

高等学校应用型通信技术系列教材

数据通信与计算机网络

廉飞宇 李维宪 安艳杰 等 编著



清华大学出版社

高等学校应用型通信技术系列教材

数据通信与计算机网络

廉飞宇 李维宪 安艳杰 等 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍了计算机网络的基本概念、基本原理和基本实现技术。全书共分9章,前3章讲述计算机网络和数据通信方面的基本概念;第4、5章讲述局域网、局域网组网和局域网互联等方面的内容;第6章介绍了广域网的主要内容;第7章介绍了TCP/IP协议和因特网;第8章介绍了计算机网络常用的几种技术和典型应用,如集成技术、管理技术、安全技术、代理技术、Intranet技术等;第9章给出了12个实训项目。

本书可作为高职高专通信技术专业、电子信息技术等专业的教材,也可作为其他相关专业学生、教师以及相关工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数据通信与计算机网络/廉飞宇等编著. —北京:清华大学出版社,2009.4

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-16392-3

I. 数… II. 廉… III. ①数据通信—高等学校—教材 ②计算机网络—高等学校—教材 IV. TN919 TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 027972 号

责任编辑:刘 青

责任校对:刘 静

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.75 字 数:415 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版 印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:022460-01

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状、从业人员应具备的行业知识体系与实践能力,以及对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

随着知识经济时代的到来,社会的信息化步伐加快,作为信息化社会的重要支柱——计算机网络得到了飞速的发展。现在计算机网络的应用已经深入到社会生活的各个方面,深刻地影响着人们的生活方式和思维方式。作为计算机网络的典型代表——Internet,早已为众人所熟知,并且成为人们有效地获取信息和进行交流、娱乐的主要方式之一。为了适应社会发展的需要,在校学生学习 and 掌握数据通信及计算机网络方面的知识是十分必要的。为了突出高职高专学生以培养技能为主的特点,我们编写了这本以突出技能、面向应用为特点的数据通信与计算机网络教材。

本书对数据通信与计算机网络方面的基本原理作了比较系统性的阐述,同时对近年来计算机网络的一些新技术也作了一定的阐述。为了突出面向应用的特点,书中也对计算机网络的常用设备和组网方法作了较详细的阐述,同时提供了大量实训内容,以加强学生的技能培养。

全书共分9章,内容安排如下:

第1章主要介绍了计算机网络的基本概念、计算机网络的产生和发展、计算机网络的组成和分类、计算机网络的功能和应用以及计算机网络的拓扑结构等方面的内容。

第2章主要介绍了数据通信方面的基本概念、基本原理和相关技术,所介绍的内容基本上是计算机网络中常用的。

第3章主要介绍了计算机网络体系结构的概念,介绍了ISO开放式系统互联参考模型的七层结构和TCP/IP体系结构。

第4章主要介绍了局域网和城域网的基本概念,介绍了局域网的体系结构、局域网的介质访问控制方法和最常见的局域网——以太网。城域网主要介绍了光纤分布式数据接口FDDI和ATM网络。

第5章主要介绍了局域网组网和网络互联的方法。

第6章主要介绍了常见的广域网的基本概念,包括分组交换网、综合业务数字网(ISDN)、数字数据网(DDN)和帧中继网的基本概念。

第7章主要介绍了TCP/IP协议簇中的几个常用协议,并在此基础上介绍了因特网的基本概念和所提供的常用服务。本章还介绍了因特网的使用和接入问题。

第8章主要介绍了与计算机网络相关的一些技术和计算机网络的一些常见应用,对计算机网络的发展趋势也作了简单介绍。

第9章为课程实训部分,共安排了12个实训项目,旨在加强学生对计算机网络的进一步认识及动手组网能力的培养。

本书由河南工业大学廉飞宇老师任主编,并编写了第1、2章;郑州大学王海科老师编写了第3章;河南工业大学安艳杰老师编写了第4、5章;重庆电子职业技术学院李维宪老师编写了第6~8章;河南科技大学范伊红老师编写了实训部分。河南工业大学研究生张天乐、李俊林为本书的编写查阅了大量的资料,做了许多工作,在此对他们表示衷心的感谢。

