21世纪高等学校本科计算机专业系列实用教材

计算机组网

技术及应用

◎ 薛庆吉　刘德春　主编

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

21世纪高等学校本科计算机专业系列实用教材

计算机组网技术及应用

薛庆吉　刘德春　主　编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书在兼顾理论讲解的基础上注重计算机组网技术的实践和应用，以期通过本书的学习，使读者在应用能力上有较大提高。全书分 17 章，第 1～10 章介绍计算机网络技术、OSI 参考模型、IP 寻址、子网划分、网络布线、网络管理、网络安全、IPv6 技术；第 11～17 章以 Windows Server 2003 操作系统为例，介绍各种网络服务和配置等内容，操作性与实用性都很强。每章的后面还附有相应的习题，供读者练习。

本书适合作为高等学校计算机专业、信息专业、电子商务专业及相关专业网络技术教材，也可以供广大网络专业技术人员和管理人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

计算机组网技术及应用/薛庆吉，刘德春主编. —北京：电子工业出版社，2006.9
21 世纪高等学校本科计算机专业系列实用教材
ISBN 7-121-03112-4

Ⅰ. 计… Ⅱ. ①薛…②刘… Ⅲ. 计算机网络—高等学校—教材 Ⅳ. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 099803 号

责任编辑：龚兰方
印　　刷：北京牛山世兴印刷厂
装　　订：
出版发行：电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编　100036
开　　本：787×1 092　1/16　印张：18.5　字数：480 千字
印　　次：2006 年 9 月第 1 次印刷
印　　数：5 000 册　定价：28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系电话：（010）68279077；邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前　言

计算机网络在 21 世纪已广泛应用于教学科研、科学技术、医疗卫生、行政管理、生产与生活、社会服务、文艺体育、文化娱乐和军事等各个领域,它正在从根本上改变着人们的工作、生活和思维方式。计算机网络的应用与发展极大地促进了信息化建设的进程，为经济的腾飞打下了坚实的基础，成为推动社会发展的强大动力。目前计算机网络已成为信息化社会不可缺少的、重要的基础设施，它是衡量一个国家综合实力的重要标志之一。随着计算机技术和通信技术的发展，计算机网络技术也在快速发展，新理论、新技术、新产品和新应用不断涌现,因此学习和掌握好计算机组网技术是十分必要的。

本书以介绍计算机网络原理和 Windows Server 2003 操作系统为平台，全面、深入地介绍了网络的各种服务及其构建，内容包括计算机网络概述、网络体系结构、局域网及组网技术、网络互联设备、IPv6 技术、网络安全技术、综合布线、路由器/交换机的配置、网络管理与安全防范、Windows Server 2003 的安装与基本操作、DNS 服务器、Web 服务器、FTP 服务器、终端服务器、邮件服务器等，具有知识新、内容全、实用性强、操作性好等特点。

在内容的讲授上凝聚了作者多年的校园网建设实践经验，例如在讲述计算机网络原理和 Windows Server 2003 操作系统时，侧重于计算机网络体系结构及网络功能，比较严格地将网络原理所涉及的内容纳入网络分层结构，将计算机网络所涉及的每种重要功能按分层区分得比较清楚，分别分布于 ISO/OSI 参考模型及其相关的若干层，既考虑到 ISO/OSI 和 TCP/IP 体系结构的特色，也考虑到网络协议的实用性。全书内容深入浅出，覆盖面宽，实例丰富，有较强的可操作性；在每章的后面还给出了相应的练习题，以帮助读者理解和掌握所学内容。本书可以作为计算机专业、信息专业、电子商务专业和其他相关专业的网络原理与组网技术教材以及高职高专、成人高校和面向社会的培训班教材，同时也可供网络专业技术人员在学习网络知识时参考。

本书第 1、2、3、9 章由刘德春编写，第 6、7、8 章由薛庆吉编写，第 11 章由郑柯编写，第 4、10 章由吴绍兴编写，第 14、15 章由朱丽霞编写，第 12、13 章由马永红编写，第 5、16、17 章由刘云霞编写。

