

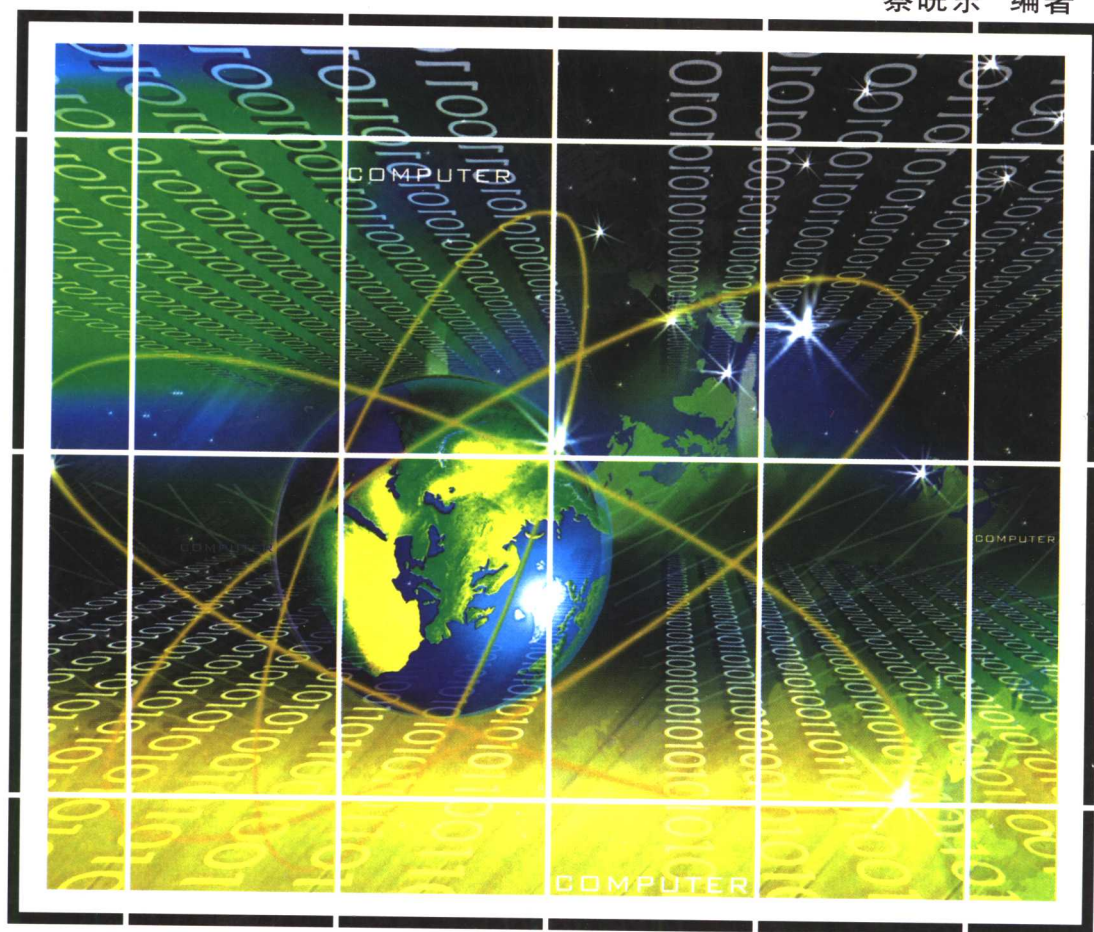


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计 算 机 网 络

(第三版)

蔡皖东 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计 算 机 网 络

(第 三 版)

蔡皖东 编著

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书是在 2004 年出版的《计算机网络》(第二版)本科生教材的基础上修订而成的。从 2000 年出版第一版至今,本书共印刷了 10 次,深受读者的欢迎,被教育部选为“十一五”国家级规划教材。

由于计算机网络技术发展十分迅速,因此,为了反映近年来计算机网络技术中出现的新概念、新方法和新技术以及计算机网络教学研究的新成果,适当地调整本书的内容和结构很有必要。修订后的教材仍保持了原有的风格和特点,同时更加注重系统性、新颖性和实用性,有利于教学和自学。

本书共分 11 章,分别介绍了计算机网络概论、网络体系结构、广域网技术、局域网技术、TCP/IP 协议、IP v6 协议、移动 IP 技术、组播技术、多媒体通信技术、网络管理技术和网络系统构造等内容。

本书主要作为高等院校相关专业本科生和研究生的教材,同时也可供从事计算机网络应用工作的广大科技人员和网络爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 蔡皖东编著. —3 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5606-1820-3

I. 计… II. 蔡… 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 039198 号

策 划 霍小齐

责任编辑 张 梁 霍小齐

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www.xduph.com E-mail: xdupfbx@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2000 年 11 月第 1 版 2004 年 7 月第 2 版
2007 年 5 月第 3 版 2007 年 5 月第 10 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 22

字 数 520 千字

印 数 44 001~48 000 册

定 价 27.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1820 - 3/TP • 0948

XDUP 2112003-10

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

第三版前言

本书是在 2004 年出版的《计算机网络》(第二版)本科生教材的基础上修订而成的。从 2000 年出版第一版至今,本书共印刷了 10 次,深受广大读者的欢迎。本次修订主要基于两方面的原因:一是本书被教育部选为“十一五”国家级规划教材,按照规划教材的要求须做必要的修订;二是由于计算机网络技术发展十分迅速,出现了很多新技术,将这些内容适当地补充到教材中也是十分必要的。

