒体访问和电子设备的使用：

- ✓ 对于学习内容的记忆和学习深度有负面影响。
- ✓ 对于理解课程内容的深度带来负面影响，从而阻碍将来的职业生活以及生活的其他方面。
- ✓ 对于认真和集中精力以及用脑思考是不礼貌的，甚至分散其他同学的注意力。

我们将决定关于课堂电子设备以及社交媒体使用的协议，在课堂上我们当需要查阅与学习相关的资料时，使用电子设备，就考虑效率和带头作用。

课程名称：_____

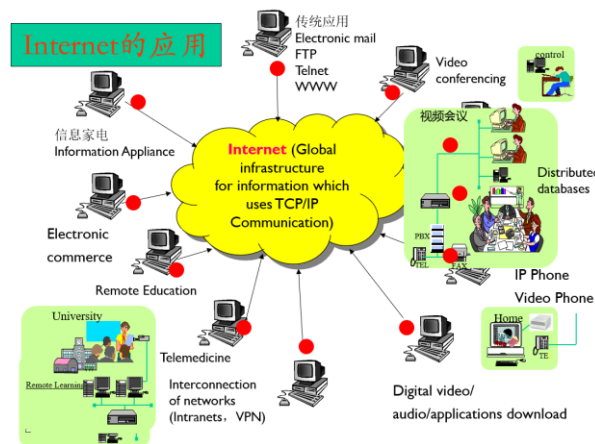
姓名：_____

日期：_____

问题思考：

1. 互联网带来的利弊分别是什么？
——引导学生对于互联网使用有清醒的觉知。
2. 如何使互联网成为学习的助力而非障碍？
——使学生对于自己的行为负责任。

(4) 讲解计算机网络在商业领域以及家庭范畴的应用，此知识点学生比较熟悉，因此通过抢答的方式让学生参与讨论，分别从商业和家庭应用方面请学生列举具体应用，以此进行知识梳理。



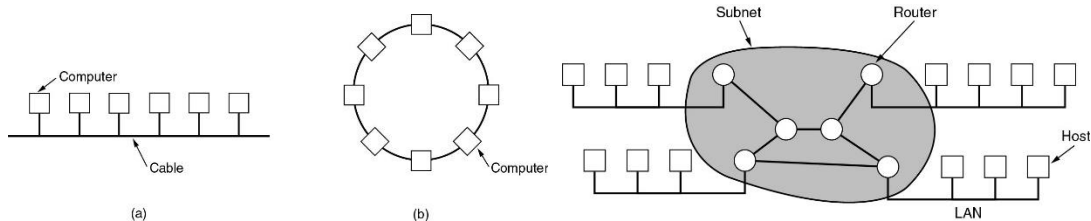
(5) 计算机网络面临的社会因素，分小组分别从政治，宗教，安全，个人隐私，版权保护，网络犯罪等方面讨论，各组代表讲解，教师点评。



问题思考:

1. 对于各项社会因素，同学们什么经历或者见闻？
——建立全局观和重视计算机网络规范化。
2. 计算机网络可能出现什么安全隐患？
——加强学生使用网络的安全意识。

(5) 讲解计算机网络分类，分别从传输技术和距离尺度两种标准进行计算机网络分类。结合学生的专业知识和使用经验，讲解广播、多播和单播传输技术和适用范围；个域网 PAN，局域网 LAN，城域网 MAN，广域网 WAN 以及互联网的技术特点和拓扑结构。小组讨论方式拓展计算机网络分类的其他方式。



问题思考:

1. 同学还知道其他的计算机网络分类标准吗？
——培养学生从不同角度思考问题。
2. 不同类型的计算机网络连接在一起会遇到什么问题？
——引导学生主动探索和深入思考。

后测 (P): (15 分钟) 使用雨课堂给出 4 道测试题目，分别测试计算机网络定义，计算机网络与互联网的关系，以及网络分类等重点知识，并让学生进

行小组讨论。

单选题 1分

计算机网络是否等同于互联网?

- A 是
- B 否

填空题 4分

计算机网络是自治的计算机通过 [填空1] 和 [填空2] 连接在一起, 实现 [填空3] 和 [填空4] 的目的。

单选题 1分

局域网的英文缩写为 () ?

- A MAN
- B WAN
- C LAN
- D CSMA

单选题 1分

计算机网络中的广域网和局域网的分类是以 () 划分的。

- A 网络覆盖范围
- B 传输技术
- C 网络使用者
- D 信息交换方式

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, 重点放在计算机网络的定义, 网络分类, 布置课后思考和作业并引出下次课的内容。

知识点归纳:

1. 计算机网络的定义: 线路, 设备, 数据通信和资源共享。
2. 计算机网络的发展历史: 国际以及中国计算机网络发展历史。
3. 计算机网络分类: 分别按照传输技术和距离尺度两种标准分类。

难点梳理:

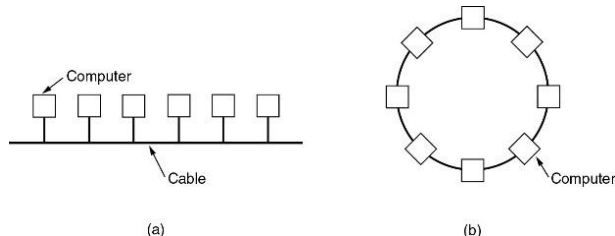
1. 计算机网络与互联网的区别。
2. 计算机网络分类以及各种网络的英文缩写。

课后作业: 1-1, 1-2

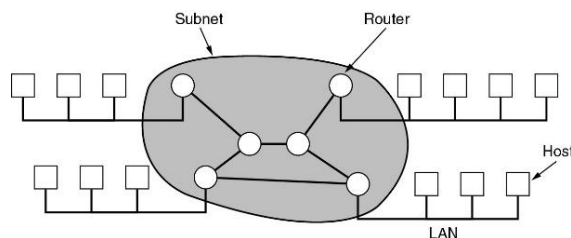
思考题: 计算机网络为当今世界带来哪些方面的影响? 试从利和弊两方面考虑。

板书设计:

1. 以经典以太网和 FDDI 令牌环网为例讲解局域网的覆盖范围, 传输技术和拓扑结构, 让学生理解网络理论分析与现实中网络的关系, 明确理论与工程实践的区别与联系, 强调理论分析的指导意义和重要性, 强化学生对网络模型的理解。



2. 以广域网为例, 通过讲解通信子网的组成部分, 以及分组交换过程, 引导学生主动思考分组交换的优缺点, 引出路由算法和路由表, 为学生理解网络设计思想做准备。



课程思政呈现:



1. 通过组织分组讨论, 培养学生积极思考、合作与交流的习惯;
2. 通过引导学生思考计算机网络, 培养学生理论联系实际的习惯、严谨的治学态度和工程思维方法;
3. 通过讲解计算机网络发展的历史, 使学生认识我国在计算机网络领域的国际地位和面临的挑战, 从而培养专业认同感和深入学习专业知识的兴趣, 激发学生学习的动力。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成, 特别是通过实例, 鼓励学生积极动手实践, 取得了较好的课堂效果。后续课程讲授过程中, 应坚持理论与工程实践紧密结合, 传授知识的同时提升学生实践意识和工程素养。

部分学生仍采用高中阶段的学习方式, 应引导学生摆脱以考试为中心的学习

模式, 让他们清楚大学阶段学习的特点, 尽快实现模式转换, 建立专业知识结构, 强化工程意识。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 2）

授课题目： 第一章计算机网络概念及应用 1.3 计算机网络软件 1.4 计算机网络参考模型	授课类型	理论课
	授课时间	第 1 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 学习计算机网络参考模型，网络层次结构设计思想，OSI 和 TCP/IP 参考模型，对两种模型进行比较和批判。 能力目标： 通过学习网络参考模型的设计以及演变，是学生具有解决复杂工程问题的能力 and 综合分析能力。 素质目标： 养成一定的危机意识，清晰认识我国科技面临的卡脖子问题，树立社会责任感。		
教学内容： 1.3 网络软件 协议层次，分层思想及其优势，层次、协议、接口等概念，层次设计要点，面向连接和无连接服务，服务和协议的关系。 1.4 OSI 参考模型 OSI 模型的七层结构，各层的主要功能，TCP/IP 参考模型，OSI 和 TCP/IP 两种模型的对比。		
教学重点： 计算机网络采用分层思想的必然性，层次、协议、接口等概念，服务和协议的关系，OSI 和 TCP/IP 参考模型。 教学难点： 层次、协议、接口等概念，分层是为了保持层与层直接的独立性，OSI 和 TCP/IP 两种模型的对比。		

教学手段与方法:

BOPPPS 教学模式+范例式教学方式+动画+雨课堂

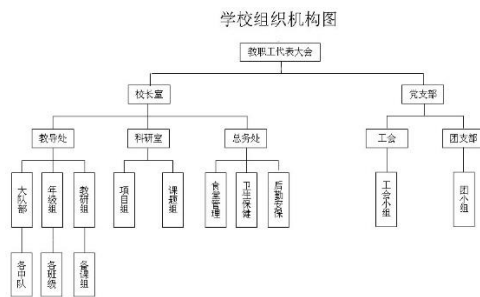
教学设计:

导入 (B) (5 分钟) : 教师提出问题, 如果想把多个独立的计算机连接起来并互相通信, 会遇到什么问题。采用抢答方式调动学生的积极性和参与性。



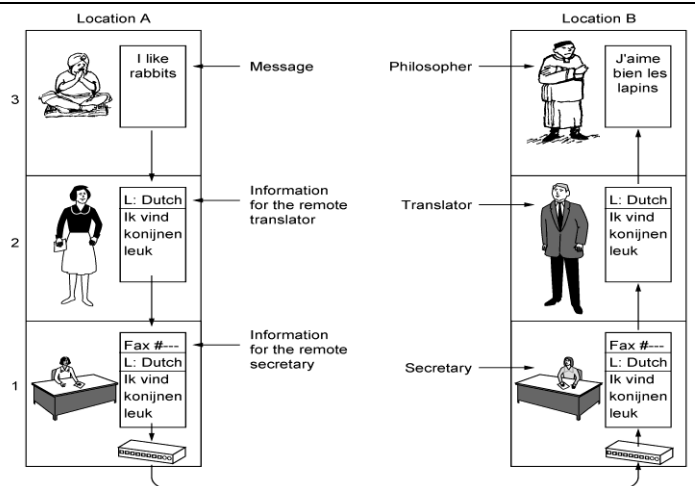
目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调分层思想对于解决计算机网络复杂问题的重要性。

前测 (P) (5 分钟) : 教师给出简单题目, 测试学生对解决复杂工程问题方法的了解程度。1.学校组织结构图, 请同学抢答该结构有何特点, 如果实现上下层之间的服务, 服务细节的隐藏性等; 2.分层思想如何解决计算机网络中面临的问题。



参与式学习 (P) (66 分钟) :

(1) 层次, 服务和接口的概念: 以哲学家-翻译-秘书这个比较直观具体的例子讲解抽象的概念。具体概念包括对等实体, 协议, 接口, 服务, 物理链路&逻辑链路, 网络体系结构, 协议栈。教师边讲解边于学生互动问答, 使学生主动思考, 在理解的基础上记忆以上概念。



问题思考:

1. 可以将图中的翻译语言从“荷兰语”换成“意大利语”？秘书的信息传递方式由“传真”换成“电子邮件”？
——培养学生思辨能力。
2. 其他例子中是否存在逻辑链路和物理链路？
——培养学生对知识活学活用。

(2) 层次设计要点：教师通过启发问答引导学生考虑如下问题，计算机网络中如何找到特定的收发双方、数据传输规则、差错控制机制、流量控制、报文的分割与重组、如何保续、多路复用、路由选择、QoS 以及安全性。教师启发从学生从已有的专业知识入手，考虑如何回答这些网络层次设计不可逾越的问题，使学生对于网络层次问题有一个全局概念。

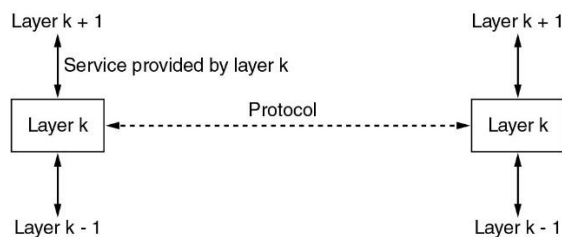
问题思考:

1. 在设计计算机网络层次时还会遇到什么问题？
——培养学生开放性思维能力。
2. 哪个解决方案还不够完美？如何使它变得更好？
——培养学生批判性思维能力。

(3) 面向连接和无连接服务：教师以电话系统为例讲解面向连接服务的过程，特点和 QoS，以电子邮件为例讲解无连接服务的特点和工作过程。



(4) 服务于协议的关系：通过总结本节课之前的内容，明晰服务解决的“what”的问题，而协议解决的事“how”的问题，服务与协议之间的关系，以及它们在网络层次设计中的作用。

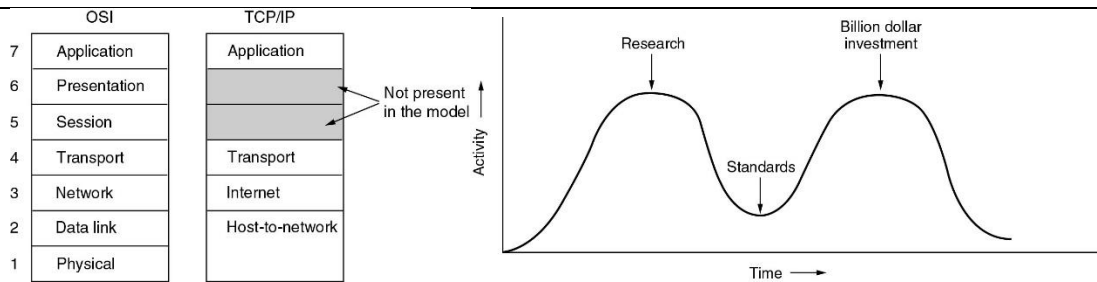


问题思考：

1. 服务是垂直方向的，它对应于 Java 的什么？
2. 协议是水平方向的，规定了具体的规则细节，它对应 Java 的哪部分？

——培养学生综合运用知识能力。

(5) OSI 和 TCP/IP 参考模型：OSI 七层结构，各层的名字，功能，数据单元的名字，通讯子网边界，TCP/IP 参考模型，两种模型的对比。通过回望 OSI 与 TCP/IP 的产生和发展历史，使学生认识到一项技术从产生、到被接受、到占领世界往往会受到政治、时机、技术等多方面的制约，要用更加广阔的眼光看待技术，并对未来的发展有一点前瞻性。



后测 (P) (15 分钟) : 使用雨课堂给出 4 道测试题目, 分别测试网络采用分层次结构的原因、协议的概念, 服务与协议之间的关系、OSI 和 TCP/IP 参考模型。

填空题 1分

计算机网络为什么采取分层次的结构?
[填空1]

多选题 2分

计算机网络中协议是通讯双方之间的 () ?

- A 约定
- B 规则
- C 接口
- D 网络

多选题 3分

选择关于服务和协议关系正确的选项 ()

- A 服务是垂直方向的
- B 协议是水平方向的
- C 服务高于协议
- D 协议必须对等实体对应层之间的

多选题 3分

关于OSI和TCP/IP参考模型正确的描述 ()

- A 目前广泛使用的是OSI参考模型
- B OSI具有属于自己的协议体系
- C TCP/IP具有属于自己的参考模型
- D 目前广泛使用的是TCP/IP参考模型

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, 重点放在服务、协议和接口的概念, 服务和协议的关系, OSI 和 TCP/IP 参考模型, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. 服务: 对等实体下层为上层提供服务, 上层不关心下层的细节。
2. 协议: 对等实体对应层之间关于通信细节的约定 (或规则), 只能水平方向, 不能垂直或交叉。
3. 服务和协议的关系: 服务和协议分别谁垂直和水平方向的, 分别对应 Java1 的类和方法。

4. OSI 和 TCP/IP 参考模型：分别有各自的参考模型和协议体系，只是因为历史、技术和时机等原因，目前广泛使用的是 OSI 参考模型和 TCP/IP 协议体系。

难点梳理：

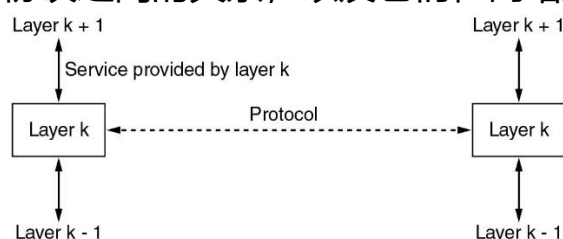
1. 服务和协议的关系：服务存在于对等实体上下层之间，协议存在于对等实体的对应层之间。
2. OSI 和 TCP/IP 参考模型的对比：分别有各自的参考模型和协议体系。

课后作业： 1-16, 1-19

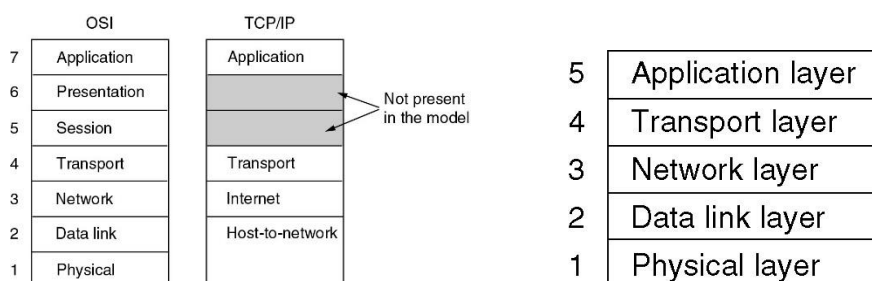
研究报告： OSI 和 TCP/IP 分别有各自的参考模型和协议，我们现在使用的是 TCP/IP 协议，而不使用其参考模型；对于 OSI 参考模型则正好相反，这是为什么？

板书设计：

1. 服务于协议的关系：明晰服务解决的“what”的问题，而协议解决的事“how”的问题，服务与协议之间的关系，以及它们在网络层次设计中的作用。



1. OSI 和 TCP/IP 协议各个层次的对应关系,以及目前广泛使用的混合层次模型。使学生明确两种参考模型之间的关于,以及网络参考模型的历史发展过程。



课程思政呈现:

老子的“无为而无不为”提倡的创造，是契合自然发展规律的创造。在技术高度发达的今天，用更广阔的眼光看待技术，不能陷入技术的泥沼，道家的思想显然对我们有启示意义。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对网络参考模型有了深刻的认识。讲课过程中穿插前沿热点技术，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

学生对现实中的网络很感兴趣，但基本知识稍显欠缺，应适度补充相关内容，在讲解理论模型的同时，介绍现实中分层的思想方法，以兴趣引导学生，使其主动去探索现实生活中的各种分层结构并进行思考。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

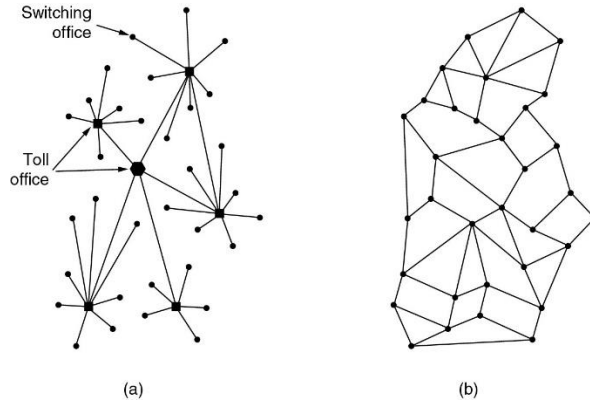
6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 3）

授课题目： 第一章计算机网络概念及应用 1.5 计算机网络举例 1.6 网络标准化 1.7 单位进制	授课类型 理论课	
	授课时间 第 2 周第 1-2 节 (2 学时)	
教学目标或要求： 知识目标： 通过例子明晰互联网，移动电话网络，无线局域网，RFID 和传感器网络的概念；网络标准化以及国际标准化组织。 能力目标： 能够正确说出给定网络属于哪一种类型，熟悉常见的标准化协议以及标准化组织。 素质目标： 树立严谨求实的科学态度，养成对复杂问题进行转化和寻求变通思路的思维习惯。		
教学内容： 1.5 计算机网络举例 互联网，移动电话网络，无线局域网，RFID 和传感器网络 1.6 网络标准化 电信领域标准化，国际标准化组织，国际标准化 1.7 单位进制 各单位进制以及它们之间的关系		
教学重点： 识别不同类型的网络，能准备说出每种网络的类型和特点 教学难点： 互联网的特点，互联网是否等同于计算机网络		
教 学 实 施	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组讨论/课堂分享+学生主讲+雨课堂测试 教学设计：	

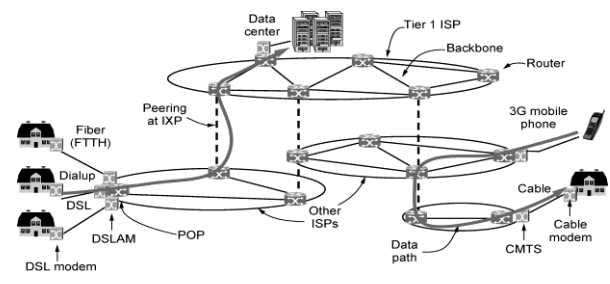
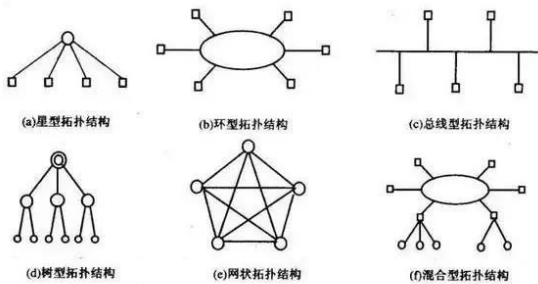
过程设计

导入 (B) (5 分钟) : PPT 给出两个电路图片: ①集中式交换网络; ②分布式交换网络。设问并让学生分组讨论两种拓扑结构的主要区别。教师从网络健壮性, 寻址复杂度, 拓扑结构特点提出问题, 启发学生思考集中式和分布式交换对于网络运行的影响和利弊。



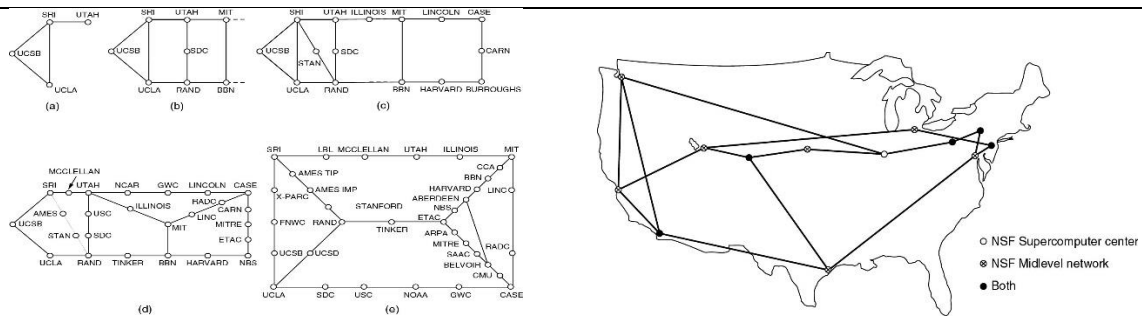
目标 (O) (3 分钟) : 以 PPT 形式明确学习目标和要求, 强调各种拓扑结构在网络发展历程中的作用, 网络标准化的必要性。

前测 (P) (5 分钟) : 教师利用雨课堂, 给出两道简单题目, 测试学生对不同拓扑结构网络的理解程度。1. 每种拓扑结构有什么特点; 2. 互联网中往往存在多种类型的拓扑结构混合在一起。



参与式学习 (P) (72 分钟) :

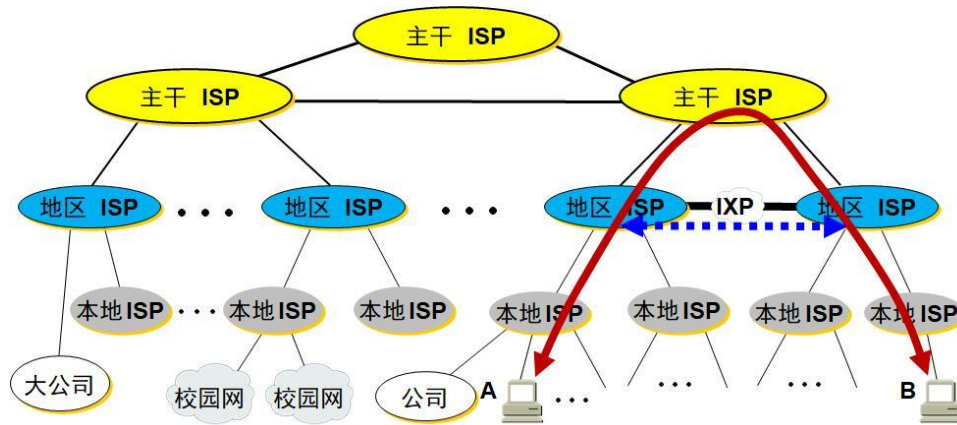
(1) ARPANET: 由 ARPANET 产生和发展入手, 引导学生认识互联网发展的历史以及拓扑结构的变化, 学生分组讨论计算机网络的用途如何分类。教师点评总结, 强调计算机网络的特性。



1. ARPANET 与目前使用的计算机网络之间的关系。

2. 计算机网络如何覆盖一个国家或者一个大洲，包括使用超级计算机中心，骨干网络等。

(2) 互联网的拓扑结构，教师通过启发问答，使学生观察并回答互联网与 ARPANET 在结构和协议上的区别，教师点评总结。



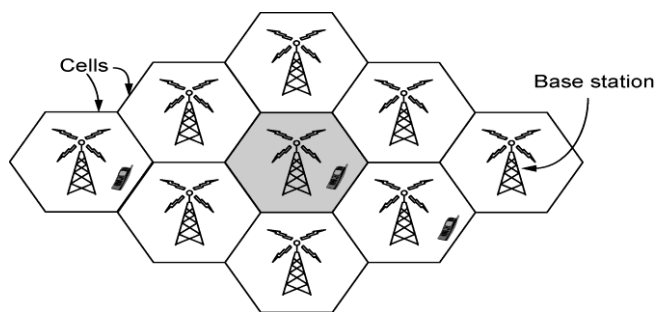
问题思考：互联网是如何用 40 多年从最初覆盖 4 个节点到遍布全球？



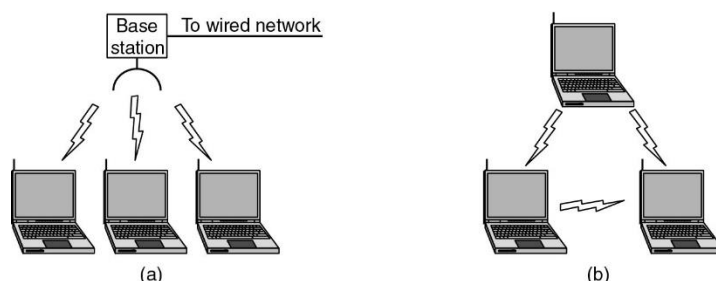
我国在互联网初期阶段起步较晚，因此在 IPv6 要迎头赶上，2017 年 11 月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《推进互联网协议第六版 (IPv6) 规模部署行动计划》，引领中国从 20 年的“原地踏步”到目前的“全球领先”，实现了飞跃式的发展。

(3) 移动电话网络：教师以手机为例，通过问答引导学生认识从模拟电话到

数字电话的发展, 以及 2G, 3G, 4G, 5G 的技术演变。



(4) 无线局网: 包括有基站和无基站的无线局网组网方式。启发学生观察并回答它们之间的区别以及组网方式的区别会带来哪些技术问题, 如信道抢占和网络覆盖范围等问题。



(5) 网络标准化组织: ITU, PTT, AT&T, Bell, ISO, ANSI, NIST, IEEE。了解这些组织的作用和制定标准化的意义。如 IEEE 802 委员会制定的各种协议。其中画*是需要学生熟练掌握的。

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isynchronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number. Nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth)
802.16 *	Broadband wireless
802.17	Resilient packet ring

(6) 单位进制, 要求学生掌握常用的十进制的单位。

Exp.	Explicit	Prefix	Exp.	Explicit	Prefix
10^{-3}	0.001	milli	10^3	1,000	Kilo
10^{-6}	0.000001	micro	10^6	1,000,000	Mega
10^{-9}	0.000000001	nano	10^9	1,000,000,000	Giga
10^{-12}	0.000000000001	pico	10^{12}	1,000,000,000,000	Tera
10^{-15}	0.000000000000001	femto	10^{15}	1,000,000,000,000,000	Peta
10^{-18}	0.000000000000000001	atto	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000	Exa
10^{-21}	0.000000000000000000001	zepto	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000	Zetta
10^{-24}	0.000000000000000000000001	yocto	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Yotta

后测 (P) (10 分钟) : 使用雨课堂给出 2 道测试题目进行小测验, 分别测试学生对于互联网概念、单位进制的掌握情况, 由学生主讲分析。

填空题 1分

互联网的前身为 [填空1]。

单选题 1分

10MB与10MBps的数值是否相同?

A 是

B 否

总结 (S) (5 分钟) : 教师总结课堂内容、整合学习要点, 重点放在网络演变, 移动电话网络, 标准化协议和单位进制, 布置课后思考和作业并引出下次课的内容。

知识点归纳:

1. 网络演变: 强调网络演变过程以及协议变化。
2. 移动电话网络: 每一代移动电话网络的技术特点和协议。
3. 网络标准化: 标准化组织以及协议标准。
4. 单位进制: 掌握常用的大、小单位进制和名称。

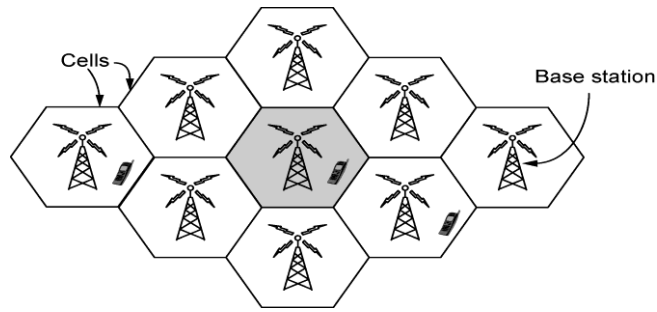
难点梳理:

1. 网络标准化: 各种标准化组织以及标准化必要性。
2. 单位进制: MB 与 MBps, KB 与 KBps, GB 与 GBps 分别是以 2 和 10 为底, 因此其数值不同。。

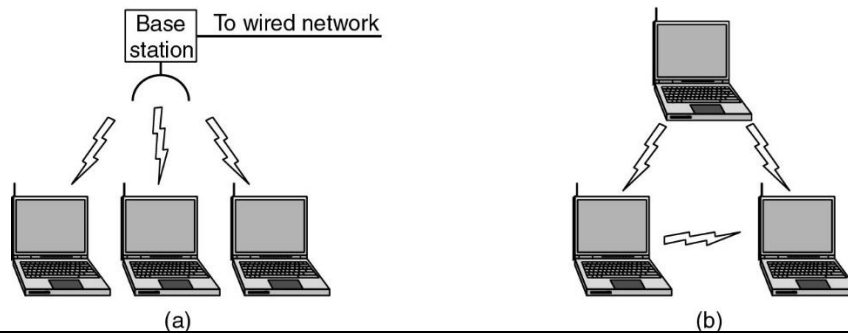
课后作业: 1-36

板书设计:

1. 通过蜂窝网络使学生明确移动通信的实际过程。



2. 通过典型实例引导学生在不同场景下选用不同类型的组网结构。



课程思政呈现：

通过学习网络标准化和标准化组织，使学生明白“没有规矩，不成方圆”的道理，在将来的学习和工作中遵循标准化会提高工作效率，事半功倍。

从阿帕网到互联网的发展历史，启发学生敢于挑战传统思维定式和陈旧的解决问题方案，大胆想象、寻求变通、探索新思路新方法。

教学反思：

讲授互联网发展历史和典型网络类型，引入互联网发展历史上的里程碑事件，引起了学生极大的兴趣，注意力集中，听课效果好。以后继续在课堂中引入合适的前沿科普，促进教学效果。

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面基本达成。但对于课堂实例，学生反应有差异，以后注意多样化，兼顾不同层次学生的接受能力，比如让学生提出合适的实例，举一反三，驱动他们积极思考，更好地发挥学生自身的主观能动性，挖掘其内在潜能。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第5版) 机械工

业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

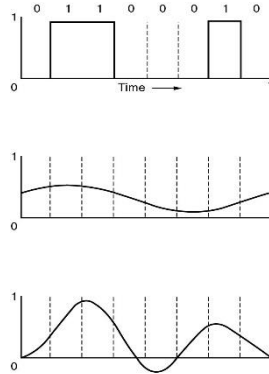
➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 4）

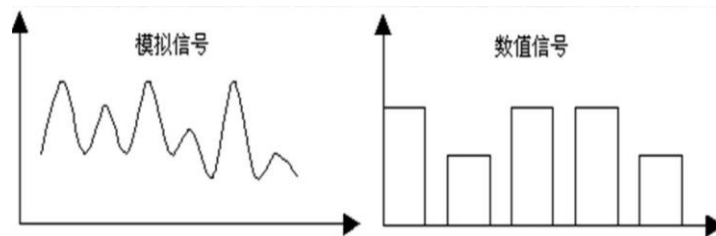
授课题目: 第二章物理层 2.1 数据通信的理论基础 2.2 有导向的传输介质	授课类型	理论课
	授课时间	第 2 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求:		
<p>知识目标: 学习物理层的基本概念和功能, 信道极限容量的概念以及信道最大传输速率的公式, 模拟传输和数字化传输的物理层标准。</p> <p>能力目标: 通过傅里叶分析、奈奎斯特定理、香农定理的讲解使学生将所学的高等数学知识应用于解决计算机网络问题, 培养知识综合运用能力。通过双绞线的实验, 培养学生工程实际操作能力。</p> <p>素质目标: 实验操作培养学生良好的工程素养。养成善于探索同类事物本质和共性特征的习惯, 以及透过现象看本质的抽象思维能力; 树立敢于质疑、敢于突破和进行源头创新的信心。</p>		
教学内容:		
<p>2.1 数据通信的理论基础 傅里叶分析、奈奎斯特定理、香农定理、信道最大传输速率</p> <p>2.2 有导向的传输介质 磁介质、双绞线、同轴电缆、光纤</p>		
教学重点:		
奈奎斯特定理、香农定理、信道最大传输速率、认识各种传输介质、光纤传输原理		
教学难点:		
傅里叶分析		
教 学 实 施	教学手段与方法:	
	BOPPPS 教学模式+分组讨论+板书例题解析	
	教学设计:	

过程设计 **导入 (B) (5 分钟)** : 1.教师以 PPT 形式给出数字信号与模拟信号的对比, 让学生思考为什么计算机识别的离散的数字信号可以用连续的模拟的信号传输; 2.教师启发学生抛开具体信号属性, 从方法论高度思考信号传输问题, 寻找数字到模拟以及模拟到数字的解决方案, 引出本节课的第一个学习内容。



目标 (O) (3 分钟) : 以 PPT 形式明确学习目标和要求。强调数字和模型信号之间互相转换的重要性以及理论基础的必要性。

前测 (P) (5 分钟) : 教师提问检验学生对模拟信号和数字信号的掌握程度, 并引导学生脑力激荡。



参与式学习 (P) (67 分钟) :

(1) 傅里叶分析: 教师以 PPT 形式给出傅里叶分析公式, 让学生分组讨论如何找到模拟信号以数字信号之间的方程。教师点评总结, 强调傅里叶分析为数据传输的理论基础。此外, 引导学生思考微积分在通信领域的重要意义。

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

➤ 数字信号与模型信号的关系是什么？

- ❑ 为什么可以用模拟信道传输数字信号？
- ❑ 数字信号与模拟信号是否为两个相对立的概念？

问题思考：

结合傅里叶分析，引导学生培养透过现象看本质的抽象思维能力和工程实践中擅于观察、分析和归纳的科学素养，激发学生敢于质疑、敢于突破和进行源头创新的勇气。



结合机器视觉中的分类问题，简单讨论特征提取、模型设计与训练，列举机器视觉在智能监控、无人驾驶汽车、产品质量检测中的应用，引发学生探索前沿知识的激情。

(2) 奈奎斯特定理、香浓定理、信道最大传输速率：教师阐明奈奎斯特定理、香浓定理，重点引导学生进行典型例题训练，强化学生灵活运用两个定理计算无噪声信道和有噪声信道的数据最大传输速率的能力。

➤ 奈奎斯特定理

- ❑ 无噪声信道的最大传输速率
- ❑ 计算的最终结果与实际差距较大

$$\text{Max data rate} = 2H \log_2 V \quad \text{bits/sec}$$

➤ 香浓定理

- ❑ 有噪声信道的最大传输速率

□ 信噪比的计算和运用

$$\text{Max data rate} = H \log_2 (1+S/N) \text{ bits/sec}$$

➤ 带宽

□ 带宽的定义

□ 模拟与数字领域带宽定义的差别

(3) 有导向的传输介质：磁介质，双绞线，同轴电缆，光纤。教师以实物图片，剖面图和讲解方式讲解各种传输介质。重点强调各传输介质的使用范围以及光纤的传输原理。

➤ 磁介质

□ 磁带、磁盘、CD、DVD 等

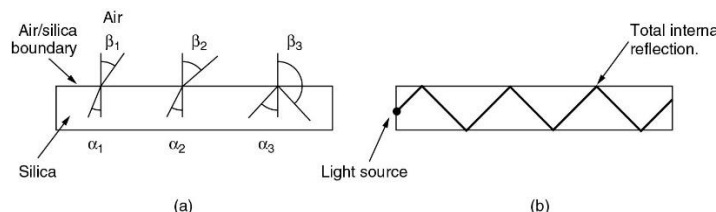
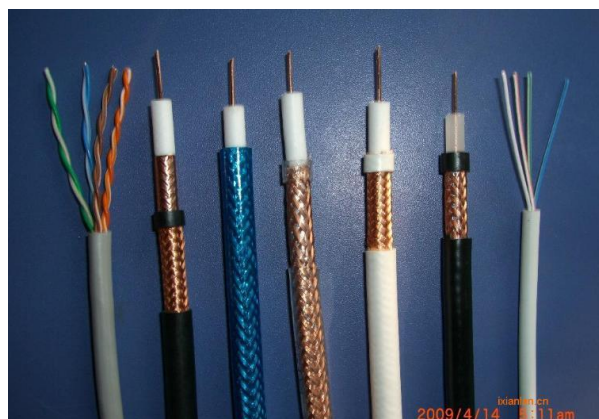
□ 双绞线 UTP、STP

□ 粗和细同轴电缆

□ 光纤原理、三要素、单模光纤、多模光纤、光纤网络

□ 光纤和铜线的比较

□ 奈奎斯特定理、香浓定理的适用范围



后测 (P) (15 分钟) : 使用雨课堂给出 3 道测试题目, 分别测试香浓定理、

带宽、光纤的传输原理。

填空题 2分

填空题 2分

模拟电话系统中，语音信道信噪比的典型值为30 dB=10lg S/N，即 S/N=1000，那么信道的数据传输率为 [填空1]

分别写出带宽在模拟信号和数字信号领域的单位 [填空1] 和 [填空2]

单选题 1分

设置

光纤通信指的是()

- A 以电波作载波、以光纤为传输媒介的通信方式
- B 以光波作载波、以光纤为传输媒介的通信方式
- C 以光波作载波、以电缆为传输媒介的通信方式
- D 以激光作载波、以导线为传输媒介的通信方式

总结 (S) (5 分钟)：教师总结课堂内容、整合学习要点，重点放在奈奎斯特定理、香浓定理、信道最大传输速率、光纤传输原理，布置课后思考和作业并引出下次课的内容。

知识点归纳：

1. 傅里叶分析：用电缆为传输介质传输数字信号的理论基础；
2. 奈奎斯特定理、香浓定理：如何根据不同的情况选取对应的定理计算数据最大传输速率；
3. 光纤传输：奈奎斯特定理、香浓定理不适用，光纤传输三要素，物理原理。

难点梳理：

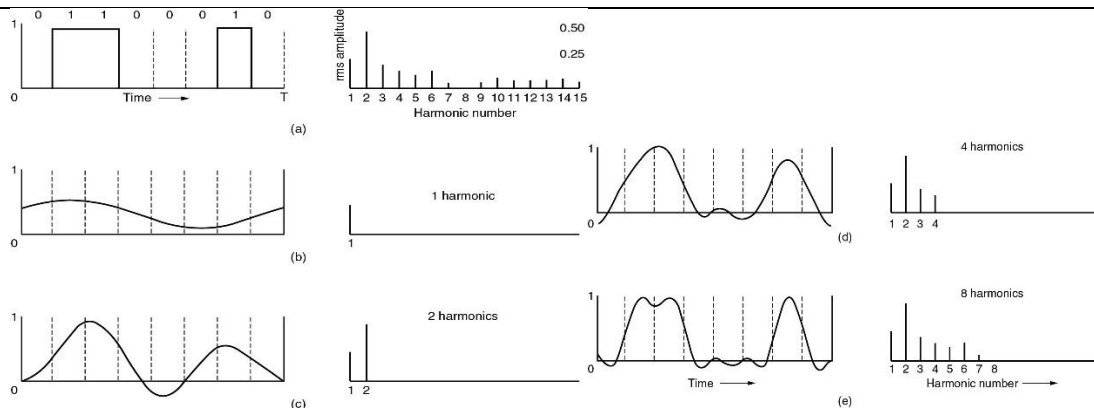
傅里叶分析技巧：找到各个谐波并通过数学工具软件计算模拟波型。

课后作业： 2-3, 2-4,2-5

分析报告：从图书馆或互联网搜索各种传输介质的发展历史以及未来的发展方向。

板书设计：

1. 通过示例明确数字信号和模拟信号的概念以及它们之间的关系。



2. 通过例题展示奈奎斯特定理、香农定理的运用。

– **Nyquist 定理 (无噪声信道):**

– **Max速率 (b/s) = $2H \log_2 V$**

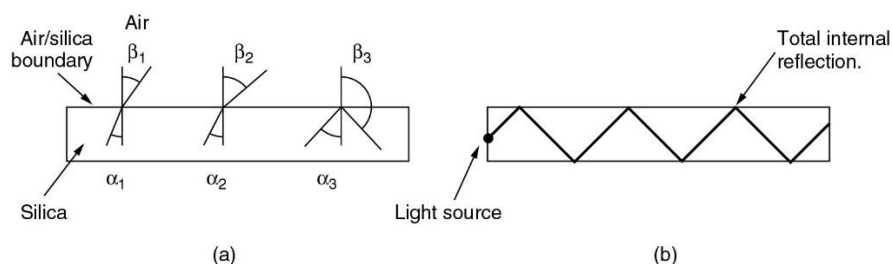
– **H: bandwidth of a low-pass filter**

– **V: discrete levels of a signal**

– **Shannon 定理(有噪声信道):**

• **Max速率(b/s) = $H \log_2 (1+S/N)$**

3. 通过板书明确光纤传输的物理原理。



课程思政呈现:

