



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JISUANJI WANGLUO

计算机网络

主 编 李秀龙



中国电力出版社
www.infopower.com.cn



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JISUANJI WANGLUO
计算机网络

主 编 李秀龙
副主编 刘德强 李传波



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

Computer
Technology

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家规划教材。该书紧抓高职高专教育的特点,强调网络技术理论与实际应用相结合,突出高职高专教学中强调的培养学生应用技能的特色,以强化应用为目的,该书内容新颖、结构合理、概念清楚、通俗易懂。

该教材中实用技术部分编有实训一节,利于理论教学与实验实训相结合,突出学生基本技能、专业技能、职业技能的培养,强调可操作性和先进性。

本书具有鲜明的高职高专教育特色,适合作为高等职业院校计算机相关专业的计算机网络教材使用,同时也可以作为网络工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 李秀龙主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-5707-2

I. 计… II. 李… III. 计算机网络—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 100957 号

丛 书 名: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 (高职高专教育)

书 名: 计算机网络

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市三里河路 6 号

邮政编码: 100044

电 话: (010) 68362602

传 真: (010) 68316497, 88383619

服务电话: (010) 58383411

传 真: (010) 58383267

E-mail: infopower@cepp.com.cn

印 刷: 北京市同江印刷厂印刷

开本尺寸: 185mm×260mm

印 张: 21.25

字 数: 517 千字

书 号: ISBN 978-7-5083-5707-2

版 次: 2007 年 9 月北京第 1 版

印 次: 2007 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 0001—4000 册

定 价: 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

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

随着我国高等职业教育的蓬勃发展和高等职业教学研究的逐步深入,特别是近几年国家“精品课程”建设工程的推动,高等职业教育领域迫切需要具有高职高专鲜明特色的教材。本教材编写之初是作为省级“计算机网络”精品课程课题项目的配套教材组织编写的,并进而入围教育部“十一五”国家级规划教材建设项目。

该教材紧抓高职高专教育的特点,围绕培养技术应用性人才这一方针,以必需、够用为尺度,强调网络技术理论与实际应用相结合,突出高职高专教学中强调的培养学生应用技能的特色。教材体系注重体现以强化应用为目的,突出国际主流局域网技术——快速/高速以太网技术,以 TCP/IP 体系为主线进行组织。教材编写力求内容新颖、结构合理、概念清楚、通俗易懂。

本书共分为 10 章,第 1 章主要介绍了计算机网络的概念、计算机网络的发展及其应用;第 2 章介绍了数据通信的一些基本知识;第 3 章系统介绍了计算机网络体系结构;第 4 章介绍了局域网的基本知识,详细描述了二层交换的基本原理以及虚拟网(VLAN)划分等;第 5、6 章以 TCP/IP 为主线,讲解了 IP 地址、IP 协议、TCP/UDP 协议、IP 路由与路由算法等;第 7 章介绍了 Internet 的主要服务,包括 WWW 服务、FTP 服务和邮件服务等;第 8、9 章讨论了网络的安全问题和网络的优化管理;最后一章介绍了目前常用的互联网接入技术。

该教材中实用技术部分编有实训一节,利于理论教学与实验实训相结合。网络实训部分针对当前主流网络设备和技術,吸收世界主流网络设备厂商的培训方案,突出学生基本技能、专业技能、职业技能的培养,强调可操作性和先进性。

本教材由李秀龙任主编,刘德强、李传波任副主编。参加编写的还有袁涛、朱丽兰、沈志梅、董敏、徐敏、郭磊、武希英和徐希炜。编写人员都是山东省精品课程“计算机网络”课题组成员,并大多有从事网络工程的实际工作经验,在编写过程中多方听取了行业工程师和技术人员的意见。

