



普通高等院校计算机科学与技术专业面向应用系列规划教材

计算机网络

◎ 主 编 邓世昆



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等院校计算机科学与技术专业面向应用系列规划教材

计算机网络

主 编 邓世昆

副主编 杨金华 王云杨

内 容 简 介

本书采用大量的图例,通过简洁明快的语言,全面系统地介绍了数据通信的概念和计算机网络的原理及应用。主要内容包括计算机网络概论、网络数据通信基础、网络体系结构、局域网、网络设备、互联网 TCP/IP、广域网、接入网、无线局域网 WLAN、网络安全。在内容安排上力求体系结构合理,概念清晰,原理阐述清楚,既强调读者对基本原理和概念的掌握,又突出了理论与实践的有机结合,内容新颖、翔实,可读性强。

本书可以作为大学计算机类、通信工程及相关专业的核心课程教材,也可供从事计算机网络设计、建设、管理和应用的技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/邓世昆主编. —北京:北京理工大学出版社,2018.1(2018.2重印)

ISBN 978-7-5682-3583-9

I. ①计… II. ①邓… III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 323626 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/19.5

字 数/460千字

版 次/2018年1月第1版 2018年2月第2次印刷

定 价/48.00元

责任编辑/王玲玲

文案编辑/王玲玲

责任校对/周瑞红

责任印制/施胜娟

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

计算机网络是当今最热门的学科之一，在过去的几十年里取得长足的发展，尤其是最近几年，互联网技术的广泛普及应用，对科学、技术乃至整个社会的发展产生了极大的影响，也带来了网络技术人才需求量的不断增加，网络技术教育和人才培养成为高等院校的一项重要战略任务。

本教材正是为了满足网络技术人才教育、培养需求而编写的，本教材以计算机网络技术的发展为主线，在介绍数据通信原理、网络体系结构等基本理论的基础上，从网络应用、网络系统集成所需要的知识角度介绍了网络设备、局域网、互联网、广域网、接入网、无线局域网、网络安全的基本原理和技术，同时也介绍了一些互联网发展的新技术内容。

本教材在编写过程中，坚持以实用为原则，紧密结合教学实际，力求用通俗的语言和直观的图示进行介绍。教材编写既强调计算机网络的基本理论和基本概念，又突出理论和实践的有机结合，注重介绍计算机网络应用、系统集成的主流技术。

本教材是作者在多年来对本科生、研究生进行教学，以及从事网络工程项目实践的基础上完成编写的。本教材可以作为大学计算机专业、通信专业及相关专业的课程教材，也可供从事计算机网络设计、建设、管理和应用的技术人员参考。

全书各章内容简要介绍如下。

第1章介绍计算机网络的基本概念。读者除了要了解计算机网络的发展过程、技术演变之外，还需要了解计算机网络结构的基本组成。

第2章介绍数据通信的基础知识。本章是学习后续各章的重要基础知识。如果开设过数据通信基础课程，这部分内容可以不讲或作为复习时的阅读教材。

第3章介绍网络体系结构。读者需要熟悉 ISO 开放系统互连参考模型、七层模型中各层功能，其中的基本概念是学习网络技术的理论框架。

第4章详细介绍局域网技术。读者需要熟悉局域网 IEEE 802 参考模型、逻辑链路层 HDLC 协议内容，其流量和差错控制机制是学习网络技术的基础；HDLC 协议还与其他许多协议有关，所以应该深入了解这部分内容。读者还需要通过学习以太网，掌握交换式以太网技术，了解 10M、100M、1 000M、10G 以太网的技术演变及以太网物理层协议的内容实质。

第5章介绍网络设备的基本工作原理。读者需要熟悉集线器、网桥、二层交换机、三层交换机的工作原理和技术演进，掌握广播域、冲突域的基本概念及 VLAN 技术，熟悉路由器基本工作原理，路由实现。

