

高校计算机教学系列教材

计算机网络实用教程

郭秋萍 常金玲 编著
刘建明 储 宁



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

计算机网络实用教程

郭秋萍 常金玲 编著
刘建明 储 宁

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内 容 简 介

本书主要内容包括计算机网络基础知识、网络体系结构、OSI 参考模型、随机访问技术、局域网、网络操作系统、网络互联、Internet、Intranet 以及网络安全和网络管理等。在编写过程中,注重内容的新颖性、系统性和实用性,力求反映当前网络技术发展的最新成果。在内容安排上,循序渐进,理论与网络协议及实例相结合。在版式上,安排紧凑,技术含量高。本书是作者多年教学实践的总结。通过对本书的学习,读者可系统地掌握计算机网络知识及应用。

本书可作为各专业本科生、专科生的计算机网络课程教材,也可作为从事网络研究与应用人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络实用教程/郭秋萍等编著. —北京:北京
航空航天大学出版社, 2000.8
ISBN 7-81012-989-9

I. 计... II. 郭... III. 计算机网络-基本知识
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 28166 号

计算机网络实用教程

郭秋萍 常金玲 编著
刘建明 储 宁
责任编辑 王海虹
责任校对 陈 坤

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号, 邮编 100083, 发行部电话 (010) 82317024

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 字数: 442 千字

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 7-81012-989-9/TP·403 定价: 24.00 元

前 言

在当今社会向信息化发展的过程中, 计算机网络正以空前的速度发展着。计算机网络的应用遍及到人类活动的各个领域。计算机网络的广泛应用与发展, 需要大量掌握计算机网络与通信技术的专业人才。因此, 计算机网络不仅成为计算机专业必修课程, 而且成为许多非计算机专业学生学习的一门重要课程, 也是从事计算机应用的人员应该掌握的重要知识之一。

为了适应计算机网络的发展, 作者根据多年的教学经验编写了这本书。在编写过程中, 力求使本书体现以下特点:

(1) 注重教材的系统性, 包括知识的系统性、内容的连贯性以及语言的逻辑性。力求使本书符合网络知识学习的规律, 帮助读者循序渐进地系统掌握计算机网络知识。

(2) 注重教材的新颖性。计算机网络技术发展日新月异。除保持本书的系统性外, 力求反映当前网络技术发展的最新成果, 如无线网络应用中的码分复用技术 CDMA、全光纤网应用中的波分复用技术 WDM、ATM 交换技术、Internet 的 IPV6 技术以及局域网应用中的千兆位以太网、FDDI、交换局域网、虚拟局域网等。

(3) 注重教材的实用性。在内容编排上, 除了理论阐述外, 又加入了网络协议实例, 帮助读者掌握和了解计算机网络知识的应用。

本书共分 9 章。第 1 章为计算机网络概述, 着重介绍了计算机网络的概念、特点和分类。第 2 章为计算机网络基础知识。作者在多年的教学实践中感到要掌握好计算机网络的知识, 必须同时掌握计算机技术和通信技术的知识, 两者缺一不可。但是对于大多数读者来讲, 更多的是缺少有关数据通信基础知识, 为此, 第 2 章较系统全面地介绍了计算机网络的基础知识。第 3 章为网络体系结构与 OSI 参考模型, 以 OSI 参考模型为主线, 着重介绍了网络体系结构与网络协议的概念和实用协议。第 4 章为随机访问技术, 着重介绍了 ALOHA, CSMA, CSMA/CD 介质访问控制技术。第 5 章为局域网, 着重介绍了 IEEE 802 标准、C/S 系统结构、高速局域网、交换局域网及虚拟局域网。第 6 章为网络操作系统, 着重介绍了 Novell Netware, Microsoft WindowsNT, UNIX 等操作系统。第 7 章为网络互联, 着重介绍了各种网络互联设备和技术。第 8 章为 Internet 与 Intranet, 着重介绍了 TCP/IP 协议和 Internet 技术以及 Intranet/Extranet 的概念和应用。第 9 章为网络安全与管理, 着重介绍了网络安全与防范技术以及网络管理和协议。

本书第 1, 3, 5 章由郭秋萍撰写, 第 2, 4 章由刘建明撰写, 第 6, 7 章由储宁撰写, 第 8, 9 章由常金玲撰写。全书由郭秋萍最后统稿、定稿。

在编写过程中, 参考了一些书籍和文献资料, 并适度合理地引用了书中一些实例, 其主要部分已在参考文献中列出。在此, 对所参考书籍的作者表示衷心的感谢, 若有不妥之处, 敬请批评。

限于作者的水平, 本书难免有错误或不当之处, 恳请专家和读者批评指正。

编 者
2000 年 5 月

目 录

第1章 计算机网络概述

1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 第一代计算机网络——面向终端	1
1.1.2 第二代计算机网络——以通信子网为中心	2
1.1.3 第三代计算机网络——网络体系结构与协议标准化	3
1.1.4 第四代计算机网络——高速化、综合化	4
1.2 计算机网络的定义和构成	4
1.2.1 计算机网络的定义	4
1.2.2 计算机网络的构成	5
1.3 计算机网络的功能与分类	6
1.3.1 计算机网络的功能	6
1.3.2 计算机网络的分类	7

