普通高等教育“十二五”计算机类规划教材

计算机网络技术

◎ 主编　曾宇　曾兰玲　杨治

免费电子课件

www.cmpedu.com

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”计算机类规划教材

计算机网络技术

曾 宇 曾兰玲 杨 治 主编

机械工业出版社

本书分为8章，采用自底向上的方法系统地介绍了计算机网络体系结构中的物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层以及网络安全与管理，常用网络设备实例等内容。各章附有小结与习题，在小结中，编者把在教学过程中学生经常会遇到的问题给予了详细解答。

本书内容丰富，概念准确，通过大量的应用实例，将计算机网络理论知识与实际应用相结合，有助于提高学生动手能力。

本书可作为计算机与电子信息类专业本科生以及研究生的教材，也可作为从事计算机网络技术应用人员的参考书。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的老师发邮件到jinacmp@163.com索取，或登录www.cmpedu.com注册下载。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络技术/曾宇,曾兰玲,杨治主编. —北京:机械工业出版社,2013.8
普通高等教育“十二五”计算机类规划教材
ISBN 978-7-111-43643-0

Ⅰ.①计… Ⅱ.①曾… ②曾… ③杨… 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185278号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：吉 玲 责任编辑：吉 玲 罗子超 刘丽敏
版式设计：霍永明 责任校对：张玉琴
封面设计：张 静 责任印制：张 楠

北京玥实印刷有限公司印刷
2013年9月第1版第1次印刷
184mm×260mm · 19.25印张 · 473千字
标准书号：ISBN 978-7-111-43643-0
定价：39.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前　言

随着信息技术的飞速发展，我国急需大量掌握计算机网络基础知识和实际应用技术的专业人才，而计算机网络技术涉及计算机与通信两大领域的相关知识，不仅是工科院校的一门重要的专业基础课程，也是相关学科应用科技人员必备的基本技术。

在参考众多国内外计算机网络教材的基础上，我们对内容进行了合理增减，和计算机网络的发展保持同步。本书主要涵盖了计算机网络概论、数据通信技术、计算机网络体系结构以及计算机网络安全等方面的内容。为了让读者更好地理解网络协议模型，本书给出了大量实例，并对各层的实际硬件设备进行了介绍，并在第8章介绍了网络硬件设备交换机与路由器的配置命令和配套实验，让读者在学习理论知识的同时注重动手和实际应用能力的培养。另外，本书在每一章的小结部分增加了“学生的疑惑”与“授课体会”部分，不仅把章节的重难点梳理出来，也让学生对理论知识的理解更加深刻。

全书共分8章。第1章介绍了计算机网络的相关概念以及计算机网络的形成与发展，并详细介绍网络体系结构的划分，从整体上给出本书的主线。第2章物理层，介绍了与计算机网络相关的通信基础知识，讨论了数据传输、交换、编码、检验、信道复用等常用技术，并对传输介质与数字传输系统做了详细阐述，同时给出物理层工作设备中继器与集线器工作方式。第3章数据链路层，主要讨论数据链路层的可靠传输原理、链路层基本功能、封装成帧、透明传输、差错检验、面向比特的数据链路层协议HDLC、点对点协议PPP、各类局域网技术、无线网络、广域网等。第4章网络层，主要讨论网络层的相关内容，包括IP地址、IP及其辅助协议、路由算法与路由选择协议、多播的概念与原理、移动IP以及IPv6等。第5章传输层，主要讨论TCP/IP体系中的传输协议UDP和TCP、端口的概念，以及可靠传输涉及的服务、序号、确认、窗口、流量控制、拥塞控制等问题。第6章应用层，主要讨论网络的具体应用，包括DNS、FTP、WWW、E-mail等。第7章网络安全与管理，主要介绍了网络管理与网络安全的基本概念、原理和技术，涵盖了SNMP网络管理协议、密码技术、报文认证、数字签名、身份认证、防火墙、入侵检测、网络病毒、网络安全协议、虚拟专用网等理论和技术。第8章常用网络设备实例，以思科交换机和路由器为例，给出主要配置命令与相关实例。

本书第1章由曾兰玲编写；第2章由李峰、杨治编写；第3章由熊书明编写；第4、8章由曾宇编写；第5章由赵俊杰编写；第6章由袁晓云编写；第7章由陈向益编写。另外，本书的撰写得到了物联网工程专业综合改革试点项目、江苏大学教改重点项目（2011JGZD012）及江苏大学教改项目（2011JGYB023）的支持，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，编写中出现的不足和不当之处，敬请读者批评指正，并可与作者联系（E-mail：lanling73@126.com）。

