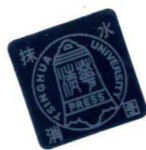


21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



计算机网络基础教程 (第2版)

吴辰文 王庆荣 王婷 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

计算机网络基础教程

(第2版)

吴辰文 王庆荣 王婷 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

计算机信息技术特别是网络技术在近些年发展极为迅速,为了能使读者更清晰地学习和理解网络技术,掌握网络技术发展的最新动态和热点问题,本书对网络通信的基本知识和概念、计算机网络体系结构特别是TCP/IP协议进行了系统的讨论,对局域网技术、城域网技术、广域网技术、网络互联技术、接入网技术、无线网络技术和互联网音频/视频服务技术进行了比较系统和全面的介绍。

本书结构严谨、层次分明、概念清晰、叙述准确,易于学习和理解,可作为高等院校计算机专业、电子信息及通信专业高年级本科生和低年级硕士研究生教材,也可供计算机网络设计人员、开发人员及网络管理人员作为技术参考书使用。

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

计算机网络基础教程/吴辰文,王庆荣,王婷编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2018
(21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)
ISBN 978-7-302-48853-8

I. ①计… II. ①吴… ②王… ③王… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第286790号

责任编辑:郑寅堃 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁毅

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印刷者:北京富博印刷有限公司

装订者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.5

字 数:475千字

版 次:2011年10月第1版 2018年1月第2版

印 次:2018年1月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:39.50元

产品编号:076334-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

本书是在《现代计算机网络》第1版的基础上精简改编而成,主要进行了如下的调整:删减了部分无线网络技术的内容,只保留了目前常用的无线网络相关技术,增加了目前应用比较广泛的互联网音频/视频服务的内容,删去了网络安全、网络性能测试及评价等方面的内容,因为该部分内容已经有专著介绍。经过精简后的内容是计算机网络最基本的知识,而这些基本知识是比较成熟和稳定的,因此这些部分不会有大的变动。教师可根据授课对象、专业、学时数等情况选择使用。另外,本书的主要内容紧扣目前计算机专业工程认证的相关内容,适合作为计算机、通信与信息类专业的教材;同时,依据现有考试大纲,本书涵盖了计算机科学与技术专业硕士研究生入学考试统考中的网络课程的知识点,因此本书也可以作为研究生入学考试的参考书。

全书共8章。第1章介绍计算机网络的形成与发展、网络的定义与分类、网络体系结构和互联网的结构及通信方式。第2章介绍数据通信知识,涉及数据通信的基本概念、数据调制和编码、传输介质、多路复用技术、数据交换技术和宽带接入技术。第3章介绍广域网技术,包括广域网的演变与发展、广域网结构与参考模型、广域网的数据链路层、广域网的连接类型和广域网通信网的基础网络等。第4章介绍局域网和城域网,包括局域网参考模型与协议标准、以太网、高速以太网、虚拟局域网。第5章介绍网络互联技术,包括网络互联的基本概念、网际协议、IPv4、路由选择算法与路由协议、路由器与第三层交换技术、IP多播与IGMP协议、IPv6技术以及虚拟专用网(VPN)和网络地址转换(NAT)等。第6章介绍两个主要的传输层协议UDP和TCP。第7章介绍网络服务和应用层协议,包括域名系统(DNS)、电子邮件系统、WWW协议与服务、文件传输协议(FTP)、动态主机配置协议(DHCP)、远程登录协议(Telnet)和P2P应用协议。第8章专门介绍无线网络的一些新技术,也介绍互联网音频/视频服务等内容。

本书由兰州交通大学吴辰文、王庆荣、王婷编著。

在本书的编写过程中,得到了兰州交通大学电信学院和清华大学出版社的大力支持,兰州交通大学运输学院老师李晓军、王建强,电信学院研究生刘岚同学在文字输入、图形绘制和PPT制作等方面做了大量的工作,在此表示由衷的感谢。

本书的参考学时数为48学时左右,若课程学时数较少时可以只学习前7章,这样仍然可以学习到计算机网络最基本的知识。

由于网络技术发展非常迅速,涉及的知识面广,加之作者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2017年10月