由于计算机网络技术发展迅速,作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年1月

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的产生和发展	1
1.1.1 计算机网络的概念	1
1.1.2 计算机网络的产生与发展	2
1.1.3 计算机网络的发展趋势	5
1.2 计算机网络的组成和分类	6
1.2.1 计算机网络系统的组成	6
1.2.2 计算机网络的分类	8
1.3 计算机网络的功能和应用	11
1.3.1 计算机网络的功能	11
1.3.2 计算机网络的应用	12
1.4 计算机网络的拓扑结构	15
1.4.1 星型拓扑	16
1.4.2 总线拓扑	17
1.4.3 环型拓扑	17
1.4.4 树型拓扑	18
1.4.5 混合型拓扑	18
1.4.6 网型拓扑	19
1.5 网络的标准化及其组织	19
本章小结	20
习题	22
第 2 章 数据通信基础	23
2.1 数据通信的基本概念	23
2.1.1 数据通信系统	23
2.1.2 通信方式	25
2.1.3 数据通信系统的主要技术指标	27
2.2 数据传输和编码	29
2.2.1 数字数据的数字传输	29
2.2.2 模拟数据的数字传输	32

2.3 数据同步方式	34
2.3.1 位同步	35
2.3.2 异步传输	35
2.3.3 同步传输	36
2.4 多路复用技术	37
2.5 数据交换技术	39
2.5.1 线路交换	39
2.5.2 报文交换	40
2.5.3 分组交换	41
2.5.4 帧中继技术	43
2.5.5 异步传输模式	45
2.6 差错控制技术	48
2.6.1 差错的产生原因及其控制	48
2.6.2 差错控制编码	49
2.6.3 循环冗余码	52
本章小结	53
习题	54
 第3章 计算机网络体系结构	 56
3.1 网络体系结构	56
3.1.1 网络协议及其三要素	57
3.1.2 网络体系结构分层设计	57
3.2 开放式系统互联参考模型	58
3.2.1 OSI 参考模型	59
3.2.2 物理层	60
3.2.3 数据链路层	64
3.2.4 网络层	67
3.2.5 传输层	71
3.2.6 会话层	73
3.2.7 表示层	74
3.2.8 应用层	75
3.3 TCP/IP 参考模型	76
3.3.1 简述	76
3.3.2 主机-网络层	76
3.3.3 互联层	76
3.3.4 传输层	77
3.3.5 应用层	79
3.4 OSI 模型与 TCP/IP 模型的比较	79

本章小结	80
习题	81
第 4 章 局域网和城域网	83
4.1 概述	83
4.2 局域网体系结构与 IEEE802 标准	84
4.3 局域网介质访问控制方法	85
4.3.1 CSMA/CD 介质访问控制方法	85
4.3.2 令牌环介质访问控制方法	87
4.3.3 令牌总线介质访问控制方法	88
4.4 以太网	89
4.4.1 技术特性	89
4.4.2 10Mbps 以太网	89
4.4.3 100Mbps 以太网	89
4.4.4 1000Mbps 以太网	90
4.5 交换式以太网	91
4.5.1 交换式以太网的核心设备——以太网交换机	92
4.5.2 以太网交换机的帧转发方式	93
4.5.3 交换式快速以太网	94
4.6 虚拟局域网	94
4.6.1 虚拟网络的概念和作用	95
4.6.2 虚拟局域网的划分方法	96
4.6.3 虚拟网络的优点	97
4.7 城域网概述	98
4.7.1 城域网的基本概念	98
4.7.2 宽带城域网的网络结构	98
4.7.3 宽带城域网的基本技术	99
4.7.4 宽带城域网的发展	100
4.8 光纤分布式数据接口 FDDI	101
4.8.1 FDDI 概述	101
4.8.2 FDDI 网络的性能优点	102
4.8.3 FDDI 的技术指标	102
4.8.4 FDDI 的应用环境	103
4.8.5 FDDI 的技术发展	103
4.9 ATM 网络	103
4.9.1 概述	103
4.9.2 ATM 的结构	104
4.9.3 ATM 规程	105

