



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校计算机系列

计算机网络

周炎涛 胡均平 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 周炎涛, 胡均平编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等学校计算机系列

ISBN 978-7-115-17831-2

I. 计… II. ①周…②胡… 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 (2008) 第 033209 号

内 容 提 要

本书在介绍必要的计算机网络与通信理论知识的基础上, 兼顾工程应用技术, 对计算机网络规划建设、管理服务和安全作了较为详尽的介绍, 并附有相应实例。

全书共分 10 章, 包括: 计算机网络概述、数据通信及物理层、局域网、网络互联与广域网、Internet、Windows 网络技术、UNIX/Linux 网络技术、网络安全、计算机网络规划设计与应用实例以及常见网络故障诊断和排除, 涉及许多计算机网络建设过程中的具体工程知识和配置管理知识。

本书内容由浅入深, 图文并茂, 每章重点突出, 叙述清楚, 可读性强; 既强调介绍基本原理和技术, 又突出了实际应用, 理论与实际结合紧密; 内容新颖, 能反映当前计算机网络技术的发展水平。本书可作为高等院校非计算机专业“计算机网络”课程教材, 也可供初学计算机网络的人员参考使用。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校计算机系列

计算机网络

◆ 编 著 周炎涛 胡均平

责任编辑 张 鑫

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京艺辉印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19.5

字数: 476 千字

印数: 1—3 000 册

2008 年 5 月第 1 版

2008 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17831-2/TP

定价: 29.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

随着 Internet 技术的发展和信息基础设施的完善, 计算机网络已成为信息产业时代最重要、最关键的组成部分, 对现代人类的经济生活有巨大的影响。就学科而言, 计算机网络涉及的内容比较广泛, 它是计算机和通信技术密切结合的产物, 已成为迅速发展并在信息社会中得到广泛应用的一门综合性学科。对于今后想从事计算机研究与应用的学生来说, 计算机网络是一门重要的必修课程。本书正是针对这种需求而编写的, 目的是为广大读者学习和掌握计算机网络技术提供有益的帮助和参考。

本书基于编者多年计算机网络课程教学经验以及在实际网络工作中的工程经验, 坚持实用技术和工程实践相结合的原则, 注重能力和技能培养, 所举的例子大多来自编者的工程实践, 有很强的针对性和实用性。本书既可作为普通高校计算机网络课程教材, 还可作为计算机网络技术人员和管理人员的参考用书, 具有教科书和技术资料双重特征。由于篇幅的限制, 本书对某些章节的内容没有作更为深入的讲解, 读者可根据自己的实际情况, 通过其他参考资料对计算机网络知识框架进行完善。

全书共分 10 章, 内容包括: 计算机网络概述、数据通信及物理层、局域网、网络互联与广域网、Internet、Windows 网络技术、UNIX/Linux 网络技术、网络安全、计算机网络规划设计与应用以及常见网络故障诊断与排除。本书还涉及许多计算机网络建设过程中的具体工程知识和配置管理知识。

本书教学课时安排在 50~80 学时, 其中包括 4~16 学时的实验。

本书由湖南大学周炎涛教授、中国国防科技信息中心胡均平研究员、中南大学胡军华博士编著, 湖南大学贺再红、雷强、唐剑波、易兴东、陈臣、谭娅、郭如冰、谢东、陈贤谋等参与了本书的编写、打字和绘图工作。

如果本书能给读者一些启示和帮助, 那将使我们感到莫大的欣慰。由于时间仓促, 书中错误、遗漏之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。作者的联系地址为 yantao_z@hnu.cn。

编者

2008 年 1 月于岳麓山

目 录

第 1 章 计算机网络概述.....1	第 2 章 数据通信及物理层..... 24
1.1 基本概念.....1	2.1 数据通信..... 24
1.1.1 计算机网络的定义和功能.....1	2.1.1 基本概念..... 24
1.1.2 计算机网络的演变和发展.....2	2.1.2 数据通信基础理论..... 27
1.1.3 计算机网络基本组成.....5	2.1.3 数据编码技术..... 30
1.1.4 网络拓扑结构.....8	2.1.4 数据通信方式..... 33
1.2 计算机网络体系结构与协议.....10	2.1.5 多路复用技术..... 38
1.2.1 网络协议和体系结构.....10	2.1.6 数据交换技术..... 39
1.2.2 开放系统互连参考模型.....12	2.2 传输介质..... 42
1.2.3 TCP/IP.....16	2.2.1 传输介质特性..... 42
1.3 计算机网络分类.....19	2.2.2 双绞线..... 42
1.3.1 按网络使用范围分类.....19	2.2.3 同轴电缆..... 44
1.3.2 按网络覆盖范围分类.....19	2.2.4 光纤..... 45
1.3.3 按网络交换功能分类.....19	2.2.5 无线传输..... 46
1.3.4 按网络通信性能分类.....19	2.2.6 传输介质连接器件..... 48
1.3.5 按网络传输介质分类.....20	2.3 物理层..... 48
1.3.6 按网络服务方式分类.....20	2.3.1 概述..... 49
1.4 计算机网络操作系统.....20	2.3.2 物理信道连接方式..... 49
1.4.1 网络操作系统特点.....20	2.3.3 物理层接口标准..... 50
1.4.2 网络操作系统组成和分类.....21	2.3.4 物理层接口标准举例..... 51
1.4.3 常用网络操作系统.....21	2.3.5 调制/解调器..... 53
1.4.4 与分布式计算机系统的区别.....23	习题 2..... 55
习题 1.....23	第 3 章 局域网..... 56
	3.1 基本概念..... 56
	3.1.1 局域网分类..... 56
	3.1.2 局域网特点..... 57

