



21st CENTURY
案例型规划教材

21世纪全国高职高专计算机案例型规划教材

计算机网络 技术案例教程

赵艳玲 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



清华大学出版社

计算机网络 技术及应用

清华大学出版社

TP393
zh571

21 世纪全国高职高专计算机案例型规划教材

计算机网络技术案例教程

赵艳玲 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是专为网络初学者所编写的一本案例型实用教材,以层为主线,系统地介绍了计算机网络的基础知识、基本原理、数据对于各层的转发和实际应用案例。本书侧重在对知识理解基础上进行动手能力的培养,强调在掌握计算机网络基础知识的同时,通过对书中各种实际案例的理解,提高学习者分析问题、解决问题的能力。

本书可作为高职高专计算机网络课程教材,也可作为计算机网络各类培训的教材或从事计算机网络和Internet技术的工程人员的参考书,还可供读者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术案例教程/赵艳玲主编. —北京:北京大学出版社, 2008.7

(21世纪全国高职高专计算机案例型规划教材)

ISBN 978-7-301-13641-6

I. 计… II. 赵… III. 计算机网络—高等学校:技术学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第051259号

书 名: 计算机网络技术案例教程

著作责任者: 赵艳玲 主编

责任编辑: 刘 丽

标准书号: ISBN 978-7-301-13641-6/TP·0952

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 世界知识印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 17.25印张 390千字

2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷

定 价: 28.00元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高职高专计算机案例型规划教材 专家编写指导委员会

主 任	刘瑞挺	南开大学
副主任	安志远	北华航天工业学院
	丁桂芝	天津职业大学
委 员	(按拼音顺序排名)	
	陈 平	马鞍山师范高等专科学校
	褚建立	邢台职业技术学院
	付忠勇	北京政法职业技术学院
	高爱国	淄博职业学院
	黄金波	辽宁工程技术大学职业技术学院
	李 缨	中华女子学院山东分院
	李文华	湖北仙桃职业技术学院
	李英兰	西北大学软件职业技术学院
	田启明	温州职业技术学院
	王成端	潍坊学院
	王凤华	唐山工业职业技术学院
	薛铁鹰	北京农业职业技术学院
	张怀中	湖北职业技术学院
	张秀玉	福建信息职业技术学院
	赵俊生	甘肃省合作民族师范高等专科学校
顾 问	马 力	微软(中国)公司 Office 软件资深教师
	王立军	教育部教育管理信息中心

信息技术的案例型教材建设

(代丛书序)

刘瑞挺/文

北京大学出版社第六事业部在 2005 年组织编写了两套计算机教材,一套是《21 世纪全国高职高专计算机系列实用规划教材》,截至 2008 年 6 月已经出版了 80 多种;另一套是《21 世纪全国应用型本科计算机系列实用规划教材》,至今已出版了 50 多种。这些教材出版后,在全国高校引起热烈反响,可谓初战告捷。这使北京大学出版社的计算机教材市场规模迅速扩大,编辑队伍茁壮成长,经济效益明显增强,与各类高校师生的关系更加密切。

2007 年 10 月北京大学出版社第六事业部在北京召开了“21 世纪全国高职高专计算机案例型教材建设和教学研讨会”,2008 年 1 月又在北京召开了“21 世纪全国应用型本科计算机案例型教材建设和教学研讨会”。这两次会议为编写案例型教材做了深入的探讨和具体的部署,制定了详细的编写目的、丛书特色、内容要求和风格规范。在内容上强调面向应用、能力驱动、精选案例、严把质量;在风格上力求文字精练、脉络清晰、图表明快、版式新颖。这两次会议吹响了提高教材质量第二战役的进军号。

案例型教材真能提高教学的质量吗?