第6章讨论互联网 TCP/IP。读者需要理解 TCP/IP 网络体系结构的技术思想和系统结构，IP 地址、子网划分、IP 地址规划及 TCP/IP 协议簇的各个协议是学习互联网的重要内



容，需要深入地了解，并熟悉无连接的网络服务和面向连接的网络服务这两种实现技术。动态路由技术、组播技术、QoS 技术、TCP 协议的连接管理和流量控制技术也是重点内容，掌握了这些内容，才能理解互联网通信的实现过程及网络管理，才能熟练应用现代计算机网络。

第 7 章讨论广域网。重点是通过 X.25、帧中继了解分组交换网的工作原理，通过 ATM 和 SDH 了解高速网络的基本原理。这一章的内容对于广域网互连是有用的。

第 8 章介绍接入网。读者需要理解接入网的基本概念，熟悉有线宽带网络接入技术，这部分内容是现代网络入户的主流技术。

第 9 章讲述无线局域网。读者需要了解无线网传输技术、介质访问控制技术、IEEE 802.11 技术标准及无线网组网技术。这部分内容对理解无线局域网通信的实现过程及无线网络系统集成都有重要的参考作用。

第 10 章讲述网络安全。重点是网络安全系统架构体系、加密技术、访问控制技术，本章使读者建立起基本的网络安全概念和了解网络安全使用的基本技术，为后续深入研究网络安全打下基础。

建议本书在 72 课时内讲完，有些非重点部分可以作为阅读和自学的内容。

本书第 1、2 章由杨金华执笔，第 3、4、5、6、9、10 章由邓世昆执笔，第 7、8 章由王云扬执笔。因时间、水平和范围的限制，书中的不当和疏漏之处在所难免，殷勤希望同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2017 年 12 月

CONTENTS

目录

第 1 章 计算机网络概论	(1)
1.1 计算机网络概论	(1)
1.1.1 计算机网络的发展	(1)
1.1.2 我国的计算机网络	(6)
1.1.3 网络的定义和功能	(7)
1.1.4 计算机网络的组成	(9)
1.1.5 计算机网络的分类	(10)
第 2 章 网络数据通信基础	(14)
2.1 数据通信基本概念	(14)
2.1.1 数据通信系统	(14)
2.1.2 数据编码	(16)
2.1.3 信号特性	(19)
2.1.4 技术指标	(20)
2.2 信道传输介质	(22)
2.2.1 双绞线	(23)
2.2.2 同轴电缆	(24)
2.2.3 光纤	(25)
2.2.4 无线信道	(27)
2.3 编解码技术	(28)
2.3.1 数字调制技术	(28)
2.3.2 脉冲编码调制	(30)
2.4 数据通信方式	(32)
2.4.1 单工、双工通信	(32)
2.4.2 码元同步	(33)
2.4.3 异步传输	(34)
2.4.4 同步传输	(34)
2.5 数据传输交换方式	(35)
2.5.1 电路交换	(36)
2.5.2 报文交换	(37)
2.5.3 分组交换	(38)
2.6 多路复用技术	(39)



2.6.1	频分多路复用	(39)
2.6.2	时分多路复用	(40)
2.6.3	统计时分多路复用	(40)
2.6.4	波分多路复用	(42)
2.7	差错控制	(42)
2.7.1	差错的起因和特点	(43)
2.7.2	检错码、纠错码	(43)
2.7.3	奇偶校验码	(44)
2.7.4	正反码	(45)
2.7.5	海明码	(45)
2.7.6	循环校验码	(47)
第3章	网络体系结构	(51)
3.1	计算机网络体系结构	(51)
3.1.1	计算机网络的基本功能	(51)
3.1.2	分层系统结构和协议	(52)
3.1.3	体系结构的若干重要概念	(54)
3.2	开放系统互联参考模型——OSI	(62)
3.2.1	OSI 的层次模型	(62)
3.2.2	各层的基本功能	(63)
3.2.3	OSI 的协议规范	(65)
3.3	物理层	(66)
3.3.1	物理层概述	(66)
3.3.2	物理层协议	(67)
3.4	数据链路层	(71)
3.4.1	数据链路层概述	(71)
3.4.2	帧同步方式	(72)
3.4.3	差错控制	(73)
3.4.4	流量控制	(75)
3.4.5	数据链路层协议	(77)
3.5	网络层	(84)
3.5.1	网络层概述	(84)
3.5.2	虚电路、数据报	(85)
3.5.3	路由选择	(90)
3.5.4	网络拥塞	(94)
3.5.5	流量控制	(94)
3.6	传输层	(97)
3.6.1	传输层概述	(97)
3.6.2	传输层的模型	(98)
3.6.3	传输层服务	(99)



