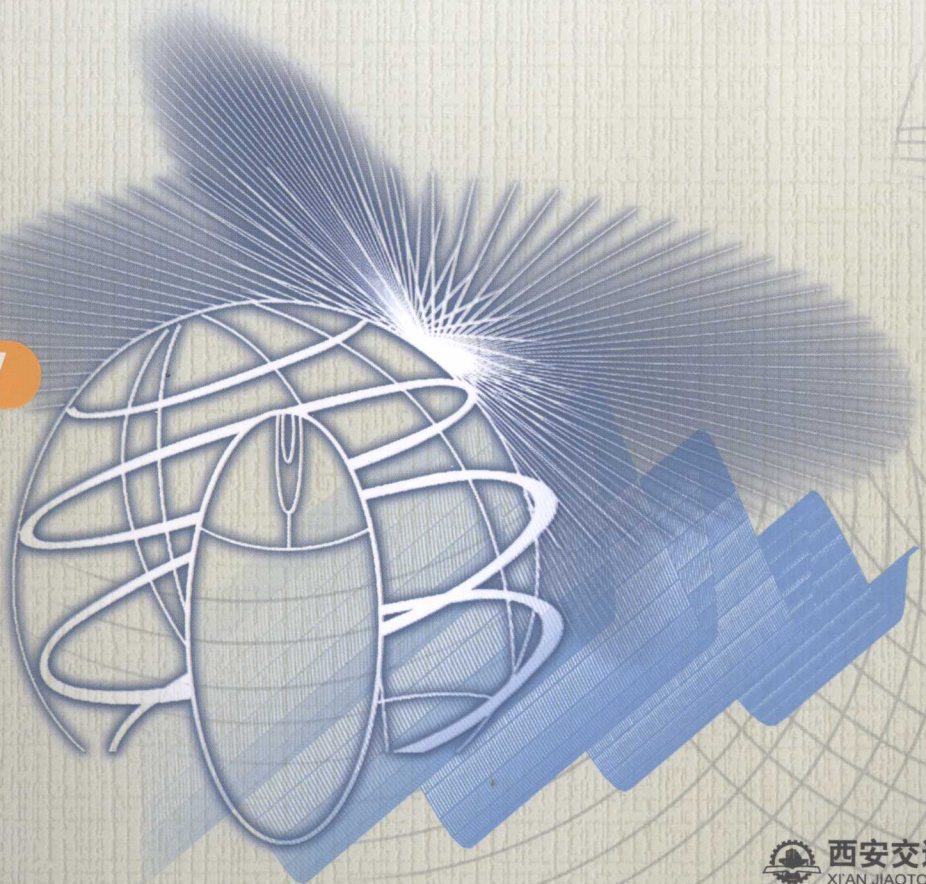
西安交通大学 本科“十二五”规划教材

计算机网络

主编 陈文革
参编 程向前 夏 琴 李 波

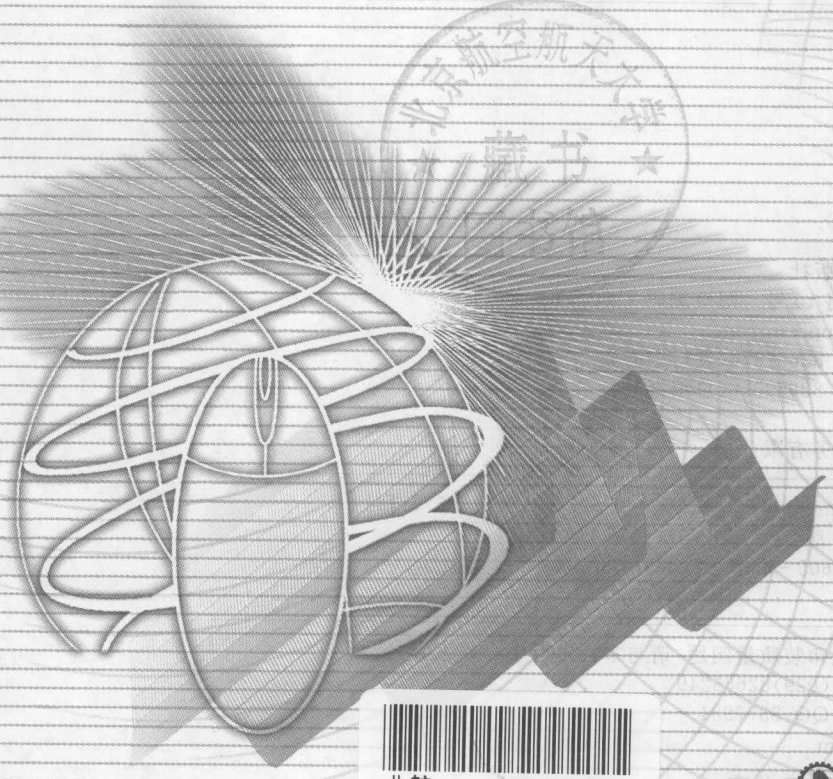


西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交通大学 本科“十二五”规划教

计算机网络

主编 陈文革
参编 程向前 夏 琴 李 波



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书由参与“计算机网络”国家级精品课程建设的多名资深教师精心编写而成。

本书内容涵盖了数据通信和计算机网络领域的基本概念、原理和技术，主要包括数据通信的基础知识、计算机网络体系结构、因特网原理及应用、局域网技术、广域网技术和网络安全等内容。内容取材新颖，反映了网络技术的最新发展。

本书可作为各高等院校理、工、管等非计算机专业的计算机网络课程的教材或参考书，也可供各类希望了解计算机网络的人员作为培训教材或参考书。书内各章均附有习题，可供读者检验对所学内容的掌握程度。书中带有＊的章节属于提高内容，各学校可根据教学的学时酌情讲授。书中每章均附有实验指导，可供读者在教学中选用或作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/陈文革主编. —西安：西安交通大学出版社，2013.9
西安交通大学本科“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5605-5307-8

Ⅰ.①计… Ⅱ.①陈… 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(2013)第 113218 号