3.2 LAN 参考模型及 IEEE 802 标准	57	4.3.2 广域网技术	116
3.2.1 LAN 协议结构	58	4.3.3 广域网传输资源	118
3.2.2 IEEE 802 标准	58	4.3.4 路由器广域网配置	122
3.3 LLC 子层	60	4.4 无线网技术	127
3.3.1 服务访问点	61	4.4.1 无线网的特点	127
3.3.2 LLC 子层基本功能	62	4.4.2 无线网络的结构	128
3.3.3 LLC 子层提供的服务	62	4.4.3 无线网组网步骤	132
3.3.4 LLC 协议数据单元	63	习题 4	135
3.4 MAC 子层与介质访问控制	64	第 5 章 Internet	137
3.4.1 MAC 子层的地址表示	65	5.1 Internet 结构	137
3.4.2 随机访问方式	65	5.1.1 Internet 体系结构框架	137
3.4.3 令牌环访问控制	69	5.1.2 传输控制协议	139
3.4.4 令牌总线控制方式	72	5.1.3 用户数据报协议	140
3.5 常见局域网	74	5.2 IP 地址规划	140
3.5.1 Ethernet/Fast Ethernet	74	5.2.1 IP 地址	140
3.5.2 Token Ring 网络	81	5.2.2 子网掩码与 IP 子网	142
3.5.3 FDDI	82	5.2.3 动态 IP 地址和 DHCP	144
3.5.4 交换局域网	85	5.3 域名服务	146
3.5.5 ARCnet	88	5.3.1 域名系统与域名服务器	146
3.5.6 100VG-Any LAN	89	5.3.2 DNS 工作原理	148
3.6 虚拟局域网	91	5.4 接入 Internet 的方法	149
3.6.1 VLAN 标准	92	5.4.1 常见接入方式	150
3.6.2 VLAN 特点	93	5.4.2 软件接入方式	151
3.6.3 VLAN 分类	94	5.4.3 硬件方式接入 Internet	152
3.6.4 VLAN 配置	96	5.4.4 宽带网技术	155
3.7 LAN 性能评价	97	5.5 Internet 服务与应用	163
习题 3	98	5.5.1 WWW 服务	163
第 4 章 网络互联与广域网	100	5.5.2 文件传输协议	165
4.1 网络互联基本原理	100	5.5.3 简单文件传输协议	166
4.2 网络互联	100	5.5.4 网络文件系统	167
4.2.1 物理层互联	101	5.5.5 电子邮件	167
4.2.2 数据链路层互联	102	5.5.6 虚拟专用网	169
4.2.3 网络层互联	107	5.6 Internet II	173
4.2.4 网关互联	114	5.6.1 Internet 存在的技术问题	173
4.3 广域网	115	5.6.2 IPv4 与 IPv6 的区别	173
4.3.1 广域网组成	116		

5.6.3 Internet II 的启动	176	7.3.1 文件系统管理	218
习题 5	177	7.3.2 网络配置	219
第 6 章 Windows 网络技术	179	7.3.3 UNIX 系列 Shell 程序 编写	222
6.1 基本概念	179	7.4 Linux 下 C 语言编程	227
6.1.1 Windows Server 2003 版本	179	7.4.1 编程基础	228
6.1.2 Windows Server 2003 网络体系结构	180	7.4.2 vi 编辑器使用	229
6.1.3 Windows Server 2003 网络模式	181	7.5 Linux 应用	230
6.2 活动目录与目录服务	183	7.5.1 OpenSSH	230
6.2.1 活动目录基本概念	183	7.5.2 网络文件系统	232
6.2.2 活动目录结构	184	7.5.3 动态主机配置协议	234
6.2.3 活动目录服务	188	习题 7	236
6.3 账户和组的管理	190	第 8 章 网络安全	237
6.3.1 用户账户管理	190	8.1 网络安全概述	237
6.3.2 组账户管理	194	8.1.1 网络安全	237
6.3.3 组织单位管理	200	8.1.2 网络安全体系和措施	238
6.4 NTFS 的安全性	200	8.2 网络攻击与防范措施	239
6.4.1 通过设置 NTFS 文件系统 的权限提高安全性	201	8.2.1 网络攻击的步骤	239
6.4.2 通过 NTFS 的文件加密 提高安全性	205	8.2.2 常用的攻击工具	241
6.5 网络安全策略	206	8.2.3 网络攻击应对策略	242
6.6 分布式文件系统	208	8.3 网络攻击原理	242
习题 6	210	8.3.1 口令入侵	243
第 7 章 UNIX/Linux 网络技术	211	8.3.2 CGI/IIS 漏洞攻击和 WWW 欺骗技术	244
7.1 UNIX/Linux 简介	211	8.3.3 DoS/DDoS 攻击	245
7.1.1 UNIX/Linux 分层 体系结构	211	8.3.4 IP Spoof 入侵	246
7.1.2 Linux 历史和功能	213	8.3.5 网络监听与 IP 地址 欺骗	247
7.2 Linux 安装和基本命令	215	8.3.6 电子邮件和黑客软件 攻击	248
7.2.1 Linux 安装	215	8.3.7 安全漏洞	248
7.2.2 UNIX/Linux 基本命令	215	8.3.8 其他攻击技术	249
7.3 Linux 系统管理	218	8.4 常用网络安全技术	249
		8.4.1 防火墙技术	250
		8.4.2 检测技术	253
		8.4.3 密码技术	256
		8.4.4 身份认证技术	258