基于傅里叶分析，引导学生培养透过现象看本质的抽象思维能力和工程实践中擅于观察、分析和归纳的科学素养，激发学生敢于质疑、敢于突破和进行源头创新的勇气，积极进取、大胆创新。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，同时更加侧重培养学生运用高等数学，物理知识的能力，让学生认识到了数学和物理基础对于专业知识学习和未来从事科学研究的重要性，有助于引导学生夯实基础，为后期发展奠定基础。

相对傅里叶分析，部分学生看懂复杂的数学公式容易产生疑惑，没有信心，

教师需要引导学生克服心理障碍，勇于挑战，发现数学在通信和 IT 领域的广泛用途。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] [美] William, Stallings 著, 王海, 张娟, 周慧, 赵红宇译, 谢希仁校数据与计算机通信 (第十版) [Data and Computer Communications Tenth Edition], 电子工业出版社, 2015。

[4] 易哥, 高性能架构之道:分布式、并发编程、数据库调优、缓存设计、IO 模型、前端优化、高可用, 电子工业出版社, 2021。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹彭涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络 (国家精品课程)

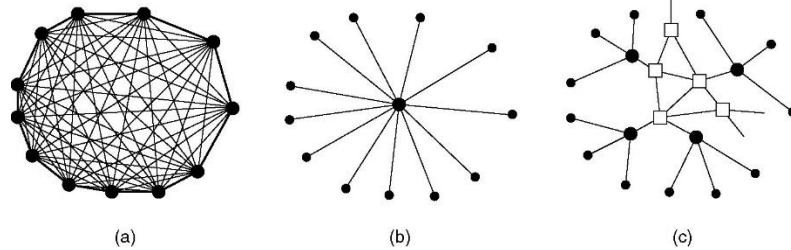
<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

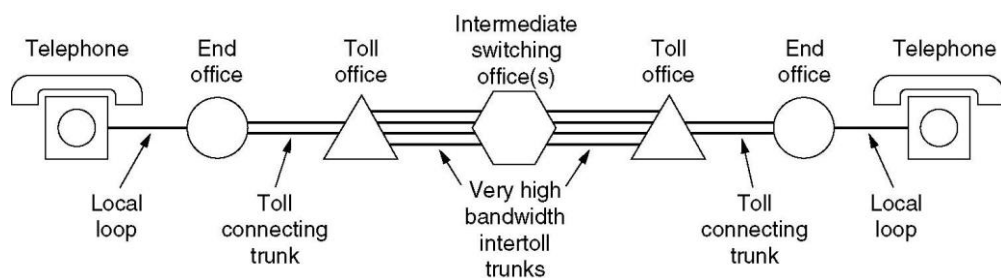
《计算机网络》课程教案（理论 5）

授课题目： 第二章物理层 2.6 公用交换网络	授课类型	理论课
	授课时间	第 3 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 学习公用交换电话系统的结构，本地回路，调制解调方式，干线和多路复用，几种交换方式的对比。 能力目标： 学习公用交换电话系统的结构，本地回路，调制解调方式，干线和多路复用，几种交换方式的对比。 素质目标： 通过电话中政治学培养工程伦理素养。通过多路复用所涉及的多用户共享促使学生养成理性竞争，合理利用和分配资源的意识。		
教学内容： 2.6 公用交换电话网络 公用交换电话系统的结构，本地回路，调制解调方式，干线和多路复用，几种交换方式的对比。		
教学重点： 调制解调方式，ADSL，干线和多路复用，交换 教学难点： 多路复用，交换		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+分组讨论+板书例题解析 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 1.教师以 PPT 形式给出电话系统结构的演变过程，从全连接交换，到中心式交换，再到分级交换；2.教师启发学生为什么电话系统结构会经历这样的演变过程，每种结构的优缺点是什么，引出本节课的第一个学习内容。	



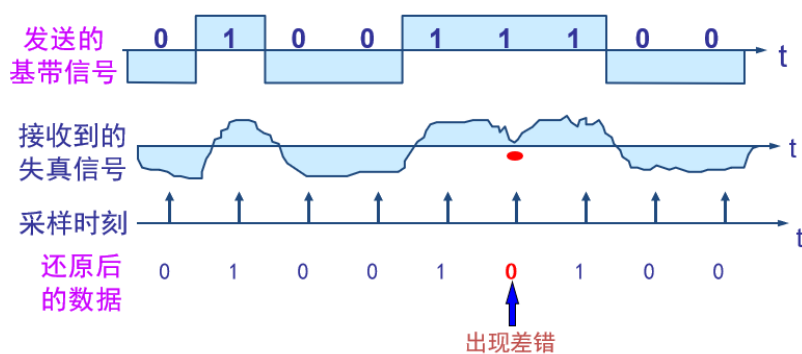
目标 (O) (3 分钟) : 以 PPT 形式明确学习目标和要求。强调电话系统对于计算机网络发展的重要意义。

前测 (P) (5 分钟) : 教师提问检验学生对电话系统的掌握程度, 并引导学生思考电话系统的主要组成部分。



参与式学习 (P) (67 分钟) :

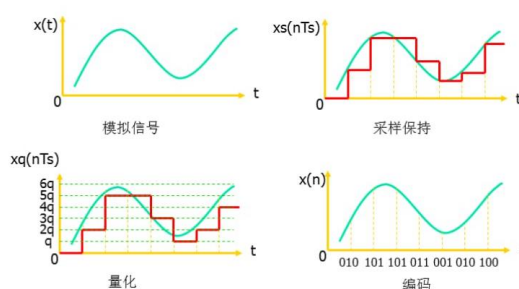
(1) 本地回路: 教师以 PPT 形式给出本地回路的学习要点: 调制解调方式, ADSL, 以及无线本地回路, 让学生分组讨论本地回路最后宜一公里仍然使用模拟信号的原因。教师点评总结, 强调模拟-数字-模拟之间的转换以及模拟信号的传输损害。



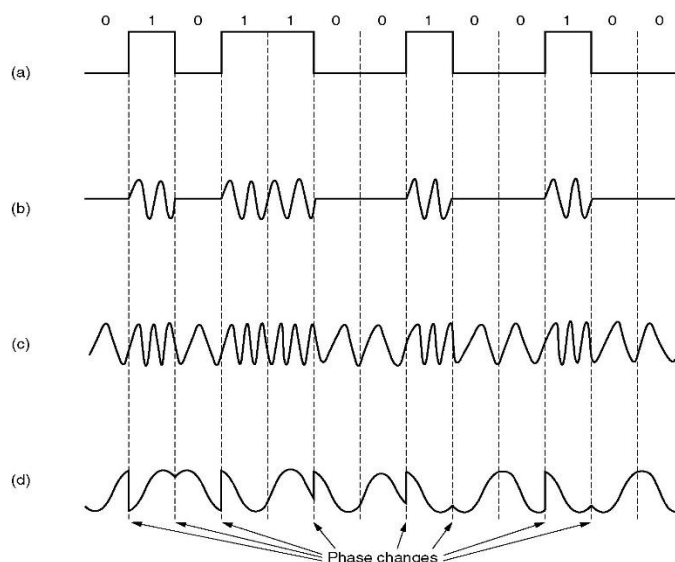
- 数字信号与模型信号之间的转换关系是什么?
 - ❑ 为什么可以用模拟信道传输数字信号?
 - ❑ 为什么会有量化噪声?

问题思考:

结合前序课程的傅里叶分析，引导学生培养理论结合实践的能力，能够将所学的理论应用与实际的工程实践中。



(2) 调制解调方式：教师阐明常用的振幅调制，频率调制和相位调制，重点引导学生进行典型例题训练，联系我们日常的广播应用，强化学生灵活运用理论知识的能力。



- 找到几种调制方式与数字信号的关系
 - ❑ 几种调制方式的定义
 - ❑ 几种调制方式的优缺点
- 波特率
 - ❑ 每秒采用次数
 - ❑ 波特率与数据传输速率的关系
- QPSK, QAM-16, QAM-64, TCM
 - ❑ 调制解调器的工作方式
 - ❑ 单工, 半双工, 全双工

问题思考：

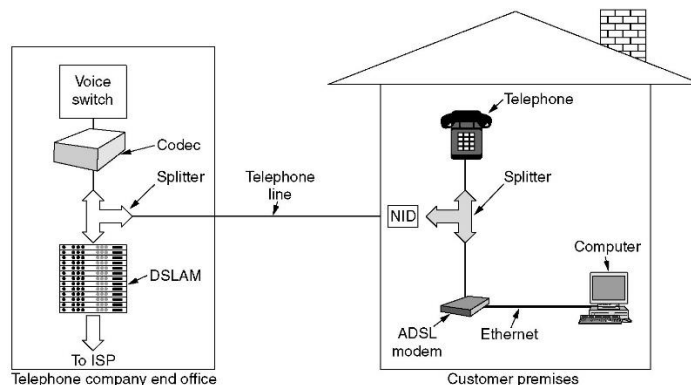
为什么第一代调制解调器的速度为 56Kbps, 这个数值与电话系统的关系是什么?

- 56kbps
 - (the reason for choosing this speed?)
 - Telephone channel is 4000Hz wide
 - 8000 samples/sec
 - 8 bits/sample (7 data + 1 control)
 - $7 \text{ bit} * 8000 = 56\text{kbps}$

(3) ADSL: 传统语音带宽, 上行与下行带宽的不对称性, ADSL 标准。教师以实物图片和讲解方式讲授 ADSL 的由来。重点强调其在计算机网络发展初期的重要性。

➤ 非对称划分

- 语音信道
- 上行带宽
- 下行带宽
- 国际标准



(3) 干线和多路复用: 频分、时分和波分多路复用以及各种复用的适用范围。

➤ 频分多路复用

- 适用于每个用户只占用固定的频段传输数据, 如我们日常听的广播

➤ 时分多路复用

- 适用于讲信道可用时间分成多个小的时间片, 每个用户得到一个

时间片会占用所有带宽传输数据

➤ 波分多路复用

□ 适用于光纤的复用

问题思考：

如何实现多模光纤？提示：波长和入射角度

(4) 交换：电路交换，报文交换，分组交换

➤ 几种交换方式的定义和对比，以及适用范围

□ 电路交换与分组交换的对比

后测 (P) (15 分钟)：使用雨课堂给出 3 道测试题目，分别测交换方式、调制方式与奈奎斯特定理的结。

单选题 1分

主机甲通过1个路由器（存储转发方式）与主机乙互联，两段链路的数据传输速率均为10Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8Mb（1M=10⁶）的报文。若忽略链路传播延迟、分组头开销和分组拆装时间，则两种交换方式完成该报文传输所需的总时间分别为

- A 800ms、1600ms
- B 801ms、1600ms
- C 1600ms、800ms
- D 1600ms、801ms

在无噪声情况下，若某通信链路的带宽为3kHz，采用4个相位，每个相位具有4种振幅的QAM调制技术，则该通信链路的最大数据传输速率是

- A. 12 kbps B. 24 kbps C. 48 kbps D. 96 kbps

填空题 3分

电路交换与分组交换的主要区别是（至少写出三项） [填空1] [填空2] [填空3]。

总结 (S) (5 分钟)：教师总结课堂内容、整合学习要点，重点放在调制方式，电路交换和分组交换方式上，布置课后思考和作业并引出下次课的内容。

知识点归纳：

1. 调制方式：调幅，调频，调相；
2. 交换方式：电路交换，分组交换和报文交换；

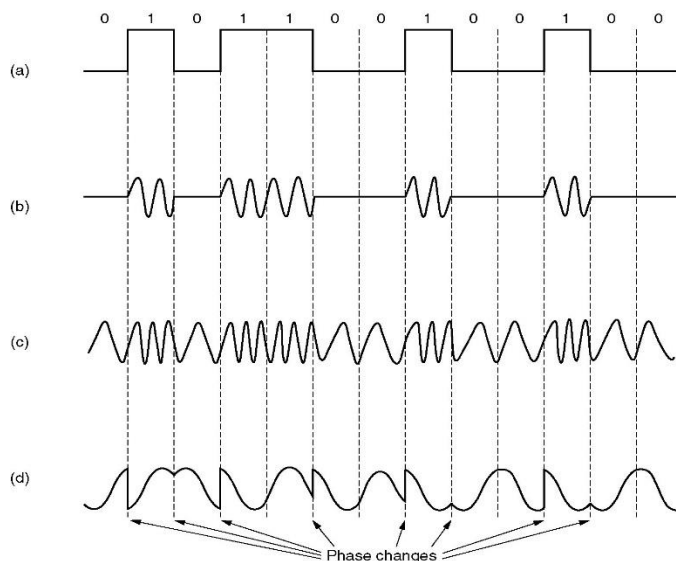
难点梳理：

多路复用和交换。

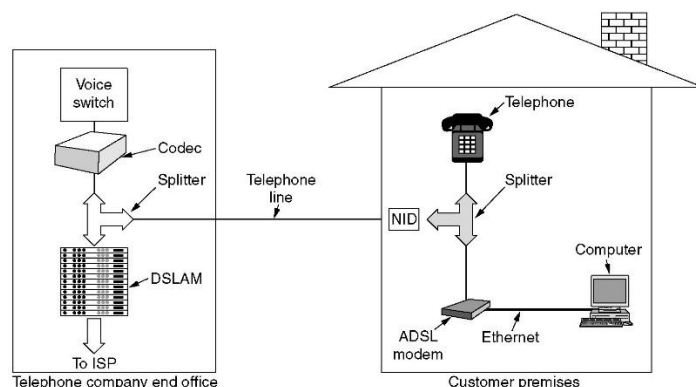
课后作业： 2-25, 2-18, 2-32

板书设计:

1. 通过示例明确数字信号和几种调制模拟信号之间的关系。



2. 通过例图展示如何使用 ADSL 使计算机网络信号通过传统电话线路传输。



课程思政呈现:

在学习电话系统的技术知识的同时, 结合中美关系在科技领域的竞争, 充分认识国家在科技领域强大的紧迫性, 培养其爱国情怀以及科技兴国的责任意识。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成, 同时更加侧重培养学生运用数学, 物理知识的能力, 让学生认识到了数学和物理基础对于专业知识学习和未来从事科学研究的重要性, 有助于引导学生夯实基础, 为后期发展奠定基础。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] [美] William, Stallings 著, 王海, 张娟, 周慧, 赵红宇 译, 谢希仁 校数据与计算机通信 (第十版) [Data and Computer Communications Tenth Edition], 电子工业出版社, 2015。

[4] 易哥, 高性能架构之道:分布式、并发编程、数据库调优、缓存设计、IO 模型、前端优化、高可用, 电子工业出版社, 2021。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

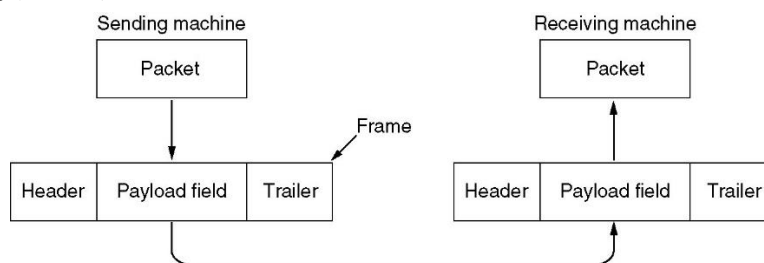
《计算机网络》课程教案（理论 6）

授课题目： 第三章数据链路层 3.1 数据链路层设计要点 3.2 数据链路层差错控制机制	授课类型 授课时间	理论课（翻转课堂） 第 3 周第 3-4 节 （2 学时）
教学目标或要求： 知识目标： 明确数据链路层为网络层提供的服务，帧的边界标识方法，差错控制，流量控制，循环冗余校验 CRC。 能力目标： 培养学生自主学习、主动思考的能力、终身学习的观念和坚忍不拔的意志，为未来更深层次的学习和发展奠定基础。 素质目标： 通过检错和纠错机制的讲解，培养学生正确的世界观人生观价值观；提高心理素质，能够正确地自我评价，胸襟开阔、豁达大度、积极乐观。		
教学内容： 3.1 数据链路层设计要点 明确数据链路层为网络层提供可靠和高效的服务，数据链路帧与网络层分组的关系，帧的边界标识方法，帧的透明传输问题，差错控制机制，流量控制机制。 3.2 网络硬件 海明码，循环冗余校验的计算方法。		
教学重点： 数据链路帧与网络层分组的关系，帧的边界标识方法，帧的透明传输问题，差错控制机制，流量控制机制。 教学难点： 循环冗余校验的计算方法。		
教 学 实 施	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+翻转课堂+小组讨论+雨课堂 教学设计： 线上学习（50 分钟）： 学生线上学习帧的边界标识教学视频，边看边回答问	

题，并在讨论区讨论各种边界标识方法的优缺点。



导入 (5 分钟) : 1.结合物理层的知识，引导学生认识物理层不具备差错控制和流量控制功能。2.以 PPT 形式给出数据链路层帧和网络层分组之间的结构关系，引导学生思考数字信号传输的基本元素只有 0 和 1，接收端的数据链路层如何识别帧的边界。



目标 (3 分钟) : 以 PPT 形式明确学习目标和要求。

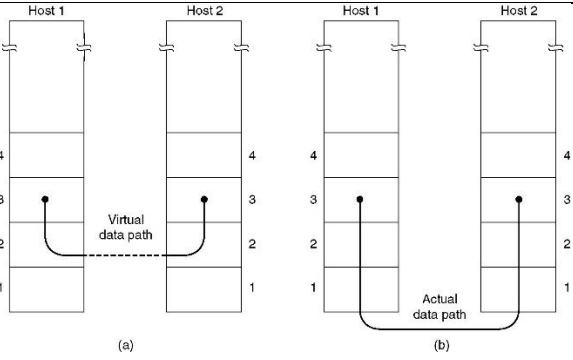
前测 (6 分钟) : 学生已经线上学习该知识点的教学视频，线下课程教师利用雨课堂给出题目，对学生进行测试，了解学生对帧边界标识的掌握程度。学生就是否存在兼高效和正确率高的帧边界识别方法进行小组讨论，小组代表发言，教师点评。

主观题 5分

你能想到什么办法标识帧的边界?

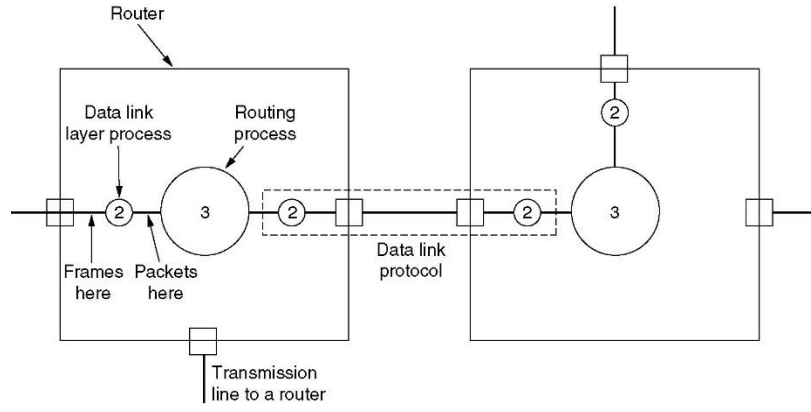
翻转课堂学习 (26 分钟) :

(1) 明确数据链路层为网络层提供可靠和高效的服务，虚拟通讯和物理通讯。结合第一章网络体系结构的物理链路和逻辑链路，学生小组讨论与此知识点的联系。

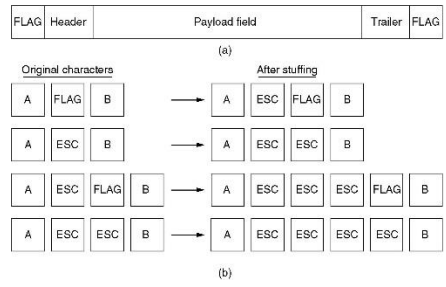
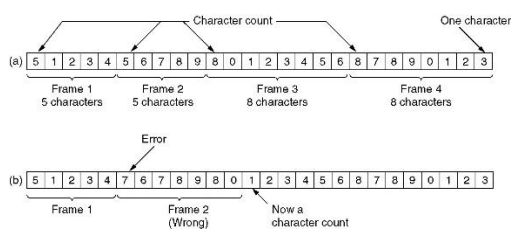


- 虚拟通讯与物理通讯
 - ❑ 为什么会有虚拟通讯和物理通讯
 - ❑ 与逻辑链路和物理链路的关系是什么？

(2) 讲解数据链路层协议存在的位置，数据链路层与网络层之间的关系。



(3) 帧的边界标识方法：字符计数法，字节填充，位填充。



(a) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

(b) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0
 ↑ ↑ ↑
 Stuffed bits

(c) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

教师给出三道雨课堂问题，考察学生线上学习的结果，根据回答情况详细讲解出错率较高的题目。

单选题 1分

试问字节填充法的最大开销是多少？

- A 50%
- B 80%
- C 100%
- D 20%

填空题 1分

一个数据流中出现了这样的数据段：A B ESC C ESC FLAG D，假设采用本章介绍的字节填充法，试问填充之后的输出是什么？ [填空1]

填空题 1分

需要在数据链路层上发送一个比特串：01111011111001111110。试问，经过比特填充之后实际被发送出去的是什么？ [填空1]

问题思考：

1. 每种边界识别方法的开销和效率？

——引导学生从更高层次看待和评价技术。

2. 如何获得开销小，边界识别效果好的技术？

——使学生具有全局意识，不拘泥于技术的壁垒。

(4) 物理层编码违例法：结合曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码法，培养学生知识融会贯通能力。

Bit “1” 高-低电平对，
Bit “0” 低-高电平对，
帧的边界（高-高，低-低）

(5) 差错控制机制：海明码。

位置号	8+4	8+2+1	8+2	8+1	2 ³ =8	4+2+1	4+2	4+1	2 ² =4	2+1	2 ¹ =2	2 ⁰ =1
海明码 H	H12	H11	H10	H9	H8	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1
数据位 D	D7	D6	D5	D4	P4	D3	D2	D1	P3	D0	P2	P1
校验位 P												
$P1=D0\oplus D1\oplus D3\oplus D4\oplus D6$ $P2=D0\oplus D2\oplus D3\oplus D5\oplus D6$ $P3=D1\oplus D2\oplus D3\oplus D7$ $P4=D4\oplus D5\oplus D6\oplus D7$												

https://blog.csdn.net/qin_9662714

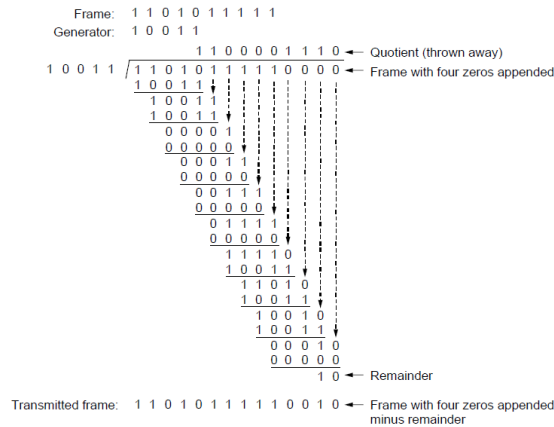
问题思考：

1. 海明码可以检查并纠正几位出错？

2. 如何改进海明码，使之可以检测多位或者批量出错？

——辩证看待技术，学会变通。

(6) CRC 循环冗余校验计算。



后测：（5 分钟） 使用雨课堂给出 4 道测试题目，测试学习海明码的效果。针对 CRC 这个重点知识点，给出两道不同类型的题目，测试学生的学习产出。

填空题 1分

假设使用海明码来传输16位的报文。试问，需要多少个校检位才能确保接收方能同时检测并纠正单个比特错误？[\[填空1\]](#)

填空题 3分

对于报文1101001100110101，试给出传输的比特模式。假设在海明码中使用了偶校检。[\[填空1\]](#)

填空题 1分

设发送数据为101110101，CRC冗余码为5位，生成多项式G = 110101，计算实际发送数据 [\[填空1\]](#)

填空题 1分

x^7+x^5+1 被多项式 x^3+1 除，试问使用CRC所得余数是多少（可用二进制数表示）。[\[填空1\]](#)

总结：（5 分钟） 教师总结课堂内容、整合学习要点，重点放在帧的边界识别，CRC 计算，布置课后思考题和作业并引出下次课的内容。

知识点归纳：

1. 帧的边界标识方法：字符计数法，字节填充，位填充，物理层编码违例法。
2. CRC 计算：针对不同类型的题目准确计算。

难点梳理：

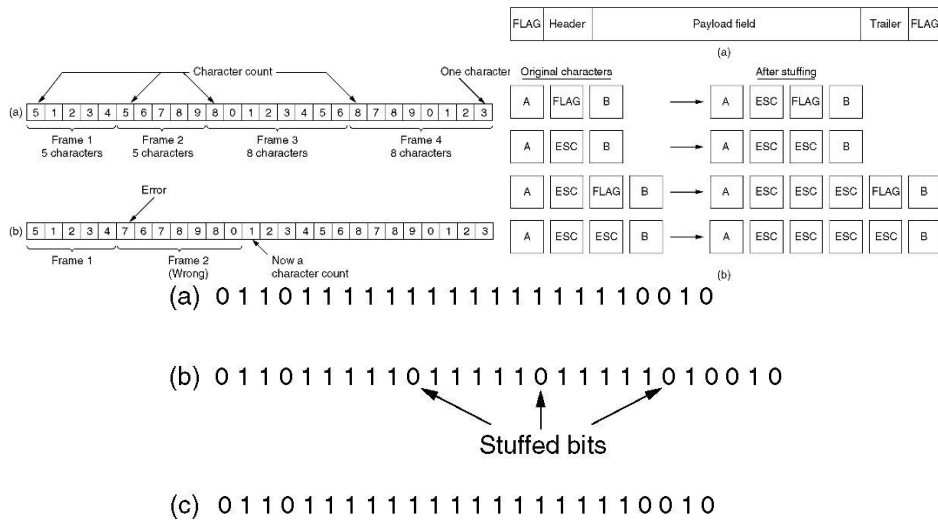
1. 几种帧边界标识方法的复合使用。
2. CRC 正确计算。

课后作业：3-7, 3-14, 3-15

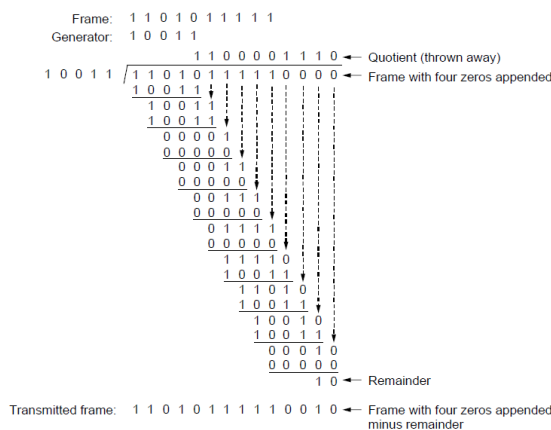
思考题：如何复用几种帧的边界标识方法？

板书设计：

3. 帧的边界标识方法,通过教师板书,引导学生思考网络背后的数据链路层逻辑,如果我们作为网络的设计者,该如何识别帧的边界。



4. 教师在黑板上逐步演算 CRC 计算过程, 养成学生对待科学和技术严谨认真的态度和做事一丝不苟的习惯。



课程思政呈现：

4. 通过检错和纠错机制的讲解, 培养学生正确的世界观人生观价值观; 提高心理素质, 能够正确地自我评价, 胸襟开阔、豁达大度、积极乐观;
5. 引入数据链路层在传输数据帧时可能出错, 同学们在人生路上也可能会出现差

错。在讲述专业知识的同时，增强学生自信心，培养心理调试能力，以良好的心理素质去迎接挑战。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，特别是通过实例，鼓励学生积极动手实践，取得了较好的课堂效果。后续课程讲授过程中，应坚持理论与工程实践紧密结合，传授知识的同时提升学生实践意识和工程素养。

通过翻转课堂，使学生变被动听课为主动获取知识，学生对于翻转课堂反馈较好，后续要增加翻转课堂在整个学期的学时占比。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

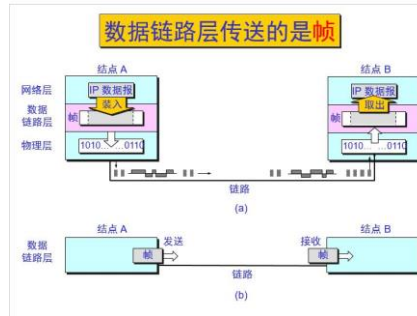
6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 7）

授课题目： 第三章数据链路层 3.3 基本数据链路层协议 3.4 滑动窗口协议	授课类型	理论课
	授课时间	第 4 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 学习数据链路单工协议、停-等协议和有噪声信道传输协议；一位滑动窗口协议，后退 N 协议和选择性重复协议。 能力目标： 通过基本数据链路层协议和滑动窗口协议，培养学生自主学习、主动思考的能力、终身学习的观念和坚忍不拔的意志，为未来更深层次的学习和发展奠定基础。 素质目标： 协议是计算机网络正常运行的基础，通过协议的学习养成学生遵守规则，遵纪守法，捍卫国家网络空间安全的意识。		
教学内容： 3.3 基本数据链路层协议 数据链路单工协议、乌托邦协议、停-等协议和有噪声信道传输协议。 3.4 滑动窗口协议 一位滑动窗口协议，后退 N 协议和选择性重复协议。		
教学重点： 数据链路层基本协议，滑动窗口协议，后退 N 协议和选择性重复协议，累计确认思想。 教学难点： 有噪声信道数据链路层协议的程序实现。		
教学实施	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+范例式教学方式+动画+雨课堂 教学设计： 导入（B）（5 分钟）： 教师提出问题，物理层不具备差错控制功能，如何	

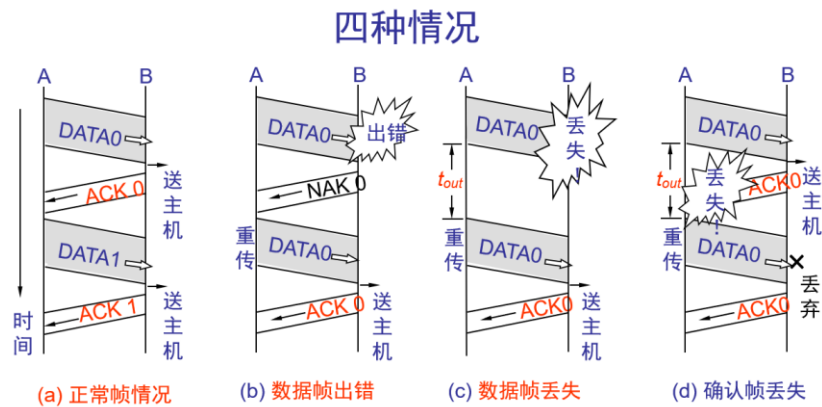
过
程
设
计

通过数据链路层协议消除物理层的不可靠性。采用抢答方式调动学生的积极性和参与性。



目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调如何通过数据链路层协议实现可靠传输以及通过滑动窗口协议实现高效传输。

前测 (P) (5 分钟) : 教师依次给出数据链路层传输帧的四种情况，测试学生对各种情形的了解程度。1.帧正常传输；2.数据帧出错；3.数据帧丢失；4.确认帧丢失。



参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 无限制的单工协议 (乌托邦协议): 教师阐述各假设条件，以及条件对协议实现的影响。虽然假设条件过于理想化，实际网络中不可能存在这样的协议，但是此协议可作为更复杂协议的入手点，逐步抛弃不切实际的假设，使协议更接近于实际网络情况。

假设：

- 数据只能单向传输
 - 数据链路层之间的通信信道永远不会损坏或者丢失帧
 - 两端的网络层就绪
 - 处理时间忽略
 - 缓冲区空间 无穷大
- 这是一个完全不现实（理想化）的协议，“乌托邦”协议

因单工协议程序实现，分为发送方和接收方两端单独的程序，程序相对比较容易理解，学生通过 2-3 分钟自主阅读基本理解。可通过雨课堂随机点名，请学生讲解该程序，增加学生主动思考和课堂参与程度。

问题思考：

1. 该程序符合实际网络情况吗？
——培养学生思辨能力。
2. 该程序一旦运行，需要什么条件才能终止？
——培养学生对知识活学活用。

(2) 单工的停-等协议：教师通过启发问答引导学生考虑如下问题，如果抛弃接收方一直可以接受和接收方缓冲空间无限大这两个假设条件，程序应该如何修改，从而引出停等协议的概念。

– 抛弃约束条件：

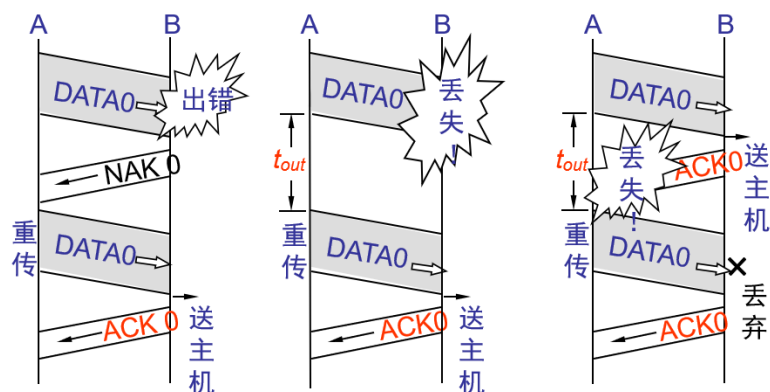
- !!! 接收方网络层一直可以接收（需要处理时间），接收方缓冲空间无限大。 // stop-and-wait
- 如何避免发送方快速的发送，淹没接收方的情况
 - 接收方发送一个响应帧，通知发送方发送下一帧

问题思考：

1. 如何通知发送方可以发送下一帧了？
——培养学生逻辑思维能力。
2. 发送方和接收方程序最后两行的作用分别是什么？有其他的实现方式吗？

——培养学生批判性思维能力。

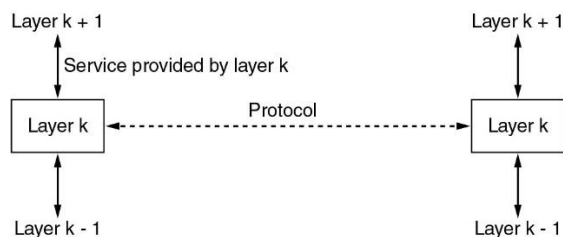
(3) 有噪声信道的单工协议：教师引导学生思考在有噪声信道中，存在数据丢失、出错以及确认帧丢失的可能性，能否在单工停-等协议基础上增加一个计时器解决这样的问题？



引出序列号存在的必要性，以及序列号位数的选择。此协议较前两个复杂，学生初次接触可能理解不透彻，教师需要引导学生从程序内部和外部两个角度理解程序，避免学生钻牛角尖。

该程序设计的高明之处在于对于出错的数据帧自动请求重传，这对学生编程具有启发作用，教师要充分发挥引领作用，使学生做到举一反三，再今后的编程中灵活运用该思想。

(4) 服务于协议的关系：通过总结本节课之前的内容，明晰服务解决的“what”的问题，而协议解决的事“how”的问题，服务与协议之间的关系，以及它们在网络层次设计中的作用。



问题思考：

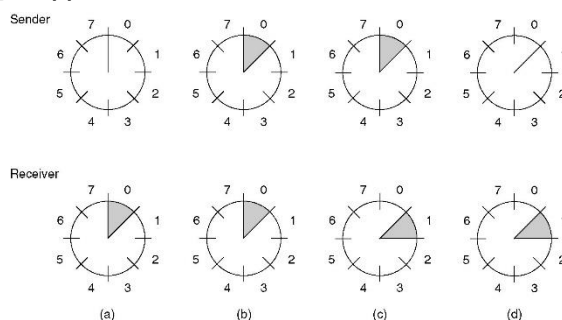
1. 服务是垂直方向的，它对应于 Java 的什么？
2. 协议是水平方向的，规定了具体的规则细节，它对应 Java 的哪部分？

——培养学生综合运用知识能力。

(5) 滑动窗口协议：捎带确认，双工协议的发送和接收窗口。捎带确认可以避免网络带宽的浪费，教师引导学生思考如何进行捎带确认，该方法的优缺点，对于数据链路层的影响。

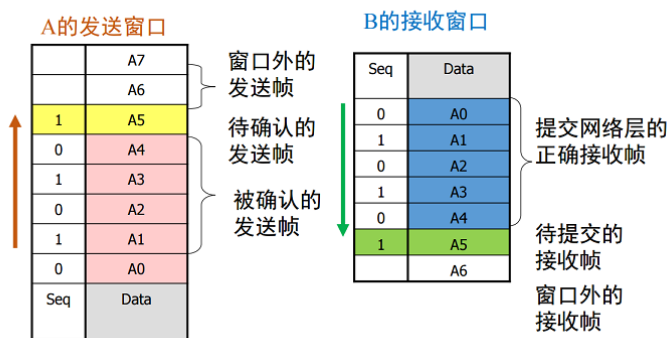


(6) 一位滑动窗口协议，以发送方和接收方窗口为例讲解收发双发如何通过窗口变化协同工作。



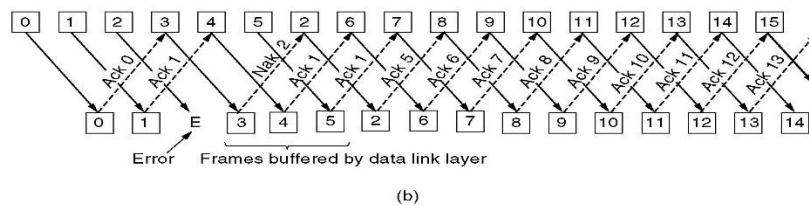
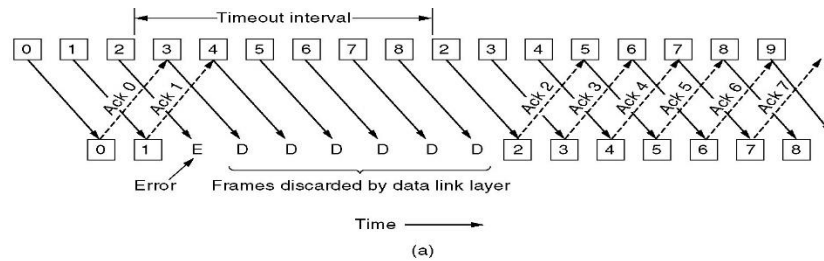
(7) 双工协议中，收发都存在发送窗口和接收窗口，因此程序实现时没有明显的发送和接收方，这增加了程序的复杂性但是从另一个方面来说，以比较小的代价可以实现双工传输，也是学生需要加深理解的内容。

w=1滑动窗口概念



(8) 后退 N 和选择性重复协议：因一位滑动窗口协议等待确认的时间开

销太多，因此需要引入退 N 和选择性重复协议。重点强调两种协议对于接收方缓冲空间的要求，以及重复传输出错帧的要求。此外，累计确认思想也是需要教师深入讲解的知识点。



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 2 道测试题目，分别测试后退 N 与选择性重复协议，以及综合累计确认的综合问题。

单选题 1分

数据链路层采用后退N帧（GBN）协议，发送方已经发送了编号为0~7的帧。当计时器超时，若发送方只收到0、2、3号帧的确认，则发送方需要重传的帧数是（ ）。

- A 4
- B 2
- C 3
- D 5

填空题 1分

后退N与选择性重复对于接收方缓冲空间的区别在于 [\[填空1\]](#)

总结 (S)：(5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点，重点乌托邦协议，单工停等协议，有噪声信道的单工协议，一位滑动窗口协议，后退 N 与选择性重复协议，以及累计确认，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 乌托邦协议：所有假设条件都是理想的、不切实际的，但是后面更加复杂协议的切入点。
2. 单工停等协议：发送方需要等待接收方的信号才能发送下一帧，保证接收方不会被发送方淹没。
3. 有噪声信道的单工协议：最符合实际，也是最复杂的协议，需要增

加序列号判定是否为重复帧。

- 一位滑动窗口协议：实现双工协议，也需要确认号。
- 后退 N 与选择性重复协议：提供信道利用率，但是会有重传或者需要多个接收方缓冲空间的可能，关注累计确认的应用。

难点梳理：

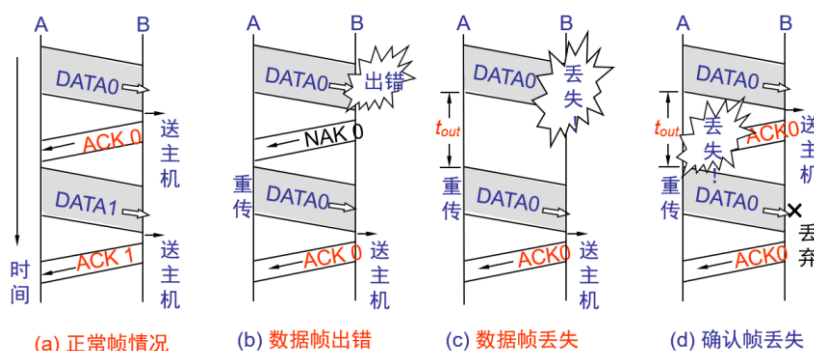
- 有噪声信道的单工协议：不能简单通过增加计时器解决该问题。
- 累计确认：确认号表示该帧以及它之前的帧都被正确接收。

课后作业：3-21, 3-29

板书设计：

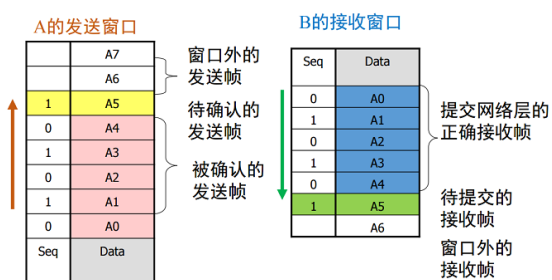
- 不同情况应该如何用停等协议应对，学生可能比较容易忽略第四种情况，需要教师加以引导。

四种情况



- 一位滑动窗口协议进行中，发送窗口和接收窗口的变化过程。

w=1滑动窗口概念



课程思政呈现：

自动请求重传协议在没有明确出现重传字样的情况下，实现了自动重传出错的数据帧，这种“无为而治”的思想值得我们学习。后退 N 和选择性提高了网络

信道的利用率，为我们打造绿色高效的网络提供了可以借鉴的思想。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对数据链路层的协议有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第5版）机械工业出版社，2011。

[2] 谢希仁，计算机网络（第8版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第7版)，机械工业出版社，2018。

[4] 王达，深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] ，中国水利水电出版社，2017。

[5] 户根勤，矢泽久雄，网络是怎样连接的，人民邮电出版社，2019。

[6] 季福坤，钱文光，魏艳娜，邹澎涛，颜煜，数据通信与计算机网络（第三版），中国水利水电出版社，2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络（李巍）

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案 (理论 8)

