



国家级双语示范课程主教材
重庆市教学改革重点项目教学成果

基于问题学习的 计算机网络教程

张自力 主 编
于显平 王 峻 副主编



卓越工程师培养计划『十二五』规划教材

Engineering Innovation



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

国家级双语示范课程主教材
重庆市教学改革重点项目教学成果
卓越工程师培养计划“十二五”规划教材

基于问题学习的计算机网络教程

张自力 主编

于显平 王 峻 副主编

王茂忠 唐 明 陈善雄
江 山 杨照芳 唐 鹏 参编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为国家级双语示范课程、重庆市精品课程、重庆市教学改革重点项目“PBL 与计算机课程教学”的教学成果,全书共 7 章,主要内容包括:计算机网络概论,应用层与 Internet 应用协议,传输层与 UDP、TCP 协议,网络层与路由技术,链路层及局域网技术,广域网与 VPN 技术,网络安全与网络管理。

本书可以作为高校计算机、网络工程、通信、电子信息类专业学生相关课程的教材,也可以作为成人教育、继续教育或者高职高专相关专业的自学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

基于问题学习的计算机网络教程 / 张自力主编. — 北京:电子工业出版社,2013.5
卓越工程师培养计划“十二五”规划教材
ISBN 978-7-121-20206-3

I. ① 基… II. ① 张… III. ① 计算机网络—高等学校—教材 IV. ① TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 079366 号

策划编辑:章海涛

责任编辑:章海涛 特约编辑:何 雄

印 刷:北京京师印务有限公司

装 订:北京京师印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:450 千字

印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

计算机网络、数据库、多媒体被称为当今计算机领域的三大核心信息技术，即任何一个实际的应用系统都离不开这三大技术的支撑。计算机网络则为这三大核心技术之首。因此，如何让计算机相关专业的学生牢固掌握计算机网络的相关知识并灵活运用，成为教学的核心。

在计算机网络的教学中（一般地，在工程相关的学科教学中），一般是先给学生讲授有关理论知识，学生再根据所学知识去解决特定问题。这种教学方式的一个主要缺点是学生缺乏学习的积极性和动机——因为多数学生一般并不清楚这些理论知识学习之后，在哪些地方可以运用，可以用来解决哪些实际问题，等到他们明白时，课程已近尾声，从而使得很多学生不能很好地掌握这门十分重要的核心课程。

鉴于此，我们结合国家级双语示范课程、重庆市精品课程的建设，以及所承担的重庆市教学改革重点项目“PBL 与计算机课程教学”，在计算机网络教学中开展“基于问题的学习（Problem-Based Learning, PBL）”的试点。通过几年的实践，我们发现，学生的学习积极性明显提高，学习计算机网络的兴趣大大加强。通过 PBL，学生的问题求解能力、自我导向的学习能力、批判性思维能力、分析问题的能力以及交流沟通能力都有明显的改善。本书则是我们“计算机网络”课程组在 PBL 方面的教学实践总结，以期与广大同行分享、交流。

本书由张自力负责统稿、审定，主要包括 7 章内容。

第 1 章，计算机网络概论，由王茂忠编写。本章从一个简单的网络实例引出计算机网络的定义、构成和分类，并延展到互联网的构成和数据交换的方式及过程，同时对网络体系结构思想、TCP/IP 的原理进行简单介绍。要衡量网络的性能，就应从数据传输速率、带宽、吞吐量、时延等指标入手，这些性能指标也构成了本章的主要内容。

第 2 章，应用层与 Internet 应用协议，由杨照芳编写。应用层是网络体系结构的最高层，直接面向用户提供多样化的服务，如信息浏览、电子邮件、在线购物、影音娱乐等。在本章中，我们将完成一个校园网应用层的建设，并结合该案例介绍 Internet 中最常见的应用层协议，包括万维网、文件传输协议、电子邮件协议、DNS 协议，还将对网络上较流行的其他应用进行简要介绍。

第 3 章，传输层与 UDP、TCP 协议，由于显平编写。本章以第 1 章的校园网实例进行扩展，将校园网连接于简化的类似 Internet 上，并集成第 2 章所述的 Internet 能提供的几种网络应用服务，形成一个综合的类似 Internet 的应用集成案例。结合此综合案例，以书信通信作类比，本章阐述网络传输层的基本功能，分析网络传输应用层协议数据时存在的不可靠现象，然后详细讲解传输层实现可靠数据传输的原理，即增加错误检测机制、反馈机制、报文段序号机制、超时重传机制等。同时，本章详细讲解了传输层的两个典型协议：UDP 与 TCP，以及 TCP 实现拥塞控制的策略。

第 4 章，网络层与路由技术，由唐明编写。本章从网络连接故障的案例出发，引出网

络层连接成功需要实现的功能和服务，随后对实现这些功能和服务所需的 IP、ARP、RARP、ICMP、IGMP 等协议进行了详细描述；接着在介绍路由选择的几种策略后，深入分析几种路由算法和路由协议，并给出路由协议在路由器上的实现方式。最后介绍用于网络互连的设备。

第 5 章，链路层及局域网技术，由陈善雄、江山编写。本章从一个局域网案例入手，分析在局域网链路层的各种技术标准、数据交换原理及一些典型的局域网技术方法；同时对常见的局域网技术如端口技术、VLAN、STP 和三层交换技术进行详细介绍，并给出这些技术实施的方案和具体的操作步骤。读者可以根据本章介绍的理论和实施方案，结合具体的网络设备，搭建局域网环境，实现网络通信。

