

21世纪

高等学校电子信息类规划教材



网络与TCP/IP协议

主编 武奇生
编著 潘若禹 汪贵平 李 晗

04-43



西安电子科技大学出版社
<http://www.xdph.com>



内 容 简 介

本书的内容涵盖了计算机网络和 TCP/IP 协议的基本概念、原理、技术、应用以及下一代网络的核心 IPv6 技术,反映了计算机网络技术的最新进展。主要包括计算机网络概述、计算机网络体系结构、网络互联技术、TCP/IP 概述、TCP 与 UDP、IPv6 结构及编址、IPv6 控制报文及路由协议、IPv6 过渡及安全技术、工程实践等内容。

本书论述严谨、内容新颖、图文并茂,注重基本原理和基本概念的阐述,强调理论联系实际,突出应用技术和实践。本书可作为高等院校计算机及相关专业大学本科高年级学生和研究生教材或参考用书,也可作为从事计算机网络与数据通信工作的广大科技人员及工程技术人员的参考用书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

网络与 TCP/IP 协议/武奇生主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2010.3

21 世纪高等学校电子信息类规划教材

ISBN 978-7-5606-2384-9

I. 网… II. 武… III. 计算机网络—通信协议—高等学校—教材 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 007779 号

策 划 云立实

责任编辑 马晓娟 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 20.75

字 数 493 千字

印 数 1~3000 册

定 价 29.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2384 - 9/TN · 0551

XDUP 2676001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

计算机网络是一门紧密结合计算机技术和通信技术，正在迅速发展并获得广泛应用的综合性学科。以因特网为代表的信息技术正极大地推动着国家的经济建设，改变着人们的工作和生活方式。网络建设的规模和应用水平是衡量一个国家综合国力、科技水平和社会信息化的重要标志。如何推动信息产业的发展，培养计算机网络学科专业人才，已经成为各个国家政府高度重视的战略问题。

作者在多年计算机网络教学中深感计算机网络技术发展之迅速，新的技术、新的网络标准不断推出，特别是下一代网络核心 IPv6 的发展更是值得关注。作者依据多年来的本科生和研究生计算机网络教学及相关科研工作的实践经验，在征求了计算机专业相关教师和高年级学生及计算机网络工程技术人员意见的基础上，从工程实践和应用的角度出发，完成了本书的编写。

本书在介绍计算机网络基础、网络体系结构等理论的基础上，从工程和实际应用角度全面介绍了当前最新网络技术和下一代网络的核心——IPv6 技术。全书共分 10 章，第 1 章是计算机网络概述，对计算机网络的概念、功能、组成、分类、安全及应用前景做了概述。第 2 章是计算机网络体系结构，主要介绍计算机网络体系结构、OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型。第 3 章是网络互联技术，主要介绍网络互联基础、网络互联模型、网络互联形式以及网络互连设备等相关技术，最后还介绍了三层交换技术。第 4 章是 TCP/IP 技术，主要介绍 TCP/IP 协议、IP 协议、地址解析协议和逆地址解析协议。第 5 章是 TCP 与 UDP，主要介绍 TCP 和 UDP 协议的相关基本知识和概念以及协议端口、套接字。第 6 章是 IPv6 结构及编址，主要介绍 IPv6 的由来、特点及应用，IPv6 的报头结构、编址方案、地址分类和地址配置。第 7 章是 IPv6 控制报文及路由协议，主要介绍 IPv6 的控制报文协议的结构、类型及路由协议和相关路由算法。第 8 章是 IPv6 过渡及安全技术，主要介绍 IPv6 的过渡概念和过渡的技术、IPv6 的安全问题和安全技术。第 9 章是工程实践，从实际工程角度介绍 IPv6 网络的配置和相关的组网方案。每章均附有小结及习题，为教学实施提供了方便。本教材参考学时数为 40~60 学时，教师可根据具体情况酌情选择。

本书由武奇生主编并负责统稿。其中，武奇生编写了第 1、9 章，潘若禹编写了

第 6、7、8 章，汪贵平编写了第 2、5 章，李晗编写了第 3、4 章。另外，刘玉芳、姜宁、徐定锋等研究生绘制了书中的部分插图，对本书的初稿进行了阅读和校对，并提出了许多参考意见。本书在编写过程中还得到了作者单位的支持和其他同事的帮助，在此一并表示诚挚的感谢！

鉴于计算机网络技术发展迅速，TCP/IP 协议仍在不断地发展和完善之中，加之作者水平和时间有限，书中难免存在不妥之处，恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2009 年 10 月