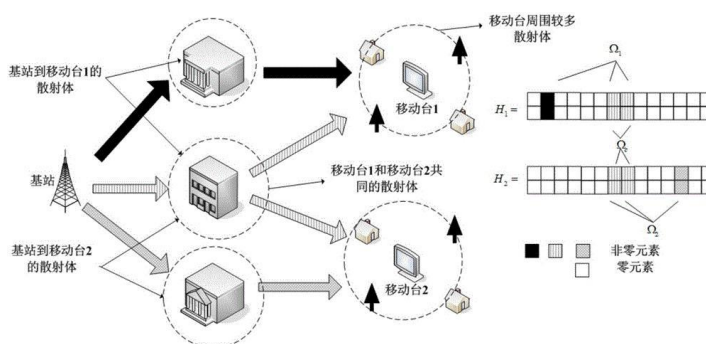
授课题目: 第四章介质访问控制子层 4.1 信道分配问题 4.2 多路访问控制协议	授课类型 理论课	
	授课时间	第 4 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求: 知识目标: 学习静态和动态信道分配策略, ALOHA, CSMA, 无冲突无图协议, 有限竞争协议。 能力目标: 静态和动态信道竞争策略, 结合人类历史变化发展的一个铁的法则:落后就要挨打, 弱国无外交。中华民族有五千多年光辉灿烂的历史, 也有过在近代历史上的屈辱和哀痛。全面提高我国青年学生的竞争意识与竞争实力, 才能为实现中华民族的伟大复兴聚集强大的后备力量。 素质目标: 通过多种动态信道竞争策略, 结合孔子思想, 使学生意识到不仅要重视增加自己的知识和学问, 更重要的是要拓宽自己的胸襟, 涵养自己的气象, 提升自己的人生境界, 也就是要追求一种更有意义和更有价值的人生。		
教学内容: 4.1 信道分配问题 介质访问控制子层的作用, 静态信道分配以及存在的问题, 动态信道分配假设。 4.2 多路访问控制协议 分时和连续 ALOHA, 1-坚持、非坚持、p-坚持 CSMA, 无冲突无图协议, 有限竞争协议。		
教学重点: 静态信道分配以及存在的问题, 分时和连续 ALOHA, 1-坚持、非坚持、p-坚持 CSMA, 无冲突位图协议, 有限竞争协议。 教学难点: 三种 CSMA。		

教学手段与方法:

BOPPPS 教学模式+范例式教学方式+分组讨论讨论+雨课堂

教学设计:

导入 (B) (5 分钟) : 教师提出问题, 数据链路层具有公用信道, 如何实现多用户共享信道, 又互不干扰。采用抢答方式调动学生的积极性和参与性。



目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调如何通过信道共享策略实现公用信道的复用。

前测 (P) (5 分钟) : 教师提出问题, 根据前面所学的静态信道分配策略 (包括频分、时分和波分多路复用), 讨论静态分配策略的缺陷, 借助运筹学工具, 以平均延迟时间为例。那么如果不使用静态分配策略, 可以使用怎样的动态分配策略? 测试学生对于动态分配策略的理解程度。

$$T_{\text{FDM}} = NT$$

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 动态信道分配策略五个假设: 站模型, 单信道假设, 冲突假设, 连续/离散时间, 冲突/非冲突假设

Five key assumptions (5个关键假设):

1. Station model (站模型)
 - N independent stations, the frame be generated, waiting for transmittal until the frame has been successfully transmitted
2. Single channel model (单信道假设)
 - A single channel is available for all communication
3. Collision assumption (冲突假设)
 - A collided frame must be **transmitted again** later

- 4a. Continuous time (连续时间)
 - Frame transmission can begin at any instant.
- 4b. Slotted time (分槽时间、Discrete Time)
 - Frame transmissions always begin at the start of a slot. A slot may contain 0,1, or more frames
- 5a. Carrier sense (载波侦听、载波监听、载波检测)
 - Stations can tell if the channel is in use before trying to use it
- 5b. No carrier sense (非载波侦听)
 - Only later can they determine whether or not the transmission was successful

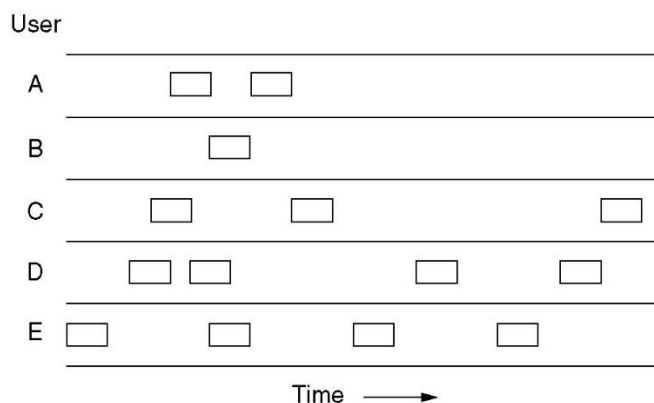
这五个假设是动态信道分配策略的前提假设, 需要学生很好理解和掌

握，为后续学习做好铺垫。教师可根据课堂人数和气氛，选择随机点名或者小组讨论方式加深学生理解。

问题思考：

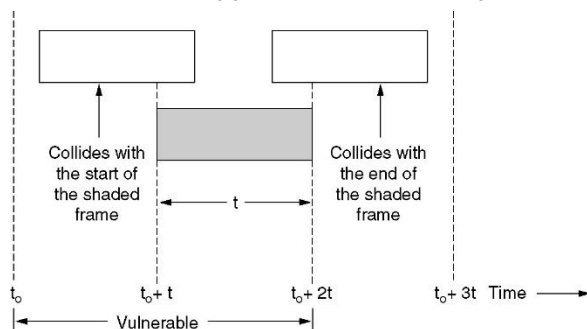
1. 连续时间和离散时间是否为对立的两个概念？
——培养学生思辨能力。
2. 载波监听和非载波监听分别适用于什么场景？
——培养学生对知识活学活用。

(2) ALOHA (连续和离散时间)：教师通过启发问答引导学生考虑如下问题，如果以“先说后听”方式抢占信道，一个站发送成功的几率如何？图中哪个帧的发送是成功的，哪些是不成功的？如果想提高成功率，有什么办法？

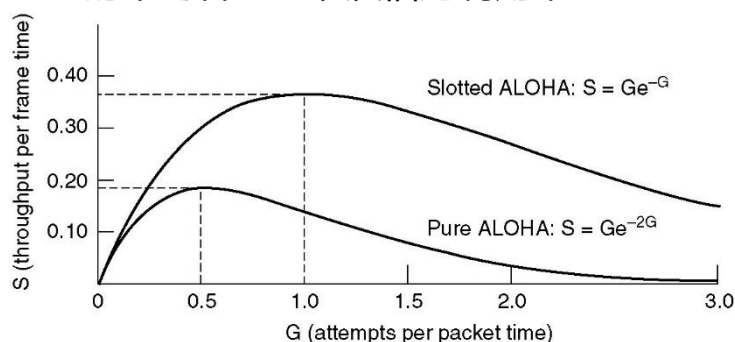


问题思考：

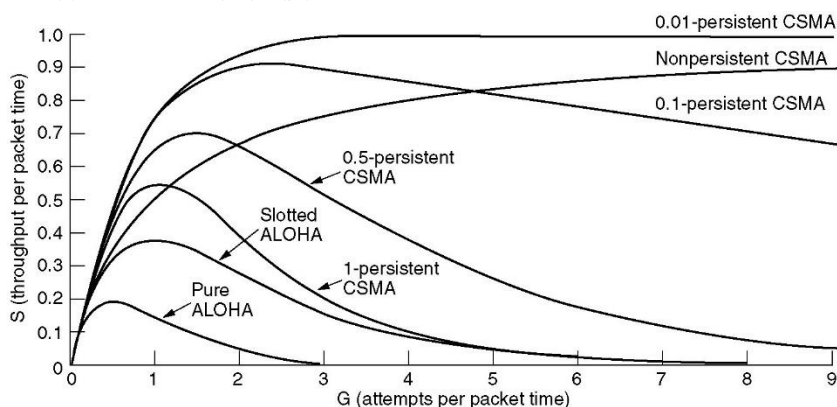
1. 帧的发送怎样才能成功？
——培养学生逻辑思维能力。
2. 离散和连续时间 ALOHA 的冲突危险期分别是多长？
——培养学生综合思维能力。



离散和连续时间 ALOHA 的平均吞吐量以及信道利用率。



(3) CSMA: “先听后说”的思想, 1-坚持、非坚持、p-坚持 CSMA, 每种 CSMA 遇到信道空闲和忙的动作。ALOHA 与 CSMA 在系统吞吐量方面的对比, 重点强调交叉点及其数学意义。



教师引导学生思考不同 p 取值对于吞吐量的影响。ALOHA 不检测信道, “想说就说”, 吞吐量变得很低。CSMA 采用 “先听后说”, 如果其他站点正在发送数据, 则延迟发送, 甚至 p 坚持在信道空闲时, 也可能推迟发送。这样反而吞吐量变高。

有线多路访问控制协议中, 越是采用谦虚退让的机制, 信道的利用率就越高。这与老子的 “不争” 哲学高度统一。老子认为, 争强好胜, 是衰落的根源。正式采取了退避机制, 才使网络环境和谐共生。

(4) 二进制指数后退算法: 当经历冲突时采用二进制指数后退算法确定后退时长的取值范围。此算法为介质访问控制子层的经典算法, 学生要掌握该算法的原理。

- ❖ 退避时间 $\text{time_backoff} = 2^r \cdot \tau$
- ❖ 基本退避时间为： 2τ (争用期)
- ❖ 第一次冲突后， $r = \{0, 1\}$
- ❖ 第二次冲突后， $r = \{0, 1, 2, 3\}$
- ❖ 第 $i \leq 10$ 次冲突后， $r = \{0, 1, 2, \dots, 2^i - 1\}$
- ❖ 第 10 次冲突后， $r = \{0, 1, 2, \dots, 1023\}$
- ❖ 第 16 次冲突后，发送失败，报告上层

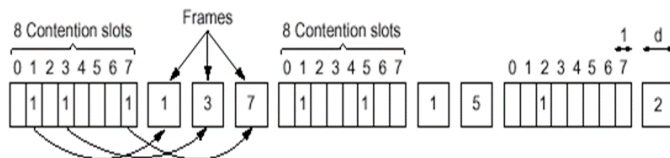
问题思考：

1. 二进制指数后退算法的优点是什么？
2. 该算法在什么情况下有利于分解冲突？

——培养学生综合运用知识能力。

教师阐述：二进制指数后退算法考虑了网络负载的变化情况。事实上，后退次数的多少往往与负载大小有关，二进制指数后退算法的优点是把后退时延的平均取值与负载的大小联系起来，使得在重负载的情况下能有效地分解冲突。

(5) 无冲突位图协议：采用位图法，每个站点在声明期声明是否有数据要发送，在发送期无冲突地顺序发送数据。

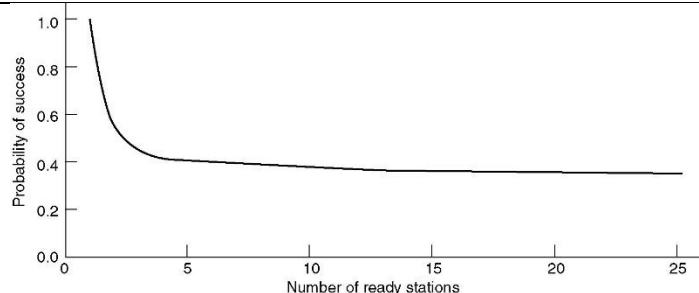


问题思考：

1. 无冲突位图协议之所以无冲突，代价是什么？
2. 该协议在什么情况适用？

——培养学生辩证思维能力。

(6) 有限竞争协议，将竞争法和无竞争法结合起来，达到冲突几率和信道利用率的平衡。



后测 (P) (7 分钟) : 使用雨课堂给出 2 道测试题目, 分别测试二进制指数后退算法。

单选题 1分

以太网协议中使用了二进制指数后退算法, 这个算法的特点是 ()

- A 容易实现
- B 在轻负载的情况下提高网络利用率
- C 在重负载下能分解冲突
- D 在任何情况下不会发生

填空题 2分

使用有限竞争协议, 重负载时采用 [填空1], 轻负载时采用 [填空2]。
选取下列词语填空: 竞争法, 无冲突法

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, 重点乌托邦协议, 单工停等协议, 有噪声信道的单工协议, 一位滑动窗口协议, 后退 N 与选择性重复协议, 以及累计确认, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. 静态信道分配以及存在的问题: 信道分配预先设定, 无法动态分配。造成资源浪费。
2. ALOHA: 俗称“先说后听”, 任何一个站有需要发送的数据就立即发送, 造成冲突几率较高, 其中连续时间 ALOHA 高于离散时间 ALOHA。
3. 1-坚持、非坚持、p-坚持 CSMA: 在信道忙和空闲时采取不同的动作, 对于信道吞吐量有影响。
4. 无冲突位图协议: 以声明期为代价换取冲突几率的下降。
5. 有限竞争协议: 重负载时采用无竞争法, 轻负载时采用竞争法, 融合两种方法, 发挥两种方法的优势。

难点梳理:

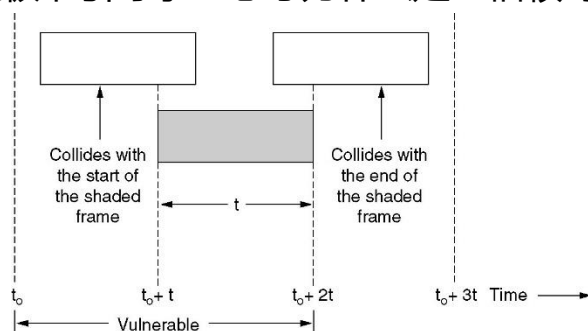
1. 三种 CSMA: 在信道忙和空闲时所采取的动作对于信道利用率的影响

- 响，以及如何评价这几种 CSMA。
2. P-坚持 CSMA: p 取值不同，对于吞吐量的影响。

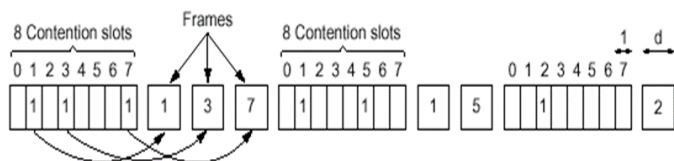
课后作业: 4-3, 4-4, 4-5

板书设计:

1. ALOHA 冲突危险期的讲解，很多学生会认为冲突危险期为 1 倍或者 3 倍帧时，教师要通过板书引导学生思考为什么是 2 倍帧时。



2. 无冲突位图协议如何通过声明期实现无冲突的传输。



课程思政呈现:

有线多路访问控制协议中，越是采用谦虚退让的机制，信道的利用率就越高。这与老子的“不争”哲学高度统一。老子认为，争强好胜，是衰落的根源。正式采取了退避机制，才使网络环境和谐共生。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对动态信道分配策略有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

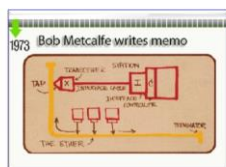
➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

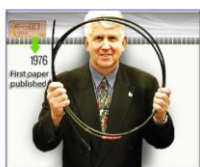
《计算机网络》课程教案（理论 9）

授课题目： 第四章介质访问控制子层 4.3 以太网	授课类型 理论课	理论课
	授课时间 第 5 周第 1-2 节 (2 学时)	
教学目标或要求： 知识目标： 经典以太网物理层，以太网介质访问控制子层协议，以太网性能，交换式以太网，快速以太网，千兆以太网。 能力目标： 通过以太网，培养学生工程意识和工程实践能力，能够用工程化的方法进行软件项目开发，并能够在开发过程中遵循相关的流程、准则、标准和规范。 素质目标： 具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在软件工程实践中理解并遵守工程规范，履行责任。		
教学内容： 4.3 以太网 以太网介质访问控制子层协议，以太网性能，交换式以太网，快速以太网，千兆以太网。		
教学重点： 以太网介质访问控制子层协议。 教学难点： 差分曼彻斯特编码，802.3 协议。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+雨课堂 教学设计： 导入（B）（5 分钟）： 从以太网最初的诞生讲起。Bob Metcalfe 是一个懂技术有创意，同时深谙商业之道的人物，除了发明以太网技术本身，以太网的流行和发展离不开他的神操作（离开 Xerox 创办 3Com），有时间可以展开，激发学生的兴趣。	

同时也是让同学了解“技术人并不是只能做枯燥的技术”的一个鲜活的历史案例。



a) Bob Metcalfe设计的在同轴电缆上实现3Mbps以太网连接方案的备忘录



Metcalfe和David Boggs发表了题为《以太网：本地计算机网络的分布式包交换方式》的论文



Metcalfe离开施乐Xerox创办3Com。第二年，他又发表了10Mbps以太网的标准，也就是DIX标准



IEEE成为以太网的官方标准化组织。开放的标准帮助以太网成了占绝对支配地位的LAN技术



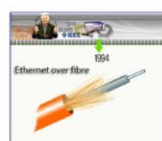
IEEE发表了10Base5以太网标准，也称粗以太网



Kalpana推出了第一台以太网交换机，最终取代了网桥和集线器



IEEE批准了Cat-3双绞线10Base-T以太网，很快成为LAN部署的标准配置



IEEE批准10BaseF标准，即数据中心所用的光纤以太网标准



IEEE批准了100Mbps以太网标准。后被称为快速以太网(Fast Ethernet)

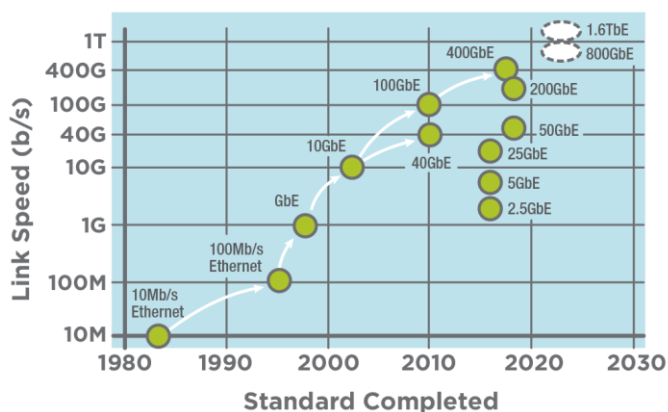


千兆以太网标准1000Base-T获得通过



2001年，万兆以太网的标准前产品开始问世，正式标准在2002年获得通过

ETHERNET SPEEDS



● Ethernet Speed ○ Possible Future Speed



ethernet alliance

目标 (O) (4分钟)：教师讲述本节课的学习目标和要求，强调以太网以及802.3协议在网络中的重要作用。

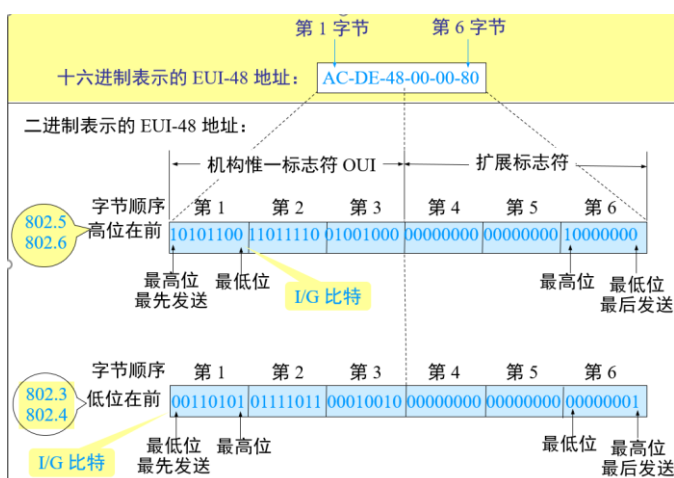
前测 (P) (5分钟)：教师发送出雨课堂问题，测试学生对于MAC地址的了解程度。

填空题 3分

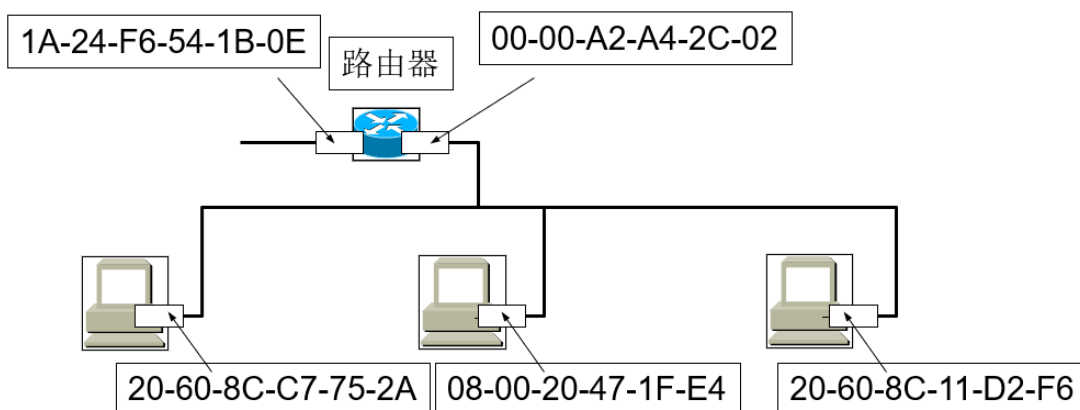
MAC地址也叫 [填空1] 或者 [填空2]，是一个 [填空3] 位的地址。

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) MAC 层的硬件地址：教师阐述在局域网中，硬件地址又称为物理地址，或 MAC 地址。MAC 地址是烧录在 Network Interface Card(网卡, NIC) 里的，在网络底层的物理传输过程中，是通过物理地址来识别主机的，它一般也是全球唯一的。802 标准所说的“地址”严格地讲应当是每一个站的“名字”或标识符。但鉴于大家都早已习惯了将这种 48 bit 的“名字”称为“地址”，所以本书也采用这种习惯用法，尽管这种说法并不太严格。通过 cmd 的 ipconfig/all 命令可以查看自己的 MAC 地址。

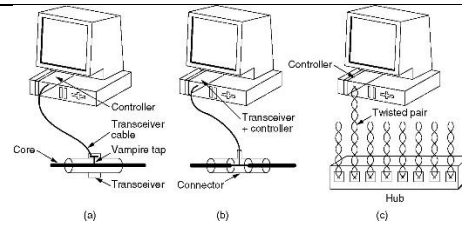


路由器由于同时连接到两个网络上，因此它有两块网卡和两个硬件地址。

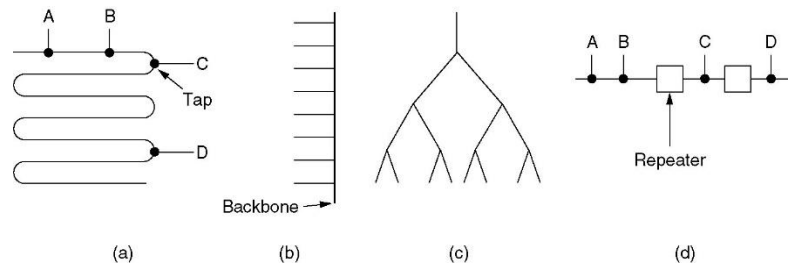


(2) 以太网布线结构，各种线缆的名称和含义，每段最大长度，每段可携带的节点数量，以及优点。

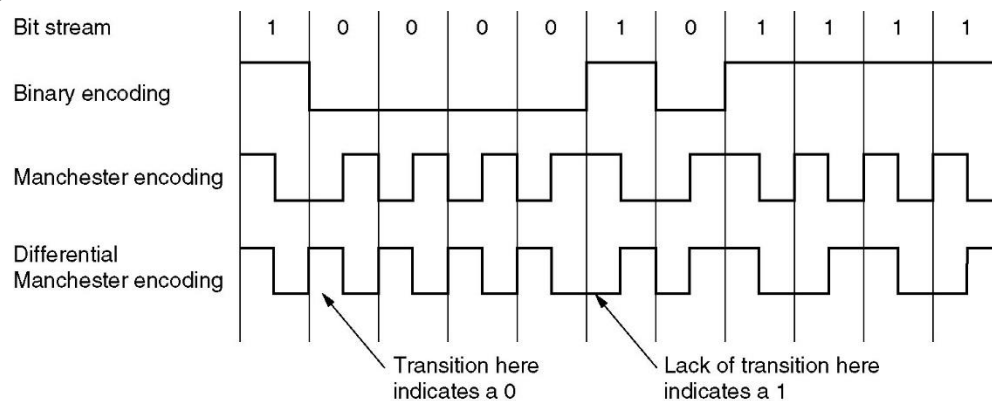
Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings



(3) 以太网拓扑结构：线性，骨干网络，树形，和分段。每种拓扑结构的特点和适用范围。



(4) 曼彻斯特编码：通过数字信号生成曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码。



问题思考：

1. 曼彻斯特编码初始值如何确定？
2. 曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码如何结合物理层编码违例法？

——培养学生综合运用知识和融会贯通能力。

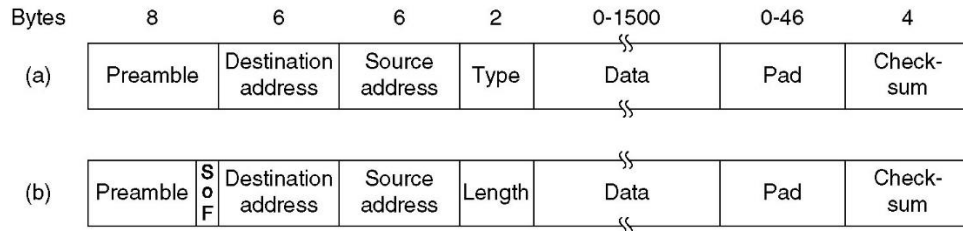
在曼彻斯特编码中，每一位的中间有一跳变，位中间的跳变既作时钟信号，又作数据信号。接收方利用包含有同步信号的特殊编码从信号自身提取同步信号来锁定自己的时钟脉冲频率，达到同步目的。

每一个码元都被调成两个电平，所以数据传输速率只有调制速率的 1/2。

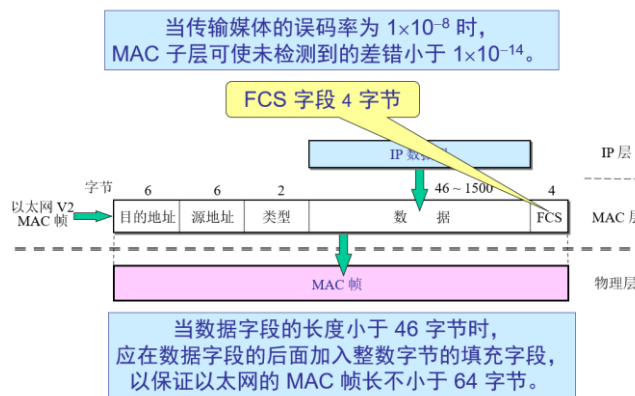
(5) 以太网标准：DIX Ethernet V2 是世界上第一个局域网产品（以太网）的规约，另一个标准是 IEEE 的 802.3 标准。

DIX Ethernet V2 标准与 IEEE 的 802.3 标准只有很小的差别, 因此可以将 802.3 局域网简称为“以太网”。

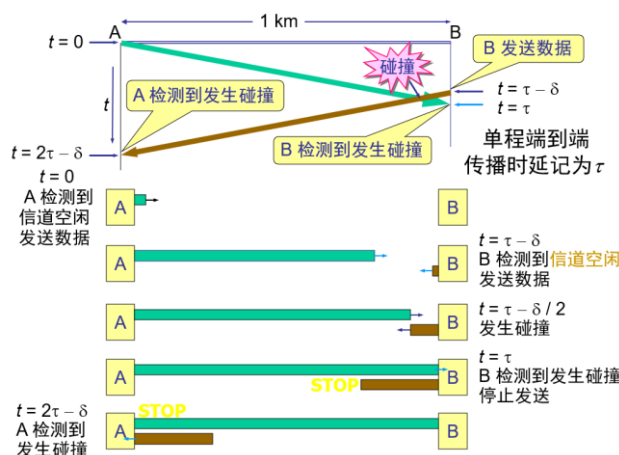
严格说来, “以太网” 应当是指符合 DIX Ethernet V2 标准的局域网。



(6) 以太网 V2 的 MAC 帧格式。



(7) 以太网最小帧长, 教师引导学生思考如何才能保证一个站真正拥有了信道的使用权。以小组讨论, 代表发言鼓励学生参与和活跃思维。教师根据学生分析结果, 阐释以太网的端到端往返时延 2τ 称为争用期, 或碰撞窗口。经过争用期这段时间还没有检测到碰撞, 才能肯定这次发送不会发生碰撞。



以太网最小帧长的计算:

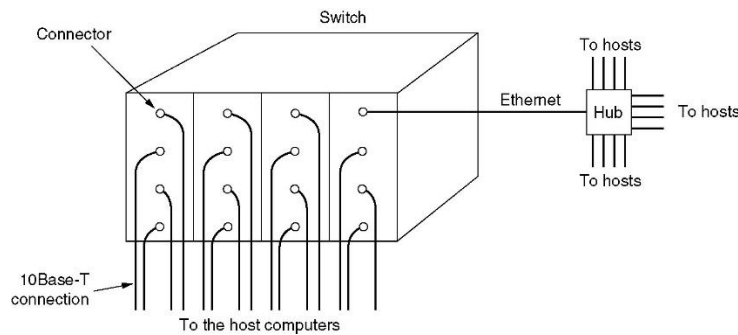
- 10-Mbps LAN, 100 nsec/bit
- 10Base5 总线, round-trip time 50usec
- 需要 $\frac{50\mu\text{sec}}{100\text{nsec/bit}} = 500\text{bits} \approx 64\text{bytes}$

(8) 无效的 MAC 帧：数据字段的长度与长度字段的值不一致；帧的长度不是整数个字节；用收到的帧检验序列 FCS 查出有差错；数据字段的长度不在 46 ~ 1500 字节之间。

有效的 MAC 帧长度为 64 ~ 1518 字节之间。

对于检查出的无效 MAC 帧就简单地丢弃，以太网不负责重传丢弃的帧。

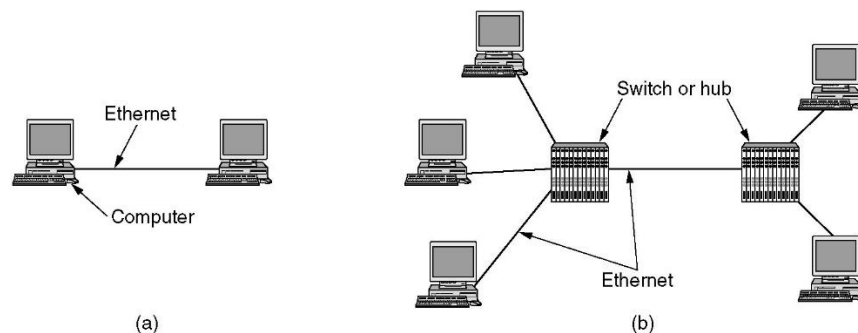
(9) 交换式以太网：



(10) 快速以太网：

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

(11) 千兆以太网：



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 2 道测试题目，分别测试后退 N 与选择性重复协议，以及综合累计确认的综合问题。

单选题 1分

初级网络管理员试题

数据通信中使用曼彻斯特编码的主要原因是 ()

- A 实现对通信过程中传输错误的回复
- B 实现对通信过程中收发双发的数据同步
- C 提高对数据的有效传输速率
- D 提高传输信号的抗干扰能力

在一个采用CSMA/CD协议的网络中，传输介质是一根完整的电缆，传输速度为1Gbps，电缆中的信号传播速度是200000KM/s。若最小数据帧长度减少800比特，则最远的两个站点之间的距离至少需要 ()

- A 增加160米
- B 增加80米
- C 减少160米
- D 减少80米

总结 (S)： (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点，MAC 地址，以太网拓扑结构，曼彻斯特编码，以太网帧结构，最小帧长，布置课后作业。

知识点归纳：

1. MAC 地址：又称为硬件地址或者物理地址，是唯一标识一个能上网设备的物理地址，出厂时烧在网卡上，一般无法修改。
2. 以太网拓扑结构：各种拓扑结构的特点，优缺点和适用范围。
3. 曼彻斯特编码：明确编码原理，与物理层编码违例法之间的关系，能够在数据信号，曼彻斯特编码，差分曼彻斯特编码之间互相转换。
4. 以太网帧结构：各字段含义，以及如何应用。
5. 最小帧长：最小帧长的必要性以及计算方法，当数据帧未达到最小帧长时如何填充。

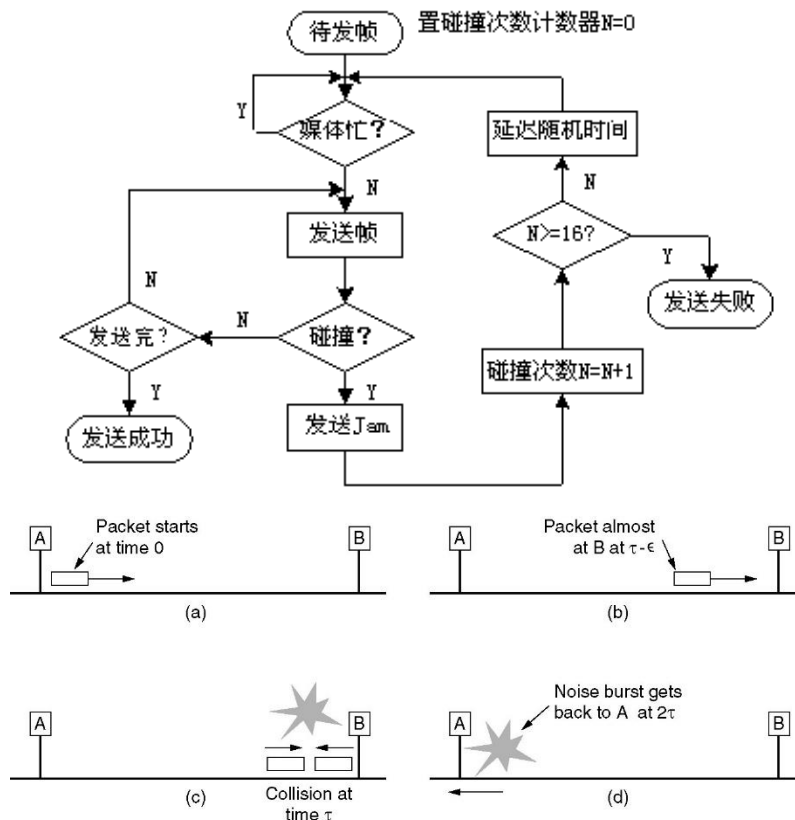
难点梳理：

1. 差分曼彻斯特编码：与曼彻斯特编码的区别。
2. 802.3 帧结构：每个字段的含义，以及与其他层次之间的联系。

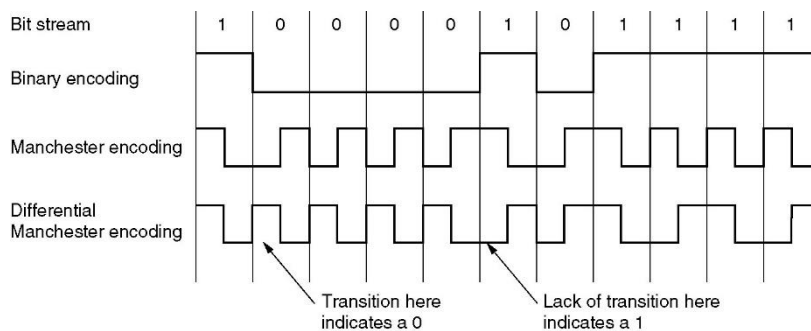
课后作业： 4-6, 4-15

板书设计：

1. 教师通过板书讲解，边听边说的逻辑结构图，如何判断一个站真正拥有了信道的使用权。



2. 曼彻斯特和差分曼彻斯特编码的具体做法。



课程思政呈现：

有线多路访问控制协议中,越是采用谦虚退让的机制,信道的利用率就越高。这与老子的“不争”哲学高度统一。老子认为,争强好胜,是衰落的根源。正式采取了退避机制,才使网络环境和谐共生。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成,重点是使学生对以太网以及帧的结构和最小帧长有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂,小组讨论,随机点名等方式,发现学生精力非常集中,以后注意调节授课内容,适时讨论前沿热点技术,活跃课堂气氛,引领学生聚焦前沿,逐步发觉自己的兴趣

点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络 (国家精品课程)

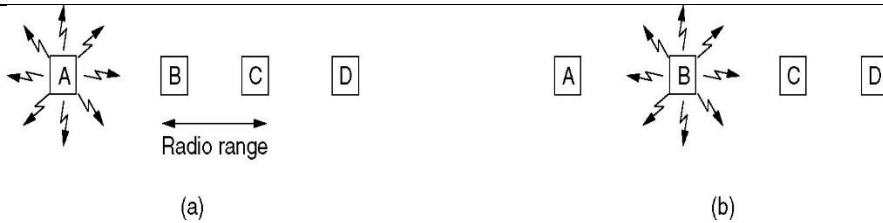
<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 10）

授课题目： 第四章介质访问控制子层 4.4 无线局域网	授课类型 理论课	
	授课时间	第 5 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 无线局域网层次结构和协议栈，802.11 介质访问控制子层，802.11 帧结构。 能力目标： 通过无线局域网协议，培养学生工程意识和工程实践能力，能够用工程化的方法进行软件项目开发，并能够在开发过程中遵循相关的流程、准则、标准和规范。 素质目标： 具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在软件工程实践中理解并遵守工程规范，履行责任。		
教学内容： 4.4 无线局域网 802.11 介质访问控制子层，802.11 帧结构。		
教学重点： 802.11 帧结构。 教学难点： 802.11 协议。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+雨课堂 教学设计： 导入（B）（5 分钟）： 教师提出问题，无线局域网与有线局域网有什么差别？无线局域网会遇到什么特殊问题？	



目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调无线局域网以及 802.3 协议。

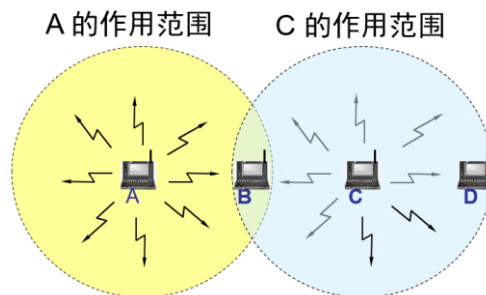
前测 (P) (5 分钟) : 教师发送出雨课堂问题, 测试学生对于 MAC 地址的了解程度。

填空题 1分

无线局域网相对于有线局域网, 会遇到什么特殊问题? [\[填空1\]](#)

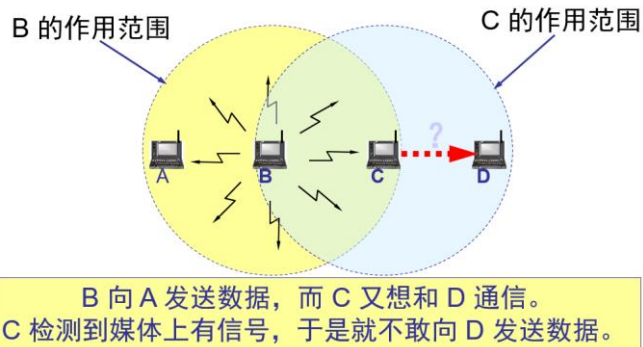
参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 无线局域网中的隐蔽站问题: 未能检测出媒体上已存在的信号的问题叫做隐蔽站问题(hidden station problem) 。



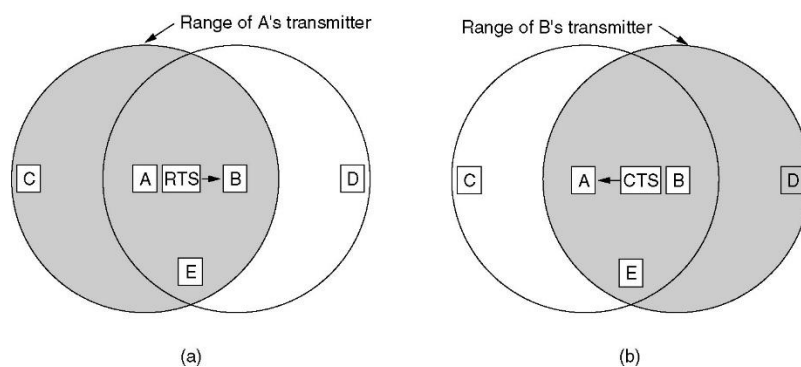
当 A 和 C 检测不到无线信号时, 都以为 B 是空闲的, 因而都向 B 发送数据, 结果发生碰撞。

(2) 无线局域网中的暴露站问题: B 向 A 发送数据并不影响 C 向 D 发送数据, 但是因为 C 暴露在 B 的覆盖范围内, 误认为不能传输数据, 这就是暴露站问题(exposed station problem) 。

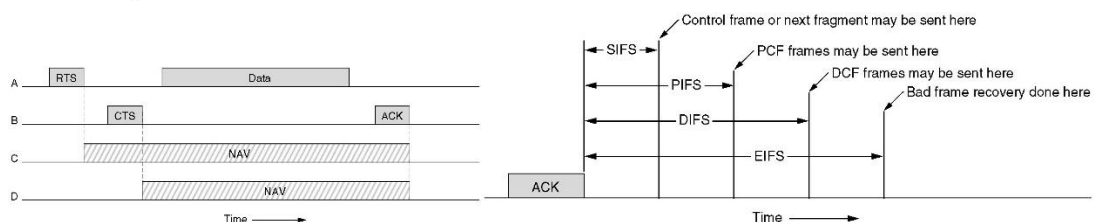


(3) 隐藏站和暴露站的关键问题：在开始一个传输之前，一个站真正希望知道的是接收方的周围是否有活动情况，但是每一个站只能坚持自己周围有没有活动在进行。

(4) MACA 协议：通过 30 字节的短帧 RTS 和 CTS 探测接收方是否可以接受请求。



(5) 802.11MAC 子层协议：教师讲解 PCF 和 DCF 共存，以及各种帧占用信道的优先级。

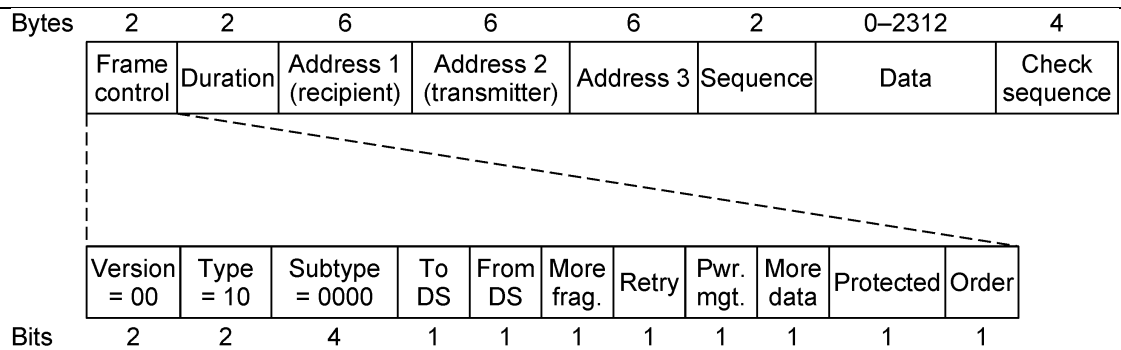


问题思考：

1. 虚拟信道占用向量 NAV 的作用是什么？
2. 控制帧，PCF 和 DCF 帧以及坏帧修复是如何分配优先级的？

——培养学生综合运用知识和融会贯通能力。

(6) 802.11 协议标准：



帧类型: 数据帧, 控制帧或者管理帧;

控制帧子类型: RTS、CTS 或 ACK;

MF: 更多帧的分片;

Retry: 出错帧重传;

Pwr: 休眠状态;

More: 更多数据帧;

W: WEP 加密标识;

O: 严格按顺序执行;

Duration: 数据帧和确认帧占用信道时间;

Sequence: 16 bits, 12 for frame, 4 for fragment.

