

高等院校计算机教育系列教材



计算机网络

伍孝金 主编

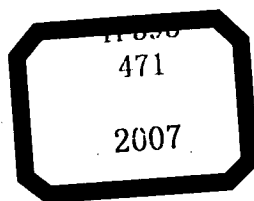
- 知识点新，突出实践教学，强化能力培养
- 理论知识+感性认识+动手实践，完美结合
- 丰富的实训以逐步提高学生的网络应用能力和组网能力
- 精心安排了一个完整的网络工程案例



清华大学出版社

赠送
电子课件

高等院校计算机教育系列教材



计 算 机 网 络

伍孝金 主 编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书较为系统地介绍了计算机网络的基本原理,通过一些具体的网络模型深入探讨了计算机网络的基本知识和网络协议,并对下一代互联网的有关技术(如IPv6和路由技术)做了介绍。

全书分为11章,内容包括:计算机网络概述、数据通信基本原理、计算机网络体系结构、局域网和广域网技术、网络互联和路由技术、计算机网络服务与应用、网络安全技术和计算机网络工程。

本书的最大特色是在介绍基本理论的同时,增加了精心设计的案例实训,旨在以此来强化学生的感性认识和提高实际动手能力,弥补了仅以大量篇幅介绍理论知识的不足。此外,每章最后还配备了习题与实训的内容,既有对知识点的强化练习又有对动手能力的培养。希望通过本书的学习,学生在掌握了基本网络知识的同时,能够具备网络配置与管理、网络组建与网络工程设计的实际动手能力。为方便老师教学,本书还配有电子教案。

本书可作为以培养应用型人才为目标的高等院校、高等职业技术学院计算机网络课程的教材,也可供从事计算机网络及其应用方面工作的工程技术人员参考学习。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/伍孝金主编.——北京:清华大学出版社,2007.3

(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 978-7-302-14675-9

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第019078号

责任编辑:章忆文 闫光龙

封面设计:山鹰工作室

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:周剑云

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京密云胶印厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:27 字数:650千字

版 次:2007年3月第1版 印 次:2007年3月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:023133-01

前 言

随着计算机网络技术的飞速发展,尤其是下一代互联网的诞生和发展,对计算机网络研究与应用人才的需求日益迫切。高等院校应该如何培养新形势下的网络应用人才,这是每个从事计算机网络教学的教师都在思考的问题。

作者通过多年对计算机网络教学、管理和科研的研究与实践,认为高等院校的计算机网络课程的建设,必须解决理论介绍、感性认识和实践这三个环节有机结合的问题。理论介绍就是要介绍计算机网络的基本概念、基本知识、基本理论和基本的思考方法,由于计算机网络的抽象性,要讲清楚这些基本的理论,必须辅助具体的网络模型或者说网络拓扑结构图,通过具体的网络模型来阐述计算机网络的理论知识,让学生有一个感性认识,同时在此基础上,必须要进行大量的实践,因为计算机网络是一门实践性非常强的课程。

为了遵循这种指导思想和理念,突出实践教学,强化能力培养,体现认知规律,在本书中配有大量的网络拓扑结构图以阐述计算机网络的基本理论,同时大部分章节还精心安排了实训内容,用以引导学生学习该章重点应掌握的知识,通过这些实训以加强学生对计算机网络体系结构的理解,提高学生计算机网络应用的能力和组网能力。所有实训案例均来源于工程实践。

全书共分 11 章,各章内容概述如下。

第 1 章:计算机网络概述。介绍计算机网络的发展,计算机网络的基本概念、组成和应用。

第 2 章:数据通信基础。主要介绍数据通信的基本概念、数据传输方式、同步技术、编码技术、多路复用技术、数据交换技术和传输介质。

第 3 章:网络体系结构。主要介绍计算机网络体系结构的概念、ISO/OSI 开放式系统互联参考模型和 TCP/IP 体系结构,最后简单介绍常用的两个网络操作系统。

第 4 章和第 5 章介绍局域网和广域网的知识。尤其是对局域网中的以太网技术进行了较为详细的介绍。

第 6 章和第 7 章对互联网技术进行了介绍,特别是对 TCP/IP 网络互联、路由器的工作原理和路由协议等进行了详细讲解。

第 8~10 章介绍 TCP/UDP 协议、互联网提供的主要服务和应用类型以及网络安全的相关知识。

第 11 章介绍了计算机网络工程的概念、内容以及招投标方面的知识,并详细介绍了一个完整的网络工程案例。

本书由伍孝金和黄维通组织编写。其中,第 1、3、4、5、7、8、10、11 章和第 2、6、9 章部分内容由伍孝金老师编写,郑慧明、代金勇、陈安和郑江波四位老师编写了第 2、6、9 章部分内容并负责全书的绘图工作,黄维通老师参与了全书的统稿工作,田小蓉