3.6.4	服务质量	(99)
3.6.5	传输协议类型	(100)
3.6.6	建立、维持、拆除连接	(101)
3.6.7	传输层协议	(102)
3.7	会话层、表示层、应用层	(103)
3.7.1	会话层	(103)
3.7.2	表示层	(104)
3.7.3	应用层	(105)
第4章	局域网	(107)
4.1	局域网概述	(107)
4.1.1	局域网的特点及技术	(107)
4.1.2	局域网的体系结构	(109)
4.1.3	IEEE 802 参考模型	(111)
4.1.4	逻辑链路控制子层	(112)
4.1.5	介质访问控制子层	(116)
4.1.6	物理层	(119)
4.2	以太网	(119)
4.2.1	以太网的发展	(119)
4.2.2	介质访问控制	(120)
4.2.3	MAC 帧结构	(124)
4.3	以太网系列标准	(126)
4.3.1	10M 以太网	(126)
4.3.2	100M 以太网	(128)
4.3.3	1 000M 以太网	(131)
4.3.4	10G 以太网	(132)
第5章	网络设备	(138)
5.1	网卡、集线器、网桥	(138)
5.1.1	网卡	(138)
5.1.2	集线器	(140)
5.1.3	网桥	(141)
5.2	交换机	(143)
5.2.1	工作原理	(143)
5.2.2	二层交换机	(145)
5.2.3	三层交换机	(146)
5.2.4	三种交换方式	(146)
5.3	路由器	(148)
5.3.1	工作原理	(148)
5.3.2	路由表	(149)
5.3.3	包转发	(150)



5.3.4	静态路由、动态路由	(151)
5.3.5	路由器协议	(152)
5.4	网关	(153)
第6章	互联网 TCP/IP	(155)
6.1	TCP/IP 网络	(155)
6.1.1	TCP/IP 网络概述	(155)
6.1.2	TCP/IP 体系结构	(155)
6.1.3	TCP/IP 协议簇	(157)
6.2	IP 地址	(159)
6.2.1	IP 地址和分类	(159)
6.2.2	特殊 IP 地址	(162)
6.2.3	子网及掩码	(163)
6.2.4	VLSM 和 CIDR	(166)
6.3	网络层协议	(169)
6.3.1	IP 协议	(169)
6.3.2	RIP 路由协议	(173)
6.3.3	OSPF 路由协议	(176)
6.3.4	ARP、RARP 协议	(178)
6.3.5	ICMP 协议	(182)
6.4	传输层协议	(185)
6.4.1	端口号概念及功能	(186)
6.4.2	TCP 协议	(188)
6.4.3	UDP 协议	(194)
6.4.4	TCP 与 UDP 的对比	(195)
6.5	应用层及其协议	(195)
6.5.1	万维网 WWW	(195)
6.5.2	文件传输协议 FTP	(198)
6.5.3	简单邮件传输协议 SMTP	(199)
6.5.4	域名系统 DNS	(200)
6.5.5	远程登录协议 Telnet	(204)
第7章	广域网	(206)
7.1	广域网概述	(206)
7.1.1	广域网的内部结构	(206)
7.1.2	广域网的交换技术	(207)
7.1.3	广域网的路由技术	(209)
7.1.4	广域网的类型	(211)
7.2	公用交换电话网	(213)
7.2.1	电话网的基本组成	(213)
7.2.2	电话网实现数据业务	(214)



