

数字通信与 网络技术

Digital Communication and
Network Technology

李树广 编著

and

Network

Digital
Communication

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

数字通信与网络技术

Digital Communication and Network Technology

李树广 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书分为 21 章,第 1~7 章主要介绍数字通信与传输信道、信号采样与变换、信号调制与解调、信号载波与传输、多址复用技术、通信媒体与传送特性;第 8~12 章主要介绍移动通信网络、GSM 通信网络、卫星通信、GPS 定位与卫星导航系统、公共通信网络;第 13~16 章主要介绍网络系统结构与协议、局域网、广域网、Internet、高速网络组合、网络系统技术开发与优化;第 17~21 章介绍网络操作系统、各类计算机网络系统的应用与技术开发、蓝牙通信技术、网格技术、计算机网络的安全与管理、网络系统规划与设计。

本书的每一章都适当增加了专业理论深度与最新实用技术,以适应从事本专业领域的工程技术及研究人员的需要。

本书可作为电子信息通信、计算机科学、自动控制工程、工业自动化等专业研究生的教材或教学参考书,也可作为本专业领域工程技术及研究人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字通信与网络技术/李树广编著. —北京:电子工业出版社, 2009.2
ISBN 978-7-121-07689-3

I. 数… II. 李… III. 数字通信 IV. TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 171325 号

责任编辑:王春宁

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:35.5 字数:900 千字

印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言

数字通信与网络技术,是目前自然科学中发展最快的科学技术之一。计算机与通信网络互连构成的计算机通信网络系统,把距离和时间缩小到零,把整个社会紧密结合在了一起,大大降低了人们物理位置靠近的必要性,改变着人们的生活、学习和工作方式。如今,计算机通信网络已遍布全球,对人类社会的发展产生了巨大的影响。人们在面临计算机网络技术迅速发展的同时,也面临着网络建设发展的挑战。如何掌握数字通信与网络技术知识,如何开发更新通信网络系统,根据需要规划设计网络系统,使其充分发挥网络系统的作用,取得更大的社会效益,成为计算机与网络技术人员在网络建设中迫切需要解决的课题。

本书是通信与计算机科学、控制工程学科与自动化学科的重要前沿课题之一。作者多年来在国内外从事本学科的科研与教学,结合在实际工作中遇到的问题和解决的经验,在本人的研究生课程《计算机通信》教学讲义的基础上,参考了国内外多部著作和文献,融入部分最新科研成果,著成《数字通信与网络技术》一书,作为本学科的教学与科研人员的参考书。本书的目的是使本领域的科研技术人员,全面理解数字通信与网络系统的理论与技术知识,掌握有线通信、无线通信、移动通信与卫星数字通信技术、计算机网络系统拓扑结构与信息安全技术,掌握工业计算机网络系统、有线计算机网络、无线移动计算机网络、卫星数字通信网络、蓝牙通信技术与网格通信技术等,使本领域的科研技术人员能够跟踪本学科前沿科学的发展,以适应从事本专业的工程技术人员及研究人员的需要。

本书分为 21 章,主要介绍数字通信与网络技术与理论;网络系统拓扑、局域网、广域网、网络互连、数据安全等知识和技术;掌握客户-服务器环境下的组网和编程方法;了解工业计算机网络系统、有线计算机网络、无线移动计算机网络、卫星数字通信网络、蓝牙通信技术、网格计算技术等;有线通信、无线通信、移动通信、GSM 通信系统的优化、卫星通信,以及由卫星测量与通信系统构成的 GPS 定位与导航技术等。