编　者

目　录

第 1 章　计算机网络概述

【本章提要】

本章主要讲解计算机网络的基本概念、计算机网络的结构组成、计算机网络的分类、计算机网络的体系结构、标准化组织与机构、计算机网络性能指标以及计算机网络技术的发展趋势等。

【学习目标】

- 了解计算机网络的发展过程与发展趋势。
- 熟悉计算机网络的功能、定义、分类以及性能指标等。
- 掌握计算机网络的拓扑结构、逻辑结构、组成结构以及网络体系结构。

1.1　计算机网络

1.1.1　计算机网络的形成与发展

计算机网络从 20 世纪 50 年代中期诞生发展至今，经历了从简单到复杂、从单机到多机、从地区到全球的发展过程。其发展速度惊人，同时也改变了人们的生活方式。纵观计算机网络的形成与发展，主要经历了 4 个阶段：面向终端的计算机网络、多机互联网络、标准化网络、互联与高速网络。

1. 面向终端的计算机网络

这个阶段是从 20 世纪 50 年代中期至 20 世纪 60 年代中期。人们将彼此独立发展的计算机技术与通信技术相结合，进行计算机通信网络的研究。为了共享主机资源和信息采集以及综合处理，用一台计算机与多台用户终端相连，用户通过终端命令以交互方式使用计算机，人们把它称为面向终端的远程联机系统。

该网络的结构如图 1-1 所示。由于该系统中除了中心计算机之外，其余的终端设备没有自主处理能力，所以还不是严格意义上的计算机网络。随着终端数目的增多，会加重中心计算机的负载，为此在通信线路和中心计算机之间增加一个端处理机（Front-End Processor，FEP）专门用来负责通信工作，实现数据处理和通信控制的分工，发挥了中心计算机的数据处理能力。由于计算机和远程终端发出的信号都是数字信号，而公用电话线路只能传输模拟

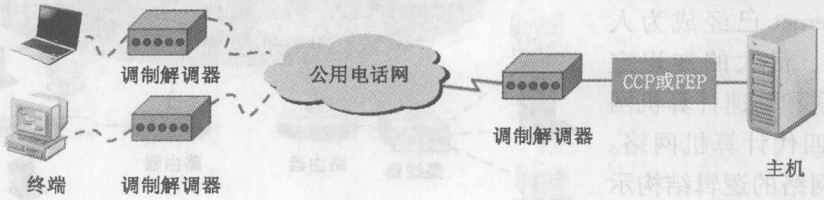

图 1-1　远程连接的结构示意图

信号，所以在传输前必须把计算机或远程终端发出的数字信号转换成可在电话线上传送的模拟信号，传输后再将模拟信号转换成数字信号，这就需要调制解调器（Modem）。

2. 多机互联网络

这个阶段主要从20世纪60年代中期至20世纪70年代末。计算机网络要完成数据处理与数据通信两大基本功能，因此在逻辑结构上可以将其分成两部分：资源子网和通信子网，如图1-2所示。资源子网是计算机网络的外层，它由提供资源的主机和请求资源的终端组成。资源子网的任务是负责全网的信息处理。通信子网是计算机网络的内层，它的主要任务是将各种计算机互连起来完成数据传输、交换和通信处理。其典型代表是ARPANET（Advanced Research Projects Agency Network），它的研究成果对促进计算机网络的发展起到了重要的推动作用。

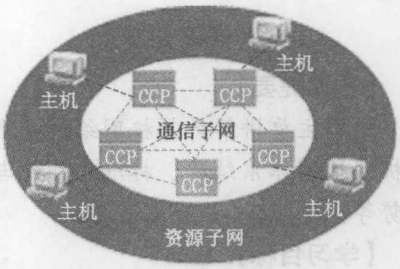

图1-2　多机互联网络的结构示意图

3. 标准化网络

这个阶段主要是从20世纪80年代至20世纪90年代初期。20世纪70年代的计算机网络大都采用直接通信方式。1972年以后，以太网LAN、MAN、WAN迅速发展，各个计算机生产商纷纷发展各自的网络系统，制定自己的网络技术标准。

1974年，IBM公司公布了它研制的系统网络体系结构。随后DGE公司宣布了自己的数字网络体系结构，1976年UNIVAC宣布了该公司的分布式通信体系结构。

国际标准化组织（International Standard Organization，ISO）于1977年成立了专门的机构来研究该问题，并且在1984年正式颁布了“开放系统互联基本参考模型（Open System Interconnection Reference Model，OSI/RM）”的国际标准OSI/RM，这就产生了第三代计算机网络。

