

高等学校计算机科学与技术应用型教材

JISUANJI
WANGLUO
JIAOCHENG

计算机 网络教程

溪利亚 彭文艺 苏莹◎主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等学校计算机科学与技术应用型教材

计算机网络教程

主编 溪利亚 彭文艺 苏莹



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书是华中科技大学武昌分校精品课程建设成果。本书以“重基础,强素质,重实践,重应用”为宗旨,以满足读者学习网络基础知识、网络构建和网络应用的需要,比较全面系统地介绍了计算机网络的发展、基本概念、原理体系结构、数据通信技术、局域网技术、网络互连技术和因特网技术。全书分两个部分,第一部分以理论教学为主,第二部分以实践教学为主。每章课后附有习题,并为任课老师免费提供电子课件。

本书编排方式新颖,内容基础性强,概念清晰,逻辑严谨,实验教学源于生活中的网络应用,实用性强。本书适合作为高校计算机专业和理工类网络课程教材,也可作为从事计算机与信息技术应用的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络教程 / 溪利亚, 彭文艺, 苏莹主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5635-3822-5

I. ①计… II. ①溪… ②彭… ③苏… III. 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(2013)第 315349 号

书 名: 计算机网络教程

著作责任者: 溪利亚 彭文艺 苏莹 主编

责任编辑: 刘春棠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20

字 数: 493 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3822-5

定 价: 40.00 元

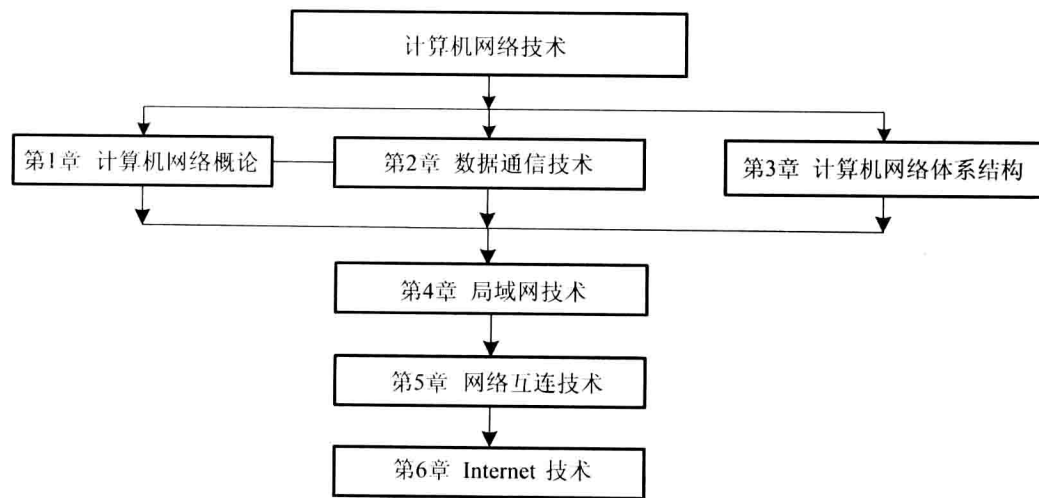
• 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

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,也是计算机应用中一个空前活跃的领域。计算机网络改变了人们的工作和生活方式,网络技术已广泛用于办公自动化、企业管理、金融与商业电子化、军事、科研与教育、信息服务、医疗与卫生等领域。计算机网络技术是广大学生学习的一门重要课程,也是新世纪人才要掌握的重要基本技能之一。

计算机网络技术发展至今,已有 40 多年的历史,形成了比较完善的体系。计算机网络知识内容庞大复杂,课程具有理论性、实践性、应用性强,知识更新快,信息量大,多学科交叉等特点。为了满足计算机网络课程学习的需要,在有限的教学学时内,将这门课的基本理论、基本知识讲透讲懂,而且让学生掌握基本的实际网络技能,就需要计算机网络课程的教学主动适应社会需求,理论与实践并重,有机地组织教学内容。我们从重基础、强实用的角度出发,针对三本院校学生学习的特点,编写了本书。

本书分两个部分,第一部分以理论教学为主,第二部分以实践教学为主。第一部分分 6 章,各章之间的结构关系如下:



第 1 章介绍了计算机网络的基本概念、组成、性能指标和发展趋势,这是全书的基本。

第 2 章介绍了数据通信的基本概念、传输媒体、信道复用技术和数据交换技术等,为初学者奠定数据通信技术的基础。

第 3 章介绍了计算机网络的体系结构,对 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型进行了比较和分析,初步为学习者奠定了计算机网络架构的思想。

