



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校计算机网络技术课程系列教材

计算机网络原理、技术及应用

郝兴伟 主编

巩裕伟 焦文江 亓蓓 吴楠 编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校计算机网络技术课程系列教材

计算机网络原理、 技术及应用

郝兴伟 主编

巩裕伟 焦文江 亢蓓 吴楠 编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书内容广泛、紧密结合现代网络环境,实用性强,具有很强的技术性和可操作性,是学习计算机网络基本原理、网络搭建、网络管理、网络开发及应用很好的教科书。

全书共分为 11 章,分别介绍了基本通信原理,计算机网络技术,网络操作系统,工作组、域和活动目录,常用网络服务及其配置,Web 服务器的架设和管理,FTP 服务器的架设和管理,邮件服务器的架设和管理,网页设计与超文本标记语言,客户端开发与 JavaScript 脚本语言,服务器端开发与 ASP 技术。

本书是为高等学校计算机、信息管理与信息系统、电子商务等专业的学生编写的计算机网络原理与技术、搭建与管理方面的综合性书籍,也可以作为非计算机专业高年级学生学习计算机网络技术及应用课程的教材,同时也是 IT 从业人员和普通网络用户学习计算机网络技术及应用的综合参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理、技术及应用/郝兴伟主编;巩裕伟等编. —北京:高等教育出版社,2007.12

ISBN 978-7-04-0-022388-0

I. 计… II. ①郝… ②巩… III. 计算机网络—基本知识 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 185476 号

策划编辑	刘 茜	责任编辑	彭立辉	封面设计	于文燕	责任绘图	尹 莉
版式设计	张 岚	责任校对	杨雪莲	责任印制	尤 静		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京东光印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 22.25
字 数 540 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004 年 8 月第 1 版
2007 年 12 月第 2 版
印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷
定 价 27.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22388-00

前言

。随着计算机网络的普及，网络已经成为人们工作、学习和生活的重要组成部分。本书旨在帮助读者了解网络的基本概念、原理和技术，为后续的学习和应用打下基础。

告别单机时代后，网络成为计算机领域的主流。1973年，Bob Metcalfe发明了以太网，从此将那些独立的计算机连在一起。1984年，Sun提出了网络就是计算机的理念。1992年，Tim Berners Lee提出了万维网的概念，Internet开始以惊人的速度迅猛发展。目前，计算机网络已经深入到人们工作和生活的方方面面。无论在家中、在单位、在商场、在酒店、在机场，甚至走在街头，都可以方便地应用网络。人们在享受网络带来的便利的同时，也需要增加对网络知识的理解，只有这样才能提高网络应用水平。就是在这样的背景下，围绕基本通信原理、计算机网络技术、网络操作系统、网络服务、网络管理以及网络开发，我们在不断地学习、实践、总结和提

高，期望把更多的网络知识深入浅出地介绍给大家，建立一个清晰的网络知识框架，化解心中的疑惑，和大家一起分享网络带给我们的便利和愉悦。

本书是在计算机网络技术及应用一书的基础上修订的，其主要目标是：加强基础理论知识的讲解，以便于对基本技术的理解；删除实用性不强的概述内容，以保证更大的篇幅把重点内容讲解得更加深入和透彻。主要的修改包括：

① 对基本通信原理的讲解更实用，逻辑性更强，更换了大量的实例。
② 加深了网络设备原理的讲解，因为在教学实践中，只知道几个网络设备的概念，学生很难真正理解这些设备的功能。
③ 网络协议是非常抽象的概念，为了使學生真正理解协议，对主要的网络协议讲解其协议数据格式，从而使學生可以彻底理解协议的概念和功能。
④ 增加了网络管理的内容。对于网络操作系统，传统的讲解主要是用户界面的使用，其定位还是在网络应用的层面。新的修订增加了工作组和域模式的内容，以及本地策略、网络策略等，目的就是将网络应用提升到管理员的层次，它可以促进学习者对网络的全面认识。

⑤ 在网络开发中，对网络开发层次的讲解更加清晰，分成客户端开发和服务端开发两个层次，讲解更加清晰。

本书分为11章，主要内容介绍如下：

第1章 基本通信原理。通信是计算机网络的基础，没有通信就谈不上网络。在本章中对通信原理进行了概括性介绍，包括通信系统的概念与分类、信号编码、模拟通信、数字通信、通信媒体以及多路复用技术等。

第2章 计算机网络技术。本章从计算机网络原理和网络技术与设备两个方面对计算机网络技术进行了全面讲解。在计算机网络概念和原理层面，主要介绍了计算机网络的概念与分类、OSI网络模型和TCP/IP模型、数据封装、网络协议及协议格式等内容。在技术和网络设备层面，详细介绍了网卡、交换机和路由器等主要网络设备的组成、工作原理和应用。综合计算机网络原理和网络设备的讲解，然后对局域网技术和广