由于网络技术更新较快，作者水平有限，书中的不足和错误之处，恳请读者给予批评指正。

作　者

2006 年 8 月

目　录

第 1 章　计算机网络概述与通信模型

1.1　计算机网络概述

在计算机网络出现的前期，计算机都是独立的设备，每台计算机独立工作，互不联系。计算机与通信技术的结合，对计算机系统的组织方式产生了深远的影响，使计算机之间的相互访问成为可能。不同种类的计算机通过同种类型的通信协议（Protocol）相互通信，产生了计算机网络（Computer Network）。

计算机网络，就是把分布在不同地理区域的计算机以及专门的外部设备利用通信线路和通信设备连接起来，按照一定的协议，最终达到资源共享的目的。一般来说，计算机网络可以提供以下一些主要特性。

- 资源共享。网络的出现使资源共享变得很简单，交流的双方可以跨越空间的障碍，随时随地传递信息。
- 信息传输与集中处理。数据是通过网络传递到服务器（Server）中的，由服务器集中处理后再回送到终端。
- 负载均衡（Load balancing）与分布处理（Distributed Processing）。

一个典型的例子：一个大型 ICP（Internet 内容提供商）为了支持更多的用户访问他的网站，在全世界多个地方放置了相同内容的 WWW（World Wide Web）服务器；通过一定技术使不同地域的用户看到放置在离他最近的服务器上的相同页面，这样来实现各服务器的负荷均衡，同时用户也节省了访问时间。

- 综合信息服务。网络的一大发展趋势是多维化，即在一套系统上提供集成的信息服务，包括来自政治、经济等各方面资源，甚至同时还提供多媒体信息，如图像、语音、动画等。在多维化发展的趋势下，许多网络应用的新形式不断涌现，如，电子邮件（E-mail）、视频点播（VOD，Video On Demand）、电子商务（E-Mommerce）、视频会议（Video Conference）等。

网络协议是为了使计算机网络中的不同设备能进行数据通信而预先制定一整套通信双方相互了解和共同遵守的格式和约定。网络协议是一系列规则和约定的规范性描述，定义了网络设备之间如何进行信息交换。网络协议是计算机网络的基础。只有遵从相应协议的网络设备之间才能够通信。就像保障我们国家稳定健康运行的法律法规一样，如果任何人违反了法律法规的约束，必然会导致法律的制裁。网络协议就是约束各种网络互联终端设备的法律，如果任何一台设备不支持用于网络互联的协议，它就不能与其他设备通信。

网络协议多种多样，主要有 TCP/IP 协议、IPX/SPX 协议等。目前最为流行的是 TCP/IP 协议，它已经成为 Internet 的标准协议。

计算机网络起始于 20 世纪 60 年代，当时网络的概念主要是基于主机（Host）架构的低速串行（Serial）连接，提供应用程序执行、远程打印和数据服务功能。IBM 的 SNA（System Network Architecture，系统网络架构）架构与非 IBM 公司的 X.25 公用数据网络是这种网络的典型例子。这时，由美国国防部资助，建立了一个名为 ARPANET 的基于分组交

换（Packet Switching）的网络，这个是今天的 Internet 雏形。

20 世纪 70 年代，出现了以个人电脑为主的商业计算模式。最初，个人电脑是独立的设备，由于认识到商业计算的复杂性，要求大量终端设备的协同操作，局域网（LAN，Local Area Network）产生了。局域网的出现，大大降低了商业用户打印机和磁盘昂贵的费用。

20 世纪 80 年代至 90 年代，远程计算的需求不断地增加，迫使计算机界开发出多种广域网络协议（包括 TCP/IP 协议、IPX/SPX 协议），满足不同计算方式下远程连接的需求，互联网的快速发展，TCP/IP 协议得到了广泛应用，成为互联网的事实协议。

由于连接介质的不同，通信协议的不同，计算机网络的分类名目繁多。但一般地讲，计算机网络可以按照它覆盖的地理范围，划分成局域网和广域网，以及介于局域网和广域网之间的城域网（MAN，Metropolitan Area Network）。现在，重点介绍局域网和广域网。

- 局域网（LAN，Local Area Network）。局域网是将小区域内的各种通信设备互联在一起所形成的网络，覆盖范围局限在房间、大楼或园区内。它一般指分布于几公里范围内的网络，其特点是距离短、延迟小、数据速率高、传输可靠。