第 4 章介绍了局域网的特点、体系结构、以太网技术、局域网互连技术、虚拟局域网技术、无线局域网技术,以及结构化布线技术等。

第 5 章介绍了网络互连的基本概念、类型、互连网络协议 IP、虚拟互连网络的概念、与之配合使用的 ARP、RARP、ICMP 的作用,重点介绍了 IP 地址与硬件地址的关系、路由器转发分组的流程、子网与子网掩码等关键技术,以及 NAT、IPv6 和运输层的 TCP、UDP 的基本概念。通过本章的学习,能让学生切实了解因特网是怎样工作的。

第 6 章介绍了 Internet 的发展历程、接入方式,以及常用的 Internet 应用,为学习者提

供系统的网络应用技术知识和应用指导。

计算机网络课程不仅是一门理论性很强的课程,同时也是一门实践性很强的课程。学生必须通过严格的实践训练才能真正掌握和深入理解计算机网络的基本理论。计算机网络课程实践教学的设计思想的重点是理论与实践相结合,使学生真正掌握计算机网络的基本理论和技术,并使其分析问题、解决问题和创新的能力进一步提高,以及充分调动学生学习的积极性和能动性,培养学生良好的学习方法与获取知识的能力,能更好地适应社会,走向社会。

本书的实验部分依据计算机网络课程的脉络,由浅入深地设计安排了 9 个实验。实验内容由易到难以满足不同层次基础的学生需求,授课形式采用课内外实践结合的方式,充分体现“双主”的“以学生为主体,以教师为主导”教学模式。“以教师为主导”,把握学生基本知识的考核,并以参与者、协助者的身份积极主动地指导学生并帮助其解决问题。“以学生为主体”,充分调动学生的积极性和能动性,鼓励学生充分利用课外时间开展实践,着力培养学生良好的自主学习能力与获取知识的能力。计算机网络实践内容分为两个层次如下所示:

目的	技能与实验
基本技能	常用网络设备、网线制作
	网络测试与管理命令
	组建 Windows 环境下的局域网与共享资源
中级技能	网页的制作、发布和测试
	应用服务器的搭建
	静态路由
	宽带接入网络和无线局域网
高级技能	网络数据包的监听和分析
	编写简单的客户/服务器程序

第一层次是基本技能训练和中级技能训练,适用于普通理工类专业,主要包括网络设备和网线制作、网络测试与管理命令、组建 Windows 环境下的局域网与共享资源、宽带接入网络等 4 个实验(建议课外完成),以及网页制作、应用服务器搭建和静态路由 3 个实验(建议课内完成)。

第二层次是高级技能训练,适用于对计算机网络要求较高的计算机专业和学有余力的优秀学生,培养他们的创新精神、动手能力和协议分析能力,包括网络数据包的监听和分析、编写简单的客户/服务器程序 2 个实验(建议课内完成)。

为了使读者能检查学习效果,每章课后附有习题,并为任课老师提供电子课件。习题注重对知识的灵活应用,与实际紧密结合。

本书第 1 章、第 4 章、第 5 章及实践教学部分由溪利亚编写,第 2 章、第 3 章由彭文艺编写,第 6 章由苏莹编写。溪利亚老师制定了本书的编写大纲,并对全书进行了统稿。

本书在编写过程中得到了欧阳星明教授、顾兵教授和聂兵老师的关心和帮助,在此表示衷心的感谢。

限于编者的学术水平,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。编者的电子邮件地址为:lucy_xz@163.com。

编者

于华中科技大学武昌分校,武汉

目 录

第 1 部分 理论篇

第 1 章 计算机网络概述	3
1.1 计算机网络的基本概念	3
1.1.1 计算机网络的产生和发展	3
1.1.2 计算机网络的定义	6
1.1.3 计算机网络的功能	7
1.2 计算机网络的组成	8
1.2.1 计算机网络的组成	8
1.2.2 Internet 的组成	9
1.3 计算机网络的分类	13
1.3.1 不同覆盖范围的网络	13
1.3.2 不同使用者的网络	14
1.4 计算机网络的性能	14
1.4.1 计算机网络的性能指标	14
1.4.2 计算机网络的非性能指标	16
1.5 我国互联网应用的发展	17
1.5.1 我国互联网网民数量增长情况	17
1.5.2 我国互联网网民接入方式的变化	18
1.5.3 我国互联网基础资源的使用情况	18
1.5.4 我国互联网应用情况分析	19
1.6 计算机网络的发展趋势	24
习题 1	26
第 2 章 数据通信技术	28
2.1 数据通信的基本概念	28
2.1.1 信息、数据、信号和信道	28
2.1.2 数据通信系统	29
2.2 数据传输介质	32

