

计算机教育丛书

谭浩强 主编

● 吴功宜 ● 吴 英 著

计算机网络教程

计算机网络系列



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

内 容 提 要

为适应读者对网络应用基础知识与网络系统集成技术学习的需要,本书系统地讨论了计算机网络的基本概念、数据通信基础知识、网络体系结构、局域网及应用技术、网络互连、Internet 与 Intranet,以及网络安全与网络管理技术。

本书语言流畅,内容丰富,注重理论与实践的结合,力求反映网络技术的最新发展,每章附有习题,书后附有参考答案。本书既可作为计算机专业或非计算机专业的本科、专科生教材,也可作为各类网络与通信技术培训班教材,同时也可供从事计算机应用与信息技术的工程人员、管理干部学习时使用。

丛 书 名: 计算机教育丛书 计算机网络系列

书 名: 计算机网络教程

著 者: 吴功宜 吴英

责任编辑: 徐堃

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京天竺颖华印刷厂

装 订 者: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社出版、发行 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话: 68214070

经 销: 各地新华书店经销

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.25 字数: 360 千字

版 次: 1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4833-7
TP·2354

定 价: 18.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

《计算机教育丛书》序

90年代初,在我国出现了第二次计算机普及高潮。与80年代初出现的第一次计算机普及高潮相比,这次高潮具有全方位、多层次的特点,各行各业的人都迫切地要求学习计算机知识,掌握计算机的应用。计算机知识已成为当代知识分子知识结构中不可缺少的重要组成部分了。计算机既是先进科学技术的结晶,又是大众化的工具。这个特点只有计算机才具备。

过去,计算机只能为少数人所掌握,今天我们要向全中国千百万人民群众普及计算机知识。我们的目标是:把计算机从少数专家手中解放出来,使之成为广大群众手中的工具。我们要破除对计算机的神秘感。实践表明:具有高中以上文化程度的人,是很容易学会计算机的初步操作和应用的。

当然,计算机的应用是分层次的,不同的人在不同的层次上使用着计算机。计算机科学技术内容极为丰富,浩如翰海,它的发展又极为迅速,要在短时期内全部、深入地掌握计算机的知识和应用,几乎是不可能的,我们必须循序渐进、由浅入深、逐步提高。我们说,入门不算难,提高需要下功夫。

对各行各业学习计算机的人员来说,学习计算机的目的是为了应用。应当强调:以应用为目的,以应用为出发点,根据不同工作岗位的特点,需要什么就学什么。实践证明,从学习计算机的应用入手,是学习计算机知识的捷径。

普及计算机教育需要有适用的教材和参考用书。它们应当百花齐放,风格各异,让读者在琳琅满目的书架上能找到自己所需要的书。几年前,我们开始出版《计算机教育丛书》,根据读者的需要,陆续出版了十几本书(主要是供大学生用的教材),受到社会广大读者的欢迎。许多读者热情地鼓励我们扩展题材,区分层次,不拘一格,推动应用。我们愿意为推动计算机教育与普及贡献自己绵薄之力。

本丛书的作者多数在各高等学校或研究单位工作,是具有丰富教学和研究经验的专家、教授,其中有的同志在我国计算机教育界中享有盛名,颇有建树,并且编写过多种计算机书籍。本丛书的对象主要是计算机的初、中级应用人员和初学者。我们力图用通俗易懂的语言把复杂的计算机概念说清楚。

本丛书在电子工业出版社,暂定六个系列:①高校非计算机专业教材系列(由谭浩强负责);②个人电脑系列(由秦笃烈负责);③流行软件系列(由周山芙负责);④大学计算机公共课系列(由史济民、宋国新负责);⑤硬件技术系列(由王耆、王启智负责);⑥计算机网络系列(由刘瑞挺、吴功宜负责)。以后将根据需要增加新的系列。

由于我们水平所限,加之计算机技术发展十分迅速,本丛书必然会有不足之处甚至会出现一些错误,诚恳地欢迎广大专家、读者提出意见。

本丛书的出版得到全国高等院校计算机基础教育研究会、电子工业出版社、贝斯克电脑图书中心的大力支持与帮助,在此表示感谢。

《计算机教育丛书》

谭浩强

丛书编委会

主 任 谭浩强

副主任 刘瑞挺 吴文虎 王明君

委 员 (按姓氏笔划为序)