由于编者水平所限,教材中讲解不当之处在所难免,请读者提出宝贵意见。

编 者
2007 年 6 月

目 录

前 言

第 1 章 概论	1
1.1 计算机网络的演进	1
1.2 计算机网络的功能和应用	5
1.3 计算机网络的性能和分类	6
习题	7
第 2 章 数据通信技术基础	8
2.1 数据通信的基本概念	8
2.2 数据通信系统中的主要性能指标	11
2.3 数据传输	12
习题	25
第 3 章 计算机网络体系结构	26
3.1 计算机网络体系结构的基本概念	26
3.2 ISO/OSI 参考模型	28
3.3 TCP/IP 体系结构概述	34
习题	38
第 4 章 局域网技术	40
4.1 局域网技术概述	40
4.2 局域网参考模型	41
4.3 局域网的主要技术要素	44
4.4 以太网	55
4.5 以太网组网设备	62
4.6 交换与虚拟以太网	70
4.7 无线局域网	75
4.8 实训	78
习题	100
第 5 章 网络层	101
5.1 网络层概述	101
5.2 IPv4 地址	105
5.3 IPv6 地址	116
5.4 IP 协议	123
5.5 网络层的其他协议	128
5.6 路由选择	140

5.7 实训.....	152
习题.....	165
第6章 传输层.....	168
6.1 传输层简介.....	168
6.2 传输控制协议 TCP.....	169
6.3 用户数据报协议 UDP.....	176
6.4 TCP 和 UDP 的区别.....	177
习题.....	177
第7章 应用层.....	179
7.1 应用层简介.....	179
7.2 域名系统 DNS.....	182
7.3 动态主机配置协议 DHCP.....	188
7.4 WWW 服务.....	196
7.5 电子邮件系统.....	208
7.6 实训.....	214
习题.....	227
第8章 网络管理.....	228
8.1 网络管理概述.....	228
8.2 网络管理的功能简介.....	230
8.3 网络管理协议和技术.....	233
8.4 网络日常管理和维护.....	235
8.5 网络故障的诊断和排除.....	238
8.6 选择合适的网络管理软件.....	240
8.7 实训.....	243
习题.....	247
第9章 网络安全.....	248
9.1 网络安全基础知识.....	248
9.2 威胁网络安全的因素.....	251
9.3 网络遭受攻击的形式.....	254
9.4 网络安全防范措施.....	260
9.5 网络安全解决方案.....	263
9.6 网络安全技术.....	268
9.7 防火墙.....	273
9.8 实训.....	294
习题.....	301
第10章 Internet 接入技术.....	302
10.1 Internet 接入概述.....	302

10.2 拨号接入	302
10.3 ISDN 接入	305
10.4 ADSL 接入	306
10.5 Cable Modem 接入	313
10.6 无线局域网接入	319
10.7 实训	322
习题	331
参考文献	332

第 1 章 概 论

本文介绍了计算机网络的发展，讲解了计算机网络的功能和应用等。通过本章学习应当掌握以下内容：

- 计算机网络的定义。
- 计算机网络的演进。
- 计算机网络的功能和应用。
- 网络的性能指标。
- 计算机网络的分类。

现代社会，知识经济已成为推动生产力发展的巨大动力。知识经济的两个重要特点就是信息化和全球化。要实现信息化和全球化，就必须依靠完善的计算机网络。人们对于信息的获取、存储、传递、处理和控制主要是通过计算机网络来实现的。因此，计算机网络已经成为信息社会知识经济的重要基础和社会结构的一个重要组成部分。

1.1 计算机网络的演进

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物。根据其特点，可以概括成：计算机网络是把所处的地理位置不同、但具有独立自主功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来，并在网络软件的管理控制下，实现网络资源共享的系统。

计算机网络的构成必须具备以下三个要素：

(1) 至少有两台具有独立操作系统的计算机，能相互共享某种资源。

(2) 两个独立体之间需通过通信设备或其他通信手段互相连接。

(3) 两个或更多的独立体之间要相互通信，需遵守一致的规则，如通信协议方式和体系标准等。

1.1.2 计算机网络的演进

计算机网络出现的时间不长，它的发展经历了从简单到复杂、从单机到多机的发展演变过程。这个过程大致可分为四个阶段：面向终端的计算机网络阶段、计算机—计算机网络阶段、开放式标准化网络阶段、网络互联与高速网络阶段。

1. 面向终端的计算机网络阶段

面向终端的计算机网络又称为计算机终端网络，实际上它是以单台计算机为中心的远程联机系统。这样的系统中除了一台中心计算机，其余都是不具备自主处理功能的终端。在系统中主要存在的是终端和中心计算机的通信。