目 录

第 1 章 计算机网络概述 1	2.2 开放系统互联参考模型 26
1.1 计算机网络的产生和发展..... 1	2.2.1 概述..... 26
1.1.1 面向终端的远程联机系统..... 1	2.2.2 物理层..... 28
1.1.2 共享资源的计算机网络..... 3	2.2.3 数据链路层..... 32
1.1.3 标准化网络..... 4	2.2.4 网络层..... 36
1.1.4 互联网与高速网络..... 5	2.2.5 传输层..... 40
1.1.5 局域网的发展..... 5	2.2.6 会话层..... 42
1.1.6 计算机网络的发展趋势..... 6	2.2.7 表示层..... 44
1.2 计算机网络的概念、功能及特点..... 7	2.2.8 应用层..... 44
1.2.1 计算机网络的概念..... 7	2.2.9 OSI 参考模型中的数据传输..... 45
1.2.2 计算机网络的主要功能..... 7	2.3 TCP/IP 参考模型 46
1.2.3 计算机网络的特点..... 8	2.3.1 网络接口层..... 46
1.3 计算机网络的组成与逻辑结构..... 9	2.3.2 网络互连层..... 46
1.3.1 计算机网络的基本组成..... 9	2.3.3 传输层..... 47
1.3.2 计算机网络的逻辑结构..... 10	2.3.4 应用层..... 47
1.4 计算机网络分类..... 11	2.4 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的比较 47
1.4.1 按网络覆盖的范围分类..... 12	2.4.1 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的异同..... 47
1.4.2 按通信介质分类..... 13	2.4.2 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的评价..... 48
1.4.3 按通信方式分类..... 13	2.5 小结 49
1.4.4 按使用范围分类..... 13	习题 49
1.4.5 按拓扑结构分类..... 13	第 3 章 网络互联技术 50
1.4.6 按其他方式分类..... 16	3.1 网络互联基础..... 50
1.5 计算机网络应用..... 16	3.1.1 网络互联的概述..... 50
1.6 计算机网络的安全..... 18	3.1.2 网络互联模型..... 50
1.7 计算机网络的先进技术..... 19	3.1.3 网络互联形式..... 52
1.8 小结..... 21	3.1.4 网络互联的基本要求..... 63
习题 21	3.2 传输介质..... 64
第 2 章 计算机网络体系结构 22	3.2.1 同轴电缆..... 64
2.1 网络体系结构..... 22	3.2.2 双绞线..... 65
2.1.1 协议..... 22	
2.1.2 分层原则..... 23	
2.1.3 相关概念..... 24	

3.2.3	光纤	67	5.2	TCP 协议	141
3.2.4	无线传输介质	69	5.2.1	TCP 基本概念	142
3.2.5	不同传输介质的比较和选择	72	5.2.2	TCP 差错控制	145
3.3	网络互联设备	73	5.2.3	TCP 流量控制	146
3.3.1	物理层互联设备	74	5.2.4	TCP 拥塞控制	149
3.3.2	数据链路层互联设备	77	5.2.5	TCP 连接的建立和拆除	151
3.3.3	网络层互联设备	82	5.3	UDP 协议	153
3.3.4	应用层互联设备	87	5.3.1	UDP 基本概念	154
3.4	网络接入技术	90	5.3.2	UDP 操作	156
3.4.1	拨号接入	90	5.4	协议端口与套接字	157
3.4.2	专线接入	93	5.5	小结	162
3.4.3	无线接入	95	习题		162
3.5	结构化布线技术	96	第 6 章 IPv6 结构及编址		163
3.5.1	结构化布线简介	97	6.1	IPv6 概述	163
3.5.2	结构化布线系统的标准	100	6.1.1	IPv6 的由来	163
3.5.3	结构化布线系统的设计	101	6.1.2	IPv6 的特点	165
3.5.4	结构化布线系统的安装与测试	103	6.1.3	IPv6 的应用	168
3.6	三层交换技术	104	6.2	IPv6 的分组结构	169
3.6.1	三层交换技术的基本知识	104	6.3	IPv6 的报头	173
3.6.2	三层交换技术的实现	110	6.3.1	IPv6 的基本报头	173
3.7	小结	112	6.3.2	IPv6 的扩展报头	179
习题		112	6.4	IPv6 的编址方案	182
第 4 章 TCP/IP 概述		113	6.4.1	IPv6 地址表示方式	182
4.1	TCP/IP 协议簇	113	6.4.2	IPv6 地址空间	183
4.2	Internet 的 IP 协议	114	6.4.3	IPv6 寻址模式	185
4.2.1	IP 协议概述	115	6.5	IPv6 的地址分类	186
4.2.2	IP 地址的表示与分类	116	6.5.1	单播地址	187
4.2.3	子网与掩码	121	6.5.2	多播地址	190
4.2.4	网关配置	124	6.5.3	任播地址	192
4.2.5	特殊的 IP 地址	125	6.6	IPv6 地址配置	194
4.3	地址解析协议与逆地址解析协议	128	6.6.1	地址的手工配置和检测	194
4.3.1	地址解析协议	128	6.6.2	地址自动配置	194
4.3.2	逆地址解析协议	134	6.6.3	DHCPv6	196
4.4	Internet 控制报文协议	135	6.6.4	IPv6 域名系统	199
4.5	TCP/IP 协议簇共同工作实例	138	6.7	小结	201
4.6	小结	139	习题		202
习题		140	第 7 章 IPv6 控制报文及路由协议		203
第 5 章 TCP 与 UDP		141	7.1	ICMP 的报文格式与类型	203
5.1	Internet 传输协议	141	7.1.1	ICMPv6 报文的类型	203