8.4.5 防病毒技术	259	9.3 网络工程技术应用实例	276
8.5 网络攻击和隐藏技术趋势	260	9.3.1 Windows Server 2003 网络	276
8.5.1 窃听技术发展趋势	261	9.3.2 无线局域网	280
8.5.2 欺骗技术发展趋势	261	9.3.3 ADSL 应用方案	283
8.5.3 拒绝服务攻击技术的 发展	262	9.4 网络方案实例	284
8.5.4 数据驱动攻击技术	262	9.4.1 校园网	284
8.5.5 隐藏技术及其发展	263	9.4.2 教育信息网	286
习题 8	263	9.4.3 远程教学系统	286
第 9 章 计算机网络规划设计 与应用	265	习题 9	287
9.1 计算机网络规划	265	第 10 章 常见网络故障诊断 与排除	289
9.1.1 网络系统需求分析	265	10.1 概述	289
9.1.2 可行性研究	266	10.2 常见网络故障排除工具	290
9.1.3 网络分析	267	10.3 网络实用程序和管理软件	291
9.2 计算机网络设计	268	10.3.1 Windows 实用程序	291
9.2.1 网络方案设计	268	10.3.2 网络管理软件	296
9.2.2 网络方案设计内容及 常见类型	268	10.4 常见的网络故障及解决方案	299
9.2.3 局域网设计	270	习题 10	304
9.2.4 广域网网络设计	276	参考文献	305

第 1 章 计算机网络概述

从某种意义上讲,计算机网络的发展水平反映了一个国家计算机科学和通信技术的水平,是衡量其国力及现代化程度的重要标志之一。计算机网络的出现使计算机体系结构发生了巨大变化。本章介绍计算机网络的一些基本概念,如体系结构、网络拓扑结构、网络分类以及网络操作系统等。

C 1.1 基本概念

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物,通信技术为计算机之间的数据传输提供了必要的手段,计算机技术又提高了数据通信的各种性能。

1.1.1 计算机网络的定义和功能

通常根据人们所处环境和研究的着眼点不同,使用不同的术语表示计算机网络。当着重研究网络资源共享问题时,一般称计算机网络;当着重研究和分析通信方面问题时,常称为计算机通信网络。本书对这 2 个术语将不严格区分。

1. 计算机网络定义

关于计算机网络的定义,存在着不同的观点。

美国信息处理学会联合会(AFIPS)在 1970 年从共享资源的角度出发,把计算机网络定义为:以能够相互共享资源(硬件、软件、数据库等)的方式连接起来,并各自具备独立功能的计算机系统的集合。

从物理结构上看,计算机网络可以定义为在协议控制下,由若干计算机、终端设备和通信控制处理机组成的系统集合。

我们对计算机网络作如下定义:计算机网络是将具有独立功能的许多计算机连接起来,按照某种协议进行数据通信,并通过网络操作系统实现资源共享的信息系统。

2. 计算机网络功能

为什么要研究计算机网络呢?这主要是因为计算机网络有以下一些重要功能。

(1) 数据通信：实现计算机与终端、计算机与计算机间的数据传输，这是计算机网络的基本功能。

(2) 资源共享：网络上的计算机彼此之间可以实现资源（包括硬件、软件和数据）共享。信息时代的到来，使资源的共享具有重大的意义。目前信息量越来越大，单一的计算机已经不能将其存储，而是分布在不同的计算机上，网络用户可以共享这些信息资源；另外，计算机软件层出不穷，在浩如烟海的软件中，不少是免费共享的，这是网络上的宝贵财富，任何连入网络的人，都可以使用它们，资源共享为用户使用网络提供了方便。

(3) 远程传输：计算机应用的发展，已经从科学计算到数据处理，从单机到网络。分布在很远位置的用户可以互相传输数据信息，互相交流，协同工作。

(4) 集中管理：计算机网络技术的发展和运用，已使得现代办公手段、经营管理等发生了变化。目前，已经有了许多 MIS、OA 系统等，通过这些系统可以实现日常工作的集中管理，提高工作效率和经济效益。

(5) 实现分布式处理：网络技术的发展，使得分布式计算成为可能。大型的课题可以划分为许多小的题目，由不同的计算机分别完成，然后再集中起来，解决问题。

(6) 负荷均衡：负荷均衡是指工作被均匀地分配给网络上的各台计算机。网络控制中心负责分配和检测；当某台计算机负荷过重时，系统会自动转移负荷到较轻的计算机去处理。

正是计算机网络的这些重要功能，使它得到了迅速的发展，Internet 的发展已成为了人类社会生活中不可缺少的部分。

1.1.2 计算机网络的演变和发展

任何一种新技术的出现都必须具备两个条件，即强烈的社会需求与先期技术的成熟。计算机网络技术的形成与发展也证实了这条规律。计算机网络的发展可分为 4 个阶段。

第 1 阶段：计算机技术与通信技术相结合，形成计算机网络的雏形。

1946 年世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生时，计算机技术与通信技术并没有直接的联系。20 世纪 50 年代初，由于美国军方的需要，美国半自动地面防空系统 SAGE 进行了计算机技术与通信技术相结合的尝试。它将远程雷达与其他测量设施测到的信息通过总长度达到 241 万公里的通信线路与一台 IBM 计算机连接，进行集中的防空信息处理与控制。要实现这样的目的，首先要完成数据通信技术的基础研究，在这项研究的基础上，人们将地理位置分散的多个终端通信线路连到一台中心计算机上，这样用户可以在自己办公室的终端键入程序，通过通信线路传送到中心计算机，分时访问和使用其资源进行信息处理，处理结果再通过通信线路回送到用户终端显示或打印。人们把这种以单个为中心的联机系统称做面向终端的远程联机系统，它是计算机通信网络的一种，如图 1.1 所示。