域网技术、网络设计与网络架设进行了讲解。

第3章 网络操作系统。计算机网络分为硬件基础设施和软件两个方面,网络操作系统是安装在计算机上的系统软件。本章对网络操作系统的概念和功能进行了讲解,对单机操作系统和网络操作系统、桌面操作系统和服务器操作系统的不同进行了分析说明,比较详细地介绍了 Windows Server 2003 操作系统的安装和简单应用。

第4章 工作组、域和活动目录。全面介绍了在网络环境下,网络管理所面临的问题。本章是对实际网络环境管理的总结,对可能遇到的问题提供了相应的解决方案。主要内容包括网络的工作组和域工作模式、资源共享与发布、组策略和安全性设计。

第5章 常用网络服务及其配置。服务是计算机网络的基础,没有服务的网络是没有意义的。本章介绍了一组主要的网络服务,主要内容包括 DNS 服务、DHCP 服务、终端服务、远程访问服务以及虚拟专用网 VPN。对于每一种服务,从服务的目的、服务的配置和服务的应用 3 个方面进行了详细讲解。

第6章 Web 服务器的架设和管理。Web 服务是 Internet 的核心,本章详细介绍了 Web 服务的基本工作机理、B/S 三层体系架构以及 Web 服务器的搭建和管理。

第7章 FTP 服务器的架设和管理。FTP 服务器可以看成是 Internet 中的共享文件夹,它将局域网中的共享文件夹概念延伸到互联网。本章介绍了 FTP 服务器的搭建和管理、虚拟目录以及使用 FTP 服务器远程维护 Web 站点。

第8章 邮件服务器的架设和管理。E-mail 服务和 Web 可以说是 Internet 中两种最重要的服务,也是应用最广泛的服务。本章介绍了 POP3/SMTP 服务的概念、基本的邮件传输原理以及 Windows Server 2003 中邮件服务的架设和管理,最后还介绍了第三方邮件服务器的架设以及使用 Web 方式收发电子邮件的内容。

第9章 网页设计与超文本标记语言。由于 Web 应用的广泛性,本章只介绍了网站开发的基本规律,以及 Web 开发中最基本的标记语言 HTML。通过学习本章,读者可以了解和掌握网页设计的基本过程和方法。

第10章 客户端开发与 JavaScript 脚本语言。本章介绍了在客户端开发中广泛使用的脚本语言 JavaScript、使用该脚本语言开发客户端脚本的方法以及通过 JavaScript 在客户端对网页进行动态控制的实现方法。

第11章 服务器端开发与 ASP 技术。本章介绍了 Web 服务器端的开发技术 ASP,包括 ASP 的内置对象、服务器端的脚本设计、数据库服务器的访问技术。通过学习本章,读者可以建立起自己的 Web 服务器并且设计出实用的服务器端脚本程序。

为了便于学习和教学,与本书相关的 PPT、视频、动画等学习资源都可以从作者的网站下载,网址是 <http://jcjy.sdu.edu.cn/>。

虽然,我们的初衷是要写一本关于计算机网络基本原理、技术和应用的书籍,以使大家对计算机网络建立一个全面的知识框架。但是,计算机网络相关的知识实在太多,限于篇幅,许多很好的内容未能讲解。此外,由于作者对有些知识的认识和理解可能还不够深入,甚至有偏差,也会影响对内容的讲解,恳请大家批评指正,电子邮箱为 hxw@sdu.edu.cn。

郝兴伟

2007 年暑假

目 录

1.1	通信系统简介	1	2.1.3	网络拓扑结构	35
1.1.1	通信技术发展简史	1	2.2	网络模型与网络协议	37
1.1.2	通信系统的组成	3	2.2.1	OSI 参考模型	38
1.1.3	通信系统的分类	5	2.2.2	TCP/IP 模型	40
1.2	模拟信号与数字信号	7	2.2.3	网络协议	40
1.2.1	模拟信号及其传输	7	2.2.4	TCP/IP 协议栈	41
1.2.2	数字信号及其传输	9	2.3	网络硬件和网络设备	49
1.2.3	模拟信号与数字信号的 转换	10	2.3.1	网卡	49
1.3	模拟通信	10	2.3.2	中继器	52
1.3.1	模拟通信系统模型	10	2.3.3	集线器	52
1.3.2	模拟信号传输模拟数据	11	2.3.4	桥连接器	53
1.3.3	模拟信号传输数字数据	12	2.3.5	交换机	54
1.4	数字通信	15	2.3.6	路由器	57
1.4.1	数字信号数据编码	15	2.3.7	交换机、路由器和 VLAN	59
1.4.2	数字通信系统模型	17	2.4	局域网技术	61
1.4.3	数字信号传输数字数据	18	2.4.1	以太网与 CSMA/CD	61
1.4.4	数字信号传输模拟数据	19	2.4.2	令牌环技术	65
1.5	通信媒体与传输速率	20	2.4.3	FDDI 局域网技术	66
1.5.1	通信媒体	20	2.4.4	无线局域网技术	66
1.5.2	传输速率	27	2.4.5	IEEE 局域网标准	67
1.6	多路复用	29	2.5	广域网技术	68
1.6.1	多路复用器	29	2.5.1	公共通信基础设施	68
1.6.2	频分多路复用	30	2.5.2	点对点协议 PPP	71
1.6.3	时分多路复用	30	2.5.3	综合业务数字网 ISDN	72
思考题		31	2.5.4	帧中继	74
第 2 章	计算机网络技术	32	2.6	网络设计与网络架设	76
2.1	计算机网络概述	32	2.6.1	网络设计	76
2.1.1	网络的概念	32	2.6.2	网线与材料	78
2.1.2	网络的分类	34	2.6.3	常用的网络布线工具	83
			2.6.4	综合布线标准	84
			2.7	网络管理与网络安全	86