(7) 管理帧: 与数据帧类似, 但只管理一个 cell 之内的节点, 少一个基站地址。

后测 (P) (7 分钟): 使用雨课堂给出 1 道综合测试题目, 测试学生对于 MAC 地址, 源主机和目标主机的掌握程度。



某主机的MAC地址为00-15-C5-C1-5E-28, IP地址为10.2.128.100 (私有地址)。 题47-a图是网络拓扑, 题47-b图是该主机进行Web请求的1个以太网数据帧前80个字节的十六进制及ASCII码内容。



图 47-a 图 网络拓扑

```

00 21 27 21 51 ee 00 15 c5 c1 5e 28 08 00 45 00  .1|10...C.E
01 ef 11 3b 40 00 80 06 ba 9d 0a 02 80 64 40 aa  ...8.....dP.
62 20 04 ff 00 50 e0 e2 00 fa 7b f9 f8 05 50 18  b...P...E..P.
fa f0 1a c4 00 00 47 45 54 20 2f 72 66 63 2e 68  ....GE T /rfc:h
74 6d 6c 20 48 54 54 50 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63  tnl HTTP /1.1..Ac
    
```

图 47-b 图 以太网数据帧 (前80字节)

- (1) Web服务器的IP地址是什么? 该主机的默认网关的MAC地址是什么?
- (2) 该主机在构造题47-b图的数据帧时, 使用什么协议确定目的MAC地址? 封装该协议请求报文的以太网的目的MAC地址是什么?

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, 重点强调无线局域网层次结构和协议栈, 802.11 介质访问控制子层, 802.11 帧结构, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. 无线局域网的层次结构和协议栈: 层次结构以及涉及到的协议栈。
2. 802.11 协议: 各字段的含义, 以及如何配合 MACA 协议设置字段值。

难点梳理:

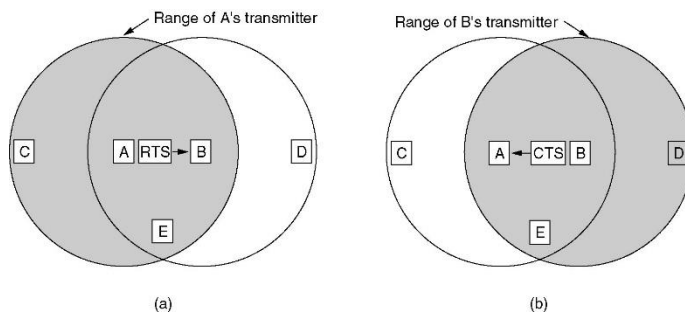
1. 802.11 协议: 协议的结构以及各字段含义。

课后作业: 4-23, 4-25, 4-38

研究报告: 为什么 802.11 协议有的版本具有 4 个地址, 而有的具有三个地址? 查阅相关资料, 阐述相关发展历程。

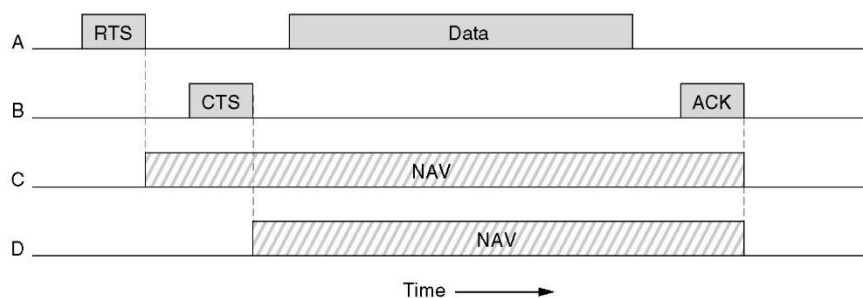
板书设计:

1. 教师通过板书引导学生探究无线网络中的特殊问题以及解决方案。



2. 教师讲解 RTS, CTS 以及虚拟信道占用向量 NAV 如何配合使用, 保证其他站

不会打扰正在进行的传输。



课程思政呈现：

无线局域网的信道分配策略，通过增加 RTS 和 CTS 解决有限覆盖范围的无线局域网信道竞争问题，以最小的代价换取最大的利益，这与《孙子兵法》“不战而屈人之兵的思想”不谋而合，体现了在谋略的思维方式方面的契合。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对无线局域网的数据链路层协议有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第 5 版）机械工业出版社，2011。
- [2] 谢希仁，计算机网络（第 8 版），电子工业出版社，2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第 7 版)，机械工业出版社，2018。
- [4] 王达，深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] ，中国水利水电出版社，2017。
- [5] 户根勤，矢泽久雄，网络是怎样连接的，人民邮电出版社，2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

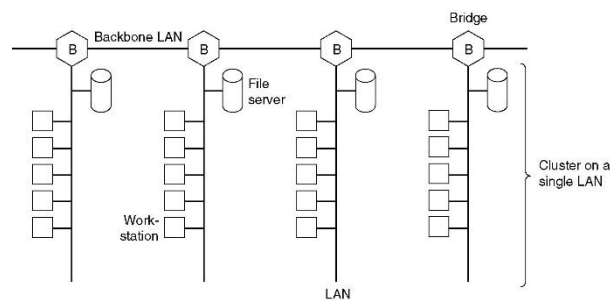
6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 11）

授课题目： 第四章介质访问控制子层 4.8 数据链路层交换	授课类型	理论课（翻转课堂）
	授课时间	第 6 周第 1-2 节 （2 学时）
教学目标或要求： 知识目标： 网桥的使用，网桥工作原理，生成树网桥，中继器，集线器，交换机，路由器，网关，虚拟局域网。 能力目标： 通过网桥的理论学习和实践操作，培养学生工程意识和工程实践能力，能够用工程化的方法进行软件项目开发，并能够在开发过程中遵循相关的流程、准则、标准和规范。 素质目标： 具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在软件工程实践中理解并遵守工程规范，履行责任。		
教学内容： 4.8 数据链路层交换 网桥的使用，网桥工作原理，生成树网桥，中继器，集线器，交换机，路由器，网关，虚拟局域网。		
教学重点： 网桥的工作原理，各层交换设备，同层交换设备的区别，虚拟局域网。 教学难点： 网桥转发表的构建，逆向学习过程，状态更新方法。		
教学实施过程	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+雨课堂 教学设计： 线上学习（50 分钟）： 学生线上学习帧的边界标识教学视频，边看边回答问题，并在讨论区讨论网桥的工作原理。	



导入 (5 分钟)：教师提出问题，为什么将多个局域网通过网桥连接起来？



目标 (3 分钟)：教师讲述本节课的学习目标和要求，强调网桥以及其他交换设备的重要性。

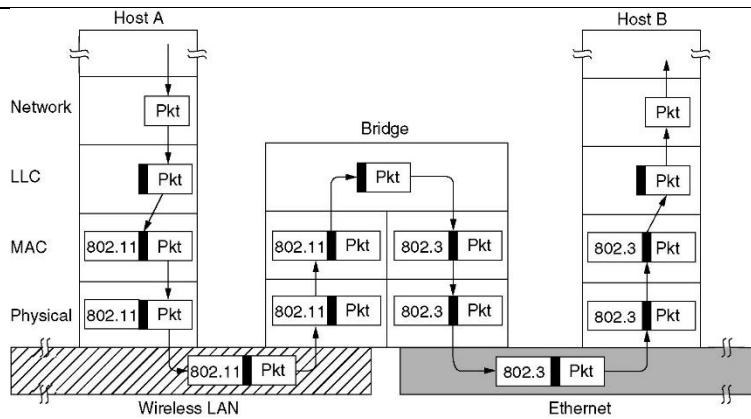
前测 (3 分钟)：教师发送出雨课堂问题，测试学生线上学习的效果。

填空题 3分

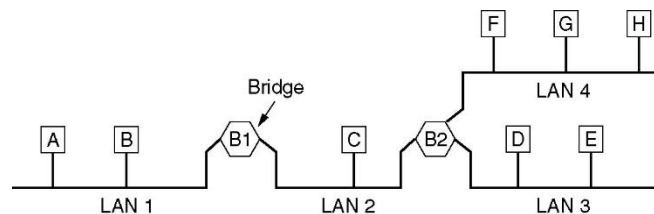
请写出3个需要网桥连接LAN的原因 [填空1]
[填空2] [填空3]

翻转课堂学习 (30 分钟)：

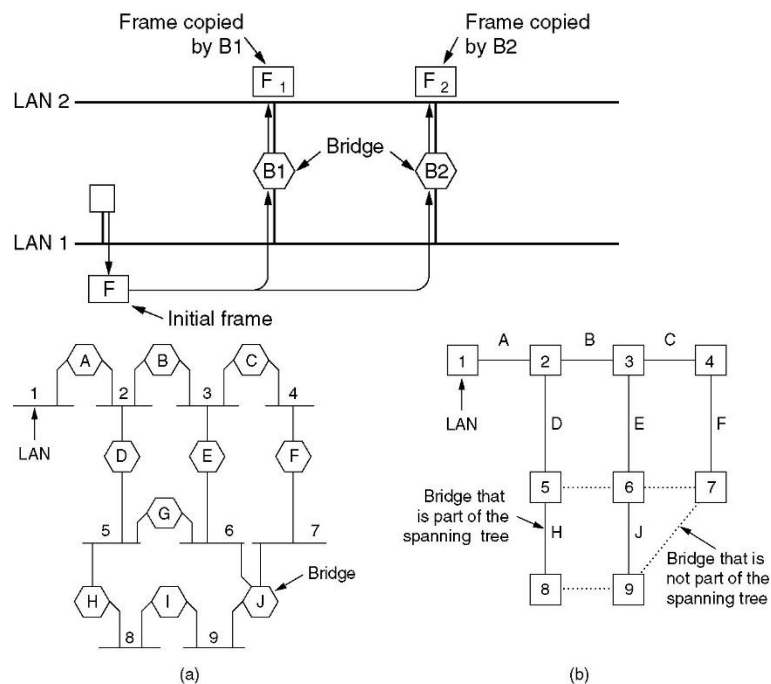
(1) 网桥连接两个不同类型的 LAN：需要解决的问题包括帧格式不同，数据传输速率，帧最大长度限制，安全性，QoS。



(2) 透明网桥的工作原理：散列表，泛红算法，逆向学习，应对动态拓扑结构。



(3) 生成树网桥：保证健壮性，在 LAN 之间设置多个网桥，但是随之产生环路，为消除环路带来的开销，引入生成树网桥。



选择具有最低 ID 地址的网桥作为生成树的根节点，其他节点到根节点的最短路径构成了一棵以根节点为根的书。如果一个网桥或者 LAN 出现故障，可以重新构建一棵生成树。

生成树协议（英语：Spanning Tree Protocol, STP），是一种工作在 OSI

网络模型中的第二层(数据链路层)的通信协议,基本应用是防止交换机冗余链路产生的环路.用于确保以太网中无环路的逻辑拓扑结构.从而避免了广播风暴,大量占用交换机的资源。

STP 的工作过程如下: 首先进行根网桥的选举, 其依据是网桥优先级 (bridge priority) 和 MAC 地址组合生成的桥 ID, 桥 ID 最小的网桥将成为网络中的根桥 (bridge root)。在此基础上, 计算每个节点到根桥的距离, 并由这些路径得到各冗余链路的代价, 选择最小的成为通信路径 (相应的端口状态变为 forwarding), 其它的就成为备份路径(相应的端口状态变为 blocking)

(4) 用网桥扩展局域网: 工作在链路层, 知道 MAC 帧结构

- 根据 MAC 帧的目的地址对收到的帧进行转发。当一个单播帧到达时, 网桥并不是向所有的端口转发此帧, 而是先检查其目的 MAC 地址, 然后再确定将该帧转发到哪一个端口。
- 当一个广播帧到达时, 网桥向所有的端口转发此帧
- 网桥只适合于用户数不太多(不超过几百个)和通信量不太大的局域网, 否则有时还会产生较大的广播风暴。
- 路由器可以阻断广播风暴。
- 站表 (转发表) 与路由表不同, 其目的地址是 MAC 地址, 后者的目的地址是 IP 地址。

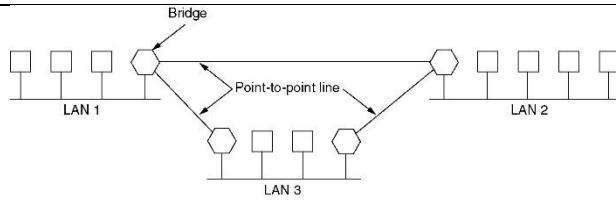
(5) 网桥逆向学习法:

- 站地址 登记收到的帧的源MAC地址。
- 端口 登记收到的帧进入该网桥的端口号。
- 时间 登记收到的帧进入该网桥的时间

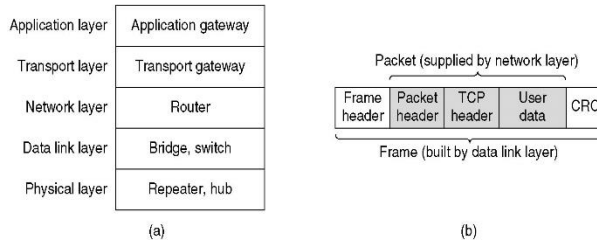
(6) 帧到达网桥的路由选择:

- 源LAN和目的LAN相同(即端口相同), 则丢弃该帧
- 源LAN和目的LAN不同(即端口不同), 则转发该帧
- 目的LAN未知, 则进行广播
- 目的地址为广播地址, 则进行广播

(7) 远程网桥

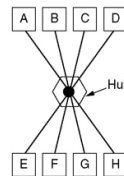


(8) 各层交换设备：工作在不同层的交换设备，强调设备层次与数据格式直接的关系。

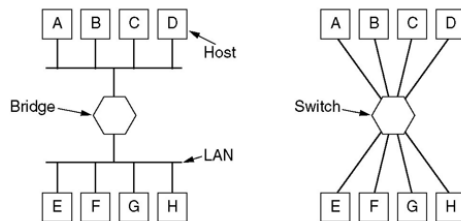


(9) 中继器和集线器：中继器放大信号，集线器不放大信号。

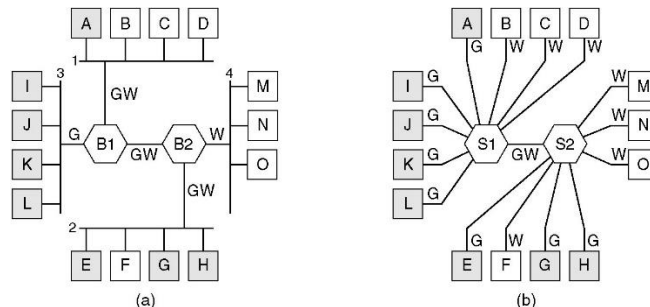
Repeaters: amplify signal. do not understand frames, packets, or headers, only understand volts
Hubs: not amplify incoming signals, not examine 802 addresses. The entire hub forms a single collision domain [see Fig.4-47(a)]



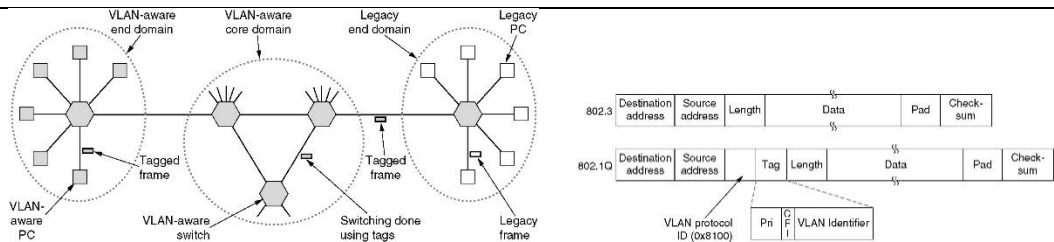
(10) 网桥和交换机：分别连接 LAN 和单独的计算机，交换机支持直通型交换。



(11) 虚拟局域网：划分虚拟局域网的原因，划分方法以及网桥和交换机如何转发帧。



(12) 虚拟局域网：IEEE 802.1Q 标准。



后测 (4 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于交换设备的掌握程度。

单选题 1分

下列设备中，能够抑制网络风暴的是（ ）
I 中继器 II 集线器 III 网桥 IV 路由器

- A 仅I和II
- B 仅III
- C 仅III和IV
- D 仅IV

总结 (5 分钟)：教师总结课堂内容、整合学习要点，重点强调网桥的必要性，网桥工作原理和工作过程，各层交换设备，同层交换设备的区别，VLAN，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 网桥的工作原理：散列表，逆向学习和时间域应对动态拓扑结构变化。
2. 各层交换设备以及同层设备的区别：连接节点的类型，冲突域，是否能够阻止网络风暴。

难点梳理：

1. 网桥工作原理：逆向学习过程以及时间域的作用。

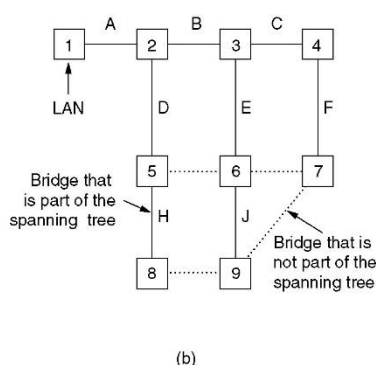
课后作业： 4-40, 4-41

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习散列表各列的内容。

目的站地址	端口	时间
A	1	10:20:45
C	1	10:22:30
F	2	10:21:33
G	2	10:20:55
D	3	10:19:59
B	1	10:20:50

2. 生成树网络的构建和重新构建过程。



课程思政呈现:

为保证网络健壮性，增加多个网桥。但是因为多个网桥的存在，引发环路，以至于帧可能漫无目的兜圈子。因此要构建生成树网桥，消除环路。在节点和设备出错时，重新计算生成树。这种在重重困难中不断寻求解决方法，培养了学生不畏困难，勇往直前的勇气。该技术本身也体现出了迂回前进的智慧。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对网桥的工作原理，各层的交换设备，以及 VLAN 有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械

工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

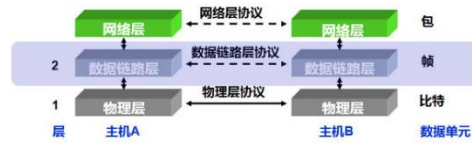
<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 12）

授课题目： 第五章网络层 5.1 网络层设计要点 5.2 路由算法	授课类型 理论课	授课时间 第 6 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 网络层的基本概念，网络层设计要点，最优化原则，最短路径路由算法，泛洪算法。 能力目标： 通过网络层设计要点的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，从实际出发设计最适合的协议和算法，培养创新能力和创新思维。 素质目标： 具有人文社会科学素养、社会责任感，能够理解实际网络需求并设计对应的协议。		
教学内容： 5.1 网络层设计要点 网络层与数据链路层的区别，网络层的功能，存储-转发的分组交换方式，网络层为传输层提供服务，面向连接服务和无连接服务，电路交换和数据报交换的比较。 5.2 路由算法 最优化原则，最短路径路由算法，泛洪算法。		
教学重点： 网络层的功能，电路交换和数据报交换的比较，最优化原则，泛洪算法。 教学难点： 最优化原则，测量路径的依据。		
教 学 实 施 过 程	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+雨课堂 教学设计： 导入（B）（5 分钟）： 教师提出问题，网络层的作用是什么？与数据链路层的关系是什么？	



目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调网络层以及路由算法的重要性。

前测 (P) (5 分钟) : 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于网络层的了解程度。

填空题 1分

数据链路层与网路层的区别是什么? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 网络层与数据链路层的区别：数据链路层传输的数据单位是帧，网络层传输的是分组。

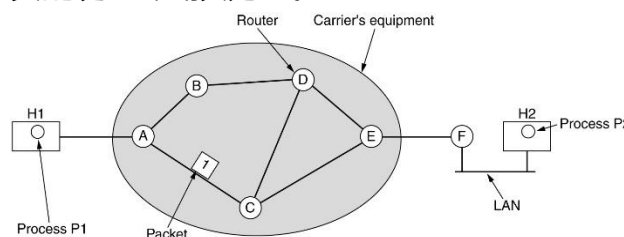
Data link layer v.s. network layer

- Data link layer: to move **frames** from one end of a wire to the other.
- Network layer: to move **packets** from the source all the way to the destination.

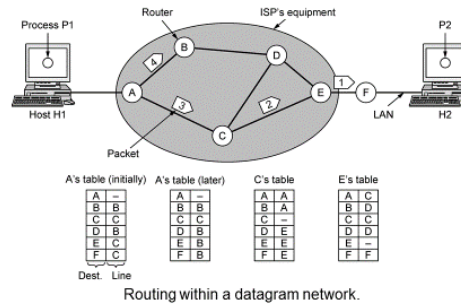
(2) 网络层设计原则：网络层需要知道通讯子网的拓扑结构，选择路由时需要避免部分线路过载而另一部分空闲，处理不能网络之间的差异。

- Must know about the topology of the communication **subnet** and choose appropriate paths through it.
- Must choose routes to avoid **overloading** some of the communication lines and routers while leaving others idle.
- To deal with **internetwork** different networks.

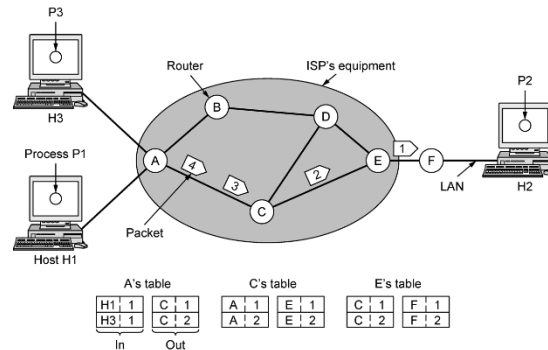
(3) 存储-转发的分组交换方式



(4) 无连接服务的实现：网络层为传输层提供服务时无需建立连接，路由器存储的路由表更新过程，分组在路由器的转发过程。



(5) 面向连接服务的实现：路由表的结构、更新和使用。



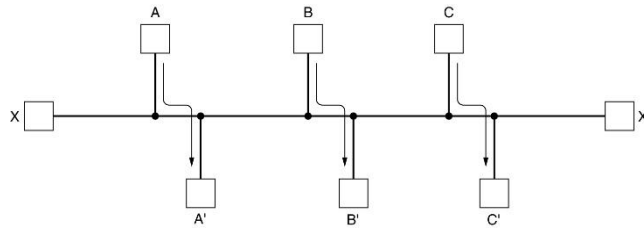
(6) 虚电路与数据报子网的比较：从是否需要建立连接，寻址，是否需要维持状态信息，路由复杂度，路由器故障造成的损失，QoS 和拥塞控制等方面比较。

Issue	Datagram subnet	Virtual-circuit subnet
Circuit setup	Not needed	Required
Addressing	Each packet contains the full source and destination address	Each packet contains a short VC number
State information	Routers do not hold state information about connections	Each VC requires router table space per connection
Routing	Each packet is routed independently	Route chosen when VC is set up; all packets follow it
Effect of router failures	None, except for packets lost during the crash	All VCs that passed through the failed router are terminated
Quality of service	Difficult	Easy if enough resources can be allocated in advance for each VC
Congestion control	Difficult	Easy if enough resources can be allocated in advance for each VC

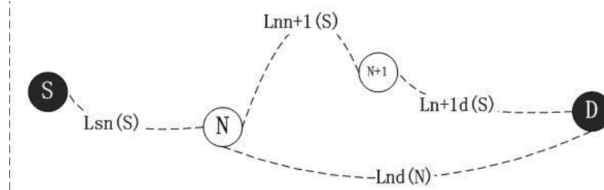
(7) 路由算法的特点：正确性，简洁性，健壮性，稳定性，公平性和最优性。

- Correctness
- Simplicity
- Robustness
- Stability
- Fairness
- Optimality

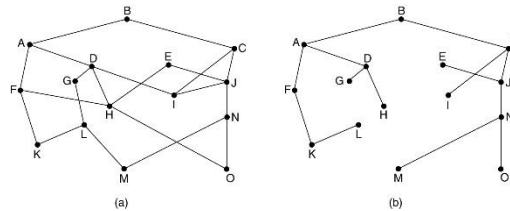
(8) 公平性与最优性之间的矛盾：要权衡各特点之间的重要性以及找到最好的平衡点。



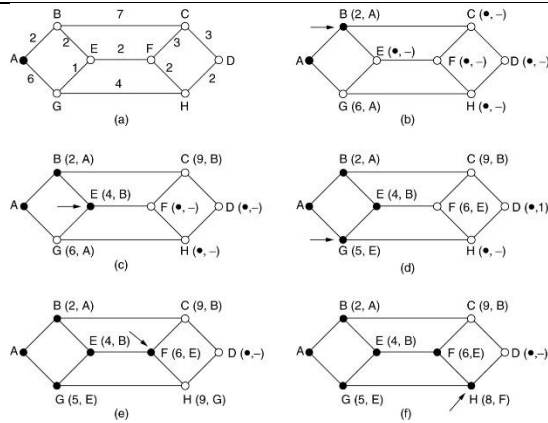
(9) 最优化原则：如果路由器 J 在从路由器 I 到 K 的最佳路由上，那么 J 到 K 的最佳线路就会在同一路由上。



(10) 汇集树：从所有源端到目的端的最佳路由集合，形成了以目的地为根的树。路由算法的目标是为所有的路由器找到并使用汇集树。



(11) Dijkstra 算法：测量路径长度的依据包括站点数量、距离、信道带宽、平均通信量、通信开销、队列平均长度、测量到的时延等；Dijkstra 算法实例：计算从 A 到 D 的最短路径。



(12) Flooding 算法：将收到的每个分组，从除了分组到来的线路外的所有线路上发出。问题是会产生大量的重复分组，在分组头中包含“站点计数器”，当其减到零时即被丢弃或者记录下哪些分组已经被扩散过了

后测 (P) (7 分钟)： 使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于虚电路子网和数据报子网的掌握程度。

填空题 3分

请至少写出3项虚电路子网与数据报子网的区别 [填空1] [填空2] [填空3]

总结 (S)： (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点，重点强调网络层的基本概念，网络层设计要点，最优化原则，最短路径路由算法，泛洪算法，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 网络层的作用：为传输层提供服务，但是与数据链路层层有区别。
2. 最优化原则：所有的局部最优路径组成全局最优路径。
3. 泛洪算法：快速将消息传递给所有节点，但是容易产生重复分组，从而引起网络风暴。
4. 汇集树：所有最优路径的集合形成一棵以目的节点为根的树。

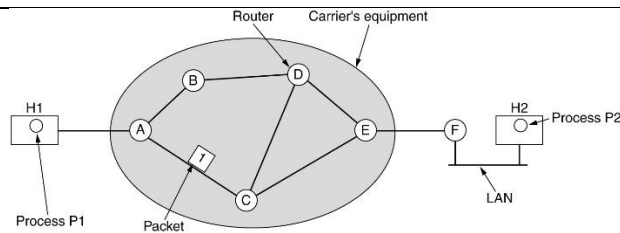
难点梳理：

1. 路径测量标准：标准不同可能产生的最优路径不尽相同。

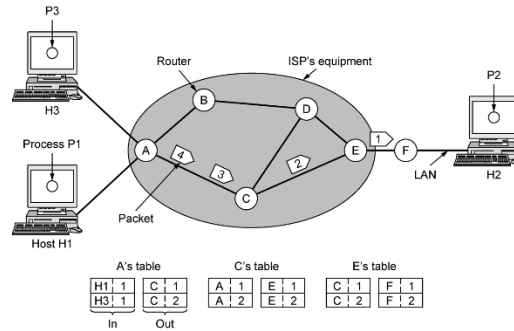
课后作业： 5-1, 5-3

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习存储-转发的分组交换过程。



2. 面向连接的路由表结构，更新和使用。



课程思政呈现:

路由算法的几个特点有时是存在矛盾的, 要求我们结合中国传统文化中庸思想权衡利弊, 找到路由算法最佳的平衡点。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成, 重点是使学生对网络层的作用, 最优化原则, 泛洪算法有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂, 小组讨论, 随机点名等方式, 发现学生精力非常集中, 以后注意调节授课内容, 适时讨论前沿热点技术, 活跃课堂气氛, 引领学生聚焦前沿, 逐步发觉自己的兴趣点, 树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。
- [2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。
- [4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国

水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

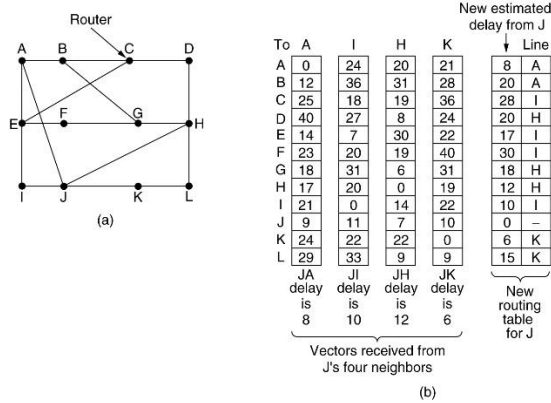
《计算机网络》课程教案（理论 13）

授课题目： 第五章网络层 5.2 路由算法	授课类型 理论课	
	授课时间	第 7 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 距离矢量路由算法，无穷计算问题，链路状态路由算法，分级路由。 能力目标： 通过网络层设计要点的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，从实际出发设计最适合的协议和算法，培养创新能力和创新思维。 素质目标： 具有人文社会科学素养、社会责任感，能够理解实际网络需求并设计对应的协议。		
教学内容： 5.2 路由算法 距离矢量路由算法，无穷计算问题，链路状态路由算法，分级路由。		
教学重点： 距离矢量路由算法，无穷计算问题，链路状态路由算法。 教学难点： 无穷计算问题及其解决方案。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 教师引导学生回顾上节课的内容，引入本节课程的路由算法。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，距离矢量路由和链路状态路由算法的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于动态路由算法的了解程度。	

路由器如何获取最新的路由信息? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

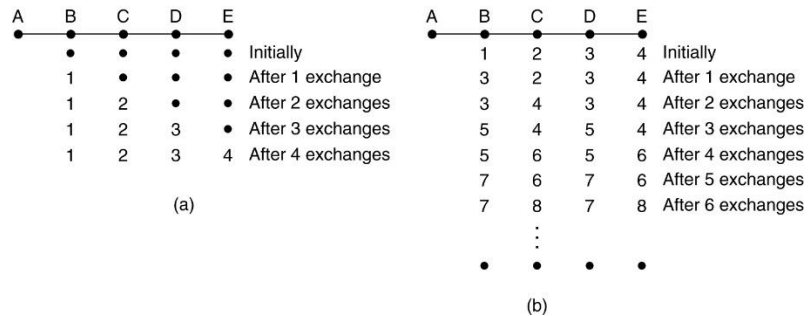
(1) 距离矢量路由算法: 路由器与邻居之间交换信息, 获得最新的路由信息, 更新路由表。



以图中的节点 J 为例, 该节点从它的四个邻居 A, I, H 和 K 获得最新的延迟数据, 根据这些信息更新自己的路由表。

教师讲解路由表更新过程, 学生完成课堂练习, 如节点 G 的路由表更新。

(2) 无穷计算问题: 传统的距离矢量路由算法存在算法缺陷, 对于好消息反应迅速, 对坏消息反应迟钝。



(3) 无穷计算问题的根源剖析: 环路的产生, 补救和避免。

环路的产生

路由器B认为可以通过路由器C去往A，路由器C认为可以通过路由器B去往A，就形成了环路

环路的补救与避免

1. 定义最大值

在RIP (Routing Information Protocol)路由协议中，允许跳数最大值为16，这个方案只是补救措施，不能避免环路产生

2. 水平分割

水平分割的思想就是在路由信息传送过程中，不再把路由信息发送给接收此路由信息的接口上

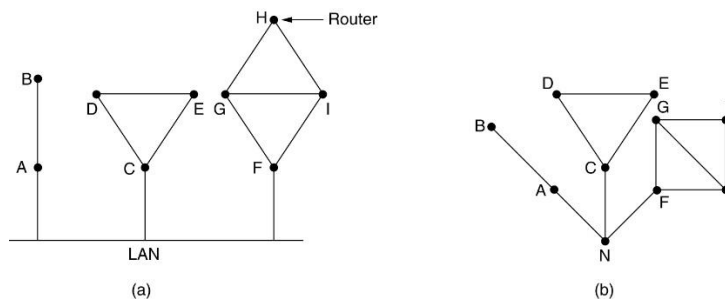
(原因：路由器将从某个邻居学到的路由信息又告诉了那个邻居)

(4) 链路状态路由：解决距离矢量路由算法中记录信息耗时太多，算法收敛慢的问题。分为五步：

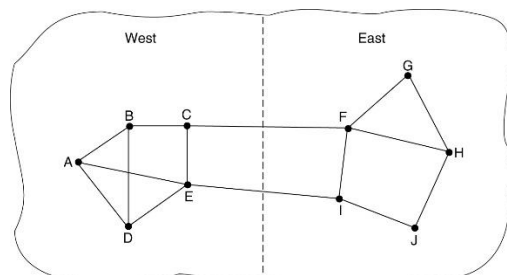
Each router must do the following:

1. Discover its neighbors, learn their network address.
发现邻居节点，及其网络地址
2. Measure the delay or cost to each of its neighbors.
测量线路开销或延迟
3. Construct a packet telling all it has just learned.
构造链路状态分组
4. Send this packet to **all** other routers.
发布链路状态分组
5. Compute the shortest path to every other router.
计算新最短路由

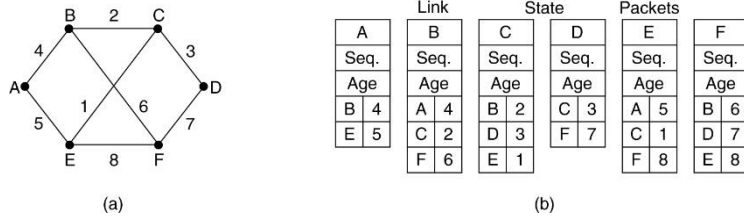
(5) 发现邻居节点，通过 hello 分组实现。



(6) 通过 Echo 分组测量线路开销或延迟，是否考虑载荷一直存在争议。



(7) 构造链路状态分组，教师讲授链路状态分组的组成部分，重点强调序列号和年龄的作用。

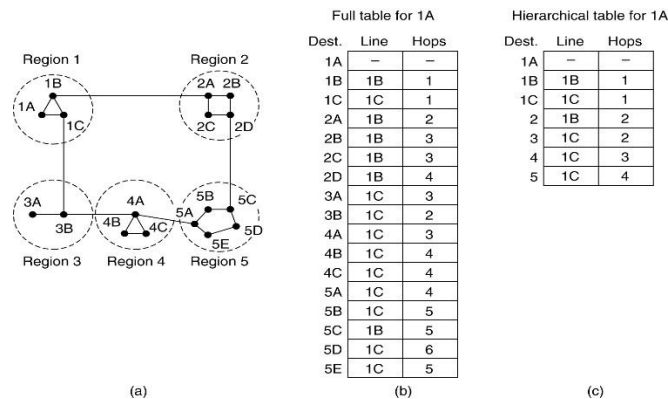


(8) 发布链路状态分组，利用扩散法发布链路状态分组；每个分组包含一个顺序号；每次发送新分组时顺序号加 1。

Source	Seq.	Age	Send flags			ACK flags			Data
			A	C	F	A	C	F	
A	21	60	0	1	1	1	0	0	
F	21	60	1	1	0	0	0	1	
E	21	59	0	1	0	1	0	1	
C	20	60	1	0	1	0	1	0	
D	21	59	1	0	0	0	1	1	

(9) 使用前面的最短路径路由算法计算最短路径。

(10) 分级路由：网络规模逐渐变大，节点不断增多，路由表成比例增大，路由成本不断变大，将路由器按区域分组，将长的线性路由表分解成短的分级路由表，但是会以牺牲某些节点路由开销为代价。



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于分级路由优缺点的掌握程度。

填空题 2分

请辩证分析分级路由的优点 [填空1] 和缺点 [填空2]

总结 (S)： (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点，重点强调距离矢量路由算法，无穷计算问题，链路状态路由算法，分级路由，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 距离矢量路由算法：经典的路由算法，每个路由器与邻居节点交换信息，更新自己的路由表。
2. 无穷计算问题：信息环路导致无穷计算问题，环路的避免和消除。
3. 链路状态路由算法：普遍使用的路由算法，五个步骤，注意链路状态分组中的年龄字段的作用。
4. 分级路由：分级路径的意义以及优缺点。

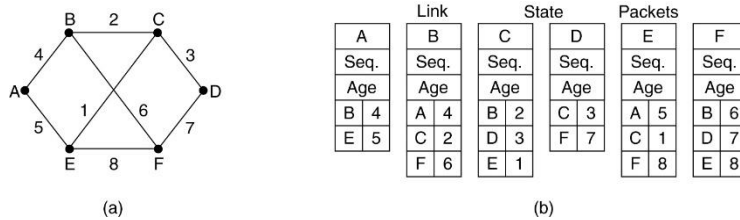
难点梳理：

无穷计算问题以及解决方案：如何解决距离矢量路由算法与生俱来的无穷计算问题。

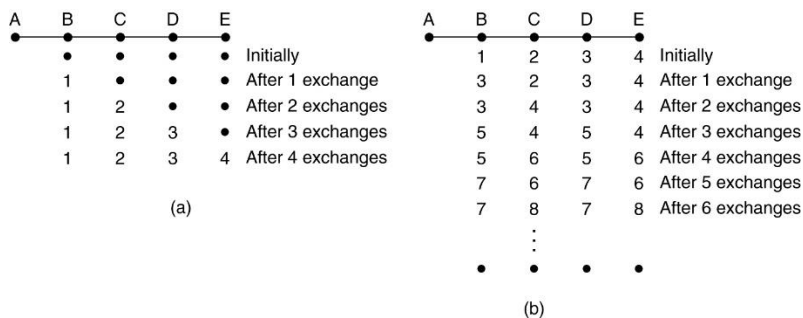
课后作业： 5-5, 5-6

板书设计：

2. 教师通过板书引导学生学习链路状态分组的构建。



3. 无穷计算问题的产生和补救措施。



课程思政呈现：

分级路由如果级别太多也将增加路由成本，因此要在路由器个数和层次之间找到最佳权衡点，结合数学理论以及儒家思想的中庸之道，将中国传统文化融入专业知识教学中。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对调

距离矢量路由算法, 无穷计算问题, 链路状态路由算法, 分级路由有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂, 小组讨论, 随机点名等方式, 发现学生精力非常集中, 以后注意调节授课内容, 适时讨论前沿热点技术, 活跃课堂气氛, 引领学生聚焦前沿, 逐步发觉自己的兴趣点, 树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

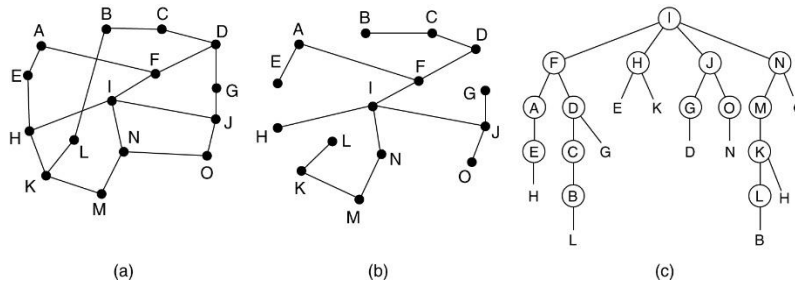
《计算机网络》课程教案（理论 14）

授课题目： 第五章网络层 5.2 路由算法	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 7 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 广播路由，多播路由，移动主机路由。 能力目标： 通过网络层设计要点的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，从实际出发设计最适合的协议和算法，培养创新能力和创新思维。 素质目标： 具有人文社会科学素养、社会责任感，能够理解实际网络需求并设计对应的协议。		
教学内容： 5.2 路由算法 广播路由，多播路由，移动主机路由。		
教学重点： 广播路由，多播路由，移动主机路由。		
教学难点： 移动主机路由。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 教师引导学生回顾上节课的内容，引入本节课程的路由算法。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调广播路由，多播路由，移动主机路由的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于广播路由算法的了解程度。	

用什么方式实现广播路由？ [填空1] [填空2] [填空3]

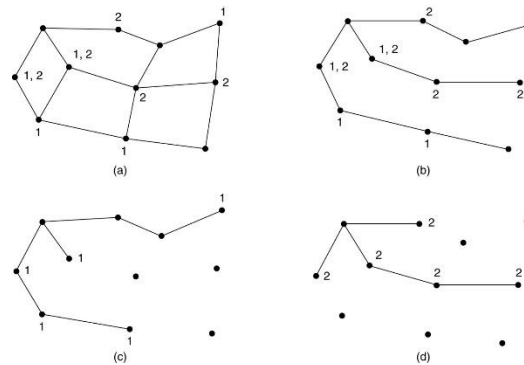
参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 广播路由：将一个分组转发给所有节点，通过五种算法实现，分别发送分组到每个目的端，扩散法，多目的地路由选择，利用发起广播的路由器的汇集树或利用生成树，逆向路径转发。

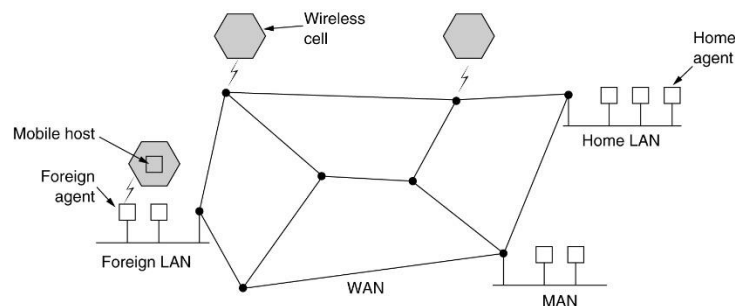


教师讲解广播路由的几种实现算法，学生分组讨论各算法的效率，以及算法的实施效果和必要性，小组代表发言，教师点评。

(2) 多播路由：定义和实现方法，小组的创建，取消和管理。



(3) 移动主机路由：动态用户和移动用户，网络世界模型，外地代理，本地代理，移动主机登录、通信和退出过程。

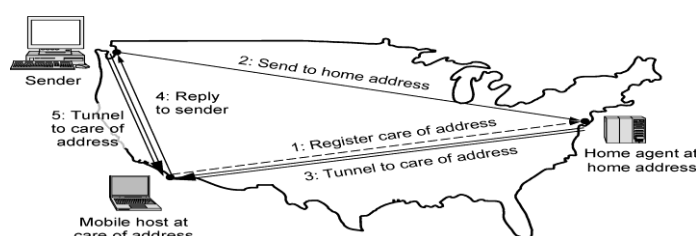


(4) 移动主机登录过程：分为五步：

➤ 典型的登录过程：

1. 外地代理定期广播分组，宣布自己的存在及地址；同时，移动主机可以广播，问“这里有没有外地代理？”
2. 移动主机登录到外地代理
3. 外地代理与移动主机的本地代理联系
4. 本地代理检查安全性信息
5. 外地代理得到本地代理的确认后，建立一个表项，并通知移动主机已经登录了

