

高等学校电子信息类专业
“十二五”规划教材

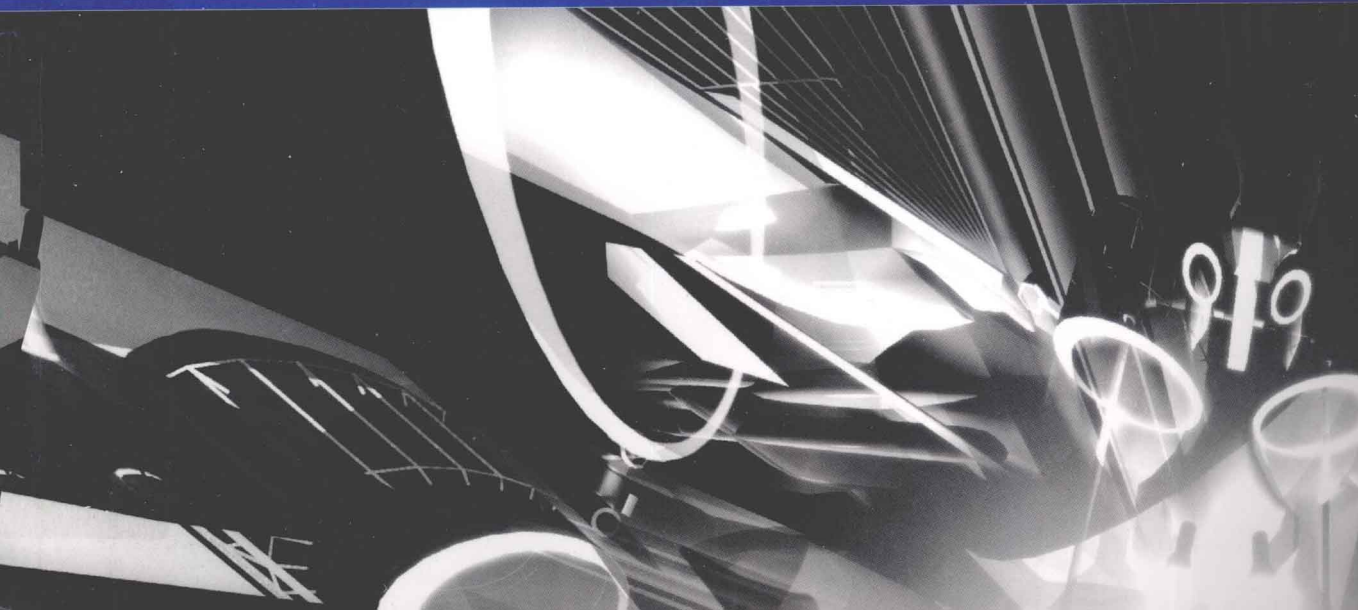
*ELECTRONIC
INFORMATION SPECIALTY*

通信网络程序设计

主编 王晓东
主审 夏靖波



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



内 容 简 介

全书共四篇(12章)一附录。第一篇为通信网络编程基础,共2章,分别为概论(第1章)、程序设计基础(第2章);第二篇为通信程序设计基本方法,共5章,分别为串口网络编程(第3章)、NetBIOS网络编程(第4章)、IPX/SPX网络编程(第5章)、TCP/IP网络编程(第6章)、直接网络编程(第7章);第三篇为通信程序设计辅助技术,共4章,分别为多线程程序设计技术(第8章)、链接库技术(第9章)、面向对象技术(第10章)、P2P技术(第11章);第四篇为应用层网络编程,仅1章,即第12章;附录为网络编程参考(6个子附录)。

本书的程序设计在开发平台、开发环境、编程语言、编程接口方面有以下约定:采用Windows XP操作系统、VC++6.0编译器(部分使用VC++2005)、C/C++语言、Windows API和MFC类库编程接口,对于其他方面的第三方工具和相关其他领域知识仅加以简单介绍。

本书可用作高等学校电子信息类相关专业的高年级本科生与研究生教材,也可供从事有关应用程序开发的科研人员和爱好者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

通信网络程序设计/王晓东主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2011.9

高等学校电子信息类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2670-3

I. ①通… II. ①王… III. ①通信网—网络编程—高等学校—教材 IV. ①TN915

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第176088号

策 划 云立实

责任编辑 任倍萱 云立实

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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 22.5

字 数 535千字

印 数 1~3000册

定 价 39.00元

ISBN 978-7-5606-2670-3/TN·0627

XDUP 2962001-1

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

当今社会处于信息化时代,新的通信方式已使人类社会几乎所有行业发生了质的变化。网络通信系统经过近几十年的建设与成长,可以利用的通信资源触手可及,再加之计算机系统的普及与便携化,想建立异地之间的通信联络也变得易如反掌。然而,人们已经不再满足于简单的信息交互,而是更加倾向于个性化的通信应用,但行业、平台、理念之间的差异,加剧了这种个性化的倾向,好在开放式的通信协议和计算机网络系统的通用性都为满足这种个性化的需求打开了方便之门。对于组成网络通信系统的硬件与软件,硬件往往是相对稳定和高成本的,软件是可变和低成本的,更能发挥人的个性化和创造力,因此网络程序设计这门新技术在近近年来盛行不衰,成为现代科学技术的持续热点。