本书适当加深了专业理论知识的深度与最新实用技术,以适应从事本领域的教学与科研人员的需要和本领域飞速发展的需要。

在本书的编写过程中,王玲玲、李珺喆、田慧、田春华、孙禾、傅有炜等同志在书稿打印、制图与校核等方面做了很多的工作,特此致谢。

由于篇幅有限,不能对各部分都作详细的介绍,请见谅。若有错误和不当之处,敬请批评指正。

作者:李树广
上海交通大学
2008 年 7 月

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 数字通信技术的发展与应用	(1)
1.2 计算机与通信网络的结合	(3)
1.3 计算机网络的体系结构	(7)
1.4 计算机网络的分类	(10)
1.5 通信网络技术的展望	(11)
思考题	(12)
第 2 章 数字通信与传输信道	(13)
2.1 数据通信与通信信道	(13)
2.2 信道与数据通信	(14)
2.3 信道的分类与功能	(16)
2.4 数据通信系统的主要技术指标	(21)
2.5 模拟信号与数字信号传输	(23)
2.6 数字信号传输系统	(25)
2.7 基带数字信号与编码	(27)
2.8 信道共享与链路网络	(31)
2.9 基于排队的共享	(34)
2.10 数据交换技术	(34)
2.11 共享广播信道	(35)
2.12 差错控制机制	(35)
思考题	(36)
第 3 章 信号采样与变换	(37)
3.1 信号采样	(37)
3.2 信号的混叠现象	(38)
3.3 模拟脉冲调制方式	(38)
3.4 采样电平量化	(39)
3.5 PCM 通信方式	(41)
3.6 波形编码与矩阵生成	(46)
3.7 生成矩阵	(49)
3.8 A/D 与 D/A 变换器	(53)
思考题	(55)
第 4 章 信号载波与传输	(56)
4.1 信号调制与载波技术	(56)
4.2 单边带调制方式与残留边带调制方式	(57)

4.3 信号调制与解调	(58)
4.4 信号检测与解调	(60)
4.5 匹配滤波器	(62)
4.6 最佳差错性能	(66)
4.7 滤波器	(70)
思考题	(76)
第5章 信号调制与解调	(77)
5.1 数字带通调制	(77)
5.2 数字信号调制方式	(77)
5.3 信号的调制与载波	(78)
5.4 网格编码调制	(85)
5.5 网格编码	(87)
5.6 TCM 编码	(88)
5.7 带宽受限信道的调制与编码	(90)
5.8 多维网格编码调制	(92)
5.9 FM 波的频谱特性	(92)
5.10 相关接收器	(95)
5.11 调制器的正交实现	(100)
思考题	(104)
第6章 通信媒体与传输特性	(105)
6.1 有线系统的信号传输特性	(105)
6.2 发射与接收天线	(108)
6.3 通信的物理信道	(113)
6.4 功率控制	(116)
6.5 IS-95 切换技术	(117)
6.6 cdma2000 系统	(119)
6.7 cdma2000 系统特征	(123)
思考题	(124)
第7章 通信信道与多路复用技术	(125)
7.1 信道资源的分配	(125)
7.2 频分复用与频分多址方式	(126)
7.3 空间分割和极化分割多址技术	(129)
7.4 扩频技术	(131)
7.5 多址接入	(134)
7.6 跳频系统	(138)
7.7 FFH/MFSK 解调器	(139)
7.8 码分多址	(143)
7.9 FCC-15 扩频系统规范	(145)
7.10 直接序列扩频与跳频扩频	(145)

7.11 IS-95 CDMA 数字蜂窝系统	(146)
7.12 发射机功能	(148)
7.13 接收机	(152)
7.14 多用户检测	(153)
7.15 Rake 接收机	(153)
7.16 CDMA 接收与发射机	(154)
思考题	(159)
第 8 章 移动通信与计算机系统网络	(160)
8.1 移动通信系统的概况	(160)
8.2 信号通信的多重化方式	(166)
8.3 CDMA 蜂窝网的关键技术	(167)
8.4 窄带 CDMA 通信系统	(173)
8.5 IS-95 CDMA 逻辑信道	(179)
8.6 IS-95 CDMA 呼叫处理	(180)
8.7 IS-95 CDMA 中信令的应用	(184)
8.8 传呼机及其网络结构	(186)
8.9 移动通信的发展	(187)
思考题	(188)
第 9 章 GSM 通信网络系统与优化	(189)
9.1 GSM 发展历史和技术规范	(189)
9.2 GSM 网络编码	(193)
9.3 无线电波传播	(195)
9.4 信道分类	(199)
9.5 GSM 空中控制技术	(202)
9.6 GSM 的信令与协议	(204)
9.7 GSM 系统网络优化	(214)
9.8 双频网络优化	(219)
思考题	(221)
第 10 章 卫星通信	(222)
10.1 卫星通信的发展	(222)
10.2 卫星通信系统的组成	(222)
10.3 多址技术	(229)
10.4 星载和地面站设备	(233)
10.5 通信地面站设备	(237)
10.6 VSAT 网络结构和地面设备	(244)
10.7 卫星移动通信系统	(250)
10.8 卫星系统中 TCP/IP 技术与协议	(255)
10.9 地球站标准	(263)
10.10 广播通信卫星系统	(264)