第 6 章，广域网与 VPN 技术，由唐鹏编写。本章从三个广域网连接案例出发，引出实施这些案例所需要用到的 PPP、VPN 和 ADSL 技术。随后对这三类技术的技术由来、应用范围和技术特点进行介绍。同时对其中所用协议的协议结构、协议流程进行分析。最后对每个案例的实施给出了设备型号的选择、网络拓扑结构和完整的设备配置流程。

第 7 章，网络安全与网络管理，由王峻编写。本章围绕第 1 章提出的小型校园网络实例，对计算机网络安全以及管理问题的产生原因进行深入分析，对计算机网络安全和管理的定义、内容和分类对策进行概要描述。在此基础上，本章给出了网络安全等级划分标准及基本安全模型，并基于实际示例，对网络安全的几大关键技术（数据加密技术、数据备份技术、访问控制技术、入侵检测技术、防火墙与病毒防范技术）和网络安全协议进行探讨。针对当前复杂庞大的网络体系，本章同样就网络管理的相关功能、基本模型、主要的网络管理协议、典型的网络管理软件，结合相关的网络管理实例，进行深入剖析。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，恳请广大读者和专家批评指正。

本书为任课教师提供配套的教学资源（包含电子教案），需要者可**登录华信教育资源网**站（<http://www.hxedu.com.cn>），注册之后进行**免费下载**，或发邮件到 unicode@phei.com.cn 进行**咨询**。

作 者

目 录

第 1 章 计算机网络概论	1
1.1 一个网络实例	1
1.1.1 计算机网络的构成	1
1.1.2 计算机网络的定义	4
1.2 计算机网络的功能	4
1.3 计算机网络的分类	4
1.4 因特网 (Internet) 概述	6
1.4.1 因特网的构成	6
1.4.2 因特网的数据交换	8
1.5 计算机网络体系结构	11
1.5.1 网络协议	11
1.5.2 网络体系结构	12
1.5.3 TCP/IP 的原理简介	14
1.6 计算机网络的性能指标	17
1.6.1 数据传输速率	17
1.6.2 带宽	17
1.6.3 吞吐量	18
1.6.4 时延	18
1.7 网络协议标准组织与因特网的管理机构	19
1.7.1 网络协议的标准组织	19
1.7.2 因特网的管理机构	20
习题 1	21
第 2 章 应用层及 Internet 应用协议	23
2.1 应用层案例分析	23
2.1.1 案例概览	23
2.1.2 客户机—服务器模式	24
2.1.3 Internet 中的地址	25
2.2 WWW 服务	26
2.2.1 一次 WWW 访问	26
2.2.2 WWW 相关概念	26
2.2.3 超文本传输协议 HTTP	29
2.2.4 安装和配置 Web 服务器	34
2.3 电子邮件服务	36
2.3.1 收发电子邮件	36
2.3.2 电子邮件系统相关概念	41
2.3.3 简单邮件传输协议	43
2.3.4 POP3 和 IMAP	45
2.3.5 安装和配置邮件服务器	46
2.4 文件传输服务	48
2.4.1 访问 FTP 服务器	48
2.4.2 FTP 相关概念	49
2.4.3 FTP 协议	51

2.4.4	安装和配置 FTP 服务器	53
2.5	域名系统	55
2.5.1	查询域名对应的 IP 地址	55
2.5.2	DNS 相关概念	56
2.5.3	DNS 报文	60
2.5.4	安装和配置 DNS 服务器	61
2.6	其他主流应用	64
习题 2		65
第 3 章	传输层及 UDP、TCP 协议	66
3.1	传输层案例解析	66
3.2	传输层功能及其提供的服务	68
3.2.1	传输层对比网络层实现进程间逻辑通信的基本功能	68
3.2.2	传输层解决可靠数据传输问题	70
3.2.3	传输层解决网络拥塞问题	71
3.2.4	传输层提供的服务	72
3.3	TCP 和 UDP	72
3.3.1	传输层的 TCP、UDP 概述	72
3.3.2	无连接不可靠的传输层协议 UDP	73
3.4	可靠数据传输原理	76
3.4.1	在完全理想化的信道上实现的可靠数据传输	78
3.4.2	在具有位差错信道上实现的可靠数据传输	79
3.4.3	具有位差错且丢包的信道上实现的可靠数据传输	83
3.4.4	流水线可靠数据传输协议	86
3.5	TCP 可靠数据传输	92
3.5.1	TCP 连接概述	92
3.5.2	TCP 协议报文段结构	94
3.5.3	TCP 的数据编号与确认	96
3.5.4	TCP 的连接管理	98
3.5.5	TCP 的超时时间设置	100
3.5.6	TCP 的可靠数据传输协议	102
3.6	TCP 的流量控制	107
3.7	TCP 的拥塞控制	108
习题 3		112
第 4 章	网络层与路由技术	114
4.1	网络层需要解决的主要问题	114
4.2	网络层概述	115
4.2.1	网络连接故障实例	115
4.2.2	网络层的功能概述	116
4.2.3	网络层提供的服务	117
4.3	因特网上的网络层协议	118
4.3.1	IP 概述	119
4.3.2	IP 地址	120
4.3.3	子网掩码	123
4.3.4	IP 地址划分与子网划分	124
4.3.5	ARP 和 RARP	128
4.3.6	ICMP	131