4.9.4	ATM 的传输控制	105
4.9.5	ATM 的应用	106
4.9.6	ATM 技术的现状及发展	107
本章小结		108
习题		109
第 5 章	局域网组网与网络互联	111
5.1	局域网的组成	111
5.1.1	网络硬件	111
5.1.2	网络软件	111
5.2	局域网组网设备	112
5.2.1	网卡	112
5.2.2	集线器	113
5.2.3	局域网交换机	115
5.3	网络操作系统	116
5.3.1	网络操作系统的基本概念	116
5.3.2	网络操作系统的分类	117
5.3.3	网络操作系统的基本功能	117
5.3.4	网络操作系统举例	118
5.4	局域网组网方法举例	121
5.4.1	两台计算机直接互联	121
5.4.2	同轴电缆组网方法	121
5.4.3	双绞线组网方法	123
5.4.4	快速以太网组网方法	124
5.4.5	千兆位以太网组网方法	125
5.5	综合布线	126
5.5.1	综合布线系统概述	126
5.5.2	综合布线系统的结构和组成	127
5.5.3	综合布线系统的主要布线部件	128
5.5.4	智能化大楼	130
5.5.5	综合布线系统的应用环境	131
5.6	局域网互联	133
5.6.1	中继器	134
5.6.2	网桥	135
5.7	局域网与广域网互联	136
5.7.1	路由器	136
5.7.2	网关	138
本章小结		139

习题	140
第 6 章 广域网基础	141
6.1 广域网概述	141
6.1.1 广域网的基本概念	141
6.1.2 分组交换技术	141
6.2 分组交换网与 X.25 协议	143
6.2.1 X.25 协议	143
6.2.2 分组交换网的接入方式	146
6.2.3 分组交换网的组成及用户接入	148
6.3 综合业务数字网 ISDN	149
6.3.1 ISDN 概述	149
6.3.2 ISDN 的终端设备	149
6.3.3 ISDN 网络结构和参考模型	151
6.3.4 ISDN 业务与应用	152
6.4 数字数据网 DDN	153
6.4.1 DDN 的节点类型	153
6.4.2 DDN 的网络结构	153
6.4.3 DDN 网的特点	154
6.5 帧中继网络	155
6.5.1 帧中继概述	155
6.5.2 帧中继技术特点	155
6.5.3 帧中继网络的应用	156
本章小结	157
习题	158
第 7 章 TCP/IP 协议与 Internet	160
7.1 TCP/IP 协议概述	160
7.2 网络接口层	161
7.3 互联网络层	161
7.3.1 IP 协议	161
7.3.2 ICMP 协议	165
7.3.3 ARP 协议	166
7.3.4 反向地址转换协议 RARP	167
7.4 传输层协议	168
7.4.1 传输控制协议	168
7.4.2 用户数据报协议 UDP	171
7.5 应用层协议	173

7.5.1	WWW 全球信息网与 HTTP	173
7.5.2	DNS 域名系统	174
7.5.3	电子邮件传输协议	175
7.5.4	Telnet 协议	176
7.5.5	文件传输协议 FTP	177
7.6	Internet 的特点及其服务	179
7.6.1	Usenet 网络新闻组服务	180
7.6.2	电子公告牌服务	180
7.6.3	其他新兴的 Internet 服务	181
7.7	因特网的使用	182
7.7.1	使用 IE 浏览器	182
7.7.2	使用 Outlook 收发邮件	186
7.7.3	Foxmail 简介	188
7.7.4	如何从 Internet 下载文件	190
7.7.5	在互联网上检索信息	191
7.8	因特网的接入技术	192
7.8.1	Modem 接入	193
7.8.2	ADSL 接入方式	194
7.8.3	Cable Modem 接入方式	195
7.8.4	其他接入方式	198
	本章小结	199
	习题	199
第 8 章	计算机网络相关技术及应用	201
8.1	计算机网络管理技术	201
8.1.1	网络管理的基本概念	201
8.1.2	网络管理的功能	202
8.1.3	网络管理协议	204
8.1.4	基于 Web 的分布式网络管理	206
8.2	网络安全技术	207
8.2.1	网络安全概述	207
8.2.2	网络安全的基本问题	208
8.2.3	主要的网络安全服务	209
8.2.4	身份认证与数字签名	211
8.2.5	网络防火墙技术	212
8.3	代理服务器技术	216
8.3.1	代理服务器原理	216
8.3.2	代理服务器软件	218