和周怡凤两位老师负责了本书的部分录入工作，同时在本书的编写过程中，得到了作者单位领导、出版社编辑和很多朋友的关心与支持，在此一并表示感谢。

限于编者的水平，在本书的选材和内容安排上难免有不妥之处，恳请读者与同行批评指正，不胜感激。

编 者

目 录

第 1 章 计算机网络概述.....	1	2.5 数据交换技术.....	32
1.1 计算机网络的发展.....	1	2.5.1 电路交换	32
1.1.1 计算机网络的发展过程.....	1	2.5.2 报文交换	33
1.1.2 Internet 的发展与应用	4	2.5.3 分组交换	34
1.2 计算机网络的基本概念.....	7	2.6 传输介质.....	36
1.2.1 计算机网络的定义.....	7	2.6.1 有线传输介质	36
1.2.2 计算机网络的组成.....	8	2.6.2 无线传输介质	42
1.2.3 计算机网络的功能.....	9	2.7 差错控制.....	43
1.2.4 计算机网络的分类.....	9	2.7.1 差错产生的原因与 差错类型	43
1.3 计算机网络的应用.....	13	2.7.2 差错检验与校正	43
1.4 计算机网络标准化组织.....	15	2.8 实训.....	44
1.5 习题与实训.....	17	2.8.1 RS-232 连线实验	44
第 2 章 网络技术数据通信基础.....	19	2.8.2 双绞线的制作	48
2.1 数据通信基本概念及通信模型.....	19	2.9 习题与实训.....	51
2.1.1 数据通信的几个基本概念.....	19	第 3 章 计算机网络体系结构	52
2.1.2 数据通信系统基本结构.....	20	3.1 计算机网络体系结构.....	52
2.1.3 数据通信的主要技术指标.....	20	3.1.1 网络系统的层次结构	52
2.2 数据传输.....	22	3.1.2 网络协议	53
2.2.1 数据传输的方式.....	22	3.1.3 网络体系结构	54
2.2.2 数据传输的方向.....	23	3.2 ISO/OSI 开放式系统参考模型.....	54
2.2.3 数据同步技术.....	24	3.2.1 OSI 开放式参考模型的层次 结构	54
2.2.4 基带传输、频带传输和宽带 传输.....	25	3.2.2 OSI 参考模型各层的主要 功能	55
2.3 数据编码技术.....	26	3.2.3 数据的封装与解封装	59
2.3.1 数字数据的数字信号编码.....	26	3.3 TCP/IP 体系结构.....	62
2.3.2 数字数据的调制.....	27	3.3.1 TCP/IP 的体系结构	62
2.4 多路复用技术.....	28	3.3.2 TCP/IP 的体系结构中各层 的功能	63
2.4.1 频分多路复用.....	28	3.4 网络操作系统.....	64
2.4.2 时分多路复用.....	29	3.4.1 Windows Server 2003 网络	
2.4.3 波分多路复用.....	29		
2.4.4 码分多路复用.....	30		

操作系统简介.....	64	5.1.2 广域网与 OSI 参考模型.....	121
3.4.2 Linux 操作系统简介.....	66	5.1.3 广域网的物理层实现.....	121
3.5 习题与实训.....	69	5.1.4 广域网的寻址.....	122
第 4 章 计算机局域网	70	5.2 公用电话交换网(PSTN).....	123
4.1 局域网的概述.....	70	5.2.1 PSTN 的概述.....	123
4.1.1 局域网的特点.....	70	5.2.2 PSTN 的传输特性.....	124
4.1.2 局域网的主要技术.....	70	5.3 非对称数字用户线路(ADSL).....	124
4.2 局域网的参考模型与协议标准.....	73	5.3.1 ADSL 概述.....	124
4.2.1 局域网的参考模型.....	73	5.3.2 ADSL 的实现.....	125
4.2.2 IEEE 802 协议标准.....	74	5.3.3 ADSL 的应用.....	125
4.2.3 局域网中的介质访问控制 方法.....	75	5.4 综合业务数字网(ISDN).....	126
4.3 以太网.....	78	5.4.1 ISDN 概述.....	126
4.3.1 以太网的发展概述.....	78	5.4.2 ISDN 的接口.....	127
4.3.2 以太网工作原理.....	79	5.4.3 宽带 ISDN(B-ISDN)及其信息 传送方式.....	128
4.3.3 传统以太网.....	82	5.4.4 ISDN 的特点.....	128
4.3.4 快速以太网.....	84	5.5 数字数据网(DDN).....	129
4.3.5 交换式以太网(Switching Ethernet).....	86	5.5.1 数字数据网 DDN 的概述.....	129
4.3.6 虚拟局域网.....	89	5.5.2 DDN 的实现.....	129
4.3.7 千兆位以太网.....	93	5.6 X.25 分组交换网.....	130
4.3.8 万兆以太网简介.....	95	5.6.1 X.25 网络的概述.....	130
4.4 光纤分布式数据接口(FDDI).....	97	5.6.2 X.25 协议的层次结构.....	131
4.5 无线局域网.....	99	5.6.3 X.25 网络的组成结构.....	132
4.5.1 无线局域网的协议标准.....	99	5.7 帧中继 FR.....	133
4.5.2 无线局域网的组网模式.....	101	5.7.1 帧中继概述.....	133
4.6 实训.....	102	5.7.2 帧中继术语.....	135
4.6.1 局域网组网设备的认知.....	102	5.8 异步传递方式 ATM.....	138
4.6.2 以太网的组网.....	104	5.9 点对点协议.....	144
4.6.3 交换机的基本应用.....	108	5.9.1 点对点协议的概述.....	144
4.6.4 交换机的配置与管理.....	113	5.9.2 标准 PPP 的帧模式.....	145
4.6.5 交换机 VLAN 配置.....	115	5.9.3 PPP 的协议族.....	145
4.7 习题与实训.....	118	5.9.4 PPP 应用.....	146
第 5 章 广域网技术	120	5.10 实训.....	147
5.1 广域网的概述.....	120	5.10.1 ADSL 接入 Internet.....	147
5.1.1 广域网的结构特点.....	120	5.10.2 配置帧中继.....	151
		5.11 习题与实训.....	152