7.1.2 ICMPv6 错误报文	205	8.1.2 双栈技术	258
7.1.3 ICMPv6 信息报文	208	8.1.3 翻译技术	261
7.1.4 ICMPv6 处理规则	209	8.1.4 过渡技术的分析与比较	268
7.2 IPv6 控制报文协议	210	8.2 IPv6 安全问题	270
7.2.1 邻居发现协议	211	8.2.1 IPv6 安全技术	277
7.2.2 多播监听者发现协议	218	8.2.2 IPv6 认证加密	280
7.3 路由协议及路由算法	220	8.3 小结	284
7.3.1 IPv6 路由协议基本知识	220	习题	285
7.3.2 IPv6 静态路由	222	第 9 章 工程实践	286
7.3.3 IPv6 动态 IGP 路由	225	9.1 配置 IPv6 网络	286
7.3.4 IPv6 动态 BGP 路由	235	9.2 配置 IPv6 的路由协议	291
7.4 小结	244	9.3 IPv4 和 IPv6 的整合和共存	297
习题	245	9.4 IPv6 主机和路由器互联	303
第 8 章 IPv6 过渡及安全技术	246	9.5 IPv6 联网方案	309
8.1 过渡技术概述	246	9.5.1 校园网组网方案	309
8.1.1 隧道技术	250	9.5.2 H3C 的 IPv6 组网方案	313

第1章 计算机网络概述

计算机网络源于计算机与通信技术的结合,始于20世纪50年代,是20世纪最伟大的科学技术成就之一,近50年来得到迅猛发展。计算机网络促进了整个社会的发展,从根本上改变了人们的生活与工作方式,改变了人们的思想意识和思维方式。本章介绍计算机网络的产生与发展,计算机网络的基本组成部分、分类和应用等基本内容。

1.1 计算机网络的产生和发展

计算机网络是伴随着计算机技术、通信技术的发展并在二者日益结合紧密、相互渗透促进的前提下产生的。通信技术为多台计算机之间进行数据传输、信息交流和资源共享提供了必要的传输通道和通信手段;计算机技术反过来又应用于通信领域,极大地提高了通信系统的性能。这宗“联姻”使得新生的计算机网络技术很快在IT领域占据了重要地位,并对信息产业的发展产生了深远的影响。现在,计算机网络技术已经成为了衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。

1946年诞生于美国的第一台电子数字计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)在人类科学发展史上树立了一个重要里程碑,标志着人类开始走进信息时代,但在那时,计算机技术和通信技术并没有直接的关系。如今,纵观计算机网络产生和发展的历史,大致经历了从早期的面向终端的远程联机系统、共享资源的计算机网络、标准化网络到现代的互联网四个阶段。另外,在计算机网络发展的过程中,局域网技术也随之产生并发挥着它特有的重要作用。

1.1.1 面向终端的远程联机系统

早期的计算机制造成本高,主机昂贵且数量很少,一台计算机只能供一个人使用,而且使用计算机时用户必须进入特定的计算机机房,在计算机的控制台上进行操作。这种方式不但不能充分利用计算机资源,而且用户使用起来也极为不便。后来,随着计算机软硬件的发展,出现了高速大容量存储器系统,开发了多道程序和分时操作系统,使计算机能够同时处理多个应用程序,并允许多个用户通过终端同时访问一台主计算机。但是,由于此时的终端是直接通过异步串行口与主计算机相连的,因此要使用计算机,仍然需要到计算机机房的终端上操作。为了实现计算机远程操作,提高对计算机这种昂贵资源的利用,科学家利用各种通信手段,将终端和计算机进行远程连接,使用户在自己的办公室通过终端就可以使用远程的计算机。终端可以处于不同的地理位置,它通过传输介质及相应的通

信设备与一台远程计算机相连，用户可以通过本地终端或远程终端登录到远程计算机上，使用远程计算机系统。远程用户可以在本地方便地使用远程计算机，这就产生了通信技术与计算机技术的结合。

这种以单个计算机为中心的计算机系统称为面向终端的远程联机系统，如图 1-1 所示，这类网络称为第一代网络。20 世纪 50 年代建立于美国的半自动地面防空系统 SAGE 就属于这一类型网络，它把远距离的雷达和其它测量设备的信息通过通信线路送到一台旋风型计算机上进行处理和控制在，首次实现了计算机技术和通信技术的结合。

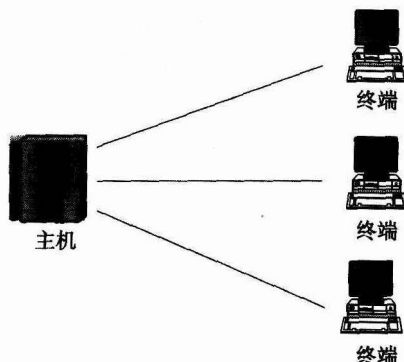


图 1-1 面向终端的计算机网络

虽然从形式上看，远程联机系统将通信技术引入到计算机系统，实现了资源共享和用户间的信息交流，但它的全部信息资源却都集中在一台主计算机内，用户终端没有自主处理数据的能力，实质上这是一种“终端—计算机”通信。