(5) 移动主机路由过程：教师引导学生回忆自己去其他城市旅游时，手机收到欢迎短信，是如何实现的？



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于移动主机路由的掌握程度。

填空题 5分

请写出移动主机登录的五步骤 [填空1] [填空2]
[填空3] [填空4] [填空5]

总结 (S)： (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点，重点强调广播路由，多播路由，移动主机路由，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 广播路由：可以通过五种算法实现，每种算法的实现效率。
2. 多播路由：主要涉及小组的创建，管理，取消等。
3. 移动主机路由：移动主机与本地代理以及外地代理的关系，移动主机的典型登录和退出过程。

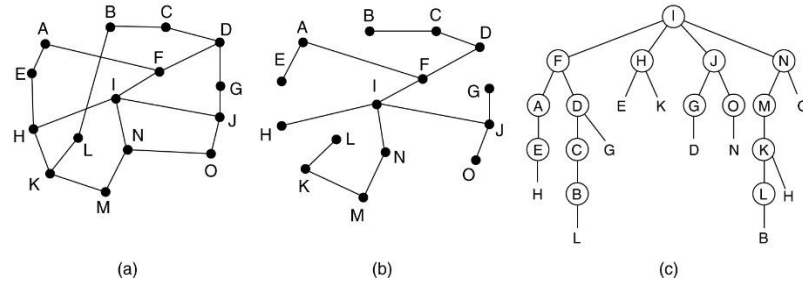
难点梳理：

移动主机路由：移动主机典型的登录过程，理清本地代理和外地代理的关系。

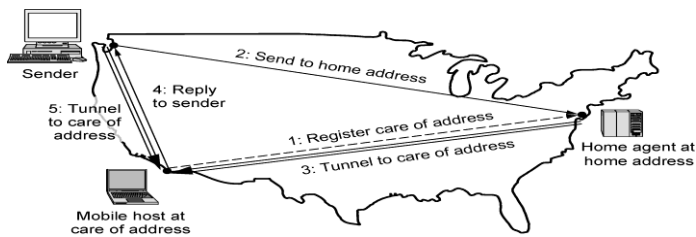
课后作业：5-10, 5-11, 5-12

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习广播的实现方式。



2. 移动主机路由的典型登录过程。



课程思政呈现：

移动主机可能登录到任何一个网络覆盖的地方，同学们在登录其他国家的外地代理时注意安全和隐私保护。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对调广播路由，多播路由，移动主机路由有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第5版）机械工业出版社，2011。
[2] 谢希仁，计算机网络（第8版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第7版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹彭涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 15）

授课题目： 第五章网络层 5.3 拥塞控制算法 5.4 网络服务质量	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 8 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 拥塞控制基本原则，RED 算法，服务质量需求，获得优秀服务质量技术，过渡提供资源，接收端缓冲，服务器端流量整形，漏桶，令牌桶，分组调度，分类服务，隧道技术。 能力目标： 通过网络层设计要点的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，从实际出发设计拥塞控制和流量控制算法，培养创新能力和创新思维。 素质目标： 通过批判性讨论、小组最新技术报告，培养学生团队合作精神和 service 社会的责任意识，以及热爱祖国、文化自信的情怀。		
教学内容： 5.3 拥塞控制算法 拥塞控制基本原则，RED 算法 5.4 网络服务质量 服务质量需求，过渡提供资源，接收端缓冲，服务器端流量整形，漏桶，令牌桶，分组调度，分类服务		
教学重点： RED 算法，漏桶，令牌桶，分组调度，分类服务。 教学难点： RED 算法，漏桶，令牌桶。		
教 学 实 施 过	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入（B）（5 分钟）： 教师通过日常堵车的例子引入本节课的拥塞控制。	



目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调拥塞控制和流量控制在计算机网络中重要性。

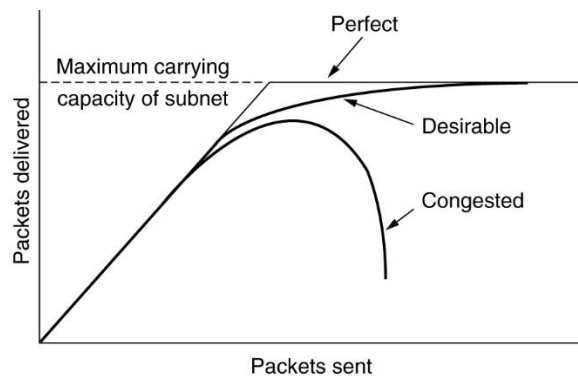
前测 (P) (5 分钟) : 教师发送出雨课堂问题, 测试学生对于拥塞控制的了解程度。

填空题 1分

你能想到用什么方式控制网络拥塞? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 网络拥塞: 当通信通信子网中有太多的分组时, 其性能急剧降低, 造成拥塞的根本原因是流量的突发性。

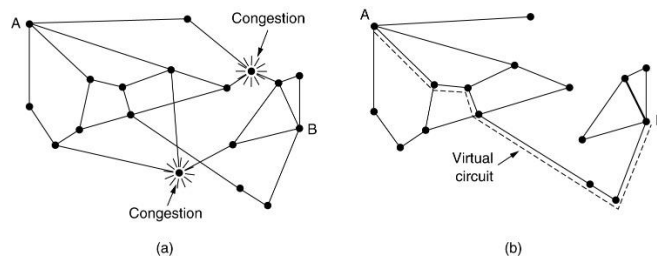


教师引导学生思考图中三条曲线的含义, 以及拥塞算法必要性, 小组代表发言, 教师点评。

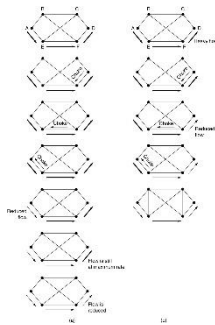
(2) 拥塞控制基本原理: 检测系统, 将拥塞信息传达到可以采取行动的位置, 校正系统操作以解决冲突。不同层采用的不同拥塞控制策略。

Layer	Policies
Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Retransmission policy • Out-of-order caching policy • Acknowledgement policy • Flow control policy • Timeout determination
Network	<ul style="list-style-type: none"> • Virtual circuits versus datagram inside the subnet • Packet queuing and service policy • Packet discard policy • Routing algorithm • Packet lifetime management
Data link	<ul style="list-style-type: none"> • Retransmission policy • Out-of-order caching policy • Acknowledgement policy • Flow control policy

(3) 虚电路子网的拥塞控制：拥塞的子网，根据拥塞信息重新建立 A 到 B 的连接。

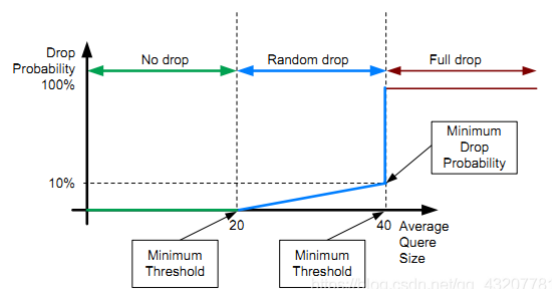


(4) 抑制分组：只影响源端的抑制分组，影响所经过每一个节点的抑制分组。



(5) RED 算法：基本思想为在节点缓冲区充满之前就开始随机丢弃已经位于缓冲空间中的分组，强调阈值的设定方法。

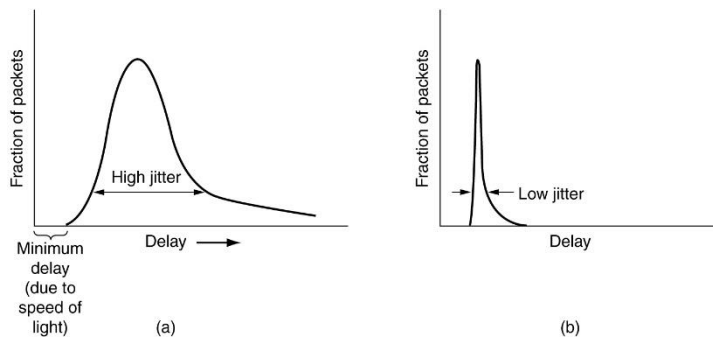
图7-3 RED 工作原理图



(6) 服务质量要求：不同类型的对于服务质量如可靠性，延迟，抖动和带宽的要求不同。

Application	Reliability	Delay	Jitter	Bandwidth
E-mail	High	Low	Low	Low
File transfer	High	Low	Low	Medium
Web access	High	Medium	Low	Medium
Remote login	High	Medium	Medium	Low
Audio on demand	Low	Low	High	Medium
Video on demand	Low	Low	High	High
Telephony	Low	High	High	Low
Videoconferencing	Low	High	High	High

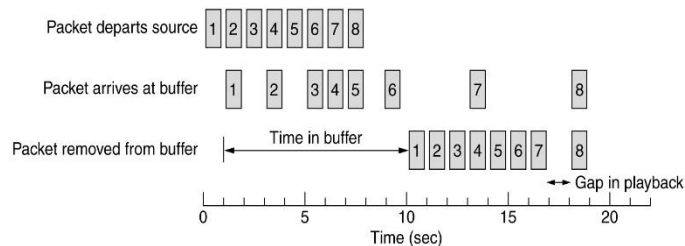
(7) 抖动: 抖动是对信号时域变化的测量结果,它从本质上描述了信号周期距离其理想值偏离了多少。



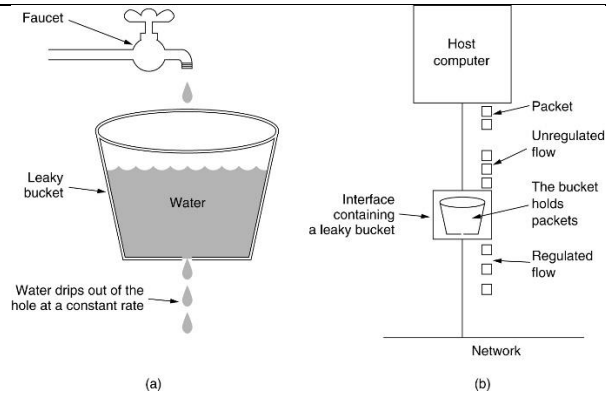
(8) 过度提供资源:

- **Overprovisioning**
 - ✓ To provide so much router capacity, buffer space and bandwidth that the packets just fly easily
- **Discussion**
 - ✓ Easy
 - ✓ Practical
 - ✓ But expensive

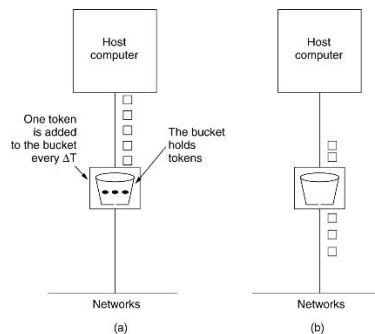
(9) 接收端缓冲: 为客户端能获得较好的用户体验, 将收到的分组暂时缓冲, 避免播放过程的时间断点。



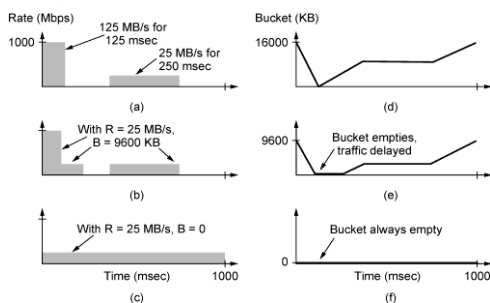
(10) 漏桶算法: 发送端进行流量整形, 避免流量突发式注入通信子网。



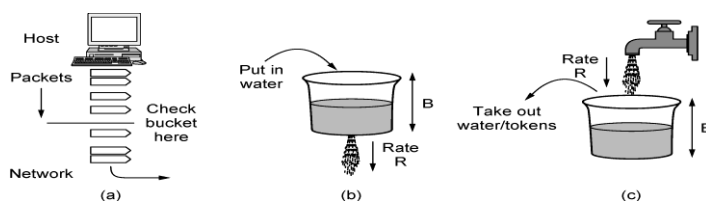
(11) 令牌桶：与漏桶类似，但是桶中存的是令牌，只有与获得令牌的分组才能注入到子网中。注入速率与令牌产生的速率有很大关系。



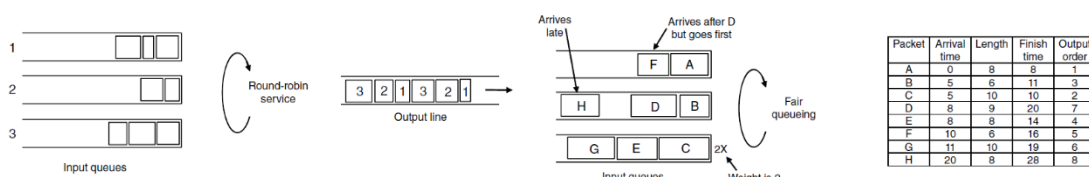
(12) 经过令牌桶整形后的流量：



(13) 漏桶和令牌桶的区别：在整形后的流量，桶满溢出以及整形后的速率等方面。



(14) 分组调度：先进先出，循环罗宾，加权公平排队。



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于漏桶和令牌桶区别的掌握程度。

主观题 3分

请写出漏桶和令牌的区别。

总结 (S)：(5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点，重点强调拥塞控制基本原则，RED 算法，流量整形，漏桶和令牌桶布置课后作业。

知识点归纳：

1. RED 算法：该算法的基本思想，每个字母以及单词的含义。
2. 流量整形：必要性以及方法。
3. 漏桶和令牌桶的区别：在整形后的流量，桶满溢出以及整形后的速率等方面。

难点梳理：

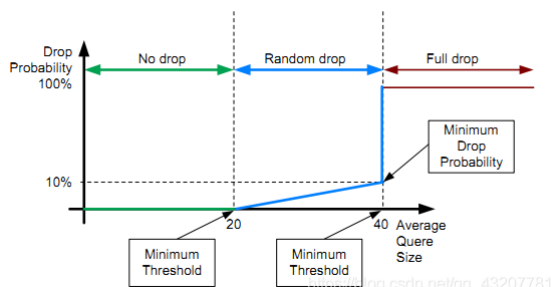
漏桶和令牌桶的区别：另一种流量整形策略的区别。

课后作业： 5-13, 5-14

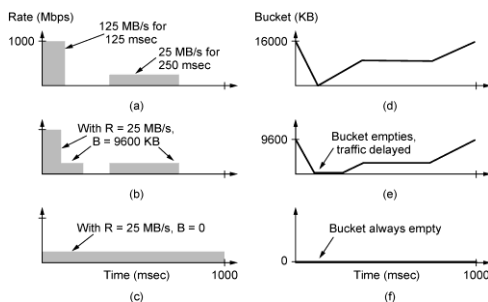
板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 RED 算法，理解其中每个单词的意义。

图7-3 RED 工作原理图



2. 令牌桶整形后的流量以及如何计算最大流量的时间长度。



课程思政呈现:

拥塞在日常生活中很多地方都能见到, 结合中老子的《道德经》不争哲学: “夫唯不争,故天下莫能与之争”可译为:唯有不争的处事态度,天下才会没有人能与之抗衡。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成, 重点是使学生对网络层拥塞控制和流量控制有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂, 小组讨论, 随机点名等方式, 发现学生精力非常集中, 以后注意调节授课内容, 适时讨论前沿热点技术, 活跃课堂气氛, 引领学生聚焦前沿, 逐步发觉自己的兴趣点, 树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。
- [2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。
- [4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。
- [5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。
- [6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

- [1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

- [2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

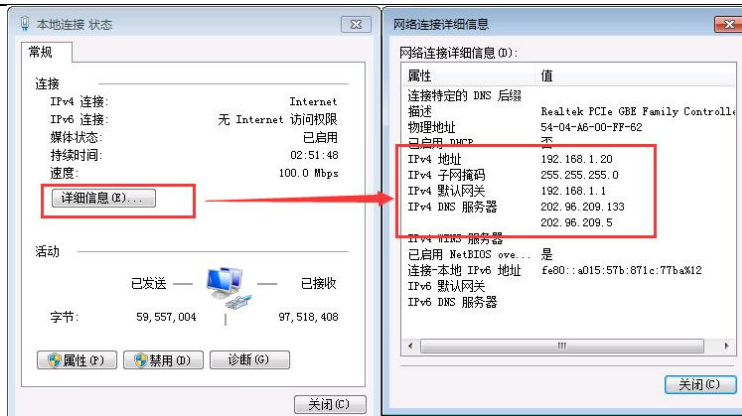
<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 16）

授课题目： 第五章网络层 5.6 互联网中的网络层	授课类型	理论课
	授课时间	第 8 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 子网掩码，子网划分技术，按类别划分的 IP 地址。 能力目标： 子网掩码和子网划分技术的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，从实际出发确定子网掩码，培养创新能力和创新思维。 素质目标： 通过批判性讨论、小组最新技术报告，培养学生团队合作精神和 service 社会的责任意识以及爱国情怀。		
教学内容： 5.6 互联网中的网络层 子网掩码，子网划分技术，按类别划分的 IP 地址		
教学重点： 子网掩码，子网划分技术，按类别划分的 IP 地址。 教学难点： 子网划分技术。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入（B）（5 分钟）： 教师通过 IP 地址和子网掩码引入本节课程内容。	



目标 (O) (4 分钟) : 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调子网划分技术的重要性。

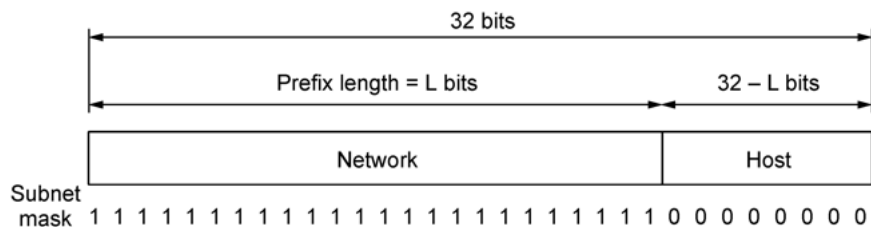
前测 (P) (5 分钟) : 教师发送出雨课堂问题, 测试学生对于 IP 地址和子网掩码的了解程度。

填空题 2分

请写出你理解的IP地址 [填空1] 和子网掩码 [填空2]

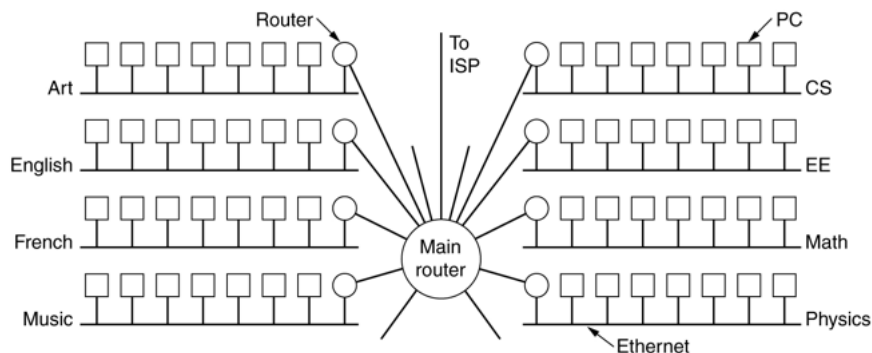
参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) IP 地址结构: 包含前缀和主机号, 子网掩码是与 IP 地址长度相同, 对应前缀位置都为 1, 主机号位置都为 0 的格式。

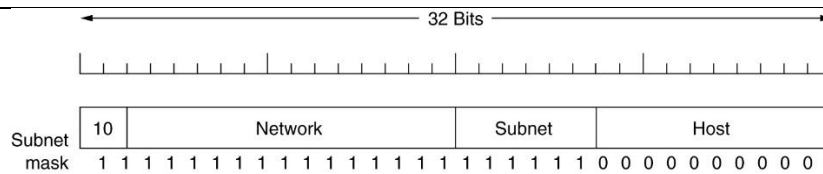


An IP prefix and a subnet mask.

(2) 子网: 在一个组织或者机构中, 为便于管理和减轻主路由器的压力, 划分成多个子网。



(3) 子网掩码的作用: 便于管理和子网屏蔽。

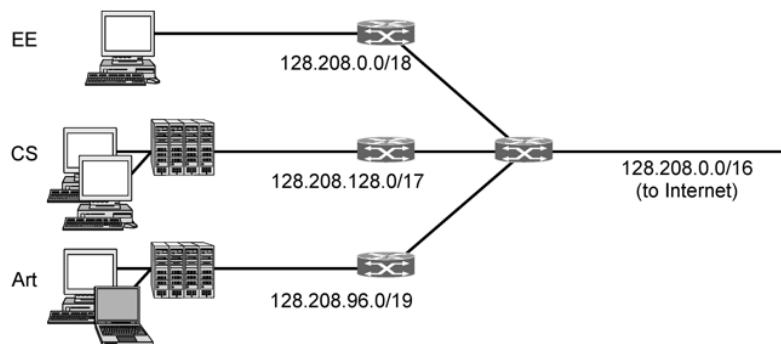


(4) 子网掩码的表示方法:

子网掩码为11111111 11111111 11111100 00000000

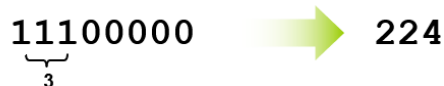
- 点分十进制标记法: 网络+子网全1, 主机号全0
 - e.g. 255.255.252.0
- 标记位长: /22
 - e.g. 255.255.252.0/22
- 子网号与主机号的分界
 - e.g. 11111111 11111111 111111**I**00 00000000

(5) IP 地址的聚合和分离:

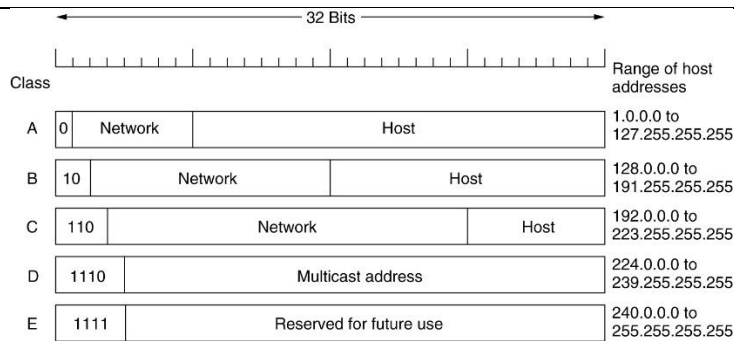


(6) 子网划分技术:

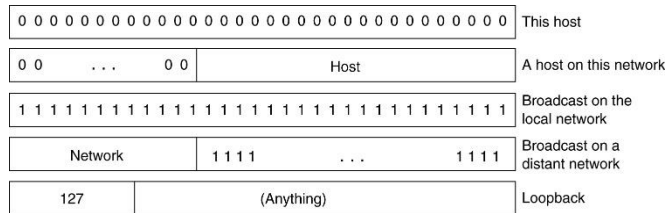
- 将要划分的子网数目转换为2的m次方。如需要8 (2^3) 个子网时, $m=3$;
- 将上一步确定的幂m按高序占用主机地址m位后转换为十进制, 得到子网掩码。



(7) 按类别划分的 IP 地址: 各类 IP 地址的格式和特点。



(8) 特殊的 IP 地址:



后测 (P) (7 分钟): 使用雨课堂给出五道测试题目, 测试学生对于 IP 地址分类以及特殊 IP 地址的掌握程度。

请选择不可能出现在公网上的IP地址:

单选题 1分

B类IP地址最高两位有什么特点:

- A 最高两位是00
- B 最高两位是01
- C 最高两位是10
- D 最高两位是11

单选题 1分

IP地址为221.19.223.0, 该IP地址是否为C类地址?

- A 是
- B 否

单选题 1分

某网络具有C类IP地址空间为192.168.5.0, 采用子网划分技术, 子网掩码为255.255.255.248, 则该网络的最大子网个数、每个子网内的最大可分配地址个数分别为() ()。

- A 32, 8
- B 32, 6
- C 8, 32
- D 8, 30

中国大陆是否存在真正的A类IP地址?

- A 是
- B 否

多选题 1分

请选择不可能出现在公网上的IP地址:

- A 127.0.1.123
- B 191.255.255.255
- C 255.100.1.20
- D 221.34.98.110

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, 子网掩码, 子网划分技术, 按类别划分的 IP 地址, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. 子网掩码: 作用以及格式。
2. 子网划分技术: 如何根据实际需要的 IP 地址划分子网, 每个子网中可以携带主机的数量, 以及子网掩码的写法。
3. 按类别划分的 IP 地址: 主要掌握 A,B,C 类 IP 地址。
4. 特殊 IP 地址: 与按类别划分的 IP 地址配合使用。

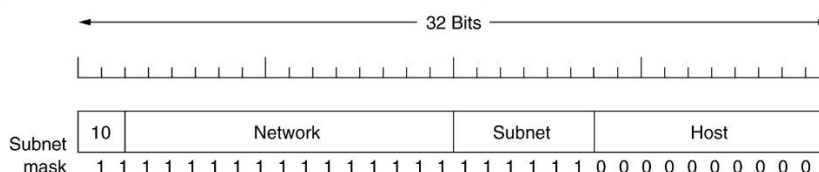
难点梳理:

子网划分技术：子网划分技术以及子网掩码的写法。

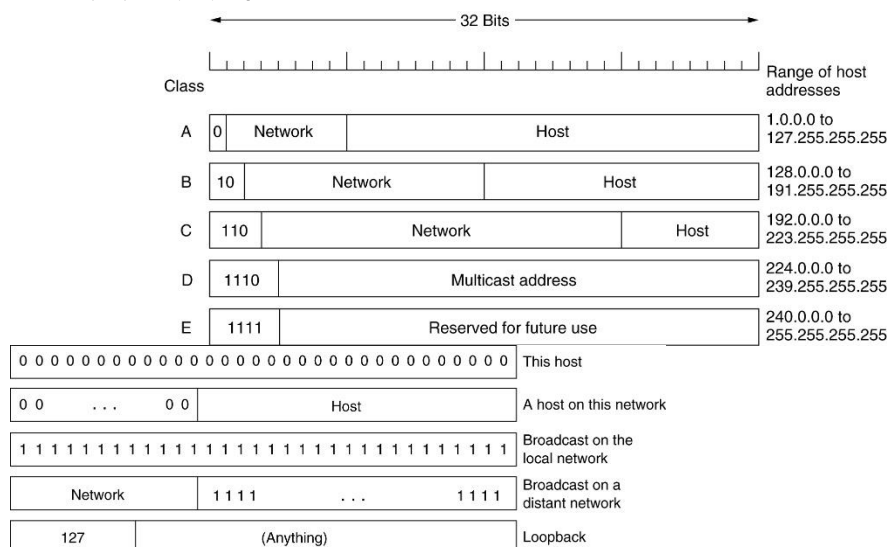
课后作业：5-13, 5-14

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习子网掩码的确定。



2. IP 的类型以及特殊的 IP 地址。



课程思政呈现：

西周思想家史伯最早提出“和实生物，同则不继”。在此，“和”蕴含着开放性与包容性。千百年来，这种思想成为中国人为人处世的基本方式。而“一国两制”方针的提出，则是在追求统一的大前提下承认差异和包容性的一种处理问题的方法，它的目的是实现新的“和”，以达到新的境界——聚同化异。

我们可以把“聚同化异”看成是“求同存异”发展的一个新层次、一种新境界。与其相关联的中国传统文化思想范畴是“中庸之道”。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对 IP 地址和子网掩码有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机

点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第5版）机械工业出版社，2011。

[2] 谢希仁，计算机网络（第8版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第7版)，机械工业出版社，2018。

[4] 王达，深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] ，中国水利水电出版社，2017。

[5] 户根勤，矢泽久雄，网络是怎样连接的，人民邮电出版社，2019。

[6] 季福坤，钱文光，魏艳娜，邹澎涛，颜煜，数据通信与计算机网络（第三版），中国水利水电出版社，2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络（李巍）

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 17）

授课题目： 第五章网络层 5.6 互联网中的网络层	授课类型 理论课	
	授课时间	第 9 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 无类别的域间路由，NAT，IPv6。 能力目标： 无类别的域间路由，NAT 的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，从实际出发解决 IP 地址匮乏的问题，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力，知行合一。 素质目标： 以同学们熟悉的 IP 地址为切入点，立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 5.6 互联网中的网络层 无类别的域间路由，NAT，IPv6		
教学重点： 无类别的域间路由，NAT，IPv6。 教学难点： NAT。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+以练代讲+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的 IP 地址分类，引出本节课的教学主题。 IP 地址对于同学们并不陌生，对于这样一个高频出现的专业名词，进行头脑风暴，问题为“关于 IP 地址，你能想到什么？”同学们快速说出一个与 IP 地址有关的名词，无需解释其含义，目的在于激发学生思考，调动已有的知识储备，活跃课堂气氛。	

接下来，说明本节课的教学目标为掌握 CIDR 技术进行可变大小块的 IP 地址划分，NAT 地址转换技术。

目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调 CIDR 和 NAT 技术的重要性。

前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于 IP 地址几种划分技术的了解程度。

填空题 1分

按类别划分IP地址，地址不够用时该怎么办？
[填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟)：

(1) CIDR:。

➤ 问题

- B类地址对于大多数机构来说太大了
- IP地址很快就会被用光
- 路由选择表暴涨

➤ 解决方案:无类域间路由CIDR(Classless InterDomain Routing)

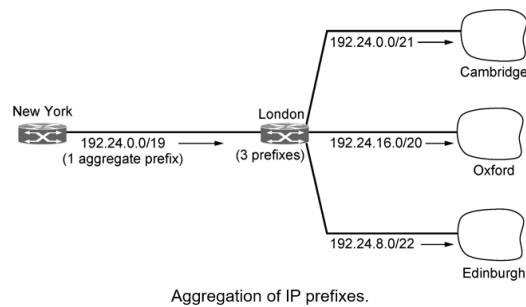
✓ 基本思想

- 以可变长分块的方式分配所剩的C类网络地址
- C类地址分配规则:欧洲(194-195) 北美(198-199) 中美南美(200-201) 亚洲太平洋地区(202-203)
- 分组到达欧洲,要更详细的路由选择表:将目的地址屏蔽,再与其中表目比较,以找到相匹配的地址.

(2) 以例子讲解 CIDR 地址划分方法以及掩码写法：教师讲解 Cambridge 大学地址划分方法和掩码写法，随机找一名学生来演示 Edinburgh 大学地址的划分方法，教师着重讲解 Oxford 大学的地址块起止位置的确定方法。

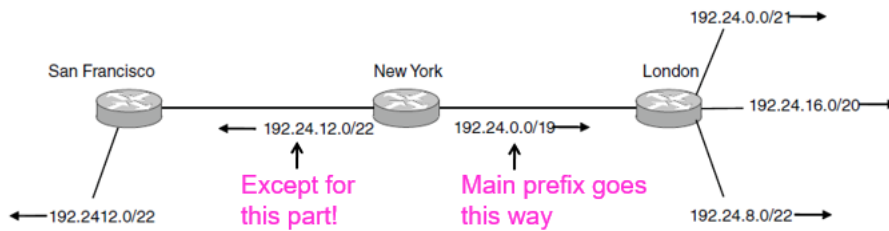
University	First address	Last address	How many	Written as
Cambridge	194.24.0.0	194.24.7.255	2048	194.24.0.0/21
Edinburgh	194.24.8.0	194.24.11.255	1024	194.24.8.0/22
(Available)	194.24.12.0	194.24.15.255	1024	194.24.12/22
Oxford	194.24.16.0	194.24.31.255	4096	194.24.16.0/20

(3) CIDR 地址划分后转发的 IP 聚合：New York 和 London 如何处理收到的分组。

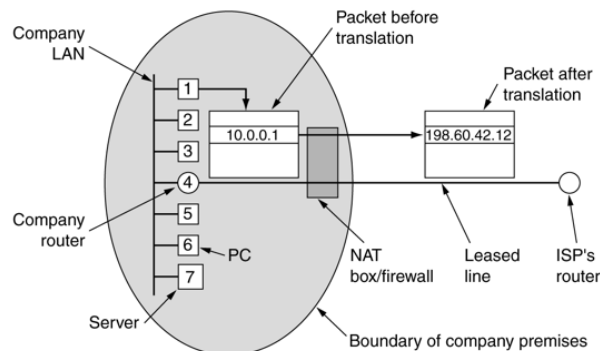


Aggregation of IP prefixes.

(4) 最长地址匹配:



(5) NAT: 解决 IP 地址不够用的第三种方案, 跨层访问了 UDP 或者 TCP 的端口号字段。

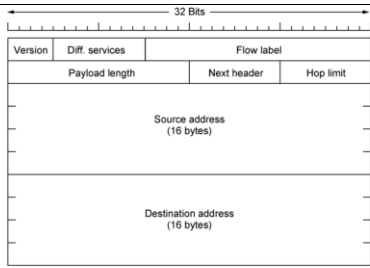


(6) 对 NAT 辩证性评价:

Problems of NAT:

- NAT **violate the architectural** model of IP
- NAT changes the internet from a **connectionless** network to a kind of **connection-oriented** network
- NAT violates the most fundamental rule of **protocol layering**
- NAT box will cause the application to fail as the NAT box will not be able to locate the TCP source port correctly
- Some applications insert IP address in the body of the text, the remote side may doesn't understand the address
- As TCP source port field is **16 bits**, at most **65,536** machines can be mapped onto an IP address

(7) IPv6 头部结构。



The IPv6 fixed header (required).

Extension header	Description
Hop-by-hop options	Miscellaneous information for routers
Destination options	Additional information for the destination
Routing	Loose list of routers to visit
Fragmentation	Management of datagram fragments
Authentication	Verification of the sender's identity
Encrypted security payload	Information about the encrypted contents

(8) IPv6 地址:

➤ 冒分十六进制

8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF

8000::0123:4567:89AB:CDEF

➤ IPv4 to IPv6

::192.31.20.46

后测 (P) (7 分钟) : 使用雨课堂给出 2 道测试题目, 测试学生对于 CIDR 的掌握程度。

A router has the following (CIDR) entries in its routing table:

Address/mask	Next hop
135.46.56.0/22	A
135.46.60.0/22	B
192.53.40.0/23	C
default	D

for the following IP address, which one does the router select for the next hop if a packet with that address arrives?

135.46.63.10

A B C D

A router has the following (CIDR) entries in its routing table:

Address/mask	Next hop
135.46.56.0/22	A
135.46.60.0/22	B
192.53.40.0/23	C
default	D

for the following IP address, which one does the router select for the next hop if a packet with that address arrives?

135.46.52.2

A B C D

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, 无类别的域间路由 CIDR, NAT, IPv6, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. CIDR: 无类别域间路由, 按照可变大小块划分 IP 地址。
2. NAT: 网络地址转换技术, 暂时性缓解 IP 地址不够用的问题, 但是违背了网络层次设计的一些原则。
3. IPv6: 固定头部和可扩展头部, IPv4 与 IPv6 之间的转换。

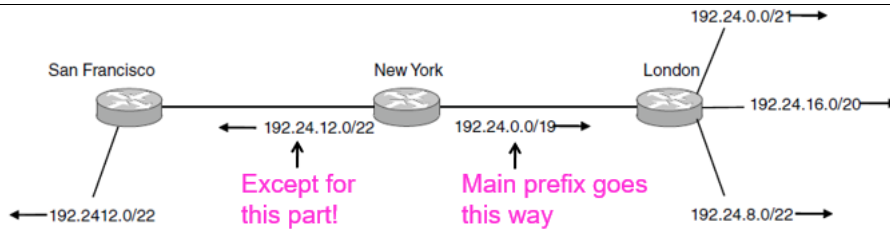
难点梳理:

NAT: 基本思想, 实现方法和评价。

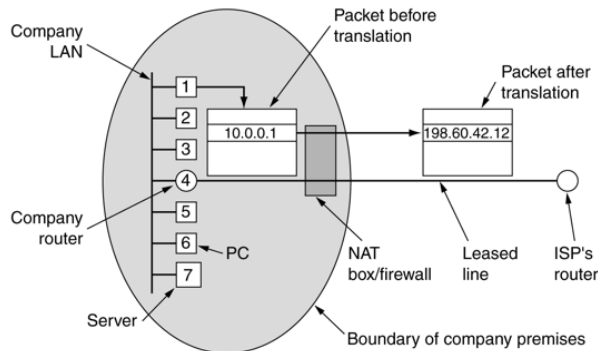
课后作业: 5-18, 5-19

板书设计:

1. 教师通过板书引导学生学习使用 CIDR 技术后 IP 地址的聚合与路由器转发。



2. NAT 技术的实现方法以及如何跨层访问。



课程思政呈现：

《易经》第 10 卦：履卦。“履，柔履刚也”，意思是柔性变化改变了刚性的规定。

在网络体系机构中，也称为演进式设计思路，是针对现有网络体系结构存在的不足进行增量式的修补，如解决网络地址问题的 NAT 协议，违背了层次不能跨层访问的设计原则，但是暂时缓解了 IP 地址匮乏的问题。

网络体系结构的发展会不断地寻求新的平衡点，而任何对技术形态的最终预测都是不准确也不必要的。

为满足物联网时代“一物一地址，万物皆在线”的海量智能终端联网需求 IPv6 的规模部署与发展愈来愈受到关注。作为软件工程专业的学生更要了解国内外互联网发展的历史和现状，认识到虽然我国在 IPv4 阶段起步较晚，因此在 IPv6 要迎头赶上，2018 年 6 月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，引领中国从 20 年的“原地踏步”到目前的“全球领先”，实现了飞跃式的发展。实际上，中国是最需要 IPv6 的国家，也是全球最早开展 Ipv6 及下一代互联网技术研究、标准制定、应用研发和规模商用的国家之一，首创以纯 IPv6 建成了全球最大的 IPv6 网络。

培养学生立足国情，鼎力前行的决心，和居安思危、科技兴国的精神，以及

自觉承担国家科技发展的责任意识。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对CIDR和NAT有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第5版）机械工业出版社，2011。

[2] 谢希仁，计算机网络（第8版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第7版)，机械工业出版社，2018。

[4] 王达，深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] ，中国水利水电出版社，2017。

[5] 户根勤，矢泽久雄，网络是怎样连接的，人民邮电出版社，2019。

[6] 季福坤，钱文光，魏艳娜，邹澎涛，颜煜，数据通信与计算机网络（第三版），中国水利水电出版社，2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络（李巍）

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 18）

授课题目： 第五章网络层 5.6 互联网中的网络层	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 9 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： ICMP, ARP, RARP, BOOTP & DHCP, OSPF, BGP。 能力目标： 互联网控制信息协议, 地址解析等协议的学习, 培养学生工程意识和工程实践能力, 培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 以同学们熟悉的 ICMP 地址为切入点, 立足国情, 培养学生居安思危、立志报国的精神, 和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 5.6 互联网中的网络层 ICMP, ARP, RARP, BOOTP & DHCP, OSPF, BGP		
教学重点： ICMP, ARP, RARP, BOOTP & DHCP, OSPF, BGP。		
教学难点： ARP, RARP。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始, 通过同学们经常使用的 Ping, 引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调 ICMP, ARP, RARP, BOOTP & DHCP, OSPF, BGP 的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题, 测试学生对于 ICMP 技术的了解程度。	

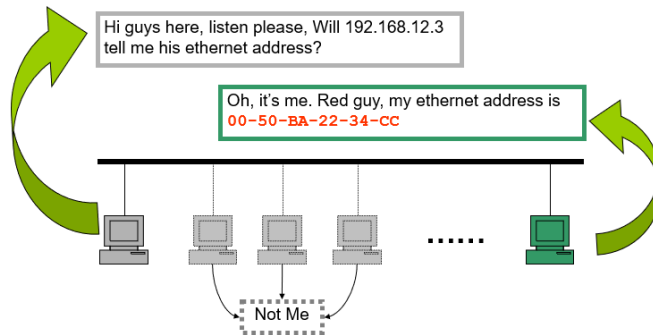
Ping命令都封装了什么基本的命令? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

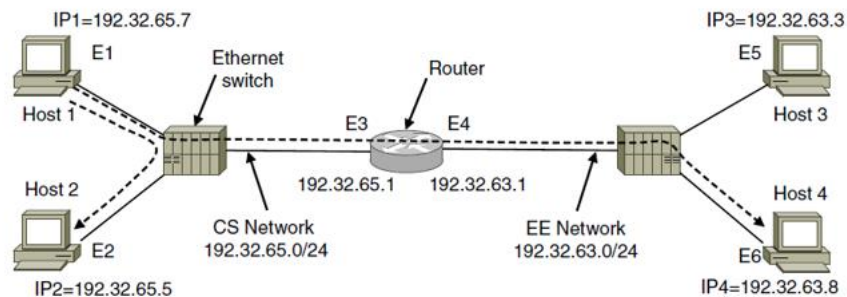
(1) ICMP:。

Message type	Description
Destination unreachable	Packet could not be delivered
Time exceeded	Time to live field hit 0
Parameter problem	Invalid header field
Source quench	Choke packet
Redirect	Teach a router about geography
Echo and Echo reply	Check if a machine is alive
Timestamp request/reply	Same as Echo, but with timestamp
Router advertisement/solicitation	Find a nearby router

(2) ARP 地址解析协议: 由 IP 地址找 MAC 地址。



(3) 相同网络 and 不同网络的 ARP:



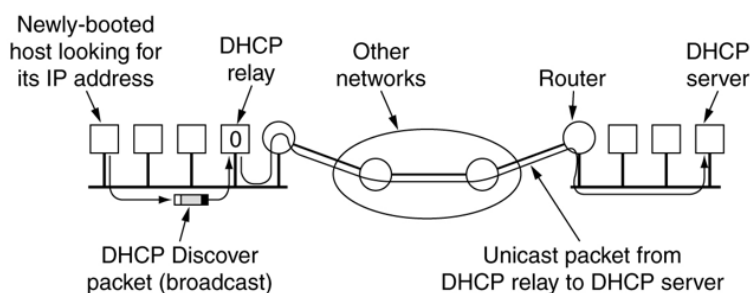
Frame	Source IP	Source Eth.	Destination IP	Destination Eth.
Host 1 to 2, on CS net	IP1	E1	IP2	E2
Host 1 to 4, on CS net	IP1	E1	IP4	E3
Host 1 to 4, on EE net	IP1	E4	IP4	E6