4.4	路由与路由协议	131
4.4.1	路由选择概述	131
4.4.2	路由选择策略	132
4.4.3	路由算法	134
4.4.4	层次路由选择	139
4.4.5	广播和多播路由选择	140
4.5	因特网中的路由协议	141
4.5.1	路由信息协议 (RIP)	141
4.5.2	开放最短路径优先协议 (OSPF)	143
4.5.3	外部路由协议 (BGP-4)	144
4.6	路由器在网络互连中的作用	144
习题 4		145

第 5 章 链路层及局域网技术147

5.1	局域网实例分析	147
5.2	局域网和广域网的区别	148
5.2.1	网络拓扑结构	148
5.2.2	网络的传输介质	148
5.2.3	网络设备	151
5.2.4	协议标准	151
5.3	IEEE 802 局域网标准	152
5.3.1	IEEE 802 局域网参考模型	152
5.3.2	IEEE 802.3 (以太网) 标准	154
5.3.3	IEEE 802.11 标准	155
5.4	高速以太网	157
5.5	局域网交换技术	158
5.5.1	交换技术的发展	159
5.5.2	交换技术的基本原理	160
5.5.3	交换的模式	162
5.5.4	多层交换技术	162
5.5.5	交换网的应用	163
5.6	端口技术	166
5.6.1	端口速率	166
5.6.2	端口工作模式	167
5.6.3	流量控制	167
5.6.4	端口聚合	168
5.6.5	端口镜像	169
5.6.6	端口绑定技术	174
5.7	虚拟局域网	174
5.7.1	虚拟局域网的产生	174
5.7.2	虚拟局域网的分类	176
5.7.3	VLAN 的工作原理	178
5.7.4	虚拟局域网之间的互访	181
5.8	第三层交换	183
5.8.1	第三层交换原理	183
5.8.2	第三层交换机种类	183
5.8.3	第三层交换的应用	184
5.9	生成树协议 (STP)	188

5.9.1 STP/RSTP 基础	188
5.9.2 生成树协议的基本概念	189
5.9.3 STP 的工作原理	189
习题 5	201
第 6 章 广域网及 VPN 技术	203
6.1 广域网案例	203
6.2 PPP	204
6.2.1 帧结构	204
6.2.2 通信过程	205
6.2.3 案例实施	206
6.2.4 其他广域网协议	207
6.3 VPN 技术	208
6.3.1 VPN 技术的原理	208
6.3.2 VPN 通信流程	208
6.3.3 案例实施	209
6.4 ADSL	214
6.4.1 ADSL 技术概述	214
6.4.2 Windows 下设置 ADSL	214
6.4.3 路由器设置 ADSL	215
习题 6	217
第 7 章 网络安全与网络管理	218
7.1 网络安全与管理问题的产生	218
7.1.1 网络安全概述	219
7.1.2 网络管理概述	225
7.2 网络安全技术	227
7.2.1 网络安全等级及安全模型	227
7.2.2 数据加密和备份	231
7.2.3 访问控制技术	239
7.2.4 防火墙与病毒防护	241
7.2.5 入侵检测	249
7.2.6 网络安全协议	253
7.3 网络管理技术	259
7.3.1 网络管理功能和模型	259
7.3.2 网络管理协议	265
7.3.3 网络管理员和网络管理软件	266
习题 7	269
附录 A 缩约词	271
附录 B 引用图例说明	275
参考文献	276

第 1 章 计算机网络概论

1.1 一个网络实例

计算机网络作为一种计算机技术与通信技术结合的产物，广泛应用于现代办公、生活、学习、购物等方面，对信息产业的分组也产生较大的影响。到底什么是计算机网络呢？先看下面的一个小型的校园网实例：该校园网有多个服务器（如 Web 服务器、邮件服务器、域名服务器等），通过汇聚交换机接入校园网；多个联网终端，它们可在宿舍区、办公区或教学区通过交换机接入校园网；而接入交换机、汇聚交换机、核心交换机相互连接构成了校园的网络核心；校园的边界部分则通过防火墙、边界路由器等设备，利用广域链路（如互联网）与外部相连。学生或教职工利用终端访问校园网内的服务器，也可通过路由器访问外部网络（如互联网）的资源，外部的终端也可访问校园网内的资源。其拓扑结构如图 1-1 所示。