在计算机网络不断发展的过程中，人们对终端—计算机网络进行了改进，在主计算机的外围增加一台计算机，专门用于处理终端的通信信息及控制通信线路，并能对用户的作业进行某些预处理操作，称这台计算机为通信控制处理机 CCP(Communication Control Processor)，也叫前置处理机。另外，在终端设备较集中的地方设置一台集中器，终端通过低速线路先汇集到集中器上，然后再用高速线路将集中器连到主机上，这就形成多机系统，其结构如图 1-2 所示。由于前端机和集中器在当时一般选用小型计算机担任，因此，这种结构也称为具有通信功能的多计算机系统。

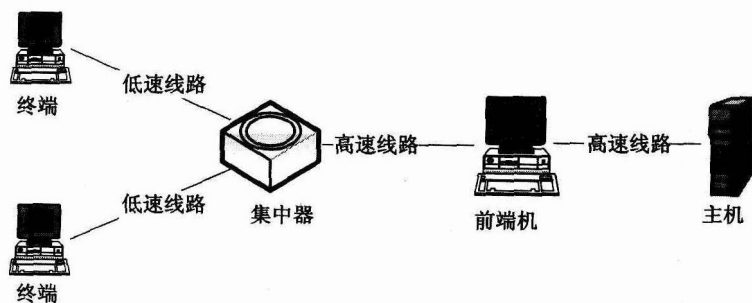


图 1-2 使用集中器的计算机网络

20 世纪 60 年代初，美国航空公司建成的航空订票系统 SABRE-1 就是这种改进型网络的最好例子。该系统以一台大型计算机为中心计算机，与分散在全美国的 2000 多个终端连

接。此外，还有美国通用电气公司的 GE 网，其主计算机与 7 个中心集中器连接，每个中心集中器又分别与分布在 23 个地区的 75 个远程集中器相连，形成了当时世界上最大的商业数据处理网。

第一代计算机网络存在以下明显的缺点：

- (1) 以主机为中心，联机系统上的终端没有独立的数据处理能力。
- (2) 由于主机系统是通过串行接口 RS-232 与多用户系统相连接的，因此它既要承担数据处理任务，又要承担数据通信任务，致使主机系统负担较重。
- (3) 终端设备运行速度慢，操作时间长，每个用户都要独占一条长距离的通信线路，线路利用率较低。
- (4) 这种结构属于集中控制方式，可靠性低。

1.1.2 共享资源的计算机网络

从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期，计算机性能的不断价格和价格的持续下降，使得在多台具有独立功能的计算机之间实现互相通信，充分利用本地资源和共享远程系统的软件、硬件及信息资源成为可能。人们利用通信线路将多个计算机连接起来，形成了多计算机互联的网络，为用户提供服务。同时，数据处理与通信不再采用集中模式，而是由分散在不同地理位置的计算机共同完成，这就是以共享资源为目的的第二代计算机网络。

第二代计算机网络在逻辑上可分为两大部分：通信子网和资源子网。资源子网由主机、终端、终端控制器、联网外设、各种软件资源与信息资源组成，它负责全网的数据处理并向网络用户提供各种网络资源与服务。通信子网由通信控制处理机、通信线路和其他通信设备组成，负责网络数据传输、转发等通信处理任务。这种计算机—计算机网络中的计算机彼此独立又相互连接，它们之间没有主从关系，其功能比第一代面向终端的计算机网络扩大了许多。

现代意义上的计算机网络是 1969 年美国国防部高级研究计划署 DARPA 建成的 ARPANET 实验网(Advanced Research Projects Agency Network)，如图 1-3 所示。

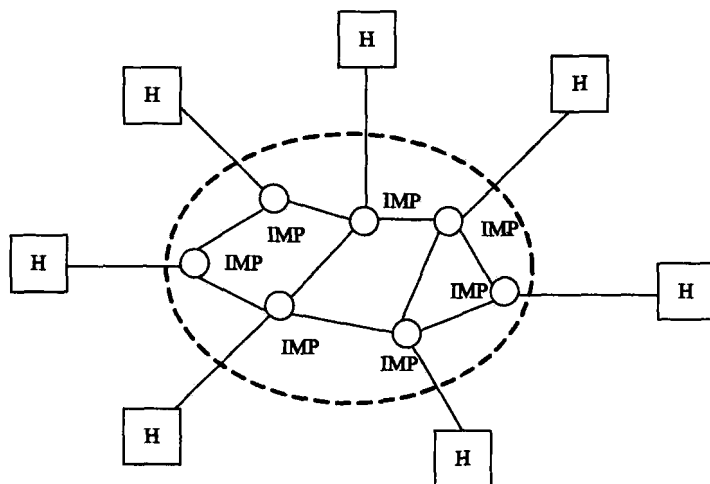


图 1-3 ARPANET 结构示意图

图 1-3 中, H(HOST)是计算机主机, IMP(Interface Message Processor)是接口信息处理机。该网络当时只有 4 个节点, 以电话线路作为主干网络, 到 1975 年已经有 100 多台不同型号的大型计算机, 网络节点超过 60 个。地域范围跨越了美国东西部地区, 连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构, 具有现代网络的许多特征, 如分组交换、分层次的网络体系和较为完善的通信协议, 并通过通信卫星与其它国家实现了网络互联。