第 11 章 GPS 定位与卫星导航系统	(272)
11.1 卫星定位与导航技术	(272)
11.2 GPS 的组成	(277)
11.3 卫星导航与 GPS 定位原理	(280)
11.4 求解运动体的速度	(298)
11.5 用卡尔曼滤波法确定用户位置和速度	(300)
11.6 卫星运动瞬时速度计算	(301)
11.7 系统状态	(302)
11.8 GPS 卫星系统的操作控制	(307)
11.9 导航载荷	(309)
11.10 GPS 卫星信号的特性	(310)
11.11 卫星信号的截获与跟踪	(316)
11.12 GPS 导航系统	(320)
11.13 GPS 导航技术应用	(321)
第 12 章 通信网络的信息传输与交换	(322)
12.1 通信网络的构成	(322)
12.2 回路交换与分组交换	(323)
12.3 计算机通信与多媒体通信—ISDN 与网络	(325)
12.4 LAN	(328)
12.5 ATM 方式与超高速通信因特网——21 世纪的方式	(329)
思考题	(331)
第 13 章 计算机网络系统结构与协议	(332)
13.1 网络体系结构	(332)
13.2 网络层	(338)
13.3 传输层	(347)
13.4 高层协议	(356)
思考题	(361)
第 14 章 计算机局域网	(362)
14.1 局域网的特点	(362)
14.2 计算机局域网与多用户分布式系统	(363)
14.3 局域网参考模型与体系结构	(364)
14.4 IEEE 802.3 标准: 总线局域网	(369)
14.5 IEEE 802.5 标准: 令牌环局域网	(375)
14.6 IEEE 802.4 标准: 令牌总线网	(378)
思考题	(382)
第 15 章 网络互连与 Internet	(383)
15.1 网络互连	(383)
15.2 网络互连设备	(386)
15.3 局域网与广域网互连技术	(394)

15.4	广域网互连	(397)
15.5	中国分组交换网——Chinapac 网	(399)
15.6	局域网与广域网互连	(400)
15.7	Internet 网络	(400)
	思考题	(411)
第 16 章	高速网络与组网技术	(412)
16.1	高速局域网技术	(412)
16.2	高速以太网技术	(413)
16.3	光纤分布式数据接口 FDDI	(415)
16.4	分布式队列双总线 DQDB	(419)
16.5	综合业务数字网 ISDN	(422)
16.6	帧中继 FR 和交换式多兆比特数据服务 SMDS	(431)
	思考题	(434)
第 17 章	网络操作系统	(435)
17.1	Novell 网络及操作系统概述	(435)
17.2	Windows NT 网络操作系统及组建	(439)
17.3	Windows NT 网络的组建	(443)
17.4	RAS 客户和 RAS 服务器的连接方式	(447)
17.5	Windows XP 的新增功能	(450)
第 18 章	蓝牙通信技术	(455)
18.1	蓝牙通信技术概述	(455)
18.2	蓝牙技术特点	(455)
18.3	频段和信道规定	(457)
18.4	物理信道、链路和分组	(457)
18.5	逻辑信道	(460)
18.6	蓝牙规范	(461)
18.7	逻辑链路控制和适配协议规范	(463)
18.8	系统操作	(463)
18.9	主机控制器接口功能	(466)
18.10	蓝牙剖面构成	(467)
18.11	内部通信剖面	(471)
18.12	局域网接入剖面	(472)
18.13	硬件模块与软件结构	(473)
18.14	蓝牙技术应用	(477)
18.15	蓝牙协议栈产品	(482)
18.16	BlueStack	(483)
18.17	BTSWS 蓝牙协议栈	(484)
18.18	T-BTS 协议栈	(485)
18.19	开发系统	(486)