书　　名 计算机网络
主　　编 陈文革
责任编辑 李慧娜

出版发行 西安交通大学出版社
（西安市兴庆南路 10 号　邮政编码 710049）
网　　址 http://www.xjtupress.com
电　　话 (029)82668357　82667874(发行中心)
(029)82668315　82669096(总编办)
传　　真 (029)82668280
印　　刷 陕西时代支点印务有限公司

开　　本 787mm×1092mm　1/16　**印张** 23.75　**字数** 577 千字
版次印次 2013 年 9 月第 1 版　2013 年 9 月第 1 次印刷
书　　号 ISBN 978-7-5605-5307-8/TP・580
定　　价 39.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题，请与本社发行中心联系、调换。
订购热线：(029)82665248　(029)82665249
投稿热线：(029)82668254　QQ：8377981
读者信箱：lg_book@163.com

前　言

计算机网络的广泛应用在过去的几十年里得到了长足的发展，尤其是自因特网(Internet)出现以来，更是对科学技术、生产生活乃至整个社会的发展产生了巨大的影响。为了使更多的人能够了解、掌握、使用计算机网络，计算机网络课程教学受到了许多大专院校的广泛重视，本教材就是为了适应这种需要，在多位长期从事计算机网络教学的资深教师的努力下精心编写而成。

计算机网络涉及的领域极为广泛，相关技术众多，显然在一本教材中不可能全部涵盖。而且大多数学校的计算机网络课程学时数有限，内容不可能面面俱到。基于这两方面的考虑，本教材只涉及了计算机网络技术中最核心以及应用最广泛的内容，其中包括网络通信、网络体系结构、TCP/IP 协议簇、因特网、局域网、广域网和网络安全等。