是的。著名法国哲学家、数学家勒内·笛卡儿(Rene Descartes, 1596—1650)说得好:“由一个例子的考察,我们可以抽出一条规律。(From the consideration of an example we can form a rule.)”事实上,他发明的直角坐标系,正是通过生活实例而得到的灵感。据说是在 1619 年夏天,笛卡儿因病住进医院。中午他躺在病床上,苦苦思索一个数学问题时,忽然看到天花板上有一只苍蝇飞来飞去。当时天花板是用木条做成正方形的格子。笛卡儿发现,要说出这只苍蝇在天花板上的位置,只需说出苍蝇在天花板上的第几行和第几列。当苍蝇落在第四行、第五列的那个正方形时,可以用(4, 5)来表示这个位置……由此他联想到可用类似的办法来描述一个点在平面上的位置。他高兴地跳下床,喊着“我找到了,找到了”,然而不小心把国际象棋撒了一地。当他的目光落到棋盘上时,又兴奋地一拍大腿:“对,对,就是这个图”。笛卡儿锲而不舍的毅力,苦思冥想的钻研,使他开创了解析几何的新纪元。千百年来,代数与几何,井水不犯河水。17 世纪后,数学突飞猛进的发展,在很大程度上归功于笛卡儿坐标系和解析几何学的创立。

这个故事,听起来与阿基米德在浴池洗澡而发现浮力原理,牛顿在苹果树下遇到苹果落到头上而发现万有引力定律,确有异曲同工之妙。这就证明,一个好的例子往往能激发灵感,由特殊到一般,联想出普遍的规律,即所谓的“一叶知秋”、“见微知著”的意思。

回顾计算机发明的历史,每一台机器、每一颗芯片、每一种操作系统、每一类编程语言、每一个算法、每一套软件、每一款外部设备,无不像闪光的珍珠串在一起。每个案例都闪烁着智慧的火花,是创新思想不竭的源泉。在计算机科学技术领域,这样的案例就像大海岸边的贝壳,俯拾皆是。

事实上,案例研究(Case Study)是现代科学广泛使用的一种方法。Case 包含的意义很广:包括 Example 例子,Instance 事例、示例,Actual State 实际状况,Circumstance 情况、事件、境遇,甚至 Project 项目、工程等。

我们知道在计算机的科学术语中,很多是直接来自日常生活的。例如 Computer 一词早在 1646 年就出现于古代英文字典中,但当时它的意义不是“计算机”而是“计算工人”,即专门从事简单计算的工人。同理,Printer 当时也是“印刷工人”而不是“打印机”。正是由于这些“计算工人”和“印刷工人”常出现计算错误和印刷错误,才激发查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage, 1791—1871)设计了差分机和分析机,这是最早的专用计算机和通用计算机。这位英国剑桥大学数学教授、机械设计专家、经济学家和哲学家是国际公认的“计算机之父”。

20 世纪 40 年代,人们还用 Calculator 表示计算机。到电子计算机出现后,才用 Computer 表示计算机。此外,硬件(Hardware)和软件(Software)来自销售人员。总线(Bus)就是公共汽车或大巴,故障和排除故障源自格瑞斯·霍普(Grace Hopper, 1906—1992)发现的“飞蛾子”(Bug)和“抓蛾子”或“抓虫子”(Debug)。其他如鼠标、菜单……不胜枚举。至于哲学家进餐问题,理发师睡觉问题更是操作系统文化中脍炙人口的经典。

以计算机为核心的信息技术,从一开始就与应用紧密结合。例如,ENIAC 用于弹道曲线的计算,ARPANET 用于资源共享以及核战争时的可靠通信。即使是非常抽象的图灵机模型,也受到二战时图灵博士破译纳粹密码工作的影响。

在信息技术中,既有许多成功的案例,也有不少失败的案例;既有先成功而后失败的案例,也有先失败而后成功的案例。好好研究它们的成功经验和失败教训,对于编写案例型教材有重要的意义。

我国正在实现中华民族的伟大复兴,教育是民族振兴的基石。改革开放 30 年来,我国高等教育在数量上、规模上已有相当的发展。当前的重要任务是提高培养人才的质量,必须从学科知识的灌输转变为素质与能力的培养。应当指出,大学课堂在高新技术的武装下,利用 PPT 进行的“高速灌输”、“翻页宣科”有愈演愈烈的趋势,我们不能容忍用“技术”绑架教学,而是让教学工作乘信息技术的东风自由地飞翔。