第 19 章 计算机网络技术	(489)
19.1 计算网格与数据网格.....	(489)
19.2 多领域科学对网格的需求.....	(491)
19.3 网格应用.....	(492)
19.4 网格体系结构.....	(494)
19.5 网格体系结构以及与其他分布式技术的关系.....	(497)
19.6 Web 服务与网格服务之间的关系	(498)
19.7 OGSA 平台组件.....	(498)
19.8 网格服务和客户编程模型.....	(501)
19.9 网格服务和服务器编程模型.....	(501)
19.10 分布式数据访问及复制	(502)
19.11 概念模型	(503)
19.12 服务实现	(503)
19.13 系统级服务	(504)
19.14 Globus T3 资源优化及高层服务.....	(505)
19.15 数据管理服务	(508)
第 20 章 计算机网络的安全与管理	(509)
20.1 通信数据的加密技术.....	(509)
20.2 数字签名.....	(515)
20.3 密钥分配协议.....	(515)
20.4 在 OSI 环境下的安全措施	(517)
20.5 基于散列技术的鉴别.....	(519)
20.6 病毒、蠕虫和黑客.....	(519)
20.7 感染文件.....	(519)
20.8 防火墙技术.....	(521)
20.9 网络管理.....	(525)
思考题	(528)
第 21 章 网络系统规划与设计	(530)
21.1 网络系统集成的基本概念.....	(530)
21.2 网络系统集成的目标、方法和内容.....	(530)
21.3 网络规划与设计.....	(531)
21.4 系统组网时应考虑的技术问题.....	(539)
21.5 网络系统设计范例介绍.....	(548)
思考题	(551)
参考文献	(553)

第1章 概 论

随着现代电子技术与信息科学的发展,数字通信与网络技术成为现代自然科学中发展最快的科学领域。现代信息通信网络,大大提高了通信线路的速度,改善了通信质量,实现了全数字化、宽频带、多媒体信息的高速传输及计算机、电视和电话通信的三位一体化。这种互连的计算机网络,把距离和时间缩小到零,降低了人们物理位置靠近的必要性,通过网络把整个社会紧密结合在一起,它改变了人们传统的生活观和工作方式,对人类社会的发展产生了深刻的影响。信息的网络化,不仅有利于信息的通信,还有利于信息的永久性保存和传播。当今,人们如何根据需要规划设计网络系统、开发网络应用技术、充分发挥网络系统的作用,使其取得最大的社会效益,已成为计算机网络科学领域迫切需要解决的问题。

1.1 数字通信技术的发展与应用

电气信号通信起始于18世纪中期。1838年,莫尔斯(S.F.Morse)发明了电报机和莫尔斯电码,这就是数字通信科学的开始。莫尔斯把电信号利用电波作载波进行发送,发明了无线电报。特别是泰坦尼克号客船遇难以来,无线电报成为航海船舶重要的通信手段。

自1920年开始,人们使用电波模拟发送方法,在美国匹兹堡利用声音波形调幅方式进行广播。

1925年建起东京广播电台和远程国际无线电话,发明了可以传送图像的电视机。

1928年彩色电视机的出现,奠定了现代彩色电视播送的基础。

1957年,前苏联的同伴者号(Sputnik)卫星发射成功,引发了世界性的宇宙开发竞争。同伴者号发射后,1960年美国最早开始使用卫星进行远距离中转通信,两年后发展成现在的通信卫星使用的能动传播方式,进而构成了现在的多信道宽带综合通信卫星工作方式。