第2章 计算机网络基础知识

2.1 数据通信的几个基本概念	9
2.1.1 信号频带及频谱分析	9
2.1.2 模拟通信系统与数字通信系统	12
2.1.3 波特率和比特率	14
2.1.4 信道容量	15
2.1.5 调制解调	16
2.1.6 基带传输和频带传输	17
2.1.7 异步传输和同步传输	18
2.1.8 通信方式	19
2.2 数据调制与编码技术	20
2.2.1 模拟信号的模拟调制	20
2.2.2 数字信号的数字调制	22
2.2.3 数字信号编码	24
2.2.4 模拟信号的数字编码	25
2.3 差错控制编码	26
2.3.1 差错编码的基本原理	26
2.3.2 几种差错控制编码	29
2.4 网络拓扑结构	37

2.4.1 星型拓扑结构	37
2.4.2 总线拓扑结构	38
2.4.3 环型拓扑结构	38
2.4.4 树型拓扑结构	39
2.4.5 网型拓扑结构	39
2.5 传输介质	39
2.5.1 有线传输介质	39
2.5.2 无线电波	42
2.6 多路复用技术	43
2.6.1 频分复用技术 FDM	43
2.6.2 时分复用技术 TDM	44
2.6.3 码分复用技术 CDMA	45
2.6.4 波分复用技术 WDM	47
2.7 网络交换技术	47
2.7.1 线路交换技术	47
2.7.2 报文交换技术	48
2.7.3 分组交换技术	49
2.7.4 线路交换/报文交换/分组交换技术性能比较	51
2.7.5 ATM 交换技术	52

第3章 网络体系结构与 OSI 参考模型

3.1 网络协议与网络体系结构	58
3.1.1 网络协议与网络体系结构的基本概念	58
3.1.2 网络体系结构的分层及其分析	59
3.1.3 OSI 参考模型概述	63
3.1.4 网络协议与操作系统	66
3.1.5 对 OSI 参考模型的评价	67
3.2 物理层	68
3.2.1 物理层模型和功能	68
3.2.2 物理层接口的特性	69
3.2.3 物理层协议实例	71
3.3 数据链路层	78
3.3.1 数据链路层的功能	78
3.3.2 数据链路控制	79

3.3.3	数据链路层协议的分类	86
3.3.4	高级链路控制规程——HDLC	87
3.4	网络层	91
3.4.1	网络层的功能与服务	92
3.4.2	路由选择	93
3.4.3	网络流量控制	97
3.4.4	X.25 协议	98
3.4.5	帧中继	101
3.5	运输层	104
3.5.1	运输层功能	104
3.5.2	运输层协议与通信子网的关系	105
3.5.3	运输层标准	106
3.6	会话层	107
3.6.1	会话连接管理	107
3.6.2	会话活动管理	108
3.6.3	数据交换管理	108
3.7	表示层	109
3.8	应用层	111
3.8.1	应用层模型	111
3.8.2	应用服务元素 ASE	112
3.8.3	Internet 的应用层	113

第 4 章 随机访问技术

4.1	信道共享技术概述	115
4.1.1	多路复用技术	115
4.1.2	多点访问技术	115
4.2	ALOHA 随机访问技术	116
4.2.1	非时隙 ALOHA	117
4.2.2	时隙 ALOHA	120
4.2.3	预约 ALOHA	121
4.3	CSMA 随机访问技术	123
4.3.1	非坚持 CSMA	123
4.3.2	坚持 CSMA	124
4.3.3	三种 CSMA 的特性比较	125
4.4	CSMA/CD 随机访问技术	126
4.5	各种随机访问技术性能比较	127

第 5 章 局域网

5.1	概 述	128
5.1.1	局域网定义与分类	128
5.1.2	局域网的组成	130

5.2	IEEE 802 局域网标准	132
5.2.1	IEEE 802 局域网参考模型	132
5.2.2	IEEE 802.2	133
5.2.3	IEEE 802.3	135
5.2.4	IEEE 802.5: 令牌环	138
5.2.5	802.4 令牌总线网	141
5.3	客户机/服务器系统结构	142
5.3.1	网络计算模式的发展	142
5.3.2	客户机/服务器系统结构	144
5.4	高速局域网	146
5.4.1	高速局域网产生的背景	146
5.4.2	快速以太网(Fast Ethernet)	147
5.4.3	光纤分布式数据接口 FDDI	148
5.4.4	千兆位以太网(Gigabyte Ethernet)	152
5.4.5	100VG-AnyLAN	153
5.5	交换局域网	153
5.5.1	交换局域网的基本结构	153
5.5.2	交换局域网的工作原理	154
5.5.3	交换局域网的帧转发方式	154
5.6	虚拟局域网	155
5.6.1	VLAN 的概念	155
5.6.2	VLAN 的分类	155

