

高等学校计算机网络工程专业规划教材

网络应用程序设计

方 敏 张 彤 编著

西安电子科技大学出版社
[http:// www.xduph. com](http://www.xduph.com)

~~★~~ 高等学校计算机网络工程专业规划教材

网络应用程序设计

方敏 张彤 编著

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书的特点是集原理、技术和应用于一体，重点突出网络的高级编程，讲解网络编程中使用的技术、方法，以及网络程序设计的实例。主要内容包括网络程序设计基础、基于套接字的编程方法、进程间的通信方法、Web 服务器程序设计、网络数据库应用编程以及流媒体程序设计。本书每章末尾附有习题，供学生平时练习之用。

本书适合作为计算机专业本科及其他相关专业的网络应用程序设计教材，对于从事计算机应用和开发的技术人员也具有很高的参考价值。

★本书配有电子教案，需要的老师可与出版社联系，免费提供。

图书在版编目（CIP）数据

网络应用程序设计 / 方敏等编著. —西安：西安电子科技大学出版社，2005.8
高等学校计算机网络工程专业规划教材

ISBN 7-5606-1566-X

I. 网… II. 方… III. 计算机网络-程序设计-高等学校-教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 085464 号

策 划 臧延新 云立实

责任编辑 潘恩祥 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社（西安市太白南路 2 号）

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18.25

字 数 427 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 21.00 元

ISBN 7-5606-1566-x / TP·0841

XDUP 1857001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

前 言

Linux 系统的一个主要特点是它的网络功能非常强大。随着网络的日益普及，基于网络的应用也将越来越多。在这个网络时代，掌握了 Linux 的网络编程技术，在职场上就有了一定的资本和相当的竞争力。学习 Linux 的网络编程，可以让我们真正地体会到网络的魅力。想成为一位真正的网络编程高手，必须掌握网络编程技术。在这里大家会领略到 Linux 网络编程的奥妙，

本书详细介绍了在 Linux 环境下网络编程的方法，全书分为五部分。第一部分为“网络基础”，主要讲述 TCP/IP 协议簇，尤其是与编程相关的部分，并说明了网络编程环境。第二部分为“套接字”，这是网络编程的核心，在此通过讲解套接字库函数、TCP 套接字、UDP 套接字及相应的应用实例，使读者能够编写基本的网络程序。第三部分介绍进程的概念及进程间的通信方法，讲述 Linux、UNIX 网络开发过程中常用的技术，如并发服务器技术、名字和 IP 地址转换、同步及进程间通信技术、异常处理技术、实用套接字类库的创建，说明如何提高软件的性能、可靠性和可扩充性，并配有大量实例予以说明。第四部分为“高级网络编程”，主要涉及底层 IP 编程技术，可用于路由器、网络监视器及专用协议的开发，介绍了守护进程、原始套接字、数据链路访问、多接口捆绑及路由套接字技术。第五部分介绍了基于 Web 浏览器的编程、网络数据库的应用编程以及流媒体程序设计等编程方法。

本书内容涉及 Linux、UNIX 和 Windows 系统的网络协议及编程技术，并由浅入深地讲述了网络编程核心技术、实用技术和高级网络编程。本书既是计算机本科专业网络编程的基础课教材，也是从事网络开发人员的参考资料，亦可作为学习 UNIX 网络编程知识的自学教材。

本书的第 1~6 章、第 8 章由方敏编写；第 7 章、第 9~11 章由张彤编写，全书由方敏统稿。在本书的编写过程中，任敬等进行了部分文稿的录制，并得到了西安电子科技大学计算机学院领导和同事的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了国内外一些教材，也包括互联网上提供的技术资料。在此，编者对参考书籍和参考资料的著作者表示深深的谢意。

由于时间仓促，加之编著者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者给予批评指正。

编 著 者
2005 年 5 月

出版说明

计算机技术和通信技术的结合形成的全球互连网络已经把人类社会带入了以互联网为中心的信息时代。目前网络技术日新月异,网络已成为承载信息经济运转的高效平台,但是我国的网络工程专业人才还很缺乏,与IT产业的飞速发展很不适应,不能满足社会各行各业对网络专业人才的需求,因此培养具有计算机技术和网络技术方面的理论基础,具备系统工程和综合能力,能够从事网络规划、网络工程设计、网络维护和管理、网络安全防护等工作的专业技术人才成为当务之急。许多高校看到了这一趋势,纷纷开设了网络工程专业,但是缺乏能够满足当前教学要求的系列教材。为此,西安电子科技大学出版社聘请了西安交通大学、华南理工大学、西安电子科技大学、西安理工大学、山东科技大学、空军工程大学、杭州电子科技大学、西安邮电学院、成都信息工程学院等9所高校长期在教学科研第一线的专家教授,组成了高等院校计算机网络工程专业教材编审专家委员会,对网络工程专业的教学计划和课程大纲进行了反复研究、充分讨论,通过招标方式筛选并确定了系列书的主编院校及作者,争取在一年时间里出版并推出整套教材。