8.4 Intranet 技术	219
8.5 计算机网络的开发与应用	220
8.5.1 网络规划与设计	220
8.5.2 网络管理信息系统	225
8.5.3 网络办公自动化	228
8.5.4 电子商务	229
8.6 计算机网络的新发展	231
本章小结	233
习题	234
第 9 章 课程实训	236
实训 1 网线的制作	236
实训 2 组建一个小型局域网	239
实训 3 网络打印机的安装与管理	244
实训 4 在 Windows 2000 Server 中配置 DHCP 服务	248
实训 5 WWW 服务器的配置与使用	253
实训 6 Windows 2000 Server VPN 的安装与配置	256
实训 7 Linux 操作系统下的网络配置	259
实训 8 局域网操作系统的使用	266
实训 9 路由器的基本配置	269
实训 10 交换机的基本配置与管理	272
实训 11 Windows 2000 及 Windows XP 局域网共享 ADSL 宽带上网	276
实训 12 自己动手建立个人网站	280
参考文献	283

计算机网络概述

随着计算机技术和通信技术的发展,计算机网络这一名词逐渐为人们认识和熟知。现在,计算机网络的应用已经深入到社会生活的各个方面,深刻地影响着人们的思维方式和生活方式,成为信息社会和知识经济的重要载体。那么,什么是计算机网络呢?它最基本的特征是什么?它是如何组成的?有什么样的功能和应用?本章将初步回答上述问题。

1.1 计算机网络的产生和发展

1.1.1 计算机网络的概念

为了信息传输和资源共享的目的,将若干台计算机用通信线路按照一定的规范连接起来,这就是计算机网络。

首先,被连接的主体是计算机。除了大、中、小或微型计算机之外,它们还可以是工业控制机和嵌入式计算机。工业控制机是工厂中用于控制生产过程的计算机,它们的特点是有的一些专用的输入/输出设备,如能采集电压、电流、温度等数据,能输出各种用于操纵机器的控制信号。嵌入式计算机是安装在其他设备或系统内部的计算机,通常是微处理器。这类设备的例子比比皆是,大到飞机、轮船,小到由电脑控制的家用电器、智能仪表、智能卡等,这类设备内部都嵌入了计算机或微处理器。在计算机网络中还会用到一些网络连接设备,如网络适配器、集线器等。这些设备有的做成板卡成为计算机的一个组成部分,有的本身就是一台专用的计算机。

其次,这些计算机是用通信线路连接起来的。通信线路如果是有形的,即看得见、摸得着的,如双绞线、同轴电缆和光纤等,就称为有线通信;通信线路如果是无形的,即看不见、摸不着的,如无线电波、微波和红外线等电磁波,就称为无线通信。

再次,这种连接要依据一定的规范。例如,要采用某些网络通信协议才能进行连接。著名的协议例子有以太网协议、传输控制协议/网际协议(TCP/IP)等。

最后,连接的目的是为了实现信息传输和资源共享。要进行信息传输,计算机网络上必须有要传输的信息。资源共享是指计算机网络上的计算机硬件、计算机软件和数据三种资源能够为大家共享,如大型机的处理能力、昂贵的外部设备、特殊的软件以及各种数据库等。

1.1.2 计算机网络的产生与发展

计算机网络的产生与发展,经历了以下几个阶段。

1. 联网的尝试

从 20 世纪 50 年代开始,美国军方所研制的半自动地面防空系统(SAGE)试图把各雷达站测得的数据传送到计算机进行处理。在 1958 年首先建成了纽约防区,到 1963 年共建成了 17 个防区。该项工程投入了 80 亿美元,推动了当时计算机产业的技术进步;几乎同时,由 IBM 公司研制了全美航空订票系统(SABRAI)。到 1964 年,美国各地的旅行社就都能用它来预订航班的机票了。

严格地说,上述两个系统都只是将远程终端和主机联机的系统,只是人们联网的尝试,并没有实现计算机之间的联网。同一时期,在大学与研究机构中,为均衡计算机的负荷和共享宝贵的硬件资源,也进行着计算机间通信的试验,做了联网的种种尝试。