本系列教材的编写,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,突出应用型、技能型教学的实用性和可操作性,强化案例教学。本套教材将会有机融入大量最新的示例、实例以及操作性较强的案例,力求提高教材的趣味性和实用性,打破传统教材自身知识框架的封闭性,强化实际操作训练,使本系列教材做到“教师易教,学生乐学,技能实用”。有了广阔的应用背景,再造计算机案例型教材就有了基础。

我相信北京大学出版社在全国各地高校教师的积极支持下,精心设计,严格把关,一定能够建设出一批符合计算机应用型人才培养模式的、以案例型为创新点和兴奋点的精品教材,并且通过一体化设计、实现多种媒体有机结合的立体化教材,为各门计算机课程配齐电子教案、学习指导、习题解答、课程设计等辅导资料。让我们用锲而不舍的毅力,勤奋好学的钻研,向着共同的目标努力吧!

刘瑞挺教授 本系列教材编写指导委员会主任、全国高等院校计算机基础教育研究会副会长、中国计算机学会普及工作委员会顾问、教育部考试中心全国计算机应用技术证书考试委员会副主任、全国计算机等级考试顾问。曾任教育部理科计算机科学教学指导委员会委员、中国计算机学会教育培训委员会副主任。PC Magazine《个人电脑》总编辑、CHIP《新电脑》总顾问、清华大学《计算机教育》总策划。

前 言

当今社会已经是一个数字化、网络化、信息化的社会。Internet 在世界范围内迅速普及并被广泛应用,这也催生了与网络相关的各种岗位。于是“网络工程师”作为一个新兴的职业,正成为许多网络爱好者、网络管理员和大学相关专业朋友的职业追求目标。但就目前来说,国内许多网络技术方面的图书对知识点阐述得不透彻,甚至晦涩难懂,常成为初学者的拦路虎,为了改变这种局面,笔者决定编写此书。

本书不仅系统地介绍了计算机网络技术的基础理论知识,还通过对大量具体案例进行分析引导,将学生置于一种逼真的模拟环境中,增加了学习的趣味性,强化了动手能力,使学习目的更加明确。笔者以能力培养为目标,精心设计了课程框架和内容。每章先以引例导入,接着逐步展开各节内容,然后以应用案例进一步加深学生对关键知识的理解,从而逐步提高学生的实际技能。章末的小结、习题既便于教师指导学生把握重点,也利于学生自学和复习时巩固和提高。本书符合当前倡导的高职高专类学生认识、实践、总结和提高的认知过程,符合高等职业教育教学改革规律及发展趋势,具有创新性和实用性。考虑到当前国内市场的状况,本书中的案例主要以 Quidway 系列交换机和路由器产品为主。

本书共分 10 章,第 1 章概论,主要讲述计算机网络的发展、网络通信中的交换技术和计算机体系结构及分类等;第 2 章数据通信,主要介绍模拟信号与数字信号、信号的转换技术、数据通信中的带宽和时延及频分多路复用技术;第 3 章物理层,以网线为引例导入物理层的主要功能、物理介质在物理层发挥的作用,并结合具体案例来理解物理层的功能;第 4 章数据链路层,以 HDLC 协议为例具体分析了数据链路层的帧结构及功能;第 5 章局域网,主要以以太网为例,介绍了局域网原理及局域网的扩展方法;第 6 章网络测试,主要介绍了网络测试常用的命令及故障诊断的步骤;第 7 章广域网,主要介绍了广域网的概念、帧中继技术及常用的接入技术;第 8 章网络层,全面、详细介绍了数据转发的过程,路由器的原理及配置方法;第 9 章传输层,主要介绍了 TCP 与 UDP 协议所实现的端到端的服务;第 10 章应用层,主要介绍了 DNS、DHCP、SMTP 等应用层的服务,并介绍了现在较常用的流媒体的概念及实现方法,各章后面都附有与该章内容相关的习题,便于教师教学与学生课后练习。

本书使用对象是高职高专计算机专业的学生,侧重于对网络技术核心概念“层”的理解,并在此基础上学习网络实用技术,让学生养成科学的思维方法,以便更好地掌握网络实际技能。本书参考学时建议为 72 学时:其中第 1 章 4 学时,第 2 章 6 学时,第 3 章 6 学时,第 4 章 8 学时,第 5 章 10 学时,第 6 章 4 学时,第 7 章 6 学时,第 8 章 14 学时,第

9章6学时,第10章8学时。各学校选用本书作为教材时,也可以视具体情况适当增减学时。

本书由珠海城市职业技术学院赵艳玲编写,在编写过程中得到北京大学出版社第六事业部给予的大力支持和鼓励,在此表示由衷的感谢,同时也向为本书出版作出贡献的朋友表示感谢!