王 洪 王 耆 王启智 史济民

边奠英 朱桂兰 刘百惠 刘祖照

吴功宜 陈美玲 周山芙 张基温

赵鸿德 高 林 徐士良 秦笃烈

薛淑斌

前 言

计算机网络是当今计算机科学与工程中迅速发展的新兴技术之一,也是计算机应用中一个空前活跃的领域。计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合而形成的一门交叉科学。目前,网络技术已广泛应用于办公自动化、企业管理与生产过程控制、金融与商业电子化、军事、科研、教育信息服务、医疗卫生等领域。Internet 技术发展迅速,全球性信息高速公路建设的浪潮正在兴起。人们已经意识到:计算机网络正在改变着人们的工作方式与生活方式,网络与通信技术已成为影响一个国家与地区经济、科学与文化发展的重要因素之一。计算机网络作为支持未来全球信息基础结构 GII 的主要技术之一,已经引起全社会广泛的关注。我国信息技术与信息产业的发展,需要大量掌握计算机网络与通信技术的人才。因此计算机网络已经成为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与信息技术的研究、应用人员应该掌握的重要知识之一。

计算机网络作为一门交叉科学,涉及计算机技术与通信技术两个学科。网络技术经过近 30 年的发展,已经形成了自身比较完善的体系。目前该技术发展迅速,应用广泛,知识更新快。如果用“日新月异”来描述网络技术的发展一点也不显得过分。以异步传输模式 ATM 为代表的高速网络技术和以 Internet 为代表的网络应用技术,使得网络技术发展到了一个更高的阶段。为了适应计算机网络课程学习的要求,作者根据多年教学与科研实践经验编写了本书,希望给广大读者提供一本既能保持教学的系统性,又能反映当前网络技术发展最新成果的教科书。全书共分九章。第 1 章讨论了计算机网络的基本概念,这是全书的基础。第 2 章讨论了数据通信与广域网技术,为初学者奠定了数据通信技术基础,同时系统地介绍了广域网的基本知识。第 3 章讨论了网络体系结构与网络协议的基本概念,对 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型进行了分析与比较。第 4 章讨论了局域网技术,对共享局域网、交换局域网、虚拟局域网技术及局域网组网技术进行了系统的讨论。第 5 章对局域网操作系统的发展、分类、基本服务功能进行了系统的讨论,并介绍了几种常用的局域网操作系统的特点。第 6 章介绍了客户机/服务器计算模式的概念、原理与应用。第 7 章讨论了网络互连的概念与实现方法,并介绍了 ATM 局域网仿真与多协议互连技术。第 8 章介绍了 Internet 的基本服务功能、用户接入方式,讨论了 Intranet 的原理、结构与应用。第 9 章系统地讨论了网络安全、防火墙技术与网络管理。为了使读者能检查学习效果,每章附有习题,书后附有各章习题的参考答案。

本书在编写过程中注意保持了教学内容的系统性,同时以 ATM 与 Internet 技术为主线,加入了高速网络技术、网络系统集成方法、Internet/Intranet 工程、网络安全与网络管理等新内容,力求能反映网络的最新发展成果。在本书编写过程中,作者主要参考了 1996 年以来的文献资料。在写作中,作者力求做到层次清楚,语言简洁流畅,内容丰富,既便于读者循序渐进地系统学习,又能使读者了解到网络技术新的发展,希望本书对读者掌握网络应用技术有一定的帮助。

本书的第 1、2、3、4、7、9 章由吴功宜执笔完成,第 5、6、8 章由吴英执笔完成。书中的插图全部由吴英完成,全书由吴功宜统编。

本书在编写过程中得到了谭浩强教授、刘瑞挺教授的关心与帮助,同时也得到了徐敬东副

教授与张建忠、曹勇先生的多方帮助,在此谨表衷心的感谢。

限于作者的学术水平,错误与不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者 1998 年 3 月 12 日于南开大学