2. ARPANET 的诞生

20 世纪 60 年代,在数据通信领域提出了分组交换的概念,这是人们着手研究计算机间通信技术的开端。1968 年美国国防部高级研究计划署(Advanced Research Projects Agency, ARPA)资助了对分组交换的进一步研究。1969 年 12 月,在西海岸建成有 4 个通信节点的分组交换网,这就是最初的 ARPANET。随后,ARPANET 的规模不断扩大,很快就遍布在美国的西海岸和东海岸之间了。

ARPANET 实际上分成两个基本的层次,底层是通信子网,上层是资源子网。初期的 ARPANET 租用专线连接专门负责分组交换的通信节点,通信节点实际上是专用的小型计算机,线路和节点组成了底层的通信子网。大型主机通常分接到通信节点上,由通信节点支持它的通信需求。由于这些大型主机提供了网上最重要的计算资源和数据资源,故有些文献说联网的主机及其终端构成了 ARPANET 上的资源子网。这种把网络分层的做法,极大地简化了整个网络的设计。

3. 多种网络技术的并存

20 世纪 70 年代是多种网络技术并存的发展阶段,也是标准化备受关注的时期,微机和局域网的诞生是这一时期的两个重大事件。

(1) 各公司自行制定了网络的体系结构

在 20 世纪 70 年代,IBM、DEC 等计算机公司分别制订了自己计算机产品的联网方案。在公司内部以及自身的用户群中建立了一批专门性的网络,并分别确定了网络的体系结构。IBM 所生产的各种计算机,能够以系统网络体系结构(system network architecture, SNA)组网;DEC 生产的各种型号的计算机则能够以数字网络体系结构(digital network architecture, DNA)组网。不同的计算机公司,用以组成网络的硬件、软件和通信协议都各不兼容,难以互相连接。

(2) 标准化备受关注

在这个阶段,人们开始在标准化方面进行大量的工作。当时的电报电话咨询委员会

(CCITT)制定了分组交换的 X.25 标准。从欧洲开始,先后在世界各地建立了遵循 X.25 标准的公共数据网(PDN)。公共数据网的建立对组建远程计算机网络起了重大作用。

同期,国际标准化组织(ISO)在当时负责信息处理与计算机方面标准制定的技术委员会(TC97)的几个子委员会的努力下,分别建立了开放系统的互联参考模型(OSI/RM)和在这一框架模型下相关的各项标准。制定这个参考模型的目的是规定计算机系统在与其他计算机系统通信时应当遵循的通信协议。这样,不管系统本身多么不同,只要在与别的系统通信时遵循相同的协议与规则,就被认为是开放系统。

(3) 局域网的出现

局域网(LAN)诞生于 20 世纪 70 年代中期,随着微电子技术的进步,其性价比都在急剧提高。到了 20 世纪 80 年代,价格低廉的微型计算机的性能早已超过了早期的大型计算机,这极大地促进了计算机应用的普及。局域网则在近距离内,通过可共享的信道连接了多台计算机。这种简易、低成本又安全可靠的网络结构解决了微型计算机彼此间通信的问题,使局域网上的激光打印机、大型主机、高档工作站、超级小型机和大容量的存储设备都可以被网上多台微型计算机所共享,这就使计算机应用的成本进一步降低了,因此 LAN 被各行各业普遍接受了。

几乎是在同一时期,为满足不同的需要,开发了几种不同的 LAN 技术,各种局域网的性能、价格和通信协议各不相同。当然,这也为相互联网增加了一些难度。

局域网与远程网络的互联,使局域网上每个用户都能访问远方的主机,这又反过来提出了如何使不同计算机、网络广泛互联的新课题,这种广泛互联的需求促使了 Internet 的崛起。

4. Internet——TCP/IP 的崛起

(1) Internet 的由来

20 世纪 80 年代初期,为了使不同型号的计算机和执行不同协议的网络都能彼此互联,ARPA 资助了相关的研究项目,特别是为了使互不兼容的 LAN 都能与广域网(WAN)互联,建立了 Internet 项目组。众所周知,Internet 是 Inter Network 的缩写,原意是网与网的互联,可译为互联网,或“因特网”。