ARPANET 网络首先把分布在美国各地的通信处理机连接起来, 构成通信子网, 专门负责全网的通信工作, 然后把各种资源, 包括主机系统、软硬件、数据库、集中器以及终端设备等与通信子网相连, 构成了资源子网, 专门承担各种数据处理的任务。这样, 既提高了通信线路的利用率, 又保证了主机系统的效率, 充分发挥了网络中各种资源的利用效率。

ARPANET 网络成为了第一个实现分布式资源共享的网络, 同时它还实现了报文分组交换的数据交换方法, 采用了层次结构的网络体系结构模型及协议体系, 促进了 TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol)的发展, 为计算机网络的发展奠定了基础。ARPANET 网络显示了计算机网络的优越性, 促使许多国家组建了规模较大的网络, 如美国的 CYBERNET 网络、欧洲的 EIN 情报网和英国国家物理研究所的 NPL 网络等。

第二代计算机网络的特点是:

- (1) 实现了分布式的资源共享。
- (2) 具有分组交换的数据交换方式。
- (3) 采用专门的通信控制处理机。
- (4) 使用分层的网络协议。

以上几点也是计算机网络的一般特征。

1.1.3 标准化网络

以共享资源为目的的第二代计算机网络, 大多是由研究部门、大学或计算机公司自行开发研制的。例如, IBM 公司于 1974 年率先提出了完整的计算机网络体系结构 SNA(System Network Architecture); DEC 公司于 1975 年提出了面向分布式网络的数字网络体系结构 DNA(Digital Network Architecture); Univac 公司于 1976 年公布了分布式控制体系结构 DCA(Distributed Computer Architecture)等。这些网络技术标准使得同一体系结构的网络产品容易实现互联, 但是不同体系结构的产品很难实现互联。这种局面严重阻碍了计算机网络的发展, 令用户在投资方向上无所适从, 并可能造成重大的投资损失, 同时也不利于多厂商之间的公平竞争, 于是, 制定统一的计算机网络技术标准成为必然。

20 世纪 70 年代后期, 许多国际组织, 诸如国际标准化组织 ISO(International Organization for Standardization)、国际电气电子工程师协会 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)、国际电报电话咨询委员会 CCITT(Consultative Committee of International Telegraph and Telephone)等都成立了专门的研究机构来研究计算机系统的互联、计算机网络协议标准化等问题。1979 年, ISO 公布了开放系统互联参考模型 OSI/RM(Open System Interconnection/Reference Model)。1984 年, ISO 正式公布了著名的国际标准——ISO 7498, 通常称它为开放互联参考模型 OSI/RM。作为国际标准, OSI/RM 规定了互联的计算机系统

之间的通信协议，并规定了凡是遵从 ISO 提出的 OSI 协议的网络通信产品都是开放的网络系统。OSI/RM 极大地推动了网络标准化的进程，使人类步入了第三代计算机网络的时期。

1.1.4 互联网与高速网络

随着计算机网络技术的飞速发展，人们在全球范围内建立了不计其数的局域网和广域网。为了扩充网络规模，以实现更大范围的资源共享，人们迫切需要将些网络互联在一起，于是，国际互联网 Internet 应运而生。目前，计算机网络的发展正处于这一阶段。

Internet 是全球规模最大的、最开放的、由众多广域网和局域网通过多个路由器互联而成的巨型计算机网络。Internet 的网络体系结构采用 TCP/IP 协议集。TCP/IP 协议集由传输控制协议 TCP 和网络互连协议 IP 构成，采用分层结构，它简单实用，既可提供高效的数据传输，又能满足不同服务的网络传输要求。同时，使用 TCP/IP 协议集还可方便地将不同类型的主机和网络互联，原则上，任何计算机只要遵守 TCP/IP 协议，都能按一定的规则接入 Internet。

Internet 的发展大致经历了五个阶段：

(1) 从 1969 年 ARPANET 诞生到 1983 年，这期间属于研究试验阶段，主要进行网络技术的研究和试验，到 1984 年，ARPANET 分解为两个网络，一个仍称为 ARPANET，是民用科研网，另一个是军用计算机网络 MILNET。

(2) 1986 年，美国国家科学基金会在美国政府的资助下，租用电信公司的通信线路组建了一个全新的 Internet 骨干网——国家科学基金会网络 NSFNET(National Science Foundation Network)，用以连接当时的六大超级计算机中心和美国的大专院校及学术机构。

(3) 1989 年，ARPANET 解散，同时 NSFNET 对公众开放，从而成为 Internet 最重要的通信骨干网络。

(4) 1992 年，Internet 不再归美国政府管辖，而成立了一个国际组织 Internet 协会(ISCO)，负责对 Internet 进行全面的管埋，并以制定 Internet 相关标准和推广 Internet 为目标。

(5) 1994 年以后，Internet 进入商业化阶段，各政府部门、商业企业以及个人广泛使用 Internet，目前全世界绝大部分国家都已纷纷接入 Internet。

截止目前，网络新技术不断产生，如 10 G 以太网技术、全光网络、多层交换技术等，促使计算机网络进入了一个高速时代，而且以 Internet 为核心的高速计算机网络已经形成。Internet 已成为世界范围的信息资源库，极大地推动着世界科学、文化、经济和社会的发展。可以说，Internet 的应用与普及是人类社会由工业社会向信息社会发展的重要标志。