思考题	86	4.3.3 查找特定对象	135
第3章 网络操作系统	88	4.4 组策略	136
3.1 计算机网络操作系统概述	88	4.4.1 组策略、构成及功能	136
3.1.1 网络系统软件和网络操作系统的 概念	88	4.4.2 非本地组策略对象的编辑	139
3.1.2 操作系统的发展	89	4.4.3 新建非本地组策略	142
3.1.3 网络操作系统的功能	93	4.4.4 查看组策略应用结果集	143
3.2 几种网络操作系统的比较	94	4.4.5 综合举例	143
3.2.1 UNIX 操作系统	94	4.5 安全性设计	147
3.2.2 NetWare 操作系统	96	4.5.1 用户身份验证	147
3.2.3 Windows 服务器操作系统	97	4.5.2 授权	148
3.2.4 Linux 操作系统	97	思考题	154
3.3 安装和使用 Windows 网络 服务器操作系统	98	第5章 常用网络服务及其配置	156
3.3.1 Windows 网络服务器操作系统 家族	98	5.1 网络连接概述	156
3.3.2 服务器与 RAID 技术	100	5.1.1 网络连接类型	156
3.3.3 Windows Server 2003 的安装	101	5.1.2 创建网络连接	157
3.3.4 配置 Windows Server 2003 环境	106	5.1.3 配置网络连接	160
思考题	109	5.2 DNS 服务	161
第4章 工作组、域和活动目录	110	5.2.1 域名系统与域名管理	162
4.1 网络中的工作组和域	110	5.2.2 安装 DNS 服务器	164
4.1.1 目录和目录服务	110	5.2.3 正向查找区域	165
4.1.2 工作组	111	5.2.4 反向查找区域	168
4.1.3 域及域控制器	113	5.2.5 Root DNS 与转发器设置	169
4.1.4 工作组和域管理模式	115	5.2.6 DNS 客户端的设置	170
4.2 域和活动目录服务	115	5.3 DHCP 服务	171
4.2.1 安装活动目录服务	115	5.3.1 安装 DHCP 服务器	171
4.2.2 使用 Active Directory 服务	119	5.3.2 DHCP 服务器的配置	171
4.2.3 域用户与用户组管理	121	5.3.3 DHCP 服务器的高级设置	174
4.2.4 将计算机加入到域	124	5.3.4 配置 DHCP 客户端	176
4.2.5 登录到本地或域	128	5.4 终端服务	176
4.3 资源共享与发布	130	5.4.1 终端服务概述	176
4.3.1 发布共享文件夹	130	5.4.2 安装终端服务	177
4.3.2 发布打印机	133	5.4.3 安装终端服务客户端	180
		5.4.4 使用终端服务	180
		5.5 远程访问服务 RAS	182
		5.5.1 远程访问服务器应用环境	182
		5.5.2 远程访问服务器端设置	183

