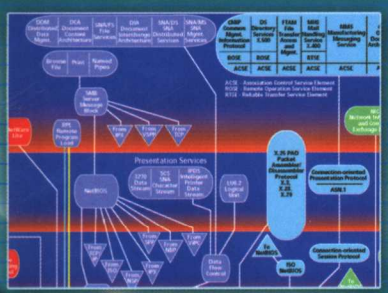
普通高等教育“十一五”规划教材

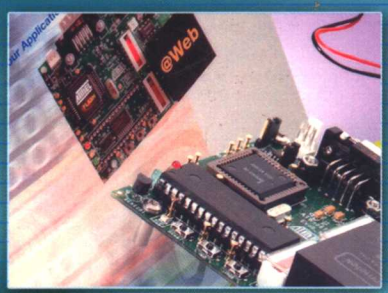
高等院校计算机技术系列教材

TCP/IP 原理与应用

马争鸣 主编

张成言 邓 娜 李 莹 曾长江 陈佳义 编著





冶金工业出版社

普通高等教育“十一五”规划教材
高等院校计算机技术系列教材

TCP/IP 原理与应用

马争鸣　主编

张成言　邓娜　李莹　曾长江　陈佳义　编著

北　京

冶 金 工 业 出 版 社

内 容 简 介

本书是根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材的指导精神而编写的。

TCP/IP 包括了一系列用于保证互联网络能够安全、可靠地即时通信的协议，通常称之为 TCP/IP 协议簇。过去数十年间，计算机网络得到迅速的发展，TCP/IP 提供了一个标准化的通信和数据交换机制，包括维持互联网络中平稳通信所需的硬件和软件需求等。

本书详细地介绍了 TCP/IP 协议簇，包括指导其运行的所有常见模型、协议、服务和标准。全书各章节后都提供了练习题目以巩固每章中介绍的概念与知识点。

本书可作为高等院校电子、通信、计算机等各类专业的教材，也可作为上述学科及相关学科技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

TCP/IP 原理与应用 / 马争鸣主编. —北京：冶金工业出版社，2006.3
ISBN 7-5024-3935-8

I. T... II. 马... III. 计算机网络—通信协议
IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 017207 号

出版人　曹胜利（北京沙滩嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009）
责任编辑　戈兰
佛山市新粤中印刷有限公司印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销
2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
787mm × 1092mm　1/16；　21.5 印张；　495 千字；　334 页
35.00 元
冶金工业出版社发行部　电话：（010）64044283　**传真：**（010）64027893
冶金书店　地址：北京东四西大街 46 号（100711）　**电话：**（010）65289081
（本社图书如有印装质量问题，本社发行部负责退换）

前　言

一、关于本书

本书是根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材的指导精神而编写的。

目前，全国各地本科院校普遍扩招，本科生人数迅速增长，这给他们的就业带来了巨大的压力。而当前本科生的就业情况还不如专科学生，究其原因，所用教材与实际应用脱轨是一主要因素。针对现有教材质量较差、品种单一、版本陈旧、实用性和可操作性不强等原因，肩负着应用型人才培养的高等本科院校急需一系列符合当前教学改革需要的教材。

二、关于 TCP/IP

TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol）最初是 20 世纪 70 年代中期美国国防部为其 ARPANET 广域网开发的一套网络体系结构和协议标准，以 TCP/IP 为基础组建的 Internet 是目前国际上规模最大的计算机网间网，尽管 TCP/IP 仍然不是国际标准，但它却是“既成事实”的工业标准。

TCP/IP 包括了一系列用于保证互联网络能够安全、可靠地即时通信的协议，通常称之为 TCP/IP 协议簇。过去数十年间，计算机网络得到迅速的发展，TCP/IP 提供了一个标准化的通信和数据交换机制，包括维持互联网络中平稳通信所需的硬件和软件需求等。

