



“十三五”普通高等教育本科规划教材

- 教材内容丰富，知识概念清晰，循序渐进，易教易学
- 基本理论与丰富实验相结合，提高学生知识运用能力
- 完整的实例分析，由浅入深分析计算机网络体系结构
- 详细的实验、编程指导，帮助学生迅速掌握基本技能

计算机网络与应用

（第二版）

周 林 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



配套课件



“十三五”普通高等教育本科规划教材

计算机网络与应用 (第二版)

主编 周林

编写 孙超超 张超 李婧 张维



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材，深入浅出地介绍了计算机网络的基本理论，针对网络体系结构、局域网、交换式及工业以太网、网络互联、网络安全、接入网等常用网络技术进行了较全面的阐述。书中并非简单地罗列各种网络概念和术语，而是完整且系统地讲解了计算机网络知识，注重培养学生对网络技术的实际运用能力。本书提供了精心设计的模拟实验来配合相关知识的学习，而且这些实验所需要的环境都简便易得，能够较好地加强学习过程中的感性认识和动手能力，从而提高学生在计算机网络方面综合应用能力。

本书可作为高等院校理工类计算机网络课程的教材，也可作为非计算机专业学生学习计算机网络和网络通信技术的参考教材。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络与应用 / 周林主编. —2 版. —北京：中国电力出版社，2017.1

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-0139-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 301754 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京天宇星印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 7 月第一版

2017 年 1 月第二版 2017 年 1 月北京第七次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 546 千字

定价 45.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

在本书第一版问世的近十年里，计算机网络技术又有了迅猛的发展，网络一词已经不再是一个专业术语，因特网也不再是遥不可及的概念，已经成为人们生活中不可分割的一部分。本书作为专业教材，不是以教会学生上网浏览为目标，而是要求学生能够从更专业的角度去学习掌握计算机网络的各种理论知识和技能。

本书第一版已经强调了理论学习和实践技能相结合的重要性，在内容编排上努力做到基础理论与实践、实验之间的关联分析和运用。而随着近些年网络技术方面的发展、进步，可供辅助学习的工具也越来越丰富，因此本书再版时注重工具软件的教学辅助功能，借助协议分析软件、网络模拟器等作为理论知识学习的良好补充，让学生在学习过程中利用这些优秀的工具充分掌握各类知识点，透彻理解基础理论中的重点、难点。

从目前关注度较高的计算机网络方面的教材来看，其内容还是侧重于从标准制定、理论基础等方面介绍计算机网络的各种规范与协议。这种类似协议手册式的教材虽内容丰富实用却更适合有一定基础的学生深入学习和研究（如研究生教学），虽然这类教材也会提供辅助的实验环节作为补充，但对于零基础的学生而言，从理论到实践会存在一定的阻碍。本书力图借鉴在课堂教学实践中总结的经验，提供实例及实验辅导，同时充分发挥网络资源的效用，帮助读者有效且深入地掌握计算机网络知识和技能。

本书在介绍计算机网络知识和技术时，力求将理论知识和实践操作相结合，按照网络的体系结构自下而上，在逐层介绍各种相关的网络协议等基础理论的同时，穿插大量的网络应用实例以加深对网络基础原理的理解，使学生在掌握基础知识的同时也可灵活地加以实践运用。为了突出实践教学，加强网络技能培养，本书在附录中提供了翔实的实验内容，以便加深学生对计算机网络知识的理解，从而提高学生在计算机网络应用方面的综合能力。另外，为了适应当前普遍的网络编程需求，附录和相关章节中也分析了针对不同网络应用的编程方法，抛砖引玉，给在编程方面感兴趣的学生提供一些帮助。

全书共分 14 章。第 1 章介绍计算机网络的基本概念、分类，以及计算机网络体系结构的概念、ISO/OSI 参考模型和 TCP/IP 模型。第 2 章介绍数据通信的基本概念、数据传输方式、多路复用技术、数据交换技术和传输介质，并简单介绍了常用的 RS-232 标准。第 3 章介绍了数据链路层的基本功能，差错和流量控制问题，以及经典的滑动窗口协议原理，并介绍了典型的 PPP 协议。第 4 章围绕着 IEEE 802 系列标准，主要介绍了 CSMA/CD 协议的演变和原理，以及局域网的技术特征，也详细介绍了无线网络的原理和应用。第 5 章详细介绍了以太网的技术知识，涉及帧结构、10Mbit/s 到 10Gbit/s 以太网的技术特征和细节，并对交换式以太网的基本设计原则做了初步分析。第 6 章从网络交换机的工作原理出发，阐述了交换机对冲突域和广播域的影响，如何实现不同功能的虚拟网规划以及生成树协议原理与作用。第 7 章介绍了网络层的基本功能，路由及拥塞问题，并针对 IP 协议和 IP 地址的运用作了详细描述，细致地分析了常用的 ICMP、ARP 协议及其应用。第 8 章主要介绍了有关的路由协议，围绕常用的 RIP、OSPF 协议和 NAT 技术进行了实例讲解，详细介绍了三层交换技术与组网方式。