由于网络工程专业是各高校新开办的专业,各高校的课程设置和教学要求不尽相同,因此这套教材尽可能系统地覆盖了网络工程专业的主要课程和相关知识,反映网络技术的最新进展和研究成果,在介绍基本理论和基本方法的基础上,特别突出工程实践的重要性的内容的新颖性,重点培养学生从事实际工程的研发能力。在写作风格上,本套教材力求逻辑严谨,语言明快,形式活泼,可读性强。本套教材的作者都是长期从事网络教学的骨干教师,他们较高的学术水平和丰富的教材编写经验是这套丛书顺利出版的保障,在此向他们表示衷心的感谢。

这套经过精心策划和组织的系列教材的出版,不仅是对网络工程专业教学改革的有益探索,而且也积极推动了该专业的教材建设,我们将听取来自各方面的建议,通过不断的改进,使这套教材能够得到各院校的认可和更趋完善。

系列教材编委会
2005年2月

高等学校计算机网络工程专业 教材编审专家委员会

- 主任:** 冯博琴 (西安交通大学计算机教学实验中心主任, 教授)
- 副主任:** 李仲麟 (华南理工大学计算机科学与工程学院副院长, 教授)
- 武 波 (西安电子科技大学计算机学院副院长, 教授)
- 韩俊刚 (西安邮电学院计算机系主任, 教授)
- 万 健 (杭州电子科技大学软件学院院长, 教授)
- 成 员:** (按姓氏笔画排序)
- 方 敏 (西安电子科技大学计算机学院)
- 王宣政 (西安邮电学院计算机系)
- 邹书蓉 (成都信息工程学院计算机系)
- 李军怀 (西安理工大学计算机科学与工程学院)
- 周 杰 (华南理工大学计算机科学与工程学院)
- 孟晓景 (山东科技大学信息学院)
- 徐 明 (杭州电子科技大学计算机学院)
- 徐振明 (成都信息工程学院计算机系)
- 夏靖波 (空军工程大学电讯工程学院网络工程系)
- 雷震甲 (西安电子科技大学计算机学院)

目 录

第 1 章 网络编程概述.....1	2.7.1 域名系统..... 54
1.1 计算机网络概述.....1	2.7.2 域名服务器..... 56
1.2 网络模型.....3	2.8 基于 IP 和域名的通信编程..... 57
1.2.1 ISO/OSI 网络体系结构研究方法.....3	2.9 基于 TCP 套接字编程示例..... 59
1.2.2 ISO/OSI 参考模型.....4	习题..... 62
1.3 网络协议.....5	
1.3.1 网络协议层次.....5	
1.3.2 TCP/IP 协议簇.....6	
1.4 网络编程模式与编程接口.....13	第 3 章 UDP 套接字与原始套接字的编程..... 64
1.4.1 客户机/服务器模式(C/S 模式).....13	3.1 概述..... 64
1.4.2 浏览器/服务器模式(B/S 模式).....14	3.2 UDP 套接字编程..... 65
1.4.3 编程接口.....16	3.2.1 服务器编程示例..... 66
1.5 服务方式.....16	3.2.2 UDP 客户机编程示例..... 68
1.6 编程基础.....17	3.3 连接 UDP 套接字的功能..... 70
1.6.1 Linux 系统的基本术语.....17	3.4 UDP 编程中的错误检测及处理方法..... 71
1.6.2 标识符.....20	3.5 UDP 套接字在 OICQ 服务中的应用..... 74
1.6.3 文件.....22	3.6 原始套接字..... 77
1.6.4 计算机网络基本术语.....26	3.6.1 原始套接字定义..... 77
习题.....28	3.6.2 ICMP 协议中原始套接字的应用..... 78
	3.6.3 IP_HDRINCL 选项..... 82
	3.7 服务器编程模型..... 83
	3.7.1 循环服务器..... 83
	3.7.2 并发服务器..... 87
	3.7.3 并发服务器：多路复用 I/O..... 94
	习题..... 94
第 2 章 基于 TCP 套接字的编程.....29	
2.1 概述.....29	
2.2 套接字和套接字地址.....29	
2.2.1 套接字.....29	
2.2.2 套接字地址.....31	
2.2.3 IP 地址的使用.....32	
2.3 基本套接字函数.....33	
2.4 高级套接字函数.....41	
2.5 多路复用.....51	
2.6 网络字节传输顺序及主机字节顺序.....52	
2.6.1 网络字节顺序与主机字节顺序.....52	
2.6.2 字节处理函数.....53	
2.7 DNS 与域名访问.....54	
	第 4 章 进程与信号机制..... 95
	4.1 概述..... 95
	4.2 信号..... 95
	4.2.1 信号的产生..... 96
	4.2.2 信号的类型及定义..... 96
	4.2.3 可靠信号..... 99
	4.2.4 实时信号与非实时信号..... 99
	4.2.5 设置进程对信号的响应..... 99