本书分层次地介绍了 TCP/IP 协议簇，包括指导其运行的所有常见模型、协议、服务和标准。全书各章节后都提供了练习题目以巩固每章中介绍的概念与知识点。

三、本书结构

全书的组织结构如下：

第一部分（第 1 章）讲述互联网络的基础，并介绍了 ISO/OSI 的七层网络模型，以及 TCP/IP 中的四层网络模型。

第二部分（第 2～5 章）介绍了 TCP/IP 协议中 Internet 层的协议，主要是网际协议（IP）和网际控制报文协议（ICMP）。这部分也对 IP 地址的编址方式作了详尽的介绍，并概述了网际组管理协议（IGMP）。

第三部分（第 6～7 章）介绍了 TCP/IP 协议中传输层的协议，包括提供有连接的可靠传输服务的传输控制协议（TCP）和用于简单环境的无连接服务的用户数据报协议（UDP）。

第四部分（第 8～14 章）介绍了 TCP/IP 协议中应用层的常见网络协议，涵盖了互联网上所有典型的应用，如远程登录、文件传输、网页浏览、电子邮件、域名服务等等。

第五部分（第 15～16 章）详细介绍了路由概念与相关的知识，包括 IP 路由的原理，以及各种路由选择协议和相应的算法，如 RIP、OSPF、IGP、BGP 等等。

第六部分（第 17～22 章）讨论了网络中的高级概念和网络基础结构的最新发展趋势，包括网络安全、IPv6、VoIP、移动 IP 及服务质量（Qos）等等。

四、本书特点

本书系统、全面地研究和借鉴了国外相关教材的先进教学方法，结合国内院校教学实际和先进的教学成果，根据教育部“十一五”国家级规划教材应用型本科教育的指导思想编写，具有实用性和可操作性，与时俱进，与当前就业市场结合得更加紧密。

本书是一本关于 TCP/IP 原理及应用的书，最大特点是理论与应用相结合，书中系统地层次地介绍了 TCP/IP 协议簇，包括指导其运行的所有常见模型、协议、服务和标准，注重了理论方面的分析说明，同时全书各章节后都提供了练习题目，以帮助读者巩固每章中介绍的概念与知识点，其中的实验题将理论知识综合在应用中，使读者在手动实践的过程中，能够对理论知识有更准确的理解与把握。

五、本书适用对象

本书可作为高等院校电子、通信、计算机等各类专业的教材，也可作为上述学科及相关学科技术人员的参考书。此外，作为一本理论与应用相结合的书，对于想完整地了解 TCP/IP 知识的读者，以及希望了解 TCP/IP 技术的网络管理员，都是相当不错的选择。

本书由马争鸣主编，第 1、17 章由李莹编写，第 2～5 章由曾长江编写，第 6、7 章由陈佳义编写，第 8～14 章由张成言编写，第 15、16、18～22 章由邓娜编写。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中缺点和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。联系方式如下：

电子邮箱：**service@cnbook.net**

网址：**www.cnbook.net**

本书电子教案及习题参考答案可在本网站免费下载。此外，该网站还有一些其他相关书籍的介绍，可以方便读者选购参考。

编　者

2006 年 2 月

目　录

第 1 章　TCP/IP 体系结构

本章学习目标

（1）掌握 OSI 模型分层体系及各层的功能，理解分层和协议之间的关系。

（2）理解 TCP/IP 协议的工作原理，了解 TCP/IP 协议栈中各层的作用。

（3）掌握数据在网络模型中是如何传输，理解 TCP/IP 编址方式。

计算机网络中，为了实现各种不同网络的互连，采用了网络分层的概念，即 OSI 模型。通信协议就是通信标准，它能实现在不同硬件结构的设备之间进行的通信。有了通信协议就可以在同一网络中使用各种网络硬件和不同的应用程序，可以在运行不同操作系统的计算机之间进行通信。开放系统互联（OSI）模型曾在数据通信中占主导地位，而 TCP/IP 协议簇则是发展至今的最成功的通信协议，已被广泛应用于全球最大的开放式网络系统 Internet 上。本章将主要介绍 OSI 模型及 TCP/IP 协议簇的工作原理。