第9章主要介绍 TCP/UDP 协议的原理,详细分析了编写 TCP、UDP 相关程序的方法和步骤。第10章介绍了面向最终用户网络所能提供的主要服务和应用类型,涉及 DNS、WWW 服务、电子邮件、P2P 以及 SNMP 的相关知识。第11章讨论了协议分析工具 Wireshark 对理解网络各层次工作方式的重要性,并通过实例进行了比较深入地分析。第12章分析了与计算机网络安全相关的加密技术、病毒防范、入侵检测、IPSec 协议,重点介绍了防火墙技术及具体运用实例,明确了其在网络安全防范方面的重要性。第13章系统地介绍了计算机网络工程的实施步骤并通过案例分析,介绍了网络设计的主要过程及关键事项。第14章介绍了常用的接入网技术,从 DDN、ISDN、xDSL 等基于铜缆的技术到 SDH、PON 等光纤网络的原理和特征都作了基本介绍,便于在实际应用中对比和选择。

根据计算机专业学生的教学需求,建议本书的学时安排为课堂教学 48 学时,实验课 16 学时,并在课程结束后安排 8~10 学时的综合性课程设计,要求学生独立完成所规定的设计内容,以便锻炼其综合实践能力。各章节的学时分配可参考如下安排。

章节	教学学时	实验学时
第 1 章	2	0
第 2 章	2	0
第 3 章	2	0
第 4 章	4	0
第 5 章	4	2
第 6 章	6	4
第 7 章	4	0
第 8 章	4	4
第 9 章	6	0
第 10 章	4	2
第 11 章	2	2
第 12 章	4	2
第 13 章	2	0
第 14 章	2	0

以上学时安排和内容可根据实际需要进行调整。

本书由周林主编,周林负责编写第1、5、9~14章;孙超超负责编写第2~4章;李婧负责编写第6~8章的内容,张超负责编写所有实验项目及附录中的编程案例,张维负责编写第9章的程序,以及第9~10章的部分内容。在本书的编写过程中,得到了本校同仁和中国电力出版社编辑的关心与支持,在此表示衷心的感谢。

限于编写时间,书中疏漏和不妥之处在所难免,恳请专家和读者批评、指正。

编 者

2016年8月于上海

第一版前言

随着互联网的迅速发展，计算机和网络通信已遍及到社会生活的各个角落，也已深深地融入了人们的生活、学习和工作。了解和掌握计算机网络技术与相关知识已成为许多人学习计算机技术的一个重要环节。

目前各高等学校凡是涉及计算机课程的教学，都会先教授计算机网络的相关知识，要求学生掌握计算机网络应用的基本技能，鉴于计算机网络知识所特有的抽象性，想要学生清楚地理解这些基本理论，没有感性认识、没有大量的实验实践，是非常困难的。且脱离实践所教出来的学生也必然是眼高手低，只会纸上谈兵。

作者根据多年计算机网络教学和科研的经验，总结出这样一条结论：高等院校的计算机网络教学必须避免一味的注重理论而忽视实验实践的弊端。

目前计算机网络方面的教材可大致分为两类：一类侧重于介绍计算机网络概念和理论，在网络与通信技术方面有深入阐述，内容详实；另一类只是浅显地讲解了计算机网络的理论，过于侧重实际操作（尤其是操作系统和软件使用）。作者在编写中正是考虑到这些情况，努力使此书的理论与实践能有机结合，为广大读者提供一本有价值的参考教材。

本书在介绍计算机网络知识和技术时，力求将理论知识和实践操作相结合，按照网络的体系结构自下而上，在逐层介绍各种相关的网络技术和基础理论的同时，穿插大量的网络应用实例以加深对网络基础理论的理解，使学生在掌握基础知识的同时即可运用到实践当中。为了突出实践教学，加强网络技能培养，作者特在附录中提供了详实的实验内容，以便加深学生对计算机网络知识的理解，从而提高学生在计算机网络应用方面的综合能力。