目 录

第 1 章 计算机网络概论	(1)
1.1 计算机网络的形成与发展	(1)
1.1.1 计算机网络发展阶段的划分	(1)
1.1.2 计算机网络的形成	(2)
1.1.3 ARPANET 与分组交换技术	(3)
1.1.4 网络体系结构与协议标准化的研究	(5)
1.1.5 Internet 的应用与高速网络技术的发展	(6)
1.2 计算机网络的定义	(7)
1.2.1 计算机网络定义的基本内容	(7)
1.2.2 计算机网络与分布式系统的区别	(8)
1.3 计算机网络的分类	(9)
1.3.1 根据网络传输技术进行分类	(9)
1.3.2 根据网络的覆盖范围进行分类	(10)
1.4 计算机网络拓扑构型	(10)
1.4.1 计算机网络拓扑的定义	(10)
1.4.2 网络拓扑分类方法	(11)
1.5 典型计算机网络	(12)
1.5.1 ARPANET	(12)
1.5.2 NSFNET	(13)
1.5.3 Internet	(14)
1.6 数据通信服务	(15)
1.6.1 未来通信子网应具备的特征	(15)
1.6.2 交换多兆位数据服务 SMDS	(15)
1.6.3 X.25 网	(16)
1.6.4 帧中继	(17)
1.6.5 B-ISDN	(18)
1.6.6 异步传输模式 ATM	(19)
1.7 计算机网络的应用	(21)
1.7.1 计算机网络在企业、机关信息管理与信息服务中的应用	(21)
1.7.2 计算机网络在个人信息服务中的应用	(22)
1.8 计算机网络的应用带来的社会问题	(23)
习题	(24)
第 2 章 数据通信与广域网技术	(27)
2.1 数据通信的基本概念	(27)
2.1.1 信息、数据和信号	(27)

2.1.2 数据传输类型与通信方式	(29)
2.2 传输介质及主要特性	(32)
2.2.1 传输介质的主要类型	(32)
2.2.2 双绞线的主要特性	(33)
2.2.3 同轴电缆的主要特性	(33)
2.2.4 光缆的主要特性	(34)
2.3 无线与卫星通信	(36)
2.3.1 电磁波谱与移动通信	(36)
2.3.2 无线通信	(37)
2.3.3 微波通信	(38)
2.3.4 蜂窝无线通信	(38)
2.3.5 卫星通信	(39)
2.4 数据编码技术	(41)
2.4.1 数据编码类型	(41)
2.4.2 模拟数据编码方法	(42)
2.4.3 数字数据编码方法	(44)
2.4.4 脉冲编码调制方法	(45)
2.5 基带传输	(47)
2.5.1 基带传输的定义	(47)
2.5.2 通信信道带宽对基带传输的影响	(47)
2.5.3 数据传输速率的定义与信道速率的极限	(49)
2.6 频带传输	(50)
2.6.1 频带传输的定义	(50)
2.6.2 调制解调器的基本工作原理	(50)
2.6.3 调制解调器的分类与标准	(52)
2.6.4 调制速率与数据传输速率	(54)
2.7 多路复用技术	(54)
2.7.1 多路复用技术的分类	(54)
2.7.2 频分多路复用 FDM	(55)
2.7.3 波分多路复用 WDM	(56)
2.7.4 时分多路复用 TDM	(56)
2.8 广域网中的数据交换技术	(58)
2.8.1 线路交换方式	(58)
2.8.2 存储转发交换方式	(60)
2.8.3 数据报方式	(61)
2.8.4 虚电路方式	(61)
2.8.5 ATM 交换方式	(63)
2.9 差错控制方法	(66)
2.9.1 差错产生的原因与差错类型	(66)
2.9.2 误码率的定义	(67)

2.9.3	检错码与纠错码	(68)
2.9.4	循环冗余编码工作原理	(68)
2.9.5	差错控制机制	(70)
习题		(72)
第3章	网络体系结构与网络协议的基本概念	(74)
3.1	网络体系结构的基本概念	(74)
3.2	ISO/OSI 参考模型	(76)
3.2.1	OSI 参考模型的基本概念	(76)
3.2.2	OSI 参考模型的结构与各层的主要功能	(77)
3.3	TCP/IP 参考模型与协议	(78)
3.3.1	TCP/IP 参考模型与协议的发展过程	(78)
3.3.2	TCP/IP 参考模型与层次	(79)
3.4	OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较	(81)
3.4.1	对 OSI 参考模型的评价	(81)
3.4.2	对 TCP/IP 参考模型的评价	(82)
3.4.3	一种建议的参考模型	(82)
习题		(82)
第4章	局域网技术	(84)
4.1	局域网的主要技术特点	(84)
4.2	局域网拓扑结构	(84)
4.2.1	总线型拓扑结构	(85)
4.2.2	环型拓扑结构	(85)
4.2.3	星型拓扑结构	(86)
4.3	IEEE 802 模型与协议	(87)
4.3.1	局域网传输介质类型与介质访问控制方法分类	(87)
4.3.2	IEEE 802 模型	(87)
4.4	共享介质局域网的基本工作原理	(88)
4.4.1	IEEE 802.3 标准与 Ethernet	(88)
4.4.2	IEEE 802.4 标准与 Token Bus	(89)
4.4.3	IEEE 802.5 标准与 Token Ring	(91)
4.4.4	CSMA/CD 与 Token Bus、Token Ring 比较	(92)
4.5	高速局域网	(92)
4.5.1	高速局域网研究基本方法	(92)
4.5.2	光纤分布式数据接口 FDDI	(93)
4.5.3	快速以太网 Fast Ethernet	(94)
4.5.4	千兆位以太网 Gigabit Ethernet	(96)
4.6	交换局域网	(97)
4.6.1	交换局域网的基本结构	(97)
4.6.2	局域网交换机的工作原理	(97)
4.6.3	局域网交换机的主要技术特点	(99)