第 6 章 网络操作系统

6.1	网络操作系统的功能与分类	157
6.1.1	网络操作系统的概念与组成	157
6.1.2	网络操作系统的分类	158
6.2	Novell NetWare 系列网络操作系统	160
6.2.1	NetWare 的发展变化	160
6.2.2	NetWare 的体系结构	161
6.2.3	NetWare 主要技术特点	163
6.2.4	IntranetWare	167
6.3	Windows NT 网络操作系统	167
6.3.1	Windows NT 的发展	167
6.3.2	Windows NT 的体系结构	168
6.3.3	Windows NT 的主要技术特点	170
6.4	UNIX 操作系统	173
6.4.1	UNIX 概述	173
6.4.2	UNIX 的系统结构	174
6.4.3	UNIX 的网络功能	174

6.4.4	网络文件系统 NFS	175
6.5	Windows for Workgroups	175
第 7 章 网络互联		
7.1	网络互联概述	177
7.1.1	网络互联的基本概念	177
7.1.2	网络互联的基本要求	177
7.2	网络互联的基本原理和类型	178
7.2.1	网络互联的基本原理	178
7.2.2	网络互联的类型	179
7.3	网络互联方式	180
7.3.1	利用网间连接器实现网络互联	180
7.3.2	通过互联网进行网络互联	182
7.4	网络互联设备	183
7.4.1	中继器	183
7.4.2	网 桥	184
7.4.3	路由器	189
7.4.4	网 关	191
7.4.5	干 线	192
7.4.6	交换器	192
7.5	互联网络协议 IP	193
7.5.1	IP 服务	193
7.5.2	IP 分组格式	193
7.5.3	IP 操作	195
7.5.4	下一代 IP 协议—IPv6	196
7.5.5	互联网控制报文协议 ICMP	198
第 8 章 Internet 与 Intranet		
8.1	TCP/IP 协议	200
8.1.1	TCP/IP 参考模型	200
8.1.2	TCP/IP 的基本工作原理	202
8.1.3	TCP 协议	204
8.1.4	用户数据报协议 UDP	207
8.2	Internet 的地址	209
8.2.1	IP 地址	209
8.2.2	域名系统	211
8.3	Internet 简介	215
8.3.1	Internet 的起源与发展	215
8.3.2	Internet 的管理	215
8.3.3	Internet 用户接入方式	216
8.4	Internet 的基本服务	218

8.4.1	电子邮件服务	218
8.4.2	远程登录服务	221
8.4.3	文件传输服务	223
8.5	环球信息网 WWW	225
8.5.1	超文本与超媒体	225
8.5.2	WWW 服务	226
8.5.3	WWW 浏览器	228
8.5.4	WWW 的导航系统	230
8.6	Internet 信息资源制作方法	231
8.6.1	Java	231
8.6.2	HTML	232
8.6.3	VRML	233
8.7	Intranet 和 Extranet	234
8.7.1	企业内部网 Intranet	234
8.7.2	企业外部网 Extranet	236

第 9 章 网络安全与管理

9.1	网络安全	239
9.1.1	网络安全的概念	239
9.1.2	网络安全面临的主要威胁	240
9.1.3	网络系统的安全漏洞	240
9.1.4	网络安全策略	241
9.1.5	网络安全的法律及管理、审计制度	242
9.1.6	网络安全措施	244
9.2	防火墙	245
9.2.1	防火墙的基本概念	245
9.2.2	防火墙的类型与结构	246
9.3	数据加密技术	248
9.3.1	数据加密概述	248
9.3.2	公开密钥密码体制	249
9.4	网络防病毒技术	250
9.4.1	计算机病毒及其危害	250
9.4.2	网络防病毒措施	251
9.4.3	病毒的清除	252
9.5	网络管理	253
9.5.1	网络管理的概念	253
9.5.2	网络管理的功能	256
9.5.3	简单网络管理协议 SNMP	260
9.5.4	常用网络管理系统	262

参考文献

第 1 章 计算机网络概述

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物，并随着计算机技术和通信技术的发展而发展。概括地说，其发展可以分为四个阶段。

1.1.1 第一代计算机网络——面向终端

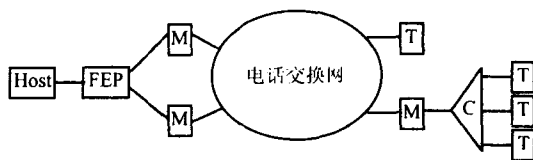
一、第一代计算机网络的发展过程

第一代计算机网络的时期主要在 20 世纪 50~60 年代。在这一阶段的初期，计算机和通信没有什么关系，人们使用计算机只能携带程序和数据到机房去，这显然是不方便的。50 年代中期，收发器和电传打字机被作为远程终端，通过电话线和调制解调器与计算机相连，实现了计算机与远程终端的数据通信。由于计算机增加了通信功能，就必须增加一个通信接口，而且该接口应当对计算机原来的硬件和软件影响尽可能小。这个通信接口就是单重线路控制器。单重线路控制器只能通过一条通信线路和一个远程终端相连，主要进行串/并转换和简单的差错控制。到了 60 年代初，又出现了多重线路控制器。它可以使一台主机和多个终端相连而不需要使用多个线路控制器，从而实现一台主机和多个终端之间的通信。

