

第一版获“教育部高等学校高职高专计算机类专业教学指导委员会优秀教材”

全国高职高专“十二五”规划教材

计算机网络基础 (修订版)

主 编 唐继勇 李 腾 副主编 武春岭 杨 磊



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专“十二五”规划教材

计算机网络基础（修订版）

主 编 唐继勇 李 腾

副主编 武春岭 杨 磊



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共设计了七大项目：认识计算机网络、探索处理计算机网络问题的方法、组建和管理小型办公网络、组建和管理局域网、实现网络互联、设计和实现 Internet 网络服务、构建安全的计算机网络。每个项目作为一个章节，按照网络规模由小到大、技术涵盖内容由少到多、层层递进的方式来组织教材内容。每个项目按照“项目导入→项目描述→项目分析→任务分解→知识准备→任务实施”的层次流程对教学内容进行了优化，并将一些纯理论的内容合理安排到具体的实践案例中去介绍，让学生在完成工作任务的同时自然而然地掌握知识，达到相应的实践效果，真正做到理论与实践相结合，能够学以致用。

本书可作为高等院校计算机、电子信息等专业本科生、专科生的计算机网络课程教材，也可供从事计算机网络工程技术和运行管理的人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

计算机网络基础 / 唐继勇, 李腾主编. — 2版（修订本）. — 北京：中国水利水电出版社, 2015.4
全国高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-2731-7

I. ①计… II. ①唐… ②李… III. ①计算机网络—
高等职业教育—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第289181号

策划编辑：寇文杰 责任编辑：李 炎 加工编辑：石 磊 封面设计：李 佳

书 名	全国高职高专“十二五”规划教材 计算机网络基础（修订版）
作 者	主 编 唐继勇 李 腾 副主编 武春岭 杨 磊
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net（万水） sales@waterpub.com.cn 电话：（010）68367658（发行部）、82562819（万水） 北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16.25印张 402千字
版 次	2010年2月第1版 2010年2月第1次印刷 2015年4月第2版 2015年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

20 世纪末以来是互联网发展最快的时期，诞生了百度、腾讯、淘宝等一个又一个互联网的传奇，“网络就是计算机”“网络无处不在”正在变成现实。云计算、物联网、移动互联网等更是令人眼花缭乱，因特网时代的名言“在网上没有人知道你是一条狗”已经不能描绘变化了的场景，网络的边界进一步拓展到物理世界，计算机网络的发展并没有停留在因特网时代，泛在计算的时代已经来临。

本书第一版自 2010 年完成后，于 2012 年被原教育部高职高专计算机教学指导委员会评为优秀教材，已经在教学中连续使用了五年，这期间计算机网络世界发生了翻天覆地的变化。为了更好地适应教学的要求，在认真听取有关高校教师和读者的反馈意见后，结合计算机类和电子信息类各专业的教学特点，修正了第一版教材中的错漏和不妥之处，如修订了全书中的一些图表和文字错误；调整了部分章节的顺序，如将分组交换技术从项目二调整到项目一中，将 IP 地址的概念从项目五调整到项目二中进行介绍；增加了部分计算机网络新技术，如云计算、物联网、IPv6、移动互联网、高速以太网技术和量子密码技术等；删减了已经过时或难于理解而后续课程应用不多的内容，如 RS232-C 接口标准、ICMP 报文的格式及选项等；改变了难于理解而较为重要的内容的叙述方式，使之更浅显易懂，如对 IP 数据报的转发过程，在叙述的时候和生活中出差旅行例子进行类比；优化了部分工作任务，使配备案例贴近实际应用，更具操作性、更易学生理解，如将工作任务使用 Wireshark 捕获并分析协议数据包替代使用 Etherpeek 捕获并分析协议数据包；保留了部分不流行或落后内容，如物理层上的设备中继器和集线器、总线以太网技术等，已经退出历史的舞台，但背后的技术思想却常常被传承下来，并成为创新的起点。鉴于此，在构思这本教程时，作者认为，成熟的协议体系及其背后的技术思想，应该是教材和教学强调的重点，也是开启学生网络技术悟性的钥匙。

本书共分七大项目，每个项目作为一个章节，按照网络规模由小到大、技术涵盖内容由少到多、层层递进的方式来组织教材内容。这个过程基本符合人们的认识规律，也基本符合 TCP/IP 网络体系的层次结构。

项目一：认识计算机网络。围绕计算机网络是什么这一主题，通过完成参观计算机网络、制作标准网线和绘制计算机网络拓扑等工作任务，让读者领会计算机网络的概念和组成。

项目二：探索处理计算机网络问题的方法。围绕解决计算机网络的基本工作原理这个最本质的问题，通过完成使用超级终端传输文件和使用 Wireshark 捕获并分析协议数据包等工作任务，使读者深刻理解 OSI/RM 和 TCP/IP 分层模型的内涵。

项目三：组建和管理小型办公网络。围绕单段线路上的数据如何传输这一主题，通过完成组建对等式共享网络和使用 ADSL 接入 Internet 两个工作任务，使读者深刻理解数据通信的基本概念和物理层协议。

项目四：组建和管理局域网。将视野扩展到小范围多主机之间的通信问题上，通过完成组建交换式局域网和管理交换式局域网两个工作任务，使读者理解局域网是如何工作的。

项目五：实现网络互联。将计算机网络的连接和通信范围扩展到多个网络环境，通过完

成规划公司网络 IP 地址、配置与调试网络互联设备及配置静态路由和动态路由三个工作任务，使读者能够实现多网络互联和通信。

项目六：设计和实现 Internet 网络服务。在实现了本地主机经过互联网络到远端主机之间的数据传输基础上，将计算机网络从数据通信层次拓展为资源应用层次，围绕“网络进程—网络进程”可靠的数据传输这一主题，使读者理解 Internet 网络服务功能是如何实现的。