网络程序设计因其应用目的、开发层面、开发平台、开发环境、模式机制、通信协议、编程语言、编程接口等存在差别,开发方法的区别也很大。应用目的可以是网络通信、网络管理、网络安全、网络监测;通信协议包括 TCP/IP、NetBIOS、IPX/SPX 等;开发层面以 TCP/IP 协议为例可以是链路层、网络层、传输层、应用层;开发平台包括 UNIX、Linux、Windows 等操作系统;开发环境可以是 GCC、Turbo C、VC、Delphi、Eclipse 等 IDE 环境;模式机制可以选择 B/S、C/S;编程语言包括 C、Java、Pascal、VB 等;编程接口有操作系统提供的 API、类、框架等。所以对于程序员来说,可选择的程序设计手段也非常多样。根据大多数程序员的编程经验和市场地位,本书在开发平台、开发环境、编程语言、编程接口方面主要选择 Windows 操作系统、VC++ 6.0 编译器(部分使用 VC++ 2005)、C/C++ 语言、Windows API 和 MFC 类库等来组织编程学习内容,对于其他方面的相关知识则仅加以简单介绍。

与同类型图书相比,本书主要具备以下优势和特色:

- (1) 大部分配套程序提炼出了明确化的设计步骤,逻辑明晰,便于理解。
- (2) 按照 45 分钟课时的授课量,平衡分配知识点,既方便了教师的教学安排,又适合学生自学。
- (3) 以面向过程的编程思想为出发点,编程接口从 API、类库到链接库,编程模式从 C/S 到 B/S,编程协议从串口、IPX/SPX、NetBIOS 到 TCP/IP,这种由易到难的内容安排,特别适合初学者学习。同时本书对未深入介绍的知识内容也有提示,并指明了可进一步学习内容的索取路径。
- (4) 强调网络通信原理与网络编程的关系,揭示了程序设计中的深层次机理,对没有网络通信专业基本原理和知识的学生也适合用。
- (5) 对网络程序设计任务、概念基础、工具方法进行了系统的总结和评述,对知识内容的学习在方法论上提供了指导。

(6) 紧密结合网络应用，内容涵盖了网络程序设计面临的通信、管理、安全等应用，具有全面性。

本书第1章由夏靖波编写，第2章由罗红编写，第3章由钱渊编写，第5章由智英建编写，第7章由杜华桦编写，其余章节由王晓东编写。全书由王晓东统稿、夏靖波审定。

本书可用作高等学校电子信息类相关专业的高年级本科生与研究生教材，也可供从事有关应用程序开发的科研人员和爱好者参考使用。

必须声明，网络编程是一项综合技术，使用者不仅要具备程序设计知识，还需要了解通信、操作系统、数据库、信号编码、网络安全等多个电子信息类专业领域知识。本书只是引导读者入门，更加深入的掌握与运用还需读者在实践中不断磨练。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2011年7月

目 录

第一篇 通信网络编程基础

第 1 章 概论	2	2.1.4 回调函数	19
1.1 通信系统信号传输	2	2.1.5 挂钩函数	20
1.1.1 模拟通信	2	2.2 句柄	20
1.1.2 数字通信	3	2.3 事件与消息	21
1.1.3 数据通信	4	2.3.1 事件	21
1.2 网络通信技术原理	5	2.3.2 消息	22
1.2.1 现代通信网的概念	5	2.3.3 事件与消息的区别	22
1.2.2 网络通信技术	5	2.4 进程与线程	23
1.2.3 网络通信 OSI 模型	8	2.4.1 进程与线程的定义	23
1.3 网络程序设计任务	9	2.4.2 进程与线程的关系	24
1.3.1 通信协议	9	2.5 通信模式	25
1.3.2 进程标识	10	2.5.1 C/S 模式	25
1.3.3 相关建立	11	2.5.2 B/S 模式	25
1.3.4 开发平台	11	2.5.3 两种模式的比较	26
1.3.5 应用目的	11	2.6 通信服务	27
1.3.6 开发层面	12	2.6.1 面向连接服务	27
1.3.7 效率方式	13	2.6.2 无连接服务	27
1.3.8 外部资源	13	2.6.3 两种服务的比较	28
1.4 发展趋势	14	2.7 通信方式	28
小结	15	2.8 工具方法	29
习题	15	2.8.1 系统平台选择	29
第 2 章 程序设计基础	17	2.8.2 开发工具	32
2.1 函数	17	2.8.3 设计工作流程	39
2.1.1 基本函数	17	2.8.4 开发经验	41
2.1.2 库函数	18	小结	42
2.1.3 API 函数	18	习题	42