本书的修订工作主要有以下几个方面:

(1) 调整了章节结构。原书共 7 章,本书扩充为 11 章。在本书中,第 1~5 章内容与原书基本相同;将原书第 5 章中的 IP v6 协议抽出,经过扩充后形成第 6 章;原书第 6 章和第 7 章调整成第 9 章和第 11 章;其余各章均为新增内容。

(2) 增加了新的内容。新增的内容都是近几年快速发展的网络新技术,包括 IP v6 协议(扩充)、移动 IP 技术、组播技术以及网络管理技术等,这些内容均单独列为一章进行重点介绍。

(3) 充实了部分章节的内容,如在第 9 章多媒体通信技术中增加了 IP 电话技术等内容。

修订后的教材仍保持了原有的风格和特点,同时更加注重系统性、新颖性和实用性,有利于教学和自学。修订后的内容和难度比原书有所增加,同时也为教师选择教学内容提供了较大的取舍余地。

全书共分 11 章。第 1 章介绍了计算机网络基础知识,包括传输介质、拓扑结构、数据传输技术、数据交换技术、网络体系结构与标准化等内容。第 2 章介绍了网络体系结构,包括物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层等内容。第 3 章介绍了广域网技术,包括分组交换网、帧中继网、ISDN、ATM 网、无线通信网、网络互连和 Internet 等内容。第 4 章介绍了局域网技术,包括 LLC 协议、以太网、令牌环网、FDDI 网、100VG-AnyLAN 网、无线局域网、交换式网络和局域网互连等内容。第 5 章介绍了 TCP/IP 协议,包括网络接口、网际层、传送层和应用层等内容。第 6 章介绍了 IP v6 协议,包括 IP v6 协议简介、IP v6 地址、IP v6 地址的自动配置、IP v6 路由器、IP v6 的安全机制、IP v6 的 QoS 支持机制、IP v6 的移动 IP 支持功能和 IPv6 应用举例等内容。第 7 章介绍了移动 IP 技术,包括移动 IP v4 技术、移动 IP v6 技术和移动 IP 技术的应用等内容。第 8 章介绍了组播技术,包括 IP 组播技术和应用层组播技术等内容。第 9 章介绍了多媒体通信技术,包括网络服务质量、DiffServ 协议、RSVP 协议、MPLS 协议、RTP 协议和分布式多媒体应用——IP 电话等内容。第 10 章介绍了网络管理技术,包括网络管理功能、SNMP 网络管理体系、网络管理系统结构和基于 Web 的网络管理技术等内容。第 11 章介绍了网络系统构造,包括网络操作系统、网络系统建立、Web 服务系统等内容。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

作 者

2007年初春

第二版前言

本书是在 2000 年出版的《计算机网络》本科生教材的基础上修订而成的。在近 5 年中, 本书印刷了 5 次, 深受读者的欢迎。由于计算机网络技术发展十分迅速, 适当地调整本书的内容和结构是必要的, 目的是反映近年来计算机网络技术出现的新概念、新方法和新技术以及计算机网络教学研究的新成果。修订后的教材仍保持了本书第一版的风格 and 特点, 更加注重系统性、新颖性和实用性, 有利于教学和自学。

本书的修订工作主要有以下几个方面:

(1) 调整了章节结构。全书仍为 7 章, 但将原书的第 3 章和第 4 章进行了对调, 重新改写了第 6 章和第 7 章的内容。

(2) 增加了新的内容。这些内容都是近几年快速发展的网络新技术, 包括无线通信网、无线局域网、多媒体通信技术等, 尤其是将多媒体通信技术单独列为一章(第 6 章)进行重点介绍。

(3) 去掉了较陈旧的内容。这些内容在实际中已被淘汰或者正在被淘汰, 并且这些内容被去掉后, 不会对学习、掌握计算机网络原理和技术产生不利的影响, 如 NetWare 网络操作系统等。

(4) 充实了部分章节的内容。这些内容分散在原书的不同章节中或者介绍过于简单, 调整和充实后更利于教学和自学, 如第 5 章中的应用层协议等。

(5) 加强了网络系统的整体性和实用性。在强调网络系统层次结构的同时, 加强了网络系统组成和应用技术的介绍。因此, 第 7 章中介绍了网络系统与服务, 使读者能够了解建立网络系统和网络服务的一般方法和步骤, 并且有助于开展网络实验教学。

修订后的内容和难度比原书有所增加, 在教学中, 教师可以根据需要进行取舍。另外, 本书还增加了英文缩写索引, 以方便读者查阅。

全书共分 7 章。第 1 章介绍了计算机网络基础知识, 包括传输介质、拓扑结构、数据传输技术、数据交换技术、网络体系结构与标准化等内容。第 2 章介绍了网络体系结构, 包括物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的服务功能和控制算法。第 3 章介绍了广域网技术, 包括分组交换网、帧中继网、ISDN、ATM 网、无线通信网、网络互连和 Internet 等内容。第 4 章介绍了局域网技术, 包括 LLC 协议、以太网、令牌环网、FDDI 网、100VG-AnyLAN 网、无线局域网、交换式网络和局域网互连等内容。第 5 章介绍了 TCP/IP 通信协议集中的网络接口、网际层协议、传送层协议和应用层协议等。第 6 章介绍了多媒体通信技术, 包括网络服务质量、DiffServ 协议、RSVP 协议、MPLS 协议、RTP 协议和分布式多媒体系统等内容。第 7 章介绍了网络系统与服务, 包括网络操作系统、网络系统构造、Web 服务系统等内容。