全书共分 13 章。第 1 章介绍计算机网络的基本概念、分类，以及计算机网络体系结构的概念、ISO/OSI 参考模型和 TCP/IP 模型。第 2 章介绍数据通信的基本概念、数据传输方式、多路复用技术、数据交换技术和传输介质，并简单介绍了常用的 RS-232 标准。第 3 章介绍了数据链路层的基本功能，差错和流量控制问题，以及经典的滑动窗口协议原理，最后介绍了两个典型协议 HDLC 和 PPP。第 4 章围绕着 IEEE802 系列标准，主要介绍了 CSMA/CD 协议的演变和原理，令牌环、令牌总线、FDDI 等形式的局域网的技术特征。分析了网桥和中继器的性能与差异，也详细讨论了无线网络的原理和应用。第 5 章详细地讨论了以太网的技术知识，涉及帧结构、10Mbit/s 到 10Gbit/s 以太网的技术特征和细节，传统以太网的 5-4-3 原则以及快速以太网的冲突域直径计算。第 6 章从网络交换机的工作原理出发，阐述了交换机对冲突域和广播域的影响，如何实现不同功能的虚拟网规划以及生成树协议原理与作用。第 7 章介绍了网络层的基本功能，路由及拥塞问题，并针对 IP 协议和 IP 地址的运用作了详细描述，细致地分析了常用的 ICMP、ARP 协议及其应用。第 8 章主要介绍了有关的路由协议，围绕常用的 RIP、OSPF 协议和 NAT 技术进行了实例讲解，并对第三层交换技术也作了介绍。第 9 章主要介绍 TCP/UDP 协议的原理，详细分析了编写 TCP、UDP 相关程序的方法和步骤。第 10 章介绍了面向最终用户网络所能提供的主要服务和应用类型，涉及 DNS、WWW 服务、电子邮件、FTP 以及 SNMP 的相关知识。第 11 章分析了与计算机网络安全相关的加密技术、

病毒防范、入侵检测、IPSec 协议,重点介绍了防火墙技术及具体运用实例。另外通过对网络分析工具的举例说明,明确了其在网络维护和网络安全防范方面的重要性。第 12 章系统地介绍了计算机网络工程的实施步骤并通过举例说明完成网络设计的一般过程。第 13 章介绍了常用的广域连接通信技术,对帧中继、DDN、ISDN、ATM、xDSL、VPN 等技术的原理和应用都作了相应的介绍,便于在实际应用中对比和选择。

根据计算机专业学生的教学需求,建议本书的学时安排为课堂教学 50 学时,实验课 16 学时,并在课程结束后安排 8~10 学时的综合性课程设计,要求学生独立完成所规定的设计内容,以便锻炼其综合实践能力。各章节的学时分配可参考如下安排。

第 1 章至第 3 章各 2 学时,第 4 章 4 学时,第 5 章 4 学时,实验一 2 学时,第 6 章 6 学时,实验二 4 学时,第 7 章 4 学时,第 8 章 4 学时,实验三 4 学时,第 9 章 6 学时,第 10 章 4 学时,实验四 2 学时,第 11 章 6 学时,实验五和实验六各 2 学时,第 12 章 4 学时,第 13 章 2 学时。如果是非计算机专业教学使用,可考虑将第 1~3 章压缩 4 学时,第 4~5 章 5 学时,第 6 章 5 学时,实验一和实验二 4 学时,第 7、8 章 4 学时,实验三 2 学时,第 9、10 章 4 学时,实验四 2 学时,第 11~13 章 4 学时,实验五和实验六可以根据学时情况选作。以上学时安排和内容可根据实际需要进行调整。

本书由周林主编,周林负责编写了第 1~4 章、第 6 章和第 11~13 章的内容,张超负责编写了所有实验项目及第 5、7、8 章的主要内容和案例,第 9、10 章由张维编写。在本书的编写过程中,得到了本校同仁和中国电力出版社编辑的关心与支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错漏和不妥之处,恳请专家和读者批评、指正。

编 者

2007 年 4 月于上海

目 录

前言	
第一版前言	
第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.2 计算机网络的分类	2
1.3 网络拓扑结构	4
1.4 网络体系结构及协议的分层	5
1.5 网络参考模型	7
1.6 TCP/IP 参考模型	10
1.7 OSI 与 TCP/IP 模型的比较	12
习题	13
第 2 章 物理层	14
2.1 数据通信基础	14
2.2 编码与调制技术	18
2.3 信道复用技术	20
2.4 数据交换技术	21
2.5 物理层的传输介质	23
2.6 常见物理层标准	27
习题	31
第 3 章 数据链路层	32
3.1 数据链路层的作用	32
3.2 成帧	32
3.3 差错控制和流量控制	34
3.4 ARQ 协议	37
3.5 数据链路层协议案例	40
习题	43
第 4 章 介质访问层和局域网	44
4.1 局域网与 IEEE 802 标准	44
4.2 MAC 地址及其结构	45
4.3 传统局域网技术	46
4.4 逻辑链路控制子层 LLC	55
4.5 局域网的扩展	56