7.2.3	电话网的数字中继	(214)
7.3	公用数据网	(215)
7.3.1	交换方式	(215)
7.3.2	公用数据网 X.25	(217)
7.3.3	虚电路服务	(218)
7.4	帧中继	(221)
7.4.1	帧中继的构成	(221)
7.4.2	帧中继的帧格式	(222)
7.4.3	FR 与 X.25 的区别	(223)
7.4.4	虚电路服务	(223)
7.5	公用数字数据网	(224)
7.5.1	DDN 网络结构	(225)
7.5.2	DDN 的特性	(225)
7.6	综合业务数字网	(226)
7.6.1	ISDN 概述	(226)
7.6.2	ISDN 体系结构	(227)
7.6.3	ISDN 接口标准	(228)
7.7	ATM 网络	(228)
7.7.1	ATM 的基本概念	(229)
7.7.2	ATM 网络结构	(230)
7.7.3	ATM 信元结构	(230)
7.7.4	ATM 的传输	(231)
7.7.5	ATM 的接口	(232)
7.8	同步数字系列	(233)
7.8.1	基本同步模块	(234)
7.8.2	SDH 的帧结构	(234)
7.8.3	SDH 的速率	(235)
7.8.4	SDH 的网络结构	(236)
第 8 章	接入网	(240)
8.1	接入网概述	(240)
8.1.1	接入网概述	(240)
8.1.2	接入网概念	(240)
8.2	电信接入网标准 G.902	(241)
8.2.1	G.902 的体系结构	(241)
8.2.2	G.902 的参考模型	(242)
8.2.3	G.902 的主要功能	(242)
8.3	IP 接入网标准 Y.1231	(243)
8.3.1	Y.1231 的体系结构	(243)
8.3.2	Y.1231 的参考模型及功能	(244)



8.3.3	Y. 1231 接入网的典型模型	(244)
8.3.4	接入网的分类	(245)
8.4	有线宽带接入技术	(246)
8.4.1	ADSL 接入技术	(246)
8.4.2	FEC 接入技术	(248)
8.4.3	以太网接入技术	(249)
8.4.4	光纤接入技术	(250)
8.4.5	AON 和 PON	(253)
8.5	无线宽带接入技术	(256)
8.5.1	MMDS 接入技术	(256)
8.5.2	LMDS 接入技术	(256)
8.5.3	卫星通信接入技术	(257)
8.5.4	不可见光纤无线系统	(258)
第 9 章	无线局域网 WLAN	(259)
9.1	WLAN 的传输方式	(259)
9.1.1	电磁波	(259)
9.1.2	调制技术	(260)
9.1.3	扩频技术	(261)
9.2	WLAN 技术标准	(262)
9.2.1	802.11 技术标准	(262)
9.2.2	介质访问控制	(264)
9.2.3	MAC 帧格式	(266)
9.2.4	MAC 层的工作原理	(267)
9.3	WLAN 组网方式	(269)
9.3.1	WLAN 相关设备	(269)
9.3.2	组网方式	(269)
9.3.3	“胖” AP 模式	(272)
9.3.4	“瘦” AP 模式	(273)
9.3.5	AP + AC 的三种连接模式	(273)
9.3.6	大规模 WLAN 组网	(274)
第 10 章	网络安全	(276)
10.1	网络安全的概述	(276)
10.1.1	网络安全的概念	(276)
10.1.2	网络安全的威胁	(277)
10.1.3	网络安全的策略	(278)
10.2	数据加密技术	(280)
10.2.1	数据加密技术	(280)
10.2.2	数据加密标准	(282)
10.2.3	数字签名技术	(283)



