21世纪 高等学校本科系列教材

总主编　吴中福

互联网技术

(23)

张怀宁　主编

重庆大学出版社

互联网技术

张怀宁　主　编

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书从互联网的基础入手，详细地论述了互联网技术的各主要技术。重点放在广域网技术、桥接与交换、网络协议、路由选择协议和互联网络访问技术，并反映了互联网技术的最新发展。本书按照高等学校计算机专业本科系列教材要求编写，内容丰富、系统，深入浅出。本教材也可供从事网络和通信工程的技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

互联网技术/张怀宁主编. —重庆：重庆大学出版社，2002.8
计算机科学与技术专业本科系列教材
ISBN 7-5624-2344-X

Ⅰ.互… Ⅱ.张… Ⅲ.因特网-高等学校-教材 Ⅳ.TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 031191 号

互联网技术

张怀宁 主编

责任编辑：曾显跃 胡新炼 版式设计：曾显跃
责任校对：任卓惠 责任印制：张永洋

*

重庆大学出版社出版发行
出版人：张鸽盛
社址：重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内
邮编：400044
电话：(023) 65102378 65105781
传真：(023) 65103686 65105565
网址：http://www.cqup.com.cn
邮箱：fxk@cqup.com.cn (市场营销部)
全国新华书店经销
重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：16 字数：399 千
2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷
印数：1～5 000
ISBN 7-5624-2344-X/TP·300 定价：19.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题，本社负责调换
版权所有 翻印必究

前言

社会发展到今天，计算机通信网络无处不在。各种信息汇入网络，通过网络满足人们乃至社会对信息的需求，推动生产力向前发展。面对社会信息化和用信息产业带动对传统产业改造的巨大需求，广大 IT 从业人员迫切要求学习互联网技术。而对这一方面的知识和技能的掌握，也已成为社会对高校计算机及通信专业学生进行挑选的新标准。

《互联网技术》一书是高等学校计算机专业本科系列教材中的新成员。全书内容厚实，涉及互联网技术的各个主要的分支领域。本书编者为昆明理工大学和广西大学的老师，其中 4 人是经思科（CISCO）公司认证的思科网络技术学院的教员。

全书内容共分为 10 章。第 1 章简要介绍互联网络的基本概念、国际标准化组织提出的“开放系统互连参考模型”和互联网络的编址；第 2 章是对中继器、集线器、交换机及路由器等网络常用设备的简要介绍；第 3 章是关于广域网技术的内容，较为详细地叙述了帧中继、DDN、ISDN、ADSL 技术的各个方面；第 4 章详细地讨论了异步传输模式 ATM 和多协议标签交换 MPLS 的方方面面；第 5 章的内容涉及各种网络协议，除了 INTERNET 的 IP 协议外，还包括 Netware 协议、AppleTalk 协议、DECnet 协议和 IBM 系统网络体系结构（SNA）协议；第 6 章阐述不同网际间的数据包得以发送、接收或转发的基础——路由选择协议及其相关概念，包括 RIP 和 RIP2、内部网关路由选择协议 IGRP 与 EIGRP、开放最短路径优先协议 OSPF、边缘网关协议 BGP 和资源保留协议 RSVP；第 7 章涉及互联网络访问技术的三个方面：安全技术、目录服务及网络缓存技术；第 8 章介绍简单网络管理协议 SNMP；第 9 章以实例介绍常见广域网协议的配置，便于读者深入理解有关协议的内涵和理论联系实际；第 10 章反映日新月异的网络新技术，计有动态分组传输（DPT）技术、光波分复用（WDM）技术、无线应用协议（WAP）技术。

本书第 1、6 章由张怀宁编写，第 2、5 章由张智斌编写，第 3.2 ~ 3.4 节以及第 8 章由杨路编写，第 4 章由萧幪编写，第 7、10 章由秦亮曦编写，第 9 章以及第 3.1 节由王锋编写，第 3.5 节由刘云编写。本书由张怀宁主编和统稿。由于编者水平及精力的限制，错漏在所难免，恳请各位读者给予批评和斧正。

