



赵晓岚 胡家彦 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书详细介绍了当前使用的通信网络的网络通信原理。首先,从通信网络对现代生活的影响入手,简要介绍了通信网络的基本组成、基本特性和通信网络的类型。接着,从有线网络和无线网络两方面展开,介绍了通信网络技术原理,包括通信的基本概念、通信网络的通信方式、信息传输技术、数据交换技术、模拟信号和数字信号之间的转换以及差错控制和差错编码的知识。还对数据网络中数据报、数据帧的格式、通信原理等方面进行了详细论述。

本书可作为高等院校相关专业本专科生和研究生教材,也可供网络工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

通信网络原理 / 赵晓岚, 胡家彦编著. —北京: 国防工业出版社, 2006. 1

ISBN 7-118-04268-4

I. 通... II. ①赵... ②胡... III. 通信网
IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 148917 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18¼ 字数 415 千字

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

21 世纪是信息的时代,信息流通的一个平台,或者说信息互通的实现手段就是网络。什么是网络?什么是通信网?它们怎样实现信息的传输?也许,不同的人会有不同的认识,但某些人说到网络就认为是因特网、计算机网络等,这种观点是不正确的,为了给广大想了解通信网络知识的人一个明确的认识,本书讲述了通信网络的通信原理。

全书首先对网络的概念作了一个明确的划分,对目前比较稳定的 OSI 通信模型以及其使用的协议和分层结构作了详细的说明。然后,在此基础上对通信网络的通信原理进行详细论述。接着,从有线通信网络和无线通信网络两个方面讲述了现代和未来的一些技术,具体讲述了现代通信网络中所用到的网络技术、不同网络的通信原理。针对不同的网络又从模拟网络和数字网络两方面加以详细论述。其中,模拟网络以电话网的通信原理加以论述,相信读者在读完本书后,会对模拟通信网络的通信网络原理有一个清晰的认识。在数字网络中,介绍了分组交换、报文交换等,如 ATM、帧中继等比较成熟的网络通信原理。在具体介绍每一种网络时,又从其产生的历史背景、发展历程、发展趋势入手,这样,既保证了全书的逻辑性,又保证了具体章节的局部逻辑性。大量地使用图片,使比较抽象的理论形象化也是本书的一个显著特点。

为了使读者对本书的逻辑框架有个初步认识,下面作一个简要论述,相信对读者阅读本书有帮助。本书以通信网络、通信网络的通信原理为侧重点加以论述。

全书可以分为 4 个部分。

第 1 部分为第 1 章,在该章对现代通信网络的类型加以分类,以便读者对本书所说的通信网络有个初步认识。

第 2 部分是第 2 章,重点介绍了一般通信的知识、技术,因为不论哪种通信网络,其基础还是通信的某种实现,也就是说,通信原理是通信网络的根本,没有通信技术,就不能实现通信网络之间的通信。

第 3 部分是第 3 章,详细介绍了 OSI-RM 模型的相关知识,这是所有通信网络的一个标准,通过这章的学习,读者可以对通信网络的基本原理有一个初步的认识,因为该模型可以说是所有通信网络的一个具体实现。

第 4 部分从第 4 章到第 10 章,具体介绍了各种不同类型的通信网络的通信原理。第 4 章,介绍了电话网的通信原理,因为这里的电话网是传统的模拟信号电话网,所以通过本章的学习,使读者明白电话网的通信原理,同时也是对模拟通信网络有了一个明确的认识。接着,在第 5 章~第 9 章依次详细论述了 X.25 分组交换网、帧中继网、ATM 网、ISDN 综合业务数字网、因特网的通信原理。最后,对现代的通信网络中的无线网络作了详细介绍,介绍了蓝牙技术等新型技术。