4. 互联与高速网络

这一阶段主要从20世纪90年代中期至今。在这一阶段，计算机技术、通信技术、宽带网络技术以及无线网络与网络安全技术得到了迅猛的发展。特别是1993年美国宣布建立国家信息基础设施（National Information Infrastructure，NII）后，全世界许多国家纷纷制定和建立本国的NII，其核心是构建国家信息高速公路。此计划极大地推动了计算机网络技术的发展，使计算机网络进入一个崭新的阶段，这就是计算机网络互联与高速网络阶段。

目前，全球以Internet为核心的高速计算机互联网络已经形成，Internet已经成为人类最重要的、最大的知识宝库。网络互联和高速计算机网络就成为第四代计算机网络。现代计算机网络的逻辑结构示意图如图1-3所示。

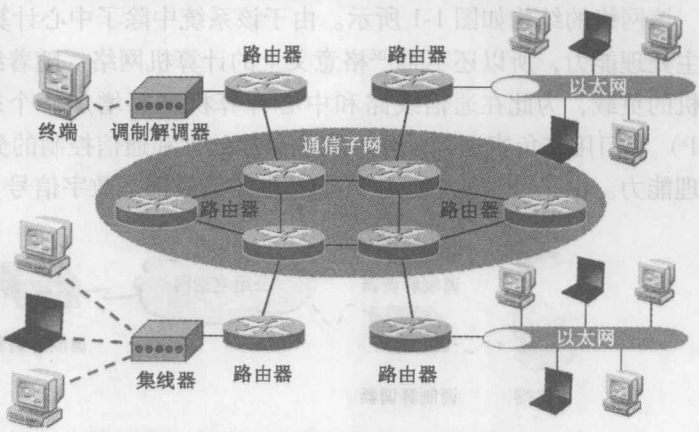

图1-3　现代计算机网络的逻辑结构示意图

1.1.2 计算机网络的定义与分类

1. 定义

计算机网络是指将地理位置不同的具有独立功能的多台计算机及其外部设备，通过通信线路连接起来，在网络操作系统、网络管理软件及网络通信协议的管理和协调下，实现资源共享和信息传递的计算机系统。

关于计算机网络的最简单定义是：一些相互连接的、以共享资源为目的的、自治的计算机的集合。

2. 功能

计算机网络的功能主要表现在资源共享、网络通信、分布处理、集中管理和均衡负载5个方面。

（1）资源共享

资源共享包括硬件资源、软件资源以及通信信道共享三部分。硬件资源包括在全网范围内提供的存储资源、输入/输出资源等昂贵的硬件设备，既可以节省用户投资，也便于网络的集中管理和均衡分担负荷；软件资源包括互联网上的用户远程访问各类大型数据库、网络文件传送服务、远地进程管理服务和远程文件访问服务等；通信信道可以理解为电信号的传输介质，通信信道的共享是计算机网络中最重要的共享资源之一。

（2）网络通信

计算机网络通信通道不仅可以传输传统的文字数据信息，还包括图形、图像、声音、视频流等各种多媒体信息。

（3）分布处理

对于大型任务的处理，不是集中在一台大型计算机上，而是通过计算机网络将待处理任务进行合理分配，分散到各个计算机上运行。这样，在降低软件设计的复杂性的同时，可以大大提高工作效率和降低成本。

（4）集中管理

和分布处理相反，对地理位置相对分散的组织和部门，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）均衡负荷

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，将作业分散到网络中的其他计算机中，由多台计算机共同完成。

3. 分类

说到计算机网络，大家通常会听到很多名词，如局域网、广域网、ATM网络、IP网络等。上述这些名词都是计算机网络按照不同的分类标准分类之后得到的一种具体的称呼。一般情况下，计算机网络可以按照网络覆盖范围、传输技术、网络拓扑结构以及传输介质等来分类。

（1）按网络覆盖范围分类

虽然计算机网络类型的划分标准不同，但是从网络覆盖的地理范围划分是一种大家都认可的通用网络划分标准。根据该标准可以将各种不同网络类型划分为局域网、城域网、广域网和互联网4种。需要说明的是，这里的网络划分并没有严格意义上地理范围的区分，只能

是一个定性的概念。

1）局域网（Local Area Network，LAN）是我们最常见、应用最广的一种网络。早期的局域网就在一个房间内，后来扩展到一栋楼甚至几栋楼里面。现在随着整个计算机网络技术的发展和提高，局域网可以扩大到一个企业、一个学校及一个社区等。但不管局域网如何扩展，它所覆盖的地区范围还是较小。局域网在计算机数量配置上没有太多的限制，少的可以只有两台，多的可达几百台。一般来说在企业局域网中，工作站的数量在几十到两百台。在网络所涉及的地理距离上一般是几米至10km以内。