第 6 章 TCP/IP 网络互联	153
6.1 IPv4 协议	153
6.1.1 IP 地址	153
6.1.2 子网划分技术	157
6.1.3 IP 数据报	162
6.2 IPv6	166
6.2.1 IPv6 概述	166
6.2.2 IPv6 编址方案	168
6.2.3 IPv6 的数据报文格式	173
6.2.4 IPv6 过渡机制	174
6.3 地址解析协议	177
6.3.1 ARP 的工作机制	177
6.3.2 ARP 的协议格式	178
6.3.3 ARP 代理	179
6.4 Internet 控制报文协议	180
6.4.1 ICMP 报文	180
6.4.2 ICMP 差错报文	181
6.4.3 ICMP 控制报文	182
6.4.4 ICMP 请求/应答报文	183
6.4.5 ICMP 重定向举例	184
6.5 组播与 IGMP 协议	185
6.5.1 组播地址	185
6.5.2 IGMP 协议	185
6.5.3 组播路由协议	186
6.6 实训	187
6.6.1 C 类地址分配与子网的划分	187
6.6.2 几个常用的网络命令的使用	188
6.7 习题与实训	194
第 7 章 路由器原理与路由技术	195
7.1 路由器工作原理	195
7.1.1 路由器的基本组成(物理结构)	195
7.1.2 路由器工作原理	197
7.2 路由选择策略	199
7.2.1 静态路由	199
7.2.2 动态路由选择策略	200
7.2.3 内部和外部网关协议	204
7.3 动态路由选择协议	205
7.3.1 路由信息协议(RIP)	205
7.3.2 开放式最短路径优先协议(OSPF)	209
7.3.3 边界网关协议(BGP/BGP4)	216
7.4 基于 IPv6 的路由技术	218
7.4.1 IPv6 路由术语介绍	218
7.4.2 IPv6 的路由原理	219
7.5 实训	221
7.5.1 路由器的认知实验	221
7.5.2 路由器的基本配置	224
7.5.3 静态路由的配置	227
7.5.4 RIP 动态路由信息协议的配置	229
7.5.5 OSPF 动态路由信息协议的配置	232
7.5.6 路由器的管理	235
7.6 习题与实训	236
第 8 章 TCP 和 UDP 协议	238
8.1 传输层协议	238
8.1.1 传输协议概述	238
8.1.2 传输层中的 TCP 和 UDP 协议	240
8.1.3 传输层中端口和套接字接口	241
8.2 传输控制协议(TCP)	244
8.2.1 TCP 的功能概述	244
8.2.2 TCP 分段的格式	245
8.2.3 TCP 的“三次握手”	246
8.3 用户数据报协议(UDP)	250
8.3.1 UDP 报文格式	251
8.3.2 UDP 的工作机制	251
8.4 习题与实训	255