全书逻辑严密,结构紧凑,重点突出,非常适合有一定的通信知识或网络知识的读者做进一步研究时参考。但同时,由于本书在讲述时,引入了大量的图形和易懂的实例,所以即使读者以前没有接触过相关知识,对本书也能理解。特别是对于通信网络初涉者,本书是一本很好的参考书,因为在本书里对通信网络给出了明确的划分。

本书是编者近期的一本倾心之作,但由于时间仓促,书中也难免出现一些错误,希望读者能给予批评指正。

编者

目 录

第 1 章 通信网络概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 通信网络的概念	1
1.1.2 通信网络的影响	1
1.2 通信网络的基本构成	2
1.3 通信网络的特性	3
1.4 通信网络的类型	3
第 2 章 通信网络技术原理	5
2.1 通信的基本概念	5
2.2 通信网络的通信方式	7
2.2.1 串行传输方式和并行传输方式	7
2.2.2 单工通信、半双工通信和全双工通信	7
2.2.3 异步传输和同步传输	8
2.3 通信网络的传输技术	8
2.3.1 时分多路复用	8
2.3.2 PCM 时分多路复用	12
2.3.3 PCM30/32 路系统	14
2.3.4 同步数字序列	16
2.3.5 频分多路复用	20
2.3.6 码分多址	20
2.3.7 波分多路复用	21
2.4 通信网络中的数据交换技术	22
2.4.1 基本概念	22
2.4.2 电路交换	23
2.4.3 报文交换	23
2.4.4 分组交换	24
2.5 数据调制与编码	27
2.5.1 数字数据的数字信号编码	27
2.5.2 模拟数据的数字信号编码	30
2.5.3 模拟数据的模拟信号调制	31
2.5.4 数字数据的模拟信号调制	31
2.6 差错控制与差错控制编码	33
2.6.1 差错控制的基本方式	34

2.6.2 差错控制编码·····	35
第3章 通信网络协议及其体系结构 ·····	40
3.1 概述·····	40
3.2 通信网络协议及其功能·····	41
3.2.1 基本概念·····	41
3.2.2 通信网络协议的功能·····	41
3.3 OSI-RM 模型·····	45
3.3.1 OSI-RM 模型的产生·····	45
3.3.2 OSI-RM 模型的体系结构·····	45
3.3.3 OSI-RM 层次模型中各层的功能·····	46
3.4 OSI-RM 模型的工作原理·····	49
3.4.1 几个基本概念·····	50
3.4.2 OSI 模型的垂直层间通信原理·····	51
3.4.3 OSI 模型的水平层间通信原理·····	52
3.4.4 网络层的通信原理·····	53
3.4.5 传输层的通信原理·····	55
3.4.6 应用层的通信原理·····	57
3.5 OSI-RM 模型的实现·····	59
第4章 电话网 ·····	60
4.1 电话网概述·····	60
4.1.1 电话网的发展·····	60
4.1.2 基本概念·····	60
4.2 电话网中采用的传输技术·····	62
4.2.1 FDM·····	62
4.2.2 电话交换技术的发展过程·····	64
4.3 电话网的结构·····	65
4.3.1 拓扑结构·····	65
4.3.2 等级结构·····	66
4.4 信令系统·····	67
4.4.1 基本概念·····	67
4.4.2 7号信令系统的信令结构模型及各层功能·····	68
4.4.3 中国1号信令系统的工作原理·····	70
4.5 路由选择的原理·····	72
4.5.1 路由概念及其类型·····	72
4.5.2 路由选择的分类及工作原理·····	73
4.6 电话网络的发展趋势·····	77
第5章 X.25 分组交换网 ·····	78
5.1 概述·····	78
5.1.1 X.25 分组交换数据网的历史·····	78