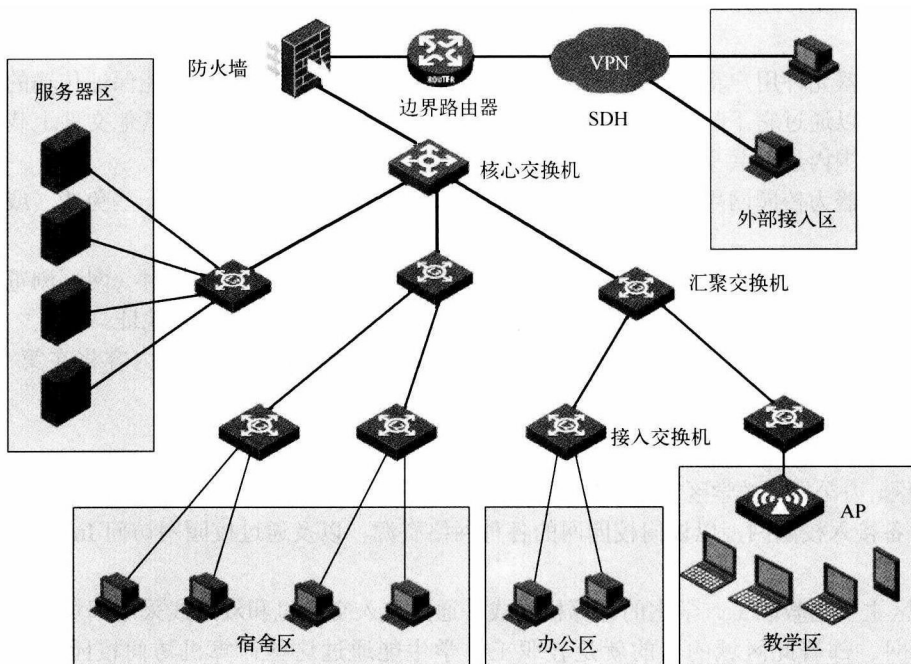


图 1-1 一个小型的校园网

1.1.1 计算机网络的构成

从图 1-1 可以直观地看到，计算机网络就是由若干节点和链路构成的“网状图”。

节点可分为中间节点和端节点两种。端节点主要指一些用户直接操作或访问的端接设备，如计算机、服务器、PDA 等。中间节点就是那些连接端节点的网络设备，如图 1-1 中的交换机、路

由器、防火墙等。

链路是指节点间可直接通信的物理线路，可以是无线链路，也可以是有线链路。图 1-1 中，“教学区”的笔记本电脑就是通过无线链路接入的。有线链路常见的有双绞线、光纤。图 1-1 中进行网络布线连接时，用户计算机大多通过双绞线接入交换设备，而在核心交换机与汇聚交换机之间、汇聚交换机与接入交换机之间大多用光纤连接。

根据计算机网络的内部功能构成，像图 1-1 的校园网，所有计算机都是按地理位置进行分区接入，这些区域再通过某种网络设备（如交换机）接入到网络。区域是指接入用户终端比较集中的一个地理范围。当然，不同的区，接入的用户终端的数量也不同。该校园网由 5 个区和 1 个网络骨干构成。5 个区指服务器区、宿舍区、办公区、教学区、外部接入区。

1. 服务器区

服务器区位于校园网的计算中心，通常放置在专用机房内，包括一些常用的服务器，每个服务器都能提供不同的网络服务，利用网络设备和通信线路直接接入校园网。该校园网的服务器区中包含了 4 种服务器：Web 服务器（www.univ.edu.cn），FTP 服务器（ftp.univ.edu.cn），邮件服务器，DNS 服务器，各 1 台。

Web 服务器也称为 WWW（World Wide Web）服务器，主要功能是提供网上信息浏览服务。Web 可以提供将文字、图形、音频、视频、动画等信息集合于一体，形成超文本形式的网页。Web 是非常易于导航的，用户可以从校园网的主页链接到另一个网站的网页，很方便地在各站点之间进行浏览。

FTP 服务器允许用户将文件从一台计算机传输到另一台计算机，并且能保证传输的可靠性。校园网用户可以通过它下载常用的软件，或者将自己写的一些小软件以及其他文件上载至该服务器，在校园范围内进行共享。

邮件服务器为校园网用户提供电子邮件的收、发服务，并为用户提供一些免费（或付费）的邮箱。

DNS 服务器与其他 DNS 服务器协同工作，为校园网用户在使用域名时（网页浏览、收、发邮件）提供域名到 IP 地址的解析，以方便用户可以不使用不便记忆的 IP 地址。

关于这些服务器的工作原理、使用的应用协议、搭建配置的方法等内容将在第 2 章中详细讲解。

2. 宿舍区、办公区、教学区

宿舍区、办公区、教学区分布在校园内的不同地理位置，主要通过接入交换机将用户的微机、PDA 等设备接入校园网，以访问校园网的各种网络资源，以及通过校园网访问 Internet 上的网络资源。

宿舍区主要由教职工、学生的计算机构成，通过接入交换机和双绞线采用局域网的方式直接接入校园网。部署此区域的目的就是教职工、学生能通过这些计算机访问校园网或其他网络（Internet），一般来说，计算机的数量较多。

关于局域网的工作原理、局域网协议标准、搭建方法将在第 5 章中详细讲解。

教学区中的用户终端大多是移动终端，如笔记本电脑或 PDA，目的是在教学时能提供对教学资源的访问，通常来说数量也不是太多。因此，该校园网采用无线方式接入，以方便用户的移动。

关于无线局域网的工作原理、局域网协议标准、搭建方法将在第 5 章中详细讲解。

3. 外部接入区

外部接入区主要针对地理位置在校外的用户，他们的微机或其他终端并不直接与校园网相

连,而是通过 ISP 提供的接入方式(如 ADSL)接入到因特网,然后利用 VPN 方式远程访问校园网的资源或进行远程办公,其数量可多可少。

关于因特网的接入方式、VPN 的原理、VPN 通信流程以及 VPN 的实施等内容将在第 6 章中详细讲解。

4. 网络骨干

网络骨干是校园网的骨架,将各种服务器、终端等连接起来,构成一个真正的计算机网络。目前流行的构建方式是分层方式,图 1-2 的虚线框内部分就是该校园网的网络骨干,它主要由接入交换机、汇聚交换机、核心交换机、防火墙和边界路由器、SDH 以及通信线路构成,其功能就是提供数据交换和访问控制等。

