

21 世纪
信息与通信技术教程

现代通信基础与技术

■ 朱祥华 主编
■ 靳 浩 冯春燕 胡怡红 冯至勇 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪信息与通信技术教程

现代通信基础与技术

朱祥华 主 编

靳 浩 冯春燕 胡怡红 冯至勇等编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信基础与技术/朱祥华主编; 靳浩等编著. 北京: 人民邮电出版社, 2004.9

21 世纪信息与通信技术教程

ISBN 7-115-11040-9

I. 现... II. ①朱... ②靳... III. 通信技术—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 081934 号

内 容 提 要

本书从通信网角度出发介绍了现代通信基本技术、业务及其新发展, 对当前的通信新技术都有所涉及。内容包括: 通信网概论、光纤传输网、宽带接入网、数据通信网、计算机互联网技术、移动通信。全书着重概念和原理, 力图抓住本质, 避免繁琐的数学推导, 深入浅出, 叙述简明清晰, 并有丰富的图例和有用数据。理论联系实际, 每章均附有思考题供检查学习之用。

本书除适合于工程技术人员和那些对通信技术感兴趣的人们使用外, 也可用作培训教材和院校教学的参考书。

21 世纪信息与通信技术教程

现代通信基础与技术

-
- ◆ 主 编 朱祥华
 - 编 著 靳 浩 冯春燕 胡怡红 冯至勇 等
 - 责任编辑 杨 凌

 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
 - 邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 读者热线 010-67129258
 - 北京汉魂图文设计有限公司制作
 - 北京鸿佳印刷厂印刷
 - 新华书店总店北京发行所经销

 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 23.75
 - 字数: 573 千字 2004 年 9 月第 1 版
 - 印数: 1-5 000 册 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11040-9/TN · 2009

定价: 38.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

随着信息时代的到来,信息已成为我们生活不可或缺的组成部分。人们时刻离不开信息,也离不开信息赖以传输的通信手段。到2004年上半年,我国固定与移动电话用户总数已经超过4亿,因特网用户达到8000多万。人们已能享受到各种方便、快捷的信息通信服务,例如网上视频业务、电子信箱、电子商务、GPRS(通用分组无线业务)、移动漫游、预付费业务等等。人们在工作或生活中常常需要了解:什么是宽带网络和宽带服务?什么是3G(第三代移动通信)?NGN(下一代网络)指的是什么?何谓智能网?何谓虚拟网?何谓多媒体?何谓Internet?等等。这些问题不仅普通消费者感兴趣,就是那些在非通信领域工作的专业人员,由于他们在工作中总是要与信息、通信打交道,所以也迫切希望从技术角度对此有所了解。即使是在IT行业工作的人们,也有人由于长期忙于某项具体工作,没有很多时间去了解日新月异的高新技术,因而需要一本既节省学习时间又能抓住技术核心概念的自学教材来充实自己。这本书就是根据上述人员特点而编写的。本书先从概念上讲清技术的基本原理,避免繁杂的数学分析和推导,力图抓住实质,深入浅出,简明清晰。然后在此基础上,分专题介绍各种新技术和新业务。书中有丰富的图例和有用的数据,理论联系实际。我们认为这是一个既节省学习时间又解决问题的好方法。

全书共分6章,第1章介绍了通信网的组成,由此角度出发阐述了通信的基本概念和基本技术,并对通信网的发展作了展望。由于新技术的出现不是空中楼阁,它总是在原有基础上发展起来的,因此这种介绍是必要的,有基础的读者可以略去。其余各章分别讲述了光纤传输网、宽带接入网、数据通信网、计算机互联网技术、移动通信等新技术的物理概念、基本原理、业务及其发展。本书由朱祥华主编,北京邮电大学相关专业教师编写而成。其中,第1章由冯春燕编写,第2章由殷益群编写,第3章由胡怡红编写,第4章由周继成编写,第5章由靳浩和赵振民编写,第6章由冯至勇编写,全书由朱祥华负责审校。每章均附有思考题供检查学习效果之用。