5.1.2	X.25 分组交换使用的技术规程	78
5.1.3	X.25 分组交换数据网的特点	79
5.1.4	用户终端与分组交换网的连接方式	81
5.2	X.25 协议及其层次结构	81
5.2.1	X.25 协议接口规程	81
5.2.2	X.25 与 OSI-RM 层次结构对比	82
5.2.3	HDLC 规程	83
5.3	X.25 的三层结构	85
5.3.1	X.25 分组层概述	85
5.3.2	虚电路和逻辑信道的区别	86
5.3.3	X.25 分组的格式	86
5.3.4	X.25 分组层的通信过程	88
5.3.5	X.25 帧层	94
5.3.6	X.25 的物理层	98
5.4	X.25 分组交换网的路由技术	98
5.4.1	固定路由算法	99
5.4.2	自适应路由算法	100
5.5	X.25 分组交换网的构成	100
5.5.1	分组交换机	101
5.5.2	网络管理中心	102
5.5.3	分组拆装设备和远程集中器	105
5.5.4	分组终端	106
第 6 章	帧中继网	108
6.1	概述	108
6.1.1	帧中继的历史	108
6.1.2	帧中继的技术标准	108
6.2	帧中继的基本原理	109
6.2.1	帧中继的概念	109
6.2.2	帧中继体系的层次结构	110
6.2.3	帧中继的工作原理	113
6.3	帧中继网	119
6.3.1	帧中继网的拓扑结构	119
6.3.2	帧中继网络设备	120
6.3.3	网络的层次结构	121
6.3.4	帧中继网的带宽管理	122
6.3.5	帧中继业务的特点与应用	122
6.4	帧中继接入网	123
6.4.1	帧中继接入网的设备	123
6.4.2	帧中继用户接入规程	124

6.4.3	用户接入电路	125
6.4.4	用户入网方式	126
6.5	帧中继网与其他网络的连接	127
6.5.1	帧中继网与分组交换公用数据网(PSPDN)的互联	127
6.5.2	帧中继网与 ISDN 及 B-IDSN 之间的互联	128
6.5.3	帧中继网络之间的互联	129
第 7 章	ATM 通信网	130
7.1	概述	130
7.1.1	ATM 技术及其产生	130
7.1.2	ATM 的概念和特点	131
7.2	ATM 的协议参考模型	132
7.2.1	ATM 协议模型的分层结构	132
7.2.2	ATM 协议模型的多平面模型结构	133
7.3	ATM 的工作原理	134
7.3.1	物理层	134
7.3.2	ATM 层	136
7.3.3	ATM 适配层	143
7.4	ATM 网络	151
7.4.1	ATM 网络结构	151
7.4.2	ATM 网络接口	151
7.4.3	ATM 网络地址结构	152
7.4.4	ATM 交换网络的基本功能	152
7.4.5	ATM 网络流量管理和拥塞控制	154
第 8 章	ISDN 综合业务数字网	157
8.1	概述	157
8.1.1	ISDN 的由来和现状	157
8.1.2	BISDN 和 NISDN 的区别	158
8.2	ISDN 网络	159
8.2.1	ISDN 网络的结构	159
8.2.2	ISDN 的 UNI	159
8.2.3	ISDN 的信道类型	164
8.2.4	ISDN 的地址结构	164
8.2.5	ISDN 支持的业务	165
8.2.6	ISDN 网络的功能分配	168
8.3	ISDN 网络的通信原理	170
8.3.1	ISDN 协议的组成	170
8.3.2	用户网络接口协议	171
8.4	ISDN 的网间互通	183
8.4.1	ISDN 与电话网的互通	184