编　者

2002 年　月

目录

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

第 1 章
网络互联概述

1.1 互联网络概述

1.1.1 互联网络是什么

互联网络，也即 Internet，起源于美国国防部在 20 世纪 60 年代的研究工作。那时正在建设一个连接全美国若干台计算机的网络，该网络被命名为 ARPANET。研究者们需要确认，当网络的一部分遭到破坏时，系统的其余部分仍然能够工作。因而，该网络中并没有一个中央控制部分，网络中的计算机可以自动地绕过失效的链路，使信息沿着新定的路径前进。

为了避免重发一个完整的大信息，并使若干使用者能够同时使用网络，研究者设计出了一种把一个信息分成一些小的部分的方法。发送方独立地发送每一个部分，接收方把各部分重新组装成完整的信息，人们称这一方法为包系统（packet system）。

1972 年，出现了第一个电子邮件软件，ARPANET 的开发者很快就采纳了这一成果。

在 20 世纪 70 年代和 80 年代，随着网络规模的不断扩大，域名系统 DNS（Domain Name System）应运而生。DNS 给出了一些全世界的域名后缀，诸如 .edu，.com，.gov，.org，以及一系列的国家代号。以前用户不得不记住所要访问站点的 IP 地址（Internet Protocol Address），它是一个很长的数字。DNS 减轻了用户的负担，使因特网便于操作和管理。

1989 年，出现了超文本（HyperText）的概念。超文本能使电子文档彼此之间直接相连。基于超文本概念工作的最终结果形成了人们今天熟知的 WWW（World Wide Web）。标准的格式化语言，诸如 HTML（HyperText Markup Language）及与它相类似的其他语言，使得 Web（环球网）页面可以显示经过格式化的文本，图像和多媒体信息。利用 Web 浏览器可以阅读 HTML 文档，访问和下载相关的文件与软件。

1993 年，发布了 Mosaic，它是一种图形化的易于使用的浏览器。Mosaic 使 Web 开始流行。Web 最初仅仅只是 Internet 的一个组成部分，时至今日它最受人们的喜爱和欢迎，以至 Web 几乎成为了 Internet 的同义词。

在20世纪90年代,个人计算机的功能愈强而同时价格愈廉,数以百万计的人们在办公室和家中使用个人计算机。因特网服务提供商(ISP)开始为用户提供拨号上网,网上冲浪已由时髦成为普及。环球网已愈来愈成为人们的媒介工具、购物手段和投资渠道。据估计,今天可供检索的Web页面达10亿以上。

没有任何人控制Internet,它不是一个单个的整体或地域上座落于某一特别的地点,Internet通常被定义为网络的网络。今天,全世界有数以10万计的网络,它们从属于不同国家的不同机构、公司、组织甚至个人。这些网络全都与因特网服务提供商相连,从而在世界范围内啮合在一起,这就是Internet,也即互联网络。

1.1.2 互联网络如何工作

与因特网相连的计算机分为两种类型:服务器(server)与客户机(client)。通常,为个人用于文字处理、网上浏览、电子邮件等等的桌面计算机和笔记本电脑均属于客户机。客户机通过拨号调制解调器或所在的网络与Internet相连。服务器一天24小时均保持与Internet相连,从不间断。服务器中存放着Web页面,发给客户的电子邮件也储存其中,直到客户取走为止。

服务器与客户机通过称为TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol,传输控制协议/互联网协议)的包系统进行通信。服务器与客户机之间以包方式传输数据,像信封一样,每一个包都标记有目的地(destination,也称为信宿)的地址。

在传输过程中,每一个包要通过一连串的路由器,因特网中的网络通过路由器相连。每一个路由器决定传送包的最为有效的路径。由于不必计较怎样传输包以及包以怎样的次序到达,因此路由器可以变更包的前进路径以便绕过瓶颈或失效的连接。一旦目的计算机接收到了所有的包,它就把信息重组成为初始的状态。

除了接收与转发包外,路由器还连接不同类型的网络。它可以把一种类型网络的数据(例如以太网)转换及发送给另外一种网络(例如令牌环网)。所有这一切的发生迅速而无缝,其细节对用户是透明的。