4.3 进程间的关系及相互制约.....	102		
4.3.1 进程的创建.....	102		
4.3.2 进程的终止和父、子进程的同步.....	104		
4.3.3 系统调用 exec().....	106		
4.4 守护进程(daemon process).....	107		
4.4.1 守护进程的预处理.....	108		
4.4.2 守护程序框架.....	110		
4.4.3 inetd 守护进程.....	112		
习题.....	114		
第 5 章 进程间通信及实现方法.....	115		
5.1 管道.....	116		
5.2 命名管道.....	120		
5.3 消息通信.....	123		
5.4 共享内存.....	124		
5.5 信号灯.....	127		
5.6 UNIX 域套接字.....	129		
习题.....	136		
第 6 章 带外数据.....	137		
6.1 TCP 的带外数据.....	137		
6.2 带外数据标志.....	139		
6.3 OOB 传输套接字例程.....	141		
6.4 TCP 带外数据特性.....	147		
习题.....	148		
第 7 章 阻塞式/非阻塞式 I/O.....	149		
7.1 I/O 模型.....	149		
7.1.1 产生阻塞的原因.....	149		
7.1.2 产生阻塞的函数.....	150		
7.2 阻塞函数的编程.....	157		
7.2.1 阻塞式 I/O 的客户机编程.....	158		
7.2.2 阻塞式 I/O 的服务器编程.....	167		
7.3 非阻塞函数的编程.....	167		
7.3.1 非阻塞式 I/O 的客户机编程.....	168		
7.3.2 非阻塞式 I/O 的服务器编程.....	174		
7.4 信号驱动 I/O.....	177		
7.5 本章小结.....	179		
习题.....	179		
		第 8 章 Windows 网络编程.....	181
		8.1 Winsock 编程接口.....	181
		8.1.1 Winsock 的发展.....	181
		8.1.2 Winsock 规范的组成及适用范围.....	181
		8.1.3 Winsock 的主要特点.....	182
		8.1.4 Winsock 的启动和终止.....	182
		8.1.5 Winsock API 函数.....	184
		8.1.6 MFC Winsock 简介.....	201
		8.2 Windows 与 Linux 网络编程环境的 异同.....	201
		习题.....	202
		第 9 章 基于 Web 浏览器的编程.....	203
		9.1 关于 Web 服务.....	203
		9.2 HTTP 协议.....	204
		9.3 HTML.....	210
		9.4 Java.....	217
		9.5 本章小结.....	222
		习题.....	222
		第 10 章 网络数据库的访问与应用.....	223
		10.1 数据库访问技术.....	223
		10.2 数据库访问方法.....	224
		10.2.1 IDC 概述.....	224
		10.2.2 编程基础.....	225
		10.2.3 访问数据库.....	227
		10.3 ODBC.....	228
		10.3.1 ODBC 概述.....	228
		10.3.2 访问数据库.....	229
		10.4 ADO 和 RDS.....	232
		10.4.1 ADO 概述.....	232
		10.4.2 使用 ADO 访问数据库.....	234
		10.4.3 RDS 概述.....	235
		10.4.4 使用 RDS 访问数据库.....	237
		10.5 JDBC.....	238
		10.5.1 JDBC 概述.....	238
		10.5.2 JDBC 编程基础.....	240
		10.5.3 访问数据库.....	241