由于编者水平所限,加之时间非常紧迫,尽管花了大量时间和精力校验,但书中欠妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年5月

目 录

第1章 概论.....1

1.1 计算机网络的发展.....2

1.1.1 计算机网络在美国的发展.....2

1.1.2 计算机网络在我国的发展.....4

1.2 网络通信中的交换技术.....6

1.3 计算机网络的体系结构.....10

1.3.1 划分层次的必要性.....10

1.3.2 OSI 与 DoD 模型.....11

1.3.3 具有五层的体系结构数据的 传输.....13

1.3.4 服务和协议的关系.....15

1.4 网络分类.....16

1.4.1 按网络的作用范围 进行分类.....16

1.4.2 按通信方式分类.....17

1.4.3 按网络的使用者进行分类.....18

1.4.4 按网络的操作方式分类.....18

1.5 网络标准化.....19

1.5.1 电信界最有影响的组织.....19

1.5.2 国际标准界最有影响的 组织.....19

本章小结.....20

习题.....20

第2章 数据通信.....22

2.1 模拟信号与数字信号.....23

2.2 基带传输与宽带传输.....24

2.3 信号的转换与编码.....25

2.3.1 基带编码技术.....25

2.3.2 同步与异步.....26

2.3.3 宽带调制技术.....27

2.3.4 数/模转换技术.....28

2.3.5 模/数转换技术.....29

2.4 数据通信中的主要技术指标.....31

2.4.1 带宽与数据传输率.....31

2.4.2 时延.....32

2.5 多路复用技术.....33

2.5.1 频分多路复用技术.....34

2.5.2 时分多路复用技术.....34

本章小结.....38

习题.....38

第3章 物理层.....40

3.1 传输介质.....41

3.1.1 双绞线.....41

3.1.2 同轴电缆.....46

3.1.3 光缆.....47

3.1.4 无线传输.....48

3.2 物理层接口与协议.....49

3.2.1 物理层协议举例.....51

3.2.2 物理层相关设备举例.....54

本章小结.....58

习题.....58

第4章 数据链路层.....60

4.1 数据链路层的功能.....63

4.1.1 HDLC 的帧结构.....63

4.1.2 链路的建立、维护及管理.....64

4.1.3 差错控制.....65

4.1.4 帧同步.....67

4.1.5 流量控制.....68

4.2 互联网中的数据链路层.....72

4.2.1 SLIP 协议.....72

4.2.2 PPP 协议.....72

本章小结.....77

习题.....78

第5章 局域网	80	7.2.2 帧中继的基本原理.....	132
5.1 局域网的拓扑结构.....	82	7.2.3 帧中继的帧格式.....	133
5.2 局域网协议标准.....	83	7.2.4 帧中继的带宽控制技术.....	134
5.3 IEEE 802.3 媒体访问控制.....	84	7.3 接入网技术.....	136
5.3.1 CSMA/CD 媒体访问控制.....	84	7.3.1 拨号上网.....	136
5.3.2 IEEE 802.3 媒体访问控制协议.....	86	7.3.2 综合业务数字网.....	137
5.3.3 以太网的帧.....	88	7.3.3 ADSL 上网.....	139
5.4 IEEE 802.3 物理层规范.....	89	7.3.4 CATV 网.....	140
5.5 局域网的扩展.....	89	7.3.5 无线上网.....	141
5.5.1 在物理层扩展.....	89	7.3.6 手机上网.....	142
5.5.2 在数据链路层扩展.....	90	本章小结.....	144
5.5.3 生成树协议.....	96	习题.....	144
5.5.4 半双工和全双工以太网.....	97	第8章 网络层	146
5.6 虚拟局域网.....	97	8.1 概述.....	148
5.6.1 VLAN 概述.....	98	8.2 IP 协议.....	148
5.6.2 VLAN 技术特征.....	98	8.2.1 IP 数据报的格式.....	149
5.6.3 三层交换.....	103	8.2.2 二进制、十进制和十六进制的转换.....	150