4.6	高速局域网技术	57
4.7	无线局域网	61
4.8	无线自组织网	70
	习题	74
第5章	以太网技术	75
5.1	以太网的发展简史	75
5.2	以太网帧结构	76
5.3	从 10Mbit/s 到 10Gbit/s	78
5.4	全双工与流控制	87
5.5	自动协商与以太网供电	89
5.6	以太网组网	93
5.7	工业以太网	96
	习题	100
第6章	交换技术与虚拟局域网	101
6.1	交换机概述	101
6.2	交换机的数据转发	102
6.3	虚拟局域网	105
6.4	交换机的扩展	113
6.5	冗余链路与生成树协议	115
	习题	122
第7章	网络层	123
7.1	网络层的任务	123
7.2	IP 协议	125
7.3	划分子网	129
7.4	因特网控制报文协议	133
7.5	地址解析协议	136
7.6	下一代网际互联协议 IPv6	140
7.7	BOOTP 和 DHCP	146
	习题	147
第8章	网络互联	149
8.1	路由与路由算法	149
8.2	基于路由的互联	150
8.3	网络地址转换	157
8.4	第三层交换技术	160
	习题	167
第9章	传输层	169
9.1	传输层概述	169
9.2	传输层要解决的问题	170
9.3	传输控制协议	174

9.4	用户数据报协议	182
9.5	套接字编程	183
9.6	第四层交换技术	206
	习题	209
第 10 章	应用层	210
10.1	应用层功能概述	210
10.2	域名系统	210
10.3	万维网	217
10.4	电子邮件	224
10.5	文件传输	227
10.6	动态主机配置协议	232
10.7	简单网络管理协议	235
	习题	238
第 11 章	协议数据分析	239
11.1	Wireshark 基本使用	239
11.2	一次网络访问的过程	242
11.3	更复杂的网络连接	244
11.4	站点无法访问	245
11.5	特殊环境的处理方法	246
	习题	247
第 12 章	网络安全	248
12.1	信息加密技术	248
12.2	网络安全协议	252
12.3	防火墙技术	261
12.4	入侵检测	267
12.5	防范网络病毒	270
12.6	电力系统网络安全	272
	习题	275
第 13 章	网络设计与结构化布线	276
13.1	网络系统设计流程	276
13.2	综合布线系统	278
13.3	设计案例分析	283
	习题	288
第 14 章	接入网技术	289
14.1	铜缆接入技术	289
14.2	光纤接入技术	295
14.3	无线宽带接入技术	301
	习题	306

附录 A 网络参考实验	307
实验一 构造小型局域网	307
实验二 虚拟局域网实验	311
实验三 路由实验	315
实验四 三层交换实验	319
实验五 防火墙实验	321
实验六 网络地址转换实验	325
实验七 生成树实验	327
附录 B 网络程序设计	332
程序一 数据包的分析	332
程序二 ICMP 协议程序设计	337
参考文献	345

第1章 计算机网络概述

本章是对计算机网络相关知识的初步介绍，在对计算机网络的概念、分类和结构等内容进行讨论后，主要分析了按层次进行计算机网络系统设计的思想，并结合开放系统互连和TCP/IP两种模型简要地对分层设计思想进行了对比说明。

1.1 计算机网络的基本概念

进入21世纪以来，科技的迅猛发展和信息化革新让全社会在因特网的包裹下成为了没有边界的“富媒体”时代，微博、微信等各种社交工具的层出不穷，使我们每个个体都不再是单一的信息受众，“自媒体”一词的出现标志着信息化程度的加深，“大数据”“互联网+”等概念已经是不可回避的热点。而以上所有的技术进步与发展，所依赖的就是网络通信。一切信息与数据交互的根基都依靠计算机网络技术的进步。

对于计算机网络的诞生，目前比较公认的说法是指因特网的出现，即诞生于1969年的阿帕网ARPAnet（ARPA是美国高级研究计划署“Advanced Research Project Agency”的简称），一个出于国防目的的美国政府研究项目。在脱离了政府经营转入商业运营后，基于ARPAnet架构的计算机网络日益壮大和成熟，自20世纪90年代万维网（World Wide Web，也作“Web”“WWW”“W3”）的兴起，因特网的概念更是深入人心，如今计算机网络已广泛应用于各个领域，生活和工作中对计算机网络的依赖日渐深化，计算机网络已成为当今信息世界不可缺少的基础沟通平台。