局域网的特点是连接范围小、用户数少、配置容易、连接速率高。目前局域网最快的以太网速率可以达到10Gbit/s。为了适应局域网的快速发展，IEEE的802标准委员会定义了多种主要局域网标准，如以太网（Ethernet）、令牌环网（Token Ring）、光纤分布式接口网络（Fiber Distributed Data Interface，FDDI）、异步传输模式网（Asynchronous Transfer Model，ATM）以及最新的无线局域网（Wireless Local Area Network，WLAN）。这些内容都将在后面章节中详细介绍。局域网可以在全网范围内提供对处理资源、存储资源、输入/输出资源等昂贵设备的共享，使用户节省投资，也便于集中管理和均衡分担负荷。局域网示意图如图1-4所示。

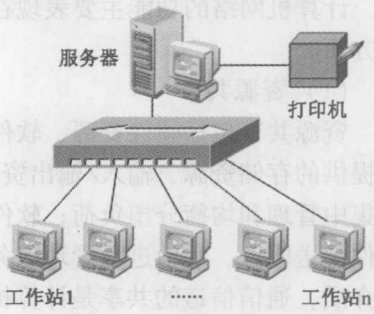

图1-4　局域网示意图

2）城域网（Metropolitan Area Network，MAN）的规模比局域网大，一般来说是在一个城市范围内计算机互联，其用户可以不在同一地理小区范围内。这种网络的连接距离可以在10～100km，采用的是IEEE 802.6标准。城域网比局域网扩展的距离更长，连接的计算机数量更多，从地理范围上是对局域网络的延伸。一般情况下，在一个大型城市或都市地区中，一个城域网网络通常连接着多个局域网。例如：连接政府机构的局域网、医院的局域网、公司企业的局域网等。由于光纤技术的发展和引入，使城域网中高速的局域网互联成为可能。

城域网一般采用ATM技术做骨干网。ATM是一个用于数据、语音、视频以及多媒体应用程序的高速网络传输方法。它包括一个接口和一个协议，该协议能够在一个常规的传输信道上，在比特率不变及变化的通信量之间进行切换。ATM包括硬件、软件以及与ATM协议标准一致的介质。ATM提供一个可伸缩的主干基础设施，以便能够适应不同规模、速度以及寻址技术的网络。ATM的最大缺点就是成本太高，所以一般在政府城域网中应用，如邮政、银行、医院等。允许互联网上的用户远程访问各类大型数据库，可以得到网络文件传送服务、远地进程管理服务和远程文件访问服务，从而避免软件研制上的重复劳动以及数据资源的重复存储，也便于集中管理。城域网示意图如图1-5所示。

3）广域网（Wide Area Network，WAN）也称为远程网，所覆盖的范围比城域网广，它一般是在不同城市或者不同省份之间的局域网或者城域网网络互联，地理范围可从几百公里到几千公里。因为距离较远，信息衰减比较严重，所以这种网络一般是要租用专线，通过接口信息处理协议和线路连接起来，构成网状结构，解决寻径问题。由于城域网的出口带宽有限，且连接的用户多，所以用户的终端连接速率一般较低，通常为9.6kbit/s～45Mbit/s，如我国的第一个广域网——CHINAPAC网。广域网示意图如图1-6所示。

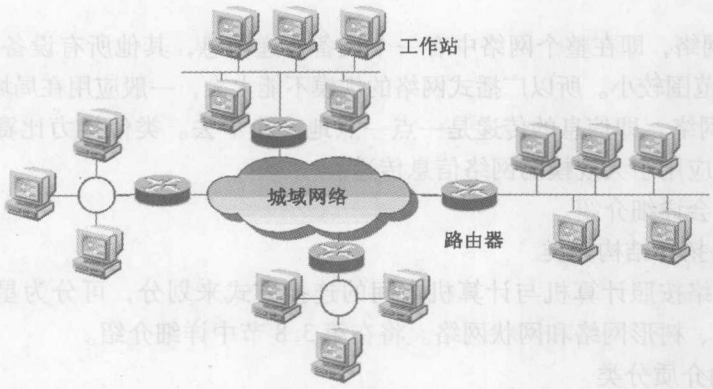

图 1-5 城域网示意图

广域网使用的主要技术为存储—转发技术。城域网与局域网之间的连接是通过接入网来实现的。接入网又称为本地接入网或居民接入网，它是近年来由于用户对高速上网需求的增加而出现的一种网络技术，是局域网与城域网之间的桥接区，广域网、城域网与局域网的连接关系示意图如图 1-7 所示。

