

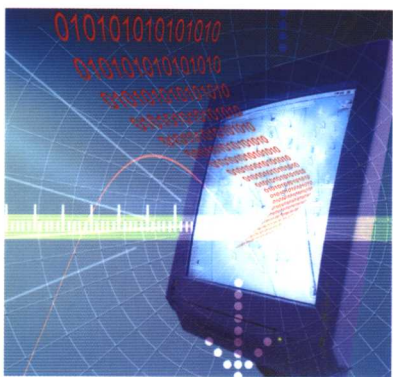
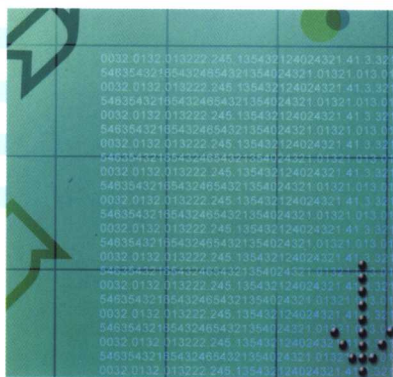
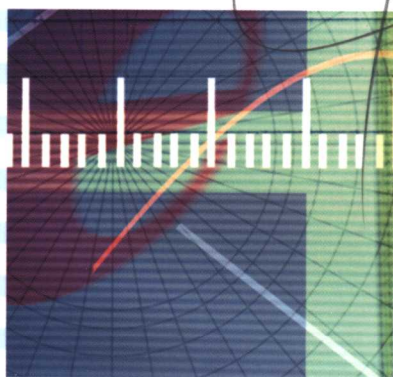


国家精品课程主讲教材

21 世纪高等学校应用型教材

计算机网络技术

□ 施晓秋 主 编



高等教育出版社
Higher Education Press

(国家精品课程主讲教材)
21 世纪高等学校应用型教材

计算机网络技术

施晓秋 主编

内容简介

本书是一本面向应用的计算机网络技术教材,由 2003 年度国家级精品课程“计算机网络技术”课程组教师编写。全书共分 12 章,在介绍计算机网络基本概念、计算机网络体系结构等入门知识的基础上,结合主流局域网和广域网技术介绍了物理层与数据链路层的主要功能与技术,结合 TCP/IP 协议簇介绍了网络层、传输层和应用层的主要功能与技术。此外,还介绍了典型的 IP 网络、网络管理与网络安全、网络操作系统等知识。教材的每一章都给出了有关的习题与思考题,并结合理论教学设计了相关的实验与认知活动,更加突出了教材的应用性和以学生为主体的现代教学理念。本书配套有《计算机网络实训》。

本书内容全面,应用性强,既可作为应用型本科和高职高专的计算机网络技术课程的教材,也可供从事计算机网络建设、开发、管理工作以及准备参加计算机网络职业认证考试的有关专业技术人员参考。

作为国家级精品课程,本教材还配有丰富的网络教学资源,包括教学大纲、教学日历、教学浏览、课件下载、网上答疑、网上自测和技能达标等多方面的内容。读者可进入 <http://network.wzu.edu.cn> 获取这些教学资源,或者通过 E-mail: sxq@wzu.edu.cn 与作者联系。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术/施晓秋主编.—北京:高等教育出版社,2006.1

ISBN 7-04-017810-9

I.计... II.施... 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(2005)第 148766 号

策划编辑	雷顺加	责任编辑	彭立辉	封面设计	王凌波	责任绘图	尹文军
版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.5
字 数 430 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷
定 价 22.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17810-00

前 言

自 1999 年以来,我们就开展面向应用的计算机网络课程教学改革的研究与实践,先后完成两项省级教研教改项目和一项校级教研项目,所开设的“计算机网络技术”课程于 2003 年获得首届国家精品课程称号。

近两年,随着计算机网络课程教学改革的进一步深入,同时也为了适应高校普遍扩招后的生源素质及社会对计算机网络应用人才需求的变化,我们在计算机网络课程的教学改革与创新上又做了大量工作。期间,“计算机网络教学改革的研究与实践”通过了国家级教学成果鉴定,并获得第五届浙江省高等教育教学成果一等奖。因此,本教材不仅包含了前面五年来从事计算机网络课程建设与改革的经验,也注入了获得国家精品课程后的两年里继续进行教学改革与创新的成果。作为国家级精品课程的承担者,我们有责任也很乐于将我们的优秀教学成果与兄弟院校分享。

本教材在编写过程中,再次体现了课程组的团队精神。本教材的第 1 章和第 10 章由蒋小洛编写,第 3 章和第 6 章由乔韦韦编写,第 2 章由郑向阳编写,第 4 章由毕保祥编写,第 5 章和第 9 章由张纯容编写,第 7 章和第 8 章由施晓秋编写,周庆标博士参与了第 7 章中 IPv6 内容的编写,第 12 章由朱海涛编写,第 11 章由朱海涛和毕保祥共同编写,全书由施晓秋修改定稿。

本教材的编写及我们多年来的计算机网络教育改革探索与实践得到了温州大学校务委员会副主任、博士生导师孔繁胜教授的大力支持,在此谨表由衷的谢意。同时,也感谢高等教育出版社有关工作人员的大力支持。