计算机网络是指独立自治、相互连接的计算机集合。独立自治意味着每台连网的计算机是完整的计算机系统，可以独立运行用户的作业。相互连接意味着两台计算机之间能够相互交换信息。计算机之间的连接是物理的，由硬件实现。计算机连接所使用的介质可以是双绞线、同轴电缆或光纤等有线介质，也可以是无无线电、激光、微波等无线介质。计算机之间的信息交换具有物理和逻辑的双重含义。在计算机网络的最底层，信息交换体现为直接相连的两台机器之间无结构的比特流传输；而在底层之上的各层所交换的信息便有了一定的逻辑结构，越往上逻辑结构越复杂，也越接近用户真正需要的形式。信息交换在低层由硬件实现，而到了高层则由软件实现。

在上述定义中之所以强调连网计算机的独立性，主要是为了将计算机网络与主机加终端构成的分布式系统区分开。比如早期的计算机由于硬件成本原因，通常连接有多台终端（输入及输出装置）和打印机，但这些终端并不能独立运转，因此这只是分布式系统的一种，而不是计算机网络。

我们可以将计算机网络的主要功能概括如下：

- （1）数据通信——计算机协同工作，不仅消除了地理位置的限制，而且极大地提高了工作效率。如：IP电话、网上寻呼、网络聊天和电子邮件等。
- （2）资源共享——许多计算机领域的昂贵资源，通过网络的普及而提高了利用率，使

计算机系统的整体性价比得到改善,避免了重复投资。如网络视频点播、网上教学、网上购物等。

(3) 提高可靠性——通过计算机网络,各种资源可以存放在不同地点,用户可以通过多种途径来访问网络中的某个资源,从而避免了单一节点失效对用户产生的影响。如网络存储、网上证券等。

(4) 提高系统处理能力——计算机网络内的多台计算机可通过协同操作和并行处理来提高整个系统的处理能力,并使网络内的各计算机负载均衡。如网络运算、分布式数据库等。

1.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类标准很多,被广泛采用的网络划分标准是按照计算机网络的覆盖范围来划分。按照网络覆盖范围的大小,我们将计算机网络分为局域网、城域网、广域网和因特网。而随着技术的发展和应用需求的扩大,近些年又兴起了对个域网技术的研究。不同规模的网络所采用的技术不同。

1.2.1 个域网

个域网(Personal Area Network, PAN)是覆盖范围相对较小的网络,连接形式多以无线为主。在网络构成上,PAN位于整个网络链的末端,用于实现同一地点终端与终端间的连接,如智能手机、电脑与蓝牙设备的连接等。PAN所覆盖的范围一般在10m半径以内,运行于公共的2.4GHz无线频段。用于个域网的主要技术有:

(1) 蓝牙技术。它是目前PAN环境中使用的主流技术,能在近距离范围内实现相互通信或操作。蓝牙技术被广泛的用于移动终端之间的连接、近距离无线音频传输、健康数据监测等场合。

(2) Zigbee(俗称紫蜂)是一种新兴的短距离、低功率、低速率无线接入技术。Zigbee也工作在2.4G频段,共有27个无线信道,数据传输速率为20~250kbit/s,传输距离为10~75m。Zigbee被广泛应用于物联网产业,如智能电网、智能交通、智能建筑、智能家居、移动POS终端以及工业自动化领域。

(3) RFID(俗称电子标签)。它是一种非接触式的自动识别技术,通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据。RFID由标签、解读器和天线三个基本要素组成。RFID技术目前广泛应用于物流业、交通运输、医药、食品等领域。

(4) 近距离无线通信技术(Near Field Communication, NFC)。NFC是一种由RFID衍生出来的短距离无线通信技术。使用双方只需互相接近,就可以完成信息交换,并访问内容和服务。NFC可以对无线网络进行快速、主动设置,也可以用作虚拟连接器,服务于现有蜂窝状网络、蓝牙和802.11设备。

(5) 无载波通信技术(Ultra Wideband, UWB, 超宽带,即802.15.3a)。它是一种超高速的短距离无线接入技术,通过无载波通信技术,利用纳秒至皮秒级的非正弦波窄脉冲传输数据,可以在较宽的频谱上传送极低功率的信号,能在10m左右的范围内实现数百兆的数据传输率,具有抗干扰性能强、传输速率高、带宽极宽、消耗电能小、保密性好、发送功率小等诸多优势,主要用于军用无线内通系统、地质勘探、车辆碰撞预警等领域。