标准（standard）是广泛使用的或由官方规定的一套规则和程序。标准描述了协议的规定，设定了保障网络通信的最简性能集。IEEE 802.X 标准是当今居于主导地位的 LAN 标准。

目前我国常见的局域网类型包括以太网（Ethernet）、异步传输模式（ATM，Asynchronous Transfer Mode）等，它们在拓朴结构、传输介质、传输速率、数据格式等多方面都有许多不同。其中应用最广泛的当属以太网，一种总线结构的 LAN，是目前发展最迅速、最经济的局域网。

广域网在超过局域网的地理范围内运行，它通过各种类型的串行连接以便在更大的地理区域内实现接入。通常，企业网往往通过广域网线路接入到当地 ISP。广域网可以提供全部时间和部分时间的连接，允许通过串行接口在不同的速率下工作。

带宽（Bandwidth）和延迟（Delay）是衡量网络性能的两个主要指标。

LAN 和 WAN 都使用带宽（Bandwidth）来描述网络上数据在一定时间内从一个节点传送到任意节点的信息量。带宽分为两类：模拟带宽和数字带宽。本书所述的带宽指数字带宽。带宽的单位是位每秒（b/s，bit per second），代表每秒钟一个网段发送的数据位数。带宽是一个比较模糊的概念，我们可以这样理解：假定正在一条 8 车道的高速公路上驱车回家，当驶离高速公路后，道路可能会变窄，变为 4 车道，当到家门口时，变为了 2 车道。带宽就像道路。高速公路就像广域网线路的带宽，其他道路就像局域网的带宽。道路上的汽车就像物理链路上承载的数据信息。如果高速公路上车辆过多，会堵车；同样地，如果网络中数据流量过大，也会发生拥塞现象。目前常见的网络带宽有以太网技术的 10MHz，100MHz，1000MHz 等；Modem 拨号上网带宽为 56kb/s；ISDN BRI 带宽最高为 128kb/s；

网络的时延（Delay），又称延迟，定义为网络把一位数据从一个网络节点传送到另一个网络节点所需要的时间。网络延迟主要由传导延迟（Propagation Delay）、交换延迟（Switching Delay）、介质访问延迟（Access Delay）和队列延迟（Queuing Delay）组成。总之，网络中产生延迟的因素很多，可能是网络设备的问题，也可能是传输介质、网络协议标准的问题；可能是硬件，也可能是软件的问题。

WAN 连接地理范围较大，常常是一个国家或是一个洲。中国公用分组交换网（CHINAPAC）、中国公用数字数据网（CHINADDN），以及建议中的国家教育和科研网

（CERNET），CHINANET 等都属于广域网。

WAN 的目的是为了让分布较远的各局域网互联，所以它的结构又分为末端系统（End System，两端的用户集合）和通信系统（中间链路）两部分。通信系统是广域网的关键，它主要有以下几种。

公共电话网 即 PSTN（Public Switched Telephone Network），这种系统使用电路交换技术，必须给每一个通话分配一个专用的语音通道，消息是以模拟的形式在 PSTN 上传送的。传输介质是普通电话线。它的特点是费用低，易于建立，且分布广泛。

综合业务数字网 即 ISDN（Integrated Service Digital Network），是一种拨号连接方式。ISDN BRI 提供的是 2B+D 的数据通道，每个 B 通道速率为 64kb/s，其速率最高可达到 128kb/s。ISDN PRI 有两种标准：欧洲标准（30B＋D）和北美标准（23B＋D）。ISDN 为数字传输方式，具有连接迅速、传输可靠等特点，并支持对方号码识别。ISDN 话费较普通电话略高，但它的双通道使其能同时支持两路独立的应用，是一项对个人或小型办公室较适合的网络接入方式。

专线 即 Leased Line，在中国称为 DDN，是一种点到点的连接方式，速度一般选择 64kb/s～2.048Mb/s。专线的好处是数据传递有较好的保障，带宽恒定；但价格昂贵，而且点到点的结构不够灵活。