目 录

第 1 章 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 互联网的发展	2
1.1.3 计算机网络在我国的发展	6
1.2 计算机网络的定义、分类及性能指标	7
1.2.1 计算机网络的定义	7
1.2.2 计算机网络的分类	8
1.2.3 计算机网络的性能指标	11
1.3 计算机网络的体系结构	14
1.3.1 网络体系结构的基本概念	14
1.3.2 网络体系结构的研究方法	15
1.3.3 常见的参考模型	16
1.4 互联网的结构及通信方式	20
1.4.1 互联网的结构划分	20
1.4.2 互联网的通信方式	21
1.5 本书的内容构成及讲解方法	22
第 2 章 数据通信基础	26
2.1 数据通信的基本概念	26
2.1.1 信息、数据和信号	26
2.1.2 信道的基本概念	26
2.1.3 数据通信系统模型	28
2.2 数据调制和编码	29
2.2.1 数字数据编码为数字信号	29
2.2.2 数字数据调制为模拟信号	30
2.2.3 模拟数据编码为数字信号	32
2.2.4 模拟数据调制为模拟信号	33
2.3 传输介质	34
2.3.1 导向传输介质	35
2.3.2 非导向传输介质	38
2.4 多路复用技术	41

2.4.1	频分多路复用	42
2.4.2	时分多路复用	43
2.4.3	波分多路复用	44
2.4.4	码分多路复用	46
2.5	数据交换技术	47
2.5.1	电路交换	47
2.5.2	分组交换	49
2.6	宽带接入技术	52
2.6.1	接入网的基本概念	52
2.6.2	拨号接入技术	54
2.6.3	xDSL 体系结构	56
2.6.4	光纤接入技术	58
2.6.5	宽带无线接入技术与 IEEE 802.16 标准	64
第 3 章	广域网技术	67
3.1	广域网的演变与发展	67
3.1.1	广域网技术的特点	67
3.1.2	广域网研究的技术思路	67
3.2	广域网结构与参考模型	69
3.2.1	广域网的组成	69
3.2.2	广域网参考模型	70
3.2.3	广域网的物理层	71
3.3	广域网的数据链路层	74
3.3.1	数据链路层的基本概念	74
3.3.2	HDLC 协议	76
3.3.3	PPP 协议	85
3.3.4	HDLC 与 PPP 协议的区别	89
3.4	广域网的连接类型	89
3.4.1	WAN 的交换方式	89
3.4.2	WAN 的连接类型	90
3.5	广域网通信网的基础网络	92
3.5.1	公共电话交换网(PSTN)	92
3.5.2	公用数据网(X.25)	94
3.5.3	帧中继网(FR)	95
3.5.4	综合业务数字网(ISDN)	97
3.5.5	异步传输模式(ATM)	99
3.5.6	数字数据网(DDN)	100
3.5.7	同步光纤网(SONET)和同步数字体系(SDH)	101

第 4 章 局域网和城域网	106
4.1 局域网参考模型与协议标准	106
4.1.1 局域网参考模型.....	106
4.1.2 IEEE802 协议标准	107
4.2 以太网	108
4.2.1 CSMA/CD 协议.....	108
4.2.2 以太网的性能.....	111
4.2.3 以太网的 MAC 子层	113
4.2.4 以太网在地域连接范围的扩展.....	116
4.3 高速以太网	125
4.3.1 快速以太网.....	125
4.3.2 千兆以太网.....	126
4.3.3 万兆以太网.....	127
4.3.4 十万兆以太网/四万兆以太网	129
4.4 虚拟局域网	131
4.4.1 虚拟局域网的基本概念.....	131
4.4.2 VLAN 的分类	132
4.4.3 干道和 VTP	133
4.4.4 VLAN 的优点	135
第 5 章 网络互联技术	136
5.1 网络互联的基本概念	136
5.2 网际协议(IPv4)	137
5.2.1 IP 地址	139
5.2.2 地址解析协议.....	144
5.2.3 IPv4 数据报	147
5.2.4 ICMP 协议	149
5.3 路由选择算法与路由协议	153
5.3.1 路由信息协议(RIP)	155
5.3.2 开放最短路径优先协议(OSPF)	158
5.3.3 外部网关协议(BGP).....	161
5.4 路由器与第三层交换技术	163
5.4.1 路由器的构成.....	164
5.4.2 路由器的分类.....	165
5.4.3 第三层交换.....	166
5.5 IP 多播与 IGMP 协议	169
5.5.1 IP 多播的基本概念	169
5.5.2 以太网物理多播.....	172