各网络可以互相通信,因而网络的安全问题也就成为了人们关注的首要问题之一。通过检查从外部进入网络的每一个信息,防火墙(firewall)防止对私有网络的非授权访问。防火墙可由硬件或软件或者两者的结合构成。

因特网在很大的程度上也影响到了内部网络的建设方式。仿照因特网的方式,也即基于浏览器和Internet协议,构建的内部网称为Intranet。Intranet看起来就像是因特网中的一个Web站点,但它仅限于在一个机构的内部使用。Intranet加防火墙已经成为一种通行模式。

1.1.3 互联网络的未来

有把握的几点是:由于因特网上信息流通量的日趋膨胀,因而需要更高带宽的网络;在因特网上传送声音的技术VoIP,可以大大节省人们使用传统长途电话的费用,必将大受欢迎;把语音邮件、传真、电子邮件和寻呼信息捆绑在一起的一体化信息将更加流行;通过各自独立的网络分别提供数据、声音、视频服务的情形将开始改变,三网合一的趋势已开始形成;今天的技术使得越来越多的人远程办公(Telecommuting)成为可能,这不仅方便了雇员,同时也节省了公司的费用。因此,对网络远程登录的需求将会增加。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

1.2　开放系统互连(OSI)参考模型

1.2.1　OSI 参考模型

为了便于计算机系统的开放式互联,国际标准化组织(ISO,International Organization for Standardization)开发和公布了开放系统互连(OSI)参考模型,它是一个描述网络层次结构的模型,如图 1.1 所示。提出该层次结构参考模型是基于以下的理由:

- 把一个复杂的网络操作机制划分成为几个部分,便于学习和理解;
- 定义即插即用的标准接口,使不同厂商的产品可以相互兼容;
- 使工程师在设计开发某一层的新产品时无须重新设计较低层的产品;
- 促进不同网络模块功能的对称性,增进不同网络的互操作性;

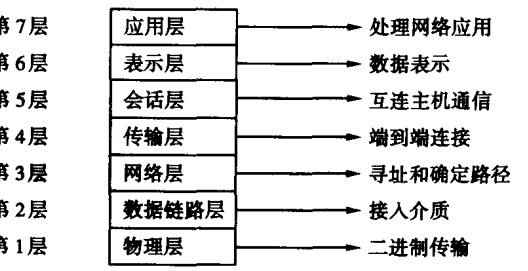

图 1.1　OSI 参考模型

- 防止某一部分的变化牵连到其他的部分,因此每一部分都可以更快地发展。

请注意和理解国际标准化组织开发与公布开放系统互连 OSI 参考模型的目的。国际标准化组织并非想借此定义互联网络应用与协议,而是为互联网络应用与协议提供一个总体框架。时至今日,互联网络应用与协议并不直接与 OSI 模型相符合,但是它们确实与从 OSI 模型原则中发展出来的标准相一致。

- 物理层(Physical Layer)　负责传输二进制位流。它接受来自数据链路层的数据帧,一次一个二进制位连续地传输数据帧的结构与内容。物理层也负责接受输入的数据流,一次接收一个二进制位。请注意物理层并不包括传输介质。物理层仅限于一些所需要的过程和机制,由它们负责把信号放到传输介质上,以及接收来自传输介质的输入信号。

- 数据链路层(Data Link Layer)　负责提供端对端的数据传输的正确性。在传送时,数据链路层负责把数据包装成为帧(frame)。帧是数据链路层的一种固有的结构,帧中包含有足够的信息,以确保数据能够成功地经过局域网络(LAN)到达目的地(也即"信宿")。数据链路层有其自己的地址结构,这一地址仅适用于同一数据链路层域的那些网络设备。为保证端对端的数据传输的正确性,目的节点必须首先验证帧内容的完整性,接着发送接收者的握手信号(acknowledge)。帧的发送节点必须接收到接收节点所发的握手信号。在接收时,数据链路层负责把物理层所接收到的二进制流还原为帧。