8.4.2	ISDN 与分组网的互通	184
8.4.3	公用/专用 ISDN 的互通	184
第 9 章	因特网	186
9.1	因特网概述	186
9.1.1	因特网的概念	186
9.1.2	因特网的产生历史	186
9.1.3	因特网的发展	187
9.1.4	因特网在中国的发展	188
9.1.5	因特网的基本服务	189
9.2	因特网协议	192
9.2.1	因特网协议的层次结构	192
9.2.2	因特网的协议工作原理	193
9.2.3	各层协议的工作原理	194
9.2.4	IPv6 技术	219
9.3	因特网的通信原理	223
9.3.1	因特网的路由选择算法	223
9.3.2	因特网的流量控制和差错控制	227
9.4	因特网的设备	229
9.4.1	传输介质连接设备	230
9.4.2	网络适配器	230
9.4.3	调制解调器	231
9.4.4	中继器	232
9.4.5	集线器	233
9.4.6	网桥	234
9.4.7	路由器	236
9.4.8	网关	239
9.5	因特网的接入方式	240
9.5.1	PSTN 拨号	240
9.5.2	ISDN 接入方式	241
9.5.3	DDN 专线接入方式	241
9.5.4	ADSL 接入方式	242
9.5.5	VDSL 接入方式	242
9.5.6	Cable - Modem 接入方式	243
9.5.7	PON 接入	243
9.5.8	LMDS 接入方式	244
9.5.9	LAN 接入方式	244
第 10 章	无线网络通信原理	246
10.1	概述	246
10.1.1	无线网络的发展背景	246

10.1.2	无线网络的优势	247
10.2	无线网络的通信技术	248
10.2.1	扩频通信	248
10.2.2	扩展频谱通信的定义	248
10.2.3	扩频通信的理论基础	249
10.2.4	扩频通信的主要性能指标	250
10.2.5	扩展频谱通信的主要特点	250
10.2.6	扩频通信的工作原理	252
10.3	WAP 技术	264
10.3.1	WAP 概述	264
10.3.2	WAP 协议的原则和目标	264
10.3.3	WAP 协议的层次结构	265
10.3.4	WAP 网关	269
10.3.5	WAP 服务器与移动网络(MN)的连接	270
10.4	蓝牙技术	272
10.4.1	蓝牙的由来	272
10.4.2	蓝牙的概念	272
10.4.3	蓝牙的技术内容	273
10.4.4	蓝牙的未来	273
10.4.5	蓝牙技术面临的问题	274
10.4.6	蓝牙系统的组成	275
10.4.7	蓝牙技术的协议分层结构	276
10.4.8	蓝牙技术与无线局域网	276
10.4.9	蓝牙技术的实现方式	277
	参考文献	280

第 1 章 通信网络概论

1.1 概 述

1.1.1 通信网络的概念

通信网络是指按一定的标准、协议进行信息交换的网络,包括广播网、电视网、电话网、计算机互联网、移动通信网络等。

1.1.2 通信网络的影响

通信网络对人们的现代生活产生了很大的影响,如何充分利用通信网络为人类服务是我们了解通信网络原理的原因。

为了说明通信网络对人们生活的影响,我们可以从互联网以及移动通信(手机)网络的发展来了解其影响。

首先说一下互联网。2005 年 1 月 19 日,中国互联网络信息中心(CNNIC)在京发布“第十五次中国互联网络发展状况统计报告”。报告显示,我国上网用户总数为 9 400 万,比半年前增长 8%,其中使用宽带上网的人数达到 4 280 万;上网计算机达到 4 160 万台,比半年前增长了 14.6%;CN 下注册的域名数、网站数分别达到 43 万和 66.9 万,分别比半年前增长了 5 万和 4.2 万;网络国际出口带宽总数达到 74 429MB,IPv4 地址总数 59 945 728 个,分别比半年前增长 38%和 21%。据统计,2004 年我国互联网产业发展对国民经济增长的贡献率超过了 0.3%。现在,全球每一分钟有 500 万个 E-mail 信息被发送,每一小时有 3 500 万个语音 E-mail 被发送,每一天有 3 700 万个用户登录互联网,并在 Web 页中选择浏览。