1977年美国蜂窝式移动转播通信方式与交换技术研制成功,使无线移动通信技术得到快速发展。

1979年日本低损耗光纤的研制成功,使光束通信方式得到快速的发展与普及。

1982年开始,通信方式由模拟通信方式向数字通信方式转化,彩色电视转播方式开始由模拟方式向高清晰度数字电视发展,由此而引起声音信号与视频图像信号及信息通信领域全面向数字化发展。

卫星通信技术的产生使船舶通信、列车电话、汽车电话等移动通信技术产生了飞跃发展。以个人所拥有的移动通信终端、PHS、移动电话,以及通过无线移动电话进行连网的移动计算机网络系统在社会上已经普及。就像多媒体那样,不仅声音,还包括图像、数据通信、计算机网络系统等也能用于移动通信的终端设备。如今,通信技术正朝着覆盖全球的多元化技术与多目的化的方向发展。

1.1.1 数字通信技术应用

1. 电缆通信

电缆用于长途通信已有 60 年的历史。电缆通信中主要采用模拟单边带调制 (SSB) 和频分多路复用 (FDM) 技术。自从数字电话问世以来, 各国都在大力发展脉冲编码调制技术与时分多路信号在同轴电缆中的基带传输技术, 电缆的数字电话容量可达 9 600 路。

2. 光纤通信

光纤通信具有容量大、成本低, 抗电磁干扰能力强, 与同轴电缆相比, 可以大量节约有色金属和能源。自 1977 年世界上第一个光纤通信系统在芝加哥投入运行以来, 光纤通信发展极为迅速, 世界各国和国际通信干道。由于通信激光器和单模光纤的诞生, 每芯光纤的通信容量已达上百万路, 中继距离超过 100 km 以上。光纤通信的主要发展方向是单模长波长光纤通信技术、大容量数字通信技术和相干光通信技术。

3. 无线通信

在合适的距离范围内, 可以采用地面发送器与接受设备, 用低频无线电波取代电线连接进行通信。例如, 为了连接分散在一个区域里的数字信号采集装置和计算机设备, 或是把本地的计算机连接到远程计算机网络; 一个室内的计算机可以通过无线集线器、无线路由器与无线网卡进行连网通信; 一部汽车或电车内可以通过蓝牙技术进行连网控制, 都可以采用无线连网通信技术。无线通信网络系统如图 1-1 所示。

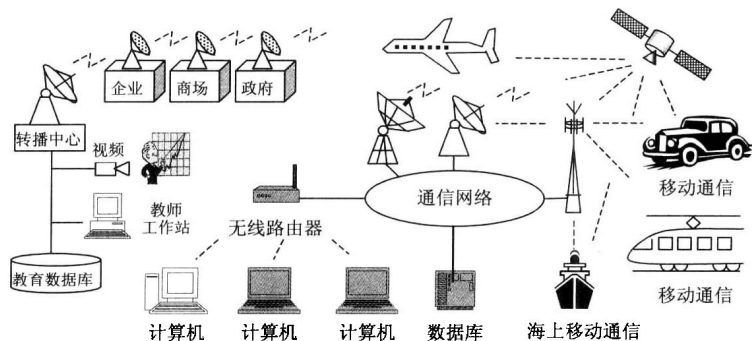


图 1-1 无线通信网络

4. 微波中继通信

微波通信是 20 世纪 60 年代开始发展, 它弥补了同轴电缆的缺点, 可达到同轴电缆无法铺设的地区。在同轴电缆发展的同时, 微波通信也成为美国、苏联、日本等国的国内长途电话和电视广播的主要传输手段。如今电话的微波通信容量每频道可达 9 400 路, 主要采用 SSB/FM/FDM 调制方式。采用多电平调制, 在 100 MHz 的标准间隔内可传送 5 000~15 000 路脉冲编码调制数字电话。目前通信频率可达到 2.4 GHz, 远远超过了模拟微波通信的容量。