(4) RARP: 与 ARP 的关系

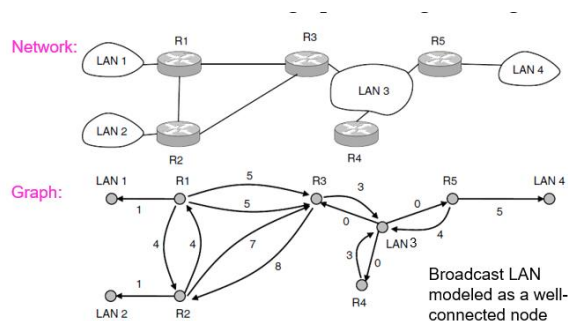
- **ARP**: 地址解析协议 (Address Resolution Protocol) 在已知目的IP地址, 需要知道目的硬件地址时使用。
- **RARP**: 由已知硬件地址查找IP地址的过程叫做反向地址解析 (Reverse Address Resolution)。
- **ARP、RARP**都是广播协议——网络上的每一台机器都能收到请求。
- 每一台机器都检查请求的IP或Ethernet Address, 符合要求的主机回答请求。

(5) **BOOTP**: 使用 UDP 数据报, 路由器转发。缺点: 新机器加入, 需要手动配置 (MAC, IP)。

(6) **DHCP**:



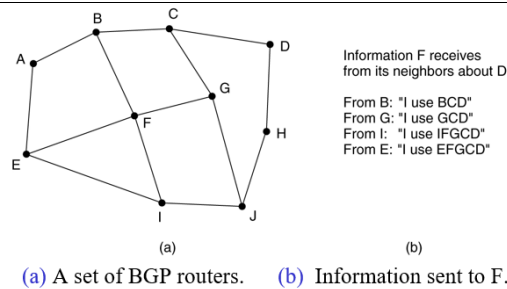
(7) **OSPF**:



(8) **内部网关协议**:

Message type	Description
Hello	Used to discover who the neighbors are
Link state update	Provides the sender's costs to its neighbors
Link state ack	Acknowledges link state update
Database description	Announces which updates the sender has
Link state request	Requests information from the partner

(9) **BGP**:

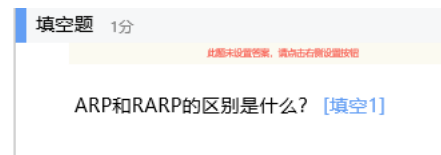


(10) 使用内部网关协议的部分限制:

Example policy constraints:

- No commercial traffic for educational network
- Never put Iraq on route starting at Pentagon
- Choose cheaper network
- Choose better performing network
- Don't go from Apple to Google to Apple

后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于 ARP 和 RARP 的掌握程度。



总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点, ICMP, ARP, RARP, BOOTP & DHCP, OSPF, BGP, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. ICMP: 互联网控制信息协议, 包含互联网基本命令。
2. ARP: 由 IP 地址找 MAC 地址, 注意经过路由器是的操作。
3. RARP: 由 MAC 地址找 IP 地址
4. BOOTP & DHCP: 一个手工操作一个自动操作。
5. OSPF: 开放的最短路径优先协议。是一种常用的内部网关协议, 属于链路状态路由协议的一种。
6. BGP: 边界网关协议, 用于连接自治域, 是一种改进了的距离矢量路由协议, 保存完整的路由信息。

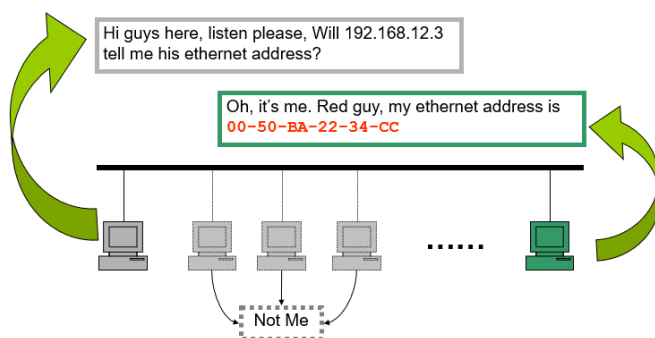
难点梳理:

ARP, RARP: 两个协议之间的关系, 是否用广播进行查找地址。

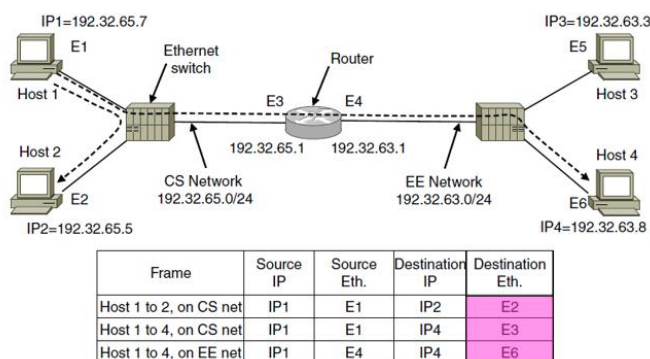
课后作业: 5-18, 5-19

板书设计:

1. 教师通过板书引导学生学习 ARP 的工作过程。



2. 跨越路由器时 ARP 如何工作。



课程思政呈现：

ARP 和 RARP 协议的工作过程，互联网的管理要在一定范围内实施，要有收有放，松紧适度，还要在适当的时候采用灵活的处理方法，具有灵活变通能力。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对 ICMP, ARP, RARP, BOOTP & DHCP, OSPF, BGP 有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第 5 版）机械工业出版社，2011。

[2] 谢希仁，计算机网络（第 8 版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第7版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹彭涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

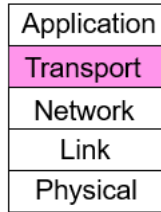
《计算机网络》课程教案（理论 19）

授课题目： 第六章传输层 6.1 传输服务	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 10 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 传输层功能，传输层与上下层之间的关系，传输服务元语，伯克利套接字。 能力目标： 传输层的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.1 传输服务 传输层功能，传输层与上下层之间的关系，传输服务元语，伯克利套接字。		
教学重点： 传输层功能，传输层与上下层之间的关系，传输服务元语，伯克利套接字。 教学难点： 传输层功能。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾网络体系结构的层次关系，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调传输层功能，传输层与上下层之间的关系，传输服务元语，伯克利套接字的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于传输层与网络层关系的了解程度。	

传输层与网络层数据单元的关系是什么？ [填空1]

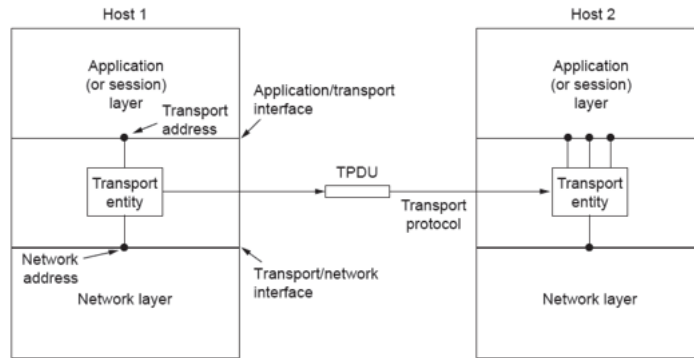
参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 传输层的位置：传输层为跨越网络提供可靠的数据传输。

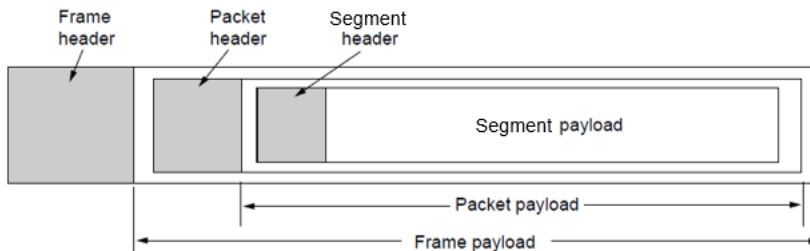


(2) 引入传输层的原因：消除网络层的不可靠性，提供从源端到目的端可靠的、与实际使用的网络无关的信息传输。

(3) 传输实体 TPDU:



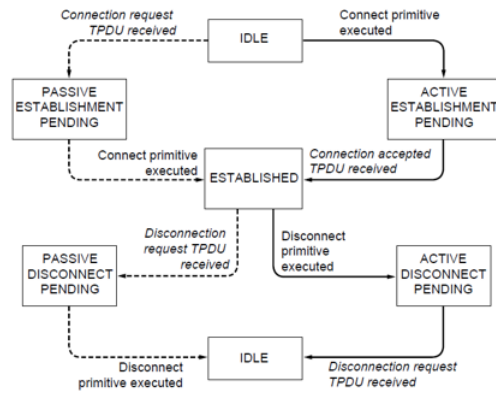
(4) 传输数据单元与相邻层数据单元的关系



(5) 传输服务元语：以服务器和客户端为例。

Primitive	Segment sent	Meaning
LISTEN	(none)	Block until some process tries to connect
CONNECT	CONNECTION REQ.	Actively attempt to establish a connection
SEND	DATA	Send information
RECEIVE	(none)	Block until a DATA packet arrives
DISCONNECT	DISCONNECTION REQ.	This side wants to release the connection

(6) 面向连接服务的状态转换图:



Solid lines (right) show client state sequence

Dashed lines (left) show server state sequence

Transitions in italics are due to segment arrivals.

(7) 伯克利套接字:

Primitive	Meaning
SOCKET	Create a new communication end point
BIND	Associate a local address with a socket
LISTEN	Announce willingness to accept connections; give queue size
ACCEPT	Passively establish an incoming connection
CONNECT	Actively attempt to establish a connection
SEND	Send some data over the connection
RECEIVE	Receive some data from the connection
CLOSE	Release the connection

后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于传输层功能的掌握程度。

填空题 1分

请写出传输层的基本功能 [填空1]

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容、整合学习要点传输层功能，传输层与上下层之间的关系，传输服务元语，伯克利套接字，布置课后作业。

知识点归纳:

- 传输层功能**: 为计算机网络提供端对端的可靠服务。
- 传输层与上下层之间的关系**: 服务关系以及数据封装关系。
- 传输服务元语**: 服务的基本单元。

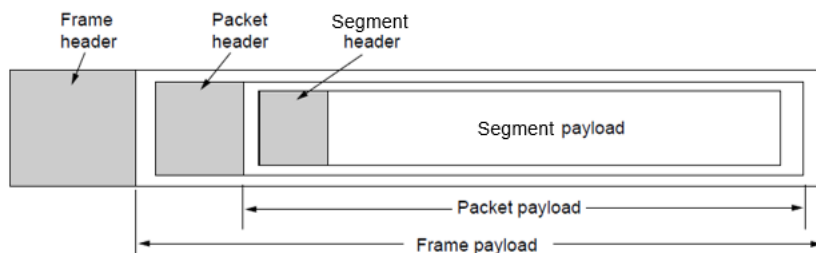
难点梳理:

传输层功能: 自下而上的层次结构中，第一个提供端对端，而不需要考虑子网结构的层。

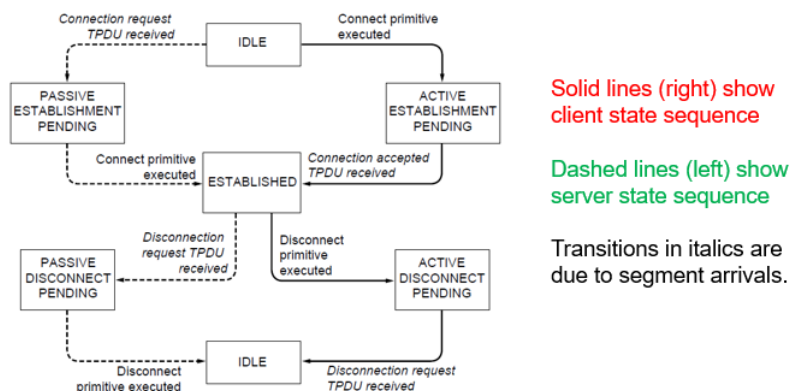
课后作业: 6-1, 6-3

板书设计:

- 教师通过板书引导学生学习数据结构的封装关系。



2. 服务器和客户端的状态转换关系。



课程思政呈现：

过传输层协议的学习，培养学生正确的世界观人生观价值观，树立诚信守法、尊重生命、关爱他人的观念和主动担责的品质。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生传输层功能以及与相邻层次的关系有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。
- [2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版),

机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 20）

授课题目： 第六章传输层 6.2 传输协议基本元素	授课类型 理论课	理论课
	授课时间 第 10 周第 3-4 节 (2 学时)	
教学目标或要求： 知识目标： 传输层寻址，连接建立，释放连接。 能力目标： 传输协议基本元素的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 以同学们熟悉的寻址为切入点，立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.2 传输协议基本元素 传输层寻址，连接建立，释放连接		
教学重点： 传输层寻址，连接建立，释放连接。 教学难点： 连接建立，释放连接。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的网络层和数据链路层地址标识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调连接建立，释放连接的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于传输层地址了解程度。	

传输层使用什么地址来标识特定的收发双方?

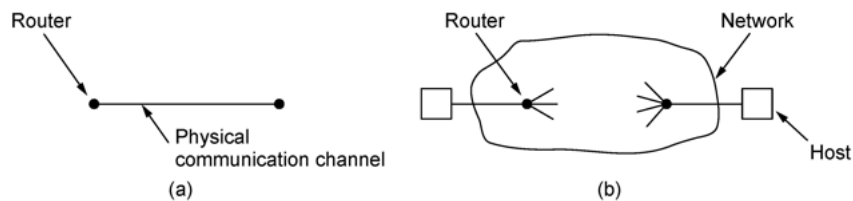
[填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

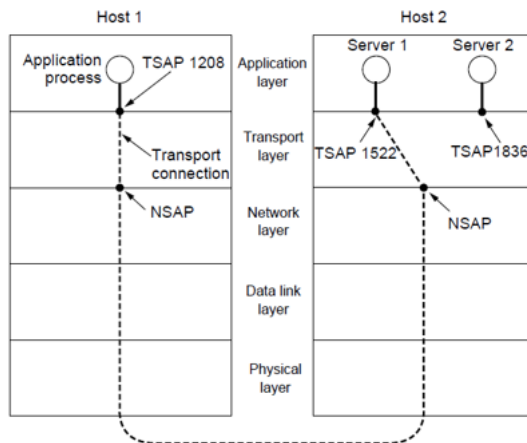
(1) 传输层与数据链路层的区别:。

- 两者都要解决: 差错控制、分组顺序、流量控制等问题
- 连接建立过程 (复杂性)
- 子网的存储能力

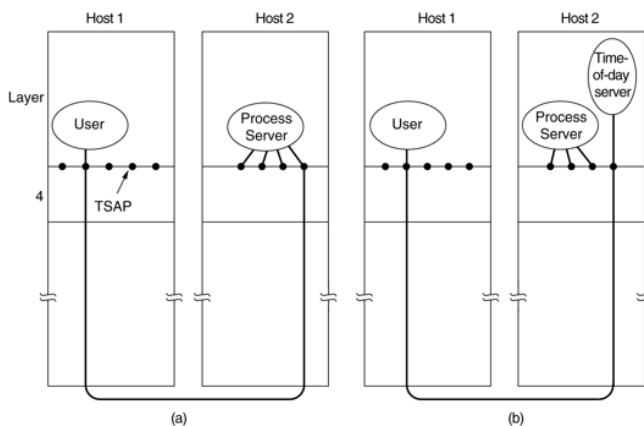
(2) 传输层所处位置: 端对端的传输, 不关系子网结构。



(3) 传输层寻址: 端口号



(4) 进程服务器:



(5) 建立连接的复杂性: 建立连接分组可能丢失, 损坏, 延迟或者重复,

最主要的问题是处理延迟的重复分组。

(6) 解决方案:

- 解决方法:
 - 废弃使用过的传输地址
 - 给每个连接分配一个连接标识符
- 连接标识符缺陷: 每个传输实体长时间保存历史信息。如果系统崩溃, 将造成信息丢失
- 改进技术, 删除在子网中“徘徊”的过时分组:
 - 将分组的生命周期限制在一个已知的最大值内:
 - 受限制的子网设计
 - 在每个分组内设计一个跳数计数器
 - 为每个分组加上时间标记(路由器时间同步)

(7) 两次握手:

➤ 两次握手方案

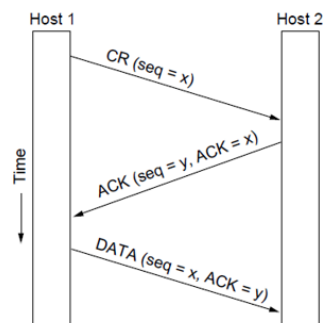
- A发出连接请求CR Segment, B发回连接确认ACK Segment
- 失败的原因: 网络层丢失、存储和重复包

(8) 三次握手:

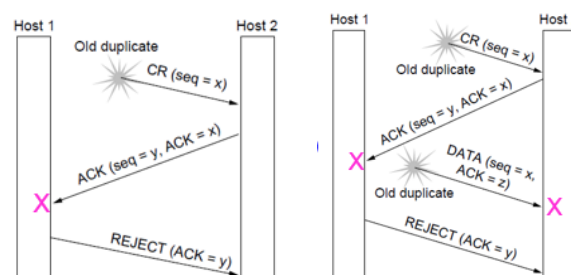
➤ 三次握手方案(three-way handshake)

- A发出序号为X的CR Segment;
- B发出序号为Y的ACK Segment并确认A的序号为X的CR Segment;
- A发出序号为X的第一个数据 Segment, 并确认B的序号为Y的 CR Segment.

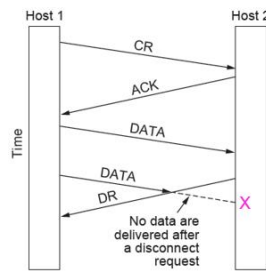
(9) 三次握手的实现:



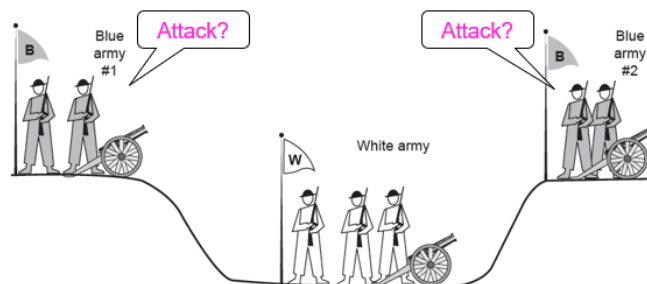
(10) 三次握手如何处理过时的重复分组:



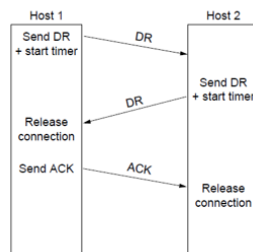
(11) 连接释放：对称和非对称的释放



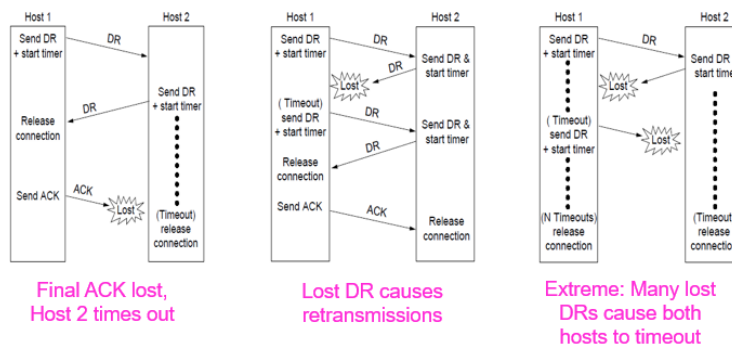
(12) 经典的两军交战问题：



(13) 释放连接三次握手：



(14) 释放连接三次握手如何处理丢失分组：



(15) 如何消除半连通：

➤ 三次握手的不足：第一个DR和所有N次的重发全部丢失，最终造成半连通的连接 → 协议失败

➤ 消除半连通的办法：在一段时间内没有收到任何Segment，便自动释放连接；定时器超时之前发送哑的Segment，避免另一方断开此连接

后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于半连通的掌握程度。

填空题 1分

什么是半连通? [填空1]

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，传输层寻址，连接建立，释放连接，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 传输层寻址：找到特定收发双方的四种方法。
2. 连接建立：三次握手如何处理异常情况。
3. 释放连接：三次握手如何处理丢失和重复的分组。

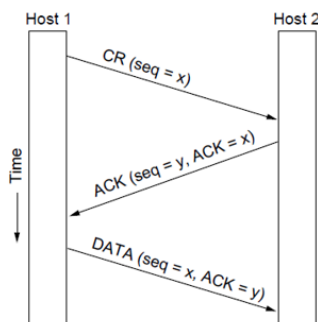
难点梳理：

连接建立，释放连接：分别为三次握手，该方案如何达到基本令人满意的效果。

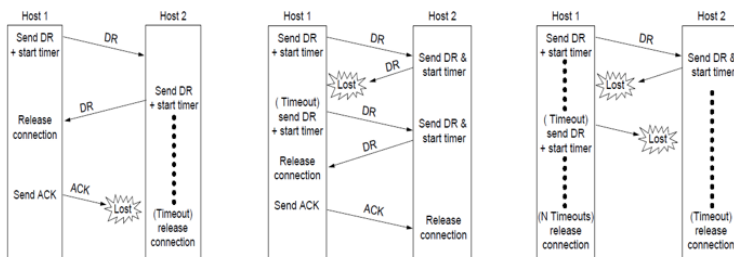
课后作业： 6-8, 6-9

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习建立连接三次握手的工作过程。



2. 三次握手如何处理丢失分组。



Final ACK lost, Host 2 times out

Lost DR causes retransmissions

Extreme: Many lost DRs cause both hosts to timeout

课程思政呈现:

虽然三次握手基本令人满意,但也不能 100%保证正确性。虽然我们追求技术的精进,但是也要权衡多因素,找到最好的平衡点。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成,重点是使学生对传输层功能,建立连接和释放连接有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂,小组讨论,随机点名等方式,发现学生精力非常集中,以后注意调节授课内容,适时讨论前沿热点技术,活跃课堂气氛,引领学生聚焦前沿,逐步发觉自己的兴趣点,树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络(英文版·第5版)机械工业出版社,2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络(第8版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络:自顶向下方法(英文版·第7版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth], 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络(第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络(李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络(国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 21）

授课题目： 第六章传输层 6.3 差错控制和拥塞控制	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 11 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 传输层差错控制，流量控制。 能力目标： 传输层差错控制，流量控制的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.3 差错控制和拥塞控制 传输层差错控制，流量控制		
教学重点： 传输层差错控制，流量控制。 教学难点： 流量控制。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的网络层差错控制和流量控制策略，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调差错控制和流量控制的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于传输层流量控制的了解程度。	

传输层采用什么流量控制策略? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

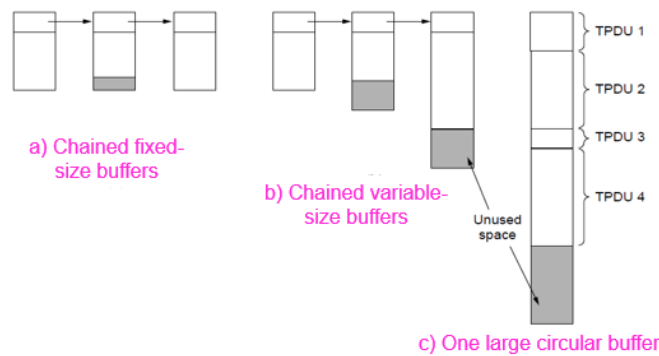
(1) 传输层流量控制基础: 可变大小的滑动窗口协议。

Foundation for error control is a sliding window (from Link layer) with checksums and retransmissions

Flow control manages buffering at sender/receiver

- Issue is that data goes to/from the network and applications at different times
- Window tells sender available buffering at receiver
- Makes a variable-size sliding window

(2) 三种缓冲策略: 固定大小的缓冲空间, 可变大小缓冲空间, 循环使用的缓冲空间。



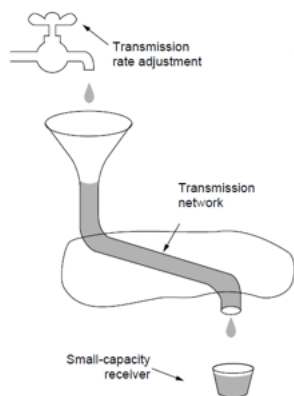
(3) 流量控制策略: 可变大小的滑动窗口协议。

A	Message	B	B's Buffer	Comments
1	→ < request 8 buffers >	→		A wants 8 buffers
2	← < ack = 15, buf = 4 >	←	0 1 2 3	B grants messages 0-3 only
3	→ < seq = 0, data = m0 >	→	0 1 2 3	A has 3 buffers left now
4	→ < seq = 1, data = m1 >	→	0 1 2 3	A has 2 buffers left now
5	→ < seq = 2, data = m2 >	...	0 1 2 3	Message lost but A thinks it has 1 left
6	← < ack = 1, buf = 3 >	←	1 2 3 4	B acknowledges 0 and 1, permits 2-4
7	→ < seq = 3, data = m3 >	→	1 2 3 4	A has 1 buffer left
8	→ < seq = 4, data = m4 >	→	1 2 3 4	A has 0 buffers left, and must stop
9	→ < seq = 2, data = m2 >	→	1 2 3 4	A times out and retransmits
10	← < ack = 4, buf = 0 >	←	1 2 3 4	Everything acknowledged, but A still blocked
11	← < ack = 4, buf = 1 >	←	2 3 4 5	A may now send 5
12	← < ack = 4, buf = 2 >	←	3 4 5 6	B found a new buffer somewhere
13	→ < seq = 5, data = m5 >	→	3 4 5 6	A has 1 buffer left
14	→ < seq = 6, data = m6 >	→	3 4 5 6	A is now blocked again
15	← < ack = 6, buf = 0 >	←	3 4 5 6	A is still blocked
16	... < ack = 6, buf = 4 >	←	7 8 9 10	Potential deadlock

(4) 拥塞控制: 传输层控制发送的流量, 网络层由经历拥塞的分组传递拥塞信息。

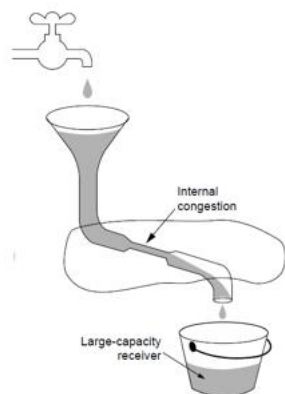
(5) 传输层控制发送流量速率: 发送方可能由不同原因减慢发送速度, 其一接收方的接收速度不够快, 为防止溢出发送方需要减速; 其二出现拥塞,

中间子网传输速度不够快。



A fast network feeding a low-capacity receiver
→ flow control is needed

(6) 本节重点处理通信子网出现拥塞的情形：



A slow network feeding a high-capacity receiver
→ congestion control is needed

后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于网络层和传输层拥塞策略的掌握程度。

填空题 1分

网络层和传输层拥塞策略有何区别? [填空1]

总结 (S)：(5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，传输层差错控制，流量控制，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 传输层差错控制：在发送方缓冲所有的数据，每个字节进行编号。
2. 流量控制：滑动窗口协议实现流量控制。

难点梳理：

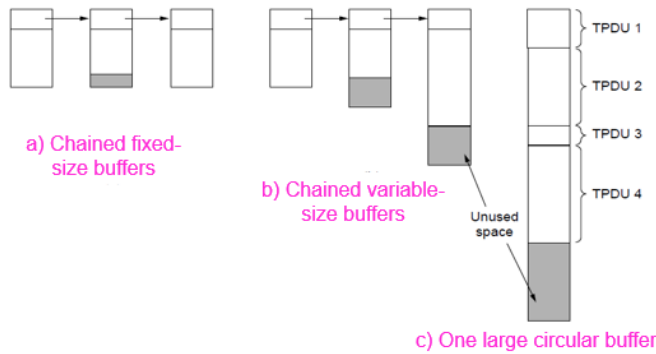
流量控制：可变滑动窗口协议的实现，窗口大小如果确定，收发双方

之间速率的协调。

课后作业：6-11, 6-14

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习不同缓冲空间存储策略以及优缺点。



2. 可变大小的滑动窗口协议。

A	Message	B	B's Buffer	Comments
1	→ < request 8 buffers >	→		A wants 8 buffers
2	← < ack = 15, buf = 4 >	←	0 1 2 3	B grants messages 0-3 only
3	→ < seq = 0, data = m0 >	→	0 1 2 3	A has 3 buffers left now
4	→ < seq = 1, data = m1 >	→	0 1 2 3	A has 2 buffers left now
5	→ < seq = 2, data = m2 >	...	0 1 2 3	Message lost but A thinks it has 1 left
6	← < ack = 1, buf = 3 >	←	1 2 3 4	B acknowledges 0 and 1, permits 2-4
7	→ < seq = 3, data = m3 >	→	1 2 3 4	A has 1 buffer left
8	→ < seq = 4, data = m4 >	→	1 2 3 4	A has 0 buffers left, and must stop
9	→ < seq = 2, data = m2 >	→	1 2 3 4	A times out and retransmits
10	← < ack = 4, buf = 0 >	←	1 2 3 4	Everything acknowledged, but A still blocked
11	← < ack = 4, buf = 1 >	←	2 3 4 5	A may now send 5
12	← < ack = 4, buf = 2 >	←	3 4 5 6	B found a new buffer somewhere
13	→ < seq = 5, data = m5 >	→	3 4 5 6	A has 1 buffer left
14	→ < seq = 6, data = m6 >	→	3 4 5 6	A is now blocked again
15	← < ack = 6, buf = 0 >	←	3 4 5 6	A is still blocked
16	... < ack = 6, buf = 4 >	←	7 8 9 10	Potential deadlock

课程思政呈现：

存在多种缓冲空间策略，但是没有一种是完美的，“人无完人，金无足赤”要权衡多因素，找到最佳的平衡点。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对传输层拥塞控制有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的

努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 22）

授课题目： 第六章传输层 6.4 互联网传输协议 UDP	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 11 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： UDP 协议，远程呼叫，实时传输协议。 能力目标： UDP 协议的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.4 互联网传输协议 UDP 协议，远程呼叫，实时传输协议		
教学重点： UDP 协议，远程呼叫，实时传输协议。 教学难点： UDP 协议。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的传输层知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调 UDP 协议的普遍性和重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于 UDP 协议的了解程度。	

填空题 3分

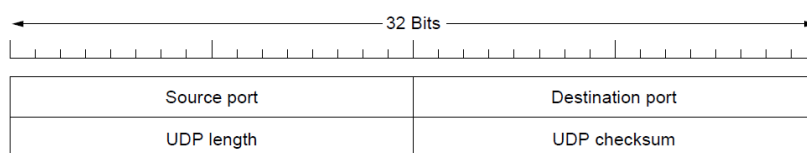
此题不设置答案，请考生自行核对答案

UDP三个字母分别是哪三个词的缩写? [填空1]
[填空2] [填空3]

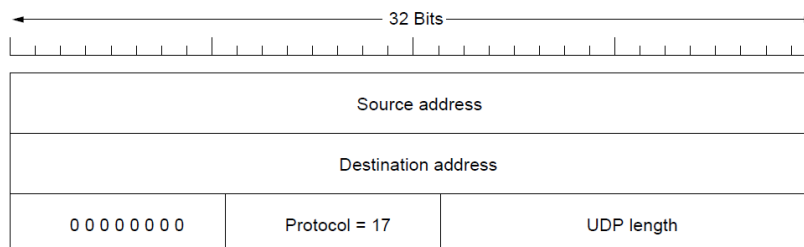
参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) UDP 定义: User Datagram Protocol 用户数据报协议。

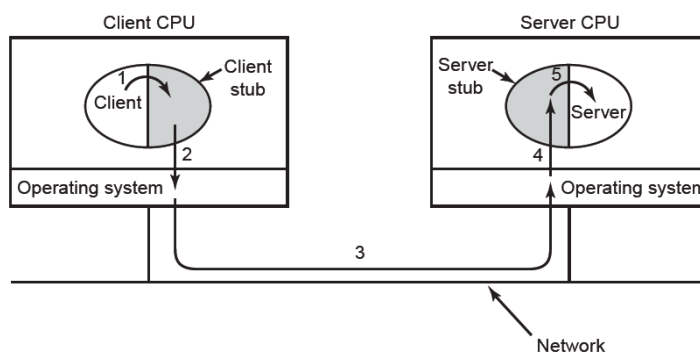
(2) UDP 头部结构: 固定大小的缓冲空间, 可变大小缓冲空间, 循环使用的缓冲空间。



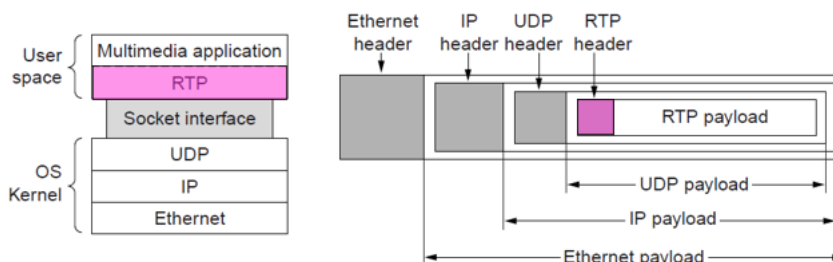
(3) UDP 伪头部: 只做校验使用, 不进行传输。



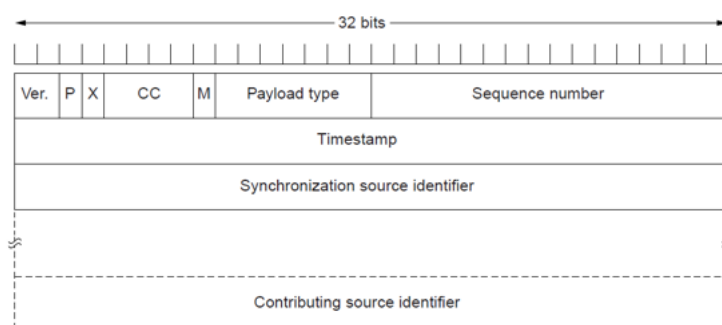
(4) RPC:



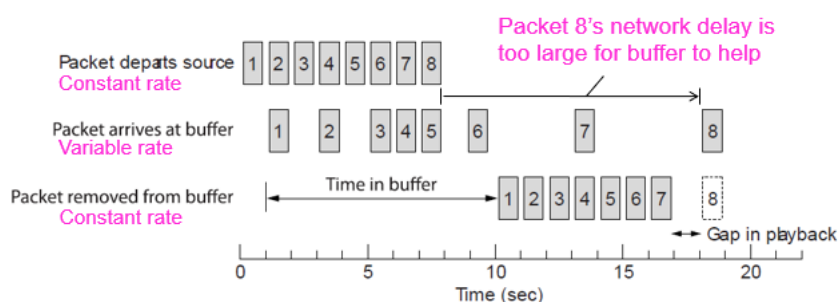
(5) 实时传输 RTP (Real-time Transport Protocol): 在 UDP 基础上为实时传输提供支持。



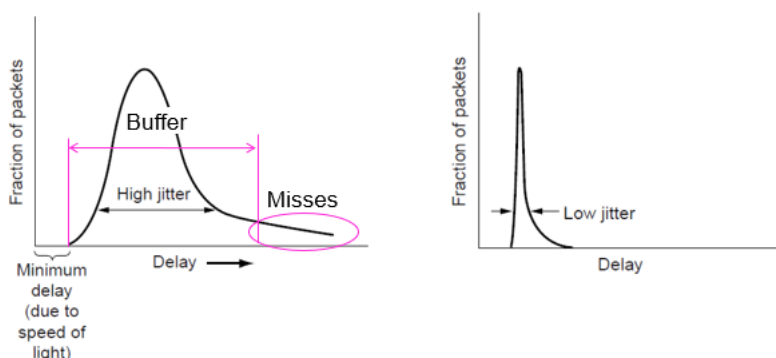
(6) RTP 头部结构:



(7) RTP 缓冲:



(8) RTP 抖动:



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于 UDP 协议的掌握程度。

填空题 1分

UDP的作用是什么? [填空1]

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，UDP 协议，远程呼叫，实时传输协议，布置课后作业。

知识点归纳:

1. UDP: 无需建立连接，报头小，简单，延迟段，但是不可靠。

2. 远程呼叫：网络层之上在相近的过程呼叫间建立连接。
3. 实时传输协议：在 UDP 基础上为实时传输提供支持。

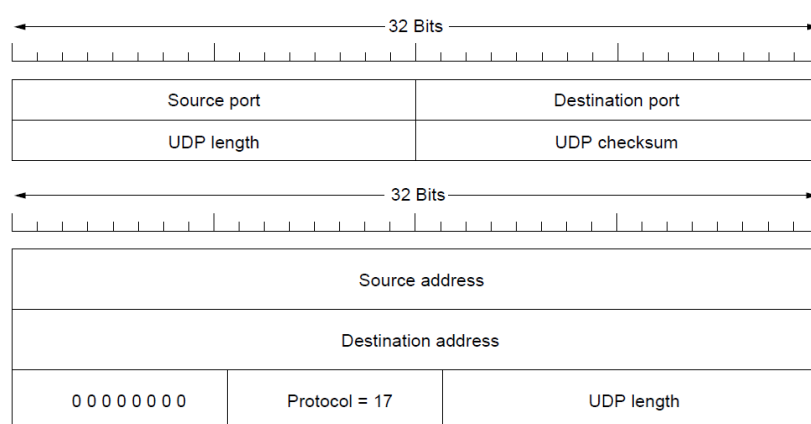
难点梳理：

UDP：头部结构和伪头部，协议存在的必要性，无连接特性以及使用范围，在该协议基础上设计的其他协议。

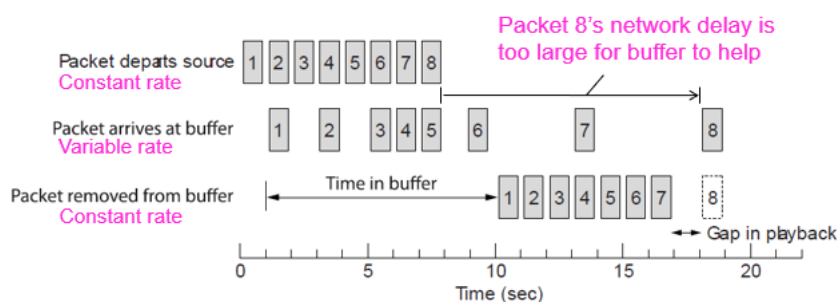
课后作业： 6-15, 6-16

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 UDP 头部结构和伪头部。



2. RTP 缓冲的设计和实现。



课程思政呈现：

存在多种缓冲空间策略，但是没有一种是完美的，“人无完人，金无足赤”要权衡多因素，找到最佳的平衡点。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对 UDP 协议有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，

活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第5版）机械工业出版社，2011。

[2] 谢希仁，计算机网络（第8版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第7版)，机械工业出版社，2018。

[4] 王达，深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] ，中国水利水电出版社，2017。

[5] 户根勤，矢泽久雄，网络是怎样连接的，人民邮电出版社，2019。

[6] 季福坤，钱文光，魏艳娜，邹澎涛，颜煜，数据通信与计算机网络（第三版），中国水利水电出版社，2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源：

[1] 中国大学 MOOC 平台：SPOC 课程：2021 春计算机网络（李巍）

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台：哈尔滨工业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台：南京农业大学：计算机网络（国家精品课程）

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源：

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 23）

授课题目: 第六章传输层 6.5 互联网传输协议 TCP	授课类型 理论课	
	授课时间 第 12 周第 1-2 节 (2 学时)	
教学目标或要求: 知识目标: TCP 服务模型, TCP 头部结构, TCP 建立连接过程, TCP 状态模型。 能力目标: TCP 的学习, 培养学生工程意识和工程实践能力, 培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标: 立足国情, 培养学生居安思危、立志报国的精神, 和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容: 6.5 互联网传输协议 TCP TCP 服务模型, TCP 头部结构, TCP 建立连接过程, TCP 状态模型		
教学重点: TCP 服务模型, TCP 头部结构, TCP 建立连接过程。 教学难点: TCP 头部结构。		
教学实施过程设计	教学手段与方法: BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计: 导入 (B) (5 分钟): 课堂伊始, 通过回顾学习过的 UDP 知识, 引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟): 教师讲述本节课的学习目标和要求, 强调 TCP 协议的普遍性和重要性。 前测 (P) (5 分钟): 教师发送出雨课堂问题, 测试学生对于 TCP 协议的了解程度。	

TCP三个字母分别是哪三个词的缩写? [填空1]
[填空2] [填空3]

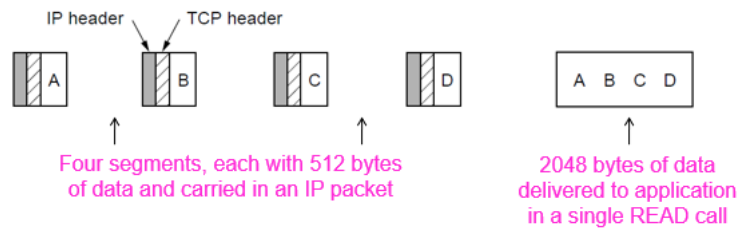
参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) TCP 定义: Transmission Control Protocol 传输控制协议。

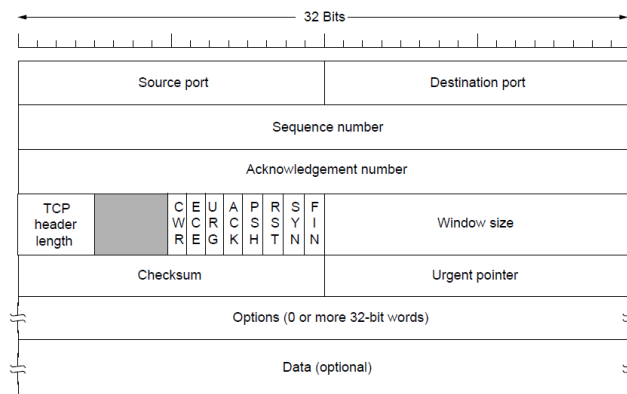
(2) TCP 提供服务的典型端口:

Port	Protocol	Use
20, 21	FTP	File transfer
22	SSH	Remote login, replacement for Telnet
25	SMTP	Email
80	HTTP	World Wide Web
110	POP-3	Remote email access
143	IMAP	Remote email access
443	HTTPS	Secure Web (HTTP over SSL/TLS)
543	RTSP	Media player control
631	IPP	Printer sharing