本教材内容共分为 8 章：第 1 章介绍了计算机网络的基本概念，内容包括计算机网络的发展，计算机网络的概念、组成、分类和应用模式等；第 2 章介绍了数据通信的基础知识，内容包括通信系统的构成和数据通信过程、数据通信的基本概念、通信介质、信息编码、信道复用技术、数据交换技术、差错控制技术和数据通信的性能指标等；第 3 章介绍了计算机网络的体系结构和标准，内容包括体系结构、协议和服务的基本概念，常见的网络参考模型、网络标准和标准化组织等；第 4 章介绍了因特网的应用，内容包括远程登录、电子邮件、文件传输、万维网和因特网上的 P2P 应用等；第 5 章介绍了因特网的基础原理，内容包括因特网的接入技术、域名服务、传输层协议、物理层和链路层关键技术、IPv6 等；第 6 章介绍了局域网技术，内容包括局域网的基本概念、介质访问控制方法、传统以太网、高速以太网、无线局域网、虚拟局域网、局域网扩展等流行网络技术；第 7 章介绍了广域网技术，内容包括广域网的基本概念、通信服务类型、拥塞控制、常见的广域网系统，最后介绍了广域网/因特网/万维网三者的关系；第 8 章介绍了网络安全技术，内容包括网络安全的基本概念、信息安全技术、防火墙技术和网络病毒等。

作为不可缺少的实践环节，本教材在每章的最后均附有习题和 1～2 个与该章内容相关的实验，供广大读者和教师在教学过程中参考。

本书可作为普通高等学校理工科各专业“计算机网络”课程的教材，适用学时数为 32～48 学时。目录中标有“*”的章节为要求较高的内容，可作为 48 学时课程的讲授内容。

本书由陈文革主编，参加编写的有夏秦(第 1 章～第 3 章)、程向前(第 4 章～第 5 章)、陈文革(第 6 章～第 7 章)、李波(第 8 章)。

本教材在编写过程中，参考了国内外大量的资料和教材，在此对有关的作者表示诚挚的感谢。由于计算机网络技术发展极为迅速，新技术层出不穷，加上作者水平所限，书中的内容和编排难免会出现一些错误和不足之处，希望广大读者提出宝贵的改进建议，以便我们在下一版中进行改进。编者的联系方式为：wgchen@ctec.xjtu.edu.cn。

编者

2013.8

目 录

第1章　引论

计算机网络是密切结合计算机技术和通信技术，正迅速发展并获得广泛应用的一门综合性学科。一个国家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。经过五十多年的发展，计算机网络技术已经进入了一个崭新的时代，特别在当今的信息社会，网络技术已日益深入到国民经济各部门和社会生活的各个方面，成为人们日常生活和工作中不可缺少的工具。本章将从网络的产生和发展开始，全面地介绍计算机网络的功能、应用、组成等基本概念。

1.1　计算机网络的产生和发展

1.1.1　网络技术的发展

回顾历史，整个网络技术的发展大致经历了以下几个阶段。

1. 通信技术的发明和电话网络的诞生

电气通信技术的发明可以追溯到莫尔斯电报和电话机的发明。电报发明于1837年，论分类它是一种数据通信技术，所以我们可以说数据通信的发明早于电话通信。电话机是1876年发明的，比电报晚了约40年。原因是就技术而言，电话机要完成声与电的转换，相对较难。电话机发明后才两年(1878年)，人们就发明了人工交换台，此次就有了模拟的电话网络。上面谈到了电报与电话发明的年代，但事实上它们的发明都不是一蹴而就的，而是经过漫长探索的结果。

2. 模拟通信时代

自人工电话网诞生算起，模拟通信时代是最漫长的一个阶段。若以数字交换机大量使用和模拟交换机退出历史舞台(约20世纪70年代末至80年代初)作为模拟通信时代的终了，模拟通信时代几乎持续了一百多年。

3. 数字通信时代

数字技术开始于脉冲编码调制(pulse code modulation，PCM)的发明(1962年)，但作为数字网络时代的起点应该从数字程控交换机的诞生并与PCM相结合算起——大致的时间是20世纪70年代初。它与模拟网络时代之间有一个约十年的过渡期。与模拟网络时代相比，数字网络时代的历史要短得多。若以网络融合时代的开始和数字程控交换技术的停止发展(约1998年)为它的终点，一共才不到三十年。若扣除上述与模拟时代相重叠这一段时间，它只存在了不到二十年，原因是电子与IT技术在近十几年中得到了飞速发展。