20 世纪 60 年代，美国航空公司使用一台中心计算机和全美 2000 多个终端组成的机票预

订系统 SABRE I 就是这种远程联机系统的典型代表。

在计算机终端网络中，随着所连接终端数量的增加，中心计算机所承担的与终端的通信开销必然加重，使其数据处理能力下降，工作效率降低。因此，在中心计算机前面增加了一个前置处理机 FEP (Front End Processor) 来完成通信与控制工作，中心计算机专门进行数据处理。另一方面，若每台远程终端都用一条通信专线与中心计算机连接，则线路的利用率低，且随着终端个数的不断增大，通信费用将达到难以负担的程度。为了解决这一问题，在终端比较集中的地点设置终端控制器 TC (Terminal Controller)。终端控制器 TC 首先通过低速线路将附近的终端连接起来，再通过高速通信线路与远程中心计算机的前置处理机相连，提高了远程线路的利用率，降低了通信费用，其结构如图 1-1 所示。前置处理机和终端控制器也可以用价格低廉的小型计算机和微型机来实现。这样的远程联机系统已经具备了计算机和计算机间通信的雏形。美国的自动防空系统 SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) 就是一个典型的例子。

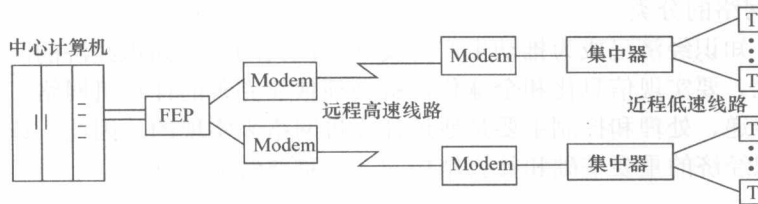


图 1-1 远程联机系统

这一阶段计算机网络的主要特点如下：

- (1) 以主机为中心，面向终端。
- (2) 通信主要在终端和中心计算机之间进行。
- (3) 各终端分时访问并使用中心计算机及其资源。

2. 计算机—计算机网络阶段

这个阶段计算机网络体系结构和协议得到了深入研究。该阶段的计算机网络是以通信子网为中心，通过公用通信子网实现计算机之间的通信。在这种系统中，终端和中心计算机间的通信已发展到计算机和计算机间的通信，服务由分散而又互联在一起的多台主计算机共同完成。它与以单台计算机为中心的远程联机系统显著的区别是：网络中多台主计算机都具有自主处理能力，相互之间不存在主从关系。其典型代表是 ARPANET。

20 世纪 60 年代后期，美国国防部高级研究计划局 ARPA 提供经费，许多大学和公司经过对多个主计算机互联网络的研究，建立了一个实验性的四节点网络并成功投入运行。后来，ARPANET 扩展到连接数百台计算机，地理范围跨越了半个地球。其研究成果对后来的计算机网络影响巨大。

ARPANET 的原理可以用分组交换 (Packet Switch) 来概括，它奠定了现在大多数计算机网络“存储转发”的基础。在 ARPANET 中，互联的主计算机称为主机 (Host)，主机之间通过称为接口报文处理机 IMP (Interface Message Processor) 的装置转接后相连接。当某个主机上的用户要访问远程另一个主机时，主机首先将信息送至直接与其连接的 IMP 上，在通信线路空闲时，信息被传送给另一个 IMP 上并被存储起来。这个过程不断重复，直至信息被传送到远程的目的 IMP，并送入与其直接连接的目的主机。这种类似传递邮政信件的传送方式，

叫做存储转发（Store and Forward）。采用存储转发方式的好处在于通信线路不为某对通信用户所独占，因而大大提高了通信线路的有效利用率。以存储转发方式传输分组的通信子网又被称为分组交换网（Packet Switching Network）。

如图 1-2 所示的 ARPANET 中，IMP 及其将它们互连的通信线路一起完成主机之间的通信任务，构成了通信子网（Communication Subnet）。通过通信子网连接的主机（Host）负责运行应用程序，向用户提供共享的软件和硬件资源，从而组成了资源子网。