第 9 章 网络应用技术	256	第 10 章 计算机网络安全	335
9.1 域名系统	256	10.1 计算机网络安全的概述	335
9.1.1 DNS 的命名机制	256	10.1.1 计算机网络安全概念	335
9.1.2 DNS 域名解析	259	10.1.2 影响计算机网络安全的主要因素	335
9.2 WWW 服务	264	10.1.3 计算机网络安全策略	336
9.2.1 概述	264	10.2 访问控制技术	338
9.2.2 超文本传输协议(HTTP)	265	10.2.1 访问控制的概念	338
9.2.3 超文本标记语言 HTML	266	10.2.2 访问控制策略与模型	338
9.2.4 扩展标记语言	271	10.2.3 访问控制应用范围	341
9.2.5 Web 开发技术	276	10.3 计算机病毒与防治	341
9.3 电子邮件	280	10.3.1 计算机病毒的概念	341
9.3.1 电子邮件的概述	280	10.3.2 计算机病毒主要特点	342
9.3.2 电子邮件系统	281	10.3.3 计算机病毒对计算机的影响	343
9.3.3 电子邮件服务的工作原理	281	10.3.4 网络病毒	344
9.4 文件传输	282	10.3.5 计算机病毒防治	344
9.4.1 FTP 服务的概述	282	10.4 防火墙技术	345
9.4.2 FTP 的工作原理	283	10.4.1 防火墙的概念	345
9.4.3 主动模式和被动模式	284	10.4.2 防火墙的主要技术	345
9.5 远程登录 Telnet	285	10.4.3 防火墙的分类	348
9.5.1 引言	285	10.5 入侵检测技术	350
9.5.2 Telnet 协议	286	10.5.1 入侵检测概述	350
9.6 SNMP 协议	287	10.5.2 入侵检测系统的分类	351
9.6.1 网管模式	287	10.5.3 主要的入侵检测系统的介绍	353
9.6.2 简单网络管理协议 SNMP	289	10.6 数据加密技术	355
9.7 实训: 几种常用网络服务的配置	293	10.6.1 数据加密技术的概述	355
9.7.1 实训目标	293	10.6.2 数据加密技术分类及加密算法	356
9.7.2 实训 1: DNS 服务器的配置	293	10.7 其他安全技术简介	358
9.7.3 实训 2: Web 服务器的配置	312	10.7.1 备份与恢复	358
9.7.4 实训 3: FTP 服务器的配置	321	10.7.2 VPN 技术	358
9.7.5 实训 4: MRTG 网络流量监测的实现	328	10.8 实训	361
9.8 习题与实训	333	10.8.1 Web 站点访问控制的实现	361
		10.8.2 防火墙的配置	363
		10.9 习题与实训	366

第 11 章 计算机网络工程	367	11.2.4 综合布线系统的施工	388
11.1 计算机网络工程概述	367	11.2.5 布线系统的测试	391
11.1.1 网络工程设计的原则	367	11.3 工程招标和投标简介	395
11.1.2 网络工程需求分析	368	11.4 实训	399
11.1.3 网络工程设计与论证	369	11.4.1 需求分析	399
11.1.4 网络工程的施工与验收	378	11.4.2 网络方案的设计、标书的 撰写及论证	401
11.2 综合布线系统	382	11.4.3 校园网工程的施工与验收 ...	414
11.2.1 综合布线系统的概念	382	11.5 习题与实训	418
11.2.2 综合布线系统标准	386	参考文献	419
11.2.3 综合布线系统设计	387		

第 1 章 计算机网络概述

计算机网络是计算机技术与通信技术发展的结晶。计算机技术的产生源于人们对数据处理的需要,通过计算机技术人们能处理那些庞大而又复杂的数据,那么如何让不同地域的人共享处理的数据呢?为了实现这样的目的,人们借助于通信技术,实现了数据的交换和传递。可以这样说,正是因为计算机技术和通信技术的结合,才实现了数据的处理和交换,也形成了以它们为基础的计算机网络这门新型学科。而且对计算机技术和通信技术的深入研究也使得计算机网络得到了空前的发展,成为计算机应用中不可缺少的一部分,尤其是以 Internet 为代表的计算机网络的飞速发展,不仅推动了计算机网络技术的研究,也使计算机网络深入到人们生活的各个方面。本章主要介绍计算机网络的发展过程、Internet 的发展与应用、计算机网络的基本概念、计算机网络的应用以及计算机网络标准化组织。

1.1 计算机网络的发展

计算机网络的发展经历了从简单到复杂、从单机到多机、从终端与计算机间的通信再到计算机与计算机之间直接通信的演变过程。本节在比较详细介绍计算机网络发展过程的基础上,也将重点介绍以 Internet 为代表的计算机网络的发展和应用。

1.1.1 计算机网络的发展过程

可以将计算机网络的发展概括为以下四个阶段。

1. 20 世纪 60 年代初期以单个计算机为中心的联机终端系统

早在 20 世纪 50 年代初期,美国的半自动地面防空系统(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)就开始了计算机技术与通信技术相结合的尝试,在 SAGE 系统中将远程雷达和其他测控设备的信息通过通信线路传输到一台 IBM AN/FSQ-7 中央计算机上进行集中处理与控制。通过这样的尝试人们将地理位置分散的多个终端经过通信线路连到一台中央计算机上。用户在办公室内的终端输入程序,通过通信线路传送到中央计算机进行信息处理,处理完后将结果再通过通信线路回送到用户终端显示或打印。人们把这种以单个中央计算机为中心连接大量在地理上处于分散位置的终端,称为联机终端系统,也称之为“面向终端的计算机通信网络”,如图 1.1 所示,这可以认为是计算机网络发展的雏形。