因时间仓促,尽管在本书出版前我们对全部内容进行了仔细校对,但其中不足仍在所难免,恳请读者指正。同时,我们也欢迎大家就计算机网络课程教学中的问题进行沟通与探讨。

E-mail 联系方式:sxq@wzu.edu.cn,QQ 号码:269243043。

编 者

2005 年 10 月 18 日

关于本教材的使用说明

一、致教师

这是一本面向应用的计算机网络教材,因此在适用对象、教学内容及组织、教学方法及设计、配套实训教学以及相关的网络教学资源上,都具有自己的特点。教师在选用本教材实施计算机网络技术课程教学之前,需要明确以下问题。

1. 本教材的适用对象

作为一本面向应用的计算机网络技术教材,本教材不涉及复杂抽象的原理阐述,也不提供非常深入的技术实现细节。本教材的适用对象为应用型四年制本科或三年制的专科学生,除了计算机、电子和通信等电子信息类专业外,本教材也适用于信息技术与管理学科交叉的信息管理、电子商务等专业。

2. 本教材的教学内容及组织

本教材共分12章。在介绍计算机网络基本概念、计算机网络体系结构等入门知识的基础上,结合主流局域网和广域网技术介绍了物理层与数据链路层的主要功能与技术,结合TCP/IP协议簇介绍了网络层、传输层和应用层的主要功能与技术。此外,还介绍了典型的IP网络、网络管理与网络安全、网络操作系统等知识。

本教材在教学内容的组织上具有很强的模块性,教师可根据教学层次和专业性质进行适当的选择。原则上,建议专科层次的专业不选择本教材中加“*”标记的内容。

3. 本教材的教学方法与设计

在我们多年的教学实践中,一直非常强调以学生为主体的教育教学理念,并竭尽全力将这种教学理念体现在教材与课堂教学中。为此,在教材的编写过程中,我们不仅充分运用了启发式的问题教学,在每一章的学习导航中提供了激发学生学习兴趣的“驱动问题”,还为每一章的理论教学仔细设计了促进学生感知学习的“实验与认知活动”。另外,为了便于学生自主阅读本教材,在教材的编写上还尽可能采用了图文并茂的形式,并在语言上强调简明、流畅,以增加教材的可读性。

在教学过程中,建议教师将每章的“驱动问题”作为学生预习该章内容的指南,“认知活动”可结合理论教学在适当的时候由学生在课外自主完成,“实验活动”作为与理论教学配套的实训教学列入教学计划。另外,课堂教学尽可能采用多媒体与实物进行辅助教学。

4. 本教材的配套实训教学及教材

对于计算机网络应用人才而言,计算机网络技术应用与技术实践能力的培养是至关重要的,也是他们与研究型计算机网络人才的重要区别所在。因此,强调对计算机网络进行实训教学非常重要。在本教材的每一章,我们都给出了相关的实训教学建议,并为这些实训内容编写了相配套的实训教材:《计算机网络实训》(施晓秋主编,ISBN 7-04-015780-2,高等教育出版社,2004年8月第1版)。所有在“实验活动”中列出的实验都可以在该配套教材中找到详细的指导。

5. 本教材相关的网络资源

作为国家精品课程,本教材还配有丰富的网络教学资源,包括教学大纲、教学日历、教学浏览、课件下载、网上答疑、网上自测和技能达标等多方面的内容,可进入 <http://network.wzu.edu.cn> 获取这些教学资源。

二、致学生

为了学好本课程,学生不仅要事先对本课程在专业学习中的地位与作用以及本课程的具体教学目标与教学特点有所了解,还必须解决以下三方面的问题:

1. 信心

信心是凡事成功的前提,对于本课程的学习也不例外。不管读者擅长于理论,还是擅长于技能,在这门理论与实践并重的课程中都能找到自己的用武之地。本教材的理论不涉及复杂抽象的原理阐述,也不提供非常深入的技术实现细节;本课程的实验与认知活动充满了乐趣与挑战性。

2. 态度

态度包括了在学习上的投入、学习习惯以及面临暂时困难时的心态。有了足够的信心只是学好本课程的必要条件,要最终学好本课程还要有足够的时间与精力投入,特别是一些实验与认知活动需要耗费较多的时间与精力;要有良好的学习习惯,要保证课前预习、课堂学习和课后复习等基本教学环节,理论学习与技能训练不可厚此薄彼;在学习中遇到困难时,要有足够的心理准备,要有克服困难、挑战自我的良好素质。

3. 方法

好的方法事半功倍。计算机网络技术课程是一门应用性很强的课程,因此不同于那些纯理论学习通常所要求的严密逻辑性与抽象思维能力。在本课程的理论学习过程中,更强调对知识的理解,并要求把对知识的理解很好地运用到技能实践中,使理论能够指导实践。读者要围绕这种应用性学习来探寻适合个体的学习方法。