4. 走向融合的时代

随着计算机的发明和应用，特别是大型机的使用，又出现了与电信网络技术相并行发展的

计算机网络。这大约发生在20世纪60年代。计算机网络的初衷是实现了大型机处理能力的共享。以后随着计算机的小型化和普及化，又出现了不同计算机之间互联的需求，在这种需求的召唤下，出现了互联网技术。计算机网络属于计算机工作者的领域，除了在远程通信上需要利用电信网络外，计算机网络一直单独发展着。从事网络技术开发的人员对网络的需求以及采用的方法、术语等都与电信网络很不一样。另外，计算机网络除了利用电信网络的传输能力外，为了优化计算机网络，也将开发的领域从局域网拓展到城域网和广域网，出现了与电信网络相并行的网络技术。计算机网络与电信的数字网络都是基于晶体管和集成电路，这两者的发展几乎是处于同一时期，所以上述数字通信时代既是电信的数字通信时代，也是计算机网络的通信时代。

如今我们正面临走向融合的时代，要建设一个统一的信息通信平台，或者说一个全球信息基础设施。现有和未来的电信通信服务与应用、计算机网络的服务与应用及广播电视的服务与应用都将融合于这一个信息基础设施中。国际电信联盟在关于全球信息基础设施的建议中说："这一基础设施将跨越电信、信息技术、消费电子和内容提供商等各个行业，促进现有和未来的信息服务与应用的发展，这一基础设施由交互的、广播的和其他各种媒体传递机制所组成，用于向个人提供在任何时间任何地点都能安全地共享、使用和管理信息的能力，具有可以接受的价格和质量，并使安全与隐私得到保护。"这就是融合的目标，如何实现这一目标是人们正在探索中的课题。

1.2.2 计算机网络的发展

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，近50年来得到迅猛发展。由单机与终端之间远程通信，到今天世界上成千上万计算机互联；从4800bit/s(位/秒)争用型无线电频道传输系统发展到在光纤上每秒传输1000兆位的信息，其发展经历了几个阶段。

1. 以单计算机为中心的联机系统

以单计算机为中心的联机网络系统被称为第一代网络。20世纪60年代中期以前，计算机主机系统极为昂贵，而通信线路和通信设备的价格相对便宜，为了共享主机资源(强大的处理能力)和进行信息的采集及综合处理，以单计算机为中心的联机终端网络是一种主要的系统结构形式。

早在1951年，美国麻省理工学院林肯实验室就开始为美国空军设计称为SAGE的半自动化地面防空系统。该系统分为17个防区，每个防区的指挥中心装有两台IBM公司的AN/FSQ-7计算机，通过通信线路连接防区内各雷达观测站、机场、防空导弹和高射炮阵地，形成联机计算机系统。由计算机程序辅助指挥员决策，自动引导飞机和导弹进行拦截。SAGE系统最先采用了人机交互作用的显示器，研制了小型计算机形式的前端处理机，制定了1600bit/s的数据通信规程，并提供了高可靠性的多种路径选择算法。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。

计算机通信技术应用于民用系统方面，最早的是美国航空公司与IBM公司在20世纪50年代初开始联合研究，60年代初投入使用的飞机订票系统SABRE1。这个系统由一台中央计算机与全美范围内的2000个终端组成。这些终端采用多点线路与中央计算机相连。美国通用电气公司的信息服务系统(GE information service)则是世界上最大的商用数据处理网络，

其地理范围从美国本土延伸到欧洲、澳洲和日本。该系统于 1968 年投入运行，具有交互式处理和批处理能力。网络配置为分层星型结构：各终端设备连接到分布世界上 23 个地点的 75 个远程集中器；远程集中器分别连接到 16 个中央集中器，各主计算机也连接到中央集中器；中央集中器经过 50Kbit/s 线路连接到交换机。由于地理范围很大，可以利用时差达到资源的充分利用。

在以单处理机为中心的联机系统中，涉及到多种通信技术、多种数据传输设备、数据交换设备等。从计算机技术上来看，这是由单用户独占一个系统发展到远距离的分时多用户系统。联机终端网络主要有如下缺点：一是主机负荷较重，既要承担通信工作，又要承担数据处理，主机的效率低。二是通信线路的利用率低，尤其在远距离时，分散的终端都要单独占用一条通信线路，费用贵。为了解决这个问题，在终端密集的区域，可采用远程线路集中器，尽量减少通信费用。三是这种网络结构属集中控制方式，可靠性低，中央主机的失效直接导致整个系统的崩溃。