第四代计算机网络的特点是：

- (1) 广泛的资源共享。
- (2) 高速的数据传输。
- (3) 综合的业务服务。

1.1.5 局域网的发展

早期的计算机网络大多为广域网，而局域网的出现与发展是在 20 世纪 70 年代个人计算机(PC)推出以后。到 80 年代，由于 PC 机和小型机的性能不断地提高，价格不断降低，

计算机也开始步入寻常百姓家, 网络应用也从科学计算走入日常事务处理。

由于个人计算机的大量涌现, 以信息交换和资源共享为目的的要求开始凸显。人们开始把一个办公室、一栋楼或一个园区的计算机连接起来, 相互之间交换信息, 交互工作, 共享硬件资源(贵重仪器设备)和软件资源, 于是就产生了局域网技术。局域网技术的发展极为迅速, 标准化的进程也非常快。自 1980 年 9 月由 DEC、Intel 和 Xerox 三家公司联合研制并公布了以太网的标准规范后, 一系列的局域网标准应运而生。其中, 以太网技术最为活跃, 应用最为广泛。从 1980 年公布了标准以太网(传输速率为 10 Mb/s)以来, 很快又制定了百兆快速以太网标准、千兆高速以太网标准及万兆以太网的标准。近二十几年中, 以太网技术的传输速率从 10 Mb/s 提高到万兆每秒, 传输速率整整提高了 1000 多倍。交换局域网技术的问世, 是局域网技术的一次革命性的发展。交换局域网具有独占传输通道、带宽的特性, 它给用户足够的带宽, 彻底解决了带宽的需求问题。

进入 20 世纪 90 年代以来, 在局域网领域又出现了无线局域网技术。利用无线局域网技术, 可将网络延伸到移动用户较多和布线困难的公共区域, 使局域网实现全方位的 Internet 连接, 达到网络无处不在的标准。

局域网的出现与迅猛发展, 直接影响着计算机网络和计算机互联网的发展。局域网技术的不断更新, 为计算机网络的发展史书写了新篇章。

1.1.6 计算机网络的发展趋势

计算机网络技术的进步, 促进了网络应用的普及, 而网络应用需求的不断扩大, 又推动了计算机网络进一步的发展。进入 21 世纪, 计算机网络正在向着高速化、综合化、宽带化、智能化、标准化、通信的可移动性及安全性等方向发展。信息高速公路概念的提出为人们展示了信息化社会的美好前景, 为用户提供声音、图像、图形、数据和文本的综合服务, 实现用户之间的多媒体通信。

国际电联 ITU-T 下一代网络标准化小组提出: 下一代网络应该是公共交换电话网(PSTN)、移动通信网和分组网(ATM/IP)的融合, 未来的网络应该在统一分组网上支持各种业务, 是一个真正实现宽带窄带一体化、有线无线一体化、有源无源一体化、传输接入一体化的综合业务网络。分组化的、开放的、分层的网络架构体系是下一代网络的显著特征。下一代网络基本上按业务层、控制层、传送层(媒体层)、接入层这四层划分, 各层之间通过标准的开放接口互联。

业务层由一系列的业务应用服务器组成, 可提供各种各样的业务控制逻辑, 完成增值业务处理, 同时提供开放的第三方接口, 易于引入新型业务。

控制层主要指网络为完成端到端的数据传输进行的路由判决和数据转发的功能, 它是网络的交换核心, 目的是在传输层基础上构建端到端的通信过程。

传送层面向用户端, 支持透明的 TDM 线路的接入, 在网络核心提供大带宽的数据传输能力, 并替代传统的配线架, 构建灵活的长途传输网络, 一般为基于密集波分复用 DWDM 技术的全光网。

接入层在用户端支持多种业务的接入, 提供各种宽窄带、移动或固定用户接入。接入设备能向上连接高速传输线路, 向下支持多种业务的接口。

下一代网络除了能向用户提供语音、高速数据、视频信息业务外，还能向用户方便地提供视频会议、电话会议功能，而且能像广播网一样，向有此项要求的用户提供统一的消息、时事新闻等。

1.2 计算机网络的概念、功能及特点

1.2.1 计算机网络的概念

计算机网络比较通用的定义是：将地理位置不同，并具有独立功能的多台计算机系统通过通信设备和线路按不同的形式连接起来，以功能完善的网络软件实现在网络中资源共享和信息传递的系统。另外，如果以不同的角度看待计算机网络，还可以有其它的定义方式，如从物理结构看，计算机网络是在网络协议的控制下，由多台主计算机、若干台终端、数据传输设备以及其它相关设备所组成的计算机复合系统。

从以上定义中可以看出，一个计算机网络系统应包括如下三个部分：

- (1) 多个计算机系统，为用户提供服务和共享的资源。
- (2) 通信子网由各种通信设备和通信线路组成。
- (3) 网络软件，为用户共享网络资源和信息传递提供管理和服务。