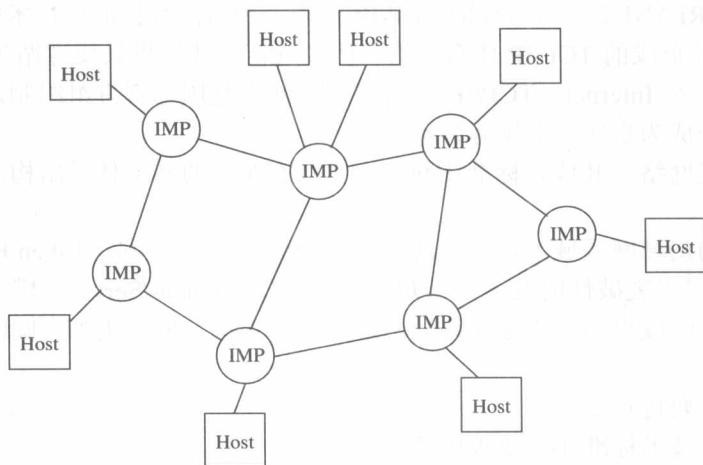


图 1-2 存储转发的计算机网络

早期的通信子网造价高、利用率低，随着技术的不断发展出现了公用数据网 PDN（Public Data Network）。

以 ARPANET 为先驱，第二代计算机网络得到了迅猛的发展。这段时期内，各大计算机公司都相继推出了自己的网络体系结构以及实现网络体系结构的软硬件产品。著名的网络体系如 IBM 公司的 SNA（System Network Architecture）和 DEC 公司的 DNA（Digital Network Architecture）。第二代计算机网络最大的缺点是网络体系结构没有统一标准，为实现更大范围的信息交换与共享，把不同的计算机网络互联起来十分困难。因而，计算机网络必然向更新的一代发展。

这一阶段的主要特点如下：

- (1) 以通信子网为中心，实现了“计算机—计算机”通信。
- (2) 公用数据网 PDN（Public Data Network）的出现。
- (3) 局域网的研制。
- (4) 美国 ARPANET 研究，为 Internet 建设奠定了基础。

3. 开放式标准化网络阶段

生产商各自封闭的计算机网络体系结构，使不同系统之间的互联成为难题。计算机网络的发展面临着将多种异构网络互联在一起的挑战，于是出现了两种新思想：一个是通信协议，另一个是开放体系结构。前者通过各层“协议”来管理同层实体的会话和信息传输；后者旨在遵循统一的国际标准，允许各种异构网络的互联与内部实体无关。经过卓有成效的工作，国际标准化组织 ISO（International Standards Organization）在 1984 年正式颁布了一个称为“开放系统互连基本参考模型”（OSI / RM, Open System Interconnection Basic Reference Model）

的国际标准 ISO7498。网络体系结构与网络协议的标准化使得不同的计算机能方便地互联在一起。目前 ISO 的 OSI 模型已被国际社会普遍接受,并被认为是新一代计算机网络体系结构的基础。作为一种支持系统开放的标准,OSI/RM 在计算机网络的发展过程中起到了非常重要的指导作用。作为一种参考模型和完整体系,它对今后计算机网络技术朝标准化、规范化方向发展有一定的指导意义。

另一个开放式标准化网络的著名例子就是 Internet,它是在美国 ARPANET 的基础上逐渐发展起来的。在 ARPANET 上试运行的 TCP/IP 作为一种新的数据通信技术的探索,于 1977~1979 年间推出目前形成的 TCP/IP 体系结构和协议规范。计算机只要遵循 TCP/IP 协议标准,就可以通过信道接入 Internet。TCP/IP 参考模型虽然不是国际官方组织制定的标准,但由于被广泛采用,已经成为事实上的国际标准。

第三代计算机网络是开放式标准化网络,它具有统一的网络体系结构,遵循国际标准化协议。

这一个时期的局域网领域中,以太网(Ethernet)和令牌环网(Token Bus)、令牌总线网(Token Ring)取得了突破性的发展。客户机/服务器(Client/Server)模式的应用使得网络信息服务的功能大幅度提高。通过在局域网之间进行连接,应用更加广阔的城域网和广域网开始出现。