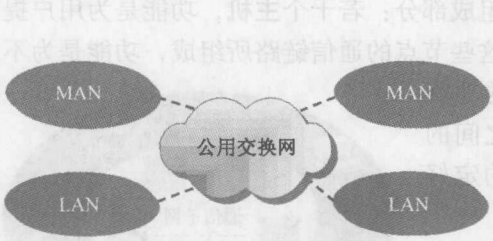

图 1-6 广域网示意图

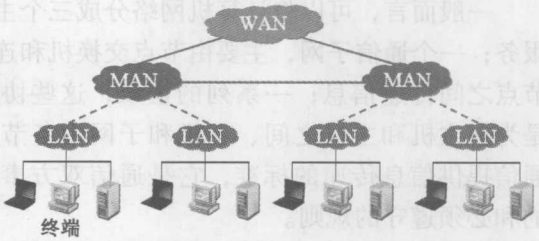

图 1-7 广域网、城域网与局域网的连接关系示意图

4）因特网（Internet）是英文单词 Internet 的谐音，又称为互联网，是规模最大的网络，就是常说的 Web、WWW 和万维网等。Internet 发展至今，已经逐步改变了人们的生活和生产方式，我们可以足不出户购买商品、可以在虚拟社区建立自己的人际关系、可以在网络中找到自己合适的工作等。我们都是 Internet 的消费者，同时也是 Internet 信息的生产者。整个网络的计算机每时每刻随着人们网络的接入和撤销在不断地发生变化，其网络实现技术也是最复杂的。

上述网络的几种分类，在现实生活中应用最多的还是局域网。因为它灵活，无论在工作单位还是在家庭实现起来都比较容易，应用也最广泛，所以在第 3.8 节中我们会对局域网及局域网中的接入设备作进一步的讲解。

广域网和因特网的区别：广域网在全网范围内采用的传输技术是相同的，比如：CHINAPAC 采用的传输技术就是 X.25 标准；而 Internet 可以将大大小小的局域网、广域网、城域网等连接起来，其中每一种网络采用的传输技术标准可以不相同，所以 Internet 的实现手段要远远复杂于城域网。

（2）按传输技术分类

按照传输技术分类就是根据网络中信息传递的方式，可将其分为广播式网络和点对点

网络。

1）广播式网络，即在整个网络中有一个设备传递信息，其他所有设备都能收到该信息。其特点是应用的范围较小。所以广播式网络的规模不能太大，一般应用在局域网技术当中。

2）点对点网络，即信息的传递是一点一点地交换下去。类似接力比赛，接力棒依次传递。该方式可以应用于大规模的网络信息传递。

在第3章中会详细介绍。

（3）按网络拓扑结构分类

把计算机网络按照计算机与计算机之间的连接方式来划分，可分为星形网络、环形网络、总线型网络、树形网络和网状网络。将在第3.8节中详细介绍。

（4）按传输介质分类

1）有线网络，即计算机与计算机之间连接的媒体是看得见的，如双绞线、光纤等传输介质。

2）无线网络，即计算机与计算机之间连接的媒体是看不见的，是利用空中的无线电波来传递信息的，如手机和笔记本可以利用Wi-Fi上网。将在第3.9节中详细介绍。

1.1.3 计算机网络的组成与结构

一般而言，可以将计算机网络分成三个主要组成部分：若干个**主机**，功能是为用户提供服务；一个**通信子网**，主要由节点交换机和连接这些节点的通信链路所组成，功能是为不同节点之间传递信息；一系列的**协议**，这些协议的功能是为在主机和主机之间、主机和子网中各节点之间的通信提供信息传递的标准，它是通信双方事先约定好的和必须遵守的规则。

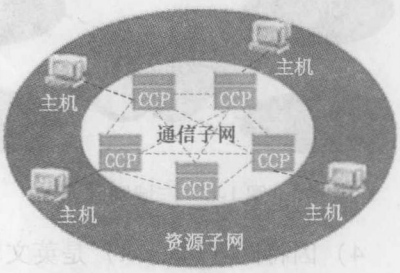

图1-8 计算机网络逻辑结构

为了便于分析与理解，根据数据通信和数据处理的功能，一般从逻辑结构上将网络划分为**通信子网与资源子网**两个部分（有的书籍将其划分为：核心部分与边缘部分）。图1-8给出了典型的计算机网络逻辑结构。