由于最初的计算机是为批处理设计的,因此当计算机和远程终端相连时,必须在计算机上增加一个接口。随着远程终端数量的增加,在 20 世纪 60 年代初期,出现了多重线路控制器。它可以和多个远程终端相连接,构成面向终端的计算机通信网,有人将这种最简单的通信网称为第一代计算机网络。这里,主机是网络的控制中心,终端围绕着中心分布在各处,而主机的主要任务是进行批处理。同时考虑到为一个用户架设直达的通信线路是

一种极大的浪费，因此在用户终端和主机之间通过公用电话网进行通信。

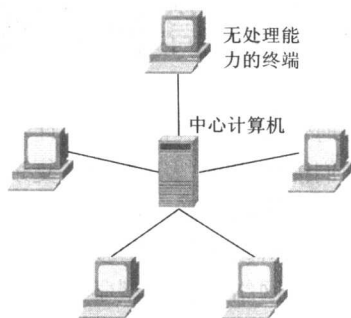


图 1.1 联机终端系统

在第一代计算机网络中，人们利用通信线路、集中器、多路复用器以及公用电话网等设备，将一台计算机与多台用户终端相连接，用户通过终端命令以交互的方式使用计算机系统，从而将单一计算机系统的各种资源分散到了每个用户手中。面向终端的计算机网络系统的成功，极大地激发了用户使用计算机的热情，使计算机用户的数量迅速增加。但这种网络系统也存在着一些缺点：如果计算机的负荷较重，会导致系统响应时间过长；而且单机系统的可靠性一般较低，一旦计算机发生故障，将导致整个网络系统的瘫痪。

第一代计算机网络的一个代表是 SABREI，这是 20 世纪 60 年代初美国航空公司投入使用的由一台中心计算机和全美范围内 2000 多个终端组成的飞机票预订系统。

2. 20 世纪 60 年代中后期计算机之间通过通信线路互连的计算机网络

由于面向终端的联机终端系统存在很大缺陷，为了提高网络的可靠性和实用性，人们开始研究多台计算机相互之间连接和通信的方法。1964 年 8 月，巴兰(Baran)在美国兰德(Rand)公司“论分布式通信”的研究报告中提到了存储转发的概念。1962—1965 年，美国国防部高级研究计划署 ARPA(Advanced Research Projects Agency)和英国国家物理实验室 NPL(National Physics Laboratory)都在对新型的计算机通信技术进行研究。英国 NPL 的戴维斯于 1966 年首次提出了“分组”这一概念。正是在这些研究成果的推动下，到 1969 年 12 月，美国国防部高级研究计划署 ARPA 建成了著名的远程分组交换网 ARPANET，并投入运行。

最初建成的 ARPANET 只有 4 个节点，分别连接了美国加州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他大学这 4 个节点的计算机网络。ARPANET 的诞生是计算机网络发展历史上的一个里程碑，而且分组交换技术的出现，使计算机网络的概念发生了根本性的变化。

早期的联机终端系统是以单个主机为中心，各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源。而分组交换网以通信子网为中心，主机和终端构成了用户资源子网，如图 1.2 所示。其中，IMP(Interface Message Processor)指接口报文处理机，负责网上各主机间的通信控制和通信处理，由 IMP 和通信线路组成的网络称为通信子网，是网络的内层；HOST(主机)负责数据处理，是计算机网络资源的拥有者，它们组成了网络的资源子网，是网络的外层。用户不仅共享通信子网的资源，而且还可共享用户资源子网的许多硬件和软件资源。

这种以通信子网为中心的计算机网络被称为第二代计算机网络，它比面向终端的第一代计算机网络的功能扩大了很多。

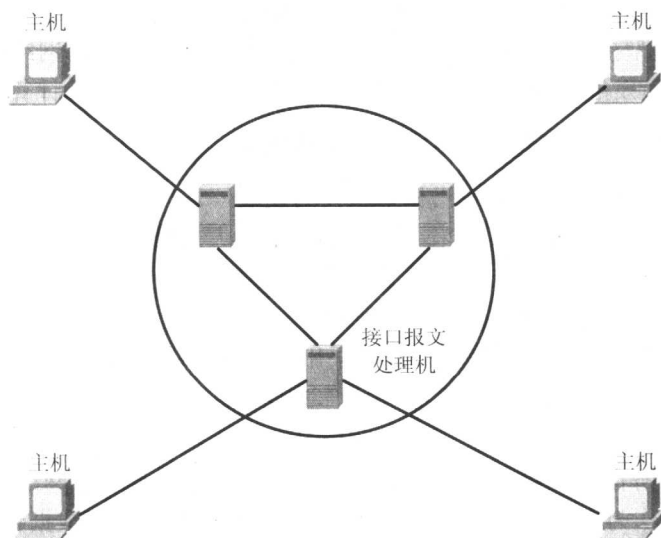


图 1.2 分组交换网

继 ARPANET 之后，世界上又先后出现了各种远程网络或广域网络。他们一般都采用报文分组交换的方式。总之，20 世纪 60 年代中后期所出现的分组交换的技术以及由此建立的 ARPANET，对于后来计算机网络的发展都产生了深远的影响，有人曾说 ARPANET 就是今天 Internet 最早的雏形。