5. 卫星通信

卫星通信的特点是通信距离远, 覆盖面积大, 不受地形条件限制, 传输容量大, 可靠性

高。自 1965 年第一颗国际通信卫星投入运行以来, 卫星通信得到迅速的发展, 现在第六代通信卫星已经投入使用。目前, 许多国家都拥有卫星通信系统, 卫星通信范围已遍及全球, 仅国际卫星通信组织就拥有上百万条话路, 80% 的洲际通信业务和 100% 的远距离电视传输业务均采用卫星通信。

卫星通信中目前大量使用的是模拟调制、频分多路和频分多址工作方式。如同其他通信技术一样, 其发展方向也是采用数字调制、时分多路和时分多址技术。目前, 卫星通信正在向更高频段发展, 采用多波束卫星和星上处理技术。

6. 移动卫星通信

移动卫星通信是现代通信中发展最为迅速的一种通信手段, 它是与汽车、飞机、轮船、列车等交通工具的发展而同步发展起来的。近年来, 在微电子技术计算机技术高速发展的推动下, 移动卫星通信从过去简单的无线对讲或广播方式发展成为一个集有线、无线、计算机网络系统为一体、固定与移动相互连通的世界规模的通信系统。移动卫星不仅用于通信, 目前被主要应用于测量, 地面与空间定位, 以及导航。

1.1.2 计算机系统的发展

1946 年发明了世界第一台真空管 ENIAC 计算机, 当时主要用于第二次世界大战中计算弹道(导弹)轨迹。

1960 年新一代的计算机产生, 才真正用于生产科研计算。在机械化与电气化时代, 人们用机械代替了部分体力劳动, 而计算机的诞生, 使得人们用它部分地代替了人的脑力劳动。

20 世纪 70 年代, 个人计算机(PC)问世。80 年代, 我国长城中型计算机研制成功。

20 世纪 80 年代后期, 分布式计算机系统和大型并行运算计算机系统开始问世, 其多种多样并涉及不同的系统体系结构。对一些用户来说, 一个分布式计算机系统, 是为解决一个个单一问题而密切结合在一起工作的多处理机的集群。对另一些用户来说, 一个分布式系统, 可能意味着一个由地理位置分散的各自独立的多处理机组成的计算机网络。

1.2 计算机与通信网络的结合

公共通信的线路交换工作是由计算机进行控制, 采用计算机网络通信, 不仅大大提高了通信线路的利用率, 改善了通信质量, 而且为实现全数字化、宽频带、多媒体信息的高速传输及计算机、电视机、电话的三合一奠定了基础。计算机通信原理如图 1-2 所示。

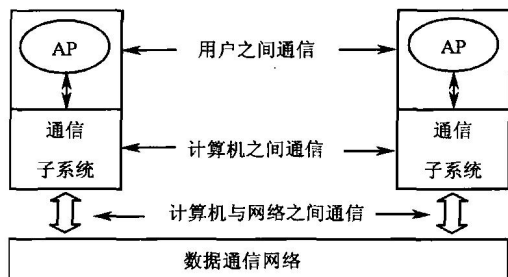


图 1-2 计算机通信原理

1.2.1 计算机网络系统的发展

20 世纪 60 年代初,人们利用通信线路把计算机与远方的终端连接起来,形成了具有通信功能的终端——计算机网络系统,称为计算机通信网络。

1969 年,美国国防高级研究计划局(DARPA)建立了世界上第一个分组交换网 ARPANET,即 Internet 的前身,这是一个节点式存储转发方式的分组交换广域网,是为了验证远程分组交换网的可行性而进行的一项实验工程。分组交换与电路交换相比,具有线路利用率高、可进行数据率的转换、便于数据流量控制及优先权的使用等优点。

20 世纪 70 年代,随着计算机技术的高速发展,1974 年英国剑桥大学开发的“剑桥环网”(Cambridge Ring)问世,1975 年美国的 Xerox 公司研制成功第一个总线竞争型实验性以太网(Ethernet)。这两种网为计算机系统局域网的理论、方法和实现技术奠定了基础,对促进局域网的发展起到了重要的作用。