10.3	密钥分配与管理	(284)
10.3.1	密钥分配的基本办法	(285)
10.3.2	对称密钥分配方案	(286)
10.3.3	非对称密钥分配方案	(287)
10.3.4	报文鉴别	(288)
10.4	防火墙系统	(289)
10.4.1	防火墙概述	(289)
10.4.2	包过滤防火墙	(291)
10.4.3	代理型防火墙	(293)
10.4.4	防火墙的系统结构	(295)
10.5	入侵检测技术	(298)
10.5.1	入侵检测系统	(298)
10.5.2	入侵检测系统的分类	(298)
10.5.3	入侵检测系统部署	(300)
参考文献		(301)

第 1 章

计算机网络概论

1.1 计算机网络概论

铁路、公路、海运等组成的交通运输网，把城市与乡镇连接在一起，传输人流和物流，构成了国家的经济命脉。类似地，计算机网络就是把分布在不同地点的多个独立的计算机系统连接起来，传输数据流，让用户实现网络通信，以及共享网络上的软硬件系统资源和数据信息资源。

1.1.1 计算机网络的发展

计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物，计算机网络的发展历史与通信技术的发展紧密相关。计算机网络起源于 20 世纪 50 年代，经过 60 多年的发展历程，形成了今天能全球互连、支持多媒体信息传输、能实现高速传输的计算机网络。计算机网络的发展可以概括地分为五个阶段：

- ①面向终端的集中式联机网络系统。
- ②多个计算机互连的分布式计算机网络。
- ③统一网络体系结构、遵循国际标准的计算机网络。
- ④光纤、宽带、高速的计算机网络，网络得到广泛应用的时代。
- ⑤IPv6、移动网络、云计算、物联网时代。

1. 面向终端的集中式联机网络系统

所谓的集中式联机网络系统，就是一台中央计算机连接大量分散在不同地理位置的终端网络系统。用户可以通过这些连接在不同地理位置的终端共享这台中央计算机资源。图 1-1 给出了一个集中式联机系统的示意图。图 1-1 中 H 为中央计算机，T 为终端。

历史上典型的联机网络系统是 1951 年美国麻省理工学院林肯实验室为美国空军设计的称为 SAGE 的半自动化地面防空系统。该系统将 17 个防区的计算机通过通信线路连接起来，形成联机计算机系统，自动引导飞机和对导弹进行拦截。这个系统最终于 1963 年建成，被

认为是计算机技术和通信技术结合的先驱。

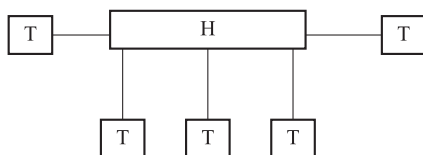


图 1-1

集中式联机网络系统的另一典型例子为 20 世纪 60 年代美国航空公司与 IBM 公司成功研制的飞机订票系统 SABRE—1。这个系统由一台中央计算机与全美范围内的 2 000 个终端组成，这些终端采用多点线路与中央计算机相连，完成全美的航空售票业务。

以上两个系统都有这样的共同特点，即除了一台中央计算机外，其余的终端设备都没有数据处理的能力，仅有数据输入、输出的能力。数据的处理是通过终端的输入功能将数据送到中央计算机，经中央计算机处理后送到终端输出。在集中式联机网络系统中，随着连接的终端数目的增多，为了使承担数据处理能力的中央计算机负荷减轻，在通信线路和计算机之间设置了一个通信控制器，专门负责与终端之间的通信控制，于是出现了数据处理和通信控制的分工。由于这种分工使用专门的通信控制器实现通信控制，使中央计算机集中进行数据处理，能更好地发挥中央计算机的数据处理能力。另外，在终端较集中的地区，设置集中器和多路复用器，将通过低速线路传输的终端连至集中器或复用器，然后通过高速线路、调制解调器与远地中央计算机的前端机相连，构成如图 1-2 所示的远程联机系统，提高了通信线路的利用率，节约了远程通信线路的投资。