第二篇 通信程序设计基本方法

第 3 章 串口网络编程	44	3.1.1 串行通信的模式	44
3.1 串行通信概述	44	3.1.2 串口的基本参数与标准	45

3.1.3 串行通信握手协议	46	5.5 SPX 程序设计	105
3.2 串口通信程序设计	47	5.5.1 SPX 套接字创建	105
3.2.1 串行通信软件工具	47	5.5.2 SPX 服务器端	106
3.2.2 串口操作 API 函数	49	5.5.3 SPX 客户端	109
3.3 串口通信程序设计	53	小结	111
3.3.1 枚举本地机串口	53	习题	111
3.3.2 主机与单片机间的通信	54	第 6 章 TCP/IP 网络编程	112
3.3.3 主机间的通信	57	6.1 TCP/IP 协议概述	112
小结	60	6.1.1 基本概念	112
习题	60	6.1.2 常用协议	114
第 4 章 NetBIOS 网络编程	61	6.1.3 TCP/IP 地址函数	119
4.1 概述	61	6.3 TCP 编程	121
4.2 NetBIOS 应用服务与实现	62	6.3.1 TCP 程序结构	122
4.2.1 NetBIOS 应用服务	62	6.3.2 TCP 服务器端	123
4.2.2 NCB/MCB	65	6.3.3 TCP 客户端	125
4.2.3 NetBIOS 编程基础	71	6.3.4 TCP 连接与断开	128
4.3 数据报通信程序设计	76	6.4 UDP 编程	131
4.3.1 数据报通信模型	76	6.4.1 UDP 程序结构	131
4.3.2 广播型数据报程序	76	6.4.2 UDP 服务器端	132
4.3.3 定向型数据报程序	80	6.4.3 UDP 客户端	133
4.4 会话通信程序设计	81	6.5 组播编程	134
4.4.1 会话通信模型	81	6.5.1 IGMP 程序结构	134
4.4.2 服务器端程序	82	6.5.2 IGMP 程序设计	135
4.4.3 客户端程序	87	6.6 WinSock I/O 模型	136
小结	90	6.6.1 select 模型	136
习题	90	6.6.2 WSAAsyncSelect 模型	138
第 5 章 IPX/SPX 网络编程	91	6.6.3 WSAEventSelect 模型	143
5.1 概述	91	小结	147
5.2 套接字	92	习题	147
5.2.1 基本概念	92	第 7 章 直接网络编程	148
5.2.2 WinSock 的启动与终止	95	7.1 以太网工作原理	148
5.2.3 WinSock 的主要函数	96	7.1.1 CSMA/CD 协议	148
5.3 IPX/SPX 协议结构	98	7.1.2 NIC 接收模式	150
5.3.1 IPX 协议结构	98	7.1.3 NDIS 驱动模型	150
5.3.2 协议地址	99	7.2 基于 Winpcap 的网络编程	152
5.3.3 SPX 协议结构	102	7.2.1 Winpcap 工作原理	152
5.4 IPX 程序设计	102	7.2.2 Winpcap 编程	155
5.4.1 IPX 套接字创建	103	7.2.3 程序设计实现	161
5.4.2 IPX 数据收发	103	7.3 原始套接字编程	166

7.3.1 原始套接字原理	166	7.5 基于 NDIS 的网络编程	183
7.3.2 原始套接字 ping 程序设计	167	7.5.1 数据包过滤层面	183
7.3.3 原始套接字 tracert 程序设计	171	7.5.2 驱动程序开发环境	185
7.4 基于 libnet 的网络编程	173	7.5.3 数据包拦截编程	188
7.4.1 libnet 工作原理	173	小结	196
7.4.2 libnet 的使用方法	174	习题	196
7.4.3 libnet 编程	177		

第三篇 通信程序设计辅助技术

第 8 章 多线程程序设计技术	198	9.3.2 动态链接库调用	226
8.1 服务器线程模型	198	9.3.3 动态链接库编程	227
8.2 多线程应用环境	199	9.4 传输服务提供者	228
8.3 线程基本操作函数	200	9.4.1 SPI 介绍	228
8.3.1 创建线程函数	200	9.4.2 LSP 编程	230
8.3.2 设置线程的优先级函数	200	9.4.3 LSP 程序设计	233
8.3.3 挂起/恢复线程	201	小结	236
8.3.4 等待函数	201	习题	236
8.3.5 终止一个线程函数	202	第 10 章 面向对象技术	237
8.4 线程同步	203	10.1 面向对象概述	237
8.4.1 临界区同步	203	10.1.1 封装	238
8.4.2 事件同步	205	10.1.2 继承	239
8.4.3 互斥同步	206	10.1.3 多态	239
8.4.4 信号量同步	208	10.2 MFC CAsyncSocket 类网络编程	240
8.5 并发线程模型服务器设计	210	10.2.1 CAsyncSocket 类	240
8.6 完成端口服务器设计	214	10.2.2 类成员	242
8.6.1 完成端口概念	214	10.2.3 编程步骤	243
8.6.2 完成端口函数	215	10.3 MFC CSocket 类网络编程	243
8.6.3 完成端口程序设计	216	10.3.1 CSocket 类	243
小结	221	10.3.2 CSocketFile 类	245
习题	221	10.3.3 CArchive 类	246
第 9 章 链接库技术	222	10.3.4 编程步骤	247
9.1 链接库概述	222	10.4 多媒体通信编程	248
9.2 静态链接库	222	10.4.1 多媒体网络传输技术	248
9.2.1 静态链接库概念	222	10.4.2 多媒体网络程序设计	250
9.2.2 静态链接库设计	223	小结	260
9.2.3 静态链接库调用	223	习题	260
9.3 动态链接库	225	第 11 章 P2P 技术	261
9.3.1 动态链接库概念	225	11.1 P2P 技术概述	261

11.1.1 概念.....	261	11.3 P2P 编程.....	269
11.1.2 原理.....	262	11.3.1 P2P 协议程序.....	269
11.2 NAT 穿越.....	262	11.3.2 服务器端程序.....	271
11.2.1 NAT 概念.....	263	11.3.3 客户端程序.....	274
11.2.2 UDP 打洞.....	266	小结.....	282
11.2.3 TCP 打洞.....	267	习题.....	282