这一阶段的主要特点如下:

- (1) 对于网络技术标准化的要求更高。
- (2) 开放系统互连参考模型(OSI/RM)的产生。
- (3) 局域网的快速发展。
- (4) Internet 的发展和 TCP/IP 协议的广泛应用。

4. 网络互联与高速网络阶段

目前计算机网络正处于第四个发展阶段,这是一个智能化、全球化、高速化、个性化的网络时代。计算机网络从体系结构到实用技术已逐步走向系统化、科学化和工程化。

20 世纪 90 年代开始进入了 Internet 高速发展的时期,网络的商业化也加快了发展步伐,电子商务、远程教育、远程医疗等个性化的网络服务成为了新的经济增长点。网络已不仅仅只是进行科研和学术交流的地方,它已经深入到社会生活的每一个角落,改变着人们传统的生活方式和工作方式。

1993 年 9 月,美国宣布了国家信息基础设施(NII)建设计划,它被形象地称为信息高速公路。这个计划的提出触动了全世界,引发了下一代 Internet(Next Generation Internet, NGI) 技术的研究,如 IPv6、3G、高速光纤传输等。

计算机网络发展的基本方向是开放、集成、高性能(高速)和智能化。开放是指开放的体系结构、开放的接口标准,使各种异构系统便于互联和具有高度的互操作性;集成表现在各种服务和多种媒体应用的高度集成在同一个网络上,既能提供尽力而为的无特殊服务质量要求的信息传递,也能提供有一定时延和差错要求的确保服务质量的实时交互;高性能表现在网络应当提供高速的传输、高效的协议处理和高品质的网络服务;智能化表现在网络的传输和处理上能向用户提供更为方便、友好的应用接口。

下一代互联网数据传输能力要提高千万倍,要允许大容量的媒体传输;由于使用全新的 IPv6 技术,其地址空间极大的扩展;在设计上充分考虑安全问题;服务更符合人的个性化要求,用户使用网络的各种服务将会像使用电话一样方便。

1.2 计算机网络的功能和应用

1.2.1 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要体现在以下几个方面。

1. 资源共享

资源共享可以让用户无论处于什么位置, 也无论资源的物理位置在哪里, 都能使用网络中的程序、数据和设备等。

计算机系统资源分为硬件资源和软件资源。硬件资源包括信息处理设备、各类存储设备(如大容量磁盘存储器)、输入输出设备(如高性能打印机、高精度绘图仪)等。初期的资源共享主要是共享硬件设备, 而现在的资源共享除了共享硬件设备外, 还要共享数据和软件资源。数据和软件资源包括各种文件、应用软件及数据库等。

资源共享使得网络中分散的资源能够互通有无、分工协作, 使资源的利用率大大提高。任何人都可以进行网络资源的检索, 同时又是网络资源的提供者。

网络中的计算机能够实现数据信息的快速传输和集中处理, 可以快速可靠地相互传输数据、程序和信息, 并可以对这些数据、程序和信息进行分散、分级或集中管理。

2. 通信

通信功能是计算机网络的基本功能, 计算机网络的主要目的就是让分布在不同地理位置的计算机用户之间能够相互通信、交流信息等。计算机网络采用的差错信息的重发可保证分散的计算机连接之间实现无差错的数据传输。计算机网络对文字、声音、图像、数字和视频等多种信息进行传输、收集和处理。人们利用网络传输各种数据、文献、声音、图像和软件等, 网络已经成为对外合作与交流的重要手段之一。

目前流行的网络电话、视频会议、电子邮件等提供了快速的数字、语音、图形图像、视频等多种信息的传输, 满足了信息社会的发展需要。

3. 分布式处理

对于需要海量计算和信息处理的项目, 通过计算机网络可以将一个任务分配到不同地理位置的多台计算机上, 采用适当的算法协同完成。当某一计算中心任务很重时, 可通过网络将要处理的任务分散到各计算机上去处理, 发挥各计算机的优点, 充分利用网络资源。这种分布式处理功能实现了均衡负荷, 减少了用户的等待时间, 提高了系统的利用率。