由于时间仓促,书中难免存在不当和错误之外,恳请读者批评指正。

作者

2004年6月于北京

目 录

第 1 章 通信网概论	1
1.1 通信基本概念	1
1.1.1 通信系统	1
1.1.2 模拟通信系统	1
1.1.3 数字通信系统	2
1.1.4 模拟信号的数字化处理	3
1.1.5 复用技术	5
1.1.6 基带传输与调制技术	6
1.1.7 通信系统的主要性能指标	6
1.2 通信网基础	7
1.2.1 通信网的构成	7
1.2.2 通信网的基本结构	8
1.2.3 通信网的协议	9
1.3 通信网的分类	11
1.3.1 业务网	11
1.3.2 传送网	17
1.3.3 支撑网	18
1.4 通信网中的传输技术	22
1.4.1 传输媒介分类及其特点	22
1.4.2 光纤传输	23
1.4.3 微波中继通信系统	23
1.4.4 卫星通信系统	25
1.5 通信网中的交换技术	27
1.5.1 基本交换原理	27
1.5.2 电路交换	28
1.5.3 报文交换	28
1.5.4 分组交换	29
1.5.5 ATM 交换	30
1.5.6 IP 交换与标记交换	31
1.5.7 光交换	33
1.6 信息高速公路与下一代网络	33
1.6.1 全球信息基础设施 (GII) 和国家信息基础设施 (NII)	33
1.6.2 国家信息基础设施 (NII) 的基本结构	34

1.6.3 信息高速公路的关键技术	34
1.6.4 信息高速公路发展的意义	35
1.6.5 下一代网络 (NGN)	36
思考题	40
第2章 光纤传输网	41
2.1 概述	41
2.1.1 光纤传输网在电信网中的地位、作用和发展	41
2.1.2 光纤通信使用的光波范围	44
2.1.3 光纤通信的特点与应用	45
2.1.4 光纤通信的基本构成与调制方式	46
2.2 光纤	48
2.2.1 光纤的结构和种类	48
2.2.2 光波在光纤中的传输机理	50
2.2.3 什么是传输模式? 如何实现光纤的单模传输?	52
2.2.4 光纤的损耗特性	53
2.2.5 光纤的色散特性和单模光纤色散	55
2.2.6 光纤的非线性效应	58
2.3 光端机和光再生中继器	59
2.3.1 光发送机和光源	59
2.3.2 光接收机和光检测器	61
2.3.3 光再生中继器	61
2.4 光同步数字传输网 SDH 技术	62
2.4.1 PDH 系统及其复用方式概述	62
2.4.2 SDH 的网络节点接口、速率与帧结构	65
2.4.3 SDH 的复用结构	67
2.4.4 SDH 的复用设备	71
2.4.5 SDH 传送网结构和网络保护	73
2.5 全光网络与 WDM 系统	79
2.5.1 WDM 系统基本原理	79
2.5.2 WDM 系统的基本构成方式	81
2.5.3 WDM 系统的特点	82
2.5.4 WDM 系统的基本组成与光波长区分配	83
2.5.5 WDM 技术中的关键器件	88
2.5.6 全光通信网	94
思考题	105
第3章 宽带接入网	107
3.1 接入网概述	107
3.1.1 接入网的演变	107
3.1.2 接入网的定义、定界及特点	109

3.1.3 接入网的体系结构	110
3.1.4 接入技术的现状和发展方向	113
3.2 xDSL 技术	113
3.2.1 数字用户线技术的基本原理	114
3.2.2 高速数字用户线 (HDSL)	116
3.2.3 不对称数字用户线 (ADSL)	118
3.2.4 甚高速数字用户线 (VDSL)	119
3.2.5 选择 DSL 的因素	120
3.3 光接入网	120
3.3.1 光接入网的参考模型	121
3.3.2 FTTx 的应用方式	128
3.4 无线接入网	129
3.4.1 无线网络的体系结构	129
3.4.2 一点多址微波系统	131
3.4.3 直接广播卫星 (DBS) 系统	132
3.4.4 本地多点分配业务 (LMDS)	132
3.4.5 蜂窝移动通信系统	135
3.4.6 无绳通信系统	137
3.4.7 移动卫星通信系统	138
思考题	139
第 4 章 数据通信网	141
4.1 数据通信概述	141
4.1.1 什么是数据通信?	141
4.1.2 数据通信系统的构成	141
4.1.3 数据通信系统的技术指标	142
4.1.4 数据通信的发展趋势	142
4.2 电话网上的数据通信	143
4.2.1 系统构成与连接	143
4.2.2 Modem	143
4.2.3 电话网上数据通信的特点	145
4.2.4 开放的业务	145
4.3 分组网	145
4.3.1 分组网概述	145
4.3.2 分组交换网及其处理技术	146
4.3.3 X.25 协议的概念	150
4.3.4 分组网的技术特点	152
4.3.5 适应的业务	153
4.4 数字数据网 (DDN)	154
4.4.1 什么是数字数据网 (DDN)?	154