由于当初计算机的设计主要是用于信息处理的，过多地和远程终端通信需要主机腾出相当一部分的资源用于通信处理，这样大大增加了主机的额外开销，降低了计算机数据处理的速度和效率。为了解决这个问题，可在主机前设置一个前端处理机 FEP(Front End Processor)，专门负责处理主机和终端的通信问题，使主机心进行数据处理。前端处理机的出现，使计算机和通信设备分工明确，功能单一，从而提高了计算机资源和通信资源的利用率。

随着终端数目的增加，每增加一个终端就增加一条线路，从而通信费用大大增加。为了节约通信线路和费用，可在终端密集处增加一个集中器。集中器也是一种通信处理机，是一个具有智能的复用器。它的一端通过多条低速线路和终端相连，另一端通过高速线路和计算机相连，通过动态分配线路资源，可使高速线路容量小于各低速线路容量之和。详细内容参见 2.6.2 节。

前端处理机和集中器通常都采用小型或微型计算机，使之能完成复杂的通信控制功能。这样就形成了以单个主机为中心的面向终端的计算机网络，被人们称为第一代计算机网络，如图 1-1 所示。



FEP—前端处理器；M—调制解调器；T—终端；
C—集中器；Host—主机

图 1-1 第一代计算机网络的组成

二、第一代计算机的特点

(1) 面向终端，即一台主机面对多个终端。这是一个由终端-通信线路-计算机组成的

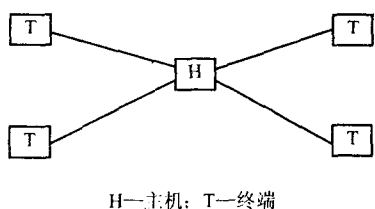


图 1-2 面向终端的星型网络

面向终端的星型网络，如图 1-2 所示。各终端通过线路共享主机的硬件和软件，实现了计算机和终端之间的通信。

(2) 除了中心主机以外，其余终端设备都没有自主处理能力。

这两个特点与今天发展较成熟的计算机网络相比较有本质的区别。因此，严格地讲，第一代计算机网络还不能算计算机网络，只能算是一个计算机网络雏形。

1.1.2 第二代计算机网络——以通信子网为中心

一、第二代计算机网络的发展过程

第二代计算机网络时期主要是在 20 世纪 60 年代后期至 70 年代。在这一时期，随着计算机应用在科研、军事、大型企业的经营管理以及国家和地区经济信息分析决策等领域的发展，出现了多台计算机互联的需求。人们希望将分布在不同地点的计算机，通过通信线路互联成计算机-计算机的网络。网络用户不仅可以使本地计算机的硬件、软件、数据资源，而且还可以享用其他联网计算机上的硬件、软件、数据资源，实现计算机资源的共享。要设计一个计算机网络，必须选择一个合适的通信系统。早期的通信系统主要是电话交换系统，其交换技术是线路交换（见 2.7.1 节），而线路交换是专为语音通信设计的，其传输方式、传输速率、传输质量都很难满足计算机间的通信。因此，必须寻求适合于计算机间通信的、新的交换技术，这就是分组交换技术（见 2.7.3 节）。

分组交换技术是美国国防部高级研究计划局 ARPA（Advanced Research Project Agency）于 1969 年推出的一种新的交换技术。20 世纪 60 年代后期，美国军方一些高层人士提出一种新的设想，要建立一个类似于蜘蛛网（Web）的网络系统，使其在现代战争中，如果通信网中的某一个交换结点被破坏，系统能够自动寻找其他路径，从而保证通信的畅通。1968 年，ARPA 开始着手研究该项目，并在 1969 年 8 月成功推出了由 4 个交换结点组成的分组交换式网络系统 ARPANET。这是世界上第一个采用分组交换技术的计算机网络，也是今天 Internet 的前身。

分组交换技术的出现，使计算机间通信得以实现，也使计算机网络的概念产生了根本的变化，表现在以下几个方面：其一是通信子网是计算机网络的一个重要组成部分，是计算机网络的通信支持；其二是计算机网络的资源共享强调通信资源的共享；其三是计算机网络是以通信子网为中心的网络，是面向通信的网络。

二、第二代计算机网络的特点

早期的面向终端的计算机网络是以终端-计算机通信为主，数据通信和数据处理功能在主机系统中尚未划分清晰，网络结构也未形成规范的模式。分组交换网的成功出现，开创了计算机网络的新纪元，使计算机网络的概念和结构发生了根本的变化。其特点是计算机网络成为以通信子网为中心的计算机-计算机间的通信。其结构上分为两部分：由负责数据处理的主机系统（包括终端）组成的用户子网和由负责数据通信的通信处理机组成的通信子网。

用户子网各主机系统通过通信子网共享其他主机的资源。用户子网和通信子网结构概念的出现,使网络中数据处理和数据通信的功能清晰地界定开来。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,如图 1-3 所示。