其次,移动通信对我们生活的影响也是有目共睹的。据统计,2004 年北京市固定电话用户达 847.4 万户,比 2003 年增长 23.9%。电话机、交换机容量达 1 110 万门,同比增长 11.9%;北京市移动电话用户达到 1335.9 万户,同比增长 20.5%。2004 年北京完成邮政业务总量 31.1 亿元,与上年基本持平。全年订销报纸 10.1 亿份,同比下降 7.8%;订销杂志 3 881 万份,同比下降 3.4%;收寄函件 7.7 亿份,同比下降 7.9%;信息产业部于 2004 年 11 月 22 日发布的最新统计显示,到 2004 年 10 月底,中国手机用户总量已经超过 3.2 亿,前 10 个月中国手机平均月增 550 万户。

据报道,中国手机 2003 年总销量为 7 378.6 万只。其中 GSM/GPRS 总量为 6375.3 万只,CDMA 手机为 1 003.3 万只,增长幅度为 30.4%。来自北京市统计局的最新统计显示,2004 年北京移动电话普及率达到每百人 90.6 部,比 2003 年增长 17.6%。根据美国 Gartner 所公布的一项数据调查来看,2003 年第二季度全球手机市场销量达到 1 亿 1 490 万部,与第一季度相比增加了 2%,与上年同期相比增加了 12%左右。

1.2 通信网络的基本构成

通信网络(如电信网、互联网、移动网等)的种类很多,发展迅速,其中所包含的技术也纷繁复杂,但是,抛开这些网络的表层,在它们的低层实现上其原理是相同的。通信网络的基本构成包括发送系统(信息源和发送设备)、传输系统(信道以及噪声源)和接收系统(接收设备以及受信者)3部分,其具体构成(从通信角度)可以用图 1-1 表示。

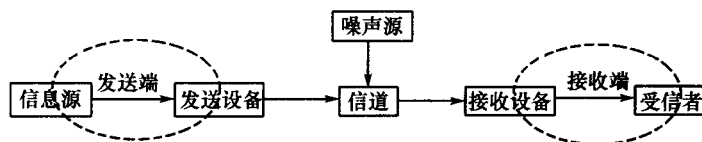


图 1-1 通信网络的基本构成

一、信息源

信息源是指在通信过程中发出信息的一些设备。举个例子,两个人的谈话也可以看作是一个信息交换网络,其中说话的人就是信息源。但是,在通信网络中,信息源指能够发送出信息的设备,如电话、手机、计算机等。

二、发送设备

发送设备是指将信息源发出的信息按一定的方式进行发送的装置。发送设备使信息源发出的信息转换成适合在信道上传输的信息。如我们在用手机给朋友发短信的时候,手机就是发送设备。我们把想要说的话和要表达的意思输入到手机里面,这些以汉字形式或字母形式显示的内容是不能直接进行发送的,必须首先把它转换成适合无线传输的一些电信号,然后再通过无线通信技术传送到对方的手机上。这时,手机就是发送设备。由于发送设备不仅仅完成发送任务,还实现信息的转换,因此,某些参考书也将其称为变换器等。发送设备的功能强大,它不仅仅能完成汉字、字母的发送,而且能发送大规模的图像、图形信息以及视频、音频文件。

三、信道

信道就是发送设备将其发送的信息转发给接收设备所经过的传输介质。传输介质的类型很多,也有不同的分类方法。按信道中传输的信号形式可以分为模拟信道(信道上传送模拟信号的信道)和数字信道(信道上传送数字信号的信道)。传输话音信号的电话系统所用的信道就是模拟信道,而 IP 电话所用的信道就是数字信道,因为其传输的是数字信号。根据其传输介质的不同,我们还把信道分为无线信道和有线信道。有线信道比较明显,比如电话线、双绞线、电缆和光缆等这些传输介质,利用这些介质进行信号传输的都是有线信道;而通过电磁波发送信息的手机、雷达等设备所使用的信道都是无线信道。

四、接收设备

接收设备是和上述过程中发送设备相对应的接收端设备装置。其功能和发送设备相反。其作用是把从信道上接收的信息变换成接收者可以理解的信息。比如,把短信发出后,信息就转换为电磁波信号在空中传播,电磁波是肉眼看不到的,更不要说理解,但我们发出信息的目的就是让对方知道,怎样将这些信息转换为可以理解的信息,这就是对方手