4.4.2	DDN 的构成	155
4.4.3	DDN 的基本原理	155
4.4.4	DDN 的主要技术特点	157
4.4.5	DDN 开放的业务	157
4.5	帧中继	158
4.5.1	帧中继概述	158
4.5.2	帧中继网技术原理	159
4.5.3	帧中继网络组织与网络管理	165
4.5.4	帧中继网的主要技术特点	167
4.5.5	帧中继网提供的业务	167
4.6	我国数据通信的发展战略	168
	思考题	169
第 5 章	计算机互联网络技术	170
5.1	计算机网络基本概念	170
5.1.1	计算机网络的组成、功能和网络结构	170
5.1.2	计算机网络的分类	172
5.1.3	计算机网络的地址	173
5.2	局域网 (LAN)	174
5.2.1	IEEE 802 局域网模型	175
5.2.2	FDDI	176
5.2.3	逻辑链路控制 (LLC)	177
5.2.4	IEEE 802.3 和 Ethernet	177
5.2.5	快速以太网技术	180
5.2.6	吉比特以太网技术	181
5.2.7	VLAN	182
5.3	广域网技术	183
5.3.1	概述	183
5.3.2	ATM 技术	184
5.4	Internet 的关键技术	194
5.4.1	Internet 的协议结构	194
5.4.2	IP 网络寻址	203
5.4.3	Internet 网络寻址	208
5.4.4	Internet 组网设备	210
5.4.5	IP 路由技术	214
5.4.6	Internet 的应用例子	222
5.4.7	Internet 的特点及其存在的问题	236
5.4.8	Internet 的新技术与应用	238
5.5	IP over X 技术	249
5.5.1	IP over ATM 技术	249

5.5.2	IP over SDH 技术	262
5.5.3	IP over WDM 光互联网技术	265
5.6	VPN	269
5.6.1	VPN 概述	269
5.6.2	VPN 使用的主要技术	271
5.6.3	VPN 的组网结构	272
5.6.4	隧道协议介绍	273
5.7	VoIP 技术	274
5.7.1	IP 电话基本原理	274
5.7.2	IP 电话的业务	277
5.7.3	IP 电话的实现	278
5.7.4	IP 电话相关标准和规范	278
5.8	下一代 Internet 的发展趋势	281
5.8.1	下一代 Internet 与 NGN 的引入	281
5.8.2	NGN 的概念	282
5.8.3	NGN 的网络体系结构	282
5.8.4	NGN 的关键技术	283
5.8.5	NGN 的发展	289
	思考题	289
第 6 章	移动通信	291
6.1	蜂窝移动通信系统基本概念	291
6.1.1	移动通信发展历史	292
6.1.2	蜂窝通信基础	292
6.1.3	多址技术	294
6.1.4	扩频技术	298
6.1.5	移动通信系统中的一些基本概念	300
6.2	第一代蜂窝系统	303
6.3	第二代数字移动通信系统	304
6.3.1	第二代数字移动通信系统的主要标准及其应用情况	304
6.3.2	GSM 移动通信系统	305
6.3.3	GSM 业务	317
6.3.4	GPRS 技术	320
6.3.5	EDGE 与 E-GPRS	327
6.3.6	WAP	327
6.3.7	IS-95	332
6.4	第三代移动通信	337
6.4.1	第三代移动通信的特点	337
6.4.2	第三代移动通信的发展概况	339
6.4.3	WCDMA 技术	341