3. 20 世纪 70 年代中期的具有统一网络体系结构、遵循国际标准化协议的计算机网络

在第二代计算机网络中，多台计算机通过通信子网构成一个有机的整体，既分散又统一，从而使整个系统性能大大提高。原来单一主机的负载可以分散到全网的各个机器上，使得网络系统的响应速度加快。而且在这种系统中，单机故障也不会导致整个网络系统的全面瘫痪。在网络中，相互通信的计算机必须高度协调地工作，而这种“协调”是相当复杂的。为了降低网络设计的复杂性，早在设计 ARPANET 时就有专家提出了层次模型。分层设计方法可以将庞大而复杂的问题转化为若干较小且易于处理的子问题。20 世纪 70 年代中期，计算机网络开始向体系结构标准化的方向发展，即正式进入网络标准化时代。

ARPANET 兴起后，计算机网络发展迅猛，各大计算机公司相继推出自己的网络体系结构及实现这些结构的软硬件产品。1974 年 IBM 公司宣布了它研制的系统网络体系结构 SNA(System Network Architecture)，SNA 是按照分层的方法制定的。DEC 公司也在 20 世纪 70 年代末开发了自己的网络体系结构——数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture)。网络体系结构使得一个公司所生产的各种机器和网络设备可以非常容易被连接起来。但由于当时各个公司所采用的网络体系结构各不相同，所以不同公司之间的网络不能互连互通。

针对上述情况，国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)于 1977 年设立了专门的机构研究解决上述问题，并于不久后提出了一个使各种计算机能够互联的标准框

架——开放式系统互联参考模型 OSI/RM(Open System Interconnection/Reference Model, 简称 OSI)。OSI 模型是一个开放体系结构, 它将网络分为 7 层, 并规定了每层的功能。1984 年 ISO 正式颁布了 ISO77498 开放系统互联参考模型, 标志着计算机网络发展到了第三代。

在 OSI 参考模型推出后, 网络的发展一直走标准化的道路, 而网络标准化的最大体现就是 Internet 的飞速发展, 现在 Internet 已成为世界上最大的国际性计算机互联网。

4. 20 世纪 90 年代后的高速、综合化计算机网络

计算机网络经过第一代、第二代和第三代的发展, 表现出了巨大的使用价值和良好的应用前景。进入 20 世纪 90 年代以来, 微电子技术、大规模集成电路技术、光通信技术和计算机技术不断发展, 为网络技术的发展提供了有力的支持。网络也迅速朝着高速化、实时化、智能化、集成化和多媒体化的方向发展。

高速化是指网络具有宽频带和低时延。采用光缆作为传输介质, 可实现宽带化(或称为高传输速率); 低时延则要求用快速交换技术作为保证。目前, 高速网络的传输速率可超过 1000Mb/s。

综合化是指将语音、视频、图像、数据等多种业务综合到一个网络中去。过去, 不同业务有不同的网络作为支持, 如传送语音使用电话网、传送计算机数据使用分组交换网等。现在, 人们可以将各种业务(如语音、视频、图像、数据等业务)以二进制代码的数据形式综合到一个网络, 而不必按照不同的业务建造不同的网络。此外, 综合化的实现离不开多媒体技术。多媒体技术是指能够综合处理两种以上的数字、声音、图形和图像等信息媒体的技术, 是实现综合化信息处理技术的基础。

计算机网络的进一步发展, 将具有以下几个特点。

(1) 开放式的网络体系结构。可以使不同软硬件环境、不同网络协议的网络互联, 真正达到资源共享、数据通信和分布处理的目标。

(2) 向高性能发展。实现高速、高可靠和高安全性, 采用多媒体技术, 提供文本、声音、图像等综合性服务。

(3) 计算机网络的智能化。多方面提高网络的性能和综合的多功能服务, 并更加合理地进行网络各种业务的管理, 真正以分布和开放的形式向用户提供服务。

1.1.2 Internet 的发展与应用

Internet 是一个遵从 TCP/IP 协议, 将各种不同类型、不同大小的计算机网络互联起来的计算机网络。Internet 不仅连接了世界各地的数千万台计算机, 更重要的是把计算机前的所有人联系在一起, 提供了一个在 Internet 上工作、学习和进行资源共享的平台。

1. 国外 Internet 的发展

1969 年, Internet 的前身——ARPANET 正式建成。当时, ARPANET 主要是用于军事目的。

1983 年, ARPANET 已连接 300 多台计算机。1984 年, ARPANET 开始分解成两个网络: 一个仍叫 ARPANET, 它主要用做民用科研网; 另一个为军用计算机网络 MILNET。