5.5.3 远程访问客户端设置	187	6.5.2 配置审核日志策略	230
5.5.4 使用远程访问服务	189	6.5.3 网页维护的安全措施	231
5.6 虚拟专用网络 VPN	189	思考题	231
5.6.1 VPN 技术的相关知识	189	第7章 FTP 服务器的架设和管理	233
5.6.2 单机到局域网的 VPN 连接	190	7.1 创建 FTP 站点	233
5.6.3 局域网到局域网的 VPN 连接	197	7.2 管理 FTP 站点	237
5.6.4 使用 VPN	204	7.2.1 “FTP 站点”选项卡	237
思考题	205	7.2.2 “主目录”选项卡	238
第6章 Web 服务器的架设和管理	207	7.2.3 “目录安全性”选项卡	238
6.1 Web 服务与 B/S 三层体系结构	207	7.2.4 “安全账号”选项卡	239
6.1.1 客户/服务器计算模式	207	7.3 使用虚拟目录	240
6.1.2 浏览器/服务器计算模式	208	7.3.1 为用户建立专用存储空间	240
6.1.3 Web 服务器及工作机理	208	7.3.2 建立与用户账户同名的虚拟目录	240
6.2 Windows 服务器操作系统和 Internet 信息服务	209	7.3.3 取消允许匿名连接	242
6.2.1 Internet 信息服务的概念	209	7.4 使用 FTP 站点	243
6.2.2 Internet 信息服务的组成	209	7.4.1 从 FTP 站点下载和上传文件	243
6.2.3 安装 IIS	210	7.4.2 使用 FTP 维护 Web 站点	243
6.2.4 Internet 信息服务管理器	212	思考题	244
6.2.5 连接到 Web 站点	214	第8章 邮件服务器的架设和管理	245
6.3 Web 站点的构建	214	8.1 邮件传输的基本原理	245
6.3.1 创建 Web 站点	215	8.1.1 SMTP 和 POP3 协议	245
6.3.2 启动、停止和暂停 Web 站点	218	8.1.2 邮件传输过程	245
6.3.3 规划 Web 应用	218	8.1.3 本地邮件和远程邮件	246
6.3.4 运行多个 Web 站点	221	8.2 架设邮件服务器	246
6.4 配置 Web 站点	222	8.2.1 安装 SMTP/POP3 服务组件	247
6.4.1 “网站”选项卡	222	8.2.2 配置 SMTP/POP3 服务	248
6.4.2 “主目录”选项卡	223	8.2.3 邮件服务器域名解析问题	253
6.4.3 “目录安全性”选项卡	224	8.3 使用 Outlook Express 收发电子邮件	254
6.4.4 “文档”选项卡	227	8.3.1 在 Outlook Express 中添加用户账户	255
6.4.5 “自定义错误”选项卡	228	8.3.2 发送电子邮件	258
6.4.6 “HTTP 头”选项卡	228	8.3.3 接收电子邮件	259
6.5 Web 服务器系统安全	229		
6.5.1 系统平台的安全策略	229		

8.4 使用第三方 E-mail 服务器	260	脚本语言	284
思考题	260	10.1 JavaScript 概述	284
第 9 章 网页设计与超文本标记语言	261	10.1.1 JavaScript 的特点	284
9.1 网站设计概述	261	10.1.2 JavaScript 脚本程序	285
9.1.1 站点的规划与设计	261	10.2 JavaScript 基础知识	286
9.1.2 网页设计要遵循的基本原则	262	10.2.1 数据类型	286
9.1.3 网页的三层结构	263	10.2.2 常量与变量	286
9.2 HTML 概述	263	10.2.3 运算符与表达式	288
9.2.1 HTML 的概念	263	10.3 JavaScript 的程序结构	289
9.2.2 HTML 文档的结构	264	10.3.1 顺序结构	289
9.2.3 标记的语法	265	10.3.2 分支结构	289
9.2.4 注释文本	266	10.3.3 循环结构	290
9.2.5 转义字符	266	10.4 函数及其应用	292
9.3 常用的 HTML 标记	266	10.4.1 自定义函数的定义	293
9.3.1 文档标记	266	10.4.2 函数的调用	293
9.3.2 排版标记	268	10.4.3 JavaScript 的内置函数	294
9.3.3 文本格式标记	268	10.5 JavaScript 内置对象	295
9.4 插入图像	269	10.5.1 String 对象	295
9.5 超级链接	270	10.5.2 Math 对象	296
9.5.1 超级链接标记的属性	271	10.5.3 Date 对象	296
9.5.2 书签的应用	272	10.5.4 数组对象	297
9.6 表格设计	272	10.6 浏览器内置对象	298
9.6.1 表格结构及表格标记	272	10.6.1 navigator 对象树	298
9.6.2 表行、表头与单元格的标记	273	10.6.2 document 对象	303
9.6.3 表格的标题标记	273	10.6.3 form 对象	304
9.6.4 应用举例	273	10.6.4 标记与内存对象	306
9.7 表单设计	274	思考题	308
9.7.1 <form> 标记	274	第 11 章 服务器端开发与 ASP 技术	310
9.7.2 表单控件	275	11.1 ASP 技术概述	310
9.7.3 表单应用举例	278	11.1.1 ASP 的概念	310
9.8 框架	279	11.1.2 ASP 的脚本程序	311
9.8.1 框架的定义标记	279	11.1.3 ASP 的工作机制	313
9.8.2 框架应用举例	281	11.2 ASP 内建对象	314
思考题	283	11.2.1 Request 对象	314
第 10 章 客户端开发与 JavaScript	284	11.2.2 Response 对象	317

11.2.3 Application 对象	321	11.4.2 Connection 对象	326
11.2.4 Session 对象	322	11.4.3 RecordSet 对象	329
11.2.5 Server 对象	323	11.4.4 Fields 集合和 Field 对象	332
11.3 数据库基本知识	324	11.4.5 Command 对象	333
11.3.1 数据库管理系统	324	11.4.6 Parameter 对象	335
11.3.2 开放的数据库连接 ODBC	324	11.4.7 应用举例	337
11.3.3 结构化查询语言 SQL	325	思考题	342
11.4 访问数据库	326	参考文献	343
11.4.1 ActiveX 数据对象 ADO	326		