2.2.1 导向传输媒体	32
2.2.2 非导向传输媒体	37
2.3 信道复用技术	39
2.3.1 频分多路复用	40
2.3.2 时分多路复用	40
2.3.3 波分多路复用	41
2.4 数据交换技术	42
2.4.1 线路交换	42
2.4.2 报文交换	43
2.4.3 分组交换	44
2.4.4 交换技术比较	47
2.5 数据通信方式	49
2.5.1 串行通信和并行通信	49
2.5.2 数据传输的同步技术	50
2.5.3 数据通信的方式	51
2.5.4 信号的传输方式	52
2.6 数据编码技术	53
2.6.1 数字信号模拟化时的编码方法	53
2.6.2 模拟信号数字化时的编码方法	54
2.6.3 数字数据编码	55
2.7 差错控制技术	57
2.7.1 差错产生的原因	57
2.7.2 差错控制方法	57
2.7.3 差错控制编码	58
习题 2	62
第 3 章 计算机网络体系结构	64
3.1 网络体系结构概述	64
3.1.1 网络体系结构	65
3.1.2 网络层次结构及相关概念	66
3.1.3 网络协议	67
3.1.4 网络服务	68
3.2 OSI 参考模型	69
3.2.1 OSI 参考模型的结构	69
3.2.2 OSI 参考模型中数据的流动	75

3.3 TCP/IP 参考模型	78
3.4 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的比较	79
习题 3	81
第 4 章 局域网	83
4.1 局域网概述	83
4.1.1 局域网的特点	83
4.1.2 局域网的关键技术	83
4.1.3 局域网的体系结构	85
4.1.4 IEEE 802 标准系列	86
4.2 以太网概述	86
4.2.1 以太网的工作原理	86
4.2.2 传统以太网的连接方法	93
4.3 局域网互连技术	94
4.3.1 共享式介质局域网互连(在物理层互连以太网)	94
4.3.2 交换式局域网互连(在数据链路层互连以太网)	99
4.4 虚拟局域网	108
4.4.1 虚拟局域网的概念	108
4.4.2 虚拟局域网的实现方式	109
4.4.3 虚拟局域网的应用特点	110
4.5 高速局域网	112
4.5.1 高速局域网的发展	112
4.5.2 快速以太网	113
4.5.3 吉比特以太网	113
4.5.4 10 吉比特以太网	115
4.5.5 光纤分布式数据接口	116
4.6 无线局域网与 IEEE 802.11 协议	118
4.6.1 无线局域网的概念	118
4.6.2 无线局域网的应用	118
4.6.3 无线局域网标准	119
4.7 局域网结构化综合布线	121
4.7.1 结构化布线的优点	121
4.7.2 结构化布线系统的组成	122
4.7.3 结构化综合布线系统的设计要点	123
习题 4	124

第 5 章 网络互连技术	127
5.1 网络互连概述	127
5.2 互连网络协议 TCP/IP	128
5.3 因特网网际协议 IP	129
5.3.1 IP 地址	131
5.3.2 IP 地址与硬件地址	136
5.3.3 地址解析协议和逆地址解析协议	138
5.3.4 IP 层转发分组的流程	142
5.3.5 子网与子网掩码	145
5.3.6 网际控制报文协议	151
5.4 网络地址转换	153
5.5 IPv6	155
5.6 因特网传输层协议	157
习题 5	160
第 6 章 Internet 技术	164
6.1 Internet 概述	164
6.1.1 Internet 的概念	164
6.1.2 Internet 的发展历程	165
6.1.3 Internet 的标准化工作	167
6.2 Internet 的接入	168
6.3 域名系统	170
6.3.1 域名系统概述	170
6.3.2 Internet 的域名结构	171
6.3.3 域名服务器	172
6.4 WWW 服务	175
6.4.1 统一资源定位符	176
6.4.2 超文本传输协议	176
6.4.3 超文本标记语言	178
6.4.4 搜索引擎	179
6.5 E-mail 服务	179
6.6 FTP 服务	181
6.7 Telnet 服务	183
6.8 网络管理	185