机所完成的功能,即把这些电信号转换为能理解的文字或图像。在这次通信中,对方的手机就是这个临时通信网络的接收设备。相应于发送设备,有时候也把接收设备称为反交换器。

五、受信者

受信者也就是信息的接收者。它可以与信息源相对应而构成人—人通信或者机—机通信;也可以与信息源不一致而构成人—机或机—人通信。

六、噪声源

噪声源是信息在通信网络传输过程中,对信道中的信息产生干扰的一些设备。比如,电缆在传输电信号时由于电缆存在电阻,从而使电信号在传输过程中产生衰减;我们在收听广播时阴天和晴天的信号不同,这就是由于天气的不同引起了大气中电离层的变化,从而对广播信号产生的影响发生变化,所以,在阴天时收听广播、看电视时会不时地出现一些杂音或者图像会出现一些模糊或抖动现象。

1.3 通信网络的特性

由于通信网络的类型很多,因此其特性也有很多,但以下特性是其基本特性。

一、连通的任意性

连通的任意性指通信网络中的任意两个用户之间都可以互通信息,这不仅是通信网络必须满足的基本特性,也是对通信网络的基本要求。

二、信息的透明性

信息的透明性,是指通信网络不对进行信息传输的用户有太多的要求,不管是音频信息还是视频信息都可以进行传输。一个理想的通信网络,应使用户的任何形式的信息都能在网络上传递。当然,这种要求不是指不合法的要求或心存恶意的要求。目前,透明性是指对用户提出尽可能少的要求、限制,从而发挥通信网络的最大效用。

三、网络服务的可靠性

可靠性是从概率上说的,是指平均故障间隔时间或平均运行率是否达到要求。目前,电话网已经比较成熟,因此,其可靠性较高。而最近 10 年来迅速发展的因特网,其服务质量采取“尽力而为(Best Effort)”的策略,因此,因特网中最近出现了一些有关服务质量 QoS(Quality of Service)的讨论。

四、灵活性好

灵活性是指当一个网络建成后,也允许新用户或新业务顺利入网。如果一个网络建成后,不允许新用户或新业务进网,也不能与其他网络互联,这样的网络是不合要求的。

五、服务种类多样化

在通信网络中,双方既可以进行文字的交流,也可以交换和共享数据信息;既可以进行真诚的语音交流,也可以进行富有感情色彩的多媒体信息交流。总之,现代通信网提供了丰富多彩、灵活多样的信息服务。

1.4 通信网络的类型

现代通信网从各个不同的角度出发,可有各种不同的分类。

(1) 按通信的业务类型进行分类:电话通信网、电报通信网、电视网、数据通信网、计算机通信网(局域网、城域网和广域网)、多媒体通信网和综合业务数字网等。

(2) 按通信的传输手段进行分类:长波通信网、载波通信网、光纤通信网、无线电通信网、卫星通信网、微波接力网和散射通信网等。

(3) 按通信服务的区域进行分类:农话通信网、市话通信网、长话通信网和国际通信网或局域网、城域网和广域网等。

(4) 按通信服务的对象进行分类:公用通信网和专用通信网等。

(5) 按通信传输处理信号的形式进行分类:模拟通信网和数字通信网等。

(6) 按通信的活动方式进行分类:固定通信网和移动通信网等。

第 2 章 通信网络技术原理

2.1 通信的基本概念

一、数据

任何描述物体、概念、形态的事实、数字、符号、字母、图形、图像等,都可以归为数据。如英文字母 a、b、c……,数字 1、2、3……由英文字母构成的英文单词、英文文章等,以及一张山水画、一幅对联、一部电影等。