6.4.4	cdma2000 技术	344
6.4.5	TD-SCDMA 技术	346
6.4.6	3G 业务	347
6.5	个人通信	348
6.6	其他移动通信系统	349
6.6.1	无线市话	349
6.6.2	无线寻呼系统	351
6.6.3	集群移动通信系统	353
6.6.4	无线个人域网 (WPAN)	354
6.7	卫星移动通信	355
6.7.1	卫星移动通信的分类	355
6.7.2	卫星移动通信的主要特点	356
6.7.3	卫星移动通信的应用	357
	思考题	357
	术语表	358

第 1 章 通信网概论

1.1 通信基本概念

1.1.1 通信系统

通信是人与人之间、人与机器之间、机器与机器之间的信息传输、处理或再现信息的过程，它涉及信息的发送者、接收者和传输媒体。两个人之间对话是最简单的通信例子，利用电话进行通信是最早的通信形式。人们在 100 多年前就利用电话进行通信。

通信的最基本形式是点与点之间建立的通信系统，如图 1-1 所示。

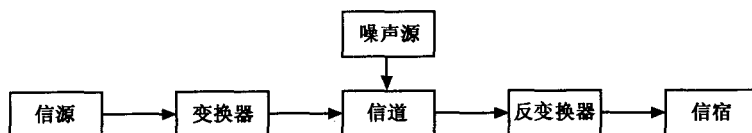


图 1-1 通信系统模型示意图

信源是发出信息的信息源，可以是人，也可以是机器（如计算机）。不同的信源构成不同形式的通信系统，如人与人之间通信的电话通信系统、计算机之间通信的数据通信系统。

变换器用于把信源发出的信息转换成适合在信道上传输的信号。对于不同的需求，有把非电信号转换成电信号、模/数转换、调制、加密、放大、滤波、纠错等变换和处理方式。

信道是指信号传输通路。传输信道主要分为两种类型：电磁信号在自由空间中传输的无线信道和电磁信号约束在某种传输线上传输的有线信道。

反变换器进行变换器的逆变换，从而把从信道上接收的信号变换为接收者可以接收的信息。

信宿就是信息接收者，可以与信源一致，也可以不一致，可以是人，也可以是机器。

噪声源是实际通信系统中客观存在的干扰噪声、电磁干扰等，它可能从信源、变换器、传输信道或接收器中引入。

图 1-1 所示的系统只能为一对用户提单方向的信息传递，如需构成双方向可以相互传递信息的系统，还需要一套相同的设备进行相反方向的通信，从而构成最基本的通信形式——点对点通信系统。

1.1.2 模拟通信系统

模拟通信系统就是信道中传输模拟信号的系系统，如图 1-2 所示。

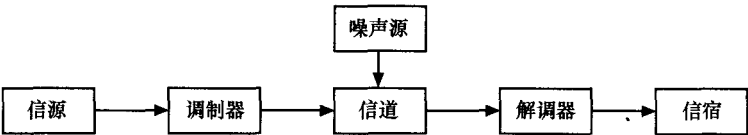


图 1-2 模拟通信系统模型示意图

发端信息源把待传输的连续信号变换成原始电信号，这时的电信号没有经过调制、频率较低，我们称之为模拟基带信号。

调制器将基带信号转换成其频带适合信道传播的信号，调制后的信号称为已调信号。已调信号中携带了要传输的信息，而且变换成了适合在信道中传播的信号。

解调器进行与调制器相反的变换，将信道中传播的信号恢复成原始电信号，即基带信号。

信宿将经过解调器解调的电信号恢复成最初的连续信号。

1.1.3 数字通信系统

数字通信系统就是利用数字信号传输信息的系统。数字信号传输时，信号噪声或干扰造成的差错是可以通过差错控制编码进行控制的，这时就需要在发送端增加一个编码器，同时在接收端对应设置一个解码器。如果要实现保密通信，则应分别在发送端和接收端进行加密和解密。数字通信系统模型如图 1-3 所示。