第四篇 应用层网络编程

第 12 章 应用层网络编程.....	284	12.3.1 FTP 简介.....	297
12.1 SMTP/POP3 协议编程.....	284	12.3.2 WinInet 类.....	299
12.1.1 SMTP/POP3 协议简介.....	284	12.3.3 FTP 客户端设计.....	300
12.1.2 Base64 编码.....	287	12.4 SNMP 编程.....	302
12.1.3 SMTP 客户端设计.....	288	12.4.1 SNMP 简介.....	302
12.2 HTTP 编程.....	290	12.4.2 SNMP 的开发方法.....	303
12.2.1 HTTP 简介.....	290	12.4.3 Winsnmp API 主要函数.....	304
12.2.2 WinInet API.....	292	12.4.4 SNMP 协议程序设计.....	307
12.2.3 HTTP 客户端设计.....	294	小结.....	310
12.3 FTP 编程.....	297	习题.....	310

附录 网络编程参考

附录 1 NetBIOS 命令 NCB 参考.....	312	附录 4 网络常见 TCP/IP 协议 数据包结构.....	330
附录 2 NetBIOS 命令返回值参考.....	325	附录 5 libnet 函数与符号常量参考.....	338
附录 3 WinSock 错误代码表.....	327	附录 6 套接字选项.....	348

参考文献.....	351
-----------	-----

第一篇

通信网络编程基础

第 1 章 概 论

随着互联网的飞速发展, 通信网络应用成为人们日常工作、生活中不可或缺的重要元素, 网络程序设计也成为通信电子信息类科技人员的一项基本知识技能。那么什么是网络程序设计, 其概念有狭义与广义之分。狭义的概念指: 利用网络应用编程接口编写网络应用程序, 实现网络应用进程间的信息交互功能的软件设计行为; 广义的概念指: 实现以网络应用信息交互和信息控制为目的的相关软件设计技术的运用行为。

网络程序设计与实现是建立在通信网技术及其基础设施之上的, 对通信网络技术的了解有助于深入理解网络程序设计中遇到的问题。本章将从现代通信技术入手, 在介绍网络通信技术原理的基础上, 着重介绍网络程序设计的设计任务, 使读者从根本上理解网络程序设计的行为内涵, 最后对网络程序设计的发展趋势进行简要介绍。

1.1 通信系统信号传输

网络程序设计是建立在现代通信技术基础之上的, 在设计程序之前必须对现代通信、网络通信技术原理有所了解, 这是掌握编程技术的必要环节。

现代通信系统所传输的消息有多种形式, 如符号、文字、数据、语音、图像、图形等, 想要将这些消息利用现代通信系统进行远程传输, 则必须先将其转换为通信信号的形式。信号就是通信系统的“原子”量, 根据传输技术的不同, 信号的传输可以分为模拟通信、数字通信及数据通信。

1.1.1 模拟通信

模拟通信利用正弦波的幅度、频率或相位的变化, 或者利用脉冲的幅度、宽度或位置变化来模拟原始信号(一般采用前者), 以达到通信的目的, 其信号取值是连续的(幅值可由无限个数值表示)。之所以采用正弦波作为载波通信, 是因为正弦波有利于信号的传输与同步, 且正弦波具有谐波成分相对较少、电路容易产生、参数的变化易于检出等很多优良特性。模拟通信系统主要由用户设备、终端设备和传输设备等部分组成, 电话通信就是一种最常用的模拟通信。模拟通信工作的过程(如图 1-1 所示)是: 在发送端, 先由用户设备将用户送出的非电信号(信源)利用变换器(如送话器、光电管)转换成模拟电信号(基带信号), 再经发送器将它调制成适合信道传输的模拟电信号(频带信号), 然后送往信道进行传输。到了接收端, 经接收器接收并解调, 然后由用户设备将模拟电信号还原成非电信号, 送至用户(信宿)。发送器的调制器和接收器的解调器分别起到发信机和接收机的作用, 二者需同步进行。

模拟通信系统除了传递语音信息外，还可以传输电报、传真、低速数据、图像等“非语音信息”。

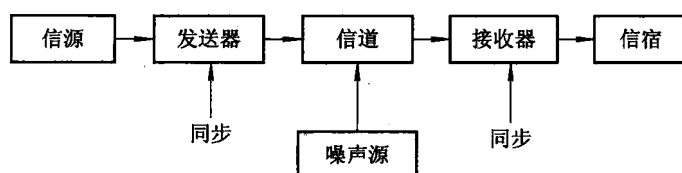


图 1-1 模拟通信的工作过程示意图

模拟通信的优点是直观且容易实现，但存在两个主要缺点。一是保密性差：模拟通信，尤其是微波通信和有线通信很容易被窃听，只要收到模拟信号，就容易得到通信内容。二是抗干扰能力弱：电信号在沿线路传输的过程中会受到外界和通信系统内部的各种噪声干扰，噪声和信号混合后难以分开，从而使得通信质量下降，线路越长，噪声的积累也就越多。与数字通信相比，模拟通信系统设备简单、占用频带窄，但通信质量、抗干扰能力和保密性能等不及数字通信，因此现在模拟通信基本已被数字通信所替代。