6.8.1 网络管理的目的和内容	185
6.8.2 网络管理系统的构成	185
6.8.3 网络管理系统的功能	186
6.8.4 简单网络管理协议	186
习题 6	187

第 2 部分 实验篇

实验 1 常用网络设备	193
实验 2 网络测试与管理命令	204
实验 3 组建 Windows 环境下的局域网与共享资源	211
实验 4 网页制作相关技术概述	224
实验 5 应用服务器的搭建	229
实验 6 静态路由	254
实验 7 宽带接入网络和无线局域网	259
实验 8 网络数据包的监听和分析	267
实验 9 编写简单的客户/服务器程序	278
参考文献	307

第 1 部分

理论篇

第 1 章

计算机网络概述

计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透和结合的产物,以 Internet 为代表的计算机网络对当今人类社会的生活、科技、教育、文化与经济发展都有着深远的影响。计算机网络已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础,成为人们日常生活和工作中不可缺少的工具,人类已进入以网络为核心的信息时代。本章从网络的产生和发展开始,全面介绍计算机网络的功能、组成、性能、应用和未来的发展趋势等相关知识。

本章主要讨论以下问题:

- 计算机网络是如何产生和发展的?
- 什么是计算机网络?
- 计算机网络可以为我们做什么?
- 计算机网络是如何构成的?
- 计算机网络可以分为哪几种类型?
- 如何衡量计算机网络的性能?
- 计算机网络未来的发展趋势如何?

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 计算机网络的产生和发展

计算机网络始于 20 世纪 50 年代,是为了满足人们对数据通信和资源共享的需求而产生的。计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物,计算机技术和通信技术的飞速发展给计算机网络的产生提供了可能。通信技术为计算机之间交流信息和数据提供了手段,计算机技术渗透到通信技术中,提高了通信技术的各种性能,包括智能和速度。纵观计算机网络发展的历程,从形成到成熟,历经了 4 个阶段。

1. 第一个阶段:以主机为中心的计算机网络(20 世纪 50 年代)

1946 年世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 问世,当时计算机技术与通信技术并没有直接的联系。20 世纪 50 年代初,由于美国军方的需要,美国半自动地面防空系统(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)将远程雷达信号、机场与防空部队的信息,通过无线、有线线路和卫星信道传送到位于美国本土的一台 IBM 计算机进行处理,有线和无线通信线路总长度超过了 241 km。这项研究开始了计算机技术与通信技术相结合的尝试,出现

了第一代计算机网络,如图 1-1 所示。人们把这种以单个计算机为中心的联机系统称为以主机为中心的联机系统,它是一种典型的计算机通信网络。20 世纪 60 年代初,美国航空公司建成由一台主机与分布在全美的 2 000 多个终端组成的航空订票系统 SABRE-1。

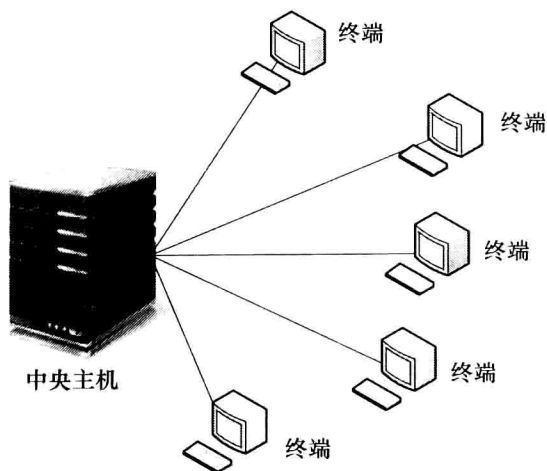


图 1-1 以计算机为中心的计算机网络

这种网络结构简单,以主机为中心,集中控制,终端主要依赖于电话网络与中央主机分时进行数据通信。系统中如果中央主机的负荷较重,会导致系统响应时间过长;单机系统的可靠性一般也较低,一旦中央主机发生故障,将导致整个网络系统瘫痪。

2. 第二个阶段:计算机-计算机网络(20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期)