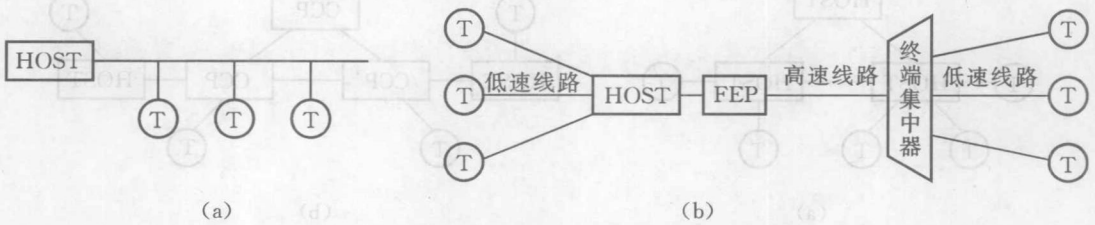


图 1.1　(a)多点通信线路；(b)基于终端集中器的通信系统

在早期的计算机通信网络中，为了提高通信线路的利用率并减轻主机的负担，人们开始使用多点通信线路、集中器以及前端处理机。这些技术对以后计算机网络的发展有着深刻的影响，现分别介绍。

(1)所谓多点通信线路就是在一条通线路上串接多个终端，如图 1.1(a)所示。这样，多个终端可以共享同一条通信线路与主机进行通信。由于主机—终端间的通信具有突发性和高带宽的特点，所以各个终端与主机间的通信可以分时地使用同一高速通信线路。相对于每个终端与主机之间都设立专用通信线路的配置方式，这种多点线路能极大地提高信道的利用率。

(2)终端集中器和前端处理机(front end processor，FEP)的作用是类似的，不过后者的功能要强一些。主机资源主要用于计算任务，如果由主机兼顾于终端的通信任务，一来会影响主机的计算任务，二来使主机的接口很多，配置过于庞大，系统灵活性不好。为了解决这一矛盾，可以把与终端的通信任务分配给专门的终端集中器承担。终端集中器的硬软件配置都是面向通信的，可以放置于终端相对集中的地点，它与各个终端以低速线路连接，收集终端的数据，然后用高速线路传送给主机的前端处理机。这种通信配置的结构如图 1.1(b)所示。

终端集中器的硬件配置相对简单，它主要负责从终端到主机的数据集中，和从主机到终端的数据分发。显然采用终端集中器可提高远程高速通信线路的利用率。前端处理机除了具有以上功能外，还可以互相连接，并连接多个主机，具有路由选择功能，它能根据数据包的地址把数据发送到适当的主机。不过在早期的计算机网络中前端处理机的功能还不是很强，互连规模也不是很大。

2. 分组交换网络

从 20 世纪 60 年代中到 70 年代中，随着计算机技术和通信技术的进步，将多个单处理机联机终端网络互相连接起来，形成了多处理机互连的网络。这种网络利用通信线路将多个计算机连接起来，利用分组交换技术传输网络数据，为用户提供服务。

第一种形式是通过通信线路将主计算机直接互连起来，主机既承担数据处理又承担通信工作，如图 1.2(a)所示。

第二种形式是把通信从主机分离出来，设置通信控制处理机 CCP(communication control processor)，主机间的通信通过 CCP 的中继功能间接进行。由多个 CCP 组成的传输网络称为通信子网，如图 1.2(b)所示。