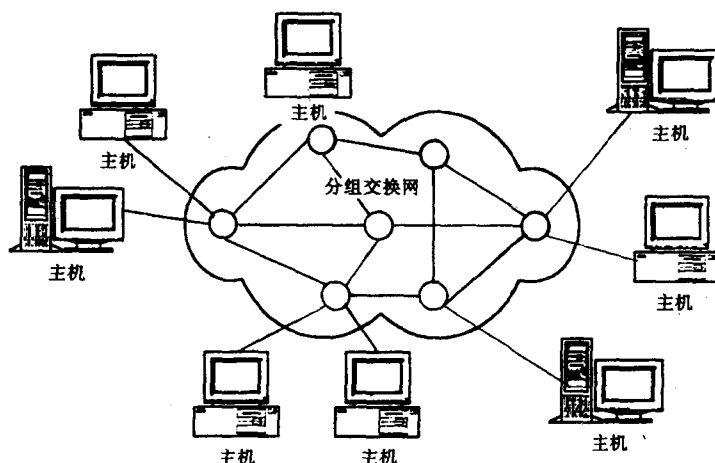


图 1-3 第二代计算机网络

1.1.3 第三代计算机网络——网络体系结构与协议标准化

第三代计算机网络时期主要是在 20 世纪 80 年代。随着计算机网络的广泛应用和发展,各大计算机厂家纷纷开展计算机网络产品的研制和开发,同时也提出各种网络体系结构与网络协议,如美国 IBM 公司的 SNA (System Network Architecture)、美国 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture) 等。网络体系结构的出现,使一个公司所生产的设备很容易互联成网。同时,网络体系结构与网络协议的理论研究成果也为以后网络理论体系的形成奠定了基础。

但是,由于无统一的标准,各计算机厂家生产的网络产品使用自己的网络体系结构与网络协议,不同厂家的网络产品要互联是十分困难的。要使不同厂家生产的计算机能够互联和通信,就需要制定一个国际标准。为此,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 TC97 专门成立了一个分委员会 SC16^①,从事网络体系结构与网络协议国际标准问题的研究。经过多年努力,1984 年 ISO 正式颁布了开放系统互联参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection Reference Model),即 ISO7498 国际标准,简称为 OSI。此后,ISO 与 CCITT 等组织分别为参考模型的各个层次制定一系列的协议标准,组成了一个庞大的 OSI 基本协议集。尽管 OSI 并没有成为实际中的国际标准,人们对其评价褒贬不一,但它的推出对于推动网络体系结构理论与发展的重大作用是不容置疑的。有关 OSI 详细内容见第 3 章。

第三代计算机网络的标志是网络体系结构的形成与标准化。除此之外,在这一时期,局域网技术也出现了突破性进展。

^① 1984 年,由于技术分工等问题,SC16 解散,它所研究的问题由 SC6 和 SC21 进行。

1.1.4 第四代计算机网络——高速化、综合化

第四代计算机网络时期是 20 世纪 90 年代以后, 全球范围内的信息高速公路热使计算机网络的发展进入了一个新的历史时期。以高速化、综合化为基本特征的新一代宽带综合业务数字网 B-ISDN (Broad Integrated Services Digital Network) 是第四代计算机网络的代表。B-ISDN 的核心技术是 ATM 交换技术。有关 ATM 交换技术的详细内容见 2.7.5 节。

所谓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千兆位每秒。

所谓综合化是指将语音、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, 都以二进制代码的数据形式综合到一个网络即 B-ISDN 中传送, 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。所谓多媒体技术是指, 能够综合处理两个以上的数字、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。

进入 90 年代以来, Internet 成为世界上最大的国际性计算机互联网, 没有人能够准确地说出它有多大。它将成为国家信息基础设施 NII (National Information Infrastructure) 和全球信息基础设施 GII (Global Information Infrastructure) 的雏形。目前, 从概念结构看, Internet 仍属第三代计算机网络。

1.2 计算机网络的定义和构成

1.2.1 计算机网络的定义

目前, 对计算机网络还没有一个统一规范的定义, 人们从不同的角度对计算机网络下了多种定义, 概括起来有以下 4 种:

- (1) 计算机网络是以能够相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合。
- (2) 计算机网络是利用通信设备和线路将地理位置不同、各自独立的计算机系统互联起来, 在功能完善的网络软件控制下, 实现资源共享的系统。
- (3) 计算机网络如同一台大型计算机系统, 其中存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统和用于网络管理控制的一系列网络协议, 负责调度用户所需要的资源, 而且其拥有的一切资源对用户是透明的。
- (4) 计算机网络是一个由不同传输媒体构成的通信子网, 与这个通信子网连接的多台地理上分散的、具有惟一地址的计算机, 将数据划分为不同长度的数据分组进行传输和处理的协议软件以及应用系统所组成的传输和共享信息系统。

上述这些定义从不同的方面描述了计算机网络的 4 个特征:

- (1) 计算机网络必须具有共享能力, 即支持网上所有主机共享网络资源。这也是建造计算机网络的主要目的。要实现这种能力, 除了网络操作系统必须具备自动管理资源的能力之外, 还要靠计算机网络开放互联环境的支持。