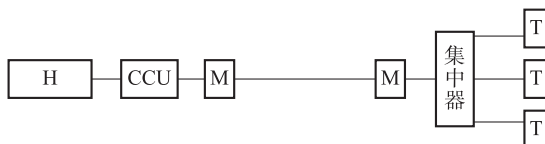


图 1-2

图 1-2 中 H 为计算机主机，CCU 为通信控制处理机，M 为调制解调器，T 为终端。

集中式联机网络系统的思想主要是解决早期计算机主机价格高昂，不可能每个用户拥有一台主机的问题。通过多个终端连接计算机，实现多个用户共享一台主机的目的。随着计算机价格逐渐下降，集中式联机网络系统已被通过通信线路将多个计算机互连的分布式网络（第二代计算机网络）所取代。

2. 多个计算机互连的分布式计算机网络

1969 年，美国国防部高级研究计划局（Defense Advanced Research Projects Agency, DAPRA）建成了 ARPA 网，标志着计算机与计算机互连的分布式网络的兴起。

ARPA 网最初的目标是借助现有的通信系统，使与通信系统连接的计算机系统之间能够相互进行数据通信和资源共享。ARPA 网当时只有 4 个节点，以电话线路作为通信主干网络，两年后，建成 15 个节点，进入工作阶段。此后，ARPA 网的规模不断扩大。到 20 世纪 70 年代后期，网络超过 60 个，主机 100 多台，地理范围跨越了美洲大陆，连通了美国东部

和西部的许多大学和研究机构，并且通过通信卫星与夏威夷和欧洲等地区的计算机网络相互连通。ARPA 网是一个成功的系统，它在概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络的发展打下了基础。

ARPA 网的主要特点：

- ①资源共享；
- ②分散控制；
- ③分组交换；
- ④专门的通信控制处理机 IMP；
- ⑤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一般特征。图 1-3 给出了一个 ARPA 网的示意图。

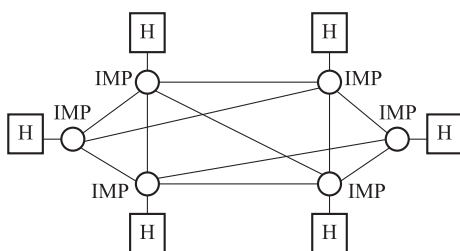


图 1-3

ARPA 网是由负责信息处理的计算机 H、负责通信控制的接口信息处理机 IMP 及通信线路构成的通信网组成的计算机网络，它也是今天的分布式网络的典型结构。

ARPA 网采用了分组传输方式，在发送数据时，将一个大的数据块（文件）划分成若干小的数据块，并对每一个小的数据块进行编号，每个小的数据块称为分组，每一个分组单独选择路由进行传输，到达接收方后，再根据各个分组的编号重新将分组组装成原来的大的数据块（文件）。分组传输能很好地利用网络链路资源，大大提高传输效率，此技术现在仍然在使用。

ARPA 网的出现第一次提出了网络分层的概念，网络分层将完整的网络功能分解成若干子功能，每个子功能由不同的层次来共同实现，同层间按照协议进行通信，层间的信息交互通过接口实现。网络分层思想使网络体系结构变得清晰，各层的设计与实现可以由独立的软件、硬件完成，并且便于厂家设计网络产品，成为今天网络体系结构的架构标准。

ARPA 网自 1969 年投入运行以来，以它的可靠服务证明了 ARPA 网技术的优越性。在 ARPA 网以后，又用同样的技术建立了一个军用网络 MILNET，后来又扩展到欧洲，称为 MINET。MILNET 和 MINET 都连到 ARPA 网上。这以后，开通了两个卫星网 SATNET 和 WIDDEBAND，也连到了 ARPA 网上，再加上许多大学和政府的局域网也陆续加入 ARPA 网，形成了一个带数百万台主机和超过千万用户的 ARPA 网际网，形成了今天著名的 Internet 网的最早形态。