另一个与PAN特性极为相似的是体域网(Body Area Network, BAN),与PAN的区别主

要是设备的连接范围,它是附着在人体范围的一种网络。由小巧可移动、具有通信功能的传感器和一个身体主站(或称协调器)组成。每一传感器既可佩戴在身上,也可植入体内。协调器是网络的管理器,也是和外部网络(如:Wi-Fi等)之间的网关,使数据能够安全地传送和交换。显然,用于BAN的传感器都是通过无线技术进行通信。

BAN早期的应用主要是用来连续监视和记录慢性病患者的健康参数,提供某种方式的自动疗法控制。从体域网目前的发展来看,已广泛地在向消费者电子、娱乐、运动、环境智能、军事或安全等领域迈进。

1.2.2 局域网

局域网(Local Area Network, LAN)是指范围在几百米到十几千米内的计算机相互连接所构成的计算机网络。局域网被广泛应用于校园、工厂以及企业的个人计算机或工作站,以便计算机之间共享资源和互相通信。

局域网有别于其他网络的主要特征体现在以下三个方面:

- (1) 网络所覆盖的物理范围。
- (2) 网络所使用的传输技术。
- (3) 网络采用的拓扑结构。

早期的局域网中经常使用共享信道技术。早期局域网具有高数据传输速率(10Mbit/s或100Mbit/s)、短距离和低误码率等特点,而新型局域网的数据传输率可达1000Mbit/s,甚至更高。随着技术的发展,目前的局域网都已采用交换技术,并且提供100Mbit/s到10Gbit/s的传输速率。

1.2.3 城域网

城域网(Metropolitan Area Network, MAN)所采用的技术与局域网基本类似,只是物理范围和网络规模要大一些。城域网不仅可以覆盖相距不远的几幢建筑,甚至还能覆盖一个城市。既可以是专用网络,也可以是公用网。城域网既可以支持数据和语音传输,也可以与有线电视等其他系统相连。

1.2.4 广域网

广域网(Wide Area Network, WAN)通常跨接很大的物理范围,如一个国家。广域网通常由完成各种功能的主机和把主机连接在一起的通信子网(Communication Subnet)构成。通信子网的任务是在主机之间传送报文。在大多数广域网中,通信子网一般都由传输信道和转接设备两部分组成。传输信道用于在主机间传送数据,转接设备则用于连接两条或多条传输线路。

绝大多数广域网中,通信子网包含大量租用线路或专用线路,当报文从源节点经过中间节点发往远方目的地时,每个中间节点将报文完整接收并存储起来,然后选择一条合适的输出线路继续向前传送,因而这类子网又称为点到点子网或存储转发子网。几乎所有的广域网都采用存储转发方式。

广域网最初的目的只是为了使物理上分布广泛的计算机之间能够进行简单的数据通信,但如今它是实现全球网络互联的基石。

1.2.5 因特网

全球范围内有许多不同规模和采用不同技术的网络,因而造成了不同网络的物理结构、协议和所采用的标准各不相同。这些不同网络的用户如果需要相互通信,就必须通过诸如网

关一类的设备来连接这些互不兼容的网络，并完成相应的转换功能。因特网就是多个网络相互连接构成的网络集合的统称。

因特网是通过广域网将众多不同的局域网连接在一起。广域网、通信子网和因特网这三个概念经常容易混淆。通信子网作为广域网的一个重要组成部分，通常由转接设备和通信线路组成。通信子网和主机相结合构成广域网络（对局域网来说，它只有电缆和主机，没有通信子网）。因特网可以简单的看作是“网络的网络”。

1.3 网络拓扑结构

计算机网络的拓扑结构与网络的类型有一定关系，以下所介绍的拓扑结构并非在所有的计算机网络中都会出现，要注意区别。

1.3.1 总线型结构

总线型结构是局域网中常见的网络连接方式，如图 1-1 (a) 所示。总线型结构中，主机之间通过一根公共线路（公共介质）进行通信，每一个主机通过相应的接口侦听总线上传输的内容。如果接口判断出数据是送往它所服务的主机，就会从总线上读取数据并交给主机。同样，当一个主机有数据需要发送时，其接口电路也会检测总线是否空闲，如果空闲就立刻开始发送数据。

局域网中的以太网（Ethernet）是非常典型的总线型网络。它的公共介质是以太网电缆，材料可以是铜线或其他无线介质。

1.3.2 星型结构

目前常见的局域网连接方式是星型结构，如图 1-1 (b) 所示。这种结构是由中央节点和通过通信链路接到中央节点的各个站点所组成的。通常采用集中通信的方式，需要通信的主机把数据传输给中央节点，再由中央节点将数据发送到目标站点。