5.7 局域网的发展.....	103	8.2.3 IP 地址.....	152
5.8 无线局域网.....	104	8.2.4 子网划分的需要.....	156
5.8.1 无线局域网概述.....	104	8.2.5 子网划分的方法.....	156
5.8.2 无线局域网采用的扩频技术.....	105	8.2.6 划分子网后的子网掩码.....	156
5.8.3 802.11 系列标准.....	106	8.2.7 子网划分的例子.....	157
5.8.4 无线局域网的发展.....	108	8.2.8 数据的转发.....	161
本章小结.....	110	8.2.9 IPv6.....	166
习题.....	110	8.3 路由器.....	173
第6章 网络测试	114	8.3.1 路由器结构.....	173
6.1 网络故障的分类.....	116	8.3.2 地址解析协议.....	174
6.2 常用的测试命令.....	118	8.3.3 广播、组播及 IGMP 协议.....	176
6.3 故障诊断的步骤.....	124	8.3.4 IP 地址与物理地址的区别.....	177
本章小结.....	126	8.3.5 变长子网掩码和无类域间路由.....	179
习题.....	126	8.3.6 网络地址转换.....	181
第7章 广域网	128	8.4 静态路由与动态路由.....	186
7.1 概述.....	129	8.4.1 静态路由.....	186
7.2 帧中继.....	130	8.4.2 静态路由的配置.....	187
7.2.1 数据报服务和虚电路服务.....	131	8.4.3 动态路由.....	192
		8.4.4 距离矢量算法的原理.....	194

目 录

8.4.5 动态路由协议	196	10.2 协议配置	238
8.4.6 开放最短路径基础	197	10.2.1 引导程序协议	239
8.5 访问控制列表	201	10.2.2 DHCP 的功能	239
8.5.1 防火墙	201	10.2.3 DHCP 的工作原理	240
8.5.2 访问控制列表的配置	202	10.2.4 DHCP 的自举向前 转发代理	242
8.6 ICMP 协议	210	10.3 电子邮件	242
本章小结	215	10.3.1 简单邮件传输协议	243
习题	216	10.3.2 邮件的传送	244
第 9 章 传输层	218	10.3.3 邮局协议	245
9.1 传输服务	220	10.3.4 其他协议	246
9.2 传输层的端口	223	10.3.5 远程登录协议	247
9.3 传输控制协议 TCP	224	10.4 流媒体	249
9.3.1 TCP 报文段的首部格式	225	10.4.1 服务质量	249
9.3.2 建立连接	226	10.4.2 流媒体技术	249
9.3.3 释放连接	227	10.4.3 用于实现多媒体的 应用层协议	252
9.3.4 滑动窗口	228	10.4.4 流媒体的播放方式	253
9.4 用户数据报协议 UDP	229	10.4.5 H.323 协议	254
本章小结	230	10.4.6 会话发起协议 SIP	255
习题	231	10.4.7 H.323 和 SIP 协议的比较	256
第 10 章 应用层	232	本章小结	257
10.1 域名系统	234	习题	258
10.1.1 DNS 的原理	234	部分习题参考答案	259
10.1.2 DNS 的名字空间	235	参考文献	261
10.1.3 DNS 域名服务器	237		

第1章

概论



教学提示:

通过本章的学习应该了解网络的发展过程,了解 ARPANET、Internet 的概念,掌握网络交换技术,掌握分组交换、存储转发、面向连接等概念,对 OSI 模型与 DoD 模型有一定的了解,对五层模型中各层的作用与数据传输有清晰的认识和理解。知道网络的分类和一些著名的标准化组织及其作用。



教学要求:

知识要点	能力要求	相关知识
计算机网络的形成与发展	了解计算机网络发展过程	计算机网络在美国的发展及在中国的发展
网络通信中的交换技术	掌握存储转发技术、面向连接概念	电路交换、分组交换及报文交换
计算机网络体系结构	熟知五层结构中各层的作用,熟练掌握数据传输过程,理解服务和协议的关系,了解 OSI 参考模型	OSI 参考模型、DoD 模型与五层模型;服务与协议、数据传输过程
网络分类	了解 LAN、MAN、WAN 及特点	网络的各种分类方式
网络标准化	知道 ITU、ISO、IEEE、RFC	电信界最有影响的组织、国际上最有影响的组织