ARPA 网的形成及它显示出的优越性，推动了计算机网络的迅猛发展。20 世纪 70 年代后期是广域网络大发展的时期，在这个时期，很多国家的政府部门、研究机构和公司都在发展各自的分组交换广域网。

随着人们对组网的技术、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，相继推出了自己的计算机网络体系结构，IBM 公司的 SNA (System Network Architecture) 和 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture) 是两个著名的例子。

1994 年，IBM 公司首先推出了自己的网络体系结构 SNA。SNA 描述了网络部件的功能，以及通过网络传输信息和控制配置与运行的逻辑构造、格式和协议等。它主要用于集中式面向终端的计算机网络。1976 年，SNA 将一台主机和它的终端设备连成树形网络，并进一步扩展成带树形分支的多台主机的互连网络。1979 年，SNA 去掉上述限制，允许用户之间进行通信，从而形成比较完善的分布式网络体系结构。

1975 年，DEC 公司宣布了自己的网络体系结构 DNA。它诞生时就强调分布式而不是集中式的网络体系结构。1978 年，DEC 公司推出自己的第二代网络体系结构，它能在实时、分时和多任务操作系统上运行，并支持对远程资源的操作。1980 年，DEC 第三代网络体系结构推出，它增强了分布式管理，并可进行路径选择和多点通信，网络的节点可达 255 个。

SNA 和 DNA 这两个网络体系结构的推出，大大推动了网络的发展，以后凡是按 SNA 网络体系结构组建的网络都称为 SNA 网，而凡是按 DNA 网络体系结构组建的网络都称为 DNA 网。

3. 统一网络体系结构、遵循国际标准的计算机网络

20 世纪 70 年代后期，网络已经有了较大的发展，世界上已经有很多计算机网络在运行。由于它们大多都是自己研制的网络，这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效，遵从自己公司指定的某种标准。这种没有统一的网络体系结构、各自为政的状况使得用一个公司的计算机网络产品很难和另一公司的计算机网络产品互连并进行通信。不能互连的原因是它们的网络体系结构、网络遵循的标准不一样。然而，要充分发挥计算机网络的作用，就应当使不同厂家的计算机网络产品组建的网络能够互连，并能进行通信。

要使不同厂家生产的计算机网络产品能够互连，能进行通信，就需要制定一个国际范围的网路标准，只要不同厂家生产的计算机网络产品都遵循这个国际范围的网路标准，就能够互连，进行通信。70 年代后期，国际标准化组织意识到这个问题，开始着手制定网路的国际标准。

1977 年，国际标准化组织 (ISO) 的 SC16 分技术委员会 (TC97 信息处理系统技术委员会) 开始着手制定国际范围的网路标准——“开放式系统互连参考模型” (Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM) 作为国际标准。

OSI/RM 规定了网路的体系结构及互连的计算机之间的通信协议，遵从 OSI/RM 网路体系结构及协议的网路通信产品都是所谓的开放系统。也就是说，只要是遵循 OSI/RM 标准的网路系统，就可以和位于世界上任何地方的、也遵循这个标准的其他网路系统互连，并进行通信。这种统一的、标准化的产品市场给网路技术的发展带来了网路市场的繁荣，推动了互连网路的快速发展，开创了计算机网路的新纪元。

计算机网路发展历程中，还包括局域网 (Local Area Network, LAN) 的发展。20 世纪 80 年代，微型计算机产品有了极大的发展，由微型机构成的局域网技术得到了相应的发展。

鉴于广域网出现的问题，局域网的发展一开始就注意标准化的问题，着手制定统一的局域网标准。1980 年 2 月，美国电气电子工程师协会提出的 IEEE 802 局域网标准出台，后来