如果读者都能很好地解决上述3个问题,那么一定会有很大的收获与提高,并使学习变得更加富于乐趣和成效。

主 编

2005年10月18日

目 录

第 1 章 计算机网络的基本概念	1	2.3.1 TCP/IP 模型概述	26
1.1 计算机网络的定义	2	2.3.2 TCP/IP 模型中的各层主要协议	27
1.2 计算机网络的形成与发展	3	2.4 OSI 模型和 TCP/IP 模型的比较	28
1.2.1 计算机网络的初级阶段	3	习题	29
1.2.2 计算机网络通信	4	实验与认知活动	30
1.2.3 标准、开放的计算机网络	4	第 3 章 物理层	31
1.2.4 高速、智能的计算机网络	5	3.1 数据通信基础	32
1.3 计算机网络的类型	6	3.1.1 数据通信的基本概念	32
1.3.1 常见的计算机网络分类	6	3.1.2 数据通信系统的模型	33
1.3.2 局域网、城域网和广域网	7	3.1.3 通信系统的主要性能指标	35
1.4 计算机网络的功能和应用	8	3.2 基带传输	35
1.4.1 计算机网络的功能	8	3.2.1 基带传输概述	35
1.4.2 计算机网络的应用	9	3.2.2 数字数据编码方法	36
1.5 计算机网络的组成与结构	11	3.3 频带传输	37
1.5.1 资源子网	11	3.3.1 频带传输的基本概念	37
1.5.2 通信子网	11	3.3.2 三种基本的调制解调方法	37
1.6 计算机网络的拓扑结构	12	3.4 传输介质	40
1.6.1 计算机网络拓扑结构的概念	12	3.4.1 有线传输介质	40
1.6.2 常见的网络拓扑结构	13	3.4.2 无线传输介质	43
1.7 网络有关的标准组织与管理机构	14	3.4.3 不同传输介质的比较	45
1.7.1 网络有关的标准组织	14	3.5 多路复用技术	45
1.7.2 Internet 管理机构	16	3.5.1 频分多路复用	46
1.7.3 RFC 文档、Internet 草案与 Internet		3.5.2 时分多路复用	47
标准	17	3.5.3 波分多路复用	48
习题	17	3.5.4 码分多路复用	49
实验与认知活动	18	3.6 通信方式	49
第 2 章 计算机网络体系结构	19	3.6.1 串行通信与并行通信	49
2.1 计算机网络体系结构概述	19	3.6.2 全双工通信与半双工通信	50
2.1.1 计算机网络分层的必要性	19	3.7 物理层标准	51
2.1.2 计算机网络的分层模型	20	3.7.1 物理层标准概述	51
2.1.3 计算机网络体系结构的概念	22	3.7.2 物理层标准举例	51
2.2 ISO/OSI 网络参考模型	23	3.8 常见的物理层设备与组件	53
2.2.1 ISO/OSI 七层模型	23	3.8.1 物理传输中存在的主要问题	53
2.2.2 OSI 各层功能简介	24	3.8.2 常见的物理层组件	54
2.2.3 OSI 模型中的数据传输过程	25	3.8.3 常见的物理层设备	55
2.3 TCP/IP 模型	26	习题	55

实验与认知活动	57	5.4 局域网组网设备	94
第4章 数据链路层	58	5.4.1 服务器和工作站	94
4.1 数据链路层概述	59	5.4.2 网卡	95
4.1.1 需要数据链路层的原因	59	5.4.3 中继器和集线器	96
4.1.2 相邻结点的概念	59	5.4.4 网桥和交换机	97
4.1.3 数据链路层需要解决的主要问题	60	5.5 以太网系列	100
4.2 帧与成帧	60	5.5.1 以太网	100
4.2.1 帧的基本格式及其作用	60	5.5.2 快速以太网技术	103
4.2.2 成帧与拆帧	61	5.5.3 千兆以太网	105
4.2.3 帧的定界	61	5.5.4 万兆以太网	107
4.3 差错控制	63	5.5.5 交换式以太网	108
4.3.1 差错原因与类型	63	5.6 令牌环网与 FDDI	110
4.3.2 差错控制的作用与机制	63	5.6.1 令牌环网	110
4.3.3 常见检错码	63	5.6.2 FDDI	112
4.3.4 反馈重发机制	67	5.7 无线局域网	113
4.4 流量控制	70	5.7.1 无线局域网概述	113
4.4.1 流量控制的作用	70	5.7.2 IEEE802.11 无线局域网体系 结构	114
4.4.2 滑动窗口协议	70	5.7.3 无线局域网设备	115
4.5 数据链路层所提供的服务	72	5.7.4 无线局域网的组网方式	116
4.6 数据链路层协议举例	73	5.8 虚拟局域网	117
4.6.1 HDLC 的配置与数据传输模式	73	5.8.1 虚拟局域网概述	117
4.6.2 HDLC 的帧格式与帧类型	74	5.8.2 虚拟局域网的优点	118
4.6.3 HDLC 用于实现面向连接的可靠 传输	76	5.8.3 虚拟局域网的实现技术	119
4.7 数据链路层的设备与组件	78	习题	121
4.7.1 网卡	78	实验与认知活动	122
4.7.2 网桥	80	第6章 广域网技术	124
4.7.3 交换机	81	6.1 广域网概述	124
4.7.4 网桥与交换机的比较	82	6.1.1 广域网的特点	124
习题	82	6.1.2 广域网服务的实现模型	125
实验与认知活动	83	6.1.3 常见的广域网设备	125
第5章 局域网技术	84	6.1.4 常见的广域网服务类型和带宽	126
5.1 局域网概述	85	6.1.5 广域网与 OSI 模型	127
5.1.1 局域网的特点与功能	85	6.2 点对点协议	128
5.1.2 常见的局域网拓扑结构	86	6.3 公共电话交换网	129
5.2 IEEE802 标准	88	6.3.1 公用电话交换网的组成	129
5.2.1 IEEE802 标准概述	88	6.3.2 PSTN 在计算机网络上的应用	130
5.2.2 局域网的体系结构	89	6.4 ISDN	130
5.3 介质访问控制	91	6.4.1 ISDN 的组成	131
5.3.1 CSMA/CD	91	6.4.2 ISDN 的速率服务	132
5.3.2 令牌访问控制	92	6.4.3 ISDN 的应用	132