由于编者水平有限, 书中难免存在不足之处, 欢迎广大读者批评指正。

作 者

于 2004 年初夏

第一版前言

近几年来,计算机网络技术进入了前所未有的快速发展时期。新方法、新技术、新产品不断涌现,极大地推动了社会信息化的发展进程,对知识经济产生了巨大的影响,促进了以 Internet 为基础的全球化网络经济的迅猛发展。

计算机网络技术起源于 20 世纪 70 年代末期,经过近 30 多年的发展已日趋成熟,以计算机网络为基础的分布式应用也日趋多样化和综合化。尤其是近年来相继出现的各种分布式多媒体应用系统,如多媒体会议系统、视频点播系统、远程教育系统、远程医疗系统、虚拟现实系统等,在丰富人机交互的形式和内容的同时,也对网络系统的性能提出了很高的要求,推动着网络技术朝着更快、更高和更强的目标发展,以满足人们对网络服务质量(QoS)的需求。

近几年来,在分布式应用,尤其在分布式多媒体应用的强力驱动下,计算机网络技术有了很大的发展,主要表现为如下特征:

- 网络高速化。计算机网络的传输速率已由过去的 10 Mb/s 提高到现在的 100 Mb/s、1 Gb/s 乃至 10 Gb/s, 这些高速网络为数据通信提供了很大的网络带宽,以满足多媒体通信的高带宽需求。

- 网络交换化。以交换机为核心的交换式网络已成为支持多媒体通信的网络基础,它改变了传统网络共享介质的缺陷,可以大大降低网络延迟,以满足多媒体通信的低延迟需求。

- 服务个性化。网络系统提供了有效的管理手段和 QoS 支持机制,能够根据应用需求来配置网络资源,提供个性化服务,以满足网络应用对网络服务质量的需求。

从网络体系结构的角度来看,ISO 的 OSI 参考模型将网络系统划分成七层结构,它们分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,每一层都定义了一定的功能和向上层提供的服务。ISO 的 OSI 参考模型为研究、设计与实现计算机网络系统提供了功能上和概念上的框架结构和理论模型,为制定有关网络协议和标准提供了“参照基准”。

从网络系统组成的角度来看,一个实际的网络系统主要由网络硬件系统、网络操作系统和网络应用系统三大部分组成,网络硬件系统构成了网络基础结构,网络操作系统提供了集成化的网络平台,网络应用系统则建立了网络应用环境和服务。

因此,本书在内容的安排和组织上,没有采用常规的按照 OSI 参考模型七层结构逐层地介绍网络技术的方法,而是以 OSI 参考模型为主线,从系统集成的角度来介绍各种网络系统的基本原理和组网技术,使读者在学习计算机网络基本理论的同时,也掌握了网络系统的组成技术,尽量避免理论与实际相脱节,达到事半功倍的学习效果。

全书共分 7 章。第 1 章介绍了计算机网络基础知识,包括数据通信技术、数据交换技术、传输介质、拓扑结构及网络体系结构与标准化等内容。第 2 章介绍了网络体系结构,

包括物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的服务功能和控制算法。第3章介绍了局域网技术,包括各种以太网、令牌环网络、FDDI网络、100VG-AnyLAN网络、交换式网络以及局域网互连技术等内容。第4章介绍了广域网技术,包括X.25分组交换网络、帧中继网络、ISDN网络、ATM网络以及网络互连技术等内容。第5章介绍了TCP/IP通信协议集中的网络接口、网际层、传送层和应用层协议。第6章介绍了网络操作系统的工作模型、网络通信环境、网络安全性、网络可靠性、网络服务、网络管理以及构造网络系统的基本步骤。第7章介绍了Internet及其应用,包括Internet中主要网络、Internet接入方式、Internet地址、Internet域名系统、Internet服务系统、Internet防火墙和Internet电子商务等内容。

本书是在作者多年来为本科生和研究生讲授“计算机网络”课程教学实践和经验的基础上编写而成的。根据计算机网络技术发展迅速的特点,在注意保持内容系统性和完整性的同时,对那些在实际中已被逐渐淘汰的网络技术不作介绍,并试图从系统组成的视角来介绍计算机网络实用技术,同时尽量介绍一些新概念、新方法和新技术。读者在系统地学习理论知识的同时,还能够了解到这一技术的前沿和发展趋势,并从中得到启迪和帮助。书中每一章都配有习题,可供读者学习时练习使用。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