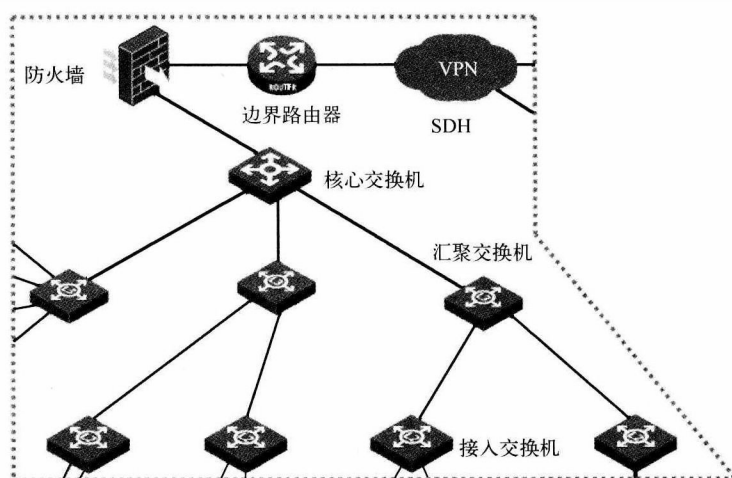


图 1-2 网络骨干

接入交换机是分层的网络骨干中最低层的交换机,它有多个物理连接接口(大多是 RJ45 端口),能将用户终端或其他设备连接到网络,交换机内部采用硬件交换,能同时为多个终端提供帧交换。

汇聚交换机是多台接入交换机的汇聚点,能够处理来自接入层设备的所有通信流量,并提供到核心交换机的上行链路,因而汇聚交换机需要更高的性能、更少的接口和更高的交换速率。通常,汇聚交换机具有三层交换和访问控制的功能。

核心交换机是网络骨干的核心,高可靠性、高性能和高吞吐量是它的特点。同时,核心交换机的安全作用也是很重要的,核心交换机往往在进行数据包的转发的同时也要进行访问控制、流量控制以及其他 QoS 控制。

关于交换机的原理、分类以及交换机的配置等内容将在第 5 章中详细讲解。

防火墙也是构成网络骨干的一部分,属于网络安全设备,是建立在校园网和外部网络(因特网)之间的一道防御系统,能够起到安全隔离的作用,能够将不安全的因素隔离在校园网之外。网络安全设备除了防火墙外,还有入侵检测系统 IDS 等。

关于防火墙的工作方式、架构等内容将在第 7 章中详细讲解。

同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)是某些 ISP 提供的一种基于光纤的高速广域网传输技术,能够将校园网接入到因特网,使其成为因特网的边缘部分,校园网用户能够很方便地访问因特网上的各种资源。

边界路由器位于校园网的边缘，用于连接校园网与外部网络，是校园网的出口，往往能支持多种路由协议，以建立安全的路由控制，同时其背板带宽非常高，具有较高的吞吐能力，甚至具有 VPN 功能，使外部接入用户通过 VPN 方式访问校园网的受限资源。

关于路由器的组成、原理、路由协议、路由选择、安全控制、路由器的配置等内容将在第 4 章中详细讲解。

1.1.2 计算机网络的定义

图 1-1 就是一个典型的计算机网络，通过各种服务器实现了常用的网络服务：Web 服务器实现信息浏览，FTP 服务器实现网络文件的传输，邮件服务器实现电子邮件的收、发。通过边界路由器，用户可访问因特网上的其他网络资源。但是这些服务都是靠各接入区中的计算机与服务器之间的通信来实现的。

因此，计算机网络就是通过交换机、防火墙、路由器等网络设备和通信线路，将分散在不同地理位置的多个计算机系统（服务器或工作站）连接起来，在网络协议和应用软件的控制下，实现各种网络服务的系统。计算机网络常常简称网络。

图 1-1 的校园网只是众多网络中的一个，但是不同的网络在规模、结构、提供的网络服务等方面各有特色，这取决于各网络运营使用单位本身对网络的需求。

1.2 计算机网络的功能

问题：人们为什么要将计算机连接成网络？网络又能实现哪些功能？

计算机网络出现之前，人们使用的是单个计算机，或者有的是多用户计算机，它们都有一个共同的特点：使用的软件、硬件资源都集中在这台计算机上，而且用户之间通常不能进行通信。一旦该计算机出现故障，用户就无法再使用计算机了，而且单台计算机的资源种类、数量也非常有限，往往不能满足不同用户的不同需求，于是才有了将计算机连接成计算机网络的需求。

人们连接计算机网络的目的归结起来有两方面：一是资源共享，二是数据通信。前面提到的各种网络服务，都是计算机网络功能的体现，但是计算机网络的功能有很多，各式各样，最基本的功能是数据通信和资源共享。资源共享就是所有网络用户都可以使用网络中计算机上的各种资源，不分彼此，就好像这些资源都是配置在网络用户的本地计算机上一样。数据通信则是网络用户之间使用计算机通过网络互相传递信息的过程。其中，资源共享是构建网络的最终目的，数据通信则是实现资源共享的前提。