1. 通信子网

通信子网由通信控制处理机（Communication Control Processor，CCP）、通信线路与其他通信设备构成，负责完成网络数据传输、转发等通信处理任务。

CCP在网络拓扑结构中被称为网络节点，具体的设备就是路由器。它有两方面功能：一是与资源子网中的主机、终端连接的接口，将主机和终端连入网内；二是作为通信子网中的信息存储—转发节点，完成信息的接收、校验、存储、转发等功能，实现将源主机信息准确发送到目的主机的作用。路由器之间的连接方式一般采用点对点的连接方式；路由器之间的信息交换方式采用的就是分组交换技术。而“计算机网络技术”课程讲解的**主要内容就是网络中的一台主机发送了一个应用请求，该请求如何到达一台服务器**（路由器），**该服务器如何理解这个请求，并将这个请求发送到另一个中间转接服务器或者是目的主机。**

通信线路为通信控制处理机与通信控制处理机、通信控制处理机与主机之间提供通信信道。计算机网络采用了多种通信线路，如电话线、双绞线、同轴电缆、光缆、无线通信信

道、微波与卫星通信信道等。

2. 资源子网

资源子网由主机系统、终端、终端控制器、联网外设、各种软件资源与信息资源组成。资源子网实现全网的面向应用的数据处理和网络资源共享，它由各种硬件和软件组成。

1）主机系统。它是资源子网的主要组成单元，安装有本地操作系统、网络操作系统、数据库、用户应用系统等软件。它通过传输介质与通信子网的通信控制处理机（路由器）相连接。普通用户终端通过主机系统连入网内。早期的主机系统主要是指大型机、中型机与小型机。

2）终端。它是用户访问网络的界面。终端可以是简单的输入、输出终端，也可以是带有微处理器的智能终端。智能终端除具有输入、输出信息的功能外，本身还具有存储与处理信息的能力。终端既可以通过主机系统连入网内，也可以通过终端设备控制器、报文分组组装与拆卸装置或通信控制处理机连入网内。现在常用的个人计算机、平板电脑、手机等都是终端设备。

3）网络操作系统。它是建立在各主机操作系统之上的一个操作系统，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。

4）网络数据库。它是建立在网络操作系统之上的一种数据库系统，既可以集中驻留在一台主机上（集中式网络数据库系统），也可以分布在每台主机上（分布式网络数据库系统）。它向网络用户提供存取、修改网络数据库的服务，以实现网络数据库的共享。

5）应用系统。它是建立在上述部件基础的具体应用，以实现用户的需求。图 1-9 所示为主机操作系统、网络操作系统、网络数据库系统和应用系统之间的层次关系。在图 1-9 中，UNIX、Windows 为主机操作系统，其余为网络操作系统（Network Operating System，NOS）、网络数据库系统（Network DataBase System，NDBS）和应用系统（Application System，AS）。

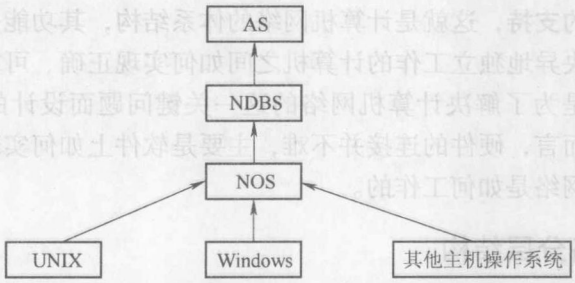

图 1-9　主机操作系统、网络操作系统、网络数据库系统和应用系统之间的关系

1.1.4　因特网

1969 年，为了能在爆发核战争时保障通信联络，美国国防部高级研究计划署（Advanced Research Projects Agency，ARPA）资助建立了世界上第一个分组交换试验网 ARPANET，连接美国 4 所大学。ARPANET 的建立和不断发展标志着计算机网络发展的新纪元，是因特网的雏形。

20 世纪 70 年代末到 80 年代初，计算机网络蓬勃发展，各种各样的计算机网络应运而

生，如 MILNET、USENET、BITNET、CSNET 等，在网络的规模和数量上都得到了很大的发展。一系列网络的建设，产生了不同网络之间互联的需求，并最终导致了 TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol）协议的诞生。

1980 年，TCP/IP 研制成功。1982 年，ARPANET 开始采用 IP。

1986 年美国国家科学基金会（National Science Foundation，NSF）资助建立了基于 TCP/IP 技术的主干网 NSFNET（National Science Foundation Net），连接美国的若干个超级计算中心、主要大学和研究机构，世界上第一个互联网产生，并迅速连接到世界各地。20 世纪 90 年代，随着 Web 技术和相应浏览器的出现，互联网的发展和应用出现了新的飞跃。1995 年，NSFNET 开始商业化运行。