基本通信原理

第1章

1.1 通信系统简介

通信就是通过传输媒体进行信息传递的过程。人类通信的历史非常久远,远古时代人类通过语言、符号、烽火或飞鸽传书来传递信息,听觉和视觉是信息传递的基本方式。随着人类文明的进步,特别是文字和印刷术的发明,邮政系统成为信息传递的手段;随后电的发明和应用使人类进入电子通信时代,电报、电话和广播电视成为最主要的信息传递手段。20 世纪末,随着计算机网络和 Internet 的迅猛发展,Internet 作为一种新的通信媒体成为各种通信工具的基础,如 E-mail、在线交流、即时消息等不断产生,Internet 已经发展成最具活力和应用前景的主要通信手段。

1.1.1 通信技术发展简史

自从 19 世纪初人类开始使用电子通信以来,通信技术的发展非常迅速,新的传输媒体不断出现。下面简要地回顾一下通信技术的发展历史。

1837 年,美国人莫尔斯(Samuel Morse)发明了有线电报,使得通过一条铜线上的电脉冲来传递信息成为可能。其原理是对报文的每一个字符进行编码,这些编码对应着一串长短不一的电脉冲,通过铜导线传导出去,接收者通过一个电子感应器来识别编码信息。

1843 年,莫尔斯获得了 3 万美元的资助,他用这笔款修建成从华盛顿到巴尔的摩的

电报线路,全长 64.4 km。1844 年 5 月 24 日,在座无虚席的国会大厦里,莫尔斯操纵着他倾注十余年心血研制成功的电报机,向巴尔的摩发出了人类历史上的第一份电报。电报的发明,拉开了电信(Telecommunication)时代的序幕,开创了人类利用电来传递信息的历史。

1866 年,第一条横跨大西洋的海底电报电缆铺设成功。

1876 年,贝尔(Alexander Graham Bell)发明了电话,它将声音转换成电信号,然后由一条电压连续变化的导线传导出去。在导线的另一端,电信号被还原成声音。

早期的电话系统,通话双方必须有一个直接的物理连接,后来的交换板技术改变了电话之间的直接连接,接线员根据呼叫者说出的电话号码来连接两部电话。这样,两部电话的通信不再需要事先建立固定的连接。此时的连接是根据需要临时建立的,大大改善了电话的可用性。

1887 年,德国物理学家 H.R. 赫兹进行了电磁波辐射的赫兹实验,证明了 J.C. 麦克斯韦的电磁波学说。

1895 年,马克尼(Guglielmo Marconi)发明了无线电报。1894 年,无线电通信的奠基人马克尼第一次在家利用无线电波打响了 10 m 以外的电铃。1895 年夏,马克尼对已有的火花式发射机和金属粉末检波器进行了改进,在发射机和接收机端加装了天线,成功地进行了无线电波传输信号的试验。同年秋天,他使通信距离增加到 2.8 km,并且在纸带上记录拍发下来的莫尔斯电报。1897 年,利用风筝作为收发天线,使电信号越过了布里斯托尔海湾,创造了当时最远通信的纪录 14 km。同年 7 月,他组建了无线电报公司。

1901 年,意大利 G. 马克尼首次收到横跨大西洋 3 000 英里的火花式无线电报。

1920 年,在无线电的基础上,调幅广播首次在美国实现。

1937 年,英国开始黑白电视广播;1939 年,美国开始黑白电视广播。

1941 年,实现调频无线电广播。

1940—1945 年,使用雷达,实现微波通信。

1946 年,世界上第一台多用途的电子计算机“爱尼亚克”(ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学莫尔电子工程学院诞生。这种计算技术的革命,透射出数字信息时代的第一缕曙光。ENIAC 共使用 17 000 多个真空电子管、70 000 多个电阻和 6 000 多个开关。整个机器重达 3 t,占地 135 m²,功率 150 kW。ENIAC 主要是靠继电器的状态组合来完成运算任务,每秒钟可进行 5 000 次加法运算。

1947 年,贝尔实验室的 Schockley 博士发明了被誉为“20 世纪最伟大发明”的晶体管。

1953 年,美国开始试播 NTSC 制式广播电视节目。

1955 年,Narinder Kapany 发明了光纤。

1956 年,铺设越洋电缆。

1957 年 10 月 4 日,苏联发射了人类历史上的第一颗人造地球卫星 Sputnik。卫星高度 560 英里。

1958 年,Texas Instruments 制成第一个集成电路,贝尔电话公司推出了第一台调制解调器,贝尔实验室的研究人员发明了激光。

1962 年,美国发射第一颗通信卫星 Telstar-I,卫星通信进入实用阶段。

1966 年,出生在中国上海的英籍华人高锟,发表论文《光频媒体纤维表面波导》,提出用石英玻璃纤维(光纤)传送光信号来进行通信,可实现长距离、大容量通信。

1969年,美国国防部高级研究计划署 ARPA 资助了一个有关广域网络的项目,开发了一个称做阿帕网(ARPANet)的网络。1969年11月21日中午,6名科学家聚会美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的计算机实验室,观看这里的一台计算机与远在千里之外的斯坦福研究所的另一台计算机的联通过程。这是一个历史性的时刻,这些研究者根本没有想到,他们不只是连接了两台计算机,而是宣告了网络世界的到来。