计算机网络的资源可分为硬件资源、软件资源和数据资源三类。

硬件资源：指连接或配置到计算机中的各种共享设备，如共享的打印机、数据中心的磁盘阵列等。这些设备在网络中都可以被其他用户使用。

软件资源：安装在计算机中的各式各样的软件，它们可以被网络用户远程使用、下载等。

数据资源：存储在数据库中的数据，它们可以被网络用户查询、添加、修改等。

当然，现代计算机网络的功能远不止以上两方面，还有诸如电子商务、电子政务、远程教育、网络博客、网络电视等。

1.3 计算机网络的分类

图 1-1 的校园网由很多不同的区域和各种网络设备相互连接而成。其中的每个区域在某种意义上就是人们常说的局域网。局域网是计算机网络分类中的一种，计算机网络分类除了局域网之外，还有

广域网和城域网。它们是按网络中计算机分布的范围大小来区分的，这是一种常见的网络分类分法。

1. 局域网

局域网（Local Area Network, LAN）是将有限地理范围内（一个办公室、一栋楼、一个校园）的各种计算机、终端或其他外部设备利用网络设备直接连接成网络。由于其连接的地理范围有限，因此它往往是属于某个单位独自所有，具有比较规整的拓扑结构，网络传输率比较高，目前最高可达到 10Gbps，比较常见的是 100Mbps、1Gbps（1Gbps=1000Mbps）的传速率。

局域网有两种形式：共享式局域网和交换式局域网。早期构建局域网时采用具有共享特点的集线器（如以太网的集线器 hub）来连接计算机，所构建的局域网就是人们所说的共享式局域网。这种局域网现在已不多见。当今，由于各种交换设备的价格比较廉价，比较流行的是采用交换机来连接各种计算机，所构成的局域网就是交换式局域网。图 1-1 中的通过接入交换机连接的每个区域就是典型的交换式局域网。

局域网从发展至今，其涉及的技术标准有很多。早期的令牌环网、令牌总线网、以太网等采用的传输率标准为 10Mbps 左右。现在比较多的是采用以太标准的局域网，像 Fast Ethernet（100Mbps）、千兆以太网（1000Mbps=1Gbps），甚至 10Gbps 标准的以太网等。

2. 城域网

城域网（Metropolitan Area Network, MAN）就是在一个城市范围内，以 IP 和 ATM 技术为基础，以光纤作为传输介质，将企业网络、机关的办公网络、公司的局域网等相互连接而成，集数据、语音、图像、视频服务于一体的高带宽、多功能、多业务接入的多媒体通信网络。

早期城域网多采用分布式队列双总线（Distributed Queue Dual Bus, DQDB），即 IEEE802.6 标准，现在则采用同步数字体系（Synchronous Digital Hierarchy, SDH）传输技术为基础，其他高速广域网技术与之结合，形成所谓的宽带城域网，如 ATM 技术与之结合形成的 ATM over SDH、基于 SDH 的多业务传送平台（Multi-Service Transfer Platform, MSTP）等。

10Gbps 的以太网技术也广泛用于宽带城域网中，作为汇聚接入。光纤、双绞线到用户桌面，使数据传输速率达到 100Mbps、1000Mbps。因此，人们在谈到城域网时通常是指宽带城域网。

图 1-3 是一典型城域网的分层结构，根据各部分的功能可分为核心层、汇聚层、接入层。

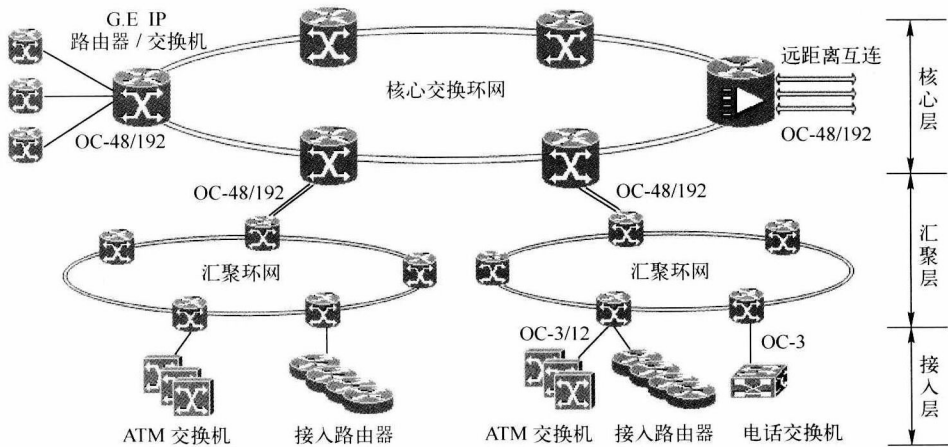


图 1-3 城域网的分层结构

接入层：利用光纤、双绞线、同轴电缆、HFC 等方式，将用户通过多业务接入点连接到城域网，完成多种业务的复用和传输。接入层是城域网和用户侧网络的连接点，为用户提供访问互联网及其他信息服务。

汇聚层：城域网与核心交换网的交汇点，完成各种业务的汇接，汇聚接入层的用户流量，实现 IP 分组的汇聚、转发和交换，可以提供 VPN、VOIP、Web Cache 等增值业务功能，包含 PSTN 交换机、传输复用设备、Internet 接入服务器、IP 路由器、ATM 交换机、媒体网关等设备的功能。