(2) 互联的计算机应是独立的计算机, 即网上计算机没有明确的主从关系, 每个计算机自成系统, 成为自制计算机, 可以联网工作也可以脱机工作。

(3) 须具有用于网络管理和控制的一系列网络协议。网上计算机的通信要有网络协议作为约定和标准。

(4) 通信网是计算机网络的一个基本要素, 是连接计算机并构成计算机网络的一个主要组成部分。通信网的功能、结构的变化会直接影响计算机网络的功能和结构。通信子网还与网络软硬件设计、网络体系结构的划分以及网络设备等有着密切的关系。

1.2.2 计算机网络的构成

一、计算机网络的结点和链路

从拓扑结构看, 计算机网络是由一些结点和连接这些结点的链路构成的, 即网络 = {结点, 链路}, 记为 $N = \{V, L\}$ 。其中: N 代表网络; V 代表结点集合; L 代表链路集合。

1. 结 点

计算机网络中的结点分为三类: 访问结点、转接结点和混合结点。

访问结点也称端结点或站点, 是指拥有计算机资源的用户设备, 主要起信源和信宿的作用, 如用户主机或用户终端。转接结点是指那些支持网络连通性并起数据交换和转接作用的结点。转接结点也称为中间结点。转接结点拥有通信资源, 具有通信功能, 如集中器、交换机、路由器、集线器等。混合结点也称为全功能结点, 是指那些既可以作为访问结点也可以作为转接结点的结点。

一般情况, 网络中的计算机结点应既可以作为访问结点又可以作为转接结点。但有时为了使设备简化, 从网络系统的整体出发, 把网络中有些结点专门设计成不具有转接功能的端结点, 而有些结点则专门设计成只具有转接功能但不作为端结点用的中间结点。

2. 链 路

链路是两结点间承载信息和数据的线路。链路可用各种传输介质实现, 如双绞线、同轴电缆、光缆、无线信道等。链路又分物理链路和逻辑链路两类。物理链路是一条点到点的物理线路, 中间没有任何交换结点。在计算机网络中, 两个计算机之间的通路往往是由许多物理链路串接而成。逻辑链路是具备数据传输控制能力, 在逻辑上起作用的物理链路。在物理链路上加上用于数据传输控制的硬件和软件, 就构成了逻辑链路。只有在逻辑链路上才可以真正传输数据, 而物理链路是逻辑链路形成的基础。当采用多路复用技术时, 一条物理链路可以形成多条逻辑链路。

二、计算机网络的用户子网和通信子网

从逻辑功能来看, 计算机网络由用户子网和通信子网两部分构成。任何一种计算机网络都可以表示成这种两级结构。

1. 用户子网

用户子网又称资源子网, 由访问结点以及连接这些结点的链路构成。其主要功能是负责全网的信息处理, 并服务于用户。图 1-3 中的外围各主机就构成一用户子网。

2. 通信子网

通信子网由转接结点及连接这些结点的链路按某种结构互联而成。它服务于通信, 具有为用户子网提供数据传输和数据交换服务的能力。通信子网有三种类型。

(1) 结合型: 通信子网和用户子网尚未分离成独立的子网, 两者结合在一起。各主机通过网络适配器直接互联成网。大多数局域网属于这一类。

(2) 公用型: 为公共用户提供服务并共享其通信资源的通信子网。基于同一个通信子网可组建多个计算机网络, 如邮电部建设的公用计算机互联网 (CHINANET)、公用数字数据通信网 (DDN) 和中国公用帧中继宽带业务通信网 (CHINAFRN) 等都属于公用型通信子网。

(3) 专用型: 专门为特定的一组用户子网构建的通信子网, 如各类金融网。

1.3 计算机网络的功能与分类

1.3.1 计算机网络的功能

一、资源共享功能

计算机网络的资源共享包括硬件资源共享和软件资源共享。硬件资源共享表现在计算机网络可以在全网范围内提供信息处理设备资源、存储设备资源、输入输出设备资源等的共享, 尤其是可以提供较高级和昂贵的设备, 如激光打印机、大型绘图仪以及大容量外部存储器等的共享; 软件资源的共享表现在允许网上的用户远程访问各种类型的数据库, 并可使用各种公用的软件。

二、分布处理功能

计算机网络的分布处理功能是指, 把同一任务分配到网络中不同地理分布的结点机上协同完成。计算机网络的分布处理功能使人们可以通过计算机网络, 将许多大型信息处理问题借助于分散在网络中的多台计算机协同完成, 解决了单机无法完成的信息处理任务。特别是分布式数据库管理系统, 它使分散存储在网络不同系统中的数据, 使用起来就像集中存储和集中管理一样方便。

三、网络服务功能

计算机网络在一定的协议软件支持下能向网络用户提供一定的网络服务功能, 如文件传输、远程文件访问、电子邮件、电子电话、虚终端、虚磁盘、网络进程间通信等。这些功能基本上属于网络体系的应用层向用户层所提供的服务。随着网络用户范围的不断扩大, 计算机网络的各服务功能还在不断扩大和丰富。