6.5 异步传输模式 ATM	133	7.7 下一代互联网的网际协议 IPv6	175
6.5.1 ATM 的实现	133	7.7.1 IPv6 的发展背景	175
6.5.2 ATM 的特点与应用	133	7.7.2 IPv6 的特点	176
6.6 帧中继	134	7.7.3 IPv6 分组	176
6.6.1 帧中继的实现	134	7.7.4 IPv6 的地址	177
6.6.2 帧中继的组成	135	*7.7.5 从 IPv4 到 IPv6 的过渡	179
6.6.3 帧中继的优点	135	习题	181
6.6.4 帧中继的应用	136	实验与认知活动	183
6.7 SDH 技术	136	第 8 章 传输层	184
6.7.1 SDH 的实现	137	8.1 OSI 传输层概述	184
6.7.2 SDH 的特点	138	8.1.1 传输层的作用与地位	184
6.7.3 SDH 的应用	139	8.1.2 传输层的基本功能	186
习题	139	8.1.3 网络服务与服务质量	187
实验与认知活动	140	8.2 TCP/IP 的传输层	188
第 7 章 网络层	141	8.3 传输控制协议	189
7.1 网络层功能概述	142	8.3.1 TCP 分段的格式	189
7.1.1 需要网络层的原因	142	8.3.2 端口与套接字	191
7.1.2 网络层的基本功能	143	8.3.3 TCP 连接的建立与拆除	192
7.1.3 网络层所提供的服务	144	8.3.4 TCP 可靠数据传输的实现	194
7.1.4 TCP/IP 的网络层	145	8.4 用户数据报协议	196
7.2 IP 协议	146	8.4.1 UDP 的特点	196
7.2.1 IP 协议的作用与特点	146	8.4.2 UDP 数据报	197
7.2.2 IP 分组	146	8.4.3 UDP 的工作过程	198
7.2.3 IP 地址	148	习题	199
7.2.4 IP 地址的规划	151	实验与认知活动	200
7.2.5 子网划分	152	第 9 章 应用层	201
7.2.6 子网掩码	155	9.1 TCP/IP 的应用层	201
*7.2.7 无类别域内路由	158	9.2 DNS 服务	202
7.2.8 网络地址翻译	159	9.2.1 域、域名和域名空间	203
7.3 ARP 与 RARP	160	9.2.2 域名解析	204
7.3.1 ARP	160	9.3 Web 服务	206
7.3.2 RARP	163	9.3.1 Web 的基本概念	207
7.4 ICMP	164	9.3.2 WWW 服务的实现过程	208
7.5 路由与路由协议	165	9.4 E-mail 服务	209
7.5.1 路由与路由表	165	9.5 FTP 服务	211
7.5.2 静态路由与动态路由	167	9.6 Telnet 服务	213
7.5.3 路由协议	168	习题	214
7.5.4 路由协议举例	171	实验与认知活动	215
7.6 路由器在网络互连中的作用	173	第 10 章 典型的 IP 网络及应用	216
7.6.1 提供异构网络的互连	173	10.1 Internet	216
7.6.2 实现网络的逻辑划分	174	10.1.1 Internet 的概念与组成	216
7.6.3 实现 VLAN 之间的通信	174		

IV 目 录

10.1.2 Internet 的形成与发展	218	11.2.2 简单网络管理协议	240
10.1.3 Internet 在我国的发展	219	11.2.3 几种流行的 SNMP 网络管理 软件	242
10.1.4 Internet 的主要特点与应用	220	11.3 网络安全	244
10.1.5 Internet 的接入	220	11.3.1 网络安全的基本概念	244
10.2 Intranet	227	11.3.2 网络安全模型	245
10.2.1 Intranet 的概念	227	11.3.3 传输安全与加密技术	247
10.2.2 Intranet 的组成	227	11.3.4 边界安全与防火墙技术	249
10.2.3 Intranet 的特点	228	11.3.5 系统安全与入侵检测技术	251
10.2.4 Intranet 的应用	229	11.3.6 网络病毒及其防范	252
10.3 Extranet	230	习题	254
10.3.1 Extranet 概述	230	实验与认知活动	255
10.3.2 Extranet、Intranet 和 Internet 的 比较	231	第 12 章 网络操作系统	257
* 10.4 VPN	231	12.1 网络操作系统概述	257
10.4.1 VPN 的需求背景	231	12.1.1 网络操作系统的功能与特点	257
10.4.2 VPN 的定义与优越性	232	12.1.2 网络操作系统的组成与分类	258
10.4.3 VPN 的分类	232	12.2 常见的网络操作系统	259
习题	233	12.2.1 Windows 操作系统	259
实验与认知活动	234	12.2.2 UNIX 操作系统	262
第 11 章 网络管理与网络安全	235	12.2.3 Linux 操作系统	264
* 11.1 网络管理概述	235	12.2.4 NetWare 操作系统	265
11.1.1 网络管理的基本概念	236	12.2.5 几种网络操作系统的比较	266
11.1.2 网络管理的功能模型	237	习题	266
11.1.3 网络管理的信息模型与组织 模型	238	实验与认知活动	267
* 11.2 基于 TCP/IP 的网络管理	239	附录 本教材所用图标的说明	268
11.2.1 SNMP 网络管理模型	239	参考文献	269