作 者
于新千年初秋

目 录

第1章 计算机网络概论	1	2.2.4 数字用户线路技术	34
1.1 引言	1	2.3 数据链路层	36
1.2 传输介质	2	2.3.1 HDLC 规程	37
1.2.1 有线介质	2	2.3.2 流量控制算法	41
1.2.2 无线介质	4	2.3.3 差错控制算法	44
1.3 拓扑结构	4	2.4 网络层	47
1.3.1 星形结构	5	2.4.1 数据传输服务	47
1.3.2 环形结构	6	2.4.2 路由选择算法	48
1.3.3 总线形结构	6	2.4.3 拥塞控制算法	56
1.4 数据传输技术	7	2.5 传输层	58
1.4.1 数据编码技术	7	2.5.1 数据传输服务	59
1.4.2 数据传输方式	11	2.5.2 建立连接	59
1.4.3 多路复用技术	12	2.5.3 释放连接	60
1.4.4 通信操作模式	14	2.5.4 流量控制	61
1.4.5 通信同步方式	15	2.5.5 多路复用	62
1.4.6 差错处理技术	16	2.6 应用层	62
1.5 数据交换技术	17	习题	63
1.5.1 电路交换	18	第3章 广域网技术	65
1.5.2 报文交换	19	3.1 引言	65
1.5.3 分组交换	20	3.2 分组交换网	65
1.5.4 数据交换技术小结	21	3.2.1 X.25 分组交换网的体系结构	66
1.6 网络体系结构与标准化	21	3.2.2 分组交换网的组成	71
1.6.1 ISO/OSI 参考模型	22	3.2.3 中国公用分组交换网	72
1.6.2 IEEE 802 标准	24	3.3 帧中继网	76
1.6.3 ITU 建议	24	3.3.1 帧中继网的体系结构	77
1.6.4 TCP/IP 协议	25	3.3.2 帧中继网的组成与用户接入形式	79
习题	25	3.3.3 帧中继业务与应用	80
第2章 网络体系结构	27	3.4 ISDN	81
2.1 引言	27	3.4.1 ISDN 的体系结构	81
2.2 物理层	27	3.4.2 ISDN 业务与应用	84
2.2.1 物理层接口标准	28	3.5 ATM 网	85
2.2.2 物理层接口标准举例	29	3.5.1 ATM 网的体系结构	86
2.2.3 调制解调器技术	31	3.5.2 ATM 网的组成与应用	92

3.6 无线通信网	99	4.8 交换式网络	157
3.6.1 第1代移动通信系统	100	4.8.1 交换机技术	158
3.6.2 第2代移动通信系统	100	4.8.2 虚拟网技术	159
3.6.3 第3代移动通信系统	101	4.8.3 交换网络组成技术	161
3.7 网络互连	103	4.9 局域网互连	162
3.7.1 网络互连模式	103	4.9.1 中继器	162
3.7.2 路由器技术	104	4.9.2 网桥	163
3.8 Internet	106	习题	165
3.8.1 Internet 简介	106	第5章 TCP/IP 协议	167
3.8.2 Internet 主要网络	107	5.1 引言	167
3.8.3 Internet 接入方式	108	5.2 网络接口	168
习题	109	5.3 网际层	168
第4章 局域网技术	111	5.3.1 IP 协议	168
4.1 引言	111	5.3.2 ARP 协议和 RARP 协议	174
4.2 LLC 协议	113	5.3.3 ICMP 协议	175
4.3 以太网	115	5.4 传送层	178
4.3.1 介质访问控制协议	115	5.4.1 TCP 协议	178
4.3.2 10 Mb/s Ethernet	119	5.4.2 UDP 协议	183
4.3.3 100 Mb/s Ethernet	125	5.4.3 传送层端口	184
4.3.4 Gigabit Ethernet	128	5.5 应用层	186
4.3.5 10 Gigabit Ethernet	130	5.5.1 DNS 协议	186
4.3.6 全双工以太网	130	5.5.2 HTTP 协议	190
4.4 令牌环网	131	5.5.3 FTP 协议	193
4.4.1 介质访问控制协议	132	5.5.4 Telnet 协议	195
4.4.2 物理层规范	135	5.5.5 电子邮件协议	196
4.4.3 网络组成技术	135	习题	199
4.5 FDDI 网	137	第6章 IP v6 协议	201
4.5.1 介质访问控制协议	137	6.1 引言	201
4.5.2 物理层规范	139	6.2 IP v6 协议简介	202
4.5.3 站管理功能	142	6.2.1 IP v6 的报头格式	202
4.5.4 网络组成技术	142	6.2.2 ICMP v6	204
4.6 100VG-AnyLAN 网	143	6.2.3 MLD 协议	204
4.6.1 介质访问控制协议	143	6.2.4 ND 协议	206
4.6.2 物理层规范	145	6.3 IP v6 地址	207
4.6.3 网络组成技术	146	6.3.1 IP v6 地址的表示	207
4.7 无线局域网	146	6.3.2 单播地址	208
4.7.1 扩频通信技术	147	6.3.3 组播地址	210
4.7.2 802.11 无线局域网	149	6.3.4 任播地址	211
4.7.3 蓝牙技术	154	6.3.5 IP v6 地址的分配	211