1978~1979 年,美国国防部的高级研究计划局组织有关专家开发 ARPANET 第三代协议,即 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol,传输控制协议/互联网协议),并于 1983 年在 ARPANET 上正式使用。TCP/IP 的广泛采用是 Internet 迅速发展的重要原因。

国际标准化组织(ISO)于 1978 年提出了开放系统互连参考模型(OSI/RM),即 OSI 网络体系结构,以推动网络标准化的工作。

20 世纪 80 年代,计算机开始与通信结合,计算中心服务模式逐渐让位于计算机网络模式。

20 世纪 80 年代末~90 年代初,Internet、万维网、Windows NT 网问世。

1989 年,我国从法国 SESA 公司引进第一台 Chinapac 网络系统设备。

1993 年,我国从加拿大北方电讯公司引进 DON-100 网络系统设备。

1.2.2 计算机通信网络的形成

计算机通信网络的形成分为 4 个阶段。

第一阶段:计算机技术与通信技术相结合,形成了初期的计算机网络模型。此阶段网络应用的主要目的是提供网络通信,保证网络连通。

第二阶段:在计算机通信网络的基础上,完成了网络体系结构与协议的研究,形成了完整的计算机网络。此阶段网络应用的主要目的是提供网络通信、保证网络连通、网络数据共享、网络硬件设备与资源共享。

第三阶段:解决了计算机连网与互连标准化问题,提出了符合计算机网络国际标准的“开放式系统互连参考模型”(OSI/RM),从而极大地促进了计算机网络技术的发展。此阶段网络应用的主要目的已经发展成为社会提供信息共享服务的信息服务时代。

第四阶段:计算机网络向互连、高速、智能和全球化发展,并且迅速得到普及,实现了全球化网络的广泛应用。

1.2.3 计算机通信网络技术的发展

计算机网络从 20 世纪 60 年代诞生以来,经历了计算机网络互连的初期、ARPANET 的诞生、NSFNET 网的建立及 Internet 在全世界的形成和发展等阶段。

1. 面向终端的计算机通信网

用一台计算机专门进行数据处理,用一台通信处理机或前端处理机 (Font End Processor FEP, 线路控制器),或称通信控制处理机 (Communication Control Processor, CCP),通过调制解调器与远程终端相连。然后在终端设备较集中的地方设置一台集线器 (Hub),终端通过低速线路先汇集到集线器上,再用高速线路将集线器连到主机上。

通信控制处理机完成全部通信任务。在通信线路上为串行传输,而在计算机内部为并行传输,计算机专门进行数据处理,如图 1-3 所示。

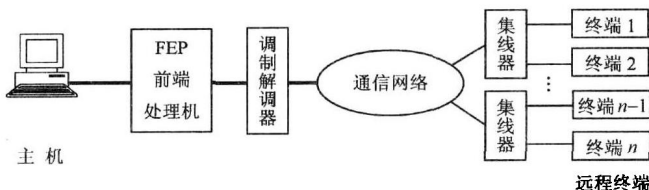


图 1-3 面向终端的计算机通信网络

调制解调器用于把终端或计算机的数字信号转变成可以在电话网上传输的模拟信号。这种网络本质上是以单机为中心的星状网,各终端通过通信线路共享主机的软件和硬件资源。

2. 分组交换网

分组交换 (Packet Switching) 也称数据包交换,它是现代计算机技术的基础,如图 1-4 所示。计算机网络是通过电话网进行数据传输的,电话传输是采用电路交换,即通过电路转换,在两个用户之间建立一条专用通信线路,在通话时间内,用户始终占用端到端的固定线路直到通话结束。这种方式不适合传输计算机或终端的数据。