图 1.1 所示的结构形式是面向终端的计算机网络。在计算机网络发展初期，这种网络的应用范围极广，主要使用在军事、金融、航空、铁路、

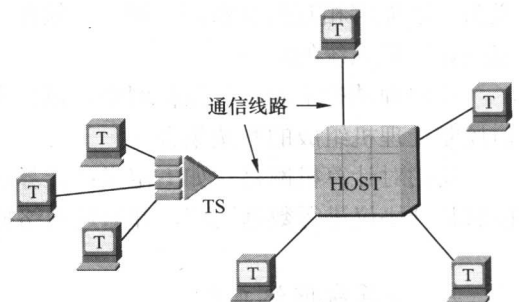


图 1.1 面向终端的计算机网络

教育等部门。20 世纪 60 年代初美国航空公司建成的由一台计算机与分布在全美国的 2 000 多个终端组成的航空订票系统 SABRE-1 和 1970 年投入使用的美国商用分时系统，都是面向终端的计算机网络的应用实例。

第 2 阶段：在计算机通信网络的基础上，完成网络体系结构与协议的研究，形成了计算机网络。

随着计算机应用范围的不断拓展，出现了多台计算机互连的需求。这种需求主要来自军事、科学研究、地区与国家经济信息分析决策、大型企业经营管理等。人们希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互连，网络用户既可以使用本地计算机的软件、硬件与数据资源，也可以使用连网的其他地方的计算机软件、硬件与数据资源，达到计算机资源共享的目的。这一阶段研究的典型代表是美国国防部高级研究计划局（Advanced Research Projects Agency, ARPA）的 ARPAnet（通常称为 ARPA 网），它最初的网络结构如图 1.2 所示。1969 年 ARPA 提出将多个大学、公司和研究所的多台计算机互连的课题，当时的 ARPA 网只有 4 个节点，1973 年发展到 40 个节点，1983 年已经达到上百个节点。ARPA 网利用有线、无线与卫星通信线路，覆盖了从美国本土到欧洲与夏威夷的广阔地域。ARPR 网是计算机网络技术发展的一个重要的里程碑。它对发展计算机网络技术的主要贡献表现在以下几点。

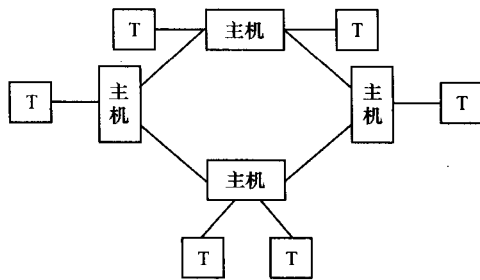


图 1.2 ARPA 网最初结构

- (1) 完成了对计算机网络的定义、分类与子课题研究内容的描述。
- (2) 提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念。
- (3) 研究了报文分组交换的数据交换方法。
- (4) 采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

ARPR 网络研究成果对推动计算机网络发展的意义是深远的。在它的基础之上，20 世纪 70~80 年代计算机网络发展十分迅速，出现了大量的计算机网络，仅美国国防部就资助建立了多个计算机网络。同时还出现了一些研究试验性网络、公共服务网络、校园网，如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究的 OCTOPUS 网、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网 WWWN、欧洲情报网 EIN 等。

在这一阶段中，公用数据网（Public Data Network, PDN）与局部网络（Local Network, LN）技术发展迅速。

计算机网络的资源子网与通信子网的结构使网络的数据处理与数据通信有了清晰的功能界面。计算机网络可以分成资源子网与通信子网来组建，如图 1.3 所示。

通信子网主要包括通信处理机（节点）与连接它们的物理线路和通信设备。它是计算机网络的内核，负责数据的传输、转接和通信处理等工作。资源子网的主体是计算机及其他终端、外设，因为它集中了所有用户资源，其位置又都处于通信子网外面，所以称为资源子网。通信子网可以是专用的，也可以是公用的。为每一个计算机网络都建立一个专用通信子网的方法显然是不可取的，因为专用通信子网造价很高，线路利用率低，重复组建通信子网投资很大，同时也没有必要。随着计算机网络与通信技术的发展，20 世纪 70 年代中期，世界上

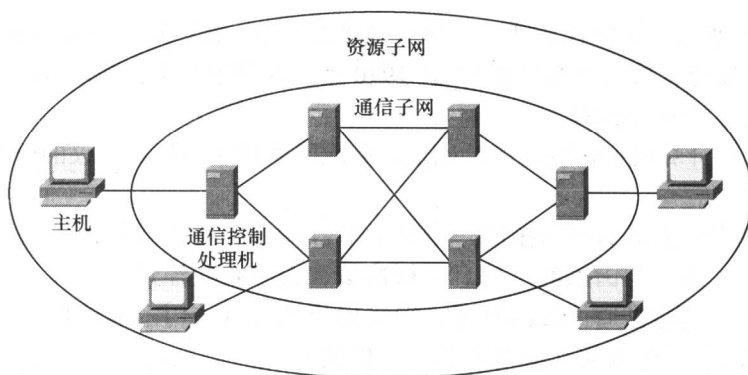


图 1.3 通信子网和资源子网

便出现了由国家邮电部门统一组建和管理的公用通信子网，即公用数据网（PDN）。早期的公用数据网采用模拟通信的电话通信网，新型的公用数据网则采用数字传输技术和报文分组交换方法。典型的公用分组交换数据有美国的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、英国的 PSS、日本的 DDX 等。公用分组交换网的组建为计算机网络的发展提供了良好的外部通信条件。