5.5.3	Internet 组管理协议	173
5.6	IPv6 技术	174
5.6.1	IPv6 概述	174
5.6.2	IPv6 分组	176
5.6.3	IPv6 地址	178
5.6.4	IPv4 到 IPv6 的过渡	181
5.6.5	IPv6 的应用	183
5.7	虚拟专用网(VPN)和网络地址转换(NAT)	184
5.7.1	虚拟专用网	184
5.7.2	网络地址转换	188
第 6 章	传输层	191
6.1	传输层的服务和规范	191
6.1.1	进程通信	191
6.1.2	传输层协议	193
6.1.3	传输层的基本功能	194
6.2	用户数据报协议(UDP)	195
6.2.1	UDP 的主要特点	195
6.2.2	UDP 数据报的格式	197
6.2.3	UDP 的基本工作过程	198
6.3	传输控制协议(TCP)	200
6.3.1	TCP 协议的特点	201
6.3.2	TCP 报文段的格式	201
6.3.3	TCP 的连接过程	204
6.3.4	TCP 的流量控制	208
6.3.5	TCP 的差错控制	212
6.3.6	TCP 的拥塞控制	214
第 7 章	网络服务和应用层协议	219
7.1	域名系统(DNS)	219
7.1.1	DNS 基础	219
7.1.2	Internet 的域名结构	220
7.1.3	域名服务器	221
7.1.4	域名解析	223
7.1.5	DNS 报文	224
7.2	电子邮件系统	225
7.2.1	电子邮件系统概述	225
7.2.2	SMTP 协议	227
7.2.3	邮件读取协议	231

7.2.4	电子邮件的格式	232
7.2.5	基于 WWW 的电子邮件	233
7.3	WWW 协议与服务	233
7.3.1	WWW 概述	233
7.3.2	WWW 的体系结构	234
7.3.3	统一资源定位符(URL)	235
7.3.4	万维网文档	236
7.3.5	HTTP 协议	238
7.3.6	搜索引擎	244
7.4	文件传输协议(FTP)	246
7.4.1	FTP 概述	246
7.4.2	FTP 的工作原理	247
7.4.3	匿名 FTP 服务	247
7.4.4	FTP 的使用	248
7.4.5	简单文件传输协议(TFTP)	249
7.5	动态主机配置协议(DHCP)	249
7.5.1	DHCP 的产生背景	249
7.5.2	DHCP 的报文格式	250
7.5.3	DHCP 的工作过程	251
7.6	远程登录协议(Telnet)	254
7.6.1	Telnet 的基本概念	254
7.6.2	Telnet 的工作原理	254
7.6.3	Telnet 的使用	255
7.7	P2P 应用协议	256
7.7.1	P2P 概述	256
7.7.2	P2P 的应用	259
第 8 章	无线网络及互联网音频/视频服务	260
8.1	无线局域网	260
8.1.1	无线局域网的组成	260
8.1.2	802.11 局域网的物理层	262
8.1.3	802.11 局域网的 MAC 层协议	263
8.1.4	802.11 局域网的 MAC 帧	269
8.2	无线自组织网络(Ad hoc)	271
8.2.1	无线自组织网络(Ad hoc)的信道分配技术	272
8.2.2	无线自组织网络(Ad hoc)的信道接入协议	273
8.3	无线传感器网络	275
8.3.1	无线传感器网络的组成	275
8.3.2	无线传感器网络的体系结构	276

8.4	无线网格网络技术	279
8.4.1	无线网格网络概述	279
8.4.2	无线网格网络结构	281
8.5	互联网上的音频/视频服务	282
8.5.1	音频/视频概述	282
8.5.2	流式存储音频/视频	285
8.5.3	交互式音频/视频	290
附录 A	以太网常见的类型及参数	298
参考文献	299