引例

2007 年 6 月 CNNIC 第 20 次中国互联网调查显示如下内容。

(1) 截至 2007 年 6 月, 中国网民总人数达到 1.62 亿, 仅次于美国 2.11 亿的网民规模, 位居世界第二。与 2006 年末相比, 新增网民 2500 万, 虽然增长迅速, 但普及率仍然偏低, 只有 12.3%, 低于全球 17.6% 的平均水平, 与互联网较发达国家美日韩等相比差距更大。

(2) 在各种接入方式中, 宽带网民数达到 1.22 亿, 以手机为终端的无线接入网民数达到 4430 万。

(3) 中国网民中性别差异逐渐缩小, 女性以 45.1% 的比重上升到历史新高点。

(4) 网民年龄结构发展不均衡, 表现出极强的年轻化特征, 25 岁以下网民比例已经超出半数(51.2%), 30 岁及以下的网民比例甚至超过了 7 成(70.6%)。

(5) 中国网民中, 大专及以上学历超过四成(43.9%), 仍然表现出较强的高学历特征, 但是与历年相比, 已经表现出明显的平民化趋势。

(6) 网民中学生比重很大, 达 1/3(36.7%), 绝对数量接近 6000 万。这一点与中国互联网用户的年轻化特点形成相互印证。

(7) 农村互联网发展程度与城镇差异巨大, 城镇居民互联网普及率达到 21.6%, 农村互联网普及率却只有 5.1%。但是较 2006 年底, 农村互联网用户规模增长 51%, 增速超过城镇。

这项调查表明, 互联网在中国的发展非常快, 并表现出网民年轻化、平民化的特征。但是我们是否了解互联网的发展过程, 这个过程对我们有什么启示? 计算机网络的市场那么大, 我们对计算机网络的技术了解了多少? 如何了解和掌握? 这都是我们面临的急需解决的问题。

第 1 章讨论计算机网络的发展, 网络通信中所采用的交换技术, 对网络的体系结构、层次的划分及层次的理解进行了较详细的讨论, 介绍了网络分类及标准化的内容; 为第 2 章开始的自底向上体系结构讨论奠定了基础。

1.1 计算机网络的发展

1.1.1 计算机网络在美国的发展

进入 20 世纪 80 年代末以来, 在网络领域最引人注目的就是起源于美国的因特网(Internet)的飞速发展。现在, 因特网已影响到人们生活的各个方面。那么因特网是怎么产生的, 又是怎么发展起来的, 下面介绍 ARPANET、NSFNET 及因特网, 以帮助读者了解这些问题。

1. ARPANET

在 20 世纪 60 年代中期, 正是冷战的高峰, 美国国防部希望有一个控制网络能在核战争的条件下幸免于难。传统的电路交换电话网络太脆弱, 因为损失一条线路或开关, 就会终止所有使用它们的会话, 甚至部分网络。国防部把这个问题指派给其研究部门 ARPA(国防部高级研究计划局)。

ARPA 的成立是由于苏联于 1957 年发射了人造卫星,它的任务是研究可能用于军事的高技术。ARPA 没有科学家和实验室,它通过资助和合同方式,让技术思想比较先进的公司和大学来完成该项任务。在与多个专家进行一些讨论后,ARPA 认为国防部需要的网络应该是当时比较先进的分组交换网,由子网(接口处理机连接而成)和主机组成。建成的由子网和主机组成的 ARPANET 由子网软件、主机协议与应用软件支持。在 APRA 的支持下,ARPANET 得到了快速增长。随着对协议研究的不断深入,发现 ARPANET 协议不适合于在多个网络上运行,最后产生了 TCP/IP 模型和协议。TCP/IP 模型是为在互联网上通信而专门设计的。有了 TCP/IP 协议,就可以把局域网很容易地连接到 ARPANET。到了 1983 年,ARPANET 运行稳定并且很成功,拥有了数百台接口处理机和主机。此时,ARPA 把管理权交给了美国国防部通信局。