无论是局域网还是广域网,任何一种类型的通信都要求有物理层和数据链路层。物理层和数据链路层在一起提供的机制使得同一个 LAN 中的设备可以互相通信,如图 1.2 所示。

- 网络层(Network Layer)　网络层使网络的互联成为可能。网络层的协议负责建立信源(source)与信宿(destination)之间的通信路径。由于网络层缺乏自身的传输错误检测和纠正机制,因而网络层的协议假定传输层的协议(诸如 TCP)提供以上的功能。图 1.3 中有两个图 1.2 中的网络,两个网络通过一个路由器相连。路由器有效地隔离了图中的两个数据链路层

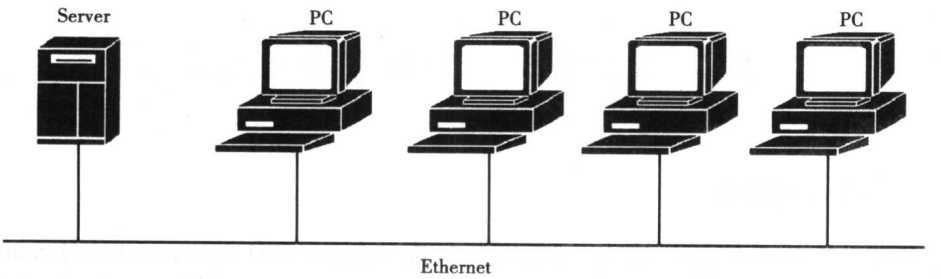

图 1.2　物理层和数据链路层捆绑在一起就足以进行局部通信

域，这两个域之间通信的惟一途径是通过使用网络层的地址。

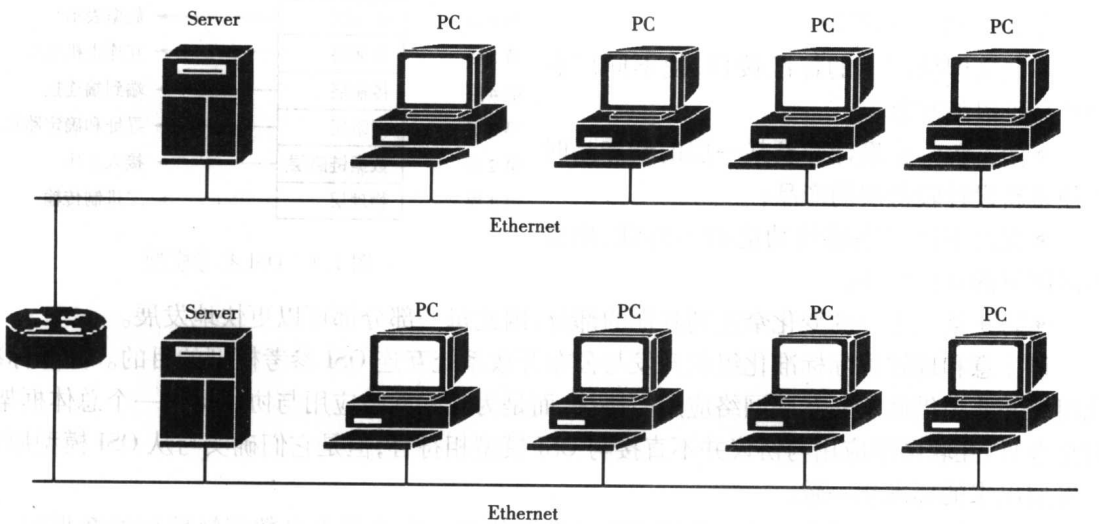

图 1.3　网络层用于传递网络之间的数据包

• 传输层(Transport Layer)　负责端对端的数据传输的完整性，因此其提供的服务与数据链路层有些相似。与数据链路层不同的是，传输层提供的这种服务超越了 LAN 的范围。传输层的另外一个重要的功能是对接受的包“重新”定序，使一个长信息所拆分成的那些包在接收端的顺序恢复成为它们被发送时的顺序。由于那些包的传送路径可能并非一致，或其中的几个包需要重发，因而接受方对包的原始序号的识别和初始顺序的恢复显然是必不可少的。与物理层和数据链路层的关系相类似，传输层与网络层往往密切相关。一个突出的例子是 TCP/IP，IP 是第 3 层协议，TCP 是第四层协议。