1994 年 4 月 20 日，中国国家计算机与网络设施（The National Computing and Networking Facility of China，NCFC）工程通过美国 Sprint 公司联入 Internet 的 64K 国际专线开通，实现了与 Internet 的全功能连接。从此中国被国际上正式承认为真正拥有全功能 Internet 的国家。

Internet 是我们生存和发展的基础设施，它直接影响着人们的生活方式。随着世界各国信息高速公路计划的实施，Internet 主干网的通信速度将大幅度提高；有线、无线等多种通信方式将更加广泛、有效地融为一体；Internet 的商业化应用将大量增加，商业应用的范围也将不断扩大；Internet 的覆盖范围、用户入网数以令人难以置信的速度发展；Internet 的管理与技术将进一步规范化，其使用规范和相应的法律规范正逐步健全和完善；网络技术不断发展，用户界面更加友好；各种令人耳目一新的使用方法不断推出，最新的发展包括实时图像和语音的传输；网络资源急剧膨胀。

1.2 计算机网络体系结构

前面主要讲解的是计算机网络的硬件构成（通信子网），以及硬件之间是如何互联的（网络的拓扑结构）。但要实现两台主机之间的通信，除了**硬件上的连接**（有线或无线方式）之外，还需要**软件上的支持**，这就是计算机网络的体系结构，其功能是实现计算机的远程访问和资源共享，即解决异地独立工作的计算机之间如何实现正确、可靠的通信。计算机网络分层体系结构模型就是为了解决计算机网络的这一关键问题而设计的，是从软件角度考虑的。对于计算机网络而言，硬件的连接并不难，主要是软件上如何实现互联，本书就是通过分层模型讲解计算机网络是如何工作的。

1.2.1 计算机网络分层结构

1. 分层

计算机网络的基本功能是网络通信。根据网络通信中节点的不同可分为两种基本方式：第一种为相邻节点之间的通信；第二种为不相邻节点之间的通信。相邻节点之间的通信可以通过直达通路通信，称为点对点通信；不相邻节点之间的通信需要中间节点链接起来形成间接可达通路，完成通信，称为端到端通信。所以说，点对点通信是端到端通信的基础，端到端通信是对点对点通信的延伸。

1）点对点通信：需要在通信的两台计算机上有相应的通信软件。该通信软件需要有与两台主机操作管理系统的接口，还需具备两个接口界面，即向用户应用的界面与通信的界

面。因此通信软件的设计就自然划分为两个相对独立的模块，形成**用户服务层**和**通信服务层**两个基本层次体系。

2）端到端通信：该通信是通过链路把若干点对点的通信线路通过中间节点（路由器）链接起来而形成的，因此，端到端的通信要依靠各节点间点对点通信连接的正确和可靠。此外，必须要解决两个问题。第一，中间节点要具有路由转接功能，即源节点的信息可通过中间节点的路由转发，形成一条到达目的节点的端到端的可达链路；第二，端节点上应具有启动、建立和维护该条端到端链路的功能。启动和建立链路是指发送方节点与接收方节点在正式通信前双方进行的通信，以建立端到端链路的过程。维护链路是指在端到端链路通信过程中对差错或流量控制等问题的处理。

因此在端到端通信的过程，两个层次已经不能满足要求，需要在通信服务层与应用服务层之间增加一个新的层次，该层次用来负责处理网络端到端的正确可靠的通信问题，称为**网络服务层**。

通信服务层：其基本功能是实现相邻计算机节点之间的点对点通信，主要由两个步骤构成。第一步，发送方把一定大小的数据块从内存发送到网卡上；第二步，网卡将数据以串行通信方式将数据发送到物理通信线路上。在接收方则执行相反的过程。由于两个步骤对数据的处理方式不同，可进一步将通信服务层划分为**物理层**和**数据链路层**。

网络服务层：其基本功能是保证数据通过端到端方式正确传递。它由两部分组成，第一，建立、维护和管理端到端链路的功能；第二，进行路由选择的功能。而端到端通信链路的建立、维护和管理功能又可分为两个方面，一方面是与其下面网络层有关的链路建立管理功能；另一方面是与其上面端用户启动链路，并建立与使用链路通信的有关管理功能。因此根据这三部分功能，将网络服务层又划分为3个层次，即**会话层**、**传输层**和**网络层**。**会话层**处理端到端链路中与高层用户有关的问题；传输层处理端到端链路通信中错误的确认和恢复，以确保信息的可靠传递；网络层主要处理与实际链路连接过程有关的问题，以及路由选择的问题。