在 20 世纪 80 年代,其他网络陆续连接到 ARPANET。随着规模的扩大,寻找主机的开销太大了,域名系统 DNS 被引入。到了 1990 年,ARPANET 被它自己派生的 MILNET 网络取代。

2. NSFNET

20 世纪 70 年代末期,美国国家基金会(NSF)注意到 ARPANET 在大学科研上的巨大影响,为了能连上 ARPANET,各大学必须和国防部签合同。由于这一限制,NSF 决定开设一个虚拟网络 CSNET,以一台机器为中心,支持拨号入网,并且与 ARPANET 及其他网络相连。通过 CSNET,学术研究人员可以拨号发送电子邮件。它虽然简单,但却很有用。

1984 年,NSF 设计了 ARPANET 的高速替代网,为所有的大学研究组织开放。主干网是由 56Kb/s 租用线路连接组成子网,其技术与 ARPANET 相同,但软件不同,从一开始就使用 TCP/IP 协议,使它成为第一个 TCP/IP 广域网。

NSF 还资助了一些地区网络,它们与主干网相连,允许数以千计的大学、研究实验室、图书馆、博物馆里的用户访问任何超级计算机,并且相互通信。这个完整的网络包括主干网和地区网,被称为 NSFNET,并与 ARPANET 连通。

NSFNET 的第二代主干网络被升级到 1.5Mb/s。

随着网络的不断增长,NSF 意识到政府不能再资助该网络了。1990 年,一个非赢利机构 ANS(高级网络和服务)取代了 NSFNET,并把 1.5Mb/s 的线路提升到了 45Mb/s,从而形成了 ANSNET,1995 年出售给了美国在线(America Online)。

3. 因特网

当 1983 年 1 月 1 日 TCP/IP 协议成为 ARPANET 上唯一的正式协议后,ARPANET 上连接的网络、机器和用户快速增长。当 NSFNET 和 ARPANET 互联后,以指数级增长。很多地区网络开始加入,并且开始与加拿大、欧洲和太平洋地区的网络连接。

到了 20 世纪 80 年代中期,人们开始把互联的网络集看成互联网,就是后来的因特网。在因特网上,如果一台机器运行 TCP/IP 协议,有一个 IP 地址,就可以向因特网上其他主机发送分组,那么它就是在因特网上。许多个人计算机可以通过调制解调器呼叫因特网服务供应商(ISP),获取一个临时的 IP 地址,并且向其他因特网主机发送分组。

20 世纪 90 年代中期,因特网在学术界、政府和工业研究人员之间已非常流行。一个

全新的应用——万维网 WWW(world wide web)改变了一切,让数以百万计的非学术界的新用户登上了互联网,这也是由于浏览器的出现和超级链接的作用结果。WWW 使得一个站点可以设置大量主页,以提供包括文本、图片、声音甚至影像的信息,每页之间都有链接。通过点击链接,用户就可以切换到该链接指向的页面。很快就有了大量的其他主页,包括地图、股市行情等。

Internet 的成功经验如下。

1) 长期不断的政府支持

美国政府长期支持 Internet 技术的研究达 20 多年。终于获得了世界范围的巨大成功,使美国的计算机网络及其应用技术领先于世界其他任何国家,同时也产生了十分巨大的经济利益回报。

2) 具有远见的政府决策

在 Internet 发展的许多关键时刻,政府的正确决策起了至关重要的作用。例如:TCP/IP 的实验网研究、NSFNET 的建立、Internet 商业化。另外,在支持 Internet 的研究过程中,给各研究单位创造出公平竞争、鼓励发展的政策环境也是十分重要的。美国在基础通信方面,先期进行了公平竞争的改革,为 Internet 的迅速商业化奠定了很好的基础。

3) 技术先导的示范工程

通观 Internet 的发展历史,我们发现不同时期的实验研究性示范网络都建立在大学和研究单位。这样做的原因,除了因为大学和研究单位有最强的研究实力外,还因为大学也是为社会培养网络及其应用人才的场所。