4.7 局域网组网方法	(100)
4.7.1 IEEE 802.3 物理层标准类型	(100)
4.7.2 Ethernet 网络接口适配器	(101)
4.7.3 同轴电缆 Ethernet 组网方法	(102)
4.7.4 符合 10 BASE-T 标准的 Ethernet 组网方法	(103)
4.7.5 符合 100 BASE-T 标准的 Ethernet 组网方法	(106)
4.7.6 交换 Ethernet 组网方法	(106)
4.8 局域网结构化布线技术	(108)
4.8.1 结构化布线的基本概念	(108)
4.8.2 结构化布线系统的应用环境	(110)
4.8.3 结构化布线系统的组成与安装	(112)
4.9 虚拟局域网 VLAN	(116)
4.9.1 虚拟网络的基本概念	(116)
4.9.2 虚拟局域网的实现技术	(116)
习题	(119)
第 5 章 局域网操作系统	(121)
5.1 局域网操作系统的发展与分类	(121)
5.1.1 网络操作系统的主要特点	(121)
5.1.2 局域网操作系统的分类	(121)
5.1.3 局域网操作系统的基本服务功能	(124)
5.2 典型局域网操作系统: Windows NT Server	(126)
5.2.1 Windows NT Server 的发展	(126)
5.2.2 Windows NT Server 的主要技术特点	(126)
5.3 典型局域网操作系统: NetWare	(128)
5.3.1 NetWare 的发展	(128)
5.3.2 NetWare 的基本结构	(129)
5.3.3 NetWare 的主要技术特点	(130)
5.3.4 IntranetWare	(132)
5.4 典型局域网操作系统: LAN Manager 与 LAN Server	(133)
5.4.1 LAN Manager 与 LAN Server 的发展	(133)
5.4.2 LAN Manager 与 LAN Server 的主要技术特点	(133)
5.5 UNIX 操作系统的网络功能	(135)
习题	(136)
第 6 章 客户机/服务器计算模式	(138)
6.1 客户机/服务器计算模式的基本概念	(138)
6.2 客户机/服务器中的数据库服务器	(138)
6.2.1 数据库服务器的基本工作原理	(138)
6.2.2 数据库服务器软件的开发方法	(140)
6.3 客户机/服务器计算模式的特点	(140)
6.3.1 客户机前端系统的主要特点	(141)

6.3.2 服务器后端系统的主要特点	(141)
6.4 客户机/服务器中的服务器基本类型	(142)
6.4.1 文件服务器	(142)
6.4.2 数据库服务器	(142)
6.4.3 事务处理服务器	(142)
6.4.4 应用服务器	(143)
6.4.5 对象服务器	(143)
6.5 客户机/服务器中的中间件	(144)
6.5.1 中间件的基本概念	(144)
6.5.2 中间件的结构	(144)
习题	(145)
第7章 网络互连技术	(146)
7.1 网络互连的基本概念	(146)
7.2 网络互连的类型	(147)
7.3 网络互连的层次	(148)
7.4 网络互连的要求	(149)
7.5 网络互连设备	(150)
7.5.1 网桥 Bridge	(150)
7.5.2 路由器 Router	(152)
7.5.3 网关 Gateway	(153)
7.6 利用帧中继实现局域网互连	(155)
7.7 ATM 局域网仿真	(157)
7.7.1 ATM 局域网与传统的共享介质局域网的区别	(157)
7.7.2 ATM 局域网仿真的基本概念	(157)
7.8 IP over ATM 与 ATM 支持多协议 MPOA	(159)
7.8.1 IP over ATM 的基本概念	(159)
7.8.2 IP over ATM 的结构	(160)
7.8.3 ATM 支持多协议 MPOA	(160)
习题	(161)
第8章 Internet 与 Intranet 技术	(163)
8.1 TCP/IP 协议	(163)
8.1.1 TCP/IP 协议的基本内容	(163)
8.1.2 IP 地址	(164)
8.1.3 域名与域名系统	(166)
8.2 Internet 的基本服务功能	(170)
8.2.1 电子邮件(E-mail)服务	(171)
8.2.2 远程登录(Telnet)服务	(173)
8.2.3 文件传输(FTP)服务	(175)
8.3 WWW 服务	(177)
8.3.1 超文本与超媒体	(177)