以上介绍的利用远程通信线路组建的远程计算机网络，也称为广域网（Wide Area Network, WAN）。随着计算机的广泛应用，局部地区计算机连网的需求日益强烈。20 世纪 70 年代初，一些大学和研究所为实现实验室或校园内多台计算机共同完成科学计算和资源共享的目的，开始了局部计算机网络的研究。1972 年美国加州大学研制了 Newhall 环网，1976 年美国 XEROX 公司研究了总线拓扑的实验性以太网（Ethernet），1974 年英国剑桥大学研制了 Cambridge ring 环网。这些都为 20 世纪 80 年代多种局部网络产品的出现提供了理论研究基础，对局部网络技术的发展起到了十分重要的作用。

与此同时，一些大型计算机公司纷纷开展了计算机网络研究与产品开发工作，提出了各种网络体系结构与网络协议，如 IBM 公司的 SNA（System Network Architecture）、DEC 公司的 DNA（Digital Network Architecture）与 UNIVAC 公司的 DCA（Distributed Computer Architecture）。

计算机网络发展第 2 阶段所取得的成果对推动网络技术的成熟和应用极其重要，它研究的网络体系结构与网络协议的理论成果为以后网络理论的发展奠定了基础。很多网络系统经过适当修改与充实后现在仍在广泛使用。目前国际上应用广泛的 Internet 就是在 ARPAnet 的基础上发展起来的。但是，在 20 世纪 70 年代后期人们已经看到了计算机网络发展中出现的危机，那就是网络体系结构与协议标准的不统一限制了计算机网络自身的发展和应用，网络体系结构与网络协议标准必须走国际化的道路。

第 3 阶段：在解决计算机联网与网络互联标准化问题的背景下，提出开放系统互连参考模型与协议，促进了符合国际标准的计算机网络技术的发展。

计算机网络发展的第 3 阶段是加速体系结构与协议国际化的研究与应用。国际标准化组织（ISO）的计算机与信息处理标准化技术委员会 TC 97 成立了一个分委员会 SC16，研究网络体系结构与网络协议国际化问题。经过多年卓有成效的工作，ISO 正式制定、颁布了“开放系统互连参考模型”（Open System Interconnection Reference Model, OSI RM），即

ISO/IEC 7498 国际标准。ISO/OSI RM 已被国际社会所公认,成为研究和制定新一代计算机网络标准的基础。20 世纪 80 年代,ISO 与 CCITT (国际电话电报咨询委员会) 等组织为参考模型的各个层次制定了一系列的协议标准,组成了一个庞大的 OSI 基本协议集。我国也于 1989 年在《国家经济系统设计与应用标准化规范》中明确规定选定 OSI 标准作为我国网络建设标准。ISO/OSI RM 及标准协议的制定和完善推动计算机网络朝着健康的方向发展。很多大型计算机厂商相继宣布支持 OSI 标准,并积极研究和开发符合 OSI 标准的产品,各种符合 OSI RM 与协议标准的远程计算机网络、局部计算机网络与城市地区计算机网络开始广泛应用。

如果说远程计算机网络扩大了信息社会中资源共享的范围,那么局部网络则是增强了信息社会中资源共享的深度。局部网络是继远程网之后又一个网络研究与应用的热点。远程网技术与微型计算机的广泛应用推动了局部网络技术研究的发展。局部网络可以分为局域网、高速局部网与计算机交换分机 3 类。20 世纪 80~90 年代,局域网技术有了突破性进展。在局域网领域中,采用 Ethernet、Token Bus、Token Ring 原理的局域网产品形成了三足鼎立之势,采用光纤传输介质的 FDDI 产品在高速与主干环网应用方面起了重要性的作用。20 世纪 90 年代局域网技术在传输介质、局域网操作系统与客户机/服务器(Client/Server)应用方面取得了重要的进展。由于数据通信技术的发展,在 Ethernet 中用非屏蔽双绞线实现了 10Mbit/s 的数据传输。并在此基础上形成了网络结构化布线技术,使 Ethernet 在办公自动化环境中得到更为广泛的应用。局域网操作系统 Novell NetWare、Windows NT Server、IBM LAN Server、UNIX 使局域网应用进入成熟的阶段。客户机/服务器模式的应用使网络服务功能达到更高水平。

目前,计算机网络的发展正处于第 4 阶段。这一阶段计算机网络发展的特点是:互联、高速、智能与更为广泛的应用。

Internet 是覆盖全球的信息基础设施之一,对于用户来说,它像是一个庞大的远程计算机网络。用户可以利用 Internet 实现全球范围的电子邮件、电子传输、信息查询、语音与图像通信服务功能。实际上 Internet 是一个用路由器(Router)实现多个远程网和局域网互联的网际网(本书第 6 章将详细介绍),它对推动世界经济、社会、科学、文化的发展产生了不可估量的作用。

在互联网发展的同时,高速与智能网的发展也引起人们越来越多的注意。高速网络技术发展表现在宽带综合业务数据网(B-ISDN)、帧中继、异步传输模式(ATM)、高速局域网、交换局域网与虚拟网络上。随着网络规模的增大与网络服务功能的增多,各国正在开展智能网络(Intelligent Network, IN)的研究。