X.25 网 是一种出现较早且依然应用广泛的广域网方式，速度为 9600b/s～2Mb/s；有冗余纠错功能，可靠性高，但由此带来的副效应是速度慢，延迟大。

帧中继 即 Frame Relay，是在 X.25 基础上发展起来的较新技术，速度一般选择为 64kb/s～2.048Mb/s。帧中继的特点是灵活、弹性：可实现一点对多点的连接，并且在数据量大时可超越约定速率（CIR：Commited Information Rate）传送数据，允许用户在传输数据时有一定的突发量，是一种较好的商业用户连接选择。

异步传输模式 即 ATM（Asynchronous Transfer Mode），是一种信元交换网络，最大特点是速率高、延迟小、传输质量有保障。ATM 大多采用光纤作为连接介质，速率可高达上千兆，但成本也很高。ATM 也可以称作广域网协议。

1.2 开放式网络的发展

计算机网络技术是计算机技术和通信技术相结合的产物，并随着二者的发展而发展。所谓计算机网络，是指通过数据通信系统把地理上分散的、具有独立功能的多台计算机通过通信媒体（通信线路和通信设备）连接在一起，并配以相应的网络软件及协议，以达到数据通信和资源共享的目的。从局域网（LAN）、广域网（WAN）到 Internet，计算机网络的应用也越来越广泛，对人们的工作、生活、学习、行为和思维方式产生着日益重要的影响。

TCP/IP（传输控制协议/网际协议，Transmission Control Protocol/Internet Protocol）是发展至今最成功的通信协议，它被用于当今最大的开放式网络系统 Internet 之上就是其成功的证明。Internet 最初的设计是为了满足美国国防的需要，具体地，就是使美国政府即使在遭受核打击时也能保证通信不间断，TCP/IP 就是用于这个目的的。

今天，Internet 已经发展得更加商业化，更加面向消费者，尽管基本目的发生了改变，但其最初的所有质量标准（也就是开放式、抗毁性和可靠性）依然是必需的。这些特性包括

可靠传输数据、自动检测和避免网络发生错误的能力。更重要的就是 TCP/IP 是一个开放式通信协议，开放性意味着在任何组合间，不管这些设备的物理特征有多大差异，都可以进行通信。

本章介绍开放通信是如何产生的，以及开放式数据通信的概念，还介绍两个层次模型，正是这两个模型使得开放式数据通信成为可能。这两个模型是开放式系统互联（Open Systems Interconnect，OSI）参考模型和 TCP/IP 参考模型。这些模型通过将网络分为各种功能模块，从而大大地提高了网络的可理解程度。这些模块被分为层，这些层次的命令以及开放通信的概念，为 TCP/IP 各种组件和使用提供了场景和依据。

最初的网络与计算解决方案一起是一个享有很高专利权的互联解决方案，这个方案几乎是一个完整的专利。个人计算机出现前，如果某个公司想使他们的数据处理和记账功能自动化，就必须为其监管系统与某个厂家联系，而且只能与单一厂家联系。

在该专利中，单一厂家产品环境下，应用软件只执行在由单个操作系统支持的平台上，操作系统只能安全地执行在相同厂家的硬件产品之上，甚至用户的终端设备和与计算机进行连接的设备都必须是同一厂家产品的完整解决方案的一部分。

在单一厂家完整解决方案时代，美国国防部（DOD）声称需要一个健壮可靠的通信网络，该网络应该可以把所需要的所有计算机（包括所有被接纳为会员的组织所拥有的计算机）互联起来。这些会员包括大学、智能坦克和国防项目的承包人。这听起来不像是一个完整系统，但它确实是一个大型系统。在计算机的发展初期，制造商所开发的硬件、软件和网络平台是紧密结合的、非开放式系统。一个用户在一个平台上很难共享另一用户在不同计算平台上的数据。因为制造商想靠此永久留住用户。

让所有 DOD 的子机构和承包商的研究组织都使用某一厂商的设备是极不现实的。这样，在不同平台间的通信方案就应运而生。结果就诞生了世界上第一个开放通信协议——网际协议（IP）。

因此，一个开放式网络是一种使得在两台不同计算机之间通信和共享数据成为可能的方式。开放性是通过合作开发和技术规范的维护而达到的。这些技术规范，也称为开放式标准，是完全公开的。