被国际标准化组织采纳,作为 LAN 的国际标准,称为 ISO 8802 标准。

由于局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式生产局域网产品,这种标准化的结果使用户在建设自己的局域网时选择面更宽,设备更新更快,促进了局域网的快速发展。经过 80 年代后期的激烈竞争,局域网厂商大都进入专业化的成熟时期。

4. 光纤、宽带、高速计算机网络,网络得到广泛应用的时代

20 世纪 90 年代以来,计算机网络技术有了飞跃的发展。高速光纤和光器件的成熟,高速交换技术的出现,使传输速率不断提升,已经达到 1 Gb/s、10 Gb/s 的网络速率,40/100 Gb/s 的局域网标准已经形成并颁布。高性能、低价格计算机的推出,丰富的网络设备产品,都成为计算机网络大发展的催化剂,大大促进了计算机网络的发展。

信息时代的到来、信息高速公路的建立、互联网的迅速扩大,使得计算机网络应用更加广泛;管理信息系统、办公室自动化、高性能计算、网络媒体服务、网上购物等形成计算机网络应用的巨大市场。网络技术和计算机技术的大发展形成了“不进入网络的计算机,就不能称之为计算机;网络就是计算机”的新概念。

5. IPv6、移动互联网、云计算、物联网时代

进入 21 世纪,网络进入了 IPv6、移动互联网、云计算、物联网时代。随着网络的日益普及和业务的广泛开展,网络出现了 IP 地址枯竭的问题。32 位的地址表达、只有 40 亿个网络地址的第一代 IPv4 网络发展至今已经使用了 30 多年,2011 年,国际互联网名称和地址分配公司 ICANN 宣布 IPv4 网络地址的最后一批资源已经在全球分配完毕。这意味着 IPv4 网络地址已成为基于 IPv4 发展起来的互联网可持续发展的“瓶颈”,将使全球在互联网基础上拓展的移动互联网、云计算、物联网等新兴业务,由于没有网络地址可用而无法继续开拓新的业务。这个问题早在十几年前人们就注意到了,于是国际互联网工程任务组设计了 128 位地址表达,并且技术更加先进、成熟的 IPv6 网络。IPv6 除了具有足够的地址空间外,还具有许多比 IPv4 更加强大的新功能。基于 IPv6 的互联网具备可持续发展的优势和成熟的技术,许多发达国家制定了明确的 IPv6 发展路线图。在政府层面,2010 年 6 月前,美国政府机构网络已经切换到 IPv6,并于 2014 年完成全国性的 IPv6 升级改造。2010 年年底,欧盟的 1/4 企业、政府机构和家庭用户已经切换到 IPv6。在应用商层面,日本 NTT 公司基于 IPv6 网络地址的 IPv6 网络已经全面应用。我国也在积极发展 IPv6 网络,现在已经建成了基于 IPv6 网络地址的大规模下一代互联网示范网络,已经有多所高校、科研单位及企业建设了 IPv6 驻地网,同时还积极参加国际上的 IPv6 网的各种研究项目。

随着宽带无线接入技术和移动终端技术的飞速发展,人们迫切希望能够随时随地甚至在移动过程中都能方便地从互联网获取信息和服务,移动互联网应运而生并迅猛发展。移动互联网是一种通过智能移动终端,采用移动无线通信方式获取业务和服务的新兴业务,包含终端、软件和应用三个层面。终端层包括智能手机、平板电脑等;软件包括操作系统、中间件、数据库和安全软件等;应用包括休闲娱乐类、工具媒体类、商务财经类等不同应用与服务。移动互联网一推出就得到人们的热捧,需求越来越高,优势越来越凸显,促成了移动互联网技术的快速发展,目前,移动互联网在传输带宽和距离、抗干扰能力、安全性能方面已经接近有线网络,甚至在某些方面已经超过传统的有线网络,市场应用价值越来越高。移动