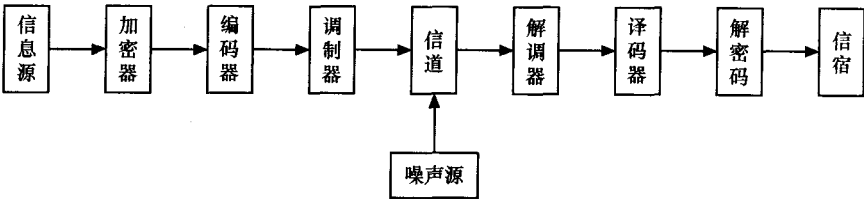


图 1-3 数字通信系统模型示意图

数字通信传输是按一定节拍（位）一个接一个地传送数字信号，因此在收端必须采用与发端相同的节拍接收信息。另外，收发之间一组一组的编码规律也必须一致，否则接收时无法正确恢复真正的内容，所以在数字通信中必须保证收发同步。同步处理的位置往往不固定，所以图中没有给出。

通常我们把有调制器、解调器的数字通信系统称为数字频带传输通信系统，而把没有调制器、解调器的数字通信系统称为数字基带传输通信系统。

在图 1-3 所示的数字通信系统中，信源输出的信号为数字基带信号。实际上，数字通信系统中传送的消息可以是数字的，也可以是模拟的，当要实现模拟信号在数字系统中的传输时，则必须在发端将模拟信号数字化，即进行 A/D 转换，并在收端进行相反的转换，即完成 D/A 转换。实现模拟信号数字化传输的系统如图 1-4 所示。

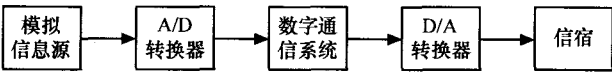


图 1-4 模拟信号数字化传输通信系统模型示意图

1.1.4 模拟信号的数字化处理

通信的数字化以计算机技术和数字信号处理技术相结合为基础,而实现通信数字化的前提是信源发出的各种待传输的信息(如语音、图像、数据等)都必须以数字化形式表示。因此对于时间连续和取值连续的原始语音和图像等模拟信号,就必须首先在发送端进行 A/D 转换,将原始信号转换成时间离散和取值离散的数字信号,才能以数字方式进行传输。

模拟信号数字化过程可以分为抽样、量化和编码三个阶段,在接收端经过译码和滤波就可以恢复为原来的模拟信号。

1. 抽样

数字化的第一步是在时间上对信号进行离散处理,即将时间上连续的信号变换成时间上离散的信号,我们称该过程为抽样。

抽样处理的关键是怎样选取抽样的间隔才可以使抽样后的信号较完好地恢复成原信号而不产生失真,即能够完好地保持原来信号的频谱。奈奎斯特抽样定理很好地解决了这一问题,它的内容是:一个模拟信号 $f(t)$,如其最高频率为 f_M ,当选择的抽样频率 $f_s \geq 2f_M$ 时,抽样后的信号可以不失真地恢复成原来的信号。例如,电话信号的传输频带为 300~3400Hz,抽样频率选 8000Hz 就可以满足要求。

抽样处理如图 1-5 所示。

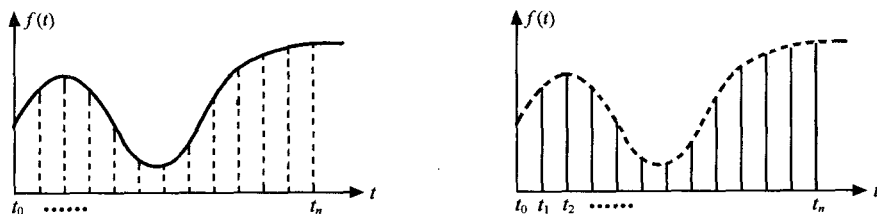


图 1-5 连续信号的理想抽样

2. 量化

抽样以后的信号序列幅度仍然是连续变化的,我们称之为脉幅调制(PAM)信号,通过量化可以将幅度连续的信号变换成幅度离散的信号,即用某个特定的量化电平值代替原始信号幅度。量化就是将抽样后的信号幅度限定在有限的几个数值上,便于进行编码。