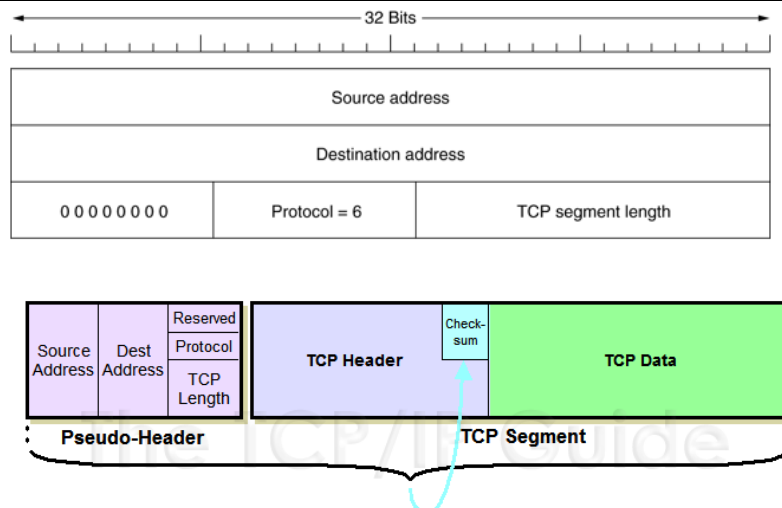
(3) TCP 接收的是字节流而不是消息流。



(4) TCP 头部结构: 教师要详细讲解每一个字段的含义以及字段如何配合使用。



(5) TCP 伪头部: 只做校验使用, 传输 TCP 数据报是将伪头部丢弃。

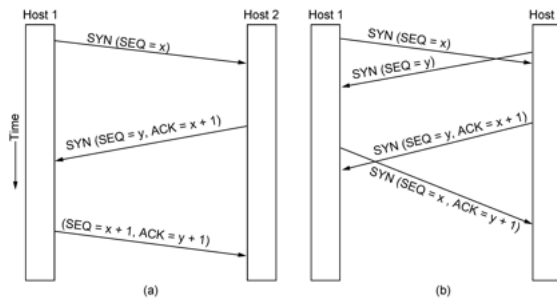


Checksum Calculated Over Pseudo Header and TCP Segment

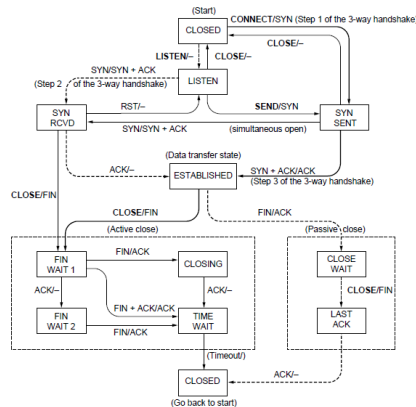
(6) TCP 连接状态模型:

State	Description
CLOSED	No connection is active or pending
LISTEN	The server is waiting for an incoming call
SYN RCVD	A connection request has arrived; wait for ACK
SYN SENT	The application has started to open a connection
ESTABLISHED	The normal data transfer state
FIN WAIT 1	The application has said it is finished
FIN WAIT 2	The other side has agreed to release
TIME WAIT	Wait for all packets to die off
CLOSING	Both sides have tried to close simultaneously
CLOSE WAIT	The other side has initiated a release
LAST ACK	Wait for all packets to die off

(7) TCP 连接: 正常和异常



(8) TCP 连接状态模型:



后测 (P) (7 分钟) : 使用雨课堂给出 1 道测试题目, 测试学生对于 TCP

协议确认号以及累计确认的掌握程度。

单选题 1分

设置

(2011年考研40题) 主机甲和主机乙之间建立了一个TCP连接，主机甲向主机乙发送了3个连续的TCP段，分别包含300字节、400字节和500字节的有效载荷，第3个段的序号900。若主机乙仅正确接收到第1和第3个段，则主机乙发送给主机甲的确认序号是（ ）

- A 300 B 500
 C 1200 D 1400

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，TCP 服务模型，TCP 头部结构，TCP 建立连接过程，TCP 状态模型，布置课后作业。

知识点归纳：

1. TCP：需要建立连接和释放连接，可靠，但是占用网络资源。
2. TCP 头部结构：理解每一个字段的含义和应用。
3. TCP 建立连接过程：建立连接过程的复杂性，如何用头部字段实现三次握手。

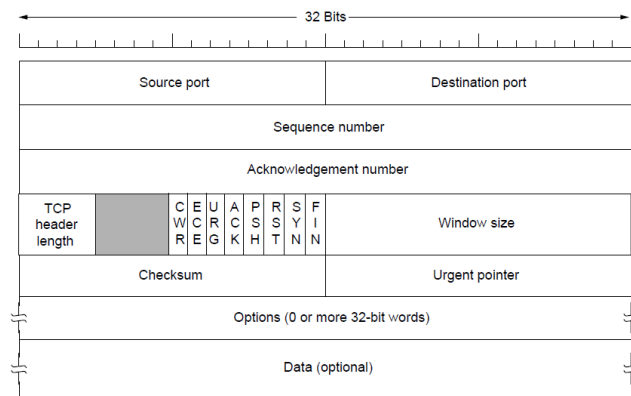
难点梳理：

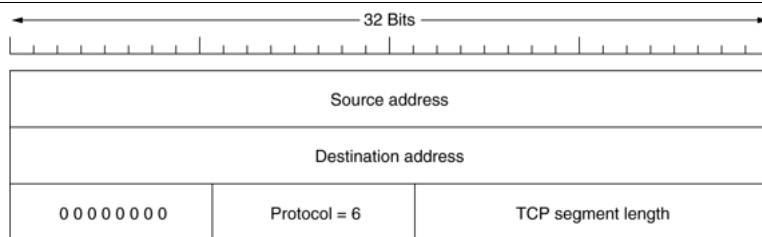
TCP 头部结构：头部结构和伪头部，协议存在的必要性，面向连接特性以及适用范围，如何使用头部字段实现三次握手。

课后作业：6-17, 6-20

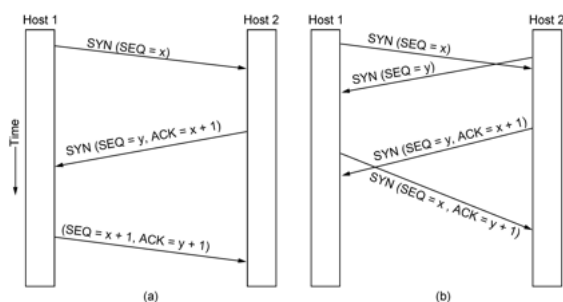
板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 TCP 头部结构和伪头部。





2. TCP 连接实现。



课程思政呈现：

TCP 和 UDP 协议在建立连接，维持通信状态，带宽占用率，可靠性等方面各有利弊，在现实情况下，要权衡多因素，找到最佳的平衡点。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对 TCP 协议有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。
- [2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。
- [4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国

水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

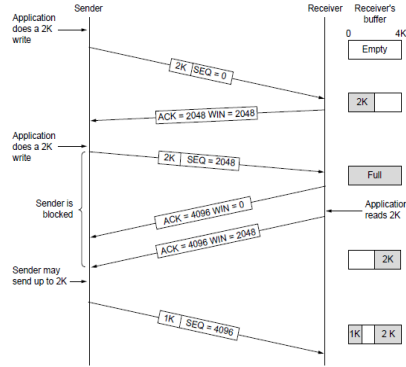
《计算机网络》课程教案（理论 24）

授课题目： 第六章传输层 6.5 互联网传输协议 TCP	授课类型	理论课
	授课时间	第 12 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： TCP 滑动窗口，TCP 时间管理，TCP 拥塞控制。 能力目标： TCP 滑动窗口以及拥塞控制的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.5 互联网传输协议 TCP TCP 滑动窗口，TCP 时间管理，TCP 拥塞控制		
教学重点： TCP 滑动窗口，TCP 时间管理，TCP 拥塞控制。 教学难点： TCP 滑动窗口，TCP 拥塞控制。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的 TCP 知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调 TCP 滑动窗口协议和拥塞控制的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于 TCP 滑动窗口协议的了解程度。	

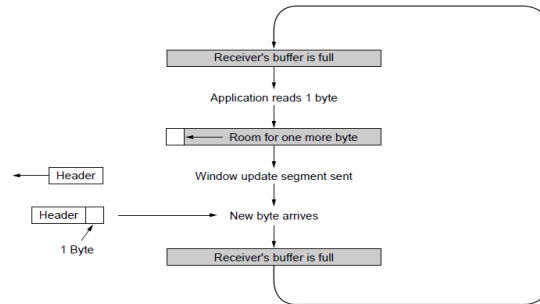
TCP使用什么滑动窗口协议? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

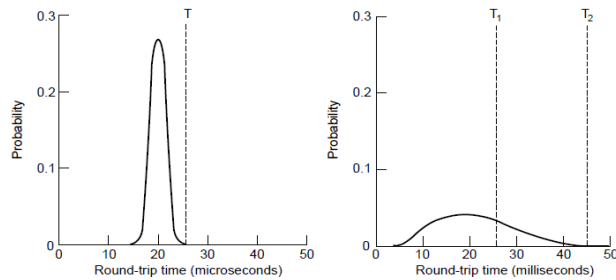
(1) TCP 滑动窗口: 发送方可发送数据量由 ACK 和 WIN 决定。



(2) 蠢笨窗口综合症: 解决发送方每次只发送一个字节的问题。



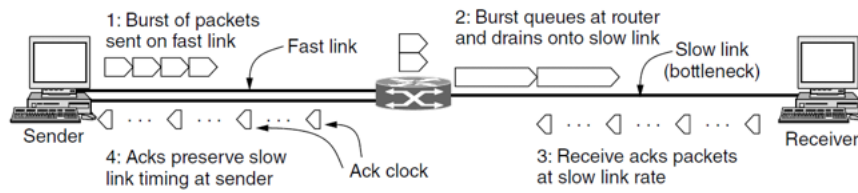
(3) TCP 时间管理: TCP 从分片 RTTs 估算重传时间。



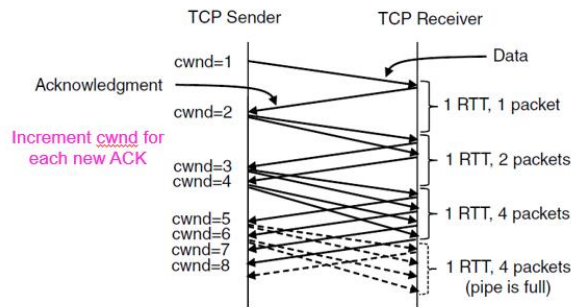
(4) TCP 拥塞控制: TCP 使用带丢失信号的 AIMD 实现拥塞控制。

Name	Mechanism	Purpose
ACK clock	Congestion window (<u>cwnd</u>)	Smooth out packet bursts
Slow-start	Double <u>cwnd</u> each RTT	Rapidly increase send rate to reach roughly the right level
Additive Increase	Increase <u>cwnd</u> by 1 packet each RTT	Slowly increase send rate to probe at about the right level
Fast retransmit / recovery	Resend lost packet after 3 duplicate ACKs; send new packet for each new ACK	Recover from a lost packet without stopping ACK clock

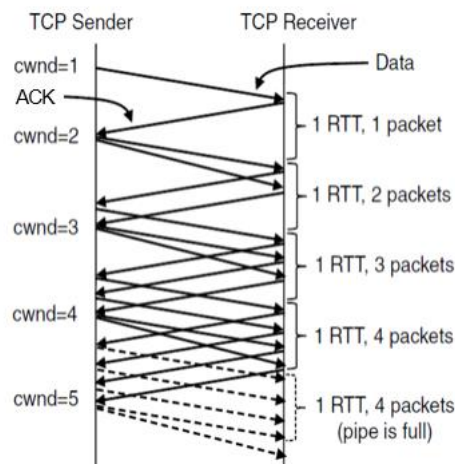
(5) TCP 拥塞窗口控制发送速率：速率为 cwnd 或者 RTT。



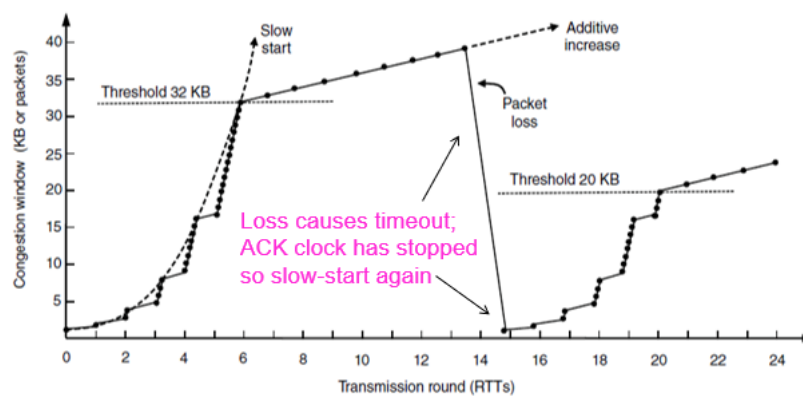
(6) TCP 慢启动指数地增加拥塞窗口大小：



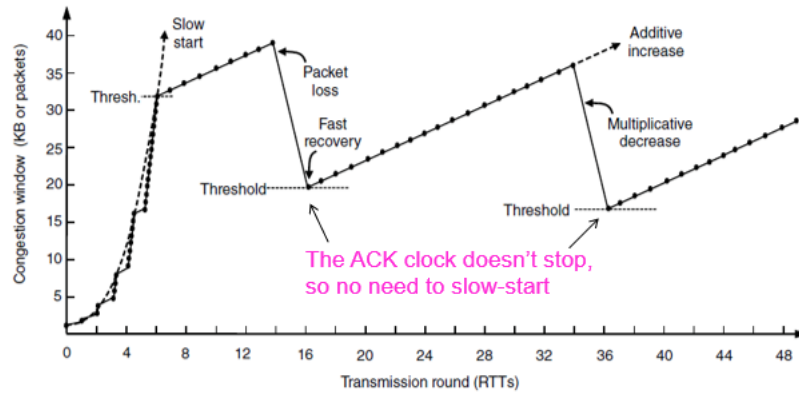
(7) TCP 慢速有增长 cwnd：



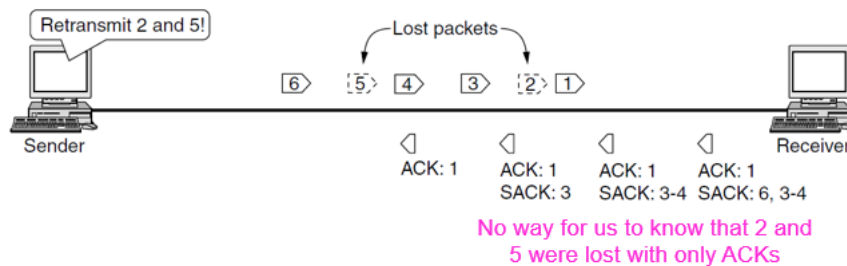
(8) TCP Tahoe 算法：



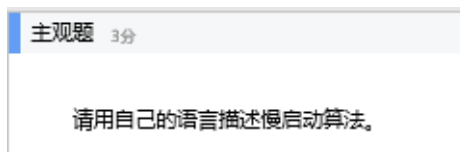
(9) TCP 快速恢复算法 (TCP Reno)



(10) TCP SACK



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于 TCP 协议确认号以及累计确认的掌握程度。



总结 (S)：(5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，TCP 滑动窗口，TCP 时间管理，TCP 拥塞控制，布置课后作业。

知识点归纳：

1. TCP 滑动窗口：可变滑动窗口协议，发送方窗口由 ACK 和 WIN 决定。
2. TCP 时间管理：由返回和丢失数据确定时间节奏。
3. TCP 拥塞控制：慢启动算法的原理和工作过程。

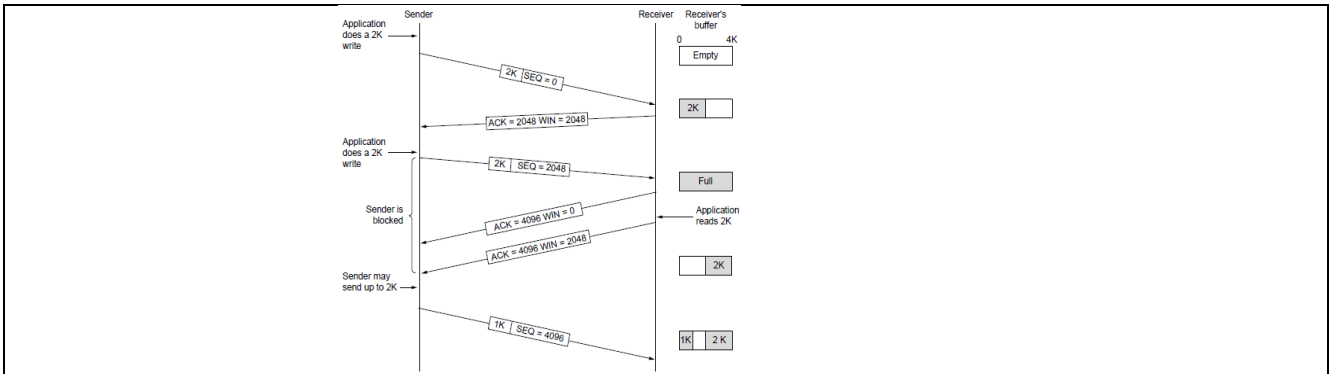
难点梳理：

TCP 拥塞控制：Tahoe 和 Reno 算法的区别。

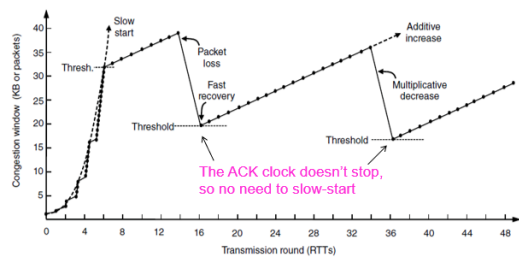
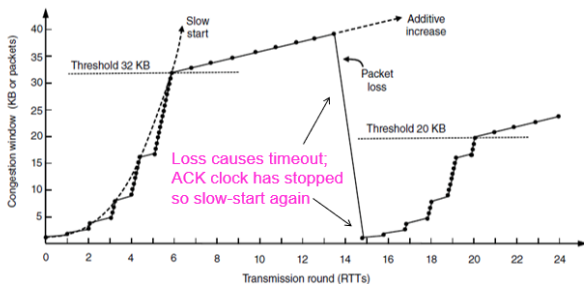
课后作业： 6-21, 6-22

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 TCP 滑动窗口协议。



2. TCP Tahoe 和 Reno 算法。



课程思政呈现:

TCP 慢启动算法初期采用指数增长方式增加数据量，到达阈值时线性增长，超时重新探索最佳的发送速率。人生中很多事情不能一蹴而就，需要不断摸索，我们应具有不畏艰难，砥砺前行的决心和勇气。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对 TCP 拥塞控制和滑动窗口协议有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第7版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹彭涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 25）

授课题目： 第六章传输层 6.6 传输层性能	授课类型 理论课	理论课
	授课时间	第 13 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 传输层性能问题，网络性能测量，主机设计，快速分片处理，头部压缩。 能力目标： 传输层性能学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.6 传输层性能 传输层性能问题，网络性能测量，主机设计，快速分片处理，头部压缩。		
教学重点： 传输层性能问题，网络性能测量，主机设计，快速分片处理，头部压缩。		
教学难点： 网络性能测量。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的网络层性能知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调传输层性能问题的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于传输层性能的了解程度。	

与网络层相比，如何衡量传输层性能？ [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 传输层性能问题：不可预知的流量通常会在网络性能方面产生问题，需要传输层找到解决方案并优化传输协议。

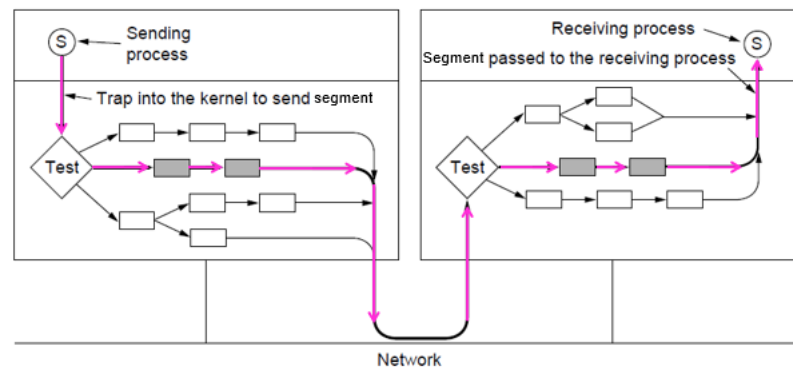
(2) 网络性能测量：衡量标准是理解传输层性能的关键，但是其本身也有一些陷阱，例如：时钟可能会使传输事件过快或者过慢。

(3) 快速网络的主机设计：性能落后的主机软件可能会大大降低网络速度。快速主机软件的一些基本原则：主机的速度比网络速度更重要；减少分组计数以便减少额外时间；最小化数据处理；最小化内容转化；避免拥塞比从拥塞中恢复更重要；避免超时。

Rules of thumb for fast host software:

- Host speed more important than network speed
- Reduce packet count to reduce overhead
- Minimize data touching
- Minimize context switches
- Avoiding congestion is better than recovering from it
- Avoid timeouts

(4) 快速分片处理：使用快速通道进行加速，处理分组预期的头部，其他分组可以按前序处理。



(5) 快速分片处理：相邻分组的头部通常都是相同的，因此可以按照前一个分组头部处理后一个，加速处理过程。

Source port		Destination port		VER.	IHL	TOS	Total length		
Sequence number				Identification			Fragment offset		
Acknowledgement number				TTL		Protocol	Header checksum		
Len	Unused	Window size		Source address					
Checksum		Urgent pointer			Destination address				

(6) 头部压缩： 压缩以及可能遇到的问题

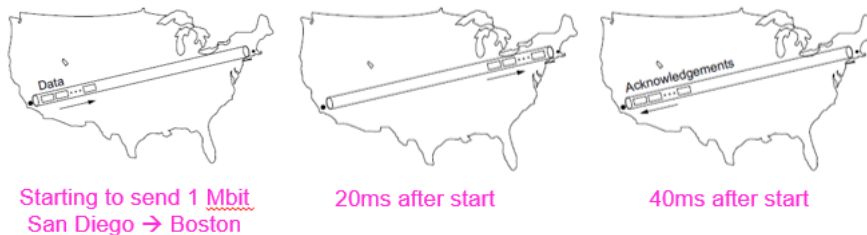
Overhead can be very large for small packets

- 40 bytes of header for RTP/UDP/IP VoIP packet
- Problematic for slow links, especially wireless

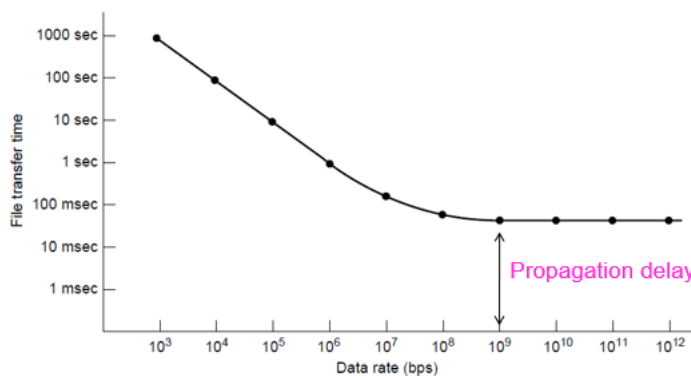
Header compression mitigates this problem

- Runs between Link and Network layer
- Omits fields that don't change or change predictably
 - 40 byte TCP/IP header → 3 bytes of information
- Gives simple high-layer headers and efficient links

(7) “Long Fat”网络问题: 网络具有很高的带宽 (Fat) 和很高的延迟 (Long), 能在网络内部存储很多信息。



(8) “Long Fat”网络应对策略:



Minimum time to send and ACK a 1-Mbit file over a 4000-km line

后测 (P) (7 分钟) : 使用雨课堂给出 1 道测试题目, 测试学生对于 Long Fat 网络的掌握程度。

有什么策略应对 “Long Fat” 网络? [填空1]

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容, 整合学习要点, 传输层性能问题, 网络性能测量, 主机设计, 快速分片处理, 头部压缩, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. 传输层性能问题: 性能是衡量一个层次以及该层协议的重要标准。
2. 网络性能测量: 网络性能测量标准。
3. 主机设计: 为快速网络而设计的主机协议。
4. 头部压缩: 为节省处理时间进行头部压缩。

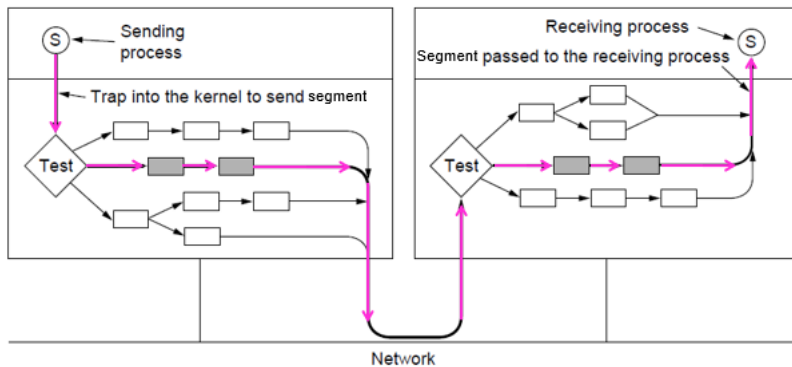
难点梳理:

网络性能测量: 衡量标准不同 (如: 延迟, 带宽, 吞吐量, 丢包率, 费用等), 可能得到的结论有差异。

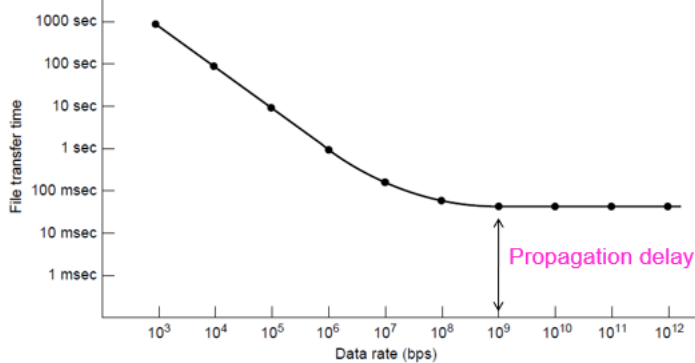
课后作业: 6-23, 6-24

板书设计:

1. 教师通过板书引导学生学习快速分片处理。



2. “Long Fat”网络应对策略。



Minimum time to send and ACK a 1-Mbit file over a 4000-km line

课程思政呈现:

性能问题是网络设计遇到的一个非常重要的问题，一个协议设计的成功与否，要通过实际的性能测量来衡量。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对传输层性能问题有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。
- [2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。
- [4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。
- [5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。
- [6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版),

中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

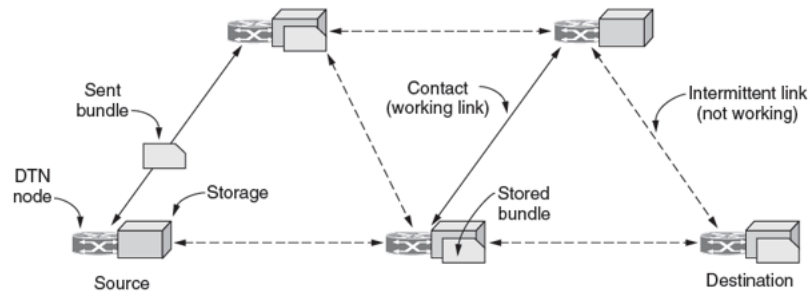
《计算机网络》课程教案（理论 26）

授课题目： 第六章传输层 6.7 延迟容忍网络 DTN	授课类型 理论课	理论课
	授课时间 第 13 周第 3-4 节 (2 学时)	
教学目标或要求： 知识目标： DTN 体系结构，捆绑协议。 能力目标： DTN 体系结构和捆绑协议的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 6.7 延迟容忍网络 DTN DTN 体系结构，捆绑协议。		
教学重点： DTN 体系结构，捆绑协议。 教学难点： DTN 体系结构。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾学习过的传输层知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调延迟容忍网络的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于延迟容忍网络的了解程度。	

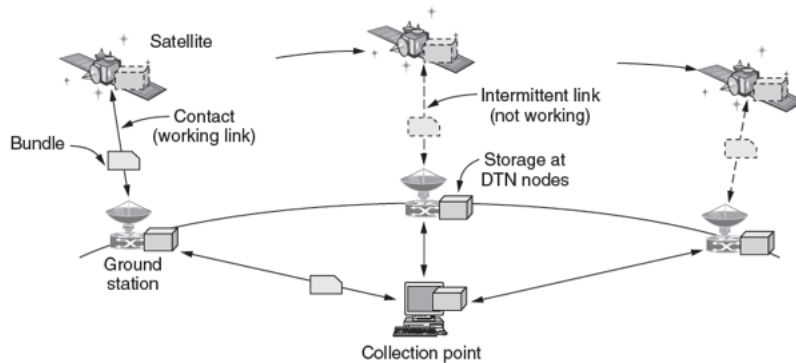
什么是延迟容忍网络? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

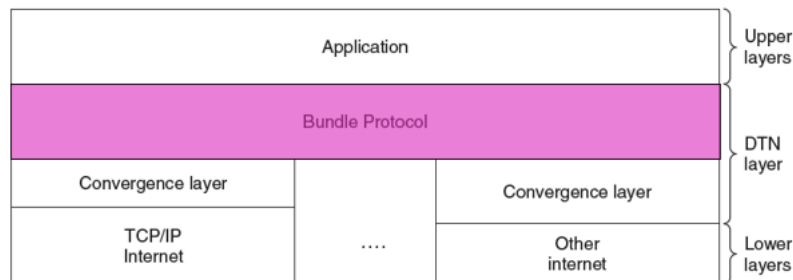
(1) DTN 体系结构: 网络内部存储信息直到它们可以被传输出去。信息可能会被存储于 DTN 节点上。



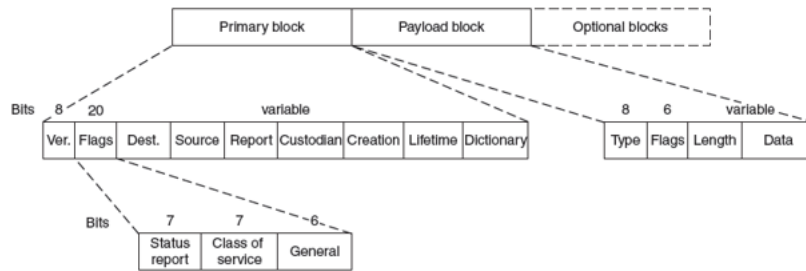
(2) 连接卫星节点的 DTN 举例:



(3) 捆绑协议: 使用 TCP 或者其他传输协议为应用层提供 DTN 服务。



(4) 捆绑协议信息格式: 源地址和目的地址为高层地址, 没有端口号和 IP 地址; 字典提供压缩服务以提高效率。



后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于捆绑协议的掌握程度。

填空题 1分

捆绑协议的特点是什么? [填空1]

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，DTN 体系结构，捆绑协议，布置课后作业。

知识点归纳：

1. DTN 体系结构：网络内部存储信息直到它们可以被传输出去。
2. 捆绑协议：。使用 TCP 或者其他传输协议为应用层提供 DTN 服务，协议格式

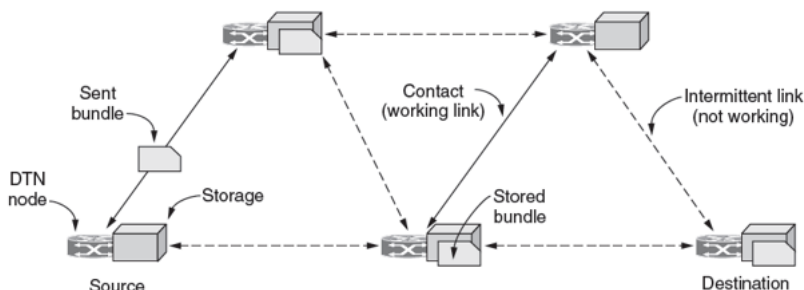
难点梳理：

DTN 体系结构：该网络如何处理被存储的信息，体系结构设计要点。

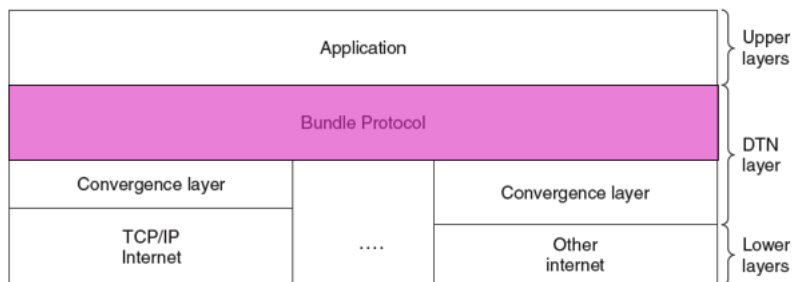
课后作业： 6-25, 6-26

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 DTN 体系结构。



2. 捆绑协议。



课程思政呈现:

捆绑协议在无法避免存储分组的情况下，设计协议应对。在实际情况中，也有不很多暂时解决不了的问题，只能采用过渡性手段应对。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生对DTN和捆绑网络有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

- [1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第5版) 机械工业出版社, 2011。
- [2] 谢希仁, 计算机网络 (第8版), 电子工业出版社, 2021。
- [3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第7版), 机械工业出版社, 2018。
- [4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。
- [5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。
- [6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹彭涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 27）

授课题目： 第七章应用层 7.1 域名系统 DNS	授课类型 理论课	理论课
	授课时间 第 14 周第 1-2 节 (2 学时)	
教学目标或要求： 知识目标： 域名空间，域名资源记录，域名服务器。 能力目标： 域名系统的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 7.1 域名系统 DNS 域名空间，域名资源记录，域名服务器。		
教学重点： 域名空间，域名资源记录，域名服务器。 教学难点： 域名服务器。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾经常使用的网络与 IP 地址知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调域名系统的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于域名系统的了解程度。	

DNS的全称是什么? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 应用层位置: 是网络体系结构的最上层。

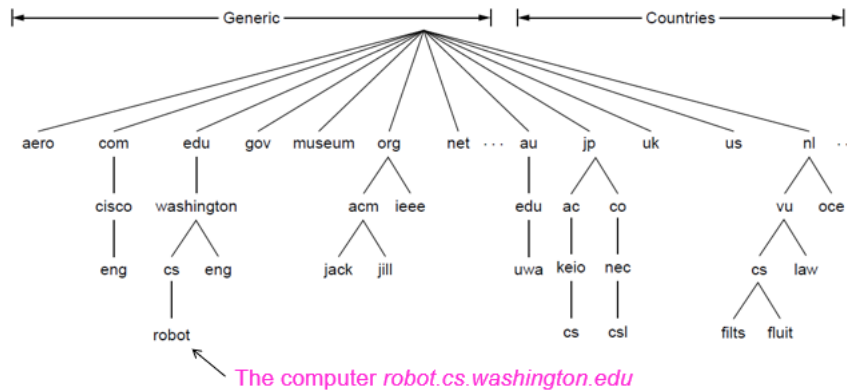
Application
Transport
Network
Link
Physical

(2) 域名系统 DNS: 将高层次的人类可读的名字转换为计算机可读的低层次 IP 地址。

The DNS resolves high-level human readable names for computers to low-level IP addresses

- DNS name space »
- Domain Resource records »
- Name servers »

(3) DNS 域名空间: 分层次的命名体系。



(4) 通用域名: 由 ICANN 管理并运行。

Domain	Intended use	Start date	Restricted?
com	Commercial	1985	No
edu	Educational institutions	1985	Yes
gov	Government	1985	Yes
int	International organizations	1988	Yes
mil	Military	1985	Yes
net	Network providers	1985	No
org	Non-profit organizations	1985	No
aero	Air transport	2001	Yes
biz	Businesses	2001	No
coop	Cooperatives	2001	Yes
info	Informational	2002	No
museum	Museums	2002	Yes
name	People	2002	No
pro	Professionals	2002	Yes
cat	Catalan	2005	Yes
jobs	Employment	2005	Yes
mobi	Mobile devices	2005	Yes
tel	Contact details	2005	Yes
travel	Travel industry	2005	Yes
xxx	Sex industry	2010	No

(5) 域名资源记录器：记录主要的资源，如 IP 地址，域名服务器以及电子邮件服务器等。

Type	Meaning	Value
SOA	Start of authority	Parameters for this zone
A	IPv4 address of a host	32-Bit integer
AAAA	IPv6 address of a host	128-Bit integer
MX	Mail exchange	Priority, domain willing to accept email
NS	Name server	Name of a server for this domain
CNAME	Canonical name	Domain name
PTR	Pointer	Alias for an IP address
SPF	Sender policy framework	Text encoding of mail sending policy
SRV	Service	Host that provides it
TXT	Text	Descriptive ASCII text

(6) 域名资源记录器举例：

```

; Authoritative data for cs.vu.nl
cs.vu.nl.      86400  IN  SOA  star boss (9527,7200,7200,241920,86400)
cs.vu.nl.      86400  IN  MX   1 zephyr
cs.vu.nl.      86400  IN  MX   2 top
cs.vu.nl.      86400  IN  NS   star ← Name server

star           86400  IN  A    130.37.56.205
zephyr        86400  IN  A    130.37.20.10 ← IP addresses
top            86400  IN  A    130.37.20.11 ← of computers
www           86400  IN  CNAME star.cs.vu.nl
ftp           86400  IN  CNAME zephyr.cs.vu.nl

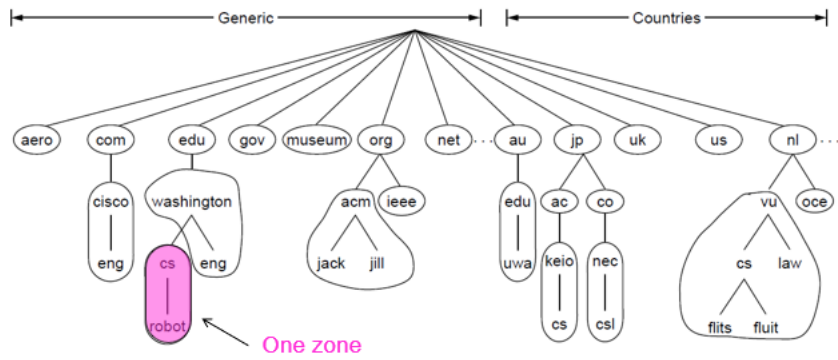
flits         86400  IN  A    130.37.16.112
flits         86400  IN  A    192.31.231.165
flits         86400  IN  MX   1 flits
flits         86400  IN  MX   2 zephyr
flits         86400  IN  MX   3 top

rowboat       IN  A    130.37.56.201
              IN  MX   1 rowboat ← Mail gateways
              IN  MX   2 zephyr

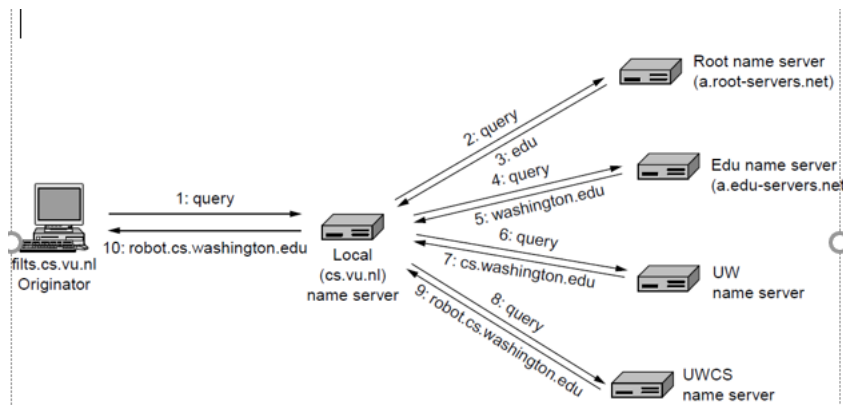
little-sister IN  A    130.37.62.23
laserjet      IN  A    192.31.231.216

```

(7) 域名服务器：存储名字空间的数据



(8) 名字服务器举例:



Example of a computer looking up the IP for a name

后测 (P) (7 分钟)：使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于域名解析的掌握程度。

主观题 5分

从山东大学访问MIT大学，简要阐述域名解析过程。

总结 (S)：(5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，域名空间，域名资源记录，域名服务器，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 域名空间：分层次的域名管理空间，为人类方便记忆和理解域名服务。
2. 域名资源记录：记录域名资源的数据。
3. 域名服务器：也是层次管理结构，为网页提供域名解析服务。

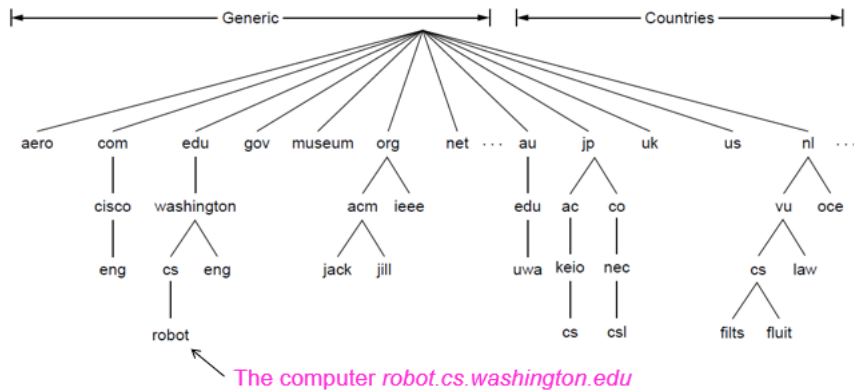
难点梳理：

域名服务器：使用域名服务器进行域名解析过程。

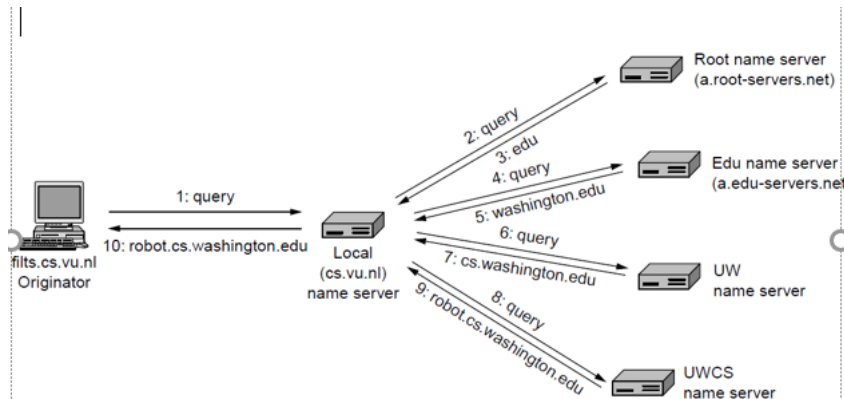
课后作业： 7-1, 7-3

板书设计:

1. 教师通过板书引导学生学习域名空间结构。



2. 域名解析过程。



Example of a computer looking up the IP for a name

课程思政呈现:

我国在域名领域起步较晚，通过专业技术和发展历史的讲授，使学生坚定科技强国的决心和不畏艰难的勇气。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生域名系统有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第5版) 机械