6.4 IP v6 地址的自动配置.....	212	9.4 RSVP 协议.....	267
6.5 IP v6 路由器.....	214	9.4.1 综合服务.....	268
6.6 IP v6 的安全机制.....	215	9.4.2 RSVP 报文格式.....	269
6.7 IP v6 的 QoS 支持机制.....	216	9.4.3 发送者的 Path 报文.....	269
6.8 IP v6 的移动 IP 支持功能.....	216	9.4.4 接收者的 Resv 报文.....	271
6.9 IP v6 应用举例.....	217	9.4.5 路由器的 RSVP 处理.....	271
6.9.1 Win IP v6.....	217	9.5 MPLS 协议.....	273
6.9.2 IP v6 的配置方法.....	218	9.5.1 MPLS 网络体系.....	274
6.9.3 IP v6 的网络实验.....	227	9.5.2 基于 MPLS 的 QoS 技术.....	275
6.9.4 IP v6 的网络应用.....	232	9.5.3 基于 MPLS 的 VPN 技术.....	277
6.9.5 Win IP v6 工具.....	232	9.6 RTP 协议.....	278
习题.....	237	9.6.1 RTP 报文格式.....	278
第 7 章 移动 IP 技术	239	9.6.2 基于 RTP 的带宽控制方法.....	279
7.1 引言.....	239	9.7 分布式多媒体应用——IP 电话.....	281
7.2 移动 IP v4 技术.....	239	9.7.1 分布式多媒体应用的特点.....	281
7.2.1 移动 IP v4 技术的基本原理.....	239	9.7.2 IP 电话的基本原理.....	282
7.2.2 移动 IP v4 协议的机制.....	241	9.7.3 IP 电话系统的组成.....	283
7.3 移动 IP v6 技术.....	243	9.7.4 IP 电话的关键技术.....	284
7.3.1 移动 IP v6 技术的基本原理.....	243	习题.....	288
7.3.2 移动 IP v6 协议的机制.....	244	第 10 章 网络管理技术	290
7.4 移动 IP 技术的应用.....	246	10.1 引言.....	290
7.4.1 移动 IP 技术的应用类型.....	246	10.2 网络管理功能.....	291
7.4.2 移动 IP 与无线通信的关系.....	249	10.3 SNMP 网络管理体系.....	294
习题.....	249	10.3.1 SNMP 协议及报文格式.....	294
第 8 章 组播技术	250	10.3.2 管理信息协议.....	297
8.1 引言.....	250	10.3.3 SNMP 管理实现技术.....	299
8.2 IP 组播技术.....	251	10.3.4 SNMP v2 协议.....	301
8.2.1 IP 组播的基本概念.....	251	10.3.5 SNMP v3 协议.....	305
8.2.2 IP 组播组管理协议.....	252	10.3.6 RMON 协议.....	305
8.2.3 IP 组播路由协议.....	253	10.4 网络管理系统结构.....	307
8.2.4 IP v6 组播技术.....	256	10.5 基于 Web 的网络管理技术.....	308
8.3 应用层组播技术.....	257	10.5.1 WBEM 规范.....	309
8.3.1 应用层组播的基本概念.....	257	10.5.2 Web 管理解决方案.....	311
8.3.2 应用层组播协议.....	257	习题.....	313
习题.....	261	第 11 章 网络系统构造	314
第 9 章 多媒体通信技术	262	11.1 引言.....	314
9.1 引言.....	262	11.2 网络操作系统.....	314
9.2 网络服务质量.....	263	11.2.1 网络系统模型.....	315
9.3 DiffServ 协议.....	264	11.2.2 网络通信环境.....	316

11.2.3 网络安全性措施	317	11.4.2 Web 服务器的管理	327
11.2.4 网络可靠性措施	319	11.4.3 Web 服务器的安全措施	328
11.2.5 网络服务功能	321	11.4.4 HTML 网页制作	328
11.2.6 网络管理功能	322	习题	334
11.3 网络系统建立	324	索引	336
11.4 Web 服务系统	325		
11.4.1 Web 服务器的建立	325		

第1章 计算机网络概论



1.1 引言

在信息化社会中,计算机已从单一使用发展到集群使用。越来越多的应用领域需要计算机在一定的地理范围内联合起来进行协同工作,从而促进了计算机和数据通信这两种技术的紧密结合,形成了计算机网络这门学科。

计算机网络是指把若干台地理位置不同且具有独立功能的计算机,通过通信设备和线路相互连接起来,以实现数据传输和资源共享的一种计算机系统。

也就是说,计算机网络将分布在不同地理位置上的若干台计算机通过有线的或无线的通信链路连接起来,不仅能使网络中的各个计算机(或称为节点)之间相互通信,而且还能共享某些节点(如服务器)上的系统资源。系统资源包括硬件资源(如大容量磁盘、光盘以及打印机等)、软件资源(如语言编译器、文本编辑器、工具软件及应用程序等)和数据资源(如数据文件和数据库等)。

对于用户来说,计算机网络提供的是一种透明的传输机构,用户在访问网络共享资源时,可不必考虑这些资源所在的物理位置。为此,计算机网络通常是以网络服务的形式来提供网络功能和透明性访问的。主要的网络服务有:

- (1) 文件服务。它为用户提供各种文件的存储、访问及传输等功能。对于不同的文件,可以设置不同的访问权限,以维护网络的安全性。这是一项最重要的网络服务。
- (2) 打印服务。它为用户提供网络打印机的共享打印功能,使得网络用户能够共享由网络管理的打印机。例如,每个网络用户都需要使用激光打印机输出高质量的文档,但由于价格原因,不可能也不必每一台计算机都配备激光打印机,因此可以把一台激光打印机作为网络打印机,使每个用户都能共享这台激光打印机,执行打印输出任务。
- (3) 电子邮件服务。它为用户提供电子邮件(E-mail)的转发和投递功能。电子邮件是一种无纸化的电子信件,具有传递快捷、准确等优点,已成为一种现代化的个人通信手段。
- (4) 信息发布服务。它为用户提供公众信息的发布和检索功能。例如,时事新闻、天气预报、股票行情、企业产品宣传以及导游、导购等公众信息的发布与远程检索。

网络服务还有很多种,如电视会议、电子报刊、新闻论坛、实时对话、布告栏等,并且新的网络服务还在不断地被开发出来,以满足人们对网络服务的不同需求。

一个计算机网络系统主要由以下几个部分组成:

- (1) 网络通信系统。它提供节点间的数据通信功能,这涉及到传输介质、拓扑结构以及网络访问控制等一系列核心技术,决定着网络的性能,是网络系统的核心和基础。

(2) 网络操作系统。它对网络资源进行有效管理,提供基本的网络服务、网络操作界面、网络安全性和可靠性措施等,是实现用户透明性访问网络必不可少的人-机(网络)接口。