第 1 章

计算机网络的基本概念

本章导读

自 20 世纪 60 年代计算机网络问世以来,在短短的几十年间,计算机网络已经深入到人们的工作、学习和生活等方方面面。在家中、学校、工作单位,甚至在旅行途中,人们有多种可选的方式来访问因特网。使用个人电脑、PDA 或手机,可以通过电话线或网络线等有线方式,也可以通过无线路由器或移动网络等无线方式连入网络。而一旦连上互联网,就可以享受到因特网所提供的各种各样的服务,如浏览 Web 页面、下载或上传文件、发送或接收电子邮件、网上实时交谈与信息传送、网络游戏等。这些服务不仅拓展了人们获取信息和与他人交流的渠道,丰富了人们的生活、工作、学习和娱乐方式,也导致了一些与网络相关的新名词或新事物的不断出现,如 IP 电话、电子学习、电子商务、电子政务、网上影院、网上购物、网上银行、数字图书馆、网络家电等。更为重要的是,计算机网络的发展与应用还在以人们无法想像的速度向前推进。因此,人们花费一些时间与精力来研究与学习计算机网络课程就变得非常有意义。诸如什么是计算机网络、计算机网络是如何产生的、网络通信以及网络上的服务与应用是如何被实现的、网络今后的发展等一系列问题,都将是在这门课程中所要关注和研究的问题。下面将要在本书的多个章节中将其分成许多个主题来进行探讨与学习。

本章先介绍有关计算机网络的一些基本概念,建议学时数为 3 学时。本章的学习导航如表 1.1 所示。

表 1.1 本章学习导航

驱动问题	涉及的知识	学习要求
什么是计算机网络	计算机网络的定义和分类	掌握
计算机网络是如何产生的	计算机网络的发展过程	了解
建立计算机网络的目的何在	计算机网络的功能与应用	理解
计算机网络由几部分组成,为什么从逻辑上对网络进行划分	● 计算机网络的硬件与软件 ● 通信子网与资源子网	理解
计算机网络的拓扑形式如何	计算机网络的拓扑结构	理解

1.1 计算机网络的定义

在给出计算机网络的定义之前,先来回顾一下人们平常所说的“网络”概念。“网络”通常是指为了达到某种目标而以某种方式联系或组合在一起的对象或物体的集合。如人们日常生活中四通八达的交通系统、供水或供电系统、邮政系统等都是某种形式的网络。下面介绍一下什么是计算机网络,计算机网络是为了达到何种目标、以什么方式将对象集合在一起的。

在计算机网络的发展过程中,人们在不同阶段或从不同角度对计算机网络提出了不同的定义,其中比较典型的观点有3类:广义的观点、资源共享的观点和用户透明性的观点。广义的观点将计算机网络看成是以实现远程通信为目的,一些互连的、独立自主的计算机的集合,这种观点对计算机网络的认知主要停留在计算机通信网络的层面,是一种比较早期的观点。用户透明性观点主要关注网络作为一种分布式系统,从内部资源分布与资源调度等技术实现应该对用户透明的角度来描述计算机网络,存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统,可由它调用用户所需的资源,使整个网络像一个大的计算机系统一样对用户是透明的。然而,从目前计算机网络的发展现状与特征来看,从资源共享的角度理解计算机网络更为准确和全面。

从资源共享的角度来看,计算机网络是指将地理位置不同且功能相对独立的多个计算机系统通过通信线路相互连在一起,遵循共同的网络协议,由专门的网络操作系统进行管理,以实现资源共享的系统。

“地理位置不同”是指计算机网络中的计算机通常都处于不同的地理位置。例如,当人们通过因特网访问某种网络服务时,被访问的主机在地理位置上往往是不可见的,主机可能位于不同的城市、省份乃至不同的国家,因此这些被访问的主机有时被称为远程主机。事实上,在绝大部分情况下大家甚至不知道也不需要知道这个被访问机器所处的确切位置。正是计算机与信息资源在地理位置上的分布性,才成了人们以组建计算机网络的方式来实现资源共享的原始驱动力。

“功能相对独立”是指相互连接的计算机之间不存在互为依赖的关系。作为各自独立的计算机系统,它们具有各自独立的软件和硬件。任何一台计算机既可以连网工作,也可以脱离网络和网络中的其他计算机而独立工作。例如,人们的计算机既可以连在因特网上工作,也可以脱离网络以单机方式运行。

当由这些地理位置不同的计算机组成计算机网络时,必须通过通信线路在物理上将它们互连起来。通信线路由通信介质和通信控制设备组成,通信介质可以有线的,也可以是无线的。

但是,单纯依靠计算机之间的物理连接是远远不够的,为了在这些功能相对独立的计算机之间做到有序地交换数据,每个结点都必须遵循一些事先约定的通信规则,这些规则又称为协议。另外,为了实现连网结点之间有效的资源共享,还必须提供具备网络软、硬件资源管理功能的系统软件,即网络操作系统。

组建计算机网络的根本目的是为了资源共享。这里的资源既包括计算机网络中的硬件资源,如CPU、存储器、打印机、绘图仪等,也包括软件资源,如程序、数据等。

1.2 计算机网络的形成与发展

任何一项新技术的出现与发展都必须具备两个基本条件:一是强烈的社会需求,二是前期的技术储备。计算机网络的形成与发展也不例外,它是计算机技术与通信技术高度发展并紧密结合的产物。根据不同阶段的应用需求与技术特色,通常将计算机网络的发展划分为4个阶段,分别是计算机网络的初级阶段、计算机网络通信阶段、标准与开放的计算机网络阶段、高速与智能的计算机网络阶段。从下面的介绍将可以看出,尽管在上一节给计算机网络下了一个较严格的定义,但是处于初级阶段的计算机网络并不具备在前面定义中所提到的所有限定条件。