量化的方法有很多,常用的有均匀量化和非均匀量化。均匀量化采用固定量化间隔,会给小信号带来较大失真,在数字通信中都采用非均匀量化的方法。所谓非均匀量化,就是将量化间隔和信号幅度成比例的加以量化,即大信号的量化间隔大,小信号的量化间隔小。

为了避免非均匀量化的复杂性,通常采用先进行非线性压缩再进行均匀量化的方法,即对信号进行非线性处理,使小信号幅度增益变大,大信号幅度增益变小,然后进行均匀量化,从而达到与非均匀量化同样的效果。非均匀量化过程如图 1-6 所示。

由图 1-6 可见,输入信号 A 和 B 通过非

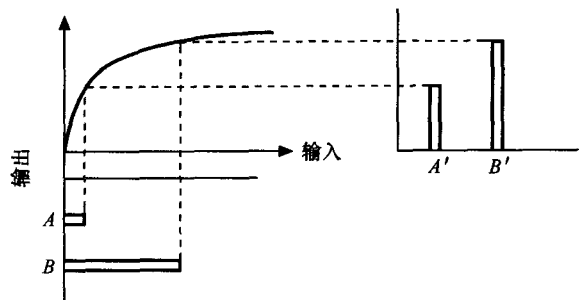


图 1-6 非均匀量化过程

线性压缩后得到的输出信号 A'和 B'有不同的增益, 对 A'和 B'进行均匀量化, 就相当于实现了小信号量化间隔小、大信号量化间隔大, 从而减小了量化失真。目前国际上采用 μ 律 15 折线和 A 律 13 折线的压缩特性实现非均匀量化和编码。

3. 编码

编码是用一组特定的二进制代码来代表每个量化电平值。在二进制数字码中, 一位二进制数字码可以表示“0”和“1”两种状态, n 位二进制码有 2^n 种不同的组合, 就可以表示 2^n 个不同的数值。目前主要使用的二进制码型有自然二进制码、循环二进制码和折叠二进制码。表 1-1 为四位码的编码规则示例。

表 1-1 常用二进制码型

电 平 序 号	自然二进制码	循环二进制码	折叠二进制码
0	0000	0000	0111
1	0001	0001	0110
2	0010	0011	0101
3	0011	0010	0100
4	0100	0110	0011
5	0101	0111	0010
6	0110	0101	0001
7	0111	0100	0000
8	1000	1100	1000
9	1001	1101	1001
10	1010	1111	1010
11	1011	1110	1011
12	1100	1010	1100
13	1101	1011	1101
14	1110	1001	1110
15	1111	1000	1111

通常都是将压缩、量化和编码合并在一起进行, 广泛采用的就是利用逻辑压扩折线编码器实现非线性编码。原 CCITT 规定的第一个语音编码标准就是 G.711 64kbit/s PCM (脉冲编码调制) 语音编码器, 它采用 A 律和 μ 律压扩特性将整个动态范围分为 256 个量化级, 用 8 位二进制码代表每个样值。自 20 世纪 70 年代以来, 64kbit/s 的 A 律和 μ 律压扩 PCM 已经在大容量光纤通信系统和数字通信系统中得到了广泛的应用。随着技术的进步和业务的不断发展, 编码技术也取得了很大的成就, 诞生了一系列适合于语音、视频等多媒体业务的编码技术和标准。

4. 译码和滤波

在接收端进行与发送端相反的处理, 利用译码将接收到的数字编码信号转换成脉冲幅度,

同时要采用与发送端压缩特性互补的扩张特性对信号进行扩张处理。译码后的脉冲幅度调制信号的包络线正是我们所要还原的信号，但它还含有大量的高频分量是我们所不需要的，所以必须通过滤波器将其滤除才能还原成原来的信号。