这种结构要求中央节点的可靠性很高，否则出现故障会危及整个网络。星型结构的优点在于结构简单，网络控制方便，易于扩充，故障诊断和隔离较为容易。缺点在于电缆太长，安装工作量大，且中央节点的负担重，易成为瓶颈等。

1.3.3 环型结构

环型结构也是局域网当中曾被采用的连接方式。环型拓扑结构如图 1-1 (c) 所示，设备被连接成环状，每一台设备只能和它的一个或两个相邻节点直接通信，如果要与其他节点通信，信息必须依次经过两者之间的每一个设备。环型网络可以是单向的，也可以是双向的。单向是指所有的传输都是同方向的，所以每个设备只能和一个邻近节点通信；双向则是数据能在两个方向进行传输，因此设备可以和两个邻近节点直接通信。

环型结构的缺点是：当一个节点向另一个节点发送数据时，它们之间的所有节点都将参与传输。这相对于总线型结构而言，每个节点会有更多的时间花在替别的节点转发数据上，

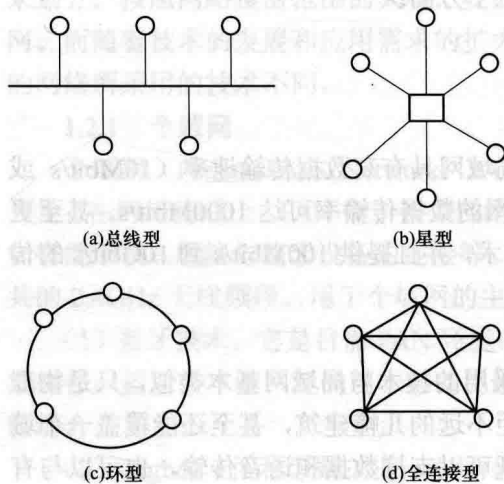


图 1-1 网络拓扑结构

而且只要一个节点发生故障,就会影响到环中所有节点的正常通信。

1.3.4 全连接结构

全连接结构如图 1-1 (d) 所示。每一对设备间都有直接连接,是一种极端的连接方案。虽然不再需要公共线路,任意两台设备间都可以直接通信而不会涉及其他设备。但是每一对设备间的直接连接必然会增加开销,且会有很多连接得不到充分利用。

1.3.5 混合拓扑结构

大多数网络连接都是各种拓扑结构的组合,不会仅局限于某种固定的模式。如广域网,就是多种局域网拓扑结构的综合体现。

1.4 网络体系结构及协议的分层

计算机网络由硬件和软件两部分构成。但设计一个功能强、高性价比、健壮、通用性较好的网络是相当困难的事情。此外,网络的设计也不是一成不变的,它需要适应底层技术的变化、新技术新兴应用对网络需求的变化。

抽象是用于处理复杂性事物的工具。抽象能够捕获系统的特征模型,并将其封装成一个对象,以便为系统的其他组件提供可操作的接口,同时又对使用者隐藏了对象的实现细节。抽象的结果就是分层。分层的总体思想是从底层硬件提供的服务开始,每一层都利用低层提供的服务来实现更高级的服务。在网络体系结构中,抽象的对象称为协议 (Protocol)。要想让两台计算机进行通信,做到有条不紊地交换数据,就必须让它们遵守一些事先约定好的规则,这些规则明确规定了所交换数据的格式以及同步问题。我们把在计算机网络中用于规定信息格式以及如何发送和接收信息的一套规则称为网络协议。

为了减少网络系统设计的复杂度,并没有将其设计成一个单一的复杂系统,而是采取了分层设计。每一层功能的实现都是建立在其下一层提供的服务基础上的,而每一层又都为其上一层提供特定的服务,但具体的服务实现细节对上层或下层是屏蔽的,即本层不必告知其他层自己是如何完成所提供的服务的。分层的方法在计算机科学的很多领域都有应用,只是称呼方式有所不同。比如在学习面向对象程序设计时用到的数据封装,基本思路也是把为用户提供特定功能的算法、内部数据结构等细节隐蔽起来。分层的协议可以带来很多便利:

(1) 灵活性: 当任何一层发生变化时,只要层间接口关系保持不变,则在这层以上或以下各层均不受影响。

(2) 层次之间相互独立: 某一层不需要知道它的下一层是如何实现的,而仅仅需要知道该层通过层间的接口所提供的服务。

(3) 易于实现和维护: 分层将一个难以处理的复杂问题分解为若干个较容易处理且较小的问题,整个问题的复杂度就下降了,使得实现和调试一个庞大而又复杂的系统变得容易处理。