1.1　计算机网络的形成与发展

计算机网络是地理上分散的多台独立自主的计算机遵循约定的通信协议，通过软、硬件互联起来，以实现交互通信、资源共享、信息交换、协同工作和在线处理等功能的系统。网络是人们彼此进行交流的工具，它能促进人们进行广泛的思想交流，促进知识化迅速更新，使信息得到充分利用和实现系统资源的尽量共享。它是建立人与人之间以及这一群人与另一群人之间沟通联系的现代化通信与计算机环境。

1946 年，世界上第一台数字计算机诞生。1945 年，人们发明了收发器（Transceiver），它允许人们从远程向计算机输入自己的程序，并让计算机计算出结果来。随着多重线路控制器的出现，多个终端可以通过电话网连接到计算机上，这就形成了最基本的第一代计算机网络。

到了 1962 年，当时美国国防部为了壮大美国本土防卫力量，也为了保证海外防御武装即使受到前苏联一轮核打击也仍然具有一定的生存和反击能力，认为有必要设计出一种分散式指挥系统：它由一个个分散的指挥点组成，当部分指挥点被摧毁后，其他结点仍能正常工作，并且这些结点之间能够绕过那些已被摧毁的指挥点而继续保持联系。为了验证这一构思，美国国防部的高级研究计划局（Advanced Research Projects Agency，ARPA）于 1969 年资助建立了一个名为 ARPANET（即“阿帕网”）的网络，这个网络把位于洛杉矶的加利福尼亚大学，位于圣芭芭拉的加利福尼亚大学、斯坦福大学，以及位于盐湖城的犹他州州立大学的计算机主机联接起来，同时位于各个结点的大型计算机采用分组交换技术（第 2 章会讲到这一技术），通过专门的通信交换机和专门的通信线路相互连接。这个阿帕网就是 Internet 最早的雏形。

1972 年，全世界电脑业和通讯业的专家学者在美国华盛顿举行了第一届国际计算机通信会议，就在不同的计算机网络之间进行通信达成协议，会议决定成立 Internet 工作组，负责建立一种能保证计算机之间进行通信的标准规范（即“通信协议”）；1973 年，美国国

防部也开始研究如何实现各种不同网络之间的互联问题。

到了 1974 年，网际协议 IP 和传输控制协议 TCP 问世。这两个协议定义了一种在电脑网络间传送报文（文件或命令）的方法。随后，美国国防部决定向全世界无条件地免费提供 TCP/IP，即向全世界公布解决电脑网络之间通信的核心技术，TCP/IP 核心技术的公开最终导致了 Internet 的大发展。

到了 1980 年，世界上既有使用 TCP/IP 协议的美国军方的 ARPA 网，也有很多使用其他通信协议的各种网络。为了将这些网络连接起来，美国人温顿·瑟夫（Vinton Cerf）提出一个想法：在每个网络内部各自使用自己的通信协议，在和其他网络通信时使用 TCP/IP 协议。这个设想最终导致了 Internet 的诞生，并确立了 TCP/IP 协议在网络互联方面不可动摇的地位。

1972 年时，ARPANET 网上的网点数已经达到 40 个，这 40 个网点彼此之间可以发送小文本文件（当时称这种文件为电子邮件，也就是现在的 E-mail）和利用文件传输协议发送大文本文件，包括数据文件（即现在 Internet 中的 FTP），同时也发现了通过把一台电脑模拟成另一台远程电脑的一个终端而使用远程电脑上的资源的方法，这种方法被称为 Telnet。由此可看到，E-mail、FTP 和 Telnet 是 Internet 上较早出现的重要工具，特别是 E-mail，仍然是目前 Internet 上最主要的应用。