1.2.1 计算机网络的初级阶段

在20世纪50年代,由于计算机的造价昂贵,计算机资源非常匮乏且存放集中。需要使用计算机的用户必须携带程序,到存放计算机的机房进行手工操作,这为用户使用计算机带来了极大的不便。具有输入/输出功能的终端(terminal)的出现解决了这一问题,人们可通过通信线路将计算机与终端相连,通过终端进行数据的输入和输出。这种“终端-通信线路-计算机”的模式被称为远程联机系统,并由此开始了计算机和通信技术相结合的年代。远程联机系统又被称为第一代计算机网络。

远程联机系统为了适应多台终端与一台计算机相连的情况,通常在计算机与终端间加入了多重线路控制器,如图1.1所示。但是当终端数增加时,该系统就会产生明显的缺陷,一是数据处理性能下降,计算机不仅要完成数据处理工作,还要承担终端和计算机之间的通信工作,随着接入计算机终端的不断增加,大量的通信任务会大幅降低计算机的数据处理效率;二是线路浪费大,由于该系统中每个终端都单独使用一条线路与计算机相连,导致线路利用率很低。

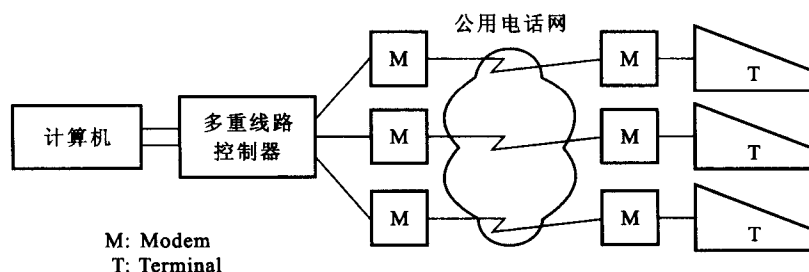


图 1.1 具有多重线路控制器的计算机网络

为了解决上述性能方面的问题,出现了采用前端处理机(front-end processor, FEP)和线路集中器的远程联机系统,如图1.2所示。前端处理机被用来专门处理通信任务,从而将计算机解放出来专门用于处理数据。这样既增加了通信的可靠性,又提高了数据处理的效率。

远程联机系统的结构特点是单主机多终端,因此从严格意义上讲,并不属于计算机网络范畴。但是,这个阶段完成了数据通信技术与计算机网络相结合的研究,为计算机网络的产生奠定了理论基础。

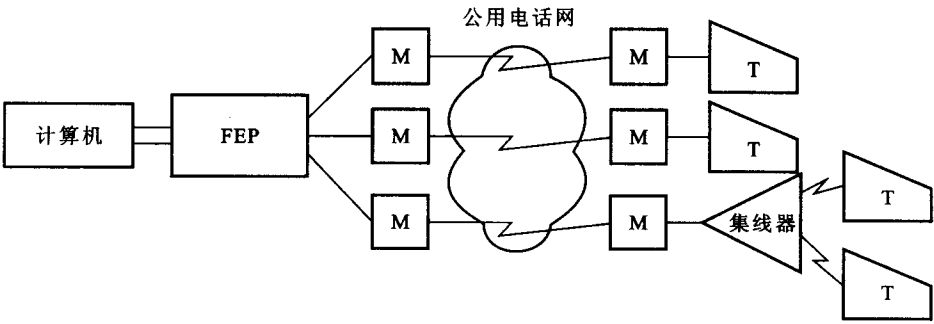


图 1.2 采用前端机和集线器的计算机网络

1.2.2 计算机网络通信

远程联机系统发展到一定阶段时,计算机用户就会希望能够使用其他计算机系统上的资源。同时,拥有多台计算机的组织机构或大企业也希望各计算机之间可以进行信息的传输与交换。于是,在 20 世纪 60 年代出现了以实现“资源共享”为目的的多计算机互连的形态。在这个阶段,对整个系统的通信可靠性和准确性提出了更高的要求。系统中采用在计算机和线路之间设置通信控制处理机(communication control processor,CCP)的方式来提高系统性能,如图 1.3 所示。

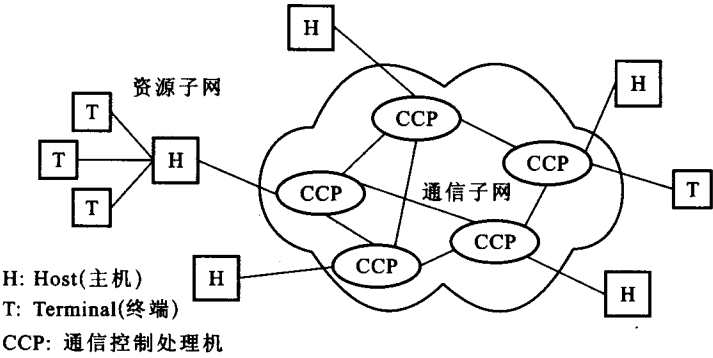


图 1.3 具有通信子网的计算机网络

这一阶段结构上的主要特点是:以通信子网为中心,多主机多终端。1969 年在美国建成的 ARPANET 是这一发展阶段的主要代表。ARPANET 首先实现了以资源共享为目的不同计算机互连的网络,成为计算机网络发展中的一个重要里程碑。与 ARPANET 相关的研究成果促进了计算机网络技术的发展和理论体系的研究,并为 Internet 的形成奠定了基础。