(3) 网络应用系统。它是根据应用要求而开发的基于网络环境的应用系统。例如,在机关、学校、企业、商业、宾馆、银行等各行各业中所开发的办公自动化系统、生产自动化系统、企业管理信息系统、决策支持系统、医疗管理服务系统、电子银行服务系统、辅助教学系统、电子商务系统等。

计算机网络按各个节点分布的地理范围分类,可分成局域网(Local Area Network, LAN)和广域网(Wide Area Network, WAN),两者的主要差别在于通信距离和传输速率。

局域网的通信距离一般在几公里之内,传输速率为10 Mb/s~1 Gb/s,主要用来构造一个单位的内部网,例如学校的校园网、企业的企业网等。它们属于该单位所有,单位拥有自主管理权,并且以资源共享服务和网络接入服务为主要应用目的。

广域网的通信距离可达几十公里、几百公里,甚至遍及世界,过去传输速率比较低,一般为64 kb/s~2 Mb/s,而现在以光纤为传输介质的新型高速广域网可以提供高达2.5~10 Gb/s的传输速率。广域网主要是指公用数据通信网,一般由国家委托电信部门建造、管理和经营,以数据通信为主要应用目的。

自1969年世界上第一个计算机网络ARPANET在美国诞生后,经过30多年的发展,计算机网络取得了惊人的成就,已成为社会信息化的重要支柱。尤其是近几年,无论是局域网还是广域网,在技术水平和应用规模上都跃上了一个新台阶,特别是Internet的兴起,充分显示了计算机网络在社会信息化中的巨大作用和良好的发展前景。

1.2 传 输 介 质

在网络系统中,各个节点必须通过传输介质相互连接起来,实现数据通信。传输介质有两大类:有线介质和无线介质。目前,数据通信网络主要以有线介质为主,以无线介质为辅。常用的有线介质有双绞线、同轴电缆和光导纤维(简称光纤);无线介质有微波、扩频无线电、红外线和激光等。不同的传输介质对网络的传输性能和成本将产生很大的影响。

1.2.1 有线介质

1. 双绞线

双绞线(Twisted Pair Line)是一种最常用的传输介质,由呈螺线排列的两根绝缘导线组成,两根导线相互扭绞在一起,可使线对之间的电磁干扰减至最小。一根双绞线电缆由多个绞在一起的线对(如8条线组成4个线对)组成。

双绞线比较适合于短距离的信号传输,既可用于传输模拟信号,也可用于传输数字信号,信号传输速率取决于双绞线的芯线材料、传输距离、驱动器与接收器能力等诸多因素。通过适当的屏蔽和扭曲长度处理后,可提高双绞线的抗干扰性能,传输信号波长远大于扭曲长度时,其抗干扰性最好。因此,当传输低频信号时,抗干扰能力很强,传输距离较远;当传输高频信号时,抗干扰能力下降,传输距离变短。通常,一个网络系统的物理层规范规定了它所采用的传输介质、介质长度以及传输速率等。

双绞线有多种类型,不同类型的双绞线所提供的带宽各不相同。例如,在局域网中所使用的双绞线有无屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair, UTP)和屏蔽双绞线(Shielded Twisted Pair, STP)两类。每一类中又分为若干等级,比如 UTP 分为 3 类 UTP、4 类 UTP 和 5 类 UTP,它们的传输带宽分别为 16 MHz、20 MHz 和 100 MHz。因此,在基于双绞线的 100 Mb/s 高速网络中,通常使用 5 类 UTP 或 STP 作为其传输介质。

双绞线是一种较为廉价的传输介质,特别是 10BASE-T 及 100BASE-T 网络技术的发展,为双绞线的应用开辟了广阔的前景。

2. 同轴电缆

同轴电缆(Coaxial Cable)是局域网中应用较为广泛的一种传输介质。它由内、外两个导体组成,内导体是单股或多股线,呈圆柱形的外导体通常由编织线组成并围裹着内导体,内、外导体之间使用等间距的固体绝缘材料来分隔,外导体用塑料外罩保护起来。

在网络系统中,主要使用两种同轴电缆:一种是 $50\ \Omega$ 电缆,它主要用于基带信号传输,其传输带宽为 1~20 Mb/s,如 10 Mb/s Ethernet 采用的就是 $50\ \Omega$ 同轴电缆;另一种是 $75\ \Omega$ 公用天线电视(CATV)电缆,它既可用于传输模拟信号,又可用于传输数字信号。CATV 电缆的传输频带比较宽,高达 300~400 MHz,可用于宽带信号的传输。在 CATV 电缆上,通常通过频分多路复用(FDM)技术实现多路信号的传输,它既能传输数据,也能传输语音和视频信号。

所谓基带(Baseband)信号传输,是指按数字信号位流形式进行的数据传输,它无需任何调制或变换,是一种被广泛用于局域网的信号传输技术。如不特别说明,局域网均指的是基带局域网。

所谓宽带(Broadband)信号传输,是利用 FDM 技术在宽带介质上所进行的多路模拟信号的传输,它是一种用于宽带网络的信号传输技术。近年来,随着光纤技术的发展,越来越多的宽带网络采用光导纤维(简称光纤)作为传输介质。

3. 光导纤维

光导纤维(Fiber)是一种传送光信号的介质,它的内层是具有较高光波折射率的光导玻璃纤维,外层包裹着一层折射率较低的材料,利用光波的全反射原理来传送编码后的光信号。根据光波的传输模式,光纤主要分为两种:多模光纤和单模光纤。