4. 提高系统的可靠性

联网之后的计算机可以互为备份系统, 当一台计算机出现故障时, 可以调用其他计算机实施替代任务, 从而提高了系统的安全可靠性。

1.2.2 计算机网络的应用

计算机网络在资源共享和信息交换方面所具有的功能, 是其他系统所不能替代的。计算机网络所具有的高可靠性、高性能价格比和易扩充性等优点, 使得它在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防以及科学研究等各个领域获得了越来越广泛的应用。

工业企业可用网络来实现生产的监测、过程控制、管理和辅助决策, 铁路部门可用网络

来实现报表收集、运行管理和行车调度,电信部门可以用网络提供全球范围内的电子邮件、传真和 IP 电话等服务,教育科研部门可以利用网络进行资料检索、远程教育、科技协作等,军事部门可用网络进行信息的收集、跟踪、控制和指挥等,商用系统可以利用网络实现电子商务、电子结算、网络销售等。

1.3 计算机网络的性能和分类

1.3.1 计算机网络的性能指标

计算机网络最主要的性能指标有两个:带宽 (Bandwidth) 和时延 (Delay)。

1. 带宽

在传统的模拟通信线路中,传输的是连续变化的模拟信号。通信线路允许通过的信号频带范围就成为线路的带宽。带宽的单位是赫兹 (Hz)。例如,电话信号的标准带宽是 3.1kHz。

当通信线路用来传送数字信号时,数据速率是描述数字信道的容量指标,习惯上人们将数字信道的最大数据速率称为带宽。数据速率是指数字信道传送离散的数字信号的速率,即单位时间内传送二进制比特 (bit) 数,所以又被称为比特率。数据速率的单位是“每秒比特” (b/s)。例如,如果说某信道的带宽是 10M,即表示该信道的最大数据速率是 10Mb/s。

2. 时延

时延是指一个数据块(网络中称为报文或分组)从一条链路的一端传送到另一端所需的时间。时延由三个部分组成,分别为发送时延、传播时延和处理时延。

(1) 发送时延是在发送数据时数据块从网络结点进入传输媒体所需要的时间,也就是从数据块的第一个比特开始算起,到最后一个比特发送完毕所需的时间。信道带宽越高发送时延越低。

(2) 传播时延是指电信号在信道中传播一定距离所需要的时间。光电信号在真空中的传播速率是光速,即 3.0×10^5 km/s,在铜缆中的传播速率是 2.3×10^5 km/s,在光纤中的传播速率为 2.0×10^5 km/s。

例如,长度为 1000km 光纤线路产生的传播时延大约是 $1000\text{km} / (2.0 \times 10^5 \text{km/s}) = 5\text{ms}$ 。

(3) 处理时延是指数据在网络结点进行存储转发等处理所需要的时间。

因此,信道的时延高低与信道的带宽、长度和通信量有关。提高信道的带宽可以降低发送时延,减少长度可以降低传播时延,使用高性能网络设备则降低的是处理时延。

1.3.2 计算机网络的分类

计算机网络分类方法有多种,按照其覆盖的地理范围进行分类是最常用的一种。网络规模不同,所采用的技术也就不同,因而提供的网络服务功能也不尽相同。按照覆盖范围,计算机网络可以分为广域网 (Wide Area Network, WAN)、城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 和局域网 (Local Area Network, LAN)。

1. 广域网

广域网可以覆盖一个国家、一个地区或横跨几个洲,形成国际性的计算机网络。广域网

通常可以利用公用网络（如公用数据网等）进行组建，将分布在不同国家和地区的计算机系统连接起来，达到资源共享的目的。

广域网具有如下特点：

- (1) 覆盖范围广，距离从几十千米到几千千米。
- (2) 传输速率相对低。
- (3) 传送误码率比较高，一般在 $10^{-5} \sim 10^{-3}$ 之间。

2. 城域网

城域网的设计目的是满足几十千米范围内的大型企业、机关、公司共享资源的需要，从而使大量用户之间进行高效的数据、语音、图形图像以及视频等多种信息的传输。城域网可视为数个局域网相连而成。例如，一所大学的各个校区分布在城市各处，将这些网络相互连接起来，便形成一个城域网。