1.1.2 数字通信

数字通信是用数字信号作为载体来传输消息，或用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。数字通信系统除了用户设备、终端设备和传输设备等部分外，还包括编码器和译码器。编码器包括信源编码器和信道编码器，译码器包括信道译码器和信源译码器。数字通信的工作过程(如图 1-2 所示)是：在发送端，信源发出的模拟信号经信源编码器进行数字化处理，转变成数字信号；再经信道编码器将输出的信号(码序列)按照一定的规则人为地加入多余码元(即信道编码)；经发送器、信道、接收器传输到信道译码器，信道译码器发现和纠正信号传输过程中引入的差错，消除信道编码器加入的多余码元；最后经信源译码器把数字信号还原为模拟信号(信宿)。信源编码为信息提供一种编码格式或数据结构，是对信息的有效表达。信道编码是在信源编码器输出的携带信息的数字上有目的地增加一些监督码元，使之具有检错、纠错、控制、路由等能力。数字通信系统可传输电报、数字数据等数字信号，也可传输经过数字化处理(数/模转换)的语音和图像等模拟信号。

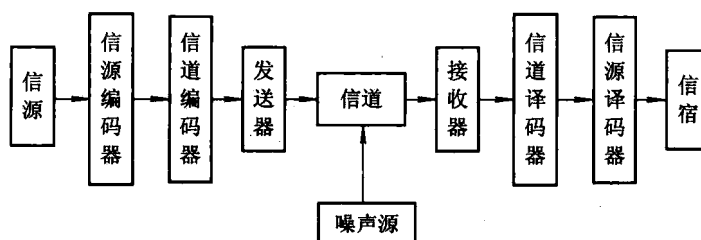


图 1-2 数字通信的工作过程示意图

与模拟通信相比，数字通信的主要优点是：抗干扰性强，保密性好，设备易于集成，且便于使用计算机技术对其进行处理等。数字通信的主要缺点是：所占用的信道频带比模拟通信宽得多，因而降低了信道的利用率，但随着信道性能的改善，这一缺点已逐渐得到改善。

数字信号和模拟信号之间可以相互转换。模拟信号通过抽样、量化、编码三个步骤能够完成向数字信号的转换。通常,可以采用脉码调制(Pulse Code Modulation, PCM)方法来实现这一转换,即让模拟信号的不同幅度分别对应不同的二进制值,例如采用 8 位编码可将模拟信号量化为 $2^8 = 256$ 个量级,实用中常采取 24 位或 30 位编码。模拟信号的抽样是最关键的一个模/数转换的步骤,通过一定的时间间隔(这里用 T_s 标识)采集原始模拟信号的瞬时值,把连续信号变成离散信号。需要注意的是,对原始模拟信号的抽样必须满足抽(采)样定理(即 $T_s \leq 1/(2f_x)$, f_x 为带限模拟信号 $x(t)$ 的最高频率),原始模拟信号才可被还原。数字信号一般通过对载波进行移相(Phase Shift)的方法转换为模拟信号。

1.1.3 数据通信

数据通信是指由信息源产生的数据,不管是通过模拟传输还是数字传输的信道,按照一定通信协议,形成数据流传送到受信者的过程。从某种意义上来说,数据通信可看成是数字通信的特例,并具有数字通信的一切优点。数据通信主要是“人(通过终端)—机(计算机)”通信或者“机—机”通信,它以数据传输为基础,但又不是单纯的数据传输。数据通信包括数据传输和数据交换,以及在传输前后的数据处理过程。

数据通信系统是通过数据电路将分布在远端的数据终端设备与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理的系统。比较典型的数据通信系统主要由数据终端设备、数据电路、计算机系统三部分组成,如图 1-3 所示。

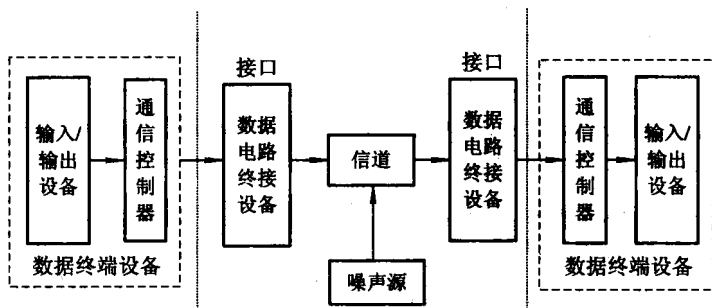


图 1-3 数据通信系统构成

目前,数据通信是现代通信信号传输的主要方式,其存在的主要形式就是计算机通信网。计算机通信网从产生到发展,总体来说可以分成四个阶段。

第一阶段:20 世纪 60 年代末到 20 世纪 70 年代初,为计算机网络发展的萌芽阶段,其主要特征是:为增加系统的计算能力和资源共享,把小型计算机连成实验性网络。ARPANET 是这一阶段的典型代表。