计算机网络技术的迅速发展和广泛应用必将对 21 世纪的经济、教育、科技、文化的发展产生重要影响。

1.1.3 计算机网络基本组成

计算机网络系统是由通信子网和资源子网组成的,而网络软件系统和网络硬件系统是网络系统赖以存在的基础。在网络系统中,硬件对网络的选择起着决定性作用,而网络软件则是挖掘网络潜力的工具。

1. 网络软件

在网络系统中，网络上的每个用户，都可享有系统中的各种资源。系统必须对用户进行控制，否则，就会造成系统混乱、信息数据的丢失和被破坏。为了协调系统资源，系统需要通过软件工具对网络资源进行全面的、管理和分配，并采取一系列的安全保密措施，防止用户不合理地对数据和信息进行访问。网络软件是实现网络功能不可缺少的软件环境。

虽然网络软件也同单机系统中的软件系统一样，是一种层次结构，但由于各类网络软件之间联系密切，相互渗透，所以网络软件没有明显的分层结构，层与层之间没有明显的界线，也就是说对许多网络软件来说，很难把它划分在某一确定的层次上。

目前，有以下几种网络软件。

(1) 网络协议和协议软件：它通过协议程序实现网络协议功能。

协议软件的种类非常多，不同体系结构的网络系统都有支持自身系统的协议软件，体系结构中不同层次上又有不同的协议软件。对某一协议软件来说，到底把它划分到网络体系结构中的哪一层是由协议软件的功能决定的，所以同一协议软件在不同体系结构中所隶属的层次不一定是一样的。

① IPX/SPX 协议。IPX 协议是互联网分组交换协议，IPX 协议具有低开销、高性能的特点，主要用于局域网中。IPX 协议提供分组寻址和选择路由功能。它支持所有的局域网拓扑结构，提供了互联网内信息传输的透明性和一致性，但它不能保证传递可靠实现，即不保证可靠到达。SPX 协议是顺序分组交换协议。它是面向连接通信方式工作的，向上提供简单却功能很强的服务。SPX 协议提供了保证可靠传递的接口，以使顺序分组信息流可靠地交换。所以 SPX 协议具有一致性和顺序分组传递的特点。

② TCP/IP。TCP/IP 是美国国防部高级计划研究局为实现 ARPA 网而开发的。TCP/IP 是一组协议的名词，其准确的名称应该是 Internet 协议族。TCP 和 IP 只是协议族中的两个协议。在 TCP/IP 中包括一组协议和网络应用两部分（本书第 6 章将详细介绍）。

TCP/IP 具有支持不同操作系统的计算机网络的互连，以及支持多种信息传输介质和网络拓扑结构等特点。目前 TCP/IP 已经成为事实上的异种计算机互联标准，TCP 和 IP 这两个协议又是 TCP/IP 协议族的核心。

③ X.21 与 X.25 协议。实现网络的交换方式有线路交换和存储转发交换两种。针对这两种交换方式，原 CCITT 制定了 X.21 协议和 X.25 协议。这两个协议是为实现网络层适用于线路交换方式和适用于存储转发方式制定的。

X.21 协议：是公用数据网络同步远程数据终端设备（DTE）和数据电路终端设备（DCE）之间通信的接口，它适用于线路交换，能为用户数据传输提供全透明的线路交换网络。X.21 对线路交换过程规定了 4 个阶段：静止阶段、呼叫控制阶段、数据传送阶段和清除阶段。

X.25 协议：是公用数据网络上终端以分组形式进行操作的数据终端设备（DTE）和数据电路终端设备（DCE）之间通信的接口，以此接口构成的网络被称为公用报文分组交换网。X.25 协议于 1976 年被原 CCITT 采纳成为国际标准，从 1976 年以来围绕着 X.25 制定了一系列标准，包括 X.29 和 X.75 标准。X.25 协议中包括以下几个级别的内容。

物理级：物理级规定物理、电气、规程和功能四方面的特性。物理接口使用 X.21 建议，在 DTE 和 DCE 之间提供同步的、全双工的点到点串行位传输。

链路级：链路级以帧的形式传送报文组，所以也称为帧级。在该组使用的数据链路控制规程与 HDLC 和 ADCCP 一致，并使用 HDLC 的平衡链路访问规程。

网络级：进入网络级的用户数据形成报文组，报文组在源节点与目的节点之间建立起网络连接传输。目的节点把所接收到的报文组恢复成报文形式。该级协议规定了报文组的格式、信息流的控制及差错恢复等方法。

(2) 网络通信软件：通过网络通信软件实现网络工作站之间的通信。

在网络系统中，主机与主机或主机与终端之间连接有以下两种。

① 主机是通过通信接口单元与其他计算机连接。这种连接必须遵守网络协议所规定的接口关系。

② 主机直接通过通信媒体与其他主机或终端相连接。由于这种情况下所连接的终端和计算机种类不同，没有固定标准，并且连接接口关系不必一定与网络协议的规定相一致。所以在网络环境下，在主机操作系统中除了要配置实现网络通信的低级协议软件外，还要为各种相连的终端或计算机配置相应的通信软件。