• 会话层(Session Layer)　很多协议把这一层的功能和传输层捆绑在一起。会话层服务的例子有远程调用(Remote Procedure Calls)，以及一些服务质量协议，诸如保留资源协议 RSVP。

• 表示层(Presentation Layer)　负责管理数据的编码方式，并非每一个计算机系统都采用相同的数据编码方式。表示层负责进行不兼容编码方式之间的转换，以保证一个系统应用层发出的数据能被另一个系统的应用层读出。例如 ASCII(American Standard Code for Information Interchange)与 EBCDIC(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)互不兼容。表示层可用来调整浮点数格式之间的差别，提供加密与解密。

• 应用层(Application Layer)　请注意:这一层并不包括用户的应用。应用层提供用户的应用与网络服务之间的接口,可以把应用层看做是进行通信会话的起源。例如,一个电子邮件客户要求(从邮件服务器)接收新邮件,这一客户应用自动地产生一个对应用层相关协议的请求,开始一次通信会话以得到所需要的文件。

1.2.2　对等通信

一个传输系统的每一层使用其自身的协议与接收系统的对等层进行通信。统称对等层之间每一层协议交换的信息为协议数据单元 PDU,每一层的 PDU 有其具体的名称,例如传输层的 PDU 称为段(segment),网络层的 PDU 称为包(packet),数据链路层的 PDU 称为帧(frame),如图 1.4 所示。

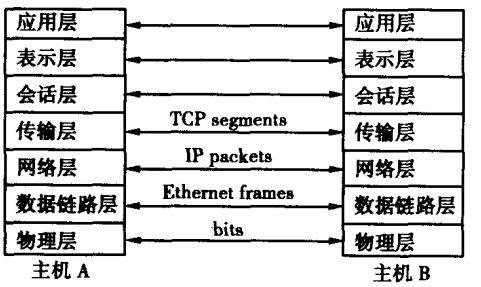

图 1.4　TCP/IP 定义传输层协议 PDU 为 TCP 段

对等层协议通信依赖于下层提供的服务,任一指定层的下一层提供服务给指定层,每一较低层把较高层的信息作为自己的 PDU 的一个组成部分。因此,TCP 段成为网络层包的一部分在 IP 对等层之间交换。同样地,IP 包必定成为数据帧的一部分在直接相连的设备之间交换。最终,数据帧成为二进制位,由使用硬件设备的物理层协议传送。

1.2.3　数据封装及首部

数据在传送前必须打包,称该过程为封装。封装数据有些类似寄信,给信套上信封,信封上写上收信人和寄信人的地址。OSI 模型中的每一层取决于它的下一层的服务功能。为提供服务,较低层使用封装把来自它的上一层的 PDU 放入其数据域中,然后较低层添加上为其功能所要求的首部及尾部,如图 1.5 所示。例如,数据链路层为网络层提供服务,它把来自网络层的信息封装成为帧。帧的首部包含着为完成链路层功能所必须的信息(例如物理地址)。物理层为数据链路层提供服务,服务中包括把数据链路帧编码成为 1 和 0 的格式交给介质传送。

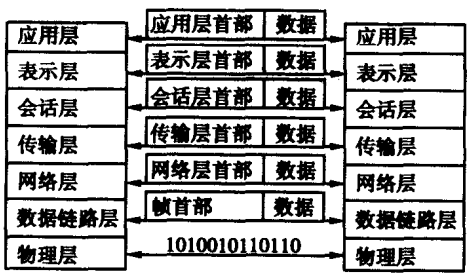

图 1.5　当数据从层 1 向下穿过各功能层时,数据的前方被不断地套上穿过层的首部

当因特网在为用户服务时,所传送的信息流和包装不断改变。从传输层开始,一共发生 5 次封装,如图 1.6 所示。

①生成数据　一个用户要求打开一个指定的页面,他发送 URL(Uniform Resource Locator)给 Web 服务后台进程。用户的要求,包括 URL,被转换成为可在因特网上传送的数据。