1975年,ARPANet 的运营管理移交给美国国防通信局(DCA)。1982年,DCA 将 ARPANet 各站点的通信协议全部转为 TCP/IP,同时 ARPANet 被分成两部分,一部分作为军用,称为 MILNet,另一部分作为民用。这表明 ARPANet 开始从一个实验型网络向实用型网络转变,从而成为全球 Internet 正式诞生的标志。

1976年,美国贝尔实验室在亚特兰大到华盛顿间建立了世界上第一条实用化的光纤通信线路,速率为 45 Mbps,采用的是多模光纤,光源用的是发光管 LED,波长为 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ 的红外光。随着大容量的单模光纤和长寿命的半导体激光器研制成功,光纤通信系统开始显示出长距离、大容量的优越性。

1978年,美国贝尔实验室研制成功先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。1983年,首次在芝加哥投入商用,随后其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。以 AMPS 为代表的第一代蜂窝移动通信网是模拟系统。

1982年,欧洲成立了电信标准学会(ETSI)技术委员会下的“移动特别小组(Group Special Mobile)”,简称“GSM”,来制定有关的标准和建议书。首先,推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系,并于1991年7月投入商用,GSM 手机开始走入百姓生活,GSM 成为全球移动通信系统的代名词。

1985年,ITU TG8/1 提出了第三代移动通信系统(3G)的概念,命名为 FPLMTS(未来公共陆地移动通信系统)。

1989年,在瑞士日内瓦欧洲核子物理研究中心(CERN)工作的蒂姆·伯纳斯·李(Tim Berners-Lee)首先提出了 WWW 的概念,并且成功地开发出世界上第一个万维网服务器和第一个万维网客户机。同年底,蒂姆为他的发明正式定名为 World Wide Web(万维网);1991年5月,万维网在因特网上首次露面,立即引起轰动,迅速被广泛应用。

1992年以后,Internet 开始进入商业化发展阶段,Internet 用户开始向全世界扩展,标志着以 Internet 为主要手段的新的通信时代的到来。

1996年,第三代移动通信系统更名为 IMT-2000(International Mobile Telecommunications 2000)。1999年3月,ITU-R TG8/1 第16次会议在巴西召开,此次会议确定了第三代移动通信技术的大格局。IMT-2000 地面无线接口被分为两大组,即 CDMA 与 TDMA。

进入21世纪后,光纤通信、移动通信、互联网已经成为现代通信的主体,现代通信技术表现出勃勃的生机。

1.1.2 通信系统的组成

实现信息传递所需要的一切设备构成通信系统,通信系统一般由5个部分构成,概念模型如图1-1所示。



图 1-1 通信系统概念模型

1. 信源

按照信源发出信号的性质来区分,信源可分为模拟信源和数字信源。模拟信源输出幅度连续变化的信号,如声音的强度、温度的高低变化等都是模拟信号。数字信源发出离散的值,每个离散值代表一个符号,例如计算机、电传机产生输出的数据等。

2. 发送设备

信源产生的信号一般不能通过传输媒体直接传输,通常需要通过发送设备进行信号处理,然后再通过传输媒体进行信息传输。发送设备将信源产生的信号转换成便于在传输媒体中传送的信号形式,送往传输媒体。

传送的信号不同、通信系统的类型不同,发送设备和接收设备所起的作用悬殊越大。例如,如果需要传输模拟信号,对于数字通信系统来说,发送设备包括信源编码和信道编码两个部分。信源编码将连续信号变为数字信号,信道编码使数字信号和传输媒体相匹配,从而提高传输的有效性和可靠性。另外,发送设备还包括为了实现某些特殊要求而进行的各种处理,例如信息分组、数据加密、多路复用等。

3. 传输媒体

传输媒体是指从发送设备到接收设备传递信号所经过的物理媒体。传输媒体可以是有线的,例如同轴电缆、双绞线、光纤等;也可以是无线的,例如微波、通信卫星、移动通信等。无论是无线还是有线传输,由于传输媒体和电信号的固有物理特性,信号在传递过程中都会产生干扰和信号衰减。

为了提高传输媒体的效率,在通信中,传输媒体往往被分成若干不同的通信信道。信道(Channel)是指同时进行数据及信号通信的通道,信道越多,信号强度及通信质量越高。