随着计算机应用技术和通信技术的进步,军事、科研、企业与政府希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互连,使网络用户可以使用本地计算机上的软件、硬件和数据资源,也可以使用联网的其他计算机的软件、硬件与数据资源。同时,为了弥补第一代计算机网络的不足,提高网络的可靠性和可用性,设计出了将多台计算机相互连接的第二代计算机网络,如图 1-2 所示。这个阶段的计算机网络采用了分组交换技术构成的通信网络实现计算机与计算机的互连,人们把这种网络称为以分组交换网络为中心的计算机网络。

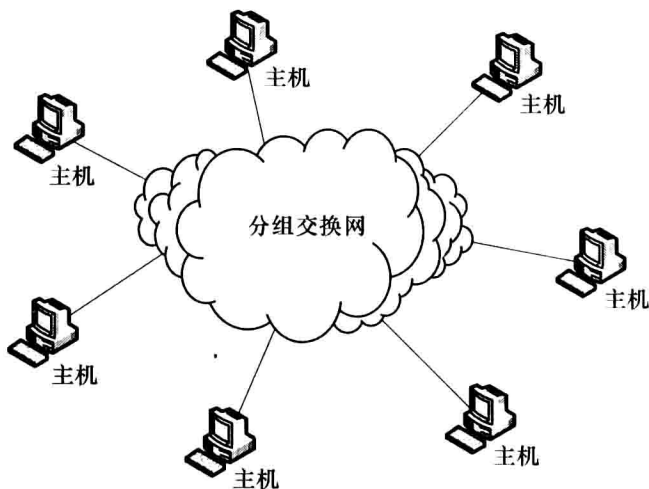


图 1-2 以分组交换为中心的计算机网络

第二代计算机网络的典型代表是美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Project Agency, ARPA)的 ARPANET(通常称为 ARPA 网)。1969 年, ARPA 提出将多个大学、公司和研究所的计算机互连的课题。1969 年 ARPANET 只有 4 个节点, 以电话线作为主干网络, 到 1973 年 ARPANET 发展到了 40 个节点, 进入工作阶段。此后, ARPANET 规模不断扩大, 1983 年已经达到 100 个节点, 通过无线、有线与卫星通信线路, 使网络覆盖从美国本土到夏威夷甚至欧洲的广阔地域。

ARPANET 是计算机网络发展的重要里程碑。ARPANET 的研究提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念; 研究了报文分组交换的数据交换方法; 采用了层次化的网络体系结构模型与协议体系, 促进了 TCP/IP 的发展, 为 Internet 的形成奠定了基础。

3. 第三个阶段: 网络体系结构标准化阶段(20 世纪 70 年代中期到 80 年代末期)

经过 20 世纪 60 年代到 70 年代前期的发展, 人们对组网技术、方法和理论的研究日趋成熟, 为了促进网络产品的开发, 各大计算机公司纷纷制定自己的网络技术标准。IBM 公司为了使自己公司制造的计算机易于联网, 并有标准可循, 使网络的系统软件、网络硬件具有通用性, 1974 年首先提出了完整的计算机网络体系结构化的概念, 宣布了 SNA 标准。IBM 公司用 SNA 作为标准建立起来的网络称为 SNA 网, 用户可以非常容易地将 IBM 各系列和型号的计算机互连构建网络。然而, 为了增强计算机产品在世界市场的竞争能力, 其他公司也都公布了自己的网络体系结构标准, 例如, DEC 公司公布了 DNA(数字网络系统结构), Univac 公司公布了 DCA(数据通信体系结构)等。这样就形成了各计算机制造厂商网络体系结构标准化。

各个公司都有自己的网络体系结构, 就使得各公司自己生产的各种设备容易互连成网, 有助于该公司垄断自己的产品。但是, 随着社会的发展, 不同网络体系结构的用户迫切要求能互相交换信息。

为了使不同体系结构的计算机网络都能互连, 国际标准化组织(ISO)于 1977 年成立专门机构研究这个问题。1978 年 ISO 提出了“异种机联网标准”的框架结构, 这就是著名的开放系统互联(Open System Interconnection, OSI)参考模型。只要遵循 OSI 标准, 一个系统就可以和位于世界上任何地方、也遵循这同一标准的其他任何系统进行通信。OSI 得到了国际上的承认, 几乎所有网络产品厂商都纷纷表示支持 OSI, 大大地推动了计算机网络的发展, 成为其他各种计算机网络体系结构依照的标准。

20 世纪 80 年代, 微型计算机的发展、普及推动了企业内部的微型计算机与智能设备的互连需求, 从而带动了局域网技术的高速发展。局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式竞争, 1980 年, IEEE 802 委员会制定了局域网标准, 极大地促进了局域网的发展和成熟。