在多模光纤中,通过多角度反射光波实现光信号的传输。由于多模光纤中有多个传输路径,每个路径的长度不同,通过光纤的时间也不同,因此会导致光信号在时间上出现扩散和失真,从而限制了它的传输距离和传输速率。

在单模光纤中,只有一个轴向角度来传输光信号,或者说光波沿着轴向无反射地直线传输,光纤起着波导作用。由于单模光纤只有一个传输路径,不会出现信号传输失真现象,因此,在相同传输速率的情况下,单模光纤比多模光纤的传输距离长得多。通常,单模光纤传输系统的价格要高于多模光纤传输系统。

光纤系统主要由三部分组成:光发送器、光纤介质和光接收器。发送端的光发送器利用电信号对光源进行光强控制,从而将电信号转换为光信号;光信号经过光纤介质传输到接收端;光接收器通过光电二极管再把光信号还原成电信号。

光纤是一种不易受电磁干扰和噪声影响的传输介质,具有传输速率高、传输距离远、

抗干扰能力强、保密性好等特点, 特别适合用来构造高速远程网或广域网。例如, 现代广域网、城域网、园区网以及高速局域网(如千兆以太网、万兆以太网、高速 ATM 等)等就主要采用光纤作为传输介质。因此, 光纤已经成为高速远程网首选的传输介质。

由于光纤的衔接、分岔比较困难, 因此一般只适用于点到点或环形结构的网络系统中。

1.2.2 无线介质

在不便敷设电缆的场合, 可采用无线介质作为传输信道。

1. 微波

微波(Microwave)是一种高频电磁波, 其工作频率为 $10^9 \sim 10^{10}$ Hz。微波通信系统可分地面微波通信系统和卫星微波通信系统。

地面微波通信系统由视野范围内的两个互相对准方向的抛物面天线组成, 能够实现视野范围内的微波通信。地面微波通信系统主要作为计算机网络的中继链路, 实现两个或多个局域网的互连, 扩大网络的覆盖范围。例如, 两个相距较远大楼中的局域网可以采用地面微波通信系统互相连通, 实现数据通信。在某些情况下, 这种远程连接方式可能比有线远程连接的费用要低廉一些。

卫星微波通信系统由卫星转发器和地面站组成, 主要用于实现超远距离的微波通信, 比较适合于城市之间以及海上和油田等移动通信场合, 但费用相对高一些。

2. 扩频无线电

扩频(Spread Spectrum)无线电是一种新的民用(不需要许可证)无线通信技术, 它采用 900 MHz 或 2.4 GHz 的无线电频段作为传输信道, 通过先进的直序扩展频谱或跳频方式发射信号, 属于宽带调制发射, 具有传输速率高、发射功率小、抗干扰能力强以及保密性好等特点。很多无线局域网技术都采用了扩频无线电通信方式, 例如 IEEE 802.11 无线局域网、无线家庭网以及蓝牙技术等。因此, 扩频无线电通信已经成为无线局域网的主流技术。

3. 红外线

红外线(Infrared)的工作频率为 $10^{11} \sim 10^{14}$ Hz, 其方向性很强, 不易受电磁波干扰。在视野范围内的两个互相对准的红外线收发器之间通过将电信号调制成非相干红外线而形成通信链路, 可以准确地进行数据通信。由于红外线的穿透能力较差, 易受障碍物的阻隔, 因此在近距离的无线通信系统中, 一般将红外线作为一种可选的传输介质。

4. 激光

激光(Laser)的工作频率为 $10^{14} \sim 10^{15}$ Hz, 其方向性很强, 不易受电磁波干扰。但外界气候条件对激光通信的影响较大, 如在空气污染、雨雾天气以及能见度较差情况下可能导致通信的中断。激光通信系统由视野范围内的两个互相对准的激光调制解调器组成, 激光调制解调器通过对相干激光的调制和解调, 来实现激光通信。

1.3 拓 扑 结 构

网络拓扑结构是指一个网络中各个节点之间互连的几何构形, 即指各个节点之间互相

连接的方式。常见的网络拓扑结构有星形、环形、总线形等三种, 参见图 1.1。任何一种网络系统都规定了它们各自的网络拓扑结构。通过网络之间的相互连接, 可以将不同拓扑结构的网络组合起来, 组成一个集多种结构为一体的互连网络。