数据从形式上可以分为模拟数据和数字数据。模拟数据是指在某个区间内连续取值的数据。例如声音或音频的强度是随时间连续变化的,温度、大气压强等也是随时间连续变化的。数字数据与模拟数据相对,其取值在其定义区间是离散的。图 2-1(a)给出的是直流电压随时间的变化曲线,为模拟数据;图 2-1(b)给出的是电压的抽样信号,为离散数据。

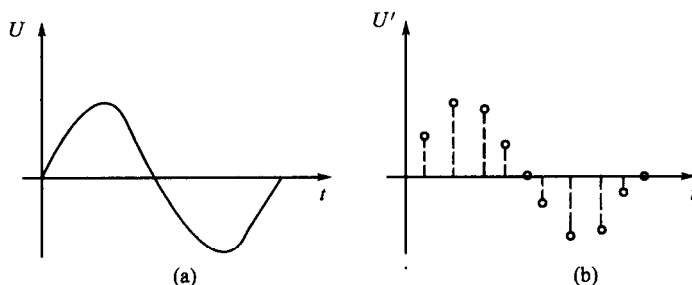


图 2-1 模拟数据与离散数据示意图

(a) 模拟信号; (b) 离散信号。

二、信号

信号(Signal)是指通信中传输信息的电信号和磁信号,是随时间变化的电压、电流、电磁场。信号是数据的电磁编码或电子编码。相应于数据的分类,从形式上看,信号分为模拟信号和数字信号。模拟信号是随时间连续变化的信号。数字信号是指离散变化的信号。在计算机中应用的二进制代码“1”和“0”表示的就是数字信号。

三、信息

信息(Information)在概念上和消息的意义相似,可以被理解为消息中包含的有意义的内容。信息的形式可以不同,但其内容不一定不同。举个简单的例子,“情人节”和“2月14号”,两者的形式显然不同,但其含义一样,都表示同一天;比如二进制 00001010、十六进制 0x0a 二者的形式不同,但都表示十进制 10。这些例子的形式不同,但其信息是相同的。

在通信系统中需要定量地评价信息的作用,用信息量(I)的大小对信息的作用进行衡量。美国的数学家、信息论的奠基人香农(C. E. Shannon)给出了度量信息的公式,即信息量 I 为

$$I = \log_2(1/P) = -\log_2 P$$

式中 I ——信息量,其单位为比特(bit,简写为 b);

P ——信息所描述的事件发生的概率。

【例 2.1】 在一个英文片断中只可能出现 5 个英文字母 a、b、c、e、f,它们出现的概率 P_a 、 P_b 、 P_c 、 P_e 、 P_f 分别是 $1/8$ 、 $1/2$ 、 $1/16$ 、 $1/4$ 、 $1/16$,且每个字母的出现都是独立的(其出现不受其他字母影响)。求下面英文片断 abceffaaaceffbbcbbfabefaa 的信息量。

解:由题意知,字母 a、b、c、e、f 出现的次数依次为 6、7、4、3、6。该英文片断出现 a 的信息量为 $I_a = 6 \log_2(1/P_a) = 6 \log_2(8) = 18(\text{b})$;出现 b 的信息量为 $I_b = 7 \log_2(1/P_b) = 7 \log_2(2) = 7(\text{b})$;出现 c 的信息量为 $I_c = 4 \log_2(1/P_c) = 4 \log_2(16) = 16(\text{b})$;出现 e 的信息量为 $I_e = 3 \log_2(1/P_e) = 3 \log_2(4) = 6(\text{b})$;出现 f 的信息量为 $I_f = 6 \log_2(1/P_f) = 6 \log_2(16) = 24(\text{b})$ 。所以该片断的信息量为 $I = I_a + I_b + I_c + I_e + I_f = 18 + 7 + 16 + 6 + 24 = 81(\text{b})$ 。