10.6 ADO.Net.....	242	11.4.3 文件压缩与解压.....	254
10.6.1 ADO.Net 概述.....	242	11.5 流式文件的制作.....	255
10.6.2 ADO.Net 编程基础.....	242	11.5.1 准备工作.....	255
10.6.3 访问数据库.....	243	11.5.2 音频文件.....	258
10.7 本章小结.....	244	11.5.3 视频文件.....	258
习题.....	245	11.5.4 文本和图像.....	259
第 11 章 流媒体程序设计.....	246	11.5.5 SMIL 语言.....	261
11.1 流媒体的概念.....	246	11.5.6 制作工具.....	263
11.2 流媒体技术的特点.....	246	11.6 流媒体的发布.....	268
11.3 流媒体类型.....	248	11.7 本章小结.....	269
11.4 流媒体的技术基础.....	249	习题.....	269
11.4.1 单播、广播与组播.....	249	附录.....	270
11.4.2 RTP 和 RTCP 协议.....	251	参考文献.....	279

第 1 章 网络编程概述

1.1 计算机网络概述

随着计算机技术的发展,以计算机为主体的各种远程信息处理技术应运而生,计算机与通信的结合也日益紧密。计算机网络就是计算机科学和通信科学密切结合的产物。20 世纪 60 年代初建立的美国航空公司飞机订票系统 SABRE-1,是由一台大型计算机和遍布美国约 2000 多台终端组成的联机终端网络。到 1969 年,美国国防部高级计划研究局研制的 ARPA 网正式开通,体现了计算机和通信的深度结合,也是计算机网络发展的里程碑。

计算机网络属于多机系统的范畴,它代表着当前计算机体系结构发展的一个重要方向。就通信学科的通信技术演变而言,计算机技术的应用是通信技术的基础。计算机在通信中的应用使数据通信和数字通信等新的通信技术和应用领域相继出现,并随计算机技术的发展而迅速发展。数据通信是继电报、电话之后的一种重要的通信方式。综合业务数字网(ISDN)已成为网络发展的重要方向。

20 世纪 70 年代末到 80 年代初,微型计算机有了突破性的进展。大量的微型计算机涌向社会,渗透到社会生活的各个方面。由于微型计算机有限的资源和较低的处理能力限制,加速了微机局域网的发展。局域计算机网络又推动了办公自动化系统、工厂自动化系统及实验室自动化系统的发展。局域计算机网络是继广域计算机网络发展之后又一个新的计算机领域。广域计算机网络和局域计算机网络互连,就会形成局部处理和远程处理,有限地域范围的资源共享和广大地域范围的资源共享相结合的网际网络。例如,美国 ARPA 网连接了 1000 多个广域网和局域网,形成了范围广泛的远程处理和局部处理相结合的庞大的网际网系统。

计算机网络的发展在计算机学科上有着重要的意义,特别是对计算机的系统结构有较大影响。计算机网络是一门综合性学科,它进一步扩大了计算机的应用范围,促进了包括计算机技术、通信技术在内的各个领域的飞速发展。

计算机网络经历了一个从简单到复杂,由低级到高级的发展过程。这个过程可分为三个阶段。

1. 以单计算机为中心的联机网络

早期计算机昂贵,只有数目有限的计算中心才拥有,而通信线路和通信设备使用的价格较便宜。为了共享主机资源,及时进行信息的采集和处理,计算机内部增加了通信功能,使远处的输入/输出设备通过通信线路直接和计算机相连,形成了联机终端网络这一主要的系统结构形式,如图 1-1 所示。图中 HOST 代表主机, T 代表终端, RLC 代表远程线路集中器。这种以单计算机为中心的联机网络称为第一代网络,是由单用户独占一个系统发展

到分时多用户系统的。

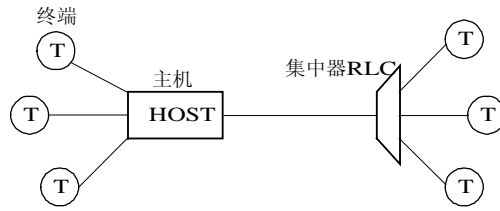


图 1-1 单处理机联机系统结构图

上述联机终端网络存在如下缺点：

- (1) 主机既要承担通信工作，又要承担数据处理，所以它负荷重、效率低。
- (2) 通信线路利用率低，特别是在终端远离主机时，分散的终端都要单独占用一条通信线路，费用高。