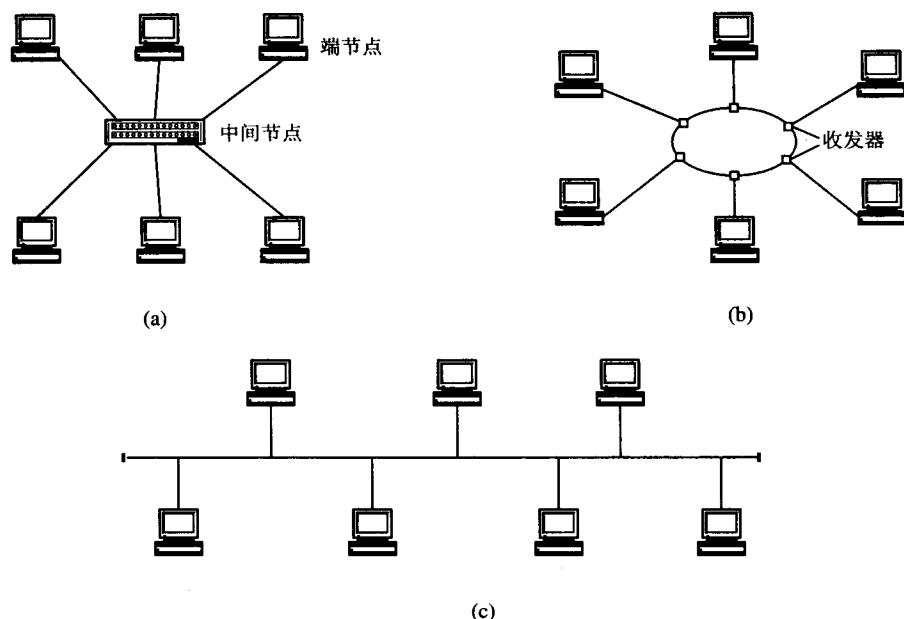


图 1.1 常见的网络拓扑结构

(a) 星形结构; (b) 环形结构; (c) 总线形结构

1.3.1 星形结构

在星形拓扑结构中, 节点分成端节点和中间节点两种, 每个端节点必须通过点到点链路连接到中间节点上, 任何两个端节点之间都要通过中间节点实现数据交换和通信。在节点通信时, 网络必须采用适当的访问控制策略和方法来解决节点之间的有序通信问题。在星形结构的网络系统中, 可以采用集中式访问控制策略和分布式访问控制策略。

在基于集中式访问控制策略的星形网络中, 中间节点既是网络交换设备, 又是网络控制器, 由它控制各个节点的网络访问。一个端节点在传送数据之前, 首先向中间节点发出传输请求, 经过中间节点允许后才能传送数据。在这种网络系统中, 中间节点具有很强的数据交换能力和网络控制功能, 系统结构比较复杂; 而端节点的功能和结构要简单得多。这种网络系统的典型代表是基于电路交换的电话交换网络和基于分组交换的 100 VG-AnyLAN 网络。

在基于分布式访问控制策略的星形网络中, 中间节点主要是网络交换设备, 它采用存储-转发机制为网络节点提供传输路径和转发服务。另外, 中间节点还可以根据需要将一个节点发来的数据同时转发给其他所有的节点, 从而实现“广播式”传输。各个端节点根据网络状态自行控制对网络的访问。目前, 大多数基于分组交换的局域网都采用这种网络结构, 它已成为网络主流技术。

1.3.2 环形结构

在环形拓扑结构中,各个节点通过收发器连入网络,收发器之间通过点到点链路连接成一个闭合的环形网络。发送节点所发送的数据帧沿着环路单向传递,每经过一个节点,该节点要判断这个数据帧是否是发送给本节点的,如果是发送给本节点的,则要将数据帧拷贝下来,然后再将数据帧传递到下游节点。当数据帧遍历各个节点后,由发送节点将数据帧从环路上取下。这样,通过数据帧遍历各个节点可以实现“广播式”传输。

由于多个节点要共享同一环路,因此必须采用适当的访问控制方法来控制各个节点对环路的有序访问。在环形网络中,常用的访问控制方法是基于令牌(Token)的访问控制。它是一种分布式访问控制技术,由令牌及其传递规则来控制各个节点的介质访问,并且将令牌控制机制分布在每个节点上,各个节点将根据令牌传递协议控制节点对网络的访问。因此,环形网络中的节点结构比较复杂。

典型的环形网络有 Token Ring(令牌环)和 FDDI(光纤分布式数据接口)等。环形网络的优点是网络的覆盖面积较大,节点的连接能力较强。它的主要缺点是链路可靠性较差,一旦环路上某段链路断开或环路上某个收发器发生故障,都会导致环路的断路,甚至导致全网的瘫痪。一些网络系统,如 FDDI 采用双环结构来解决这个问题。此外,环形网络的维护工作也比较复杂。

1.3.3 总线形结构

在总线形拓扑结构中,网络中的所有节点都直接连接到同一条传输介质上,这条传输介质称为总线。各个节点将依据一定的访问规则分时地使用总线来传输数据,发送节点发送的数据帧沿着总线向两端传播,总线上的各个节点都能接收到这个数据帧,并判断是否是发送给本节点的。如果是发送给本节点的,则将该数据帧保留下来;否则将丢弃该数据帧。总线形网络的“广播式”传输是依赖于数据信号沿着总线向两端传播的基本特性实现的。

总线形拓扑结构的另一种形式是树形拓扑结构,其传输介质是不封闭或不闭合的分支电缆。和总线形结构一样,树形拓扑结构中任何一个节点发送的数据都能被其他节点接收。

总线形网络中所有的节点共享一条总线,一次只允许一个节点发送数据,其他节点只能处于接收状态。为了使各个节点能够有序而合理地使用总线传输数据,必须采用一种适当的访问控制策略来控制各个节点对总线的访问。典型的总线形网络是以太网(Ethernet)。

综上所述,任何一种网络系统都规定了其网络连接的拓扑结构,并通过相应的访问控制方法来控制各个节点有序地使用介质来传送数据。对于数据的接收,通常采用“地址匹配”规则。网络中的每个节点都分配有惟一的地址码。在每个数据帧中,包含有源地址码和目的地址码,以标识发送数据帧的源节点和接收数据帧的目的节点。当节点接收到一个数据帧后,要比较数据帧的目的地址是否与本节点地址相匹配。如果地址匹配,则将数据帧保留下来;否则将该数据帧丢弃。

网络拓扑结构对一个网络系统的覆盖范围、连接能力、可靠性及可扩充性等网络性能产生直接的影响,也关系到一个网络系统的价格。