通信软件的目的就是使用户能够在不必详细了解通信控制规程的情况下，很容易地就能控制自己的应用程序，同时能与多个站进行通信，并对大量的通信数据进行加工和管理。

目前，所有主要的通信软件都能很方便地与主机连接，并具有完善的传真功能、传输文件功能和自动生成原稿功能等。

(3) 网络管理及网络应用软件：网络管理软件是用来对网络资源进行管理和对网络进行维护的软件。

网络系统是一种复杂的系统，管理者经常遇到许多难以解决的问题，如重新设置某个用户的 Config.sys 文件、避免服务器之间的任务冲突、跟踪网络中用户工作状态、检查与消除计算机病毒、运行路由器诊断程序等，就需要有一些软件来解决管理人员所遇到的问题，于是产生了网络管理软件。网络管理软件的种类很多，功能各异。

网络应用软件是为网络用户提供服务并为网络用户解决实际问题的软件，是在网络环境下直接面向用户的应用软件。随着网络应用的普及，各种应用软件都要考虑到网络环境下使用的问题。

(4) 网络操作系统：网络操作系统是用以实现系统资源共享、管理用户对不同资源访问的应用程序，它是最主要的网络软件（将在本章第4节介绍）。

2. 网络硬件

网络硬件是计算机网络系统的基础。要构成一个计算机网络系统，首先要将计算机及其附属硬件设备与网络中的其他计算机连接起来。不同的计算机网络系统，在硬件方面是有差别的。随着计算机技术和网络技术的发展，网络硬件日趋多样化，功能更加强大，更加复杂。网络硬件简介如下。

(1) 线路控制器 LC (Line Controller)。LC 是主计算机或终端设备与线路上调制解调器的接口设备。

(2) 通信控制器 CC (Communication Controller)。CC 是用以对数据信息各个阶段进行控制的设备。

(3) 通信处理机 CP (Communication Processor)。CP 是数据交换的开关，负责通信处理

工作。

(4) 前端处理机 FEP (Front End Processor)。FEP 也是负责通信处理工作的设备。

(5) 集中器 C (Concéntrator)、多路选择器 MUX (Multiplexor)。它们是通过通信线路分别和多个远程终端相连接的设备。

(6) 主机 HOST (Host Computer)。

(7) 终端 T (Terminal)。

1.1.4 网络拓扑结构

网络拓扑结构是指网络传输介质构成的几何形状, 能表示出服务器、工作站的网络配置和互相之间的连接。网络拓扑是一个十分复杂的问题, 目前尚无法获得整个网络的最佳解。但拓扑结构又是决定网络特性的主要技术之一, 因此, 拓扑结构的选择将影响整个网络的设计、功能和性能。

网络拓扑结构按形状可分为以下几种类型。

(1) 星型拓扑结构: 星型布局是以中央节点为中心与各节点连接而组成的, 各节点与中央节点通过点对点方式连接, 中央节点执行集中式通信控制策略, 因此中央节点相当复杂, 负担也重, 如图 1.4 所示。

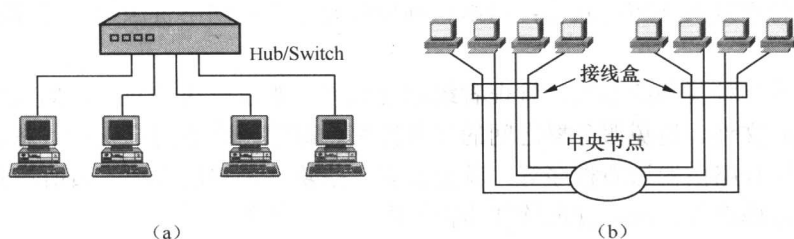


图 1.4 星型拓扑

以星型拓扑结构组网, 其中任何 2 个节点要进行通信都必须经过中央节点控制。中央节点主要功能如下。

- ① 为需要通信的设备建立物理连接。
- ② 在两台设备通信时维持这一通道畅通。
- ③ 在完成通信或不成功时拆除通道。

在工作站/文件服务器 (Workstation /File Servers) 局域网模式中, 中央节点为文件服务器, 存放共享资源, 中央节点与多台工作站相连。为便于集中连线, 目前多采用集线器/交换机 (Hub/Switch)。Hub/Switch 具有信号再生转发功能, 通常有 4 个、8 个、12 个、16 个、24 个端口等规格, 每个端口相对独立。

星型拓扑结构特点是网络结构简单, 便于管理和集中控制, 组网容易; 网络延迟时间短, 误码率低; 网络共享能力较差, 通信线路利用率不高, 中央节点负担过重; 可同时使用双绞线、同轴电缆及光纤等多种传输介质。

(2) 环型拓扑结构: 环型网中各节点通过环路接口连在一条首尾相连的闭合环型通信线路中, 环路上任何节点均可以请求发送信息。请求一旦被批准, 便可以向环路发送信息。环

型网中的数据可以是单向也可是双向传输。由于环线公用，一个节点发出的信息必须穿越环中所有的环路接口，信息流中目的地址与环上某节点地址相符时，信息被该节点的环路接口所接收，而后信息继续流向下一环路接口，一直流回到发送该信息的环路接口节点为止，如图 1.5 所示。

环型网的特点是：信息在网络中沿固定方向流动，两个节点间仅有唯一的通路，大大简化了路径选择的控制；某个节点发生故障时，可以自动旁路，可靠性较高；由于信息是串行穿过多个节点环路接口，当节点过多时，影响传输效率，使网络响应时间变长。但当网络确定时，其延时固定，实时性强；由于环路封闭故扩充不方便。

环型网也是局域网常用拓扑结构之一，1985 年 IBM 公司推出的令牌环型网（IBM Token Ring）是其典范，在 FDDI 得以应用推广后，这种结构进一步得到采用。