项目七：构建安全的计算机网络。围绕缺乏安全保障和管理的网络系统会丧失功能这一主题，通过完成使用加密软件实现数据传输安全和实施网络访问控制策略两个工作任务，使读者能够根据企业需求构建企事业单位用户之间安全地传递信息的全新网络环境。

作者认为，良好的教学效果取决于先进的教学理念、合理的知识结构、简洁的内容表述、丰富的教学资源和良好的教学指导。为此，本教材的编写特别注重了以下几个方面，这也是本教材的主要特色。

(1) 本书贯彻了“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的先进理念，满足不同专业学习计算机网络课程的内容也不尽相同的需求，即“懂网、建网、管网、用网”等不同的教学定位。“懂网”就是理解计算机网络原理、主要协议和标准；“建网”就是掌握组建计算机网络的工程技术；“管网”就是学会管理、配置和维护计算机网络；“用网”就是学会将计算机网络作为知识获取和信息发布的平台。

(2) 本书凝结了作者从事计算机网络教学和工程实践的经验，并在认真听取企业专家多方面的意见和建议的基础上编写而成。本书与现有的很多计算机网络教材最大的区别是：摆脱学科知识体系限制，以项目为驱动、任务为中心，以培养职业岗位能力为目标。本书的每个项目按照“项目导引→项目描述→项目分析→任务分解→知识准备→任务实施”的层次流程对教学内容进行了优化，并将一些纯理论的内容合理安排到具体的实践案例中去介绍，让学生在完成工作任务的同时自然而然地掌握知识，达到相应的实践效果，真正做到理论与实践相结合，能够学以致用。

(3) 本书设计了“学习目标”“知识结构图”“知识链接”等教学指导环节，配有内容丰富、形式多样的课后习题，并力求在概念和原理讲述上做到严格、准确、精练，为使用本教材的教师提供有益的教学参考和方便读者自学。同时，我们按照国家精品资源共享课程的规范和要求，组建教学团队，开发优质教学资源，打造该课程立体化、多元化的教学资源。

本书由重庆电子工程职业学院唐继勇、李腾任主编，负责全书的思路设计、项目规划和统编工作；武春岭、杨磊任副主编。其中项目一、项目二、项目五由唐继勇编写，项目三、项目四由李腾编写，项目六由武春岭编写，项目七由杨磊编写。本书在编写过程中得到计算机学院领导、教研室各位老师的大力支持和帮助，同时参考了大量国内外计算机网络文献资料，在此谨向这些著作者和为本书付出辛勤劳动的同志致以衷心的感谢！

本书可作为高等院校计算机、电子信息等专业本科生、专科生的“计算机网络”“计算机网络技术”课程教材，也可供计算机网络工程技术和运行管理人员参考。尽管对本书作了修正和调整工作，书中的不妥之处还是在所难免，殷切希望广大读者继续提出宝贵意见，以使教材不断完善。

作者

2015 年 1 月

目 录

前言

项目一 认识计算机网络	1	2.2.2 知识准备	58
项目导引	1	2.2.3 任务实施	66
项目描述	1	2.2.4 课后习题	71
项目分析	1	项目三 组建和管理小型办公网络	73
学习目标	2	项目导引	73
任务1 参观计算机网络	2	项目描述	73
1.1.1 任务目的及要求	2	项目分析	73
1.1.2 知识准备	2	学习目标	74
1.1.3 任务实施	20	任务1 组建对等式共享网络	74
1.1.4 课后习题	21	3.1.1 任务目的及要求	74
任务2 制作标准网线	22	3.1.2 知识准备	74
1.2.1 任务目的及要求	22	3.1.3 任务实施	85
1.2.2 知识准备	22	3.1.4 课后习题	90
1.2.3 任务实施	31	任务2 使用 ADSL 接入 Internet	91
1.2.4 课后习题	34	3.2.1 任务目的及要求	91
任务3 绘制计算机网络拓扑	35	3.2.2 知识准备	91
1.3.1 任务目的及要求	35	3.2.3 任务实施	100
1.3.2 知识准备	35	3.2.4 课后习题	102
1.3.3 任务实施	40	项目四 组建和管理局域网	104
1.3.4 课后习题	41	项目导引	104
项目二 探索处理计算机网络问题的基本方法	42	项目描述	104
项目导引	42	项目分析	105
项目描述	42	学习目标	105
项目分析	42	任务1 组建交换式局域网	105
学习目标	43	4.1.1 任务目的及要求	105
任务1 使用超级终端传输文件	43	4.1.2 知识准备	105
2.1.1 任务目的及要求	43	4.1.3 任务实施	119
2.1.2 知识准备	43	4.1.4 课后习题	120
2.1.3 任务实施	50	任务2 管理交换式局域网	122
2.1.4 课后习题	57	4.2.1 任务目的及要求	122
任务2 使用 Wireshark 捕获并分析协议数据包	58	4.2.2 知识准备	122
2.2.1 任务目的及要求	58	4.2.3 任务实施	131
		4.2.4 课后习题	135