1.2.2 计算机网络的主要功能

计算机网络具有丰富的资源和多种功能，可以将其归纳为以下五点。

1. 数据通信

数据通信是指在计算机之间传送数据，包括数字、文字、声音、图像、视频信号等。计算机网络使得各种信息通过通信线路从发送端传送到接收端。利用数据通信功能，人们可以进行各种远程的通信，实现网络上的应用，如收发电子邮件、视频点播、视频会议、远程教学、远程医疗、网上消息发布等。数据通信是计算机网络各种功能的基础，有了数据通信，才会有资源共享和其它的各种功能。

2. 资源共享

在计算机网络中有许多昂贵的资源，如大型数据库、巨型计算机等，不能为一个用户所拥有，所以必须实现资源共享。这里的资源包括硬件资源、软件资源和数据资源。硬件资源包括各种大型的处理器、存储设备、输入/输出设备等，如打印机、大容量磁盘，可以通过计算机网络实现这些硬件的共享，如共享打印机、硬盘空间等。软件资源包括操作系统、应用软件和驱动程序等，可以通过计算机网络实现这些软件的共享，如多用户的网络操作系统、应用程序服务器。数据资源包括用户文件、配置文件、数据文件等，可以通过计算机网络实现这些数据的共享，如通过网络邻居复制文件、网络数据库。网络上的资源可以为接入网络的所有用户所共享，任何被授权的用户都可以从另外一台计算机得到自己所需要的资源，从而使这些资源发挥最大的作用，节省成本、提高效率、避免重复。

3. 提高系统可靠性

在单个系统中，一个部件或计算机暂时失效时，必须通过替换资源的方法来维持原来系统的继续运行。但在网络中，一种资源可以存放在多个地点，并且用户可以通过多种途径访问网络的某种资源。因此，当某一节点发生故障时，可以转到其他系统中代为处理或通过别的路径传送信息，从而避免了单点失效对用户的影响，增加了系统的可靠性。

4. 促进分布式数据处理和分布式数据库的发展

由于计算机价格的快速下降，在计算机网络内，计算机和通信装置的性价比发生了显著的变化，因此可在获得数据和需进行数据处理的地方设置计算机，把数据处理的功能分散到各个计算机上，可利用网络环境来实现分布式处理和建立性能优良、可靠性高的分布式数据库系统。

5. 提高系统处理能力

在网络中，由于每台计算机需要处理的任务不同，那么就可能出现忙闲不均，甚至个别计算机负担过重的现象，这时，计算机网络具有均衡负载的功能，可以通过网络调度来协调工作，把负担过重的计算机上的部分工作交给“闲”的计算机去做。例如，有一些科学计算题目非常之大，一台计算机难以完成，这时可以通过计算机网络，在网络操作系统或应用软件的统一管理下，让多台计算机协同工作，共同完成计算，以提高系统的性能。计算机网络均衡了网络中各个机器的负担，提高了系统的利用率及整个系统的处理能力。

1.2.3 计算机网络的特点

目前，多种计算机网络并存于人们的生活中，它们的组成结构不尽相同，所提供的功能与服务也迥然各异，但它们却有着相同之处。

1. 可靠性

单个计算机或系统难免会出现暂时的故障，致使系统瘫痪。而通过计算机网络，可以由其他系统代为处理，也可以提供一个多机系统的环境，实现两台或多台计算机互为备份以应对意外事件。另外，当网络中某段线路或某个节点出现故障时，信息可以通过网络内其他线路或节点传送到目的节点。因此，网络环境提供了高度的可靠性，这对于军事、商业等领域是非常重要的。

2. 独立性

网络系统中各个连接的计算机系统是相对独立的，彼此不受影响，但它们之间又是相互联系的，这种表面看起来矛盾的结构也正是计算机网络所独有的。

3. 高效性

计算机网络系统可以把一个大型复杂的任务分发给几台计算机去处理，这样既可以减轻单个计算机的负担，又可以加快数据的处理，增强系统的实时性，提高工作效率。

4. 透明性

计算机网络中的用户所关心的只是如何利用网络来可靠地完成工作，即计算机网络只是一种工具，用户只需知道如何操作，而无须考虑网络所涉及的技术和具体工作过程。网络对用户来说具有透明性。

5. 可控性

掌握网络的使用技术要比掌握大型计算机系统或是一般计算机的内部工作过程简单得多, 并且可以很灵活地在计算机网络中接入新的计算机系统, 操作方便, 易于控制。

1.3 计算机网络的组成与逻辑结构

1.3.1 计算机网络的基本组成

计算机网络由硬件和软件两大部分组成。负责数据处理和数据转发的网络硬件为数据的传输提供可靠的传输通道, 它包括计算机系统、通信链路和通信设备。网络软件控制数据通信并实现各种网络应用, 它包括网络协议及网络软件。网络软件各种功能的实现离不开硬件, 而没有软件的硬件系统也无法完成真正端到端的数据通信。对于一个计算机网络系统而言, 二者都是不可或缺的。一般一个计算机网络由计算机系统、通信链路和通信设备、网络协议及网络软件四个部分组成。这四部分就是计算机网络的基本组成部分, 也常被称为计算机网络的四大要素。