1.2 网络类型的划分

网络类型可以按照不同的划分方法进行划分。

按距离划分为：广域网（WAN）、局域网（LAN）、城域网（MAN）。

按通信的传输介质划分为：有线网、无线网。

按通信传播方式划分为：点对点的传播方式网、广播式传播方式网。

按通信速率划分为：低速网、中速网、高速网。

按数据交换方式划分为：电路交换网、分组交换网、信元交换网。

按通信性能划分为：资源共享计算机网、分布式计算机网、远程通信网。

按使用范围划分为：公用网、专用网。

按配置划分为：同类网、单服务器网、混合网。

按数据的组织方式划分为：分布式数据组织网络系统、集中式数据组织网络系统。

1.3 OSI 模型

网络之所以得到应用，是因为它使计算机之间的通信成为可能。于是，我们设计网络是本着如何能够实现在计算机之间的高效率通信。在最初，网络以及它的设计方案是享有专利的，因此不同的厂家所设计出来的方案互不相同。所造成的结果是，厂商可以永久地留住顾客，然而不同的计算平台却很难共享数据。显然，这种各自为政的做法不利于计算机的互联。为此，开放式网络应运而生。开放式网络是一种连接方式，它使得在两种不同的计算机之间进行通信和数据共享成为可能。它之所以能够达到开放，一方面是因为合作开发的结果，而另一方面是因为有某些技术规范的维护。这些规范被称为开放式标准。

为了促进这种开放式的互联，国际标准化组织（International Standardization Organization，ISO）采用了将网络分层的方案。将网络上计算机之间的通信会话过程分为

七部分，每一部分为一个层，每一层完成一定的功能，它们结合起来就能够完成整个通信会话。这样做的好处是为网络设计提供了一个标准，从而简化了网络设计的过程，同时，如果网络设计人员都参照这样的架构设计网络，将会促进网络的开放式互联。这个分层的模型叫做开放式系统互联参考模型（Open System Interconnection Reference Model），简称 OSI 模型。如图 1-1 所示。

图 1-1　OSI 模型

ISO/OSI 模型中，“OSI” 表示 Open System Interconnection，它有以下一些特点和性质：

（1）它定义的是一种抽象的结构，并没有告诉我们怎么实现其中每一层的功能。

（2）每一层所完成的功能都是独立的，与其他层完成的功能无关。

（3）低层存在的目的，是为了实现高层的虚对话，因此，低层是为高层提供服务的。

（4）相邻的两层之间存在接口，以便两层之间通信。

（5）每一层的功能都是自成体系的，并不依赖于操作系统和其他因素，因此它令开放式互联成为可能。

（6）网络设计人员通过使用虚对话，使高层忽略低层的分层细节。

（7）它为计算机互联提供了一种标准。但这仅仅是一种标准，一种参考（尽管它已经为大多数网络设计人员所接受）。其实，很多网络并没有将每一层的功能都实现，而是省略了许多层。

1.3.1　层次体系结构

OSI 模型由七个有序的层组成：物理层（第 1 层）、数据链路层（第 2 层）、网络层（第 3 层）、传输层（第 4 层）、会话层（第 5 层）、表示层（第 6 层）和应用层（第 7 层）。图 1-2 表示设备 A 向设备 B 发送一个报文所涉及到的层。

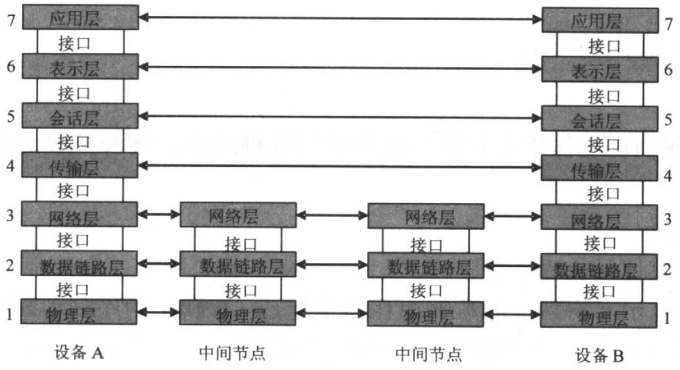


图 1-2　OSI 的模型

在传输过程中，报文将会通过许多中间节点，而这些中间节点一般只涉及到 OSI 模型中的低三层。

在单机器的情况下，每一层调用紧挨着它的下一层提供的服务，并向上一层提供服务。在不同的机器之间则是一个机器的第 x 层与另一个机器的第 x 层通信。这种通信是由一系列事先约定的规则，即协议来控制的。