1.2.3 标准、开放的计算机网络

ARPANET 的成功运用极大地刺激了各大计算机公司对网络的热衷程度。自 20 世纪 70 年代中期开始,各大公司在宣布各自网络产品的同时,也认识到了制定计算机网络体系结构和协议标准的重要性,并纷纷推出了各自专用的网络体系结构标准,提出了成套设计网络产品的概念。例如,IBM 公司于 1974 年率先提出了“系统网络体系结构”(SNA),DEC 公司于 1975 公布了“分布式网络体系结构”(DNA),UNIVAC 公司则于 1976 年提出了“分布式通信网络体系结

构”(DCA)。

这个时期,不断出现的各种网络产品极大地推动了计算机网络的应用。但是,这些基于不同厂商专用网络体系结构的网络产品给不同网络间的互连带来了很大的不便,并严重制约了计算机网络的进一步发展与应用。解决这个问题的唯一出路就是走标准化的道路。网络体系结构和网络协议的标准化至少有两方面的好处,一是有利于实现不同网络产品之间的兼容性(compatibility);二是标准化所带来的开放性有利于加快计算机网络技术的开发与应用。鉴于这种情况,国际标准化组织(ISO)于1977年成立了专门的机构从事“开放系统互连”问题的研究,目的是设计并提供一个标准的网络体系模型。1984年ISO颁布了“开放系统互连基本参考模型”,这个模型通常被称做OSI参考模型。OSI参考模型的提出对推动网络体系结构理论的发展起了很大的作用,并引导着计算机网络走向开放的标准化的道路,同时也标志着计算机网络的发展步入了成熟阶段。

在OSI参考模型的制定过程中,伴随着Internet的兴起,越来越多的研究人员加入了与Internet相关的TCP/IP协议的研究与开发中。TCP/IP协议日趋成熟及成功推广,促进了Internet的惊人发展,而Internet的发展反过来又扩大了TCP/IP协议的应用范围。在此大背景下,IBM、DEC等业界大公司纷纷宣布支持TCP/IP协议,其生产的产品均提供了对TCP/IP协议的支持。TCP/IP协议及其体系结构逐渐成为了业界公认的事实标准。

1.2.4 高速、智能的计算机网络

从20世纪80年代末开始,Internet在社会的各个领域得到了广泛应用,伴随电子商务、电子政务、远程教育、远程医疗、分布式计算、视频点播等许多新应用的出现,对计算机网络技术与性能的发展提出了越来越高的要求。这些要求集中体现在网络的速度与智能化两方面。

提高网络传输速度或网络带宽一直是计算机网络发展过程中一个重要的主题。随着人们对网络服务需求的增大,Internet上的业务正在按指数速度增长,网络带宽的需求也随之提高。基于电传输介质,网络数据传输速度在短短的几十年里实现了从Kbps、Mbps到Gbps的跨越。但与此同时,电传输介质在数据传输速度上的发展空间已经越来越小。随着光纤通信技术的发展,光纤作为一种高速率、高带宽、高可靠性的光传输介质在各国的信息基础设施中被逐渐广泛使用,为建立信息高速公路奠定了基础。目前,千兆和万兆传输速率的光以太网已经被广泛地用于局域网和城域网中,基于光纤的广域网主干带宽也已达到了10 Gbps。全光网的诞生更是为计算机网络的带宽和容量带来了巨大的发展空间。全光网将以光结点取代现有的电结点,并用光纤将这些光结点互连成网。利用光信号来完成数据的传输与交换,可以有效克服现有网络在信息传送和数据交换时所存在的瓶颈,大幅提高了网络的吞吐能力。

网络带宽的不断提高,反过来又进一步刺激了网络应用的多样化。基于移动计算、多媒体计算、并行计算、网格计算、对等网络计算等各种新兴网络计算技术的网络应用正在成为计算机网络新的研究热点和应用增长点。层出不穷的计算机网络应用一方面使人们对网络信息系统的依赖程度日益提高,并对网络的可靠性、安全性和可用性等提出了许多新的要求;另一方面也使整个计算机网络日趋复杂化,计算机网络的管理难度与复杂度越来越高。为了在复杂的网络应用环境中向用户提供更高的网络服务质量,网络管理也逐渐进入了智能化阶段,而且智能化的程度越来越高,包括网络资源调度、配置管理、故障管理、计费管理、性能管理和安全管理等在内的众

多网络管理任务都被要求通过智能化程度很高的网络管理软件或硬件来实现。

近年来,已经有越来越多的国家把新一代的高速、智能网络作为其科学研究、技术开发与产业应用的重点支持与发展领域,一些业界的跨国大公司也不惜巨资加入其中,以抢占计算机网络新一轮的技术制高点 and 由此引发的巨大的产业发展空间。

1.3 计算机网络的类型

当人们研究一些较为复杂的对象或问题时,通常会采用分门别类的方法来突出被研究对象或问题的某些特性,并且当人们关注的焦点不同时,还会采用不同的分类标准。例如,在学校里,经常会根据不同的需要将学生按照性别、年龄、专业或成绩等不同标准进行分类。同样,计算机网络的分类也存在多种不同的标准或方法。