工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

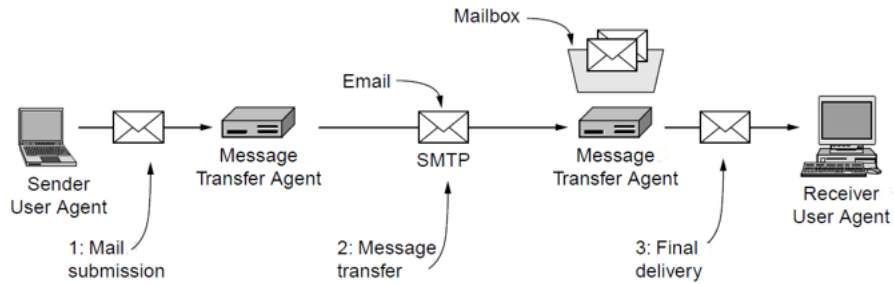
《计算机网络》课程教案（理论 28）

授课题目： 第七章应用层 7.2 Electronic Mail	授课类型	理论课
	授课时间	第 14 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： Email 系统结构和服务，用户代理，信息格式，信息转换，最终递交。 能力目标： Email 系统的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 7.2 Electronic Mail Email 系统结构和服务，用户代理，信息格式，信息转换，最终递交。		
教学重点： Email 系统结构和服务，用户代理，信息格式，信息转换，最终递交。 教学难点： Email 系统结构和服务。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾经常使用的网络与 IP 地址知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调 Email 系统的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于 Email 的了解程度。	

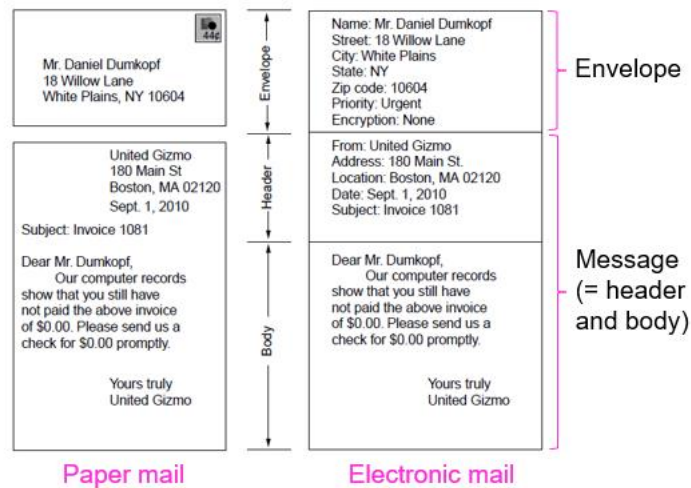
常用的Email协议有 [填空1] [填空2]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

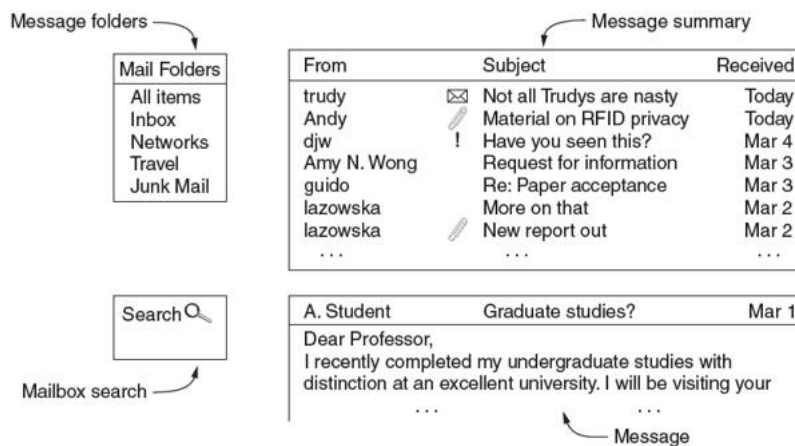
(1) Email 系统结构：发送 Email 关键的组件和步骤。



(2) Email 与纸质信件的对比如：信封，头部，主题，附件等。



(3) 用户代理：用户看到的内容，典型用户代理的接口元素。



(4) 信息格式：头部区域与信息传输相关，用可读 ASCII 编码编写。

Header	Meaning
To:	Email address(es) of primary recipient(s)
Cc:	Email address(es) of secondary recipient(s)
Bcc:	Email address(es) for blind carbon copies
From:	Person or people who created the message
Sender:	Email address of the actual sender
Received:	Line added by each transfer agent along the route
Return-Path:	Can be used to identify a path back to the sender

(5) 信息格式：其他头部区域用于用户代理。

Header	Meaning
Date:	The date and time the message was sent
Reply-To:	Email address to which replies should be sent
Message-Id:	Unique number for referencing this message later
In-Reply-To:	Message-Id of the message to which this is a reply
References:	Other relevant Message-Ids
Keywords:	User-chosen keywords
Subject:	Short summary of the message for the one-line display

(6) MIME 头部：用于描述信息主体内容的头部区域。

Header	Meaning
MIME-Version:	Identifies the MIME version
Content-Description:	Human-readable string telling what is in the message
Content-Id:	Unique identifier
Content-Transfer-Encoding:	How the body is wrapped for transmission
Content-Type:	Type and format of the content

(7) MIME 类型与子类型：

Type	Example subtypes	Description
text	plain, html, xml, css	Text in various formats
image	gif, jpeg, tiff	Pictures
audio	basic, mpeg, mp4	Sounds
video	mpeg, mp4, quicktime	Movies
model	vrml	3D model
application	octet-stream, pdf, javascript, zip	Data produced by applications
message	http, rfc822	Encapsulated message
multipart	mixed, alternative, parallel, digest	Combination of multiple types

(8) 信息转换：信息使用 SMTP 协议传递。

- Readable text commands
- Submission from user agent to MTA on port 587
- One MTA to the next MTA on port 25
- Other protocols for final delivery (IMAP, POP3)

(9) 信息转换举例：Alice 给 Bob 发邮件，SMTP 命令用粉色标注

```

S: 220 ee.uwa.edu.au SMTP service ready
C: [HELO]abcd.com
S: 250 cs.washington.edu says hello to ee.uwa.edu.au
C: [MAIL FROM:]<alice@cs.washington.edu>
S: 250 sender ok
C: [RCPT TO:]<bob@ee.uwa.edu.au>
S: 250 recipient ok
C: [DATA]
S: 354 Send mail; end with "." on a line by itself
C: From: alice@cs.washington.edu
C: To: bob@ee.uwa.edu.au
C: MIME-Version: 1.0
C: Message-Id: <0704760941.AA00747@ee.uwa.edu.au>
C: Content-Type: multipart/alternative; boundary=qwertyuiopasdfghjklzxcvbnm
C: Subject: Earth orbits sun integral number of times
C:
C: This is the preamble. The user agent ignores it. Have a nice day.
C:
C: --qwertyuiopasdfghjklzxcvbnm
C: Content-Type: text/html
C:
C: <p>Happy birthday to you
C: Happy birthday to you
. . . (rest of message) . . .
C: --qwertyuiopasdfghjklzxcvbnm
C: .
S: 250 message accepted
C: .
C: [QUIT]
S: 221 ee.uwa.edu.au closing connection

```

(10) SMTP 扩展:

Keyword	Description
AUTH	Client authentication
BINARYMIME	Server accepts binary messages
CHUNKING	Server accepts large messages in chunks
SIZE	Check message size before trying to send
STARTTLS	Switch to secure transport (TLS; see Chap. 8)
UTF8SMTP	Internationalized addresses

(11) 最终递交: 用户代理使用协议, 如 IMAP 实现最终递交。

Command	Description
CAPABILITY	List server capabilities
STARTTLS	Start secure transport (TLS; see Chap. 8)
LOGIN	Log on to server
AUTHENTICATE	Log on with other method
SELECT	Select a folder
EXAMINE	Select a read-only folder
CREATE	Create a folder
DELETE	Delete a folder
RENAME	Rename a folder
SUBSCRIBE	Add folder to active set
LIST	List the available folders
LSUB	List the active folders
STATUS	Get the status of a folder
APPEND	Add a message to a folder
CHECK	Get a checkpoint of a folder
FETCH	Get messages from a folder
SEARCH	Find messages in a folder
STORE	Alter message flags
COPY	Make a copy of a message in a folder
EXPUNGE	Remove messages flagged for deletion
UID	Issue commands using unique identifiers
NOOP	Do nothing
CLOSE	Remove flagged messages and close folder
LOGOUT	Log out and close connection

后测 (P) (7 分钟): 使用雨课堂给出 1 道测试题目, 测试学生对于 Email 工作过程的掌握程度。

主观题 5分

请描述Email从发送到接收的过程。

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容, 整合学习要点, Email 系统结构

和服务，用户代理，信息格式，信息转换，最终递交，布置课后作业。

知识点归纳：

1. Email 系统结构：Email 系统由哪些部分组成，系统结构以及常用协议。
2. 用户代理：用户代理的作用和工作流程。
3. 信息格式：头部各字段的含义和作用。
4. 信息转换：Email 在传输过程中涉及到的信息转换以及协议。

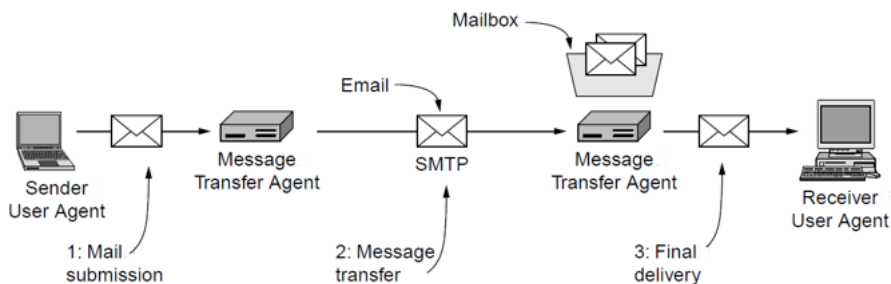
难点梳理：

Email 系统结构和服务：Email 系统的结构和提供服务的工作工程。

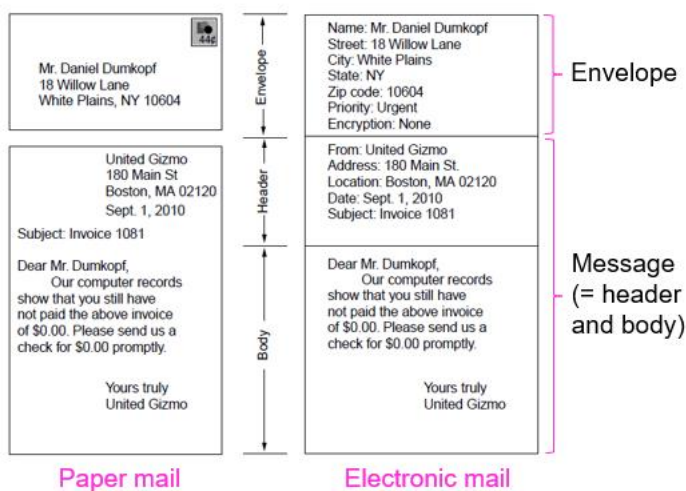
课后作业：7-2，7-4

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 Email 的系统结构和电子邮件传递过程。



2. Email 与纸质邮件的关系。



课程思政呈现:

我国在 Email 领域起步较晚,通过专业技术和发展历史的讲授,使学生坚定科技强国的决心和不畏艰难的勇气。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成,重点是使学生 Email 系统有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂,小组讨论,随机点名等方式,发现学生精力非常集中,以后注意调节授课内容,适时讨论前沿热点技术,活跃课堂气氛,引领学生聚焦前沿,逐步发觉自己的兴趣点,树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

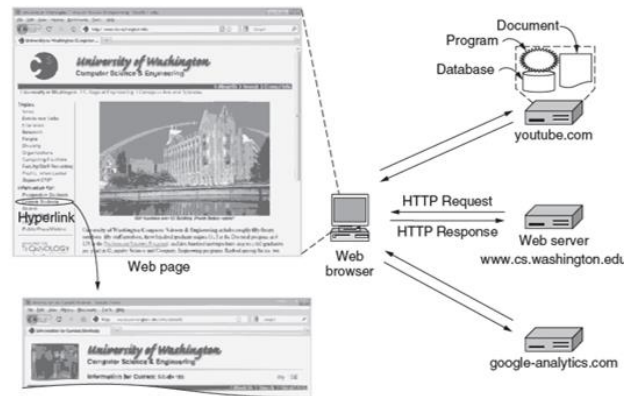
《计算机网络》课程教案（理论 29）

授课题目： 第七章应用层 7.3 The World Wide Web	授课类型	理论课
	授课时间	第 15 周第 1-2 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： www 结构，静态网页，动态网页和应用，HTTP。 能力目标： www 的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 7.3 The World Wide Web www 结构，静态网页，动态网页和应用，HTTP。		
教学重点： www 结构，静态网页，动态网页和应用，HTTP。 教学难点： www 结构。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾经常使用的网络与 IP 地址知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调 www 的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于 www 的了解程度。	

访问网页使用 [填空1] 协议?

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) www 结构预览: HTTP 将网页从服务器传到浏览器。



(2) 统一资源定位器 URLs: 网页用 URL 命名。

- Example: <http://www.phdcomics.com/comics.php>
- Protocol
Server
Page on server

Name	Used for	Example
http	Hypertext (HTML)	http://www.ee.uwa.edu/~rob/
https	Hypertext with security	https://www.bank.com/accounts/
ftp	FTP	ftp://ftp.cs.vu.nl/pub/minix/README
file	Local file	file:///usr/suzanne/prog.c
mailto	Sending email	mailto:JohnUser@acm.org
rtsp	Streaming media	rtsp://youtube.com/montypython.mpg
sip	Multimedia calls	sip:eve@adversary.com
about	Browser information	about:plugins

Common URL protocols

(3) 客户端使用超链接的步骤:

Steps a client (browser) takes to follow a hyperlink:

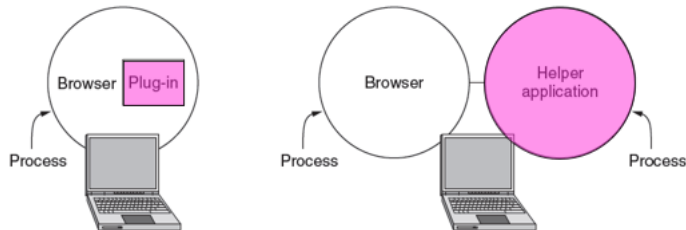
- Determine the protocol (HTTP)
- Ask DNS for the IP address of server
- Make a TCP connection to server
- Send request for the page; server sends it back
- Fetch other URLs as needed to display the page
- Close idle TCP connections

(4) 服务器提供服务的步骤:

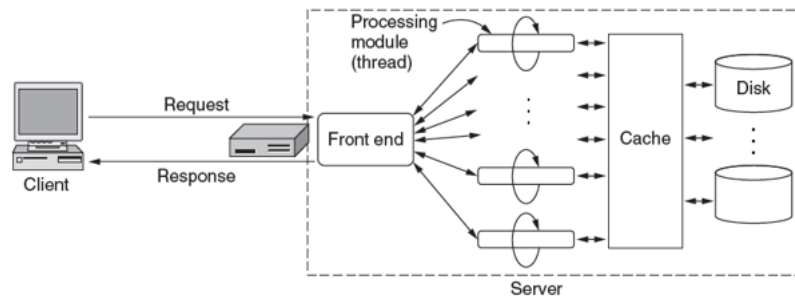
Steps a server takes to serve pages:

- Accept a TCP connection from client
- Get page request and map it to a resource (e.g., file name)
- Get the resource (e.g., file from disk)
- Send contents of the resource to the client.
- Release idle TCP connections

(5) 内容类型由 MIME 标识:



(6) 提供性能的方法: 缓存, 多线程, 头端。



(7) Cookies 支持服务器/客户端之间状态转换:

Domain	Path	Content	Expires	Secure
toms-casino.com	/	CustomerID=297793521	15-10-10 17:00	Yes
jills-store.com	/	Cart=1-00501;1-07031;2-13721	11-1-11 14:22	No
aportal.com	/	Prefs=Stk:CSCO+ORCL;Spt:Jets	31-12-20 23:59	No
sneaky.com	/	UserID=4627239101	31-12-19 23:59	No

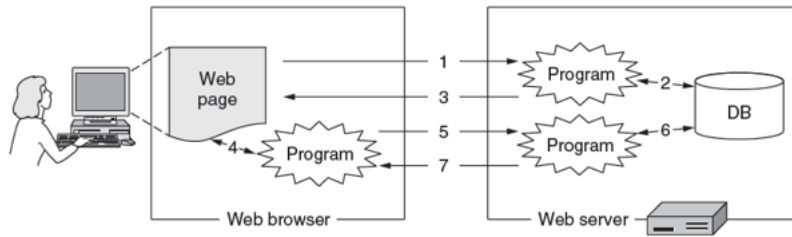
Examples of cookies

(8) 静态网页: 每次浏览都显示相同的内容。

Item	HTML 1.0	HTML 2.0	HTML 3.0	HTML 4.0	HTML 5.0
Hyperlinks	x	x	x	x	x
Images	x	x	x	x	x
Lists	x	x	x	x	x
Active maps & images		x	x	x	x
Forms		x	x	x	x
Equations			x	x	x
Toolbars			x	x	x
Tables			x	x	x
Accessibility features				x	x
Object embedding				x	x
Style sheets				x	x
Scripting				x	x
Video and audio					x
Inline vector graphics					x
XML representation					x
Background threads					x
Browser storage					x
Drawing canvas					x

(9) 动态网页和应用: 动态网页是由运行在服务器和客户端的程序产生的,

例如在服务器端运行 PHP，客户端运行 JavaScript，每次访问网页都会发生变化。



(10) 动态网页协议实现举例：

Web page that gets form input and calls a server program

```
<html>
<body>
<form action="action.php" method="post">
<p> Please enter your name: <input type="text" name="name"> <p>
<p> Please enter your age: <input type="text" name="age"> <p>
<input type="submit">
</form>
</body>
</html>
```

PHP server program that creates a custom Web page

```
<html>
<body>
<h1> Reply: <h1>
Hello <php echo $name;>;
Prediction: next year you will be <php echo Sage + 1; ?>
</body>
</html>
```

Resulting Web page (for inputs "Barbara" and "32")

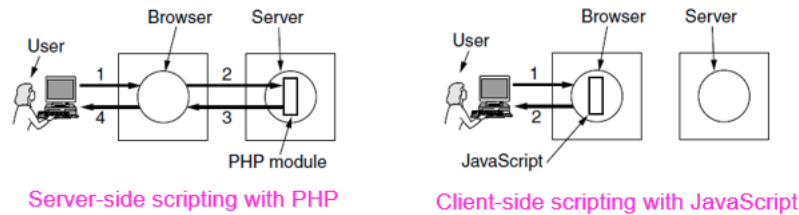
```
<html>
<body>
<h1> Reply: <h1>
Hello Barbara.
Prediction: next year you will be 33
</body>
</html>
```

JavaScript program produces result page in the browser

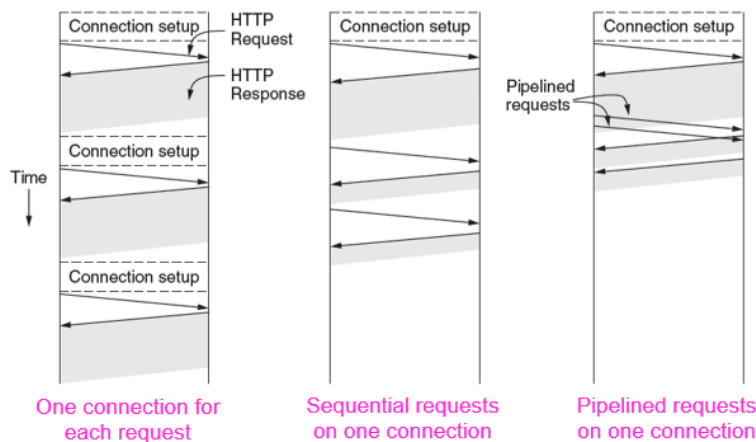
```
<html>
<head>
<script language="javascript" type="text/javascript">
function response(test, form) {
var person = test, form.name.value;
var years = eval(test, form.age.value) + 1;
document.open();
document.writeln("<html> <body>");
document.writeln("Hello " + person + ", <br>");
document.writeln("Prediction: next year you will be " + years + ".");
document.writeln("</body> </html>");
document.close();
}
</script>
</head>
<body>
<form>
Please enter your name: <input type="text" name="name">
<p>
Please enter your age: <input type="text" name="age">
<p>
<input type="button" value="submit" onclick="response(this.form)">
</form>
</body>
</html>
```

First page with form, gets input and calls program above

(11) 动态网页在服务器和客户端之间的区别：



(12) HTTP 协议：一个运行在 TCP 之上的请求-响应协议。HTTP 用永久连接提高性能。



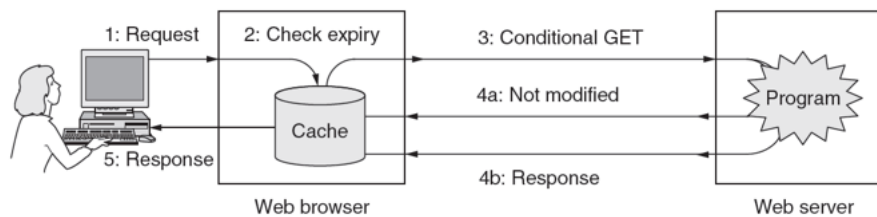
(13) HTTP 请求方法：

	Method	Description
Fetch a page →	GET	Read a Web page
	HEAD	Read a Web page's header
Used to send input data to a server program →	POST	Append to a Web page
	PUT	Store a Web page
	DELETE	Remove the Web page
	TRACE	Echo the incoming request
	CONNECT	Connect through a proxy
	OPTIONS	Query options for a page

(14) HTTP 响应代码:

Code	Meaning	Examples
1xx	Information	100 = server agrees to handle client's request
2xx	Success	200 = request succeeded; 204 = no content present
3xx	Redirection	301 = page moved; 304 = cached page still valid
4xx	Client error	403 = forbidden page; 404 = page not found
5xx	Server error	500 = internal server error; 503 = try again later

(15) HTTP 缓存: 检查浏览器时候有已知的刷新, 或者服务器时候更新了网页。



后测 (P) (7 分钟): 使用雨课堂给出 1 道测试题目, 测试学生对于 www 和 HTTP 工作过程的掌握程度。

主观题 5分

请描述访问剑桥大学计算机系的网页访问过程。

总结 (S): (5 分钟) 教师总结课堂内容, 整合学习要点, www 结构, 静态网页, 动态网页和应用, HTTP, 布置课后作业。

知识点归纳:

1. www 结构: 理解网页访问过程以及用到的协议。
2. 静态网页: 静态网页的特征和适用范围。
3. 动态网页: 动态网页的更新过程。

4. HTTP: 超文本传输协议的格式和各字段的含义。

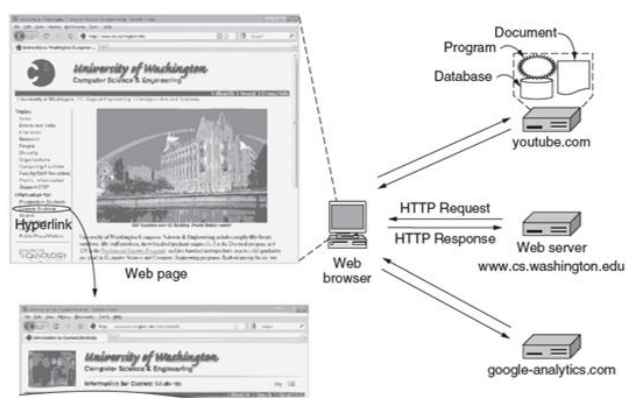
难点梳理:

www 结构: 理解网页访问过程以及用到的协议。

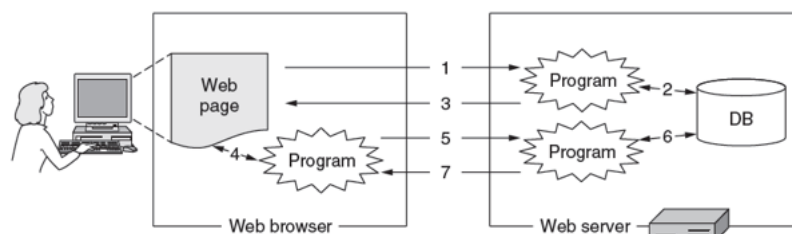
课后作业: 7-5, 7-6

板书设计:

1. 教师通过板书引导学生学习 www 的系统结构和网页访问过程。



2. 动态网页工作过程。



课程思政呈现:

我国在 www 领域起步较晚, 通过专业技术和发展历史的讲授, 使学生坚定科技强国的决心和不畏艰难的勇气。

教学反思:

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成, 重点是使学生 www 系统有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂, 小组讨论, 随机点名等方式, 发现学生精力非常集中, 以后注意调节授课内容, 适时讨论前沿热点技术, 活跃课堂气氛, 引领学生聚焦前沿, 逐步发觉自己的兴趣点, 树立自己的努力方向。

参考资料:

➤ 参考书目:

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络 (英文版·第 5 版) 机械工业出版社, 2011。

[2] 谢希仁, 计算机网络 (第 8 版), 电子工业出版社, 2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络: 自顶向下方法(英文版·第 7 版), 机械工业出版社, 2018。

[4] 王达, 深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] , 中国水利水电出版社, 2017。

[5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。

[6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。

➤ MOOC/SPOC 课程资源:

[1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)

<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>

[2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>

[3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)

<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>

➤ MIT 公开课资源:

6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>

《计算机网络》课程教案（理论 30）

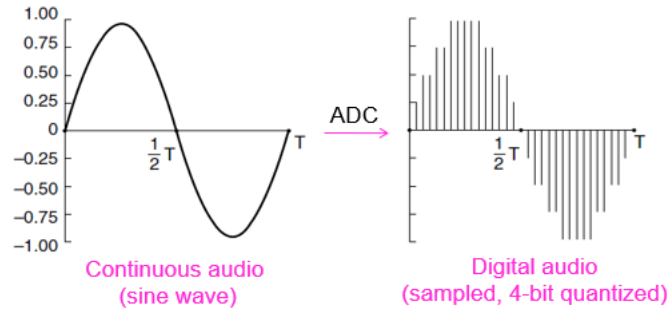
授课题目： 第七章应用层 7.4 Streaming Audio and Video	授课类型	理论课
	授课时间	第 15 周第 3-4 节 (2 学时)
教学目标或要求： 知识目标： 电子音频，电子视频，流媒体，实时会议。 能力目标： 流媒体视频和音频的学习，培养学生工程意识和工程实践能力，培养学生自主学习、主动思考、理论联系实际、解决复杂问题的能力。 素质目标： 立足国情，培养学生居安思危、立志报国的精神，和自觉承担国家科技发展的责任意识。		
教学内容： 7.4 Streaming Audio and Video 电子音频，电子视频，流媒体，实时会议。		
教学重点： 电子音频，电子视频，流媒体，实时会议。 教学难点： 流媒体。		
教 学 实 施 过 程 设 计	教学手段与方法： BOPPPS 教学模式+小组研讨+课堂练习+雨课堂 教学设计： 导入 (B) (5 分钟)： 课堂伊始，通过回顾经常使用的网络与 IP 地址知识，引出本节课的教学主题。 目标 (O) (4 分钟)： 教师讲述本节课的学习目标和要求，强调流媒体的重要性。 前测 (P) (5 分钟)： 教师发送出雨课堂问题，测试学生对于流媒体的了解程度。	

填空题 1分

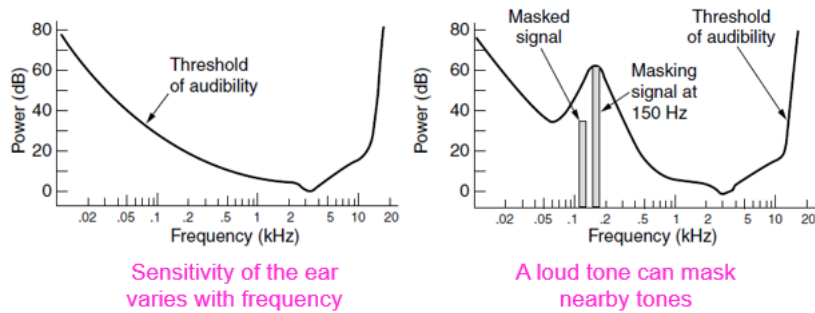
什么是流媒体? [填空1]

参与式学习 (P) (74 分钟) :

(1) 电子音频: ADC 转换器将麦克风的音频转化为电子音频。



(2) 电子音频一般会在传输之前压缩:。



(3) 电子视频会以像素采样: 传输之前也要压缩

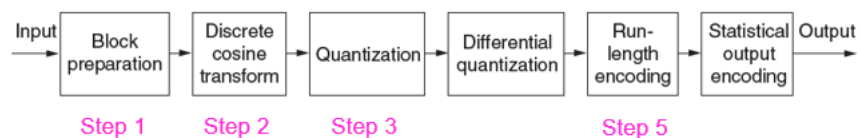
Video is digitized as pixels (sampled, quantized)

- TV quality: 640x480 pixels, 24-bit color, 30 times/sec

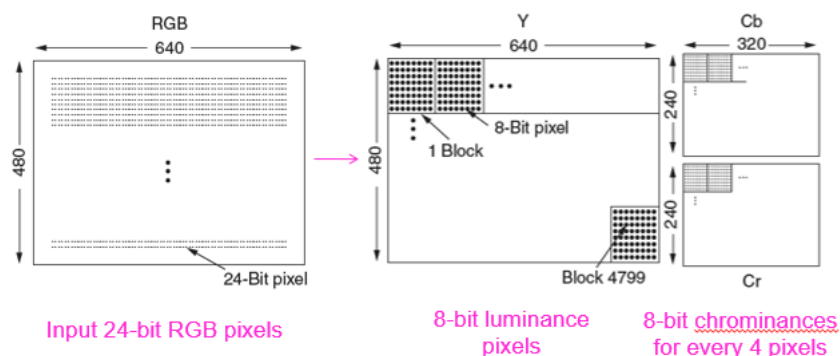
Video is sent compressed due to its large bandwidth

- Lossy compression exploits human perception
 - E.g., JPEG for still images, MPEG, H.264 for video
- Large compression ratios (often 50X for video)
- Video is normally > 1 Mbps, versus >10 kbps for speech and >100 kbps for music

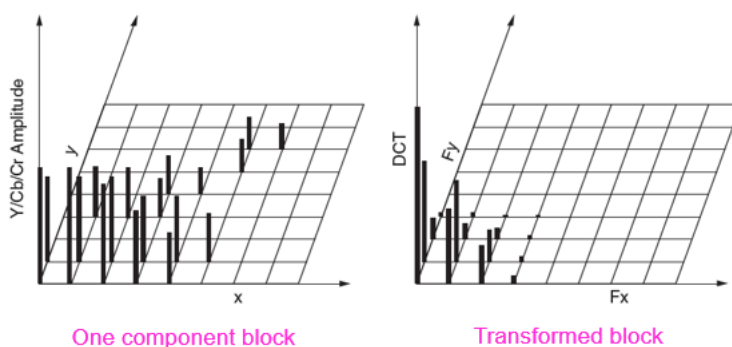
(4) JPEG 图片压缩过程:



(5) 像素会映射到灰度/亮度色彩空间:



(6) 每一个组成模块用 DCT 转换:



(7) 使用阈值对 DCT 协方差进行量化:

DCT coefficients	Quantization table	Quantized coefficients
150 80 40 14 4 2 1 0	1 1 2 4 8 16 32 64	150 80 20 4 1 0 0 0
92 75 36 10 6 1 0 0	1 1 2 4 8 16 32 64	92 75 18 3 1 0 0 0
52 38 26 8 7 4 0 0	2 2 2 4 8 16 32 64	26 19 13 2 1 0 0 0
12 8 6 4 2 1 0 0	4 4 4 4 8 16 32 64	3 2 2 1 0 0 0 0
4 3 2 0 0 0 0 0	8 8 8 8 8 16 32 64	1 0 0 0 0 0 0 0
2 2 1 1 0 0 0 0	16 16 16 16 16 16 32 64	0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 0 0 0 0 0	32 32 32 32 32 32 32 64	0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0	64 64 64 64 64 64 64 64	0 0 0 0 0 0 0 0

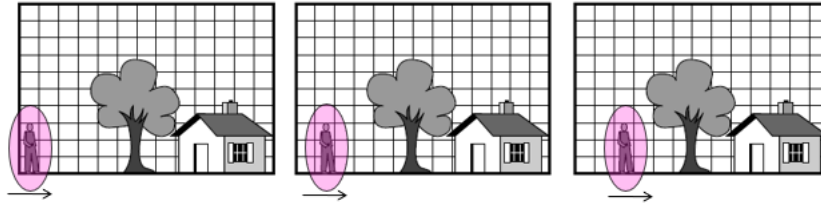
Input / Thresholds = Output

(8) 模块进行 zig-zag 编码:

150	80	20	4	1	0	0	0
92	75	18	3	1	0	0	0
26	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

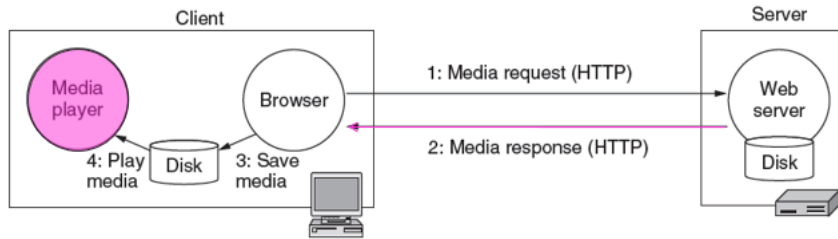
Order in which the block coefficients are sent

(9) MPEG 在一系列帧上进行压缩:

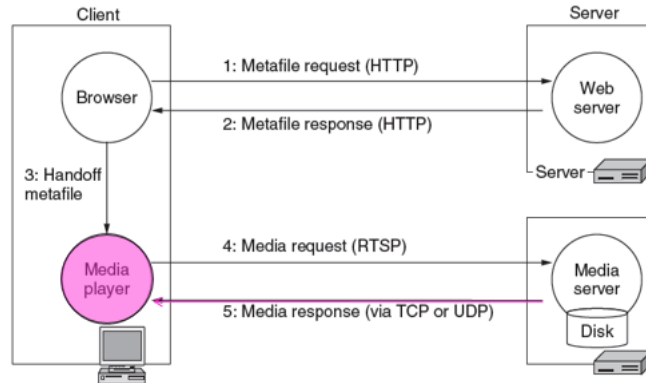


Three consecutive frames with stationary and moving components

(10) 流存储媒体：将存储的视频或音频媒体文件用流的形式传输。



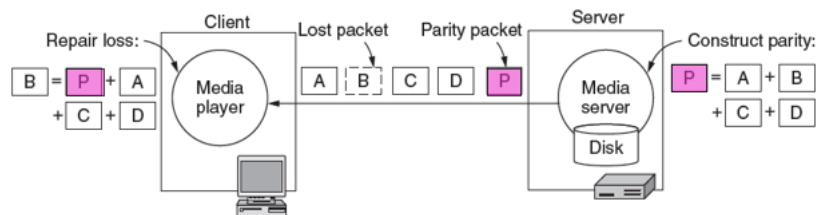
(11) 高效的流媒体在传输的同时播放：



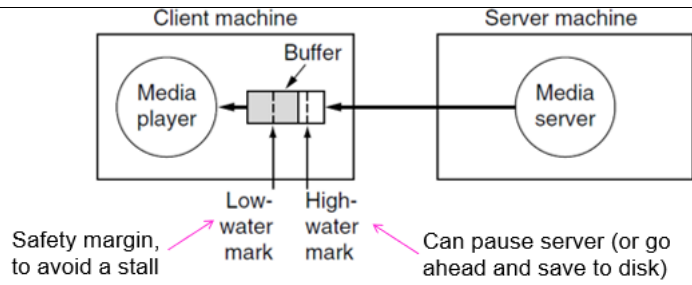
(12) 主要问题：如何处理传输出错。

Strategy	Advantage	Disadvantage
Use reliable transport (TCP)	Repairs all errors	Increases jitter significantly
Add FEC (e.g., parity)	Repairs most errors	Increases overhead, decoding complexity and jitter
Interleave media	Masks most errors	Slightly increases decoding complexity and jitter

(13) 奇偶校验分组可以在一组 N 分组中修复一个丢失的分组：



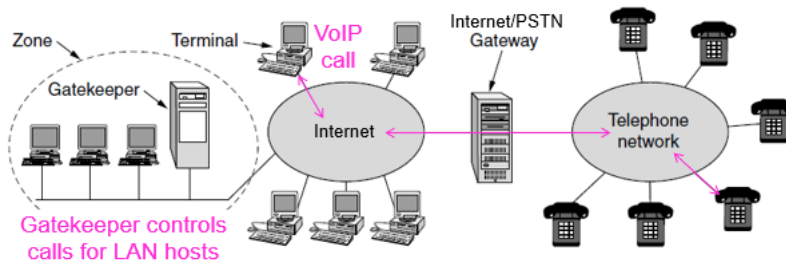
(14) 分组因为不同的带宽或者丢失/重传可能到达时间不同：



(15) RTSP 命令：从播放器发往服务器，以修正流媒体。

Command	Server action
DESCRIBE	List media parameters
SETUP	Establish a logical channel between the player and the server
PLAY	Start sending data to the client
RECORD	Start accepting data from the client
PAUSE	Temporarily stop sending data
TEARDOWN	Release the logical channel

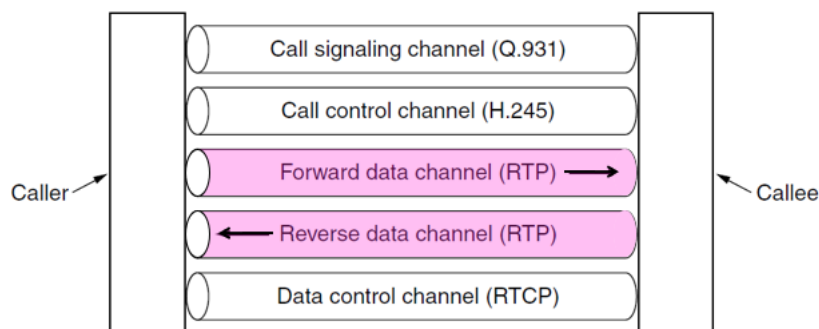
(16) 实时会议有两个或更多在线媒体流。



(17) H.323 协议栈：

Audio	Video	Control			
G.7xx	H.26x	RTCP	H.225 (RAS)	Q.931 (Signaling)	H.245 (Call Control)
RTP					
UDP				TCP	
IP					
Link layer protocol					
Physical layer protocol					

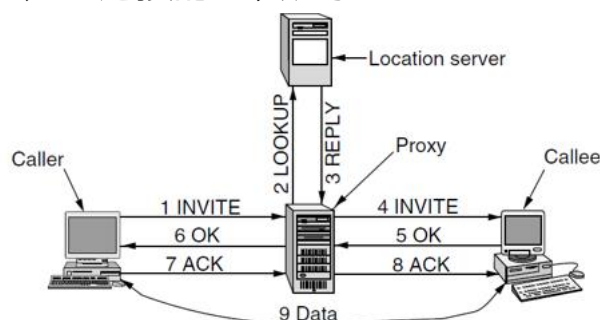
(18) H.323 呼叫的逻辑通道：



(19) SIP 协议是 H.323 建立实时通话的另一个选择。

Method	Description
INVITE	Request initiation of a session
ACK	Confirm that a session has been initiated
BYE	Request termination of a session
OPTIONS	Query a host about its capabilities
CANCEL	Cancel a pending request
REGISTER	Inform a redirection server about the user's current location

(20) SIP 建立连接的三次握手：



后测 (P) (7 分钟)： 使用雨课堂给出 1 道测试题目，测试学生对于流媒体压缩过程的掌握程度。

主观题 5分

简述流媒体压缩过程。

总结 (S)： (5 分钟) 教师总结课堂内容，整合学习要点，电子音频，电子视频，流媒体，实时会议，布置课后作业。

知识点归纳：

1. 电子音频：理解电子音频的定义和转换协议。
2. 电子视频：电子视频的处理过程。
3. 流媒体：流媒体使用的协议和压缩过程。
4. 实时会议：使用的协议和建立连接三次握手。

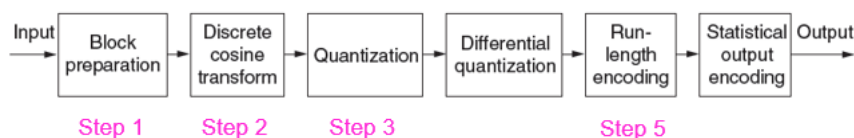
难点梳理：

流媒体：流媒体使用的协议和压缩过程。

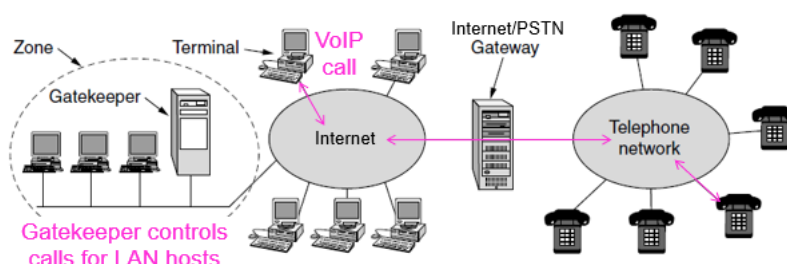
课后作业： 7-10, 7-12

板书设计：

1. 教师通过板书引导学生学习 JPEG 图片的压缩过程。



2. 实时会议工作过程。



课程思政呈现：

我国在流媒体领域起步较晚，通过专业技术和发展历史的讲授，使学生坚定科技强国的决心和不畏艰难的勇气。

教学反思：

本节课的教学目标在知识、能力和素质层面已有效达成，重点是使学生流媒体有了深刻的认识。讲课过程中综合运用雨课堂，小组讨论，随机点名等方式，发现学生精力非常集中，以后注意调节授课内容，适时讨论前沿热点技术，活跃课堂气氛，引领学生聚焦前沿，逐步发觉自己的兴趣点，树立自己的努力方向。

参考资料：

➤ 参考书目：

[1] Andrew S.Tanenbaum, David J.Wetherall, 计算机网络（英文版·第5版）机械工业出版社，2011。

[2] 谢希仁，计算机网络（第8版），电子工业出版社，2021。

[3] James, F.Kurose, Keith, W.Ross, 计算机网络：自顶向下方法(英文版·第7版)，机械工业出版社，2018。

[4] 王达，深入理解计算机网络 [Computer Network Technologies in Depth] ，中国水利水电出版社，2017。

- [5] 户根勤, 矢泽久雄, 网络是怎样连接的, 人民邮电出版社, 2019。
- [6] 季福坤, 钱文光, 魏艳娜, 邹澎涛, 颜煜, 数据通信与计算机网络 (第三版), 中国水利水电出版社, 2020。
- MOOC/SPOC 课程资源:
- [1] 中国大学 MOOC 平台: SPOC 课程: 2021 春计算机网络 (李巍)
<https://www.icourse163.org/spoc/learn/SDU-1462809161>
- [2] 中国大学 MOOC 平台: 哈尔滨工业大学: 计算机网络 (国家精品课程)
<https://www.icourse163.org/course/HIT-154005>
- [3] 中国大学 MOOC 平台: 南京农业大学: 计算机网络 (国家精品课程)
<https://www.icourse163.org/course/NJAU-1001752039>
- MIT 公开课资源:
- 6.829: Computer Networks, <https://web.mit.edu/6.829/www/currentsemester/>