城域网具有如下特点：

- (1) 地理覆盖范围可达 100km。
- (2) 传送误码率小于 10^{-9} 。

3. 局域网

局域网用于将有限范围内（如一个实验室、一幢大楼、一个校园）的各种计算机、终端与外部设备互联成网。根据采用的技术和协议标准的不同，局域网分为共享式局域网与交换式局域网。局域网技术的应用十分广泛，是计算机网络中最活跃的领域之一。

局域网具有如下特点：

- (1) 数据传输率高。
- (2) 传送误码率低，一般在 $10^{-10} \sim 10^{-6}$ 之间。
- (3) 传送距离短，一般直径小于 2.5km。
- (4) 网络结构规范，一般有星型、总线型和环型几种拓扑类型。

习 题

1. 什么是计算机网络？它有哪些类型？
2. 简述计算机网络的几个发展阶段。
3. 面向终端的计算机网络与真正意义的计算机网络的主要区别是什么？
4. 试解释“存储转发”方式。
5. 表示计算机网络性能的主要指标有哪些？试解释之。

第2章 数据通信技术基础

本章将介绍数据通信系统的构成及与数据通信相关的一些基本概念，详细讲解数据通信中涉及的各种技术。通过本章的学习，应该重点掌握和理解以下内容：

- 数据通信传输的基本概念。
- 数据通信系统中的主要性能指标。
- 数据传输技术。

2.1 数据通信的基本概念

2.1.1 信息、数据和信号

信息、数据和信号这三者关系紧密，一般情况下，数据和信息常被互通使用。但它们之间是有区别的。在通信系统中，数据和信号尤其重要。

1. 数据和信息

通信的目的就是交换信息。这里说的信息就是人们对现实世界事务存在方式或运动状态的某种认识。信息的表现形式多种多样，可以是数据、文字、图形、声音、图像和动画等，这些信息的表现形式通常被称为数据。

数据的概念包括两个方面：其一，数据内容是事物特性的反映或描述；其二，数据以某种介质作为载体，即数据是存储在介质上的。显然，数据和信息的概念是相对的，甚至有时可以将两者等同起来。

数据可以分为模拟数据和数字数据两种。模拟数据取连续值，如表示声音、图像、电流等数据；数字数据取离散值，如自然数、字符文本等的取值都是离散的。

2. 信号

信号是数据的具体物理表现，即有确定的物理描述。例如，电压、磁场强度等。信号可以是模拟的，也可以是数字的。

(1) 模拟信号与数字信号。不同的数据必须转换为相应的信号才能进行传输：模拟数据一般采用模拟信号 (Analog Signal)，例如，用一系列连续变化的电磁波（如无线电与电视广播中的电磁波）或电压信号（如电话传输中的音频电压信号）来表示；数字数据则采用数字信号 (Digital Signal)，例如，用一系列断续变化的电压脉冲（如我们可用恒定的正电压表示二进制数 1，用恒定的负电压表示二进制数 0）或光脉冲来表示。当模拟信号采用连续变化的电磁波来表示时，电磁波本身既是信号载体，同时也是传输介质；而当模拟信号采用连续变化的信号电压来表示时，它一般通过传统的模拟信号传输线路（例如电话网、有线电视网）来传输。当数字信号采用断续变化的电压或光脉冲来表示时，一般则需要用双绞线、电缆或光纤介质将通信双方连接起来，才能将信号从一个节点传到另一个节点。

(2) 模拟信号与数字信号之间的相互转换。模拟信号和数字信号之间可以相互转换：模

拟信号一般通过 PCM 脉码调制 (Pulse Code Modulation) 方法量化为数字信号, 即让模拟信号的不同幅度分别对应不同的二进制值, 例如, 采用 8 位编码可将模拟信号量化为 2^8 即 256 个量级, 实际应用中常采取 24 位或 30 位编码; 数字信号一般通过对载波进行移相 (Phase Shift) 的方法转换为模拟信号。计算机、计算机局域网与城域网中均使用二进制数字信号, 目前在计算机广域网中实际传送的则既有二进制数字信号, 也有由数字信号转换而得的模拟信号。但更具应用发展前景的是数字信号。