第二阶段:20 世纪 70 年代中后期,是局域网(LAN)发展的重要阶段,其主要特征是:局域网作为一种新型的计算机体系结构开始进入产业部门。

第三阶段:整个 20 世纪 80 年代,是计算机局域网的发展时期,其主要特征是:局域网完全从硬件上实现了 ISO 的开放系统互连通信模式协议的能力。

第四阶段:20 世纪 90 年代初至今,是计算机网络飞速发展的阶段,其主要特征是:计

算机网络化,协同计算能力发展以及全球互联网(Internet)的盛行。计算机的发展已经完全与网络融为一体,体现了“网络就是计算机”的理念。

目前,数据通信的计算机通信网技术虽在实践中已经取得了巨大的成功,但并不代表这种通信方式会止步不前。可以预见的是,计算机通信网未来还会向着高速化(高速交换网络)、综合服务和宽带化、智能化、标准化、自由移动性、高安全性的方向发展。

本书所讨论的网络程序设计就是建立在数据通信基础上的。

1.2 网络通信技术原理

通信系统中信号的有效传输仅解决了通信节点与节点之间的信息传递问题。要实现通信系统组织结构内端到端(信号可能流经若干节点)的数据交互,还需运用稳定、有效的网络技术,将分散的单条链路织成一张大网(交织形成的连接关系称为网络拓扑)。因此,现代通信系统(网络)的技术构成,微观上采用了数据信号通信技术,宏观上运用了通信网络技术。下面将从现代通信网的概念、技术、通信模型三个方面进行介绍。

1.2.1 现代通信网的概念

通信网络简称通信网,是能够将各种语言、声音、图像、图表、文字、数据、视频等媒体转换成电信号,并且在任何两地的任何两个人之间、两个通信终端设备或人和通信终端设备之间,按照预先约定的规则(协议)进行传输和交换的网络,实现了异地用户之间的信息传递。属于电磁系统的通信网也称电信网。通信网是由相互依存、相互制约的许多要素所组成的一个有机整体,其功能就是适应用户呼叫的需要,以用户满意的程度,沟通网中任意两个或多个用户之间的信息。

通信网可从不同角度进行分类:按业务内容可分为电报网、电话网、图像网、数据网、计算机网等;按地区规模可分为农村网、市内网、长途网、国际网等;按服务对象可分为公用网、军用网、专用网等;按信号形式可分为模拟网、数字网等。需要注意的是,有时这些网络的概念之间的界限是模糊的,甚至有重叠。目前最重要的是计算机通信网,这也是本书所讨论的重点。

计算机网络是将地理位置不同,且有独立功能的多个计算机系统利用通信设备和线路互相连接起来,并以功能完善的网络软件(包括网络通信协议、网络操作系统等)实现网络资源共享的系统。计算机网络的特点可以概括为:① 计算机的数量是“多个”;② 计算机是能够独立工作的系统;③ 计算机处在异地;④ 具有通信设备和线路;⑤ 必须有完善的通信协议、信息交换技术、网络操作系统等软件。完整的计算机网络所需的必备条件有:连接介质,通信协议,网络连接设备,网络管理软件,网络管理员。计算机网络的功能可以概括为:数据通信,资源共享(包括硬件资源与软件资源共享),负载均衡,通信可靠。

1.2.2 网络通信技术

通信网要进行正常的通信,在设备方面必须具有以下三个要素:

(1) 传输系统：传输电信号的信道，包括有线、无线线路。

(2) 交换设备：在终端之间和局间进行路由选择、接续控制的设备。为使全网能合理协调工作，还要有各种保障性规定，如质量标准、网络结构、编号方案、信令(也称信号)方案、路由方案、资费制度等。

(3) 末端设备：又称用户设备，用户与通信网之间的接口设备，可把用户的消息与收发的电信号相互转换。

图 1-4 是一个典型远程联机计算机网络通信系统的网络拓扑，涵盖了三种要素对应的设备。实现上述三种系统/设备所采用的技术分别是传输技术、交换技术、接入技术。

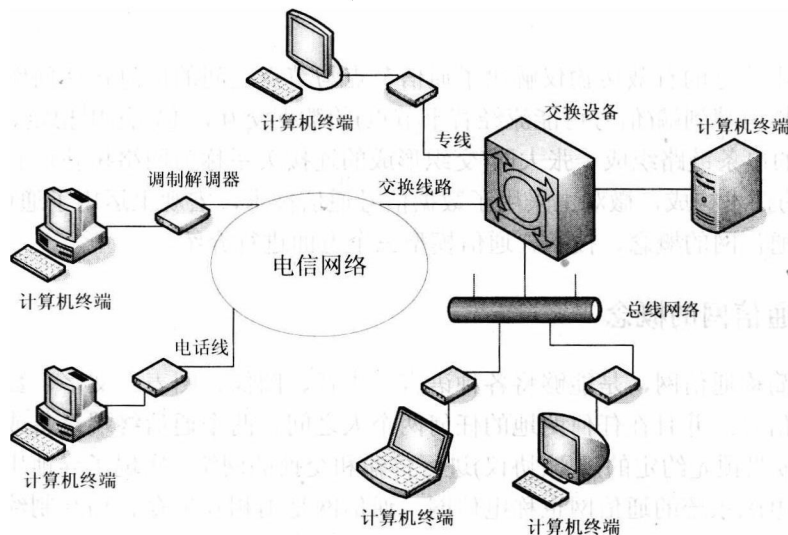


图 1-4 远程联机计算机网络通信系统网络拓扑

1. 网络通信传输技术

网络通信传输技术解决的是将数据从点发送到点，提供传输通路的问题，可以采用 1.1 节提到的模拟和数字两种信号传输方式。以现代公路交通网络为例，以传输技术为核心的传输设备相当于各种不同等级的高速公路、国道、省道的集合。