8.3.2	什么是 WWW	(179)
8.3.3	什么是 HTML	(182)
8.3.4	什么是主页	(183)
8.3.5	URL 与信息定位	(184)
8.3.6	WWW 浏览器	(184)
8.4	Internet 新闻与公告类服务	(187)
8.4.1	网络新闻 Usenet	(187)
8.4.2	电子公告牌 BBS	(188)
8.5	Java 语言	(189)
8.6	Internet 用户接入方式	(190)
8.6.1	通过网络接入 Internet 的方式	(191)
8.6.2	通过 SLIP/PPP 接入 Internet 的方式	(191)
8.6.3	通过联机服务系统接入 Internet 的方式	(191)
8.7	企业内部网 Intranet	(192)
8.7.1	企业网技术的发展	(192)
8.7.2	什么是 Intranet	(194)
8.7.3	Intranet 的主要技术特点	(194)
8.7.4	Intranet 的结构与开发方法	(195)
	习题	(198)
第 9 章	网络安全与网络管理	(201)
9.1	网络安全的重要性	(201)
9.2	网络安全策略的设计	(202)
9.2.1	网络安全策略与网络用户的关系	(202)
9.2.2	制定网络安全策略的两种思想	(203)
9.2.3	网络用户组成、网点结构与网络安全策略的关系	(203)
9.2.4	网络安全教育与网络安全策略	(203)
9.2.5	网络安全策略的修改、完善与网络安全制度的发布	(204)
9.3	网络安全策略制定的方法与基本内容	(204)
9.3.1	网络资源的定义	(204)
9.3.2	网络使用与责任的定义	(205)
9.3.3	用户责任的定义	(206)
9.3.4	网络管理员责任的定义	(206)
9.3.5	网络安全受到威胁时的行动方案	(206)
9.4	网络安全问题的鉴别	(208)
9.4.1	访问点(Access Points)	(208)
9.4.2	系统配置(System Configuration)	(209)
9.4.3	软件缺陷(Software Bugs)	(209)
9.4.4	内部威胁(Insider Threats)	(209)
9.4.5	物理安全性(Physical Security)	(210)
9.5	Internet/Intranet 防火墙技术	(210)

9.5.1	防火墙的基本概念	(210)
9.5.2	防火墙的结构	(210)
9.6	网络文件的备份与恢复	(211)
9.6.1	网络文件备份与恢复的重要性	(211)
9.6.2	网络文件备份的基本方法	(212)
9.7	网络防病毒技术	(212)
9.7.1	造成网络感染病毒的主要原因	(212)
9.7.2	网络病毒的危害	(213)
9.7.3	典型网络防病毒软件的应用	(213)
9.7.4	网络工作站防病毒方法	(214)
9.8	网络管理	(214)
9.8.1	网络管理的基本概念	(214)
9.8.2	Internet 网络管理模型	(216)
9.8.3	OSI 管理功能域	(217)
9.8.4	简单网络管理协议 SNMP	(221)
9.8.5	典型的网络管理软件	(222)
习题		(225)

第 1 章 计算机网络概论

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物,网络技术对信息产业的发展有着深远的影响。为了帮助读者对计算机网络有一个全面、准确的认识,本章在讨论网络形成与发展历史的基础上,对网络定义、分类与拓扑构型等问题进行了系统的讨论,并以典型的计算机网络与数据通信服务为例,对网络在企业、机关信息管理与个人信息服务中的各种应用,以及网络应用所带来的社会问题进行了全面的探讨。