四、信道

信道就是发送设备将其发送的信息转发给接受设备所经过的传输介质。

按照不同的标准,信道可以分为不同的类型。按照其功能可分为调制信道与编码信道。调制信道为图 2-2 中从调制器输出端到解调器输入端的部分。从调制和解调的角度来说,从调制器输入端的所有变换设备及传输介质,都只不过是对已调信号进行一定的变换,都可以看作是信道的一部分。编码信道是指图 2-2 中从编码器输出端到译码器输入端的部分。

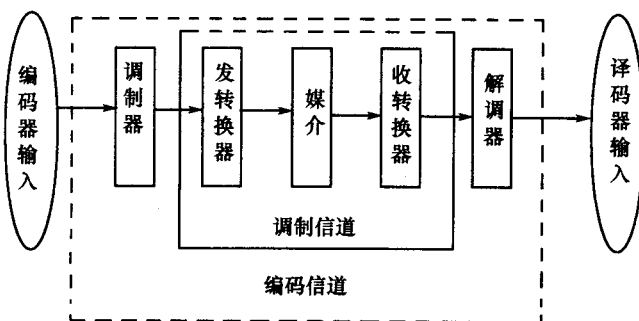


图 2-2 调制信道与编码信道

从通信的信号形式上看,信道又可分为数字信道和模拟信道。模拟信道指传输模拟信号的信道,具有通频带为 $300\text{Hz} \sim 3400\text{Hz}$ 的长途载波电话通路或实线通道。数字信道指用于传输数字信号的信道,具有 64kb/s 或较高的同步数字传输通路。

根据传输介质的类型不同可以把信道分为无线信道和有线信道。手机信息的传输利用的信道就是无线信道,而有线电话传输信号利用的信道就是有线信道。

2.2 通信网络的通信方式

在通信网络中,通信方式按不同的标准有不同的分类结果。按信号的传输分为并行传输和串行传输;按通信双方的信息交互方式和数据链路的传输能力分为单工通信、半双工通信和全双工通信;按通信双方的信息处理时间分为异步传输和同步传输。

2.2.1 串行传输方式和并行传输方式

一、串行传输方式

串行传输方式是指组成字符的若干位二进制码排列成数据流,以串行的方式在一条信道上传输。如图 2-3(a)所示。串行传输通常按一定的顺序(从高位到低位或从低位到高位),逐个字符地传输,接受方和发送方保持同步。串行传输只需要一条传输信道,这是其根本特征。这种方式一般适合于远程通信。

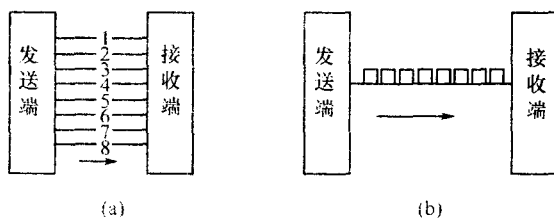


图 2-3 并行传输和传输方式

(a) 并行方式; (b) 串行方式。

二、并行传输方式

并行传输方式是指组成字符的数据信号成组传发,在多条信道上同时进行,如图 2-3(b)所示。收发方不存在字符同步的问题,不需要额外的措施来实现收发双方的字符同步。在使用中,需另外加一条控制信号,即“选通”脉冲,它在数据信号发出后传送,用以通知接受设备所有的位已经发送完毕,可对各种信道上的信号进行取样了。由于其使用的线路较多,成本较高,一般用于近距离传输。

2.2.2 单工通信、半双工通信和全双工通信

一、单工通信

单工通信传输方式是指两个通信终端间的信号传输只能在一个方向传输,即一方仅为发送端,另一方仅为接收端(如图 2-4(a)所示)。如电视广播、无线广播等,都是单工方式。

二、半双工通信

半双工通信方式是指两个通信终端可以互传数据信息,都可以发送或接收数据,但不能同时发送和接收,而只能在同一时间,一方发送,另一方接收,反之同理(如图 2-4(b)所示)。

三、全双工通信

全双工通信方式是指两个通信终端可以在两个方向上同时进行数据的收发传输(如