为了改正以上缺点，在主机和通信线路之间设置前置机来专门处理与终端的通信，将通信功能从主机中分离出来，使主机能集中更多的时间进行数据处理。在终端集中的区域设置集中器，大量终端先通过低速线路连到集中器上，集中器则通过高速线路与主机相连，如图 1-2 所示。

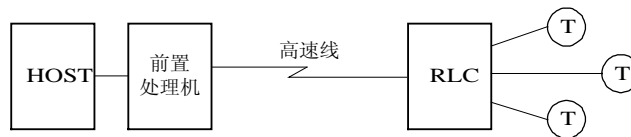


图 1-2 具有前置处理机的系统结构图

2. 计算机—计算机网络

计算机技术的发展和通信技术的进步使得多个单处理机联机终端网络可互连起来，形成多处理机为中心的网络。

利用通信线路将多个计算机连接起来一般有两种形式：第一种是通过通信线路将主计算机互连起来，主机承担数据处理和通信工作；第二种是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，把通信从主机中分离出来。由 CCP 组成的传输网络称通信子网，如图 1-3 所示。

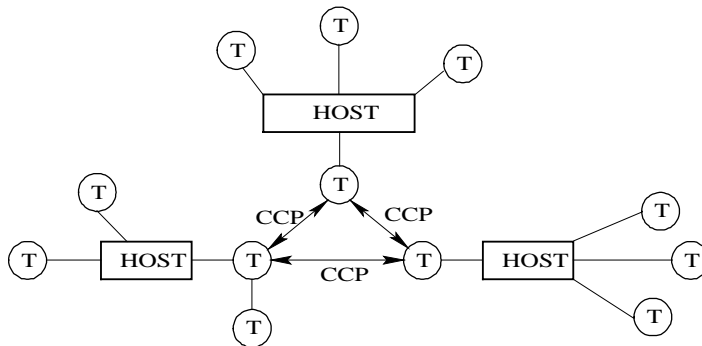


图 1-3 具有通信子网的计算机网络

通信子网规模进一步扩大成为社会公用的数据通信网,如图 1-4 所示。这种网络具有以下优点:允许异种机入网,兼容性好,通信线路利用率高。广域网及国家级的计算机网络大多采用这种形式。

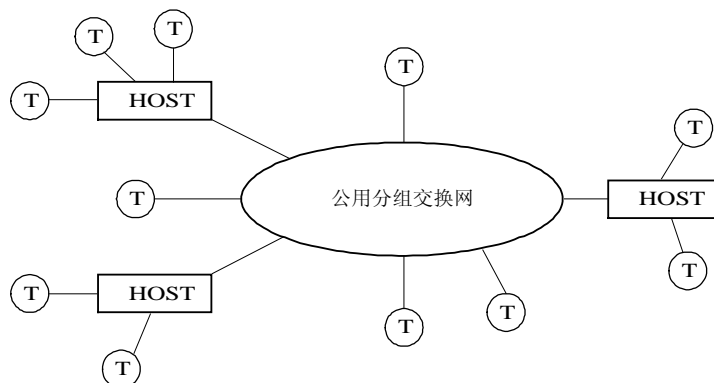


图 1-4 具有公用数据通信网的计算机网络

3. 体系结构标准化网络

随着诸多网络的出现,为了使网络的系统软件、网络硬件具有通用性,网络呈现了标准化发展的趋势。按体系结构标准化形成的网络称为第三代网络。

1) 各计算机制造商网络体系结构标准化

1974 年,IBM 公司首先提出了完整的计算机网络体系标准化的概念,宣布了 SNA(System Network Architecture)标准,并以该标准建立网络,称为 SNA 网。随后,DEC 公司公布了 DNA(数字网络系统结构),Unive 公司公布了 DCA(数据通信体系结构),宝来公司公布了 BNA(宝来网络体系结构)等。

2) 国际体系结构标准化

1979 年,国际标准化组织(ISO)成立了 TC97(计算机与信息处理标准化委员会)下属的 SC16(开放系统互连分技术委员会),制定了“开放系统互连参考模型(OSI)”,以便于异种计算机互连构成网络。1980 年,美国电子电气工程师协会成立 IEEE 802 局域标准委员会,制定了 IEEE 802 标准,使局域网的发展走向标准化。

1.2 网络模型

1.2.1 ISO/OSI 网络体系结构研究方法

世界上不同年代、不同厂家、不同型号的计算机系统千差万别,将这些系统互连起来就要彼此开放。所谓开放系统,就是遵守互连标准协议的实系统。实系统是指一台或多台计算机、有关软件、终端、操作员、物理过程和信息处理手段等的集合,是传送和处理信息的自治整体。采用抽取实际系统中涉及互连的公共特性构成的模型系统,然后研究这些模型系统,即开放系统互连的标准。这样就避免了涉及具体机型和技术的实现细节,还避