核心层：将多个汇聚层连接起来，为汇聚层提供高速分组转发，为整个城域网提供一个高速、安全和具有服务质量保障能力的数据传输环境，实现与地区或国家主干网络的互连，提供城市的宽带 IP 数据出口，提供宽带城域网用户访问互联网所需要的路由服务。核心交换层结构设计重点考虑的是它的可靠性、可扩展性和开放性。

宽带城域网能够满足政府机构、金融保险、学校、公司企业等单位对高速率、高质量数据通信业务日益旺盛的需求，特别是快速发展起来的互联网用户群对宽带高速上网的需求。

3. 广域网

广域网（Wide Area Network, WAN）又称为远程网，就是将不同城市、不同地区的计算机系统互连起来，形成一个地理范围很广泛的网络。广域网可以跨地区、省市、国家，甚至跨洲际。其连接的对象不止是计算机系统，可以是局域网、城域网等。因特网（Internet）从地理范围的角度来说就是一个跨洲际的广域网。

广域网通常由通信子网和资源子网构成。通信子网主要由通信链路和通信设备（路由器、广域交换机）构成，负责提供网络数据通信、分组转发的任务。通信子网往往由专门的通信运营商搭建、管理和维护，它有多种通信技术：数字用户线路 xDSL（Digital Subscriber Line, DSL）、综合业务数字网（Integrated Services Digital Network, ISDN）、Cable Modem、X.25、帧中继（Frame Relay, FR）、异步传输模式（Asynchronous Transfer Mode, ATM）、同步数字体系（Synchronous Digital Hierarchy, SDH）。资源子网则是指一些计算机系统、连网的外部设备、各种软件和数据资源，负责网络中资源的管理及数据的处理任务，为用户提供各种所需的网络服务。

图 1-1 “外部接入区”中的计算机就要通过广域网 SDH 与校园网相连，才能访问校内的资源。

1.4 因特网（Internet）概述

问题：因特网是怎样形成的？

这要从因特网的发展由来说起。真正的计算机网络是 1969 年美国国防部高级研究计划局所构建的网络（Advanced Research Projects Agency Network, ARPANET），它采用分组交换技术和 TCP/IP 协议将当时的 4 个节点连接成网络，后来发展到 40 多个节点，甚至更多。有了第一个网络成功的经验，世界上的计算机网络如雨后春笋般大量涌现。此时，ARPANET 通过有线、无线和卫星等通信线路，以及当时成为 ARPANET 标准的 TCP/IP 协议将欧洲等国家的计算机网络与之相连，形成第一个互联网，它也是因特网（Internet）的雏形。后来，其他国家、地区的网络也纷纷接入其中，形成了覆盖全球的国际互联网——Internet（即因特网）。

1.4.1 因特网的构成

因特网是一个将全球众多网络相互连接所形成的互联网，是一个网络的网络。其连接对象是网络，接入其中的计算机之间的通信仍遵循 ARPANET 中的 TCP/IP 协议。

问题：分布全球的网络是怎样连接在一起的？

因特网中的网络可分为两种：公网和专网。

公网就是为客户提供有偿服务的网络，任何支付费用的个人或企业都可使用公网提供的连接和通信服务。提供这种通信服务的运营商被称为服务提供商，在因特网中称之为因特网服务提供商（Internet Service Provider, ISP）。由这些 ISP 提供的公网就构成了因特网的核心。从地理范围的角度来将，它们就是一个一个的广域网。

专网就是由企业自己构建、管理和维护的网络，通过 ISP 接入到因特网，构成了因特网的边缘部分。

因此，分布在全球范围内的网络（无数的专网）是通过公网（ISP）提供的网络接口连接在一起的，形成了我们所说的国际互联网（Internet）。

1. 因特网的边缘

因特网的边缘就是由各种端系统构成，可以是专网、家庭网络、单个计算机甚至 PDA，它们选择不同的接入方式与 ISP 相连，为因特网用户访问网络资源提供直接的手段。因特网中的任何网络应用或服务都是在两个端系统之间通过数据通信来实现的。端系统间的通信模式（又称访问模式）可以是客户机/服务器模式（C/S），也可以是对等模式（P2P）。具体的访问模式取决于服务程序的体系结构。