2.1.2 数据通信系统模型

信息的传递是通过通信系统来实现的, 通信系统的基本模型共有 5 个基本组件, 即发送设备、接收设备、发送机、信道和接收机。其中, 把除去两端设备的部分叫做信息传输系统。信息传输通信系统由信源 (发送机)、信宿 (接收机) 和信道三个主要部分组成。

1. 信源和信宿

信源就是信息的发送端, 是发出待传送信息的人或设备; 信宿就是信息的接收端, 是接收所传送信息的人或设备。

2. 信道

信道本身可以是模拟方式的, 也可以是数字方式的, 用以传输模拟信号的信道叫做模拟信道, 用以传输数字信号的信道叫做数字信道。

3. 信号变换器

信号变换器的作用是将信源发出的信息转换成适合在信道上传输的信号。因为网络中绝大多数信息都是双向传输的, 所以在大多数情况下, 信源也作信宿, 信宿也作信源; 编码器也具有译码功能, 译码器也应能编码, 因此合并通称为编码译码器; 同样, 调制器也能解调, 解调器也可调制, 因此合并通称为调制解调器。

4. 噪声源

一个通信系统不可避免地存在噪声干扰, 为了研究问题方便, 把它们等效为一个作用于信道上的噪声源。

5. 数字通信系统与模拟通信系统

根据信号的不同, 数据通信系统可以分为数字通信系统和模拟通信系统。利用数字信号传递信息的通信系统叫做数字通信系统, 利用模拟信号传递信息的通信系统叫做模拟通信系统。模型分别如图 2-1 和图 2-2 所示。



图 2-1 模拟通信系统模型



图 2-2 数字通信系统模型

2.1.3 通信系统的分类

通信的目的是传递消息，按照不同的分法，通信可分成许多类别，下面我们介绍几种较常用的分类方法。

1. 按传输介质分类

按消息由一地向另一地传递时传输介质的不同，通信可分为两大类：一类称为有线通信，另一类称为无线通信。所谓有线通信，是指传输介质为架空明线、电缆、光缆等形式的通信，其特点是介质能看得见，摸得着。所谓无线通信，是指传输消息的介质为看不见、摸不着的介质（如电磁波）的一种通信形式。通常，有线通信可进一步再分类，如明线通信、电缆通信、光缆通信等。无线通信常见的形式有微波通信、短波通信、移动通信、卫星通信、散射通信和激光通信等，其形式较多。

2. 按信道中所传信号的特征分类

按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号，可以相应地把通信系统分为模拟通信系统与数字通信系统。

3. 按工作频段分类

按通信设备的工作频率不同，通信系统可分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信等。表 2-1 列出了通信中使用的频段、常用传输介质及主要用途。

表 2-1 通信波段与常用介质

频率范围	波 长	频段名称	常用传输介质	用 途
3Hz~30kHz	$10^8 \sim 10^4$ m	甚低频 VLF	有线线对超长波无线电	音频、电话、数据终端、长距离导航、时标
30Hz~300kHz	$10^4 \sim 10^3$ m	低频 LF	有线线对长波无线电	导航、信标、电力线通信
300kHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频 MF	同轴电缆中波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3~30MHz	$10^2 \sim 10$ m	高频 HF	同轴电缆短波无线电	移动无线电话、短波广播、定点军用通信、业余无线电
30~300MHz	10~1m	甚高频 VHF	同轴电缆超短波/米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆通信、导航、集群通信、无线寻呼
300MHz~3GHz	100~10cm	特高频 UHF	波导微波/分米波无线电	电视、空间遥测、雷达导航、点对点通信、移动通信
3~30GHz	10~1cm	超高频 SHF	波导微波/厘米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
30~300GHz	10~1mm	极高频 EHF	波导微波/毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^5 \sim 10^7$ GHz	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm	红外线、可见光、紫外线	光纤激光空间传播	光通信

4. 按调制方式分类

根据是否采用调制，可将通信系统分为基带传输和频带（调制）传输。基带传输是将没