免了技术的进步对互连标准的影响。所谓模型化的方法，就是用功能上等价的开放系统模型代替实际开放系统。

模型化的方法按两步进行。第一步研究开放式系统的基本成分和涉及它们的组织及功能，构造开放系统互连的顺序式的七层模型，即应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层和物理层；第二步在七层模型的框架内详细和精确地描述抽象开放系统的功能，构成开放系统互连的服务和协议。ISO/OSI 七层模型、协议和接口如图 1-5 所示。

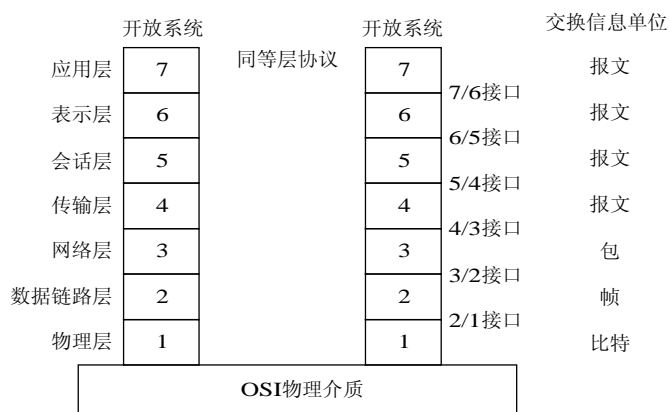


图 1-5 ISO/OSI 七层参考模型、协议和接口

OSI 参考模型是用来协调开发进程间通信的标准，它提供的仅是概念上和功能上的框架，为各层标准规定范围，并为各层标准的相容提供共同参考。

1.2.2 ISO/OSI 参考模型

开放系统互连 ISO/OSI 参考模型把网络通信的体系结构分为七层，如图 1-5 所示。这七层协议表示网络上的用户与用户要求通信时，其信息必须通过七层的内容所规定的处理之后，才能在物理介质上传输，以确保通信的可行性与通信的正确可靠性。

1. 分层的优点

OSI 参考模型是按分层的原则制定的，分层的概念在一些已有的通信协议中采用，OSI 继承了各种标准的这一特点，并把分层做得更加细致、合理。分层化的方法，为网络通信设计带来如下好处：

(1) 简化了网络通信设计的复杂性。网络通信是非常复杂的一个过程，把整个过程划分为数个功能层次，这样一来使得整个结构功能完整，层间分工清晰，层内功能单一且易于实现，使整个系统的实现成为简单化的可行过程，方便了设计。

(2) 根据所完成的处理或技术上明显的不同来划分层次，每一层的功能是固定的和具体的，要求也比较明确。不同的网络可以根据自己具体的条件，采用不同的方法去实现某一层的功能。虽然采用的方法各异，但只要符合协议标准要求，各系统或终端就可以连接起来进行通信。

(3) 由于采用了分层技术，在结构、硬件或软件方面出现了某些新技术或新方法的时候，很容易对某一层进行更新，以新的方法，新的技术取代老的方法与技术，易于实现技术的更新换代。

2. 分层的原则

在分层工作中必须解决把一个复杂的通信过程分成几层，如何分层以及把层次的边界定在什么地方等问题。为解决上述问题，为分层工作提出了一些原则：

- (1) 对技术或处理上有明显不同的控制功能，应建立独立的层次来完成。
- (2) 对每一层建立它与相邻上、下层的边界及连接的接口。
- (3) 建立层次边界的地方应该是需要将相应接口标准化且通过边界的交互信息量最少的地方。
- (4) 对容易局部化的功能建立一层，以便将来出现新技术、新方法时使得该层可以整体地重新设计，而不改变相邻层之间的关系。
- (5) 允许在一个层内改变功能和协议，而不影响其他层。
- (6) 把功能相似的集中到同一层。
- (7) 对过去已被经验证明是成功的层应保留。
- (8) 在同一层内，根据通信服务需要，可建立若干功能子层。