1986 年, 美国国家科学基金会(NSF)建立了国家科学基金网(NSFNET)。它是一个三级

计算机网络,其中包括主干网、地区网和校园网,覆盖了全美国主要的大学和研究。NSFNET 后来接管了 ARPANET,并将其更名为 Internet。当时 NSFNET 的主干网的数据传输速率只有 56Kb/s。在 1989—1990 年,NSFNET 主干网的数据传输速率提高到了 1.55Mb/s,并且成为 Internet 中的主干网。1990 年,鉴于 ARPANET 的实验任务已经完成,在历史上起过重要作用的 ARPANET 正式宣布关闭。

20 世纪 80 年代中后期,基于 NSFNET 的 Internet 主要应用于科学研究。

20 世纪 90 年代,Internet 开始应用于商业目的。

1993 年,Internet 主干网的数据传输速率提高到 45 Mb/s。1996 年,其主干网数据传输速率为 155Mb/s,随后逐步提高到 622 Mb/s、1 Gb/s 乃至 1Tb/s。

20 世纪 90 年代初期,欧洲原子核研究组织 CERN 开发的万维网 WWW 为在 Internet 上存储、发布和交换超文本的图文信息提供了强有力的工具。

1993 年,美国伊利诺依大学国家超级计算机中心开发成功了网上浏览工具 Mosaic,进而发展成 Netscape,使得 Internet 用户可以使用 Mosaic 或 Netscape 自由地在 Internet 上浏览和下载 WWW 服务器上发布和存储的各种软件与文件,WWW 与 Netscape 的结合,引发了 Internet 发展的新高潮。各种商业机构、企业、机关团体、军事、政府部门和个人开始大量进入 Internet,并在 Internet 上大做 Web 主页广告,进行网上商业活动,一个网络上的虚拟空间(Cyberspace)开始形成。

1993 年,美国总统克林顿宣布正式实施国家信息基础设施(NII)计划。美国国家科学基金会也宣布从 1995 年开始,不再向 Internet 注入资金,使其完全进入商业化运作,从而正式拉开了世界范围内的争夺信息化社会领导权与制高点的战争。计算机科学技术也由此进入了以网络计算为中心的历史性新时期。

1996 年,美国一些研究机构和 34 所大学提出研制和建造新一代 Internet 的设想。同年 10 月克林顿宣布在 5 年内用 5 亿美元的联邦资金实施“下一代 Internet 计划”,即“NGI 计划”(Next Generation Internet Initiative)。

NGI 计划要达到的目标是:开发新一代网络结构,以比现在的 Internet 高 100 倍的速率连接至少 100 个研究机构,以比现在的 Internet 高 1000 倍的速率连接 10 个类似的网点。其端对端的传输速率要达到 100 Mb/s~10 Gb/s。采用更加先进的网络服务技术和开发更多新的应用领域,如远程医疗、远程教育、高性能的全球通信、环境监测和预报等。NGI 计划将使用超高速全光网络,能实现更快速的交换和路由选择,同时具有为一些实时应用保留带宽的能力。在整个 Internet 的管理和保证信息的可靠性和安全性方面也会有很大的改进。

21 世纪初叶,移动 Internet,基于宽带码分多路复用(WCDMA)的移动通信网络,三维 Internet,基于波分复用(WDM)或 IP over DWDM(密集波分复用)的光 Internet,全光 Internet,可编程 Internet 等高性能 Internet 技术将会取得更大的进展。Internet 网络管理、安全性、可靠性、服务质量(QoS)保证等方面也会有更大的改进,其应用的规模将会进一步扩大,应用水平也会不断提高。

2. 国内 Internet 的发展

互联网在中国的发展历程可以大致划分为三个阶段。

(1) 研究试验阶段

第一阶段(1986.6—1994.3)是研究试验阶段。在此期间中国一些科研部门和高等院校开

始研究 Internet 联网技术,并开展了科研课题和科技合作工作。这个阶段的网络应用仅限于小范围内的电子邮件服务,而且仅为少数高等院校、研究机构提供电子邮件服务。

(2) 起步阶段

第二阶段(1994.4—1996)是起步阶段。1994 年 4 月,中关村地区教育与科研示范网络工程进入互联网,实现和 Internet 的 TCP/IP 连接,从而开通了 Internet 全功能服务,从此中国被国际上正式承认为有互联网的国家。之后,中国公用计算机互联网 CHINANET、中国金桥信息网 CHINAGBN、中国教育和科研计算机网 CERNET、中国科学技术网 CSTNET 等多个互联网络项目在全国范围相继启动,互联网开始进入公众生活,并在中国得到了迅速的发展。1996 年底,中国互联网用户已达 20 万,利用互联网开展的业务与应用逐步增多。