项目五 实现网络互联	137	项目分析	196
项目导引	137	学习目标	197
项目描述	137	任务 搭建网络应用服务平台	197
项目分析	138	6.1.1 任务目的及要求	197
学习目标	139	6.1.2 知识准备	197
任务 1 规划公司网络 IP 地址	139	6.1.3 任务实施	216
5.1.1 任务目的及要求	139	6.1.4 课后习题	222
5.1.2 知识准备	139	项目七 构建安全的计算机网络	225
5.1.3 任务实施	158	项目导引	225
5.1.4 课后习题	160	项目描述	225
任务 2 配置与调试网络互联设备	162	项目分析	226
5.2.1 任务目的及要求	162	学习目标	226
5.2.2 知识准备	162	任务 1 使用加密软件实现数据传输安全	226
5.2.3 任务实施	174	7.1.1 任务目的及要求	226
5.2.4 课后习题	176	7.1.2 知识准备	226
任务 3 配置静态路由和动态路由	178	7.1.3 任务实施	235
5.3.1 任务目的及要求	178	7.1.4 课后习题	238
5.3.2 知识准备	178	任务 2 实施网络访问控制策略	239
5.3.3 任务实施	190	7.2.1 任务目的及要求	239
5.3.4 课后习题	192	7.2.2 知识准备	239
项目六 设计和实现 Internet 网络服务	196	7.2.3 任务实施	245
项目导引	196	7.2.4 课后习题	250
项目描述	196	参考文献	252

项目一 认识计算机网络



项目导引

计算机网络 (Computer Network) 存在了半个多世纪, 形成了因特网 (Internet), 促进了信息技术 (Information Technology, IT) 革命“第三次浪潮”的到来, 深刻揭示了计算机网络技术的惊人发展速度和美好灿烂的前景。计算机网络的出现改变了人们使用计算机的方式; Internet 的出现则改变了人们使用网络的方式。现在计算机网络已遍布社会各个领域, 任何计算机只要接入 Internet, 就可以利用网络中丰富的资源。如今, “网络就是计算机”、“网络将无处不在”这两句名言正在变为现实。

在当今这个信息社会, 信息的交流、获取和利用成为个人与社会发展、经济增长与社会进步的基本要素。因此, 每一个希望在信息时代有所作为的人都应该了解、学习、掌握和使用计算机网络。计算机网络涉及的技术内容比较广泛, 已成为迅速发展并得到广泛应用的一门综合性学科。

本项目在介绍计算机网络形成与发展的基础上, 主要讨论计算机网络的定义、功能、组成、分类与拓扑结构等几个基本知识点, 使读者对现代计算机网络结构 (逻辑结构、组成结构、拓扑结构) 有一个清晰的认识, 对计算机网络的核心概念 (如分组交换) 有一个深入的理解, 对计算机网络技术建立一个全面和正确的认识, 为后续项目的学习打下坚实的基础。



项目描述

小王家里原来有一台台式计算机, 最近因为学院推行网络化办公, 给每位老师都配发了一台笔记本电脑。小王的文件分别存储在两台电脑中, 经常需要使用 512MB 的 U 盘从一台计算机拷贝至另一台计算机, 文件多且容量大的话需要多次拷贝, 而且如果其中一个文件大于 512MB 时还不能正常复制。经过一段时间后, 小王感到使用 U 盘拷贝大容量文件越来越不方便。

人类生产和生活越来越离不开网络, 因此需要一个更稳定、可靠、高速的计算机网络。随着社会经济的发展和人们生活水平的日益提高, 目前许多家庭已拥有多台计算机, 为了实现资源共享的需求, 把多台计算机互联起来组建成家庭计算机网络, 是一件很常见的事情。



项目分析

为了满足小王家庭计算机网络构建的需求, 作为一名计算机网络领域的工程技术人员, 首先需要了解计算机网络的基本概念, 了解传输介质的基本特性, 掌握网线的制作方法, 能够描述计算机网络的拓扑结构, 然后才能完成小王家庭计算机网络的构建任务。

因此, 本项目采用参观计算机网络, 制作标准网线, 绘制计算机网络拓扑三个任务来实现。



学习目标

通过完成本项目的操作任务，读者将：

- 了解计算机网络的形成与发展、应用及其发展趋势。
- 掌握计算机网络的定义、组成、功能、分类、分组交换和拓扑结构等基本概念
- 掌握计算机网络常见传输介质的特性，能独立制作网线并将相关网络设备连接起来。
- 能够使用专业绘图软件 Visio 绘制常见网络拓扑结构图。
- 初步形成按操作规范进行操作的习惯。

任务 1 参观计算机网络

1.1.1 任务目的及要求

通过本任务让读者从感性上认识计算机网络的基本概念；掌握计算机网络的软、硬件组成；掌握计算机网络的功能及其应用；了解计算机网络的发展趋势等。

本任务实施时，由 3~4 人组成一个参观小组，确定人员分工，设计参观记录表格；选择一家有网络的企业（或学校），实地查看并记录企业或学校中的网络组成情况；询问相关人员，了解企业网络或校园网的使用情况、建设和维护成本，或者通过访问 Internet，确定网络软、硬件设备成本；综述计算机网络给企业带来的利弊，完成参观报告。

1.1.2 知识准备

本任务知识点的组织与结构，如图 1-1 所示。



图 1-1 任务 1 知识点结构示意图

读者在学习本部分内容的时候，请认真领会并思考以下问题：

- （1）试分析计算机网络各个阶段产生的社会需求和技术条件是什么？
- （2）人们在不同的时期对计算机网络的概念从不同的角度进行了描述，强调资源共享观点的计算机网络定义反映了现代计算机网络特征的哪三个方面的内涵？结合计算机网络的定义，请分析电信网、电视网、分布式系统是计算机网络吗？
- （3）电路交换和分组交换中的“交换”是否为同一个意思？
- （4）美国军方花费大量人力、物力和财力研究出的分组交换网络，究竟有何特点？为什么说其是能够适应现代战争生存性很强的计算机网络？

(5) 试比较互联和互连的内涵?