3. OSI 模型各层功能

- (1) 物理层，用来实现网内两实体间的物理连接，按比特串行传送数据信息。
- (2) 数据链路层，用以建立相邻结点之间的数据链路，传送按一定格式组织起来的比特信息，即数据帧。
- (3) 网络层，接收来自源机的报文，把它转换成报文分组(具有地址标识和网络协议信息的格式化信息组)，送到指定的目标机。
- (4) 传输层，提供一种独立于通信子网的数据传输服务，在网内两实体间建立通信信道，用以传输信息。
- (5) 会话层，在两个合作的实体之间建立通信关系，组织和同步它们的会话，并为管理它们的数据交换提供必要的手段。
- (6) 表示层，处理实体在通信时或者要传送时引用信息的表示、进行转换，以消除网内实体间的语义差异。
- (7) 应用层，是 OSI 参考模型的最高层，负责两个应用进程之间的通信，为网络用户间的通信提供专用程序包。

4. 层与层之间的关系

层与层之间的关系是上下连接的关系。下层对上层提供服务，每一层都利用下一层所提供的服务实现本层的功能，并为上层提供服务。信息传输在发送过程中是从高层到低层逐层传递的，在接收过程中则是从低层向高层传送的。

1.3 网络协议

1.3.1 网络协议层次

首先介绍两个概念：服务和协议。在层次模型的描述中，服务是指相邻层次间下层向

上层提供的一组操作，它定义的是对上层实现的特定功能。协议是指两个对等实体间同层次上进行通信时使用的规则。从这两个定义可以看出，协议可以通过协商而改变，但服务是不能变的。正如我们日常邮寄的信件，信封上寄件人和收件人地址的格式是可以改变的，这就可以看作邮局同用户协商的一组规则，但投递的服务是不会改变的，这就可以看作邮局提供的服务。

根据 OSI 参考模型定义的网络层次，不同层上都定义了不同的协议，下面介绍几个重要的通信协议：

● **TCP/IP**：传输控制协议/互联网协议，通常被称为 TCP/IP 协议簇。它使用了 OSI 参考模型中的五层，其中包含的协议以及与 OSI 参考模型的对比如图 1-6 所示。

应用层	DNS NFS SNMP TFTP	FTP POP SMTP Telnet	应用层
表示层			
会话层			
传输层	UDP	TCP	传输层
网络层	IP		网络互联层
数据链路层	(略)		网络接口层
物理层			

图 1-6 TCP/IP 与 OSI 参考模型的对比

- **TCP**：传输控制协议。它是面向连接的全双工协议。
- **IP**：互联网协议。它是无连接的，负责数据包的发送。
- **UDP**：用户数据报协议。提供非可靠数据报服务的无连接协议。
- **DNS**：域名系统。它是用分布式数据库实现的命名系统。
- **NFS**：网络文件系统。在不同的系统间达到文件共享的系统。
- **SNMP**：简单网络管理协议。
- **TFTP**：简单文件传输协议。
- **FTP**：文件传输协议。
- **POP**：邮局协议。
- **SMTP**：简单邮件传输协议。它只是完成通过一条链路传递消息的工作。
- **Telnet**：远程登录协议。

1.3.2 TCP/IP 协议簇

TCP/IP 协议最初是用来支持计算机和 ARPANET 网络之间通信的。World Wide Web 使用的也是 TCP/IP 协议。在 UNIX 系统中，首先带有网络功能的版本是 4.3 BSD。Linux 系统的网络功能就是以 UNIX 4.3 BSD 为模型发展起来的，它支持 BSD 套接字和全部的 TCP/IP 功能。下面讨论一下 Linux 系统是如何支持 TCP/IP 协议的。

图 1-7 描述了 TCP/IP 协议簇中的 TCP、UDP、IP、ICMP 协议同应用程序之间的关系。我们从应用程序开发的角度出发，讨论这几个协议的特性，重点讨论 TCP、UDP 协议为应用程序提供的服务。