1.1 计算机网络的形成与发展

1.1.1 计算机网络发展阶段的划分

计算机网络从产生到发展,总体来说可以分成以下 4 个阶段。

第 1 阶段:20 世纪 60 年代末到 20 世纪 70 年代初为计算机网络发展的萌芽阶段。其主要特征是为了增加系统的计算能力和资源共享,把小型计算机连成实验性的网络。第一个远程分组交换网称为 ARPANET,是由美国国防部于 1969 年建成的,第一次实现了由通信网络和资源网络复合构成计算机网络系统。标志计算机网络的真正产生,ARPANET 是这一阶段的典型代表。

第 2 阶段:20 世纪 70 年代中后期是局域网(LAN)发展的重要阶段,其主要特征是局域网作为一种新型的计算机体系结构开始进入产业部门。局域网技术是从远程分组交换通信网络和 I/O 总线结构计算机系统派生出来的。1976 年,美国 Xerox 公司的 Palo Alto 研究中心推出以太网(Ethernet),它成功地采用了夏威夷大学 ALOHA 无线电网络系统的基本原理,使之发展成为第一个总线竞争式局域网。1974 年,英国剑桥大学计算机研究所开发了著名的剑桥环局域网(Cambridge Ring)。这些网络的成功实现,一方面标志着局域网的产生,另一方面它们形成的以太网及环网对以后局域网的发展起到导航的作用。

第 3 阶段:整个 20 世纪 80 年代是计算机局域网的发展时期。其主要特征是局域网络完全从硬件上实现了 ISO 的开放系统互联通信模式协议的能力。计算机局域网及其互联产品的集成,使得局域网与局域网互联、局域网与各类主机互联,以及局域网与广域网互联的技术越来越成熟。综合业务数据通信网络(ISDN)和智能化网络(IN)的发展,标志着局域网的飞速发展。1980 年 2 月,IEEE(美国电气和电子工程师学会)下属的 802 局域网络标准委员会宣告成立,并相继提出 IEEE801.5~802.6 等局域网标准草案,其中的绝大部分内容已被国际标准化组织(ISO)正式认可。作为局域网的国际标准,它标志着局域网协议及其标准化的确定,为局域网的进一步发展奠定了基础。

第 4 阶段:20 世纪 90 年代初至现在是计算机网络飞速发展的阶段,其主要特征是 Internet、高速通信网络技术、接入网、网络和信息安全技术的盛行。Internet 作为国际性的网际网与大型信息系统,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。更高性能的 Internet 2 正在发展之中。宽带网络技术的发展,为信息化提供了技术基础,网络与信息安全技术为网络应用提供了重要的安全保障。基于光纤技术的宽带城域网与接入网技术,以及移动计算网络、网络多媒体计算、网络并行计算、网络计算、存储区域网络与无线网络正在成为网络应用与研究的热点问题。

为了让读者对计算机网络的发展有一个比较清晰的概念,笔者用表格的方式给出了计算机网络的发展历史,如表 1-1 所示。

表 1-1 计算机网络发展历史

时间	事 件	主要影响领域
1946 年	第一台计算机 ENIAC 诞生	计算机技术
1958 年	美国成立 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency, 美国国防部先进研究项目局)	互联网
1960 年	美国国防部授权 RAND 公司寻找一种有效的通信网络解决方案	互联网
1963 年	Bob Bemer 制定出统一的信息表示方法 ASCII	通信编码技术
1961—1964 年	Baran、Kleinrock、Davies 三人相继提出分组交换设想 出现了分布式网络的思想	互联网,广域网
1966 年	Larry Roberts 担任 ARPANET 的负责人,时年 29 岁,被称为 ARPANET 之父	互联网
1967 年	DARPA 负责人 Larry Roberts 采纳了 Wesley Clark 建议的分组交换通信子网的设想	互联网,广域网
1969 年	ARPANET 正式联通,被称为 Internet 元年	互联网
1970 年	美国 Hawaii 大学发明了无线通信网 ALOHANET,提出了共享传输介质的算法,为以太网的发展奠定了理论基础	局域网
1973 年	Harvard 大学的 Bob Metcalf 在其博士论文中首次提出 Ethernet 的基本原理,并在 1973 年 5 月实现了第一个 Ethernet 网络	局域网
1974 年	斯坦福大学(Stanford University)的 Vint Cerf(被称为 Internet 之父)和 Robert E. Kahn 提出采用 TCP 和 IP 实现计算机网络的互联	互联网,广域网
1977 年	CSMA/CD 协议诞生 ARPANET 实现了与无线分组网络、卫星分组网络互联	局域网 互联网,广域网
1980 年	DIX 1.0 诞生	局域网
1982 年	DIX 2.0 诞生,在此基础上产生了 IEEE 802.3	局域网
1983 年	TCP/IP 正式成为 ARPANET 的标准协议	互联网,广域网
1990 年	10Base-T 诞生	局域网
1995 年	快速以太网(Fast Ethernet, 100Mbps Ethernet, IEEE 802.3u)诞生	局域网
1999 年	千兆以太网(IEEE 802.3ab 双绞线/802.3z 光纤和同轴)诞生	局域网,城域网
2002 年	万兆以太网(10Gbps Ethernet, IEEE 802.3ae)诞生	局域网,广域网
2010 年	四万兆/十万兆以太网(40/100Gbps Ethernet, IEEE 802.3ba)诞生	局域网,广域网