用户服务层：其基本功能主要是处理网络用户接口的应用请求和服务。由于高层用户接口要求支持多用户、多任务、多种应用功能，甚至用户是由不同机型、不同的操作系统组成的。由于应用环境的复杂性，因此，将用户服务层划分为两个层次，即**应用层**和**表示层**。应用层用来支持不同网络的具体应用服务；表示层用来实现为所有应用或多种应用都需要解决的某些共同的用户服务要求。

综上所述，将计算机网络体系结构划分为相对独立的7个层次：应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、链路层和物理层。

2. 连接方式

网络层所提供的服务可分为两类：面向连接的网络服务（Connection Oriented Network Service，CONS）和无连接网络服务（Connection Less Network Service，CLNS）。

面向连接的网络服务又称为虚电路（Virtual Circuit，VC）服务，它是由网络连接的建立、数据传输和网络连接的释放3个阶段组成，是可靠的数据传输，其报文分组按顺序传输的方式进行传递，适用于长报文、会话型的传输要求。虚电路方式在数据发送前，需要在发送方和接收方之间建立一条逻辑连接的虚电路，如图1-10所示，它是将电路交换方式与报文交换方式（第2章将详细介绍）结合起来的一种连接方式。

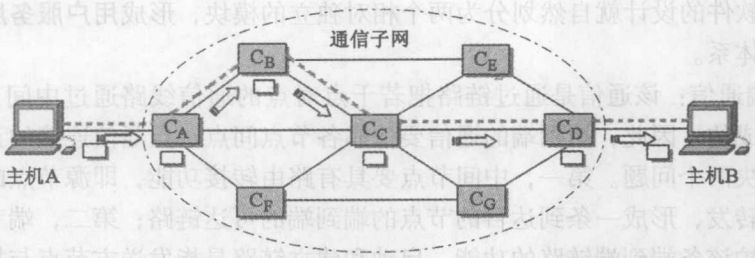

图 1-10　面向连接的网络服务

面向连接的网络服务的主要特点如下：

1）在数据传输之前，需要在源节点和目的节点之间建立一条逻辑连接。由于源节点和目的节点之间的物理连接是存在的（即从源节点到目的节点总可以找到一条或多条的通路，在此通路中至少需要一个或多个中间节点转接），所以并不需要真正建立一条直通的物理链路。

2）在建立虚电路连接的基础上，所有的分组数据通过该链路顺序传递，可以不必携带目的地址和源地址等信息，并且在接收方也不会出现丢失、乱序和重复的问题。

3）不需要路由选择。

4）一个节点可以同时建立多条虚电路。

无连接的网络服务的两节点之间的通信不需要事先建立好一个连接，如图 1-11 所示，数据分组在传输过程中可以根据路由选择通过不同的路径到达接收方，在传输过程中会出现丢失、乱序和重复的现象。无连接的网络服务有 3 种类型：数据报服务（第 5 章中详细介绍）、确认交付服务与请求回答服务。数据报服务不要求接收方应答，这种方法额外开销较小，但可靠性无法保证，主要应用在如视频和音频信息的传递。确认交付服务要求接收方用户每收到一个报文均给发送方用户发送回一个应答报文。确认交付类似于挂号的电子邮件，而请求回答类似于一次事务处理中用户的“一问一答”。

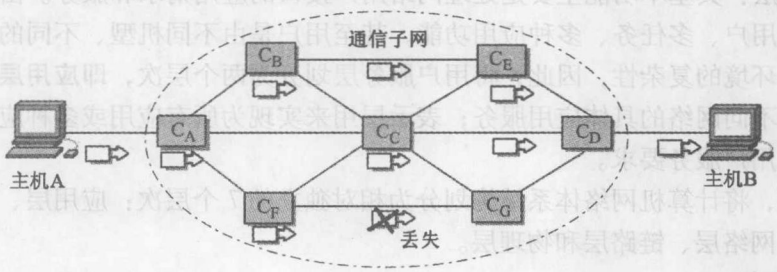

图 1-11　无连接的网络服务

无连接的网络服务的主要特点如下：

1）同一组数据经过分组之后，每一个分组可以通过不同的传输路径到达接收方。

2）分组到达接收方会出现丢失、乱序和重复问题。

3）由于分组不是按序到达，所以在传输过程中每个分组都需要携带目的地址和源地址。