1.3.1 常见的计算机网络分类

在计算机网络的研究中,常见的分类方法有以下几种。

1. 按通信所使用的介质

按通信所使用的介质可分为有线网络和无线网络。有线网络是指采用有形的传输介质如铜缆、光纤等组建的网络;而使用微波、红外线等无线传输介质作为通信线路的网络属于无线网络。

2. 按使用网络的对象

按使用网络的对象可分为公众网络和专用网络。公众网络是指对所有公众开放、用于为公众提供服务的网络,如 Internet;而专用网络是指专门为特定的部门或应用而设计的网络,如银行系统的网络。

3. 按网络传输技术

按网络传输技术可分为广播式网络和点到点式网络,广播式网络和点到点网络的示例如图 1.4 所示。广播式网络(broadcast network)是指网络中所有的计算机共享一条通信信道,如图 1.4(a)所示。广播式网络在通信时具备两个特点:一是任何一台计算机发出的消息都能够被所有连接到这条共享通信信道上的其他计算机收到,接收到信息的计算机根据消息报文中的目的地址来判断是进一步处理该收到的报文还是丢弃该报文;二是任何时间内只允许一个结点使用信道,从而在广播式网络中需要为信道争用提供相应的解决机制。

与广播式网络不同,在点到点网络(point-to-point network)中,由一条通信线路连接两个结点。点到点网络分两种类型:一种是直接相连的点到点网络,两个结点之间通过一条物理线路直接相连,如图 1.4(b)所示;另一种是非直接相连的点到点网络,两个结点之间没有直接相连的物理线路,它们之间的数据传输需要经过一台或多台中间设备的接收、存储与转发,如图 1.4(c)所示。在这种情况下,由于连接这两个结点之间的网络结构可能很复杂,所以从源结点到目的结点可能存在多条可达的路径,因此需要提供关于最佳路径的选择机制。

4. 按网络传输速度

按网络传输速度可分为低速网络和高速网络。随着计算机网络传输速度的日趋提高,关于

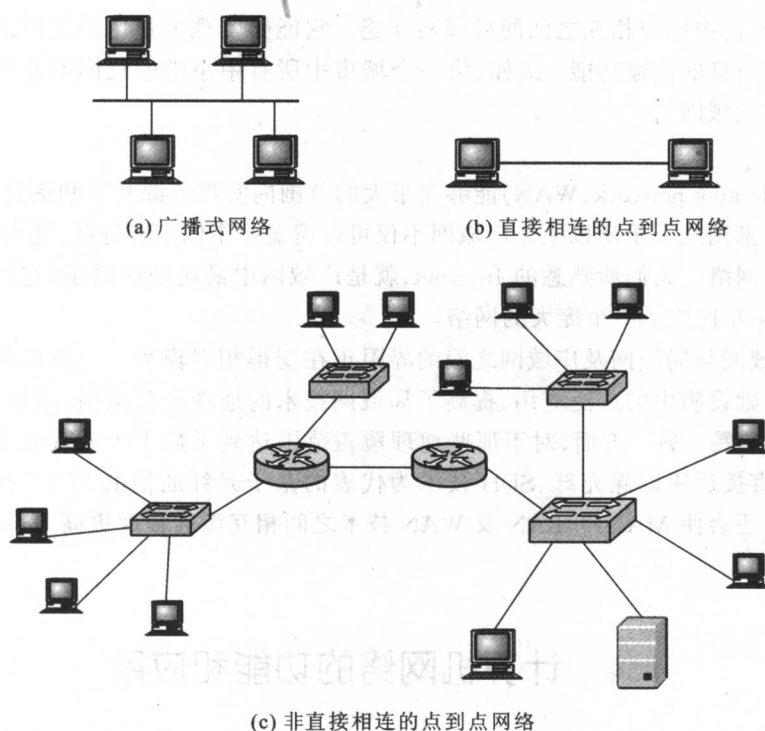


图 1.4 点到点网络和广播式网络的示例

低速网络和高速网络的量化标准也在随之提高。按照目前的发展水平,达到百兆以上数据传输速度的网络才可列入高速网络的范畴。

5. 按地理覆盖范围

按地理覆盖范围可分为广域网、城域网和局域网。

1.3.2 局域网、城域网和广域网

按地理覆盖范围对网络类型进行划分是目前最为常用的一种计算机网络分类方法,之所以如此,是因为地理覆盖范围的不同直接影响网络技术的实现与选择。即局域网、城域网和广域网由于地理覆盖范围不同而具有明显不同的网络特性,并在技术实现和选择上存在明显差异。

1. 局域网

局域网(local area network, LAN)用于将有限范围内(如一个房间、一个楼层、一幢大楼内或一个校园内)的一组计算机互连组成网络,如学校的实验室、校园或中小型机关、公司、工厂的网络通常都属于局域网。局域网具有 3 个明显的特点:一是覆盖范围非常有限,一般在几十米到几千米之间;二是所采用的技术具有数据传输率高(10 Mbps~10 Gbps)、传输延迟低(几十 ms)及误码率低等特点;三是局域网通常为使用单位所有,建立、维护与扩展都较为方便。

2. 城域网

城域网(metropolitan area network, MAN)的覆盖范围约为几千米到几十千米,是介于局域网与广域网之间的一种网络形式。城域网主要满足城市、郊区的连网需求,被广泛用于城市范围