1.1 计算机网络的形成与发展

20 世纪的关键技术是信息技术。信息技术涉及到信息的收集、存储、处理、传输与利用。20 世纪信息技术的发展主要表现在以下几个方面:

- 计算机技术的高度发展与计算机的广泛应用。

- 通信技术的高度发展,全球范围内的电话通信系统、光纤与无线通信系统、卫星移动通信系统的建立与广泛应用。

- 计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合的产物——计算机网络的发展,Internet 的广泛应用与全球信息高速公路建设热潮的兴起。

计算机网络的应用正在改变着人们的工作方式与生活方式,正在进一步引起世界范围内产业结构的变化,促进全球信息产业的发展,并且在各国的经济、文化、科研、军事、政治、教育和社会生活等各个领域内发挥着越来越重要的作用。因此,计算机网络技术引起了人们越来越高的重视。

1.1.1 计算机网络发展阶段的划分

纵观计算机网络的形成与发展历史,我们大致可以将它划分为四个阶段:

第一阶段可以追溯到 50 年代。那时,人们开始将彼此独立发展的计算机技术与通信技术结合起来,完成了数据通信技术与计算机通信网络的研究,为计算机网络的产生做好了技术准备,奠定了理论基础。

第二阶段应该从 60 年代美国的 ARPANET 与分组交换技术谈起。ARPANET 是计算机网络技术发展中的一个里程碑,它的研究成果对促进网络技术的发展起到了重要的作用,并为 Internet 的形成奠定了基础。

第三阶段可以从 70 年代中期谈起。70 年代中期国际上各种广域网、局域网与公用分组交换网发展十分迅速,各个计算机生产商纷纷发展各自的计算机网络系统,但随之而来的是网络体系结构与网络协议的国际化问题。国际标准化组织 ISO (International Standards Organization) 在推动开放系统参考模型与网络协议的研究方面做了大量的工作,对网络理论体系的形成与网络技术的发展起到了重要的作用,但它同时也面临着 TCP/IP 的严峻挑战。

第四阶段要从 90 年代谈起。90 年代网络技术最富有挑战性的话题是 Internet 与异步传输模式 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 技术。Internet 作为世界性的信息网络,正在当今经济、

文化、科学研究、教育与人类社会生活等方面发挥着越来越重要的作用。以 ATM 技术为代表的高速网络技术的发展,为全球信息高速公路的建设提供了技术准备。

1.1.2 计算机网络的形成

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。50 年代计算机的数量很少,价格十分昂贵。为了运行与维护一台计算机,一般都要建立一个计算中心,并将计算机安装在计算中心。早期的计算机系统由于没有提供管理程序与操作系统,人们要使用计算机进行科学计算,只能亲自携带程序和数据,并采用手工方式上机,这种工作方式对于远地用户显然是极不方便的。60 年代初期,计算机软件开始采用批处理方法。用户只需要使用作业控制语言编写上机操作说明,并将程序与数据一起输入到计算机,计算机将自动完成所要求的计算任务。同时,由于当时在工业、商业与军事部门已经开始使用计算机,它们迫切地需要将分散在不同地方的数据进行集中处理,从而促使了批处理系统采用通信技术,产生了具有脱机通信功能的批处理系统。这种具有脱机通信功能的批处理系统,可以让远地用户不需要长途跋涉亲自到计算中心上机,但是由于这种“脱机”方式需要操作员来干预远程输入及输出过程,显然其工作效率是比较低的。

针对脱机通信方式的缺点,人们在计算机中增加了通信控制设备。远地用户的输入输出设备可以通过通信线路和通信控制设备直接与计算机连接。这样的话,用户可以在不需要操作员干预的情况下,一边输入数据,一边接收计算机处理结果。实际上,这是一种联机(On-Line)系统。

为了适应不同的应用领域,如自动控制与自动监测的要求,除了以上用于科学计算与信息处理的通用输入输出设备之外,人们又研制了大量能与计算机连接的监测、控制设备。人们通常将这种能通过通信线路与计算机连接的各种设备统称为终端设备。实时控制或分时系统都需要由一台主计算机连接多台终端设备,这种远程批处理系统、远程分时处理系统与远程实时控制系统是一种更为复杂的联机系统。早期的联机系统多是利用专用的点到点通信线路,将多个终端与主机连接起来。连接大量终端的联机系统有两个显著的缺点:一是主机除了要完成数据处理任务之外,还要承担繁重的通信管理任务,这样将大大增加主机系统的负荷,降低了主机的信息处理能力;二是通信线路的利用率较低。