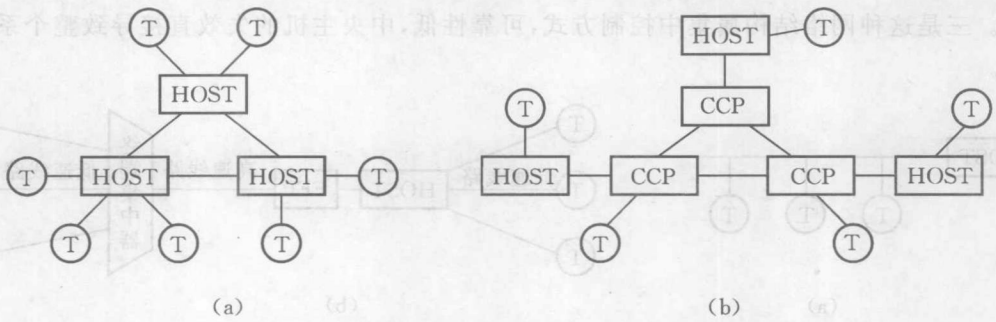


图 1.2 (a)主机直接互连；(b)主机通过通信子网互连

通信控制处理机负责网上各主机间的通信控制和通信处理，它们组成的通信子网是网络的内层或骨架层，是网络的重要组成部分。网上主机负责数据处理，是计算机网络资源的拥有者，它们组成了网络的资源子网，是网络的外层，通信子网为资源子网提供信息传输服务，资源子网上用户间的通信是建立在通信子网的基础上。没有通信子网，网络就不能工作，而没有资源子网，通信子网的传输也失去了意义，两者合起来组成了统一的资源共享的两层网络。将通信子络的规模进一步扩大，使之变成社会公有的数据通信网，如图 1.3 所示。广域网，特别是国家级的计算机网络大多采用这种形式。这种网络允许异种机入网，兼容性好、通信线路利用率高，是计算机网络概念最全、设备最多的一种形式。

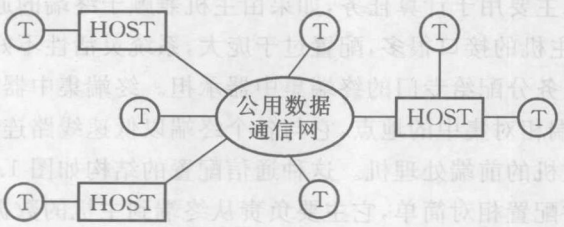


图 1.3 具有公用数据通信网的计算机网络

现代意义上的计算机网络是从 1969 年美国国防部高级研究计划署(DARPA)建成的 ARPANET 实验网开始的。该网络当时只有 4 个节点，以电话线路作为主干网络，两年后，建成 15 个节点，进入工作阶段。此后，ARPANET 的规模不断扩大。到 20 世纪 70 年代后期，

网络节点超过60个，主机100多台，地域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，而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网的主要特点是：①资源共享；②分散控制；③分组交换；④采用专门的通信控制处理机；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。

英国国家物理实验室NPL网络，20世纪70年初连接主机12台，终端80多个。其他还有英国邮政局的EPSS公用分组交换网络(1973)，法国信息与自动化研究所(IRIA)的CYCLADES分布式数据处理网络(1975)，加拿大的DATAPAC公用分组交换网(1976)，日本电报电话公司的DDX-3公用数据网(1979)等。这些网络以远程大规模互连为其主要特点，称为第二代网络，根据应用目的可分为以下三种类型：

(1)用户为在一定范围内共享专用资源而建立的网络，如OCTOPUS网络，由美国加州大学劳伦斯原子能研究所建立的网络。它由两台CDC-7600、两台CDC-6600和其他一些机器近500多个终端组成，可共享容量巨大的数据库。另一个例子是DCS网，也由加州大学的欧文分校研制，是一个面向进程通信的分布式异种机环形网络。

(2)用户在一定的地域范围内进行通信处理和进行通信服务为目的通信网络，如欧洲情报网络EIN。

(3)用于商用目的公用分组交换数据通信网络，美国的TELENET网络是由美国远航网络公司所建，目前已发展成为一个要向国内250个城市、国外37个国家的用户提供服务的全球性分组交换网。另外，加拿大的DATAPRC网、法国TRANSPAC网等都属这一类。

3. 计算机网络体系结构标准化

计算机网络通常按功能分为若干层(layer)。网络中计算机之间要进行正常有序的通信，必须有一定的约定，如信息应按什么顺序进行交互，信息应该如何表示等，这就是所谓的协议(protocol)，协议是同等层次之间信息交互的规则。计算机网络的层次结构及各层协议的集合统称计算机网络的体系结构(architecture)。

早在20世纪70年代到80年代，世界出现了大量的计算机网络，它们大都由研究部门、大学或公司各自研制开发，没有统一的体系结构，难以实现互连。这种封闭性使它们变成一个个孤岛，不能适应更大范围的信息交流与资源共享。于是，“开放(open)”就成了计算机网络发展的主题。