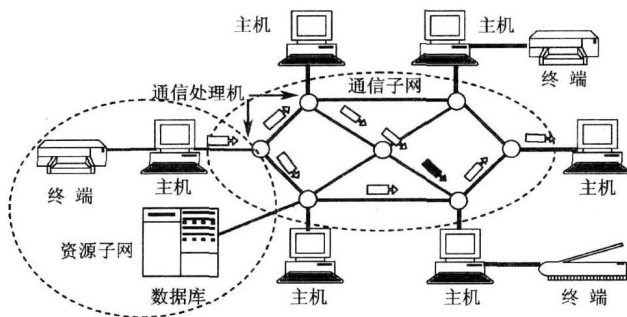


图 1-4 分组交换网示意图

(1) 计算机信号是不连续的,它与电话传送的连续信号不同,具有突发性和间歇性,传送信号所占用时间很少,往往不到 10%甚至 1%,在绝大部分时间里,通信线路处在空闲状

态。但是,不论线路是否在传输数据都要收费。

(2) 电路交换建立通路的时间为 $10\sim 20\text{ s}$,而对于计算机传输数据的时间仅为 0.5 s ,这种通信方式对时间的浪费太大了。

(3) 电路交换很难适应各种不同类型、规格和速率的终端和计算机之间的通信,必须在终端与计算机之间经过缓冲寄存器暂存后,然后经过适当变换再进行接收或发送。

(4) 计算机通信要求可靠性高,需要差错控制,电路交换难以做到。

因此,为了解决以上问题,必须寻找适合于计算机通信的交换技术,才能适应计算机网络技术的发展。1964年,巴兰(Baran)提出分组交换的概念。

1969年12月,美国的分组交换网 ARPANET 投入运行,从此,计算机数据通信技术产生了一个飞跃,标志着计算机网络技术进入了一个崭新的阶段。

分组交换采用存储转发分组交换技术,实际上采用的策略是断续分配传输通道。

3. 资源子网

资源子网是由主计算机系统、终端、终端控制器、连网外设、软件资源和数据资源组成。网络中的主计算机主要负责数据处理与网络控制。资源子网负责网络的数据处理和向网络用户提供网络资源及网络服务等。

4. 通信子网

在局域网和广域网中,通信子网是由传送处理控制为主要功能的转发控制专用计算机,主机由接口控制器(网卡、接口板)和传输线路所构成。转发控制专用计算机连接两条或多条传输线路,控制主机之间的数据转发,相当于电话系统中的程控交换机。在分组交换网中,转发控制计算机称为常用分组交换节点(Packet Switch Node, PSN)、中间系统(Intermediate System, IS)或分组交换机(Packet Switching Exchange, PSE)。在 ARPANET 网中称为接口报文处理机(Interface Message Processor, IMP)或者通信控制处理机。在互联网系统中称为互联网路由器(Internet Router)或者互联网关(Internet Gateway),简称 IP 网关。在应用 TCP/IP 的互联网中,称为协议转换器,用于实现互联网中不同协议的转换。通信子网中主要有以下几种设备:

(1) 通信控制处理机:通信控制处理机也称前端处理机(FEP),主要作用是控制本模块与终端设备之间的数据传输,以及对终端设备之间的通信线路进行管理,主要功能有线路传输控制、差错检测与恢复、路径选择与流量控制、代码转换以及数据帧的装配与拆卸等。

(2) 集线器:集线器的作用是把多个终端经通信线路集中起来,连接到高速线路上,经高速线路与通信控制处理机连接,以便提高通信效率。其主要功能是差错控制、代码转换、信息缓存与电路转换等,一般由小型机或微型机担任。

(3) 调制解调器:调制解调器(Modem)是把数字信号变换为模拟信号,或把模拟信号变换为数字信号的装置。

(4) 网络传输线路:通信线路可以为传输线、同轴电缆、光纤等有线通信线路,也可采用微波通信、卫星通信和移动通信等无线通信线路。

ARPANET 的成功使面向终端的计算机网转变为以通信子网为中心的分组交换网,分组交换网的示意图如图 1-4 所示。主机和终端处于网络外围,构成用户资源子网。用户不仅共享通信子网资源,还可共享通信子网资源的硬件和软件,这就构成了今天著名的全球性网络