4. 接收设备

接收设备用于信号的识别,它将接收到的信号进行解调、译码,还原为原来的信号,提供给接收者。

5. 信宿

接收者将接收设备得到的信息进行利用,从而完成一次信息的传递过程。

从通信系统的概念模型来看,通信实际上包括两大方面的问题。首先是信息的符号表示和编码(即信息如何表示),并根据通信媒体的物理特性选择相应的编码方案。其次是通信媒体的物理特性,怎样表示和传输编码数据。

最后需要说明的是,图 1-1 描述的是单向通信,实际上大部分通信系统都是双向通信的。信源同时也是信息的接收者,反过来信宿也是信息的发送者。通信双方都有发送和接收设备,如果两个方向都有不同的传输媒体,则双方可以独立地发送和接收信息;如果传送和接收共用同一

个传输媒体,则需要采用相应的技术,例如用频率或时间分割的方法来共享传输媒体。通信系统除了完成信息的传递外,有时还需要在不同的传输系统之间进行交换,传输系统和交换系统共同构成一个完整的通信系统,或称为通信网络。

1.1.3 通信系统的分类

根据传输信号的类型、信号传输的方向性以及数字信号码元的排列方法,通信系统可以分成不同的类型。

1. 按信号类型分类

根据传输信号的不同,通信系统可分为模拟通信系统和数字通信系统。在传输线路上传输模拟信号的通信方式称为模拟通信,模拟通信系统通过模拟信号传输数据。例如,在电话通信中,用户线路上传送的电信号是随着用户声音大小的变化而变化的,这个变化的电信号在时间上或幅度上都是连续的,是模拟信号。数字通信是指用数字信号作为载体来传输信息,或者用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。数字信号与模拟信号不同,它是一种离散的信号,通过不同的脉冲组合来对数据进行编码。例如,电报信号就属于数字信号。

在模拟通信系统中,信息的传输需要经过信号转换和调制/解调两种变换。首先,在发送端,发送设备需要将要传输的信号变换成电信号;在信宿,接收端收到的信号要反变换成原始信号。其次,在发送端的信号传输以前,需要将原始电信号变换成适合信道传输的信号,即调制,经过调制后的信号成为已调信号,在媒体中传输;在接收端,将信道中传输的信号还原成原始电信号,即解调。在发送端调制前和接收端解调后的信号称为基带信号,已调信号又称为频带信号。

模拟传输只传输模拟信号,为扩大传输距离,在模拟传输系统内,一般都包括放大器以提高信号的能量。在传输过程中信号和噪声叠加,叠加噪声干扰后噪声很难被分离和消除,且会随着信号被传输、放大,严重影响通信质量,因此模拟通信的抗干扰能力较差,不适宜长距离通信。同时,模拟通信的安全性也较低。

在数字通信系统中,采用数字信号传递消息,数字传输既可以传输数字信号,也可传输模拟信号。数字通信与模拟通信相比具有明显的优点:

- ① 抗干扰能力强,数字传输系统通过使用中继器来扩大传送距离,不会累积噪声,传输误差小,只要噪声绝对值不超过某一门限值,接收端便可判别脉冲的变化,以保证通信的可靠性。
- ② 以数据帧为单位传输数据,并通过检错编码和重发数据帧来发现并纠正通信错误,从而有效保证通信的可靠性。
- ③ 可以方便地利用各种加密和解密技术,从而有效增强通信的安全性。
- ④ 适合远距离传输,在长距离数字通信中可通过中继器放大和整形来保证数字信号的完整,并可以克服模拟通信中的噪音累积,保证高质量的数据传输。
- ⑤ 可以适应各种通信业务要求,例如电话、电报、图像、数据等,便于实现统一的综合业务数字网,便于采用大规模集成电路,便于实现通信网的计算机管理。

2. 按消息传送的方向与时间的关系分类

对于点到点之间的通信,按信息传送的方向与时间的关系,通信方式可分为单工通信、半双工通信和全双工通信 3 种类型。

单工通信(Simplex Communication)是指数据传输是单方向的,例如只能由设备 A 到设备 B,反之则不可以。单工通信的例子很多,例如无线广播等。半双工通信(Half-Duplex Communication)指双方可以互相通信,但是同一时间不能同时进行发送和接收数据的操作,发送和接收数据必须轮流进行。例如,使用无线对讲机通信。全双工通信(Full-Duplex Communication)是指传输的双方可以同时数据发送和接收,即在两者之间的传输通道中允许两个方向的数据流动。全双工通信是最复杂的通信,当设备在一条线路上传输数据时,可能收到其他的数据。特别是在网络中,通信协议必须保证信息能被正确、有序地发送和接收。