目前的传输技术分为有线传输和无线传输。有线传输介质目前分为电介质和光介质两种，主要有双绞线、同轴电缆、光纤等；无线传输介质分为固定和移动两种，微波、红外线、激光、通信卫星、蜂窝移动等都是目前主流的无线传输形式。未来的传输系统仍然是以光纤通信为主干传输手段，其他介质的传输网络为补充的复杂、异构传输网络。

为了增加信道的容量、提高准确性等，传输技术由基带传输、频带传输又衍生出了扩频通信、同步控制、差错处理、多路复用、信道共享等多项技术。由于网络通信程序设计基本不涉及传输技术的细节，也不提供这一层面的操作，因此仅作了解即可。

2. 网络通信交换技术

网络通信交换技术解决的是安排数据向哪个方向发送的多节点间网络数据传输的问题。同样以现代公路交通网络为例，交换技术设备相当于交连各种公路的立交桥。多个立交桥相互协同，之间开辟“绿色通道”，可以建立一条直达的信号通路(信道)。

现代通信网是用交换设备将各用户连接起来的，即网内用户间通过交换局(交换机)进行

信号交换。每个用户只需要将一对用户线与交换局相连即可进行通信。交换局根据用户的请求,完成两用户间信道的建立和拆除。目前常见的交换技术有电路交换、报文交换、分组交换、光交换等。网络程序设计中通常讨论的两种通信服务(面向连接和非连接服务)就是建立在网络通信分组交换的数据报与虚电路技术上的,因此要引起特别关注。下面对数据报和虚电路技术进行简要介绍。

数据报方式的每个分组按一定格式附加源与分组交换目的地址、分组编号、分组起始、结束标志、差错校验等信息,以分组形式在网络中传输。网络只是尽力地将分组交付给目的主机,但不保证所传送的分组不丢失,也不能保证分组能够按发送的顺序到达接收端。所以,网络提供的服务是不可靠的,服务质量也不能保证。数据报方式一般适用于较短的单个分组的报文。它的优点是传输延时小,当某节点发生故障时不会影响后续分组的传输;缺点是每个分组附加的控制信息多,增加了传输信息的长度和处理时间,增大了额外开销。

虚电路(Virtual Circuit)又称虚连接或虚通道。在通信和网络中,虚电路是由分组交换通信所提供的面向连接的通信服务。在两个节点或应用进程之间建立起一个逻辑上的连接或虚电路后,就可以在两个节点之间依次发送每一个分组,接收端收到分组的顺序必然与发送端的发送顺序一致,因此接收端无须负责在收集分组后重新进行排序。虚电路必须在数据传送之前建立。虚电路通信与电路交换类似,两者都是面向连接的,即数据按照正确的顺序发送,并且在连接建立阶段都需要额外开销。虚电路有永久型虚电路(PVC)和交换型虚电路(SVC)之分。PVC 是一种提前定义好的、基本上不需要任何建立时间的端点与站点间的连接;SVC 是端点与站点之间的一种临时性连接,这些连接只持续所需的时间,当会话结束时就取消这种连接。PVC 可以比作两点之间租用的专用电话线路,SVC 可以比作通过拨号电话呼叫建立起来的临时通路。

当前,计算机通信网中交换技术主要是通过两种类型的交换器作为中介实现的,通过它们导引数据向其目的地前进,这两种设备就是路由器(Router)与链路层交换机(Link-layer Switch,简称交换机)。路由器可以使数据在不同的子网间进行传输(网间),交换机可以使数据在子网内进行传输(网内),二者相互配合可以使数据被送达 Internet 中任意一个位置。

3. 网络通信接入技术

网络通信接入技术解决的是终端用户如何进入到网络系统的问题,相当于进入公路网络的收费站、入口等。

在通信网中,从用户终端到交换机端口之间的网络被称为接入网,实现了用户终端到通信网络之间的连接。接入网大体分为有线接入网和无线接入网两大类,现有的接入网有用光纤接入的光纤接入网,如 FTTB、FTTC、FTTH 等;用铜线接入的铜缆接入网,如 ADSL、HDSL、VDSL 等;用光纤和同轴电缆接入的混合接入网,如 HFC、CATV 等;利用网线接入的以太网接入网,如五类双绞线连接的 LAN 等;利用光纤、铜线或无线接入的电话接入网,如远端模块、远端用户单元等。

网络接入也是网络程序设计中的一个重要问题,用户可以按照接入设备厂家提供的规范、运营商提供的密码,在计算机串口或网络口上进行实现。

1.2.3 网络通信 OSI 模型

网络通信的问题纷繁复杂，对其开发利用十分不利，因此国际标准组织(ISO)在网络发展的初期就对其逻辑进行了形式化的定义。OSI/RM(Open System Interconnection/Reference Model，开放系统互联参考模型)把计算机网络通信的组织与实现按功能划分为七个层次，即从一个计算机系统发出通信请求起，到信息经过实际物理线路传送到另一个目标计算机系统为止，把通信功能从高到低划分为应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层和物理层，各层的具体功能如表 1-1 所示。

表 1-1 OSI 模型中各个层的功能

名 称	层 次	功 能
物理层	1	实现计算机系统与网络间的物理连接
数据链路层	2	进行数据打包与解包，形成信息帧
网络层	3	提供数据通过的路由
传输层	4	提供传输顺序信息与响应
会话层	5	建立和终止连接
表示层	6	数据转换，确认数据格式
应用层	7	提供用户程序接口