1.2.1 通信处理层次化

自从 20 世纪 60 年代计算机网络问世以来，得到了飞速发展。国际上各大厂商为了在数据通信网络领域占据主导地位，顺应信息化潮流，纷纷推出了各自的网络架构体系和标准，例如 IBM 公司的 SNA，Novell IPX/SPX 协议，Apple 公司的 AppleTalk 协议，DEC 公司的 DECnet，以及广泛流行的 TCP/IP 协议。同时，各大厂商针对自己的协议生产出不同的硬件和软件。各个厂商的共同努力无疑促进了网络技术的快速发展和网络设备种类的迅速增长。

但由于多种协议的并存，同时也使网络变得越来越复杂；而且，厂商之间的网络设备大部分不能兼容，很难进行通信。为了解决网络之间的兼容性问题，帮助各个厂商生产出可兼容的网络设备，国际标准化组织 ISO 于 1984 年提出了 OSI RM（Open System Interconnection Reference Model，开放系统互联参考模型）。OSI 参考模型很快成为计算机网络通信的基础模型。在设计 OSI 参考模型时，遵循了以下原则。

- 各个层之间有清晰的边界，便于理解。

- 每个层实现特定的功能。
- 层次的划分有利于国际标准协议的制定。
- 层的数目应该足够多，以避免各个层功能重复。

开放式通信的关键在于理解所有对两端系统相互之间通信和共享数据所必需的功能。这些功能以及建立它们必须发生的先后顺序是开放式通信的基础，只有两端系统对如何通信达成一致，它们才可能通信。也就是说，它们必须在从应用取得数据和为通过网络传输将数据打包这些动作上遵守相同的过程。其中，不管多么细节、细小的问题都不能忽略，必须做到完全一致。

幸运的是，一个通信会话中所必需的事件在逻辑上存在一定的顺序。按完全的最小分割，这些事件包括如下任务。

- 数据必须从它的应用向下传给一个通信进程（称为一个协议 Protocol）。
- 通信协议必须为通过许多类型网络的传输准备应用数据。这通常意味着数据必须被分割为更多可管理的块。
- 分段的数据必须包装在一个数据结构中，以便于通过网络传送到某个指定设备。这意味着数据必须被包装成某种形式，而这种形式所包含的信息应该可以使得任何网络上的计算机设备能够识别出数据包来自何方，到哪里去。该结构可能是一个帧、一个数据包或者一个单元，这与使用何种协议有关。
- 为传输需要，这些帧和数据包必须被转换成物理位流。这些位流可以被转换成光纤网（如 FDDI）上的光脉冲或者通过电子网络传输的电子信号状态。

到达目的地或接收端机器后，这个过程被翻过来。另外，在通信会话过程中，还需要其他功能，这些功能使得源端和目的端的计算机通过协同努力可以保证数据完全到达，这些功能包括：

- 将传输数据流规范化，以保证接收机器和网络不会拥塞。
- 利用某种算法检查接收到的数据，以保证数据在传输过程中没有损坏。
- 对没有到达的数据包或者到达时损坏的数据包进行协调重发。
- 最后，数据的接收方必须将各段数据重新组合成接收端应用程序认识的格式。从接收端应用的角度来看，接收到的数据应与发送方应用发出的数据完全一样。换句话说，两种应用所表现出的应该是在两者之间直接通信，这就是所谓的逻辑链接（logical Adjacency）。

1.2.2 OSI 参考模型

OSI 参考模型依层次结构来划分：第 1 层，物理层（Physical Layer）；第 2 层，数据链路层（Data Link Layer）；第 3 层，网络层（Network Layer）；第 4 层，传输层（Transport Layer）；第 5 层，会话层（Session Layer）；第 6 层，表示层（Presentation Layer）；第 7 层，应用层（Application Layer）。

通常，我们把 OSI 参考模型第 1 层到第 3 层称为底层（Lower Layer），又叫介质层（Media Layer）。这些层负责数据在网络中的传送，网络互联设备往往位于下 3 层。底层通常以硬件和软件相结合的方式来实现。OSI 参考模型的第 5 层到第 7 层称为高层（Upper Layer），又叫主机层（Host Layer）。高层用于保障数据的正确传输，通常以软件方式来实现。7 层 OSI 参考模型具有以下优点。