(6) ARPANET 与 Internet 之间有什么联系? Internet 是计算机网络吗?

1. 计算机网络的发展

任何一种新技术的出现都必须具备两个条件,即强烈的社会需求和成熟的先期技术。计算机网络技术的形成与发展也证实了这条规律。计算机网络的发展过程正是计算机技术与通信技术(Computer and Communication, C&C)的融合过程。两者的融合主要表现在两个方面:一是通信技术为计算机之间的数据传递和交换提供了必要手段;二是数字计算机技术的发展渗透到通信技术中,提高了通信网络的各种性能。纵观计算机网络形成与发展的历史,可以清晰地看出计算机网络技术发展的四个阶段,如图 1-2 所示。

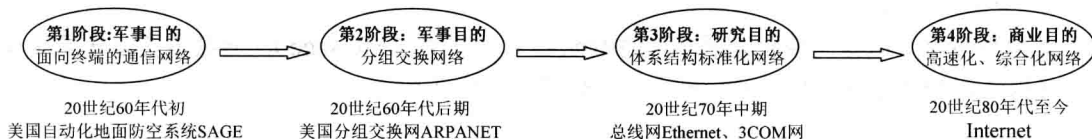


图 1-2 计算机网络发展阶段

(1) 数据通信型网络（第一阶段）。

第一阶段可以追溯到 20 世纪 50 年代,其主要特征是:数据通信技术的研究(提出分组交换——Packet Switching 的概念)和应用,为计算机网络的产生做好了技术准备。这一阶段计算机网络的特点是:多机(主计算机和前端处理机);数据处理和通信有了分工(主计算机承担数据处理,前端处理机负责与远程终端通信);集线器的使用降低了系统中线路的总连接长度,提高了线路的利用率,如图 1-3 所示。

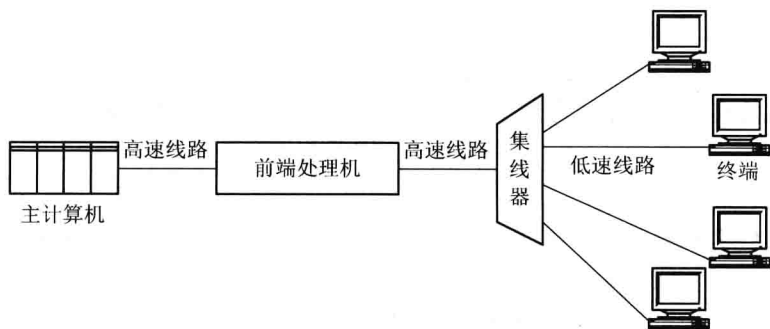


图 1-3 利用前端处理机实现通信

这一阶段的计算机网络实例,如美国麻省理工学院林肯实验室为美国空军设计的半自动化地面防空系统(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE),它将雷达信息和其他信号经远程通信线路发送至计算机进行处理。可以看作是计算机技术和通信技术的首次结合。该系统是由小型计算机构成前端处理机(Front-End Processor, FEP)或通信控制器(Communication Control Processor, CCP),形成的终端联机计算机系统。

知识链接: 分组交换

“交换”的含义即转接,把一条电话线转接到另一条电话线上,使它们连通。从通信资源分配的角度来看,就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。电路交换(Circuit Switching)必定是面向连接的,分成三个阶段:建立连接、通信和释放连接。基于电路交换

的电信网有一个缺点:正在通信的电路中只要有一个交换机或链路被破坏,整个通信电路就会中断,如果改用其他迂回电路,必须重新拨号建立连接,这将要延误一些时间。

新型网络的基本特点如下:

- 不同于电信网,其目的不是为了打电话,而是用于计算机之间的数据传输。
- 网络能够连接不同类型的计算机,不局限于单一类型的计算机。
- 所有的网络节点都同等重要,因而大大提高了网络的生存性。
- 计算机在进行通信时,必须要有冗余路径可达。
- 网络结构应当尽可能简单,同时还能够非常可靠地传输。

由于计算机数据具有突发性,采用电路交换来传送计算机数据将导致通信线路的利用率很低。

1) 分组交换的原理。

直接面向用户的信息单位是长度不作任何限制的报文(Message),一般不直接传输报文,而是将报文划分成分组(Packet)再传输,如图1-4所示。

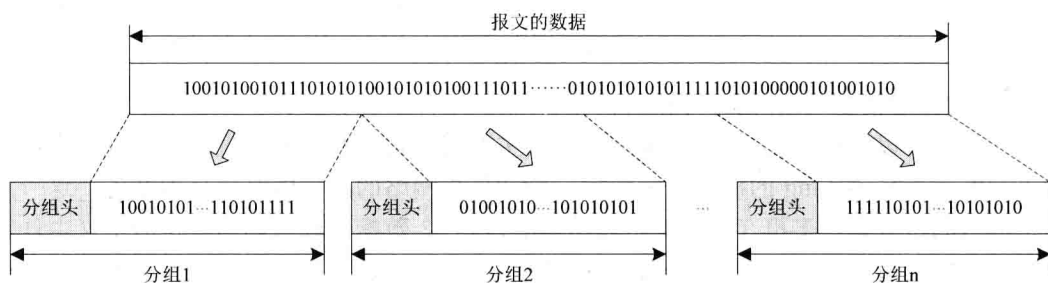


图 1-4 分组交换中的报文分组

2) 分组首部的重要性。

每一个分组的首部都含有地址等控制信息。分组交换网中的节点交换机根据收到的分组的首部中的地址信息,把分组转发到下一个节点交换机。用这样的存储转发方式,分组就能最终传递到目的地。