(3) 快速增长阶段

第三阶段是从 1997 年至今的快速增长阶段。1997 年以后国内互联网用户,基本保持每半年翻 1 到 1.5 倍的增长速度。2006 年 7 月 19 日,中国互联网络信息中心(CNNIC)在北京发布《第十八次中国互联网络发展状况统计报告》。报告表明,我国互联网发展再次提速,在多个方面呈现出蓬勃发展的势头,进入了又一个快速发展期。截止到 2006 年 6 月 30 日,我国网民人数达到了 12 300 万人,与去年同期相比增长了 19.4%,其中宽带上网网民人数为 7700 万人,在所有网民中的比例接近 2/3。我国网站总数达到了 788 400 个,其中今年上半年增长了 9 万个,网络国际出口带宽总量则达到 214 175M,与去年同期相比增长率为 159.2%。

(4) 下一代互联网(CNGI)

2004 年 12 月 25 日,中国下一代互联网示范工程(CNGI)核心网之一 CERNET2 主干网正式开通。

3. Internet 的应用

Internet 网络之所以能吸引人们的注意并得到广泛应用,与它所能提供的服务有关。Internet 上的服务种类很多,而且随着 Internet 的迅速发展,不断有新的服务出现。比较典型的有信息浏览、电子邮件、文件传输和远程登录等服务。

(1) 信息浏览服务(WWW)

WWW 的含义是环球信息网(World Wide Web),这是一个基于超文本(HyperText)方式的信息查询工具,是由欧洲核子物理研究中心(CERN)开发的。WWW 将位于全世界 Internet 网上不同网址的相关数据信息有机地组织在一起,通过浏览器提供一种友好的查询界面:用户仅需要提出查询要求,而不必关心到什么地方去查询及如何查询,这些均由 WWW 自动完成。WWW 为用户带来的是世界范围的超文本服务,用户可以通过 Internet 调来希望得到的文本、图像和声音等信息;另外,WWW 仍可提供 Telnet、FTP、E-mail 等传统的 Internet 服务。通过使用浏览器,一个不熟悉网络的人可以很快成为使用 Internet 的行家。

(2) 电子邮件服务(E-mail)

电子邮件(Electronic Mail)也称 E-mail。它是用户或用户组之间通过计算机网络收发信息的服务。目前电子邮件已成为网络用户之间快速、简便、可靠且成本低廉的现代通信手段,也是 Internet 上使用最广泛、最受欢迎的服务之一。电子邮件使网络用户能够发送或接

收文字、图像和语音等多种形式的信息。使用电子邮件服务的前提是必须拥有自己的电子信箱，一般又称为电子邮件地址。用户的电子信箱由提供电子邮件服务的机构建立，实际上是该机构在与 Internet 联网的计算机上为用户分配的一个专门用于存放往来邮件的磁盘存储区域，这个区域是由电子邮件系统管理的。

4. 文件传输服务(FTP)

文件传输是指计算机网络上主机之间传送文件，它是在文件传输协议 FTP(File Transfer Protocol)的支持下进行的。

用户一般不希望远程联机情况下浏览存放在远程计算机上的文件，而更乐意先将这些文件取回到自己的计算机中，这样不但能节省时间和费用，还可以从容地阅读和处理这些取来的文件。Internet 提供的文件传输服务 FTP 正好能满足用户的这一需求。Internet 网上的两台计算机在地理位置上无论相距多远，只要两者都支持 FTP 协议，就能将一台计算机上的文件传送到另一台计算机上。

使用 FTP 服务，用户首先要登录到对方的计算机上，与远程登录不同的是，用户只能进行与文件搜索和文件传送等有关的操作。使用 FTP 可以传送任何类型的文件，如文本文件、二进制文件、图像文件、声音文件和数据压缩文件等。

普通的 FTP 服务要求用户在登录到远程计算机时提供相应的用户名和口令。许多信息服务机构为了方便用户通过网络获取其发布的信息，提供了一种称为匿名 FTP 的服务。用户在登录到这种 FTP 服务器时无需事先注册或建立用户名与口令。

5. 远程登录服务(Telnet)

远程登录是 Internet 提供的最基本的信息服务之一，远程登录是在网络通信协议 Telnet 的支持下使本地计算机暂时成为远程计算机仿真终端的过程。在远程计算机上登录，必须事先成为该计算机系统的合法用户并拥有相应的账号和口令。登录时要给出远程计算机的域名或 IP 地址，并按照系统提示，输入用户名及口令。登录成功后，用户便可以实时使用该系统对外开放的功能和资源，如共享它的软硬件资源和数据库。

Telnet 是一个强有力的资源共享工具。许多大学图书馆都通过 Telnet 对外提供联机检索服务，一些政府部门、研究机构也将它们的数据库对外开放，使用户通过 Telnet 进行登录查询。

1.2 计算机网络的基本概念

前一节介绍了计算机网络的发展过程，对于计算机的概念、功能和组成都有了一定的认识。本节在前面的基础上，将对计算机网络的定义、功能和组成等基本概念进行论述。

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络经历了不同的发展时期，每个时期对计算机网络的概念理解都不尽相同。早期，人们将分散的计算机和终端，利用通信线路连接起来，能够实现相互通信的系统称