1.1.2 互联网的发展

1. 互联网概述

起源于美国的互联网现在已成为世界上最大的国际性计算机互联网。

网络(Network)由若干结点(Node)和连接这些结点的链路(Link)组成。网络中的结点

可以是计算机、集线器、交换机或路由器等。图 1-1(a)给出了一个具有 4 个结点和 3 条链路的网络。从图中可知,有 3 台计算机通过 3 条链路连接到一个交换机上,构成一个简单网络。在很多情况下,可以用一朵云表示一个网络。这样处理的作用是可以不去关心网络中细节问题,因而可以集中精力研究涉及与网络互联有关的一些问题。

网络和网络还可以通过路由器互联起来,这样就构成了一个覆盖范围更大的网络,即互联网,如图 1-1(b)所示。因此互联网是“网络的网络”。

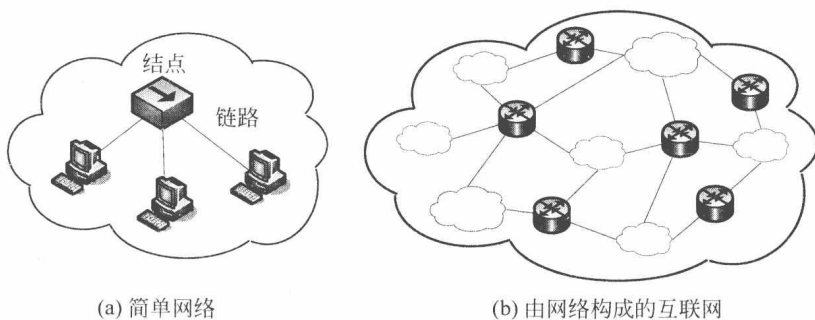


图 1-1 网络

因特网(Internet)是世界上最大的互联网络。习惯上,人们把连接在互联网上的计算机都称为主机(Host)。互联网也常常用一朵云来表示,图 1-2 所示的是许多主机连接在互联网上,这种表示方法是把主机画在网络的外部,而省略了网络内部的细节(即路由器怎样把许多网络连接起来)。

因此,网络把许多计算机连接在一起,而互联网则把许多网络连接在一起。另外还必须注意,就是网络互联并不是把各计算机仅仅简单地在物理上连接起来,因为这样做并不能达到各计算机之间能够相互交换信息的目的。还必须在计算机上安装许多使计算机能够交互信息的软件才行。因此当谈到网络互联时,就隐含地表示在这些计算机上已经安装了适当的软件,因而在计算机之间可以通过网络交换信息。

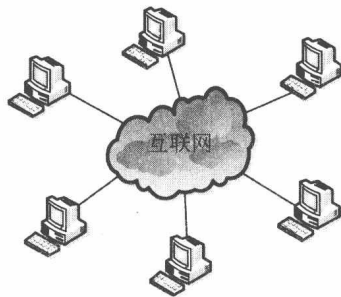


图 1-2 互联网与连接的主机

2. 互联网发展的阶段

互联网的基础结构大体上经过了以下 3 个阶段的演进。

第一阶段是从单个网络 ARPANET 向互联网发展的过程。1969 年美国国防部创建的第一个分组交换网 ARPANET 最初只是一个单个的分组交换网。所有要连接在 ARPANET 上的主机都直接与就近的结点交换机相连。但到了 20 世纪 70 年代中期,人们已经认识到不可能仅使用一个单独的网络来满足所有的通信问题。于是 ARPA 开始研究多种网络互联技术,这就导致后来互联网的出现。1983 年 TCP/IP 协议成为 ARPANET 上的标准协议,使得所有适用 TCP/IP 协议的计算机都能利用互联网相互通信,因而人们就把 1983 年作为互联网的诞生时间。