3) 节点交换机。

在节点交换机中的输入和输出端口之间没有直接连线。其处理分组的过程是:

- ① 把收到的分组先放入缓存(暂时存储)。
- ② 查找转发表,找到某个目的地址对应从哪个端口转发。
- ③ 把分组送到适当的端口转发出去。

主机和节点交换机的作用不同:主机是为用户进行信息处理的,并向网络发送分组,从网络接收分组;节点交换机对分组进行存储转发,最后把分组交付给目的主机。

4) 分组交换的优点。

- 高效:动态分配传输带宽,对通信线路逐段占用。
- 灵活:以分组为传送单位和查找路径。
- 迅速:不必先建立连接就能向其他主机发送分组,充分使用链路的带宽。
- 可靠:完善的网络、自适应路径选择协议使网络具有很好的生存性。

5) 分组交换带来的问题。

分组在各节点存储转发时需要排队,将会造成一定的时延;分组必须携带首部也造成了一定的开销。

(2) 资源共享型网络（第二阶段）。

第二阶段从 20 世纪 60 年代开始,美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)推出了分组交换技术。基于分组交换的 ARPANET (ARPA Network) 成功运行,从此计算机网络进入了一个新纪元,它的研究成果对促进计算机网络技术的发展和理论体系的形成产生重要作用,并为 Internet 的形成奠定了基础。它对计算机网络技术的突出贡献是:证明了分组交换的理论正确性;提出了资源子网(Resource Subnet)和通信子网(Communication Subnet)两级网络结构的概念;采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

知识链接: 后面在讨论计算机网络概念时指出,计算机网络要完成数据处理和数据通信两大基本功能,它在结构上必然分成两个部分:负责数据处理的主机与终端、负责数据通信的通信控制处理机和数据信号传输的通信线路。从早期的广域网组成角度看,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,使网络的数据处理和数据通信有了清晰的功能界面。

这一阶段计算机网络的主要特点是:资源共享、分散控制、分组交换、采用专门的 CCP、分层的网络协议,这些特点往往被认为是现代计算机网络的典型特征。但这个时期的网络产品彼此间是相互独立的,没有统一标准。

ARPANET 是这一阶段研究的典型代表,如图 1-5 所示,其主要目的是为美国军方建立一个类似于蜘蛛网(Web)的网络系统,使得在现代战争中即使某个交换节点被破坏,系统仍能够自动寻找其他通信路径以保证通信的畅通。起初,ARPANET 只有 4 个节点(Node),1973 年发展到 40 个节点,1983 年已达到 100 多个节点。ARPANET 通过有线、无线和卫星通信线路,覆盖了从美国本土到夏威夷乃至欧洲的广阔领域。

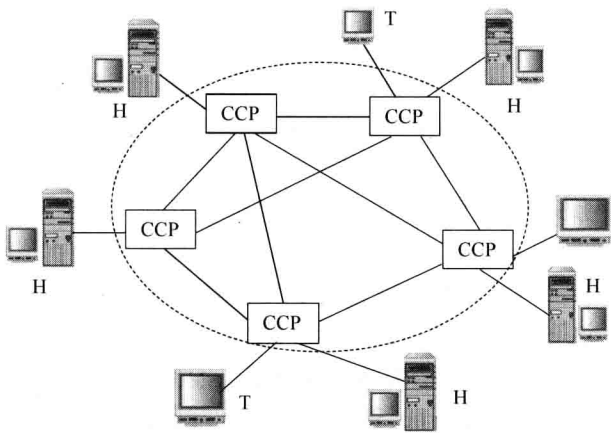


图 1-5 ARPANET 网络结构图

知识链接: 英文“Node”的中文可译为“节点”或“结点”,这两个术语在内涵上有细微的区别。但是,目前几乎所有的计算机网络教科书在表述“Node”的中文含义时都使用了“节点”,因此本教材统一采用术语“节点”表示。

(3) 标准系统型网络（第三阶段）。

第三阶段大致从 20 世纪 70 年代中期开始。这一阶段,各种广域网(Wide Area Network, WAN)、局域网(Local Area Network, LAN)和公用数据网(Public Data Network, PDN)发展很快,各计算机厂商相继推出自己的计算机网络系统,如 IBM 公司 1974 年推出的系统网络体系结构(System Network Architecture, SNA),DEC 公司 1975 年发布的数字网络体系结构

(Digital Network Architecture, DNA), 并制定了各自的网络标准, 使得异构网络互联面临巨大的阻力。为了解决这一问题, 国际标准化组织 (International Standard Organization, ISO) 在网络协议和网络体系结构方面做了大量的研究工作, 并于 1984 年提出了开放系统互联参考模型 (Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM), 但同时也面临到已经广泛使用的传输控制协议/网际协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP) 的严峻挑战。这一阶段的主要成果是: OSI/RM 的研究对网络体系结构的形成与协议标准化起到了重要作用; TCP/IP 完善了它的体系结构研究, 推动了互联网产业的发展。

这一阶段的计算机网络以学术网络为主, 主要体现在标准化计算机网络体系结构、局域网技术的空前发展上。这一阶段的标准化网络结构如图 1-6 所示, 其中通信子网的主要设备是路由器 (Router) 和交换机 (Switch)。