1977年国际标准化组织ISO(international standards organization)下属的计算机与信息处理标准化技术委员会成立了一个专门的分委员会研究计算机网络体系结构的标准化问题，经过多年艰苦的努力，于1983年制定出了称为开放系统互连参考模型(open system Interconnection/reference model，OSI/RM)的国际标准ISO 7498。OSI/RM分为七层，每层都规定了相应的服务和协议标准，这些标准总称为OSI标准。OSI标准的基本宗旨就是“开放”，遵循该标准的系统都必须是相互开放的，能够实现互连。但是OSI在实施时受到了诸多因素的制约，最终并没有达到预期的效果，其原因是多方面的：首先，作为因特网(Internet)基础的TCP/IP体系就是OSI的强大对手。因特网过去和现在都得到迅猛的发展，投资者(包括建网机构和大量的用户)不会轻易放弃在TCP/IP网上的既成事实的巨额投资。其次，OSI虽然从学术上进行了大量的研究工作，但是它缺乏商业运作的驱动力和积极配合。还有，OSI网络体系结构本身分层过多，有些功能如流量控制和差错控制在多个层次中重复出现，比较复杂。虽然OSI没有发展成新一代的计算机网络，但它所提出的不少关于计算机网络的概念和技术被

人们广泛地接受和使用。也正是在OSI的推动和影响下，使得计算机网络体系结构的标准化不断进展。

在DARPA资助下，20世纪70年代末期推出了TCP/IP协议规范。1983年，DARPA将ARPANET上的所有计算机转向TCP/IP协议，并以ARPANET为主干建立和发展了因特网，形成了TCP/IP体系结构。TCP/IP体系虽然不是国际标准，但它的发展和应用都远远超过了OSI，成为了事实上的标准。20世纪90年代，世界许多国家相继建立了本国的主干网，并接入因特网。因特网以惊人的速度发展，覆盖了全世界。计算机网络发展到一个崭新的时代，这就是以TCP/IP体系结构为基础的因特网时代。

计算机网络已经存在了半个多世纪，为信息共享和人类交互提供了极大的方便，尽管其间的计算机技术和网络通信技术发生了许多重大变化和进步，但它们在特定的领域总是表现出相似的变化过程。为此，一些专业人士提出了一系列关于IT技术变迁的论断和预言，其中最为著名的有下述四个。

(1)Intel公司的创始人之一摩尔(Gordon Moore)在1964年曾预言：集成芯片的能力每18个月提高一倍，而其价格则降低一倍。摩尔本人当初也没有预料到这一预言一直延续至今仍然成立，这就是著名的摩尔定律(Moore's Law)。

(2)贝尔定律(Bell's Law)作为对摩尔定律的补充，表述的意思是：如果保持计算机能力不变，微处理器的价格和体积每18个月减小一倍。

(3)20世纪90年代，以太网发明人鲍伯·麦特尔卡夫(Bob Metcalfe)提出：网络的价值同网络用户数量的平方成正比。网络上的n个用户，每个用户都可以共享使用其他用户的信息，即任何一个用户都可以使用n个用户的信息，所以网络的价值与n^2成正比。

(4)被称为数字时代三大思想家之一的乔治·吉尔德(George Gilder)预测：在未来25年，主干网的带宽每6个月增加一倍，其增长速率远远超过摩尔定律，是芯片增长速率的三倍。

以上四个论断和预言被人们习惯性称作IT时代的四大定律，他们揭示了计算机和计算机网络技术惊人的发展速度和美好灿烂的前景。计算机和计算机网络技术已经改写了社会发展历程，它们的飞速发展必将创造出人类历史更加辉煌的篇章！

1.1.3 因特网时代

20世纪90年代以后，计算机网络进入了一个崭新的历史时代，这就是因特网时代。因特网的应用发展从科研、教育到商用，逐步深入到人类社会活动的各个角落，它大大地改变了人们的生产、工作、生活和思维方式，对人类信息社会的发展产生了巨大而深远的影响。因特网自诞生以来也经历了几个阶段的变迁，包括因特网、NGI以及Intranet等。