以下用物流的例子来说明网络中分层的思想,物流的进程如图 1-2 所示。

假设你有一个包裹要递送到另外一个城市的家

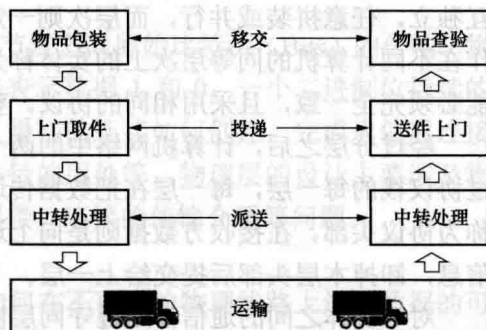


图 1-2 物流的过程

中。当你把包裹交给上门取件的快递员时，他并不会直接把你这个包裹送到目的地，他的职责只是把本地需要递送的物品收集齐，送到转运点。转运点的工作是将每个包裹按目的地进行分类并集中，真正完成包裹递送的是之后的物流线路，通过汽车、火车或飞机等不同的运输工具将包裹送到目的城市的转运点（也没有直接送到你家门口）。目的城市的转运点再次将包裹分类，安排快递员进行最终配送（显然这个送件的快递员和收件的不会是同一个人）。

在图 1-2 中，你相当于网络中的发送方，递送的包裹就如同发送的数据。快递员这一层面要做的只是把包裹封装好，打上必要的印记（如快递单）；转运点只需要标记包裹的去向（城市），不必关心收件人、物品内容等细节，这些工作在上一步已经完成了。

网络体系结构是层次和协议的集合。每个层次可能有多个协议，它们分别完成不同的功能。协议层次结构中越靠近底层的，其实现越依赖硬件（如上例中的运输工具），靠近上层的功能，多是由软件方式来实现。

分层的优点在于可以将构造计算机网络的问题分解成多个可处理的小问题，而非把所有需要的功能都集中在一个软件中；分层提供了模块化的设计，需要增加新服务时，只需要改变某个层次的内容，同时又可以继续使用其他层次提供的服务。

为了减少网络协议设计的复杂性，网络系统的设计并不是设计一个单一而庞大的协议来描述所有的数据通信细节，而是采用将通信问题划分成许多个细节，然后对每个细节单独设计一种协议的方法。这种做法使得每种协议的设计、分析、编码和测试都会相对比较容易。

在网络协议设计中把这种系统分割的设计方法叫做分层设计。所谓分层设计，就是按照信息的流动过程将网络的整体功能分解为一个个功能层，不同计算机上的同等功能层之间采用相同的通信规则（即协议），如第 N 层通信规则的集合，就是第 N 层的协议。接口则用来描述相邻层次之间的相互作用。在两个相邻层之间，下层为上层提供服务，上层利用下层提供的服务实现本层的功能。

总的来说，协议是不同计算机同等层次之间的通信约定，而接口是同一计算机相邻层之间的通信约定。不同的网络，其层次划分的数量，各层的名称和功能以及协议可能各不相同。然而，在所有的网络中，每一层的目的都是向它上一层提供一定的服务。在通信过程中，下层会对上层隐蔽下层的实现细节。但层次的划分应首先确定层次的集合及每层应完成的任务。划分时应按逻辑功能组合，并具有足够的层次，以使每层小到易于处理。同时层次也不能太多，以免产生难以负担的处理开销。

要注意的是协议层次化不同于程序设计中模块化的概念。在程序设计中，各模块可以相互独立，任意拼装或并行，而层次则一定要有上下之分，它是由数据流的流动而产生的。工作在不同计算机的同等层次上的实体称为对等进程，对等进程不一定要有相同的程序，但功能必须完全一致，且采用相同的协议。整个通信协议的实现称为协议栈。

经过分层之后，计算机网络中的两个节点之间的通信过程大致为：数据从发送方向下通过协议栈的每一层，每一层在把数据传送到低一层之前，要在数据前面附加一些控制信息，称为协议头部。在接收方数据则是向上通过协议栈的每一层，接收方分析收到的数据的头部信息，卸掉本层头部后提交给上一层。

对等实体之间的通信都是遵守同层协议进行的，在接收方上的第 N 层程序必须恰好接收由发送方的第 N 层程序所发送的数据。只有在最底层产生实际的物理通信，其余各层之间的通信都是虚拟通信。层间通信即相邻层实体之间进行的通信则依靠层间协议（接口）来完成。