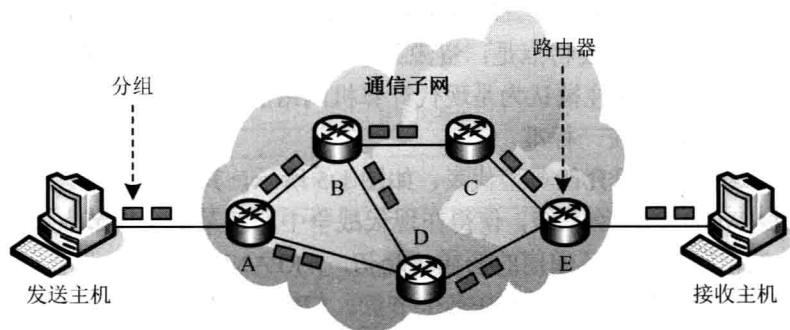


图 1-6 标准化网络结构示意图

知识链接：互连和互联是计算机网络教学中会经常涉及到的两个术语，它们之间是有区别的。互连（interconnecting）强调的是计算机与计算机、计算机与交换机、计算机与路由器等的物理连接；而互联（internetworking）则更加强调计算机之间在互连、互通基础上，能够实现互操作（interoperation）。

（4）高速综合型网络（第四阶段）。

第四阶段从 20 世纪 90 年代开始。这一阶段，局域网技术已经逐步发展成熟，光纤、高速网络技术、多媒体和智能网络相继出现，整个网络发展为以 Internet 为代表的互联网，并且很快进入商业化阶段。这一时期发生了两件标志性的事件：其一，Internet 的始祖 ARPANET 正式停止运行，计算机网络逐渐从最初的 ARPANET 过渡到 Internet 时代；其二，万维网（World Wide Web, WWW）的出现，把 Internet 带进全球千百万个家庭和企业，还为成百上千种新的网络服务提供了平台。

这一阶段的计算机网络，其主要特征是高速化（广泛采用了光缆作为传输介质，实现了高传输速率）、综合化（计算机网络中综合了语音、视频、数据、图像等多种业务）。Internet 的基础结构大体经历了三个阶段的演进，这三个阶段在时间上有部分重叠，如图 1-7 所示。

知识链接：“互联网（Internet）和互联网（internet 或 internetwork）”常常令人迷惑，为了避免混淆，本书中“Internet”也称为因特网，是指特定的世界范围内的互联网，广泛用于连接大学、政府机关、公司或个人。“internet 或 internetwork”通常只代表一般的网络互联。

1) 从单个网络 ARPANET 向互联网发展。1969 年，美国国防部创建了第一个分组交换网 ARPANET，这只是一个单个的分组交换网，所有连接在 ARPANET 上的主机都直接与就近的节点交换机相连，其规模增长很快。到 20 世纪 70 年代中期，人们认识到仅使用一个单独的网

络无法满足所有的通信需要。于是 ARPA 开始研究多网络互联的技术，这就导致后来的互联网的出现。1983 年，TCP/IP 协议成为 ARPANET 的标准协议。同年，ARPANET 分解成两个网络：一个是进行试验研究用的科研网 ARPANET；另一个是军用的计算机网络 MILNET。1990 年，ARPANET 因试验任务完成正式宣布关闭。

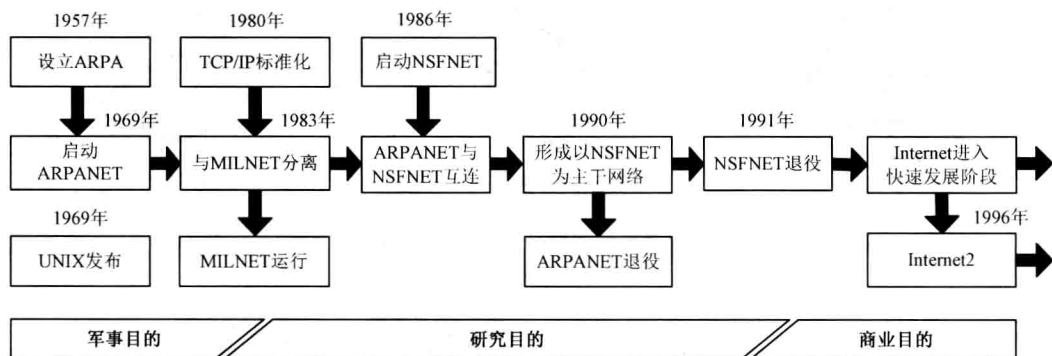


图 1-7 Internet 的三个发展阶段

2) 建立三级结构的 Internet。从 1985 年起，美国国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）认识到计算机网络对科学研究的重要性。于是在 1986 年，NSF 围绕六个大型计算机中心建设了计算机网络 NSFNET。NSFNET 是一个三级网络，分主干网、地区网和校园网。它逐渐代替 ARPANET 成为 Internet 的主要部分。1991 年，NSF 和美国政府认识到 Internet 的应用范围将不仅限于大学和研究机构，于是支持地方网络的接入。众多公司的纷纷加入，使网络的信息量急剧增加，美国政府随即决定将 Internet 的主干网转交给私人公司经营，并开始对接入 Internet 的单位收费。

3) 多级结构 Internet 的形成。从 1993 年开始，美国政府资助的 NSFNET 就逐渐被若干个商用的 Internet 主干网替代，这种主干网也称为 Internet 服务提供商（Internet Service Provider, ISP）。考虑到 Internet 商用化后可能出现很多 ISP，为了使不同 ISP 经营的网络能够互通，NSF 在 1994 年创建了 4 个网络接入点（Network Access Point, NAP），分别由 4 个电信公司经营。21 世纪初，美国的 NAP 达到了十几个。NAP 是最高级的接入点，它主要是向不同的 ISP 提供交换设备，使其能相互通信。现在的 Internet 已经很难对其网络结构给出十分精细的描述，但大致可分为 5 个接入级：网络接入点 NAP，多个公司经营的国家主干网，地区 ISP，本地 ISP，校园网、企业和家庭计算机上网用户。