4. 第四个阶段: Internet 的广泛应用(20 世纪 90 年代后)

1993 年, 美国政府宣布实施“国家信息基础结构(NII)行动计划”。NII 即 Nation Information Infrastructure 的缩写, 也称为“国家信息基础设施”。这个计划要求在全美建成通达全国各地的信息高速公路, 也即一个由通信网、计算机、信息资源、用户信息设备与人构成的互连互通、无所不在的信息网络。人们常用“信息高速公路”来形象而生动地形容这个计划。

1994 年, 美国又提出了建立“全球信息基础结构(GII)”的计划, 建议将各国的 NII 互连

起来组成世界范围的信息基础结构。GII 的形成使 Internet 的发展进入了一个新的阶段。

20 世纪 90 年代以后,以 Internet 为代表的计算机网络得到了飞速发展,推动了科学、文化、经济和社会的发展。Internet 中的信息资源涉及商业、医疗卫生、科研教育、休闲娱乐、金融、政府管理等。用户可以使用 Internet 上提供的 WWW、电子邮件与 FTP 服务,也可以通过 Internet 与朋友聊天,发表自己的见解或寻求帮助。

Internet 的广泛应用和高速网络技术的发展使得移动网络、网络多媒体计算、网络并行计算、存储区域网、云计算和物联网等正在成为新的网络研究热点。

1.1.2 计算机网络的定义

1. 计算机网络的定义

计算机网络在发展的不同阶段或从不同的角度,有着不同的含义。目前,关于计算机网络的定义可以分为 3 类:广义的观点、资源共享的观点和用户透明性的观点。

广义的观点指出计算机网络是“在某种协议控制下由一台或多台计算机、若干台终端设备、数据传输设备,以及用于终端和计算机之间或者若干台计算机之间数据流动的通信设备所组成的系统的集合”。计算机网络中的协议就是通信双方为了实现通信所建立的标准、规则或约定。协议由语义、语法和时序 3 部分组成。语义规定通信双方彼此“讲什么”,即确定协议元素的类型,如规定通信双方要发出的控制信号、执行的动作和返回的应答;语法规则规定通信双方彼此“如何讲”,即确定协议元素的格式,如数据和控制信息的格式;时序(同步)规定事件执行的顺序,即确定通信过程中通信状态的变化。

资源共享的观点能够准确地描述现阶段计算机网络的基本特征,将计算机网络定义为“以相互共享资源(硬件、软件和数据等)方式连接起来的、各自具备独立功能的计算机系统的集合”。按照资源共享的观点,现阶段计算机网络的基本特征主要表现在以下 3 个方面。

(1) 计算机网络建立的目的是实现计算机资源的共享。计算机资源包括计算机硬件、软件和数据。网络用户不仅可以使使用本地资源,而且可以通过互联网络访问远程计算机资源,还可以调用网络中的计算机协同完成某项工作。

(2) 互连的计算机是分布在不同地理位置、具有独立处理能力的自主计算机。在计算机网络中计算机之间没有主从关系,所有计算机都是平等独立的,既可以联网工作,也可以独立工作。

(3) 互连计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议。计算机网络由多个节点互连组成,节点之间要有条不紊地交换数据,每个节点之间就必须遵循事先约定好的通信规则,就是我们所说的协议。这就和人们之间交流是一样的,没有共同语言,交流就会有障碍。

用户透明性的观点定义了计算机网络中“存在着一个能为用户自动统一管理资源的网络操作系统,由它调用完成用户任务所需要的资源,而整个网络像一个大的计算机系统一样对用户透明”。严格地说,用户透明性观点的定义描述是一种分布式计算机系统(Distribute Computer System),简称为分布式系统。它基于计算机网络,也区别于计算机网络。计算机网络与分布式系统的共同点主要表现在:一般的分布式系统建立在计算机网络之上,因此二者在物理结构上基本相同。两者的区别主要表现在:分布式操作系统与网络操作系统的设计思想不同,因此它们的结构、工作方式与功能也不同。计算机网络为分布式系统的研究提供了技术基础,而分布式系统是计算机网络发展的高级阶段。