为了克服第一个缺点,人们在主机之前设置了一个前置处理机 FEP (Front End Processor),专门用于处理终端与主机的通信任务,从而减轻主机的负荷,提高了系统的工作效率。为了克服第二个缺点,人们通常是在终端比较集中的地区设置一个线路集中器。多个终端使用低速通信线路汇集到线路集中器,线路集中器使用一条高速通信线路连接到主机,从而提高了通信线路的利用率。

使用专用通信线路的造价较高,为了能使用电话线路传送终端与计算机的数据信息,需要使用一种叫调制解调器的设备。我们通常将这个通用的联机系统称为面向终端的计算机通信网。

在 60 年代,面向终端的计算机通信网得到了很大的发展。在专用的计算机通信网中,最著名的是美国半自动地面防空系统 SAGE 与美国飞机订票系统 SABRE I。SAGE 系统首先使用了人机交互的显示器,研制了用小型计算机做成的前置处理机,制定了 1600bps(比特/秒)数据线路的技术规范,并研究了高可靠性的路由选择方法。在商用网络中,美国通用电气公司的信息服务网(GE Information Services Network)是世界上最大的商用数据处理分时网络之一,其地理

覆盖范围从美国延伸到加拿大、欧洲、澳大利亚和日本。SAGE 系统和分时计算机系统的研究,对数据通信技术的发展起到了重要的推动作用,同时也为网络技术发展奠定了基础。

1.1.3 ARPANET 与分组交换技术

在讨论计算机网络的发展历史时,必须着重介绍一下报文分组交换(Packet Switching)技术。报文分组交换又称为分组交换,它是现代计算机网络技术的基础。

随着计算机应用的发展,出现了多台计算机互连的需求,这种需求主要来自军事、科研、地区与国家经济信息分析决策、大型企业经营管理。他们希望将分布在不同地点的计算机,通过通信线路互连成为计算机—计算机的网络。网络用户可以通过计算机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它计算机的软件、硬件与数据资源,以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(ARPA, Advanced Research Projects Agency)的 ARPANET(通常称为 ARPA 网),其核心技术是分组交换技术。60 年代中期正处于冷战的高潮时期,美国军方需要有一个命令与控制信息的传输网络,这个网络也叫“可生存系统”。根据上述要求,就意味着这种网络在遭到核战争或自然灾害后仍能继续工作,而传统的通信线路与电话交换网无法实现这种要求。在早期的电话交换网中,一条中继线路或一个交换机的损坏,就有可能导致所有电话通信的中断。针对这种情况,美国国防部开始着手进行分组交换网的研究工作。

要设计一个计算机网络,就必须选择合适的通信系统。在早期的通信系统中,最重要且应用最广泛的应该说是电话交换系统。一百多年来,电话交换机经过了多次的更新换代,从人工接续、步进制、纵横制直至现代的程控交换机,但其本质始终未变,都是线路交换(Circuit Switching)。但是,利用电话线路传送计算机或终端的数据也会出现新的问题,这是因为用户应支付的通信线路费用是按用户占用线路的时间来计算的。在整个计费时间内,计算机的数据是突发性地出现在传输线路上的,这和电话传送的连续的语音信号不同。在计算机通信时,线路上真正用来传送数据的时间往往不到 10%,甚至是低于 1%。用户在阅读屏幕信息或用键盘输入与编辑一份报文时,计算机往往正在处理用户请求。在绝大部分时间里,通信线路实际上是空闲的,通信线路资源被浪费了,而用户的通信费用却很高。同时,在线路交换中,用于建立通路的呼叫过程对计算机通信来说也太长。线路交换是为语音通信而设计的,打电话的平均时间约为几分钟,因此呼叫过程(约 10~20 秒)不算太长。但是,1000bit 的数据在 2400bps 的线路上传输时,需要的时间还不到 0.5 秒钟。相比之下,呼叫过程占用的时间就太多了。

由于计算机与各种终端的传送速率不同,在采用线路交换时,不同类型、不同规格、不同速率的终端很难相互进行通信,因此必须采用一些措施来解决这个问题。同时,计算机通信还要求能非常可靠并准确无误地传送每一个比特,因此需要采取有效的差错控制技术。基于以上原因,我们必须寻找出适用于计算机通信的新的交换技术。