2. 计算机网络的定义

由于计算机网络是一个复杂的系统，它的精确定义并未得到统一。请先看两个实例。

【例 1-1】某文印室，有计算机一台，打印机一台，复印机一台。打印机与计算机相连，复印机独立工作，如图 1-8 所示。这种模式常见于小型单位或个人。计算机处理的文档通过打印机打印出来一份，再根据所需份数，在复印机上复印。

【例 1-2】某小型公司，有计算机若干台，打印机一台，复印机一台。打印机安装在某台计算机上，这台计算机与其他所有计算机通过集线器相连，复印机独立工作，如图 1-9 所示。这种模式常见于一个办公室或一个小型单位。各计算机操作人员在自己的计算机上处理好文档后，可直接从打印机上打印文档。再根据所需份数，在复印机上复印即可。

以上两种模式，大家很容易在某个单位找到。对于例 1-1，能独立工作的计算机只有一台，

虽有线路将打印机与计算机相连,但打印机不能独立工作,它的工作离不开计算机。复印机独立于计算机工作,与计算机不相连,因此没有人把例 1-1 叫做网络。而在例 1-2 中,能独立工作的计算机有若干台,且它们通过集线器相连,以共用打印机及相互传送资料为目的。复印机仍是独立工作的。那么,到底什么是计算机网络呢?

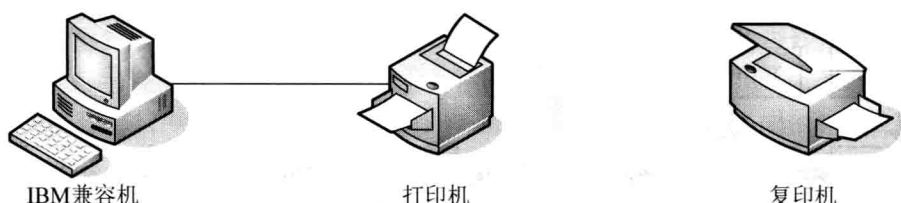


图 1-8 打印机与计算机直接相连

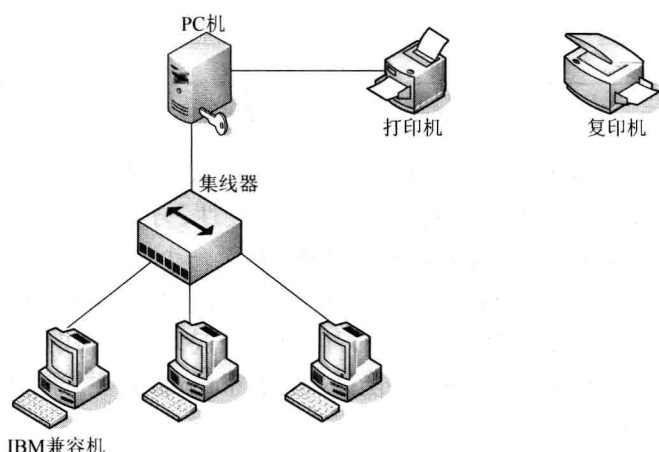


图 1-9 集线器与计算机直接相连

在计算机网络发展过程的不同阶段,人们从不同的侧面对其提出了不同的定义。不同的定义反映了当时网络技术发展的水平及人们对网络的认识程度。这些定义大致从三种不同的观点来看待计算机网络,即广义的观点、资源共享的观点和用户透明的观点。相比之下,广义的观点定义了计算机通信网络,而用户透明的观点则定义了分布式计算机系统,资源共享观点的定义能比较准确地描述计算机网络的基本特征。目前基于资源共享的观点是:把分布在不同地点并具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来,在功能完善的网络软件和协议的管理下,以实现网络中资源共享和信息传递的复合系统。

基于资源共享观点的计算机网络定义反映了计算机网络三个方面的特征:

- (1) 对象 (Object): 地理位置分散、功能独立 (不是主从关系) 的多个计算机系统。
- (2) 方法 (Method): 通过通信线路 (设备与介质) 连接起来,由功能完善的网络软件 (网络协议、网络操作系统等) 将其有机地联系在一起并进行管理。
- (3) 目的 (Destination): 实现信息 (数据) 的传送与资源 (软件、硬件资源) 的共享。

知识链接: 计算机网络和计算机通信网络的区别是计算机通信网络没有资源共享的概念;计算机网络和分布式系统的区别在于分布式系统是建立在计算机网络上的软件系统,是计算机网络发展的更高形式。