②打包生成端到端传输的数据　传输层的首部被添加到数据的开始处。在本例中,首部是 TCP 首部,它指示数据要送给 HTTP(超文本传输协议)服务器进程。

③在头部加入网络地址　在传输层生成的 TCP 包的前面添加网络首部。网络首部包含信源及信宿的逻辑地址,在本例中是 IP 地址,网络设备根据地址选择包的前进路径。在本例中,网络层首部是 IP 首部,包含着浏览器用户的 IP 地址(信源地址)及 HTTP 服务器的 IP 地

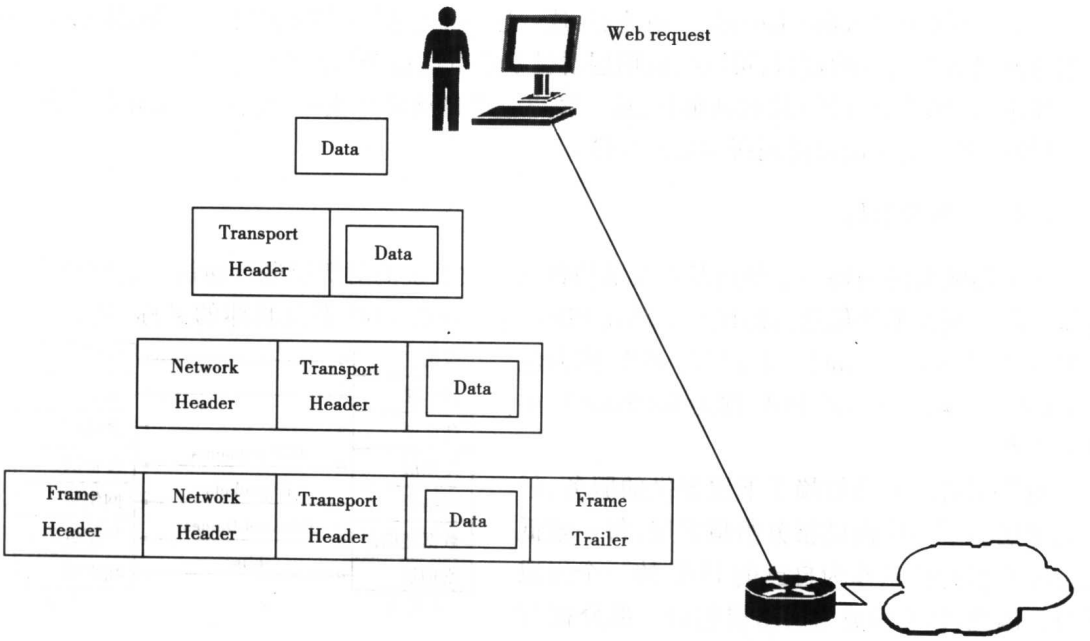

图 1.6　一个用户正在进行网上浏览。在 OSI 模型的每一层，相关的信息被封装进首部，以确保 HTTP 要求到达它的目的地

址（信宿地址）。

④把物理地址加入进数据链路层的首部　每一个网络设备必须把数据打包成数据帧，这样一个设备就可以通过本地接口与网络的一个指定的接口进行通信。帧允许连接到链路中下一个直接与本设备相连的设备。帧的类型必须与数据链路的类型相匹配。例如，如果数据将要被发送到以太网上，采用 Ethernet Ⅱ 帧格式，那么来自网络层的包被放入 Ethernet Ⅱ 帧中。在本例中，HTTP 的要求在 Ethernet Ⅱ 帧中被加上一个本地路由器的地址。

⑤帧转换成二进制格式　以便在介质上传输。

1.3　互联网络的编址

1.3.1　互联网络的地址结构

所谓互联网络的地址指的是互联网协议（Internet Protocol）所实现及采用的地址，也即平时所说的 IP 地址。IP 协议于 1981 年 9 月标准化，形成了 IP 协议的第 4 版本 IPV4（IP Version 4）。IP 协议的新版本 IPV6 已经问世，但它的推行尚有时日。在本书中仅介绍 IPV4 地址，简称 IP 地址。