第二阶段是建成了三级结构的互联网。从 1985 年起,美国国家科学基金会(National

Science Foundation, NSF)就围绕 6 个超级计算机中心建设计算机网络,即国家科学基金会网 NSFNET,它采用一种层次型结构,分为主干网、地区网与校园网(或企业网)。这种三级计算机网络覆盖了全美国主要的大学和研究所,并且成为互联网的主要组成部分。1991 年,NSF 和美国的其它政府机构开始认识到,互联网必须扩大其使用的范围,不应仅限于大学和科研机构。世界上的许多公司纷纷接入到互联网,使网络上的通信量急剧增大,导致互联网的容量已不能满足需要。于是美国政府决定将互联网的主干网转交给私人公司来经营,并开始对接入互联网单位进行收费。1992 年互联网上的主机超过 100 万台。1993 年互联网主干网的速率提高到了 45Mbps(T3 速率)。

第三个阶段是逐渐形成多层次 ISP 结构的互联网。从 1993 年开始,由美国政府资助的 NSFNET 逐渐被若干个商用的互联网主干网所取代,而政府机构不再负责互联网的运营。这样就出现了一个新名词:互联网服务提供商(Internet Service Provider,ISP),它拥有从互联网管理机构申请的多个 IP 地址,同时拥有通信线路(大的 ISP 自己建造通信线路,小的 ISP 则向电信公司租用通信线路)以及路由器等联网设备,因此任何机构和个人只要向 ISP 交纳规定的费用,就可以从 ISP 得到所需的 IP 地址,并通过该 ISP 接入到互联网。人们通常所说的“上网”就是指“通过某个 ISP 接入到互联网”,因为 ISP 向连接到互联网的用户提供了 IP 地址。IP 地址的管理机构不会把一个单个的 IP 地址分配给单个用户(不“零售”IP 地址),而是把一批 IP 地址有偿分配给经审查合格的 ISP(只“批发”IP 地址)。由此可以看出,现在的互联网已不是某个单个组织所拥有的网络,而是全世界无数大大小小的 ISP 共同拥有的网络。图 1-3 说明了用户上网与 ISP 的关系。