由多台计算机组成的计算机网络系统模型如图 1-10 所示。

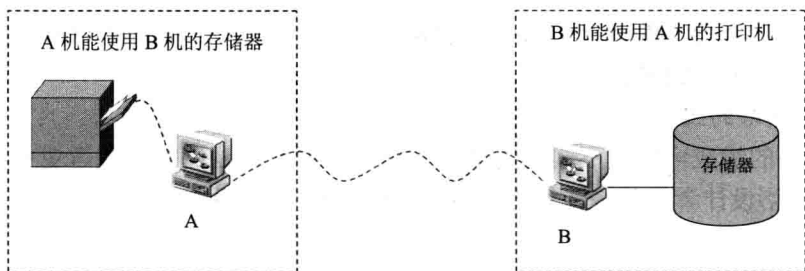


图 1-10 计算机互连网络系统基本模型

3. 计算机网络的功能与应用

计算机网络的发展，不仅使计算机世界日新月异地变化，而且改变了人们的生活、工作、学习和娱乐方式，计算机网络的功能可概括为以下 5 个方面，如图 1-11 所示。

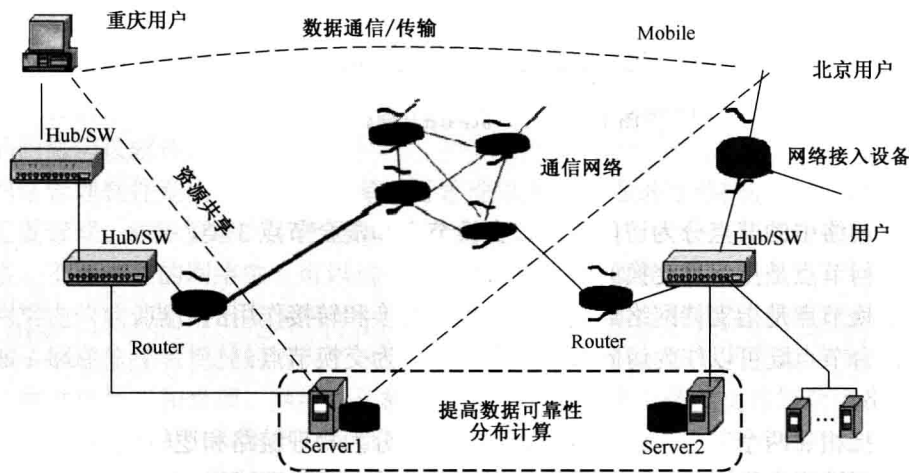


图 1-11 计算机网络主要功能示意图

(1) 数据通信 (Data Communication)。是计算机网络最基本的功能之一，通过网络发送电子邮件、发短消息、聊天、远程登录及视频会议等。

(2) 资源共享 (Resource Sharing)。是计算机网络的核心功能，使网络资源得到充分利用，这些资源包括硬件资源、软件资源、数据资源和信道资源等。

(3) 分布处理 (Distributed Processing)。把要处理的任务分散到各个计算机上运行，而不是集中在一台大型计算机上。这样，不仅可以降低软件设计的复杂性，而且可以大大提高工作效率和降低成本。

(4) 集中管理 (Centralized Management)。对地理位置分散的组织和部门，可通过计算机网络来实现集中管理，如数据库情报检索系统、交通运输部门的订票系统、军事指挥系统等。

(5) 负载均衡 (Load Balancing)。当网络中某台计算机的任务负荷太重时，通过网络和应用程序的控制和管理，将作业分散到网络的其他计算机中，由多台计算机共同完成。

计算机网络的应用十分广泛，可以应用于任何行业和领域，包括政治、经济、军事、科学、文教及生活等诸多方面。如管理信息系统 (Management Information System, MIS)、办公自动化系统 (Office Automation System, OAS)、信息检索系统 (Information Retrieve System,

IRS)、电子收款机系统 (Point Of Sales, POS)、计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 等。

4. 计算机网络的组成

计算机网络的组成可以从不同的角度来研究。一般来讲, 网络研究者更关心计算机网络的几何构成, 网络设计者更关心计算机网络的物理构成, 网络用户则更关心计算机网络的逻辑构成。

(1) 计算机网络的几何构成。

计算机网络的几何构成表现为拓扑结构。从拓扑结构看, 计算机网络是由节点和连接这些节点的链路构成的, 如图 1-12 所示。

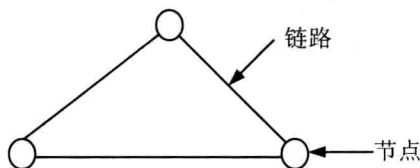


图 1-12 计算机网络几何构成示意图

1) 节点。

计算机网络中的节点分为访问节点、交换节点和混合节点 3 类。

- 访问节点是指信息交换的源点和目标点。
- 交换节点是指支持网络连通性并起数据交换和转接作用的节点。
- 混合节点既可以作为访问节点, 也可以作为交换节点。

2) 链路。

链路是指相邻两个节点间的连接。链路又可以分为物理链路和逻辑链路。

- 物理链路也称物理连接, 是相邻两节点间的一条物理线路。
- 逻辑链路也称逻辑连接, 是在物理链路基础上加上数据链路控制协议, 构成逻辑链路。

知识链接:“通路”是指发出信息的节点到接收信息节点之间的一串节点和链路的组合。它与“链路”的主要区别在于: 一条“通路”中可能包括多条“链路”。

(2) 计算机网络的物理构成。

一个完整的计算机网络系统是由网络硬件和网络软件所组成的。网络硬件是计算机网络系统的物理实现, 网络软件是网络系统中的技术支持。两者相互作用, 共同完成网络功能。

1) 计算机网络硬件系统。

计算机网络硬件系统是由计算机 (主机、客户机、终端等)、通信处理机 (集线器、交换机、路由器等)、通信线路 (同轴电缆、双绞线、光纤等)、信息变换设备 (Modem、编码解码器等) 等构成, 如图 1-13 所示。

2) 计算机网络软件系统。

在计算机网络系统中, 除了各种网络硬件设备外, 还必须具有网络软件。

- 网络操作系统是网络软件中最主要的, 用于实现不同主机之间的用户通信, 以及全网硬件和软件资源的共享, 并向用户提供统一的、方便的网络接口, 便于用户使用网络。目前网络操作系统有三大阵营: UNIX、NetWare 和 Windows。目前, 我国最广泛使用的是 Windows 网络操作系统。