四、网络应用功能

计算机网络可以应用在不同的管理系统和信息系统, 构成各种不同功能的网络应用系统。如民航自动订票系统, 其主要功能是实现对分散的民航乘客提供方便、自动的订票服务; 银行自动存取款的网络系统, 其主要是实现对分散的广大银行用户提供方便的存取款服务。计算机网络的应用功能是在网络资源共享功能、分布处理功能和网络服务功能的基础上, 通过由用户开发的一些专用应用软件而实现的。

1.3.2 计算机网络的分类

对事物进行分类都是依据事物的某一属性进行的。由于事物往往有多种属性, 因此就有多种不同的分类方法。对计算机网络的分类也是如此, 从不同的角度, 按照不同的属性有不同的分类方法。

一、按照网络的覆盖范围

由于网络覆盖的地理范围不同,所采用的网络结构和传输技术也不同,因而形成不同的计算机网络。一般可以分为三种类型。

(1) 局域网:地理范围有限,大约在几百米至几公里,覆盖范围一般是一个实验室、一幢大楼、一个校园或一个单位。局域网传输速率较高,一般在 1 Mb/s 以上。

(2) 广域网:作用范围大约在几十至几千公里,所以也称远程网。它可以覆盖一个国家或地区,甚至可以横跨几个洲,形成国际性的远程网。Internet 就是典型的广域网。

(3) 城域网:作用范围介于局域网和广域网之间,约为几十公里。城域网的设计目标常常要满足一个城市范围内大量的企业、公司、机关、学校等多个局域网互联的需求。

二、按照网络的连接方式

按照网络的连接方式不同,可分为全连通型网络、交换型网络和广播型网络,如图 1-4 所示。

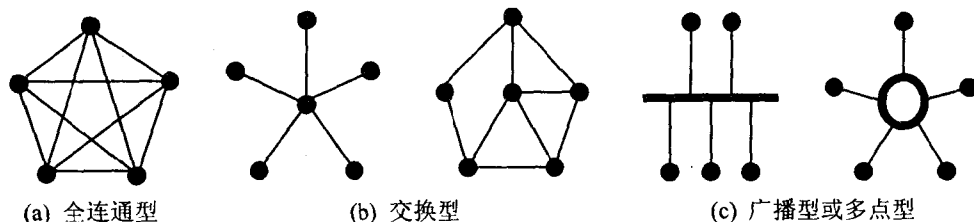


图 1-4 按网络的连接方式分类

1. 全连通型网络

全连通型网络中所有的计算机结点之间均有直达的线路连接,即所有结点之间的相互通信均可通过相邻的结点实现,可靠性最好。但是对于 n 个结点的全连通型网络,则需要 $n(n-1)/2$ 条线路。当结点数增加时,通信线路会大幅度增加,网络的成本和开销也大大增加,而线路利用率并不高。因此,这种网络仅用于可靠性要求高的某些大型分级网络的核心网络,如图 1-4 (a) 所示。

2. 交换型网络

交换型网络两个端结点之间可以通过具有路由选择功能的中间结点(即转接结点)实现连接。中间结点通过路由选择交换输入、输出线路,从而达到交换的功能,所以又称为交换结点。这样,在交换型网络中,不仅存在相邻结点之间的直达通路的通信,也存在没有直达通路的端结点通过中间结点转接的通信,从而可以大量减少互联线路的数量。如图 1-4 (b) 所示,星型拓扑结构即由一个中心结点作为中间结点,其他结点均可通过它实现相互连接和通信;网型拓扑结构则有多个中间结点。

3. 广播型网络

常见的局域网中的总线型、环型网络就是典型的广播型网络。这种网络的特征是:所有结点均连在一条公用的传输介质上,共享同一条传输介质进行通信,因此,又称为共享介质型网络或多点连接型网络。在这种网络中,任一结点发送的数据均可通过共享介质传输到其他结点。这种发送方式又称为广播式发送,如图 1-4 (c) 所示。当然,要实现正确的通信,还需要解决有关寻址和访问冲突问题,这在以后章节中讲述。

三、按照通信子网的交换方式

按照通信子网的交换方式不同,网络可分为公用电路交换网、报文交换网、分组交换网、ATM 交换网等,详细内容参见 2.7 节。

第2章 计算机网络基础知识

2.1 数据通信的几个基本概念

2.1.1 信号频带及频谱分析

一、信号周期、频率和角频率

信号周期：用 T 表示，代表信号重复变化一次的时间，单位为 s 。

信号频率：用 f 表示，代表单位时间信号重复变化的次数，单位为 Hz 。

角频率：用 ω 表示，代表单位时间信号相位变化的弧度，单位为 rad/s 。

T 、 f 、 ω 三者的关系为： $T=1/f$ ， $f=1/T$ ， $\omega=2\pi f=2\pi/T$ 。角频率 ω 为频率 f 的 2π 倍，两者意义基本相同。在信号分析中，往往用角频率 ω 比较方便。为简化起见，又常省去“角”字而简称为频率，但二者数值不相等，相差一个 2π 乘数。