（3）总线型拓扑结构：用一条称为总线的中央主电缆，将相互之间以线性方式连接的工站连接起来的布局方式，称为总线型拓扑，如图 1.6 所示。

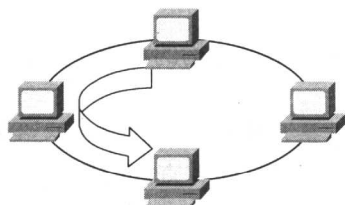


图 1.5 环型拓扑结构

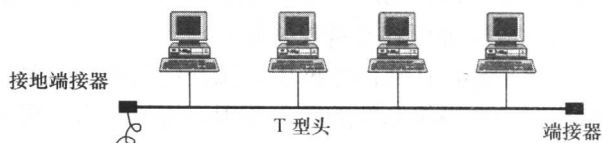


图 1.6 总线型拓扑结构

在总线型拓扑结构中，所有计算机都通过相应的硬件接口直接连在总线上，任何一个节点的信息都可以沿着总线向两个方向传输扩散，并且能被总线中任何一个节点所接收。由于其信息向四周传播，类似于广播电台，故总线网络也被称为广播式网络。

总线有一定的负载能力，因此，总线长度有一定限制，一条总线也只能连接一定数量的节点。

总线布局的特点是：结构简单灵活，非常便于扩充；可靠性高，网络响应速度快；设备量少、价格低、安装使用方便；共享资源能力强，便于广播式工作（即一个节点发送所有节点都可接收）。

在总线两端连接的器件称为端结器（末端阻抗匹配器或终止器），主要与总线进行阻抗匹配，最大限度地吸收传送端部的能量，避免信号反射回总线产生不必要的干扰。

总线型网络结构是使用较为广泛的结构，也是最传统的一种主流网络结构。

（4）树型拓扑结构：树型拓扑结构是总线型拓扑结构的扩展，它是在总线网上加上分支形成的，其传输介质可有多条分支，但不形成闭合回路。树型网是一种分层网，其结构可以对称，联系固定，具有一定容错能力，一般一个分支和节点的故障不影响另一分支节点的工作，任何一个节点送出的信息都可以传遍整个传输介质，也是广播式网络。一般树型网上的链路相对具有一定的专用性，无需对原网络做任何改动就可以扩充工作站。

（5）星型环拓扑结构：星型环拓扑是将星型拓扑和环型拓扑混合起来的一种拓扑，试图取这两种拓扑的优点于一个系统中，克服了典型的星型和典型的环型拓扑的不足与缺陷。这种拓扑的配置是由一批接在环上的连接集中器（实际上是指安装在楼内各层的配线架）组成，从每个集中器按星型结构接至每个用户站上，如图 1.7 所示。星型环拓扑的优点是便于故障诊断和

隔离,易于扩展,安装电缆方便。星型环拓扑结构的缺点是需要智能的集中器,安装电缆长和安装不方便等。

(6) 网状拓扑结构:将多个子网或多个局域网连接起来构成网际拓扑结构。在一个子网中,交换机/集线器、中继器将多个设备连接起来,而桥接器、路由器及网关则将子网连接起来。根据组网硬件不同,主要有以下3种网际拓扑。

网状网:在一个大的区域内,用无线电通信链路连接一个大型网络时,网状网是最好的拓扑结构。通过路由器与路由器相连,可让网络选择一条最快的路径传送数据。

主干网:通过桥接器与路由器把不同的子网或 LAN 连接起来形成单个总线或环型拓扑结构,这种网通常采用光纤做主干线。

星状相连网:利用集线器/交换机等设备将网络连接起来,由于星型结构的特点,网络中任一处的故障都容易查找并修复。

应该指出,在实际组网中,拓扑结构不一定是单一的,通常是几种结构的混用。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性能有直接的影响,也关系到一个网络的价格。

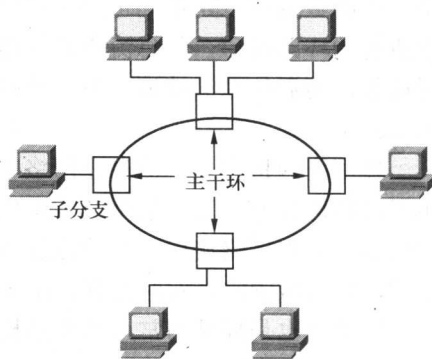


图 1.7 星型环拓扑结构

C 1.2 计算机网络体系结构与协议

1.2.1 网络协议和体系结构

1. 网络协议

要在网络中的计算机与终端间正确地传送信息和数据,必须在数据传输的顺序、数据的格式及内容等方面有一个约定或规则,这种约定或规则称为协议。网络协议主要包括以下3个要素。

(1) 语法 (Syntax): 数据与控制信息的结构或格式,包括数据格式、编码及信号电平等。

(2) 语义 (Semantics): 用于协调和差错处理的控制信息,即需要发出何种控制信息、完成何种动作以及做出何种应答。

(3) 定时 (Timing): 包括速度匹配和排序,即有关事件实现顺序的详细说明。例如,在双方进行通信时,发送点发出一个数据报文,如果目标点正确收到,则回答源点接收正确;若接收到错误的信息,则要求源点重发一次。

由此可以看出,协议 (Protocol) 实质上是网络通信时所使用的一种语言。

网络协议对于计算机网络来说是必不可少的。不同结构的网络 and 不同厂家的网络产品所使用的协议也不一样,但都遵循一些协议标准,这样便于不同厂家的网络产品进行互联。一个功能完善的计算机网络需要制定一套复杂的协议集合,对于这种协议集合,最好的组织方