(2) TCP/IP 协议集的诞生

在 Internet 项目的研究中,人们重新改写了 ARPANET 的通信协议,为了广泛互联,制定了新的网际协议 Internet Protocol(简称 IP 协议)。IP 协议定义了计算机间通信应遵守的规则、数据报(即 Internet 上面的分组)的格式以及存储转发数据报的方法。IP 协议着眼于各个网络的互联,相应的协议既解决了如何把底层不同的网络与 IP 网络相对应的问题,又对用户屏蔽了底层网络技术的细节。使底层的各种网络仅以 IP 网络的形式呈现在用户面前,并实现了不同主机上应用进程间的通信。

为了保证进程间端到端的通信能够高效、可靠地进行,在 IP 网络之上,主机内的传输控制协议(transmission control protocol, TCP)软件,构成了有序的报文传输通路,使不同计算机上的进程能经过异构网可靠地相互通信。以 TCP、IP 两个协议为主的一整套通信协议,被称做 TCP/IP 协议集,有时也称做 TCP/IP 协议。

Internet 项目组新研制的 TCP/IP 软件开始只在小范围内试用,到了 1982 年许多大学与公司中的研究机构使用 TCP/IP 协议接入了 Internet。TCP/IP 协议为不同计算机、网络的互联打下了基础。

(3) Internet 的形成与发展

1982 年美国军方决定以 TCP/IP 协议作为不同网络互联的基础,规定从 1983 年 1 月起,军方的各种网络都必须运行在 TCP/IP 协议上并彼此互联。这使 Internet 从一个实验性的原型变成了初具规模的互联网络。在随后的几年中,与 Internet 连接的主机数几乎每年都翻一番。TCP/IP 逐步成了事实上被广泛承认的工业标准。

(4) 美国国家科学基金会的贡献

美国国家科学基金会(NSF)于 1980 年前资助了旨在使各大学计算机科学系彼此联网的项目,建立了 CSNET(计算机科学网)。它以灵活的策略,采用不同方式实现了广泛的互联。网上的资源共享和电子邮件(E-mail)促进了合作与交流。

CSNET 的成功,促使 NSF 在 1985 年提出使百所大学用 TCP/IP 协议联网的计划并建立了使用 TCP/IP 协议的 NSFNET,它与 ARPANET 在费城的卡内基-梅隆大学彼此互联,NSFNET 成了 Internet 的组成部分。在 NSFNET 建成之前,网络的使用者只是计算机科学家、军方、大公司及与政府签约的机构;在 NSFNET 建成之后,大学各学科的师生都能使用网络了,这的确是个非常重大的转变。

为使美国在未来的发展中能始终领先,NSF 认为应当使每个科技人员都能使用网络。1987 年 NSF 决定用 T1 干线(1.544Mbps)连接几个国家级的高性能计算中心,这个 T1 主干网于 1988 年夏天建成,实际上替代了原有的 ARPANET 主干网。在这个形势下,ARPANET 于 1990 年宣布退出运营。NSF 在建设主干网的同时,又资助各地区建设了中级网络。各地区的中级网络连接本地区的主要城市、各个大学校园网及各个公司的企业网,使它们既彼此互联,又能接到 Internet 主干上,这样就形成了主干网、中级网及校园网(企业网)三级网络彼此互联的层次结构。

从 1988 年起,Internet 正式跨出了美国国门,首先是接到了加拿大、法国和北欧,随后延伸到了地球的每个大洲的各个角落。

5. G 级网络的试验研究

G 级网络(gigabit network)指每秒传送千兆位的网络,通常也包括速率大于 500Mbps 的全双工干线。

20 世纪 80 年代末 90 年代初,多媒体技术有了很大进展,实时传送多媒体信息要求更高的传输速率。近年来,由于涉及多媒体信息传送的浏览器被广泛使用,干线速率的提高已经刻不容缓。从 1989 年开始,ARPA 和美国国家科学基金会(NSF)就联合资助了高速网络的试验。1991 年 12 月,美国国会通过关于国家研究与教育网(national research education network,NREN)的法案,要使 NREN 成为替代 NSFNET 的非商业性网络。它必须以高于 1Gbps 的速率运行,其目标是在 2000 年前建成 3Gbps 的国家级网络。在 NREN 名下,又资助了一批项目,这些就是 G 级网络的试验研究,这些项目是由大学和工业界共同完成的。