4) 开放公开的技术标准

Internet 的技术和标准从一开始就是开放的,也就是说公开的,为人们了解、参与和开发这种技术奠定了较好的基础。

5) 充满活力的企业参与

从建设时通信公司的积极参与,到发展时 IT 企业的积极参与和支持,企业在 Internet 技术的发展过程中扮演了十分重要的角色。从 NSFNET、Internet 商业化时许多企业大量投资,成为提供骨干网服务的网络服务提供商 NSP 或提供 Internet 接入服务的 Internet 服务提供商(ISP),反映出现代信息产业中高风险投资的重要趋势。

1.1.2 计算机网络在我国的发展

我国最早着手建设计算机广域网的是铁道部。铁道部在 1980 年即开始进行计算机联网实验;当时的几个结点是北京、济南、上海等铁路局及其所属的 11 个分局。结点交换机采用的是 PDP-11,而网络体系结构为 Digital 公司的 DNA。铁道部的计算机网络是专用计算机网络,其目的是建立一个在上述地区范围、为铁路指挥和调度服务的运输管理系统。

1987 年发出我国第一封电子邮件。

1988 年电子邮件通信,清华大学校园网采用从加拿大 UBC 大学(University of British Columbia)引进的采用 X400 协议的电子邮件软件包,通过 X.25 网与加拿大 UBC 大学相连,开通了电子邮件应用;中国科学院高能物理研究所采用 X.25 协议使该单位的 DECnet 成为西欧中心 DECnet 的延伸,实现了计算机国际远程联网以及与欧洲和北美地区的电子邮件通信。

1989年2月我国第一个公用分组交换网 CHINAPAC(或简称 CNPAC)通过试运行和验收,达到了开通业务的条件。它由3个分组结点交换机、8个集中器和1个双机组成的网络管理中心组成。这3个分组结点交换机分别设在北京、上海和广州,而8个集中器分别设在沈阳、天津、南京、西安、成都、武汉、深圳和北京的邮电部数据所,网络管理中心设在北京电报局。此外,还开通了北京至巴黎和北京至纽约的两条国际电路。

在20世纪80年代后期,公安部和军队相继建立了各自的专用计算机广域网,这对迅速传递重要的数据信息起着重要的作用。还有一些部门也建立了专用的计算机网络。

除了上述的广域网外,从20世纪80年代起,国内的许多单位都陆续安装了大量的局域网。局域网的价格便宜,其所有权和使用权都属于本单位,因此非常便于开发、管理和维护。局域网的发展很快,它使更多的人能够了解计算机网络的特点,知道在计算机网络上可以做什么,以及如何才能更好地发挥计算机网络的作用。

1990年注册登记了我国的顶级域名CN,并委托德国卡尔斯鲁厄大学运行CN域名服务器。

1994年3月,中国终于获准加入互联网,并在同年5月完成全部中国联网工作。

目前,我国已建立了四大公用数据通信网,为我国Internet的发展创造了条件。它们是:

- (1) 中国公用分组交换数据通信网(ChinaPAC)。
- (2) 中国公用数字数据网(ChinaDDN)。
- (3) 中国公用帧中继网(ChinaFRN)。
- (4) 中国公用计算机互联网(ChinaNet)。

据2007年7月的统计报告,ChinaNet网络节点间的路由中继由155Mb/s提升到2.5Gb/s,提速16倍,中国国际出口带宽总量为312 346Mb/s。连接的国家有美国、俄罗斯、法国、英国、德国、日本、韩国和新加坡等。

我国陆续建造了基于因特网技术并可以和因特网互联的10个全国范围的公用计算机网络。

- (1) 中国公用计算机互联网(CHINANET)。
- (2) 中国科技网(CSTNET)。
- (3) 中国教育和科研计算机网(CERNET)。
- (4) 中国金桥信息网(CHINAGBN)。
- (5) 中国联通互联网(UNINET)。
- (6) 中国网通公用互联网(CNCNET)。
- (7) 中国移动互联网(CMNET)。
- (8) 中国国际经济贸易互联网(CIETNET)。
- (9) 中国长城互联网(CGWNET)。
- (10) 中国卫星集团互联网(CSNET)。

这些基于因特网的计算机网络技术发展非常快,请读者经常在有关网站上查找计算机网络的最新数据。