1.1.5 复用技术

复用技术用于实现在同一信道中传递多路信号的目的。复用技术的理论基础是信号分割原理，根据信号在频率、时间、码型等参量上的不同，将各路信号复用在同一信道中进行传输。复用技术包括复用、传输和分离三个过程，实现复用的关键是各路信号的正交化设计和正交分离。目前常用的复用技术有频分复用（FDM）、时分复用（TDM）和码分复用（CDM）。频分复用利用各路信号在频率上的相互隔离来满足信号正交化条件，通过滤波器实现信号的分离；时分复用利用各路信号在时间上的相互隔离来满足正交化条件，利用“门”电路实现信号的分离；码分复用利用各路信号的不同码型来保证信号的正交化，通过相关器或匹配器实现信号的分离；多个复用系统的再复用和解复用称为复接和解复。

1. 频分复用（FDM）

频分复用将传输媒介的频带资源划分为多个子频带，分别分配给不同的用户形成各自的传输子通路，各用户只能使用分配给他的子通路传送信息，即使某个用户不传送信息，其他用户也不能使用该通路。频分复用方式适用于模拟信号的传输，主要用于长途载波电话、立体声调频、电视广播和空间遥测等方面。频分复用原理如图 1-7 所示。

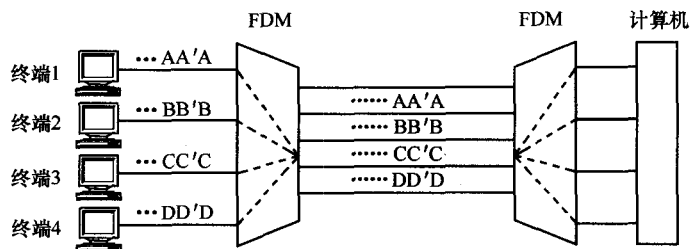


图 1-7 频分复用示意图

2. 时分复用

(1) 同步时分复用（TDM）

同步时分复用将传输媒介的使用时间轮流分配给不同的用户，各用户只有在分配给他的时间段（时隙）使用传输媒介传送信息，即使某个用户在所分配的时隙不传送信息，其他用户也不能使用传输通路。同步时分复用的原理如图 1-8 所示。

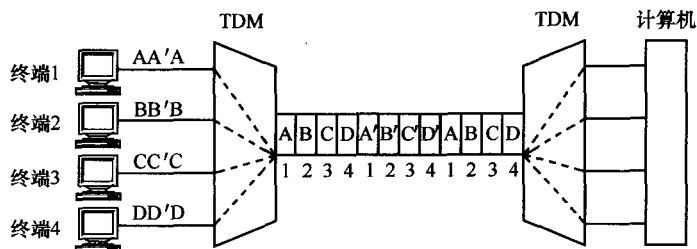


图 1-8 同步时分复用示意图

同步时分复用技术按时隙发送和接收信息，因此收发两端的时分复用器应保持严格的同步。

(2) 统计时分复用 (STDM)

上述频分复用和同步时分复用都属于预分配资源的方式，即根据用户要求预先为各用户分配传输容量，当用户不传送数据时，线路资源得不到充分的利用，不适用于突发性业务的需要。为了克服预分配资源方式的缺点，可以采用动态分配或按需分配的方式，即当用户有数据传输时才分配线路资源，而当该用户没有数据传输时，线路资源可以为其他用户所用，这种方式称为统计时分复用 (STDM)，如图 1-9 所示。

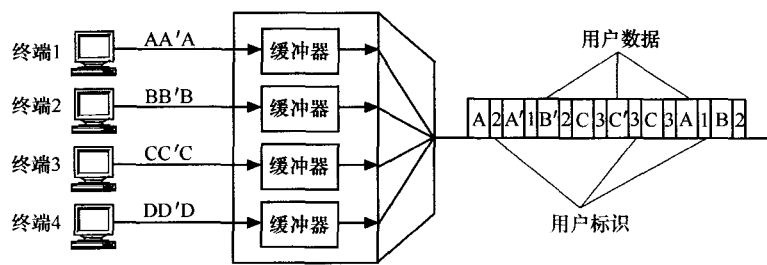


图 1-9 统计时分复用示意图

在统计时分复用方式中，各用户数据在通信线路上随机地互相交织传输，为了便于接收端能识别来自不同用户终端的数据，发送端需要在用户数据之前加上终端号或子信道号，通常称之为标记。