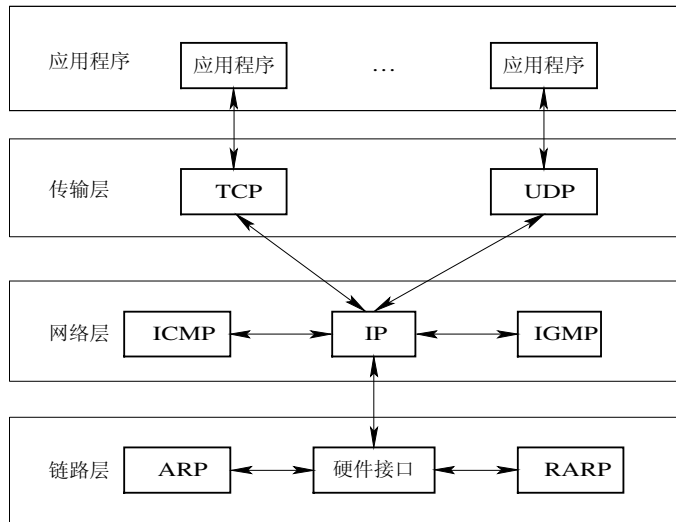


图 1-7 TCP/IP 协议

1. Internet 协议(IP)

网际协议 IP 是 TCP/IP 的核心协议,也是网络层中最重要的协议。IP 层接收由更低层(网络接口层,例如以太网设备驱动程序)发来的数据包,并把该数据包发送到 TCP 层或 UDP 层;同时,IP 层也把从 TCP 或 UDP 层接收来的数据包传送到更低层。IP 协议为高层提供了一种面向无连接的、不可靠的数据报传输服务,因为 IP 协议并没有采取任何措施确认数据包是否按顺序发送、有没有被破坏。IP 数据包中含有发送它的主机的地址(源地址)和接收它的主机的地址(目的地址)。高层的 TCP 和 UDP 服务在接收数据包时,通常假设包中的源地址是有效的。IP 地址是许多高层服务的认证基础,这些服务相信数据包是从一个有效的主机发送来的。

2. Internet 消息控制协议(ICMP)

ICMP 与 IP 位于同一层,它被用来传送 IP 的控制信息。ICMP 数据包被封装在 IP 数据包的数据部分中进行传输,如果发送 IP 数据包时发生错误,路由器使用 ICMP 协议来报告错误消息,同时也传送控制消息。PING 是最常用的基于 ICMP 的服务。

如图 1-8 所示,一个完整的 ICMP 数据报文包括 IP 首部、ICMP 类型、ICMP 代码、ICMP 校验和、ICMP 数据内容。ICMP 协议通过类型、代码的不同组合来表达不同的消息,表 1-1 显示了常用的数据报文的含义。



图 1-8 ICMP 数据报文格式

表 1-1 常用的 ICMP 数据报文

类型(type)	代码(code)	含 义
0	0	回显应答
8	0	回显请求
3	0	网络不可达
	1	主机不可达
	2	协议不可达
	3	端口不可达
9	0	路由器通告
10	0	路由器请求
11	0	传输期间生存时间为 0
	1	在数据组装期间生存时间为 0
13	0	时间戳请求
14	0	时间戳应答
15	0	信息请求
16	0	信息应答
17	0	地址掩码请求
18	0	地址掩码应答

3. Internet 组管理协议(IGMP)

多播路由器使用 IGMP 协议来查询多播组内有哪些主机，主机则在加入和退出多播组时使用 IGMP 协议向路由器发出通告，或者使用 IGMP 协议响应多播路由器的查询。

与 ICMP 协议类似，IGMP 数据包也是嵌入在 IP 数据包内进行传输的。IGMP 分为三个版本：IGMP v1、IGMP v2 和 IGMP v3，这几种版本的具体格式如图 1-9 和图 1-10 所示，括号内数字表示位数。

IGMP v1 数据成员的含义分别是：版本，表示版本号；类型，为 1 时表明是由多播路由器发出的查询报文，为 2 时表明是主机发出的报告报文；校验和，与 ICMP 的校验和作用相同；组地址，为 D 类 IP 地址。在查询报文中组地址设置为 0，在报告报文中组地址为要参加的组地址。IGMP v2 将 IGMP v1 中的版本和类型合为一种数据成员，含义未变；最大响应时间只在查询报文中有效，默认值是 10 s。

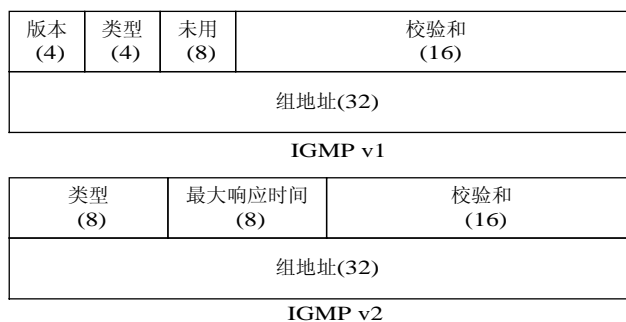


图 1-9 IGMP v1 和 IGMP v2 数据包格式