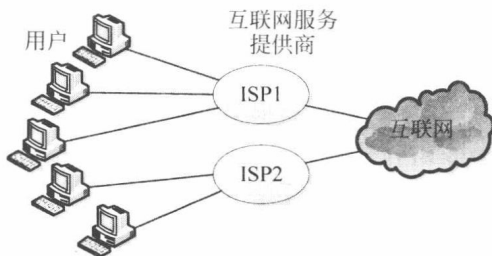


图 1-3 用户通过 ISP 接入到互联网

根据提供服务的覆盖面积大小及所拥有的 IP 地址数目的不同,ISP 分成为不同的层次。图 1-4 所示为具有三层 ISP 结构的互联网概念示意图。

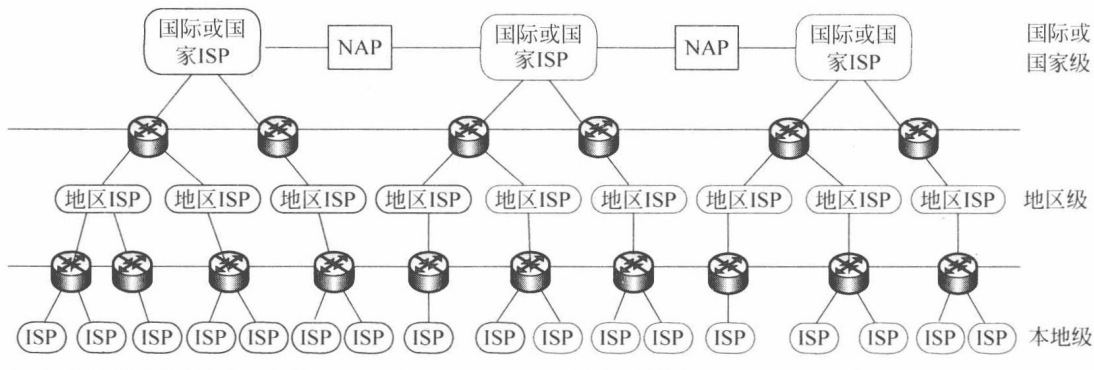


图 1-4 具有三层 ISP 结构的互联网概念示意图

在图 1-4 中,最高级别的第一层 ISP 的服务面积最大(一般能够覆盖国家范围),并且还拥有高速主干网。第二层 ISP 和一些大公司都是第一层 ISP 的用户。第三层 ISP 又称为本地 ISP,它们是第二层 ISP 的用户,只拥有本地范围的网络。一般的校园网或企业网及拨号上网的用户,都是第三层 ISP 的用户。为了使不同层次 ISP 经营的网络都能够相互通信,在 1994 年开始创建了 4 个网络接入点(Network Access Point, NAP),分别由四家电信公司经营。NAP 是 Internet 最高级的接入点,主要是向各 ISP 提供交换设施,使它们能够相互通信。到 21 世纪初,美国的 NAP 的数量已经达到十几个。现在有一种趋势,即比较大的第一层 ISP 愿意绕过 NAP 而直接通过高速通信线路(2.5~10Gbps 或更高)和其他的第一层的 ISP 交换大量数据,这样可以使第一层 ISP 之间的通信线路更加快捷。

3. 下一代互联网计划

在互联网技术高速发展的今天,各国都将互联网的发展列入了国家的重要发展战略。

欧盟从 2016 年 11 月至 2017 年 1 月就下一代互联网计划(NGI)举行了开放研讨会,并于 2017 年 3 月 6 日发布了研讨会成果报告。

2010 年美国 NSF 设立了未来互联网体系结构(FIA)计划。FIA 的目标是设计和验证下一代互联网的全面的新型的体系结构,研究范围包括网络设计、性能评价、大规模原型实现、端用户应用试验等。FIA 资助了 4 个项目,即 NDN、MobilityFirst、NEBULA 和 XIA,这些项目分别致力于未来网络体系结构研究和设计的不同方向,同时也为集成架构方面有所考虑,为建立综合的可信的未来网络体系结构提供技术支撑。

目前学术界对于下一代互联网还没有统一定义,但对其主要特征已达成如下共识。

(1) 更大的地址空间:采用 IPv6 协议,使下一代互联网具有非常巨大地址空间,网络规模将更大,接入网络的终端种类和数量更多,网络应用更广泛。

(2) 更快:最低 100Mbps 以上的端到端高性能通信。

(3) 更安全:可进行网络对象识别、身份认证和访问授权,具有数据加密和完整性验证,实现一个可信任的网络。

(4) 更及时:提供多播服务,进行服务质量控制,可开发大规模实时交互应用。

(5) 更方便:无处不在的移动和无线通信应用。

(6) 更可管理:有序的管理、有效的运营、及时的维护。

(7) 更有效:有盈利模式,可创造重大社会效益和经济效益。

4. Internet 组织、管理机构与标准

目前,计算机网络领域具有影响的标准化组织主要有国际电信联盟(ITU)、国际标准化组织(ISO)、电子工业协会(EIA)、电气与电子工程师协会(IEEE)。

1992 年,国际电话电报咨询委员会(CCITT)更名为国际电信联盟(ITU),它负责电信方面的标准制定。国际标准化组织的宗旨是协商国际网络中使用的标准并推动世界各国间的互通。ISO 中负责数据通信标准的是 97 技术委员会(TC97)。ISO 共颁布了 5000 多个标准,包括非常重要的开放系统互联(OSI)参考模型。电子工业协会制定的 RS-232 接口标准在通信中应用广泛。近年来,EIA 在移动通信领域的标准制定方面表现非常活跃,很多蜂窝移动通信网采用的临时标准 IS-41、IS-94、IS-95 都是由 EIA 组织制定的。电气与电子