2. 因特网的核心

因特网的核心由 ISP 相互连接而成。而 ISP 的连接则采用分层的方式，通常分为三层，如图 1-4 所示。

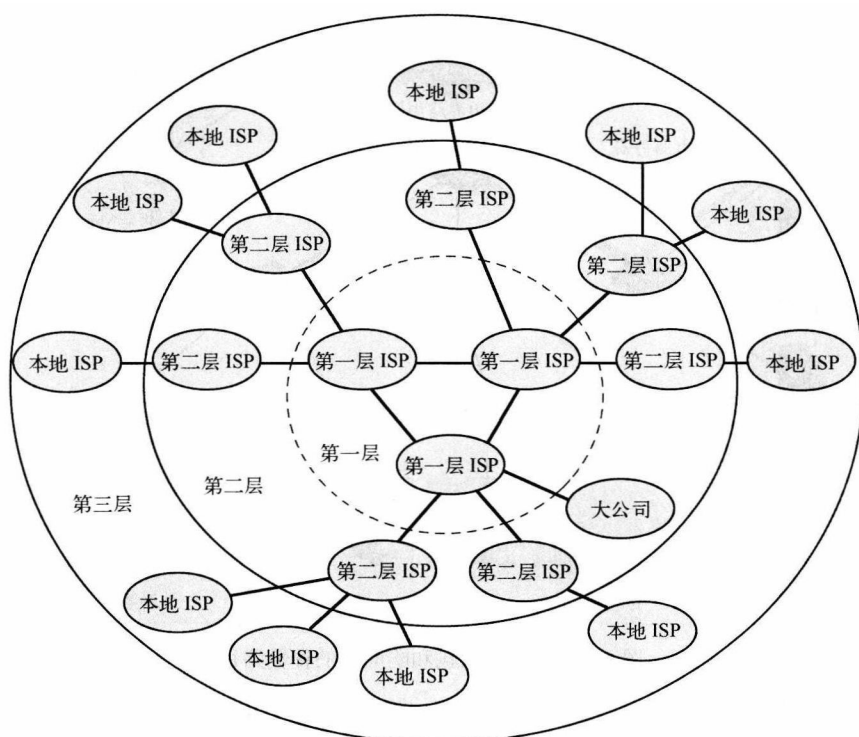


图 1-4 因特网的核心

第一层 ISP 数量较少，但服务面广，能为更多的第二层 ISP 提供服务，并且拥有高速的主干

网，作为因特网核心的核心，它们之间通常采用全互连形式，以确保数据通信的可靠。

第二层 ISP 作为第一层 ISP 的用户，通过第一层 ISP 接入到因特网的主干中，往往一些大公司也可作为第一层 ISP 的用户。

第三层 ISP 又称为本地 ISP，它们是第二层 ISP 的用户，通过第二层 ISP 接入因特网，往往作为本地接入网，能够为个人用户、校园网或企业网提供接入服务。其接入方式有很多：家庭用户的 ADSL 接入、WiFi 接入、拨号 Modem 接入、Cable Modem 接入、校园网或企业网的局域网接入、其他专线接入等。

1.4.2 因特网的数据交换

问题：图 1-1 “外部接入区”中的某一 PC 机用户若要访问校园网内“服务器区”中的某一服务器（如 Web 服务器）实现 Web 信息浏览，PC 机的 Web 请求包是怎样通过通信网络送达 Web 服务器的？

由于“外部接入区”的 PC 机与“服务器区”的 Web 服务器并没有直接相连，而是通过某些 ISP 及校园网内的网络设备（路由器、防火墙、交换机等）与通信线路连接到一起的。PC 机向 Web 服务器发出的 Web 请求包要经过 Internet 的核心部分进行数据交换，以及校园网的边界路由器、防火墙、核心交换机、汇聚交换机等的转发，才能到达 Web 服务器。Web 服务器收到该请求后，按照请求内容进行相应的响应，其响应包也要经过相反的路径，到达“外部接入区”的 PC 机，这样才实现 Web 信息浏览服务。Web 请求包和响应包在网络中传输的路径如图 1-5 箭头指向所示。

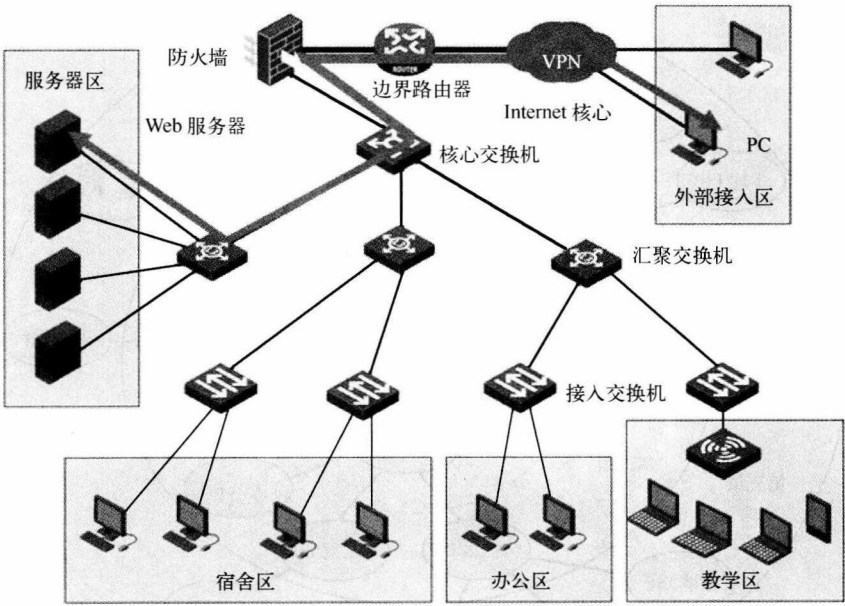


图 1-5 Web 请求包和响应包的传输路径

Web 请求包和响应包在经过校园网和 Internet 核心时需要依赖边界路由器以及 Internet 核心的交换机设备（路由器或交换机）的交换，才能在 Web 服务器与“外部接入区”的 PC 机之间进行交互。所谓交换，是指数据在经过交换节点时的转发方式。Web 请求包和响应包在穿越 Internet 核心时需要依赖更多的 ISP 的交换才能完成，而每个 ISP 提供的交换方式可能不同。一般来说，