美国国防部高级研究计划局 ARPA 的早期研究的项目包括了分组交换基本概念与理论的研究课题。1967 年初 ARPA 着手于计算机连网的课题;1967 年 6 月正式公布了研究计划,打算用租用线路来连接分组交换装置,分组交换装置将采用小型机。这个分组交换网就是 ARPANET。

从 1962 年至 1965 年,美国国防部高级研究计划局 ARPA 与英国国家物理实验室 NPL 都在对新型的计算机通信网进行研究。分组交换的概念最初是在 1964 年提出来的,1969 年 12 月美国第一个使用分组交换技术的 ARPANET 投入运行,虽然当时仅有 4 个节点,但它对分组

交换技术的研究起了重要作用。人们认为,分组交换网的出现是现代电信时代开始的标志。

ARPANET 是计算机网络技术发展的一个重要的里程碑,它对计算机网络技术发展的主要贡献表现在以下几个方面:

- 完成了对计算机网络定义、分类的研究。
- 提出了资源子网、通信子网的网络结构概念。
- 研究了分组交换方法。
- 采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

计算机网络要完成数据处理与数据通信两大基本功能。那么,它在结构上必然可以分成两个部分:负责数据处理的计算机与终端;负责数据通信处理的通信控制处理机 CCP (Communication Control Processor)与通信线路。从计算机网络组成的角度看,典型的计算机网络从逻辑功能上可以分为资源子网和通信子网两部分,其结构如图 1-1 所示。

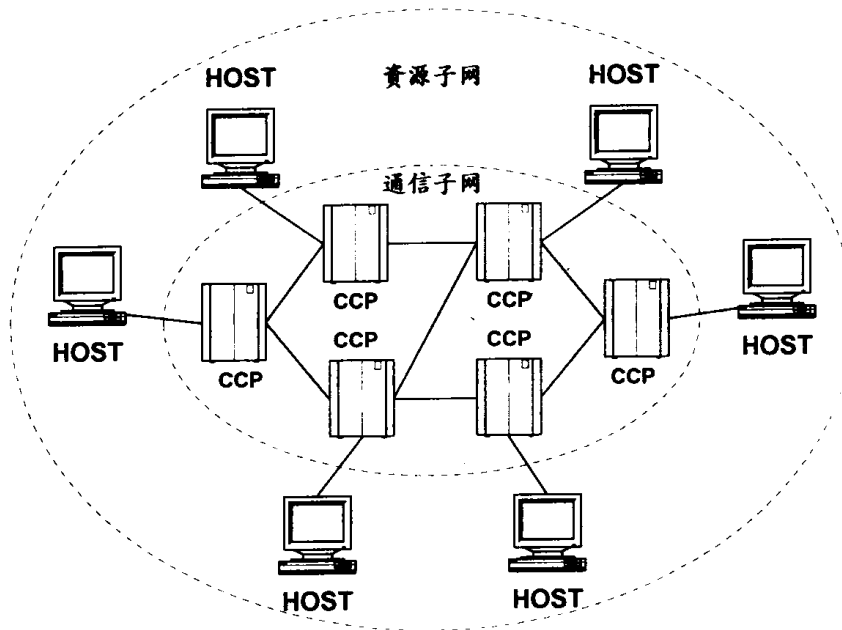


图 1-1 计算机网络组成

资源子网由主计算机系统、终端、终端控制器、连网外设、各种软件资源与信息资源组成。资源子网负责全网的数据处理业务,向网络用户提供各种网络资源与网络服务。

网络中主计算机(简称为主机)可以是大型机、中型机、小型机、工作站或微机。主机是资源子网的主要组成单元,它通过高速通信线路与通信子网的通信控制处理机相连接。普通用户终端通过主机连入网内。主机要为本地用户访问网络其它主机设备与资源提供服务,同时要为网中远程用户共享本地资源提供服务。随着微型机的广泛应用,连入计算机网络的微型机数量日益增多,它可以作为主机的一种类型,直接通过通信控制处理机连入网内,也可以通过连网的大、中、小型计算机系统间接连入网内。

通信子网由通信控制处理机、通信线路与其它通信设备组成,完成网络数据传输、转发等通信处理任务。

通信控制处理机在网络拓扑结构中被称为网络节点。它一方面作为与资源子网的主机、终端的连接接口,将主机和终端连入网内;另一方面它又作为通信子网中的分组存储转发节点,完成分组的接收、校验、存储、转发等功能,实现将源主机报文准确发送到目的主机的作用。