像其他的网络一样，IP 地址由两个部分组成：网络号和主机号，如图 1.7 所示。

示意图 1.7 中的网络号用单个英文字母表示，某一个网络中的主机号用一位十进制数字表示。由图可知，对某一个网络中的所有联网设备而言，它们的网络号是相同的，而主机号是各不相同的。比如，图 1.7 中左边的网络号是 A，网 A 中共有 3 台设备。网络号加主机号就惟一确切地标识了整个因特网中的一台设备。比如地址 A.2 表示网络 A 中编号为 2 的服务器，

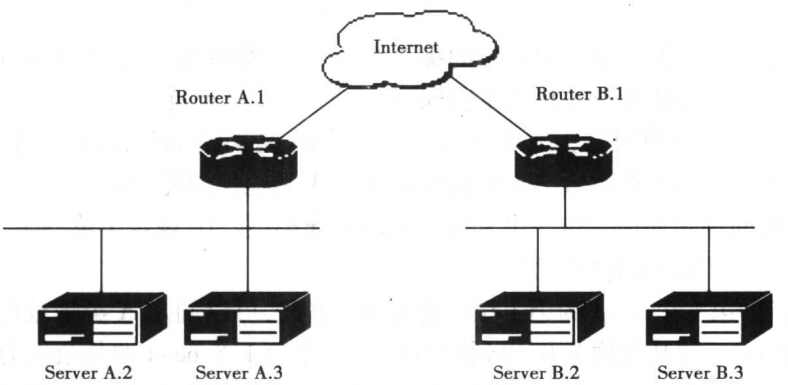

图 1.7　因特网采用两层结构的地址

由于地址 A.2 在整个因特网中是惟一的，所以它所代表的设备也是惟一的。因特网可容纳的网络数量和主机数量是有限的，其数量的上限由地址长度确定。比如图 1.7 中最多可有 26 个网络，每个网络最多可有 10 台主机。由此可知，因特网的地址，即 IP 地址是一种宝贵的网络资源。

1.3.2　IP 地址格式

IP 地址采用 32 位的二进制地址，因此，因特网最多可支持 4 294 967 296 个地址。为了便于人们识别，首先把 32 bit 的地址分为 4 个 8 bit 的二进制数，彼此之间用圆点“.”分隔，称一个 8 bit 的二进制数为 octet（之所以称它为 octet 而不是称为字节，是因为有些计算机的字节并非 8 bit。）；接着再把每一个 octet 用十进制数表示。这就是点分十进制格式的 IP 地址，如图 1.8所示。

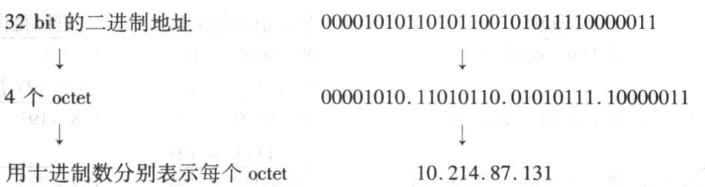

图 1.8　点分十进制格式的 IP 地址

上面已经讲过，网络地址由网络号和主机号两个部分组成。其他的协议，诸如 NetWare 和 AppleTalk，由于最初是为较小规模的网络设计的，所以网络号和主机号在地址中占用的位数是固定的。而 IP 地址的最突出的特点是，它的网络号和主机号在地址中占用的位数不是固定的，而是可以变化的。因此，IP 地址可以很好地适应不同规模的网络编址的需要。

IP 地址使用 32 bit 或 4 个 octet。IP 地址分有类型，通常用的最多的 A 类、B 类和 C 类 IP 地址的格式如图 1.9 所示。

A 类地址：	N	H	H	H
B 类地址：	N	N	H	H
C 类地址：	N	N	N	H

图 1.9　A 类、B 类和 C 类 IP 地址的格式。N——网络，H——主机

A 类地址适用于大型网络。地址中的第一个 octet 是网络部分，后 3 个 octet 是主机部分。A 类地址中的网络数量非常有限，仅为 256 个，而每个网络中主机的最大数量可为 2^{24} 或