OSI 的七层协议构成一个统一的框架模型，如图 1-5 所示。每一层协议建立在它的下层协议的基础上，并为其上层提供服务。对于每一层的上层协议来说，该层是透明的。一台计算机的某指定层同另一台计算机的相应层对话，对话的全部规则和约定就构成该层的协议。当然，信息(数据和控制信息)并不是从某一计算机系统的第 N 层直接传到另一计算机系统的第 N 层，而是从这台计算机的某一层直接传送到下一层，最后经过物理介质到达另一台计算机，然后再由底层逐层向上传送的，如图 1-5 中的数据流程所示。

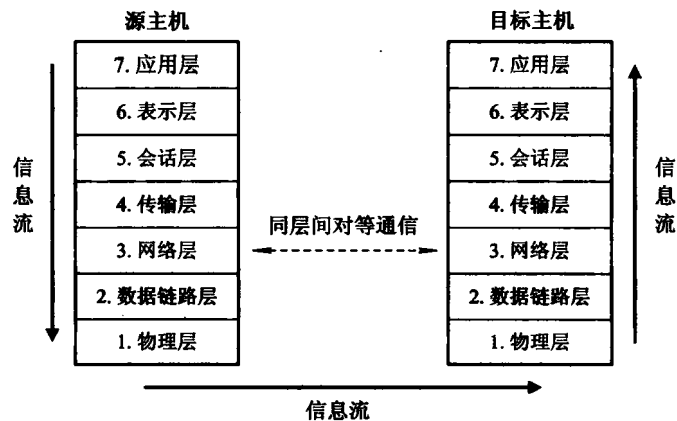


图 1-5 OSI 模型与通信流程

当然，OSI 模型只是一个框架，它的每一层并不执行具体功能，功能的具体实现还需通信协议，主要是软件来实现(Windows 中 WinSock 的 OSI 模型实现见 5.2.1 节)。通常，当数据在层间向下传播时(源主机部分)，每一个层都会为传输中的数据增加一个包头(header)，

用于标识包的来源与目的。到了目标主机时，每一层都从数据中读取相应包头，执行请求的任务，并负责向上传输数据包。每一种具体的协议一般都定义了 OSI 模型中的各个层次具体实现的技术要求。这种模型提出的较早(当时网络通信还未完全成熟和定型)，并不十分符合实际的网络通信，目前更推崇的是 TCP/IP 协议模型。TCP/IP 协议模型实际上是对 OSI 模型进行了整合、约简，但在思想上与 OSI 模型却保持了一致。TCP/IP 协议内容的详细介绍参见本书第 6 章。

1.3 网络程序设计任务

从通信系统工作原理的角度看，网络程序设计是在计算机通信网硬件基础设施上，根据用户的需求设计、调试特定功能的通信应用软件的过程。对于程序开发者而言，通常大型网络中的传输、交换设备及其过程可以看做是有或是透明的，网络的接入(如果没有特殊要求)可以通过向电信运营商申请后由其包办。对于实验网络/小型网络，网络通信的所有技术都浓缩到了网口上，用户仅需即插即用。因此，程序员进行网络通信程序的开发、建立网络应用进程间的信息交互，面临的问题可以归纳为以下少数几个，即选择适当的通信协议，按照选定协议规则标识通信进程，在进程之间建立相关，找到操作系统下适合的编译器(找到一个编程接口)，确定应用的协议层次。还可以通过采用一些技术手段来提高通信(讲话)的效率。对于专业性较强的功能，需引入一些专用的第三方外部资源。下面就具体的问题展开讨论。

1.3.1 通信协议

同样的网络硬件基础设施可以运行不尽相同的通信规则。好比是一台电视机，可以播放不同语言、不同制式、不同类型的电视节目。那么通信网络遵循的规则是什么呢？这种规则称之为协议(Protocol)。换言之，网络通信需基于网络协议。协议应用于不同“系统”的“实体”之间的通信过程中，一般而言，“实体”是指具有发送或接收信息功能的某种事物，而“系统”是指包含有两个或多个实体的有别于其他事物的实在体系。两个实体之间要成功地进行通信，就必须“说同一种网络语言”，通信包含哪些内容，如何传送这些内容以及什么时候进行通信等事项，都必须符合通信双方实体都可以接受的规则或约定。这些规则或约定就是协议。协议可以定义为统管两个实体之间进行数据交换的一组规则。协议的要素包括以下内容：

- (1) 语义：规定通信实体彼此之间准备“讲什么”，包括协调和差错处置等控制内容。
- (2) 语法：规定通信实体彼此之间“如何讲”，包括诸如数据格式和信号级别等内容。
- (3) 同步：规定通信实体彼此之间的“应答关系”，即确定通信过程中的状态变化，包括速率匹配和时序等内容。

进行网络程序设计之前必须确定网络通信协议。目前与网络编程关系最紧密，且符合 IEEE 802.3 标准的协议主要是 TCP/IP、IPX/SPX 以及 NetBIOS 等，它们被称为局域网常用的三大通信协议(TCP/IP、IPX/SPX 协议同时也支持广域网通信)。下面分别对这三种协议进行简要介绍。