二、周期性非正弦信号的傅氏级数及频谱特性

由信号分析理论可知，一个周期为 T 的非正弦周期性信号 $f(t)$ 可以在区间 $(t, t+T)$ 内展开为傅氏级数：

$$f(t) \textcircled{1} = a_0/2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \quad (2-1)$$

式中： $a_0/2$ ， a_n ， b_n 是系数； $a_0/2$ 为信号 $f(t)$ 在周期 T 内的平均值，即为直流分量。当 $n=1$ 时， $a_1 \cos \omega t$ 和 $b_1 \sin \omega t$ 合成为频率为 $\omega = 2\pi/T$ 的正弦分量，称为基波分量， ω 称为基波频率。当 $n>1$ 时， $a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t$ 合成为频率为 $n\omega$ 的正弦分量，称为 n 次谐波分量， $n\omega$ 称为 n 次谐波频率。系数 a_0 ， a_n ， b_n 可由下式给出（证明略）：

$$\begin{cases} a_0 = 2/T \int_0^T f(t) dt \\ a_n = 2/T \int_0^T f(t) \cos n\omega t dt \\ b_n = 2/T \int_0^T f(t) \sin n\omega t dt \end{cases} \quad (2-2)$$

从傅氏级数展开式可直观看到，信号 $f(t)$ 可以用一直流分量和一系列的谐波分量之和来表示。它显示了信号的频谱结构。据此可以画出信号的频谱图，即信号各次谐波分量振幅随频率变化的坐标图。

① $f(t)$ 应满足狄利赫莱条件，即在周期 T 内：(1) $f(t)$ 是绝对可积的；(2) $f(t)$ 的极值数目是有限的；(3) $f(t)$ 或者为连续的，或者具有有限个间断。通信中的周期信号一般都满足该条件，因此不作特别说明。

这里选择周期性的方波信号 $f(t)$ (如图 2-1 所示) 来研究周期性信号的频谱图。 $f(t)$ 的表达式为:

$$\begin{cases} f(t)=1, & 0 < t < T/2 \\ f(t)=-1, & \pi/2 < t < 1/T \end{cases} \quad (2-3)$$

根据式 (2-1) 和 (2-2), $f(t)$ 的傅氏级数表示为:

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \cdots \right) \quad (2-4)$$

由式 (2-4) 可以得出, 方波信号不包含直流分量和各偶次谐波分量。各奇次谐波的振幅为 $\frac{1}{n} \times \frac{4}{\pi} (n=1, 3, 5, \cdots)$ 。其频谱图如图 2-2 所示。

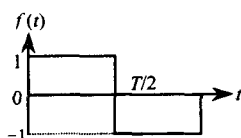


图 2-1 方波波形图

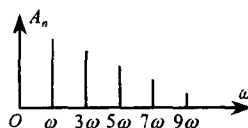


图 2-2 周期性方波信号频谱图

从图 2-2 可以看出方波信号的频谱图有以下三个特性:

(1) 离散性: 频谱由不连续的谱线组成, 每一条谱线代表一个谐波分量, 这样的频谱称为不连续频谱或离散频谱。

(2) 谐波性: 每条谱线只出现在基波频率的整数倍频率上。

(3) 收敛性: 各谱线高低, 也即各次谐波振幅, 总的趋势是随着谐波次数的增高而逐渐减小的, 当 $n \rightarrow \infty$ 时, $A_n \rightarrow 0$ 。

这些特性虽然是从一个特殊的方波信号得出的, 但具有普遍意义。其他周期性信号的频谱也具有这些特性。

三、非周期性信号的频谱特性

非周期性信号可以看做是 T 为 ∞ 的周期性信号。当 T 增大时, $\omega = 2\pi/T$ 减小, 各谱线间隔减小, 即谱线密度增大。当 $T \rightarrow \infty$ 时, $\omega \rightarrow 0$, 谱线无限密集变为连续的频谱曲线, 一般用频谱函数 $F(\omega)$ 表示。由此可知, 非周期性信号的频谱是一连续的频谱。图 2-3 给出了一非周期性视频信号及其频谱图, 图 (a) 为视频信号波形图, 图 (b) 为视频信号频谱图。

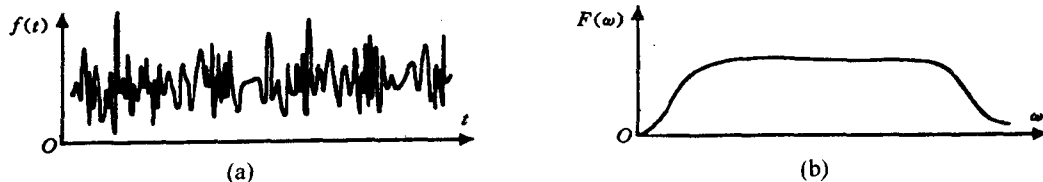


图 2-3 非周期性视频信号及其频谱图

四、信号频带

通过上述分析可知, 一个周期性信号可以用它的傅氏级数来代替。而实际进行信号分析时, 不可能也没有必要取无限多次谐波项, 而只用有限次的谐波项近似表示。如图 2-4 所