16 777 216。

B 类地址适用于中型网络。地址中的头 2 个 octet 是网络部分，后 2 个 octet 是主机部分。B 类地址所支持的网络数量与主机数量相同，都是 2^{16} 或 65 536 个。

C 类地址适用于小型网络。地址中的头 3 个 octet 是网络部分，最后 1 个 octet 是主机部分。C 类地址所支持的网络数量与主机数量正好与 A 类地址情况相反。

现在面临的问题是如何判定一个具体地址的所属类型。IP 规定了第一个 octet 规则，即由第一个 octet 的某几位表示地址的类型。

对 A 类地址，第 1 个 octet 的第 1 位一定是 0。据此，可以确定 A 类地址的网络编号的值范围：令第 1 个 octet 的其余位为 0，得到最小值是 0；令第 1 个 octet 的其余位为 1，得到最大值是 127。由于 0 和 127 有其他用途而被保留，所以 A 类地址的第 1 个 octet 的值范围是十进制数 1 至 126。

对 B 类地址，第一个 octet 的第 1 位一定是 1，第 2 位一定是 0。据此，可以确定 B 类地址的网络编号的值范围：令第 1 个 octet 的其余位为 0，得到最小值是 128；令第 1 个 octet 的其余位为 1，得到最大值是 191。所以 B 类地址的第 1 个 octet 的值范围是十进制数 128 至 191。

对 C 类地址，第一个 octet 的头 2 位一定都是 1，第 3 位一定是 0。据此，可知 C 类地址的第 1 个 octet 的值范围是十进制数 192 至 223。

为醒目起见，以上的结论归纳在图 1.10 中。

迄今为止，IP 地址的规定或机制看起来相当简单。一个路由器或者主机读取地址的第 1 个 octet，如果它的第 1 位是 0，则由 32 bit 地址的最左 8 bit 决定网络地址部分；如果第 1、2 bit 是 10，则由 32 bit 地址的头 16 bit 决定网络地址部分；如果第 1 个 octet 的最左 3 bit 是 110，则由 32 bit 地址的头 24 bit 决定网络地址部分。但是，实际上 IP 地址的机制要远比以上的介绍复杂得多。

规则	最小值与最大值	10 进制范围
对 A 类地址，第 1bit 一定是 0	**0**0000000 = 0	1 ~ 126
	01111111 = 127	(0 和 127 被保留)
对 B 类地址，第 1、2 bit 一定是 10	**10**000000 = 128	128 ~ 191
	10111111 = 191	
对 C 类地址，第 1、2、3 bit 一定是 110	**110**00000 = 192	192 ~ 223
	11011111 = 223	

图 1.10　IP 地址的分类规则

(D 类地址作为组播使用，D 类地址第 1 个 octet 的头 4 位一定是 1110。E 类地址保留给 IETF 自己使用，E 类地址的头 4 位一定是 1111。此外，RFC 1918 规定了可供各个组织机构私用的保留地址，它们是：10.0.0.0 ~ 10.255.255.255，172.16.0.0 ~ 172.31.255.255，192.168.0.0 ~ 192.168.255.255。)

IP 地址机制的发展和进化始终围绕着如何充分利用 IP 地址资源这一主题。假定 IP 地址的规则仅仅只限于如图 1.10 给出的分类规则的话，则 IP 地址资源的浪费会是惊人的。举一个简单的例子：假定一个公司需要 300 个 IP 地址，单个的 C 类地址(254 个地址)不足以满足要求，而如果分给它 2 个 C 类地址的话，则不但会造成大量的浪费，而且在同一个公司中形成两个独立的地址域。这样一来因特网路由器的路由表对该公司就得设置 2 个表项，加重了路由器的负担。而如果分给它 1 个 B 类地址的话，则不但会造成 65 234 个地址的浪费，而且，如果一个组织机构要求支持的主机数多于 254 个，就分配给它一个 B 类地址的话，则 B 类地址早已消耗殆尽了。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com