在发送设备中通过各层将数据和网络信息向下传送，这些数据和信息在接收设备中又再通过各层向上传送。之所以可以这样做，是因为在每两个相邻层之间有一个接口。每个接口定义了一个层必须向它的上一层提供什么样的信息和服务。定义清楚的接口和层功能使得网络可以模块化。

图 1-3 给出了使用 OSI 模型交换数据的过程。Lx 表示第 x 层的数据单元。进程从应用层（第 7 层）开始往下传送。在每一层（第 7 层和第 1 层除外）都要给数据单元加上头部。在第 2 层还要加上尾部。当格式化后的数据单元通过物理层（第 1 层）时，就变成电磁信号并沿着一条物理链路传输。

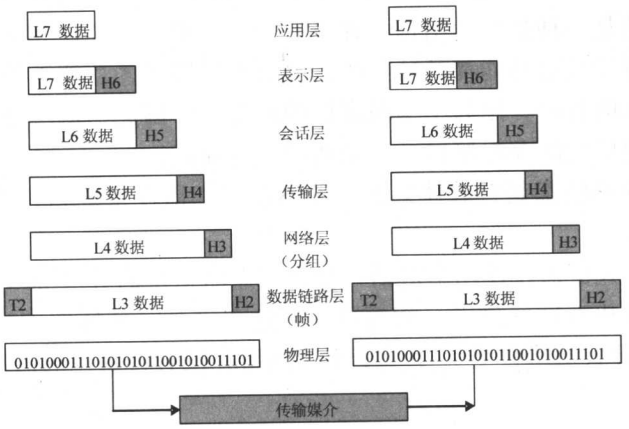


图 1-3 使用 OSI 模型交换数据

当信号到达目的端时，信号进入物理层并转换回数字形式。然后数据单元就向上通过 OSI 各层。当每个数据块到达上一层时，要移去在对应的发送层所加的头部和尾部，然后就进行该层的相应处理。当数据块到达应用层时，报文再次变成应用层所需的形式，并交给接收者使用。

1.3.2 OSI 模型中各层的功能

1. 物理层

物理层协调在物理媒体中传送比特流所需的各种功能，涉及接口和传输媒体的机械和电气规约。

物理层的功能包括：

（1）接口和媒体的物理特性。

（2）比特的表示。物理层的数据由比特流组成（0 和 1 的序列）而不需要进行任何解释。发送时，比特流必须编码成信号——电信号或光信号。物理层定义编码的类型（0 和 1 怎样变成信号）。

（3）数据率，即传输速率（即每秒发送的位数）。

（4）比特的同步。发送器和接收器不仅要用同样的速率，而且还要在比特级上进行同步。换言之，发送器和接收器的时钟必须是同步的。

（5）线路配置。物理层要考虑设备与媒体的连接，在点对点配置中两个设备通过专用链路连接。在多点配置中，若干个设备共享一条链路。

（6）物理拓扑。物理拓扑定义如何将设备连接到网络上。设备可以使用网状拓扑连接（每个设备都和其他设备连接）、星状拓扑连接（各设备都通过中央设备连接）、环状拓扑连接（每个设备都连接到下一个设备，形成一个环），或总线拓扑连接（每个设备都在一个公共的链路上）。

（7）传输模式。物理层还定义了两个设备之间的传输方向：单工、半双工或全双工。在单工模式下，只有一个设备能发送，另一个设备只能接收。单工模式是一种单向通信；在半双工模式下，两个设备都可以接收和发送，但不能同时进行；在全双工模式下，两个设备可以在同一时间接收和发送。

2. 数据链路层

数据链路层将物理层转换成可靠的链路。它使在数据链路层的上层（网络层）看来，物理层是无错的。

数据链路层的功能包括：

（1）组帧。数据链路层把从网络层接收到的比特流划分为可以处理的数据单元，即帧。

（2）物理编址。如果要发送帧给网络上不同的系统，则数据链路层就要给帧加上头部，以明确帧的发送器或接收器。如果帧要发送到发送器所处网络以外的系统，则接收器的地址应是连接本地网络与下一网络的连接设备的地址。