1. 计算机系统

计算机网络的第一个要素是具备两台或两台以上拥有独立功能的计算机系统。计算机系统是网络的基本单元, 是计算机网络的主体, 是被连接的对象。它主要负责数据信息的收集、处理、存储和传播, 它还可以提供资源共享和各种信息服务。计算机系统是计算机网络的一个重要组成部分, 是计算机网络中不可缺少的硬件元素。

计算机网络连接的计算机系统可以是巨型机、大型机、小型机、工作站或微机, 以及笔记本电脑或其它数据终端设备。

2. 通信链路和通信设备

除了计算机系统外, 计算机网络的硬件部分还包括用于连接计算机系统的通信链路和通信设备, 即数据通信系统。其中, 通信链路指的是传输介质及其连接部件, 包括光缆、同轴电缆、双绞线等。通信设备指网络连接设备和网络互连设备, 包括以下几个部分:

(1) 调制解调器(Modem)。调制解调器是一种把要传输的信号调制到载波上或从载波上把信号分离出来的设备。ITU-T V 系列建议的调制解调器, 大体上采用频移键控调制、差分移相键控调制、调相调幅相结合的调制和高速调制解调四种调制方式。目前较为流行的 Modem 从速率上可分为 33.6 Kb/s 和 56 Kb/s 两种, 随着网络技术的发展, 它的应用领域正在逐渐缩小。

(2) 网络接口卡(Network Interface Card)。网络接口卡简称网卡, 又称网络适配器, 是插在计算机总线插槽内或某个外部接口上的扩展卡, 它与网络程序(网络操作系统)配合工作, 负责把将要发送的数据转换为网络上其它设备能够识别的格式, 通过网络介质传输, 或从网络介质接收信息, 并转换成网络程序能够识别的数据格式。

网卡实现了如下的功能: 数据缓存、帧的封装和解封装、介质访问控制、串/并转换、数据/编解码以及数据发送和接收等。目前, 常用的网卡有 16 位或 32 位。

(3) 各种网络互连设备, 如集线器(HUB)、中继器(Repeater)、交换机(Switch)、网桥(Bridge)、路由器(Router)、网关(Gateway)等。这些设备将在后面章节详细介绍。

通信线路和通信设备负责控制数据的发出、传送、接收或转发, 包括信号转换、路径选择、编码与解码、差错校验、通信控制管理等, 以便完成信息交换。它们在计算机之间建立起一条物理通道, 实现数据传输。

3. 网络协议

网络协议是指通信双方就通信如何进行所必须共同遵守的约定和通信规则的集合, 如采用何种格式表达、组织和传输数据, 采用何种方式检查和纠正传输过程中出现的错误以及传输信息的时序组织与控制机制等。现代网络采用层次结构, 协议规定了分层规则、层间关系、执行信息传递过程的方向、分解与重组等。

在网络上通信的双方只有遵守相同的协议, 才能正确地交流信息, 就像人们交谈要说同一种语言一样, 如果谈话里使用不同的语言, 就会造成双方都不知所云, 交流被迫中断。因此, 协议在计算机网络中是至关重要的。一般说来, 协议的实现是由软件和硬件分别或相互协作完成的。典型的网络协议有: TCP/IP 协议、IPX/SPX 协议、IEEE 802 标准协议系列、X.25 协议等。

4. 网络软件

在网络系统中, 网络上的每个用户都可共享系统中的各种资源, 所以系统必须对用户进行控制, 否则就会造成系统混乱、信息数据遭破坏和丢失。为了协调系统资源, 系统需要通过网络软件对网络资源进行全面管理、合理调度和适当分配, 并采取一系列安全措施, 防止用户对数据和信息的不合理访问及因此而造成的数据和信息的破坏和丢失。网络软件是实现网络功能所不可缺少的软环境。网络软件通常包括:

(1) 网络协议软件。通过网络协议软件可实现网络计算机之间的通信。它是网络软件中最重要、最核心的部分。计算机网络体系结构要通过网络协议软件才能发生作用。网络协议软件的种类很多, 不同体系结构的网络系统都有支持自身系统的协议, 体系结构中不同层次上又有不同的协议。

(2) 网络操作系统。网络操作系统是为计算机网络配置的操作系统, 它是网络软件系统的基础, 与网络的硬件结构相联系。网络中, 各计算机都有自己的操作系统, 而网络操作系统可把它们有机地联系起来。网络操作系统除了具有常规操作系统所具有的功能外, 还具有网络通信功能、网络范围内资源管理功能和网络服务功能等。现在, 常用的网络操作系统有 UNIX、NetWare、Windows NT/2000/2003 等。

(3) 网络管理及网络应用软件。网络管理软件是用来对网络资源进行监控管理, 对网络进行维护的软件, 它提供性能管理、配置管理、故障管理、计费管理、安全管理和网络运行状态监视与统计等功能。网络应用软件为用户访问网络提供服务。

1.3.2 计算机网络的逻辑结构

随着计算机技术、通信技术和计算机网络技术的发展, 网络结构不断完善, 为了更好地理解计算机网络和充分利用主机资源, 提高主计算机的运行速度与执行效率, 计算机网络从逻辑上将数据处理、资源共享与数据通信处理分开。根据计算机网络各组成部分的功