1. 因特网

因特网的形成和发展始于20世纪60年代后期，是由ARPANET发展演化而逐步形成。70年代末期，DARPA又资助网络专家开发了著名的TCP/IP网络协议族，并于80年代初期在ARPANET上正式使用。TCP/IP协议为因特网的发展注入了新的活力，使网络互连成为现实。到1983年ARPANET网上已连入了300多台计算机，由美国政府部门和研究机构使用。1984年ARPANET分成两个部分，一个用于军事，称MILNET，另一个用于民用科研和教育，仍称ARPANET，它们都由多个网络互联而成。ARPANET成为因特网的主干网。

美国国家科学基金会(national science foundation，NSF)继DARPA之后对因特网的发展

也做出了卓越的贡献。1986年NSF建立了国家科学基金网NSFNET，连接全美范围100所左右的大学和研究机构。NSFNET为三级网络结构，分为主干网、区域网和校园网。主干的速率开始为56Kbit/s，后来提高到1.544Mbit/s，NSFNET也和ARPANET相连，并成为因特网的主要部分。

90年代初许多公司纷纷接入因特网，网络通信大幅度增长，每日传送的分组数达10亿个之多，NSFNET不堪重负。为解决这一问题，美国政府决定将因特网主干网交给私人公司来经营。IBM、MCI和Merit三家公司共同组建了一个高级网络服务公司ANS(advanced network and services)，经营NSFNET。ANS于1993年建造了一个速率为44.746Mbit/s的主干网ANSNET，取代了旧的NSFNET。

与此同时，世界许多国家相继建立本国的主干网，并接入因特网。欧洲主干网EBONE、加拿大的Canet、英国的PIPEX和JANET以及日本的WIDE都接入了因特网，因特网从此逐渐形成全球性的互联网。现在，因特网已经覆盖了全世界绝大部分国家。

在我国，由2007年7月18日中国互联网络信息中心(CNNIC)在京发布的《第20次中国互联网络发展状况统计报告》显示，截止2007年6月30日，我国网民总人数达到1.62亿，半年来平均每分钟就新增近100个网民，互联网普及率已达到12.3%；宽带网民数达1.22亿，手机网民已有4430万人；国内域名总数达到918万，其中CN域名注册量大幅度增长，已达到615万个，巩固国内主流域名的地位；我国网站数量达到131万个，目前，CN下网站数已达81万，年增长率达到137.5%，CN网站数首次大幅度超COM网站数。此外，报告中还全面分析了互联网的应用情况，发现互联网的获取信息、娱乐和沟通功能被普遍使用。其中使用以互联网信息获取应用为代表的网络新闻和搜索引擎的网民比例已达3/4(76.3%)；使用以沟通工具为代表的即时通信和电子邮件的网民比例分别达到7成(69.8%)和超过一半(55.4%)；使用以娱乐为代表的网络音乐、网络影视和网络游戏的网民比例也很高，网络音乐使用率已经超过2/3(68.5%)，玩过网络游戏的网民也已经接近一半(47.0%)。

2. 内联网(Intranet)

因特网的发展大大促进了企业的信息化和经济的全球化。内联网是因特网技术的发展与建造企业/事业单位内部的计算机网络和信息系统的需要相融合的产物，是将因特网的构造技术应用于企业的内部网络。内联网的特点可以简要地归纳如下：

(1)为满足某个企业/事业单位自身的需要而建立，为企业服务，其规模和功能应根据单位的经营、管理和发展的需求而确定。

(2)基于因特网的技术和工具，采用TCP/IP协议，是一个开放的系统。

(3)广泛采用WWW的技术，使企业内部用户可以方便地浏览企业内部的各种信息，它是一个基于WWW的企业内部信息系统。

(4)和因特网连接，企业用户可以通过内联网访问因特网的丰富资源。内联网和外部连接的地方，采用防火墙等安全措施，以保护企业内部信息和数据的安全。

(5)连接底层的控制网络，管理、优化、监控企业的生产过程。

内联网对企业的经营产生了积极的影响。企业可以充分地利用内联网提高工作效率，节省时间，使企业经营管理更加现代化。

内联网之后出现了外联网(Extranet)。外联网则将内联网的范围延伸扩大，扩大到企业的外部，如合作伙伴、供应商、交易伙伴、销售商店等等，它们都作为外联网的用户，形成企业外