（3）流量控制。如果接收器接收数据的速率小于发送器发送数据的速率，数据链路层就会使用流量控制机制来防止接收器过载。

（4）差错控制。数据链路层增加了差错控制机制，来检测和重传损坏或丢失的帧，以及防止重复帧的出现，增强了物理层的可靠性。差错控制通常是在帧的最后加上尾部来实现的。

（5）接入控制。当两个或更多的设备连接到同一条链路时，数据链路层就要决定哪一个设备在何时对链路具有控制权。

图 1-4 说明了数据链路层的跳到跳（即节点到节点）方式的传送。

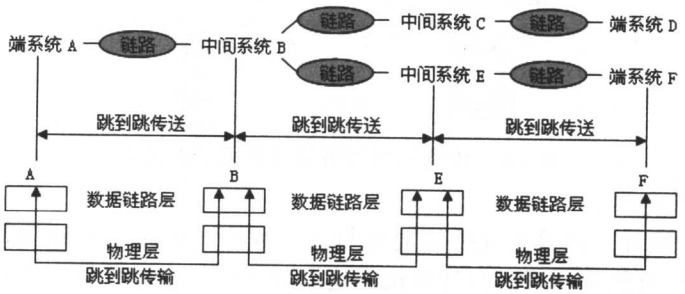


图 1-4　节点到节点的传送

3. 网络层

网络层负责分组源端到目的端的传送。这可能要跨越多个网络（链路），数据链路层监督在同一个网络（链路）上的两个系统之间分组的传送，而网络层则确保每个分组从源端到达目的端。如果两个系统连接在同一条链路上，则通常不需要网络层。但是，如果两个系统连接在不同的网络（链路）上，则通常需要网络层来完成源端到目的端的传送。

网络层的功能包括：

（1）逻辑编址。由数据链路层实现的物理编址只能处理本地寻址问题。如果分组跨越了网络的边界，我们就需要另一种编址系统来区分源系统和目的系统。网络层对上层来的分组添加头部，其中包含了发送端和接收端的逻辑地址。

（2）路由选择。当许多独立的网络或链路互联起来组成更大的网络时，这些连接设备（路由器或交换机）通过路由选择或交换的方法使分组到达它的目的端。图 1-5 说明了网络层的端到端传送。

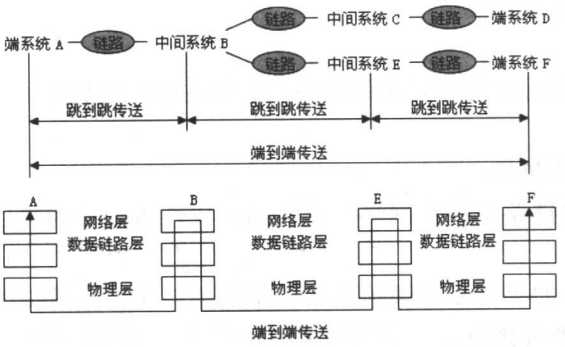


图 1-5 端到端传送

4. 传输层

传输层负责整个报文的源端到目的端（端到端）的传送。网络层监督单个分组的端到端传送，不考虑分组之间的关系。网络层独立地处理每个分组，就好像每个分组属于独立的报文，而不管是否真得如此。传输层则是确保整个报文完整地按序到达，在源端到目的端这一级上监督差错控制和流量控制。

图 1-6 表示传输层与网络层及会话层的关系。

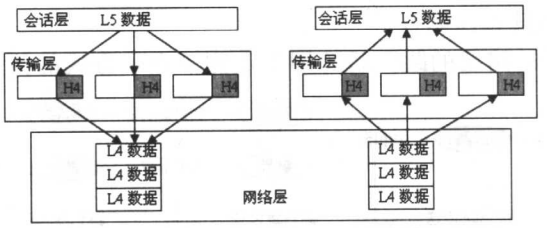


图 1-6 传输层与网络层及会话层的关系

传输层的功能包括：

（1）服务点编址。计算机往往同时运行多个程序，因此，从源端到目的端的传送不仅仅是从一台计算机传送到下一台计算机，还应包括从一台计算机上的特定进程（运行着的程序）传送到下一台计算机上的特定进程。所以传输层的头部必须包括服务点地址（或