单工通信、半双工通信和全双工通信的概念如图 1-2 所示。

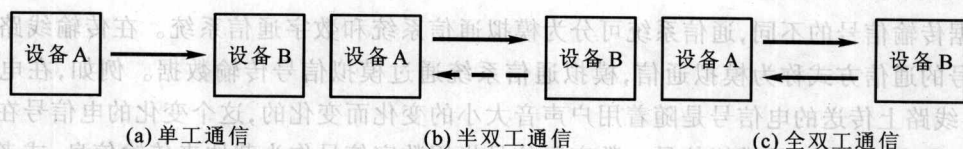


图 1-2 单工、半双工、全双工通信方式

3. 按照数字信号码元排列方法分类

在数字通信中,按照数字信号码元排列方法的不同,通信方式可分为串行传输和并行传输两种方式,又称传输模式。

并行传输(Parallel Transmission)是指同时可以传输多个比特,每个比特使用一条独立的线路,这些线路通常被困扎在一条电缆里。并行传输的应用很多,主要用于两个短距离设备之间的通信。例如,主机和打印机、显示器、硬盘等外围设备的连接等。并行传输不适合长距离通信,因为使用多条导线,长距离通信将使得线路昂贵;另外,长距离通信需要一定的强度和较粗的导线来减少信号衰减,因此多条导线也不实际。

串行传输(Serial Transmission)是指利用一条线路,逐个传送比特的传输方式。与并行传输相比,串行传输使用的线路少,因此价格较低,长距离传输更加可靠。由于每次只能发送一个比特,因此速率较慢。

此外,串行传输还增加了发送设备和接收设备的复杂性。发送方必须确定先发送字节的高位还是低位。同样,接收方必须知道收到的比特中怎样构成一个字节,否则信息的传输将发生错误。串行传输的方法主要有异步传输和同步传输。

(1) 异步传输

异步传输(Asynchronous Transmission)是指将比特串划分成逐个的小组进行发送,这些比特组可以在任何时候发送。键盘和计算机的通信是一个异步传输的例子,用户每一次按键就发送一个字符对应的一个比特串(字符的编码,如 ASCII 码)。由于按键的速率是不确定的,因此内部硬件必须能够在任何时刻接收输入的字符。

异步传输存在一个潜在的问题,由于接收方不知道数据会在什么时候到达,因此有可能导致由于没有及时反应致使新到的比特丢失。为此,异步传输增加了开始位和终止位。开始位通知接收方数据已经到达后,会给接收方响应、接收和缓存数据比特的时间;终止位表示一次传输的结束。一般情况下,空闲线路(没有数据传输)实际携带一个表示二进制 1 的信号。开始位使信号变为 0,其他的信号由数字编码确定,例如 NRZ 编码。停止位使信号重新变为 1,该信号一直

保持到下一个开始位到达。采用异步传输传送一个 ASCII 字符的过程如图 1-3 所示。

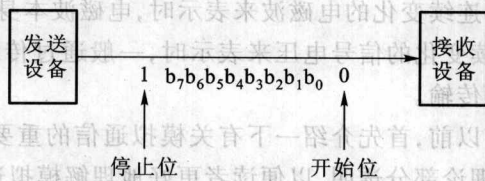


图 1-3 异步传输

异步传输主要用于低速设备,例如键盘、打印机等。由于增加了开始和停止位,使得传输的开销加大。例如,上面的例子使开销增加了 $1/4$,这样的开销无形中增加了传输的负载。

(2) 同步传输

同步传输(Synchronous Transmission)也是对比特流进行分组,它不是单独地发送每个字符,而是将多个字符组合成一个大的组一起发送。每一个组称为一个数据帧,简称为帧(Frame)。

数据帧的组织形式由具体的通信协议规定,一般包括以下几个部分(见图 1-4):

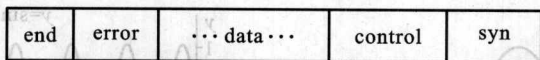


图 1-4 数据帧一般格式

- syn: 帧的同步字符,一般位于帧的起始位置,用于通知接收方一个帧已经到达,同时还确保接收方的接收速率和帧的到达速率一致。

- control: 帧的控制位,包括帧的源地址、目标地址、数据的实际字节数、序列号以及帧的类型等。源地址指出帧数据的来源;目标地址指出信宿地址,也用于中间结点的路由选择;序列号主要用于接收方对数据帧重新排序。

- data: 要发送的实际数据,字符间不需要开始和停止位。

- error: 错误检查位,包含若干个用于检错和纠错的比特,由帧的 data 部分决定。

- end: 帧结束标志,一个独特的比特串,表示该帧的结束。

1.2 模拟信号与数字信号

在通信系统中,数据和传送数据所用的信号是两个完全不同的概念。数据有模拟数据和数字数据两种,例如一张照片,它是对景物的模拟,可以说是模拟数据。当照片扫描成图片文件后,照片文件就是数字数据。信号是数据的表现形式,是数据的载体,主要是便于媒体进行传输。从广义上讲,信号包括光信号、声信号和电信号等形式。根据信号的特征不同,信号分成模拟信号和数字信号两种。

1.2.1 模拟信号及其传输

模拟信号(Analog Signal)是指在两个峰值之间来回振荡的、连续变化的信号。例如,无线电与电视广播中的电磁波,电话传输中的音频电压信号等。模拟信号给数据通信带来了复杂性,首