尽管计算机网络技术及其应用已经取得了很大的进步,新的技术不断涌现,但是从资源共享的观点定义计算机网络仍然能准确地描述现阶段计算机网络的基本特征。

2. 网络的网络

在对计算机网络有了一个初步理解后,我们更进一步来看看计算机网络、互联网(互连网)以及 Internet 的关系。

网络是由若干个节点和连接这些节点的链路组成的。网络中的节点可以是计算机、集线器、路由器、交换机等网络设备,如图 1-3(a)所示,三台计算机通过三条链路连接到一个集线器上,构成了一个简单的网络。一般地,我们可以用一朵云表示一个网络。网络和网络可以通过路由器互连起来,这样就构成了一个覆盖范围更大的网络,即互联网(或互连网),如图 1-3(b)所示。因此互联网是“网络的网络”(Network of Networks)。而 Internet 是世界上最大的互联网(用户数以亿计,互连的网络数以百万计)。Internet 通常也用一朵云来表示,如图 1-3(c)所示,表示许多主机连接在 Internet 上。

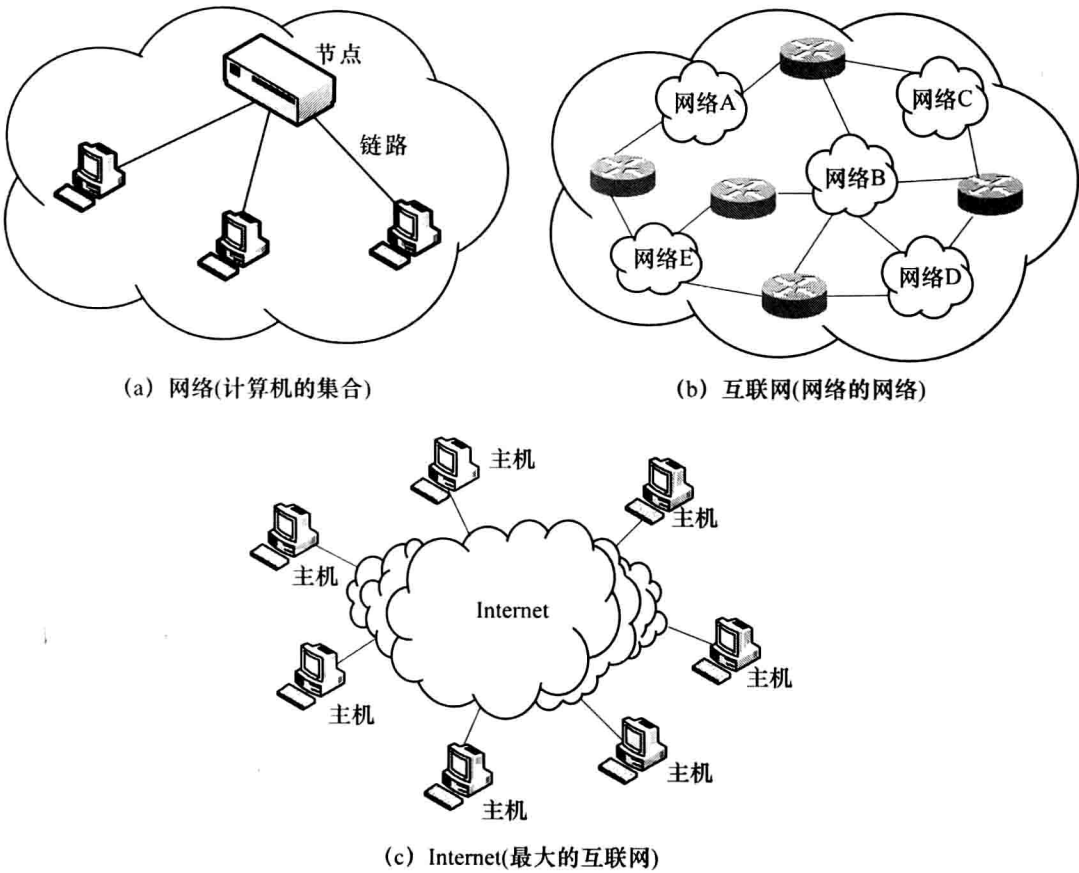


图 1-3 网络、互联网、Internet 的概念

因此,我们可以这样理解:网络是许多计算机互连的集合,Internet 是许多网络互连的集合。世界上最大的互联网就是 Internet,Internet 也是一种计算机网络。

1.1.3 计算机网络的功能

计算机网络向用户提供的最重要的功能有两个,即资源共享和数据通信。
资源共享是计算机网络最具吸引力的功能,用户可以共享网络中的各种硬件和软件资