3. 码分复用 (CDM)

在频分复用方式中，不同的用户占用不同的频带进行通信。在时分复用方式中，不同的用户占用不同的时隙进行通话。在码分复用方式中，依靠不同的地址码区分不同的用户，所有的用户使用相同的频率和相同的时间在同一地区通信。

1.1.6 基带传输与调制技术

基带传输和频带传输是通信系统中信号传送的两种基本方式。所谓基带，就是由消息转换而来的原始信号所固有的频带，不搬移基带信号的频谱直接进行传输的方式称为基带传输。基带信号频率较低，很难实现远距离传输，而且基带信号包含的频谱成分很宽，能用于基带传输的信道是有限的，因此常常采用将限带后的基带信号的频谱搬移到某个高频载频频带再进行传输，既可保证频带又实现了远距离传输，我们称之为频带传输。

基带传输系统涉及一系列技术问题，例如对单路的或经过复用的基带信号进行加密、编/解码、扰码与解扰、时域均衡、回波抵消等处理。

调制和解调是信息传输中最基本也是最重要的技术之一，有效地利用频谱是通信发展到一定阶段所必须解决的问题。调制就是将输入的基带信号变换为适合于信道传输的频带信号。主要的模拟信号调制方式有双边带调制、单边带调制、残留边带调制、频率调制、相位调制，常用的数字信号调制方式有幅度键控、频移键控和相移键控。

1.1.7 通信系统的主要性能指标

衡量一个通信系统的性能指标主要有有效性、可靠性、适应性、经济性、保密性、标准

性、维护性等。而从通信系统传输信息的角度来讲,信息传输的有效性和可靠性是通信系统最主要的质量指标。有效性是指在给定信道内可传输信息内容的多少,即信道资源的利用效率,而可靠性是指接收信息的准确程度,即传输信道传输信息的质量问题。有效性与可靠性是一对矛盾,一般情况下,要增加系统的有效性,就要以降低可靠性为代价。实际系统中,常常是在满足可靠性指标的前提下尽量提高信息的传输效率,即有效性,或者是在维持一定的有效性的条件下尽可能提高系统的可靠性。

1. 模拟通信系统的性能指标

模拟通信系统的有效性可用系统的有效传输带宽来衡量,同样的消息采用的调制方式不一样,则所需要的频带宽度也不一样。模拟通信系统的可靠性则采用接收端最终输出信噪比来衡量,不同的调制方式在同样的信道信噪比下所得到的最终解调后的信噪比是不同的。例如,调频信号抗干扰性能比调幅好,但调频信号所需传输带宽却宽于调幅。

2. 数字通信系统的性能指标

数字通信系统的可靠性可用错误率来衡量,其中:

误比特率: $P_b = \text{错误比特数} / \text{传输总比特数}$

误码元率: $P_s = \text{错误码元数} / \text{传输总码元数}$

对于二进制方式, $P_b = P_s$ 。不同的信号对错误率有不同的要求,例如数字语音的传输通常要求误码率为 $10^{-3} \sim 10^{-6}$,而数据信息的传输对错误更加敏感,往往要求更低的错误率。

数字通信系统的有效性可用信息传输速率来衡量,且单位频带内系统允许的最大比特传输速率越高,则系统的有效性越好。

信息传输速率也称为比特率,用比特/秒 (bit/s) 做单位。数字信号一般有二进制和多进制之分,对于二进制来说,一个码元含有的信息量为一个比特,而对于 N 进制来说,每一个码元含有的信息量为 $\log_2 N$ 比特。当信道一定时,信息速率越高,有效性就越好。

1.2 通信网基础

1.2.1 通信网的构成

尽管有许多点对点通信系统,但仍然不能称之为通信网,只有将众多这样的系统通过交换系统按照一定的拓扑结构组合在一起才能称之为通信网。交换设备进行通信电路和通信业务量的汇集和分配,完成某一区域内任意两个终端用户的相互接续。因此,我们也把通信网称为通信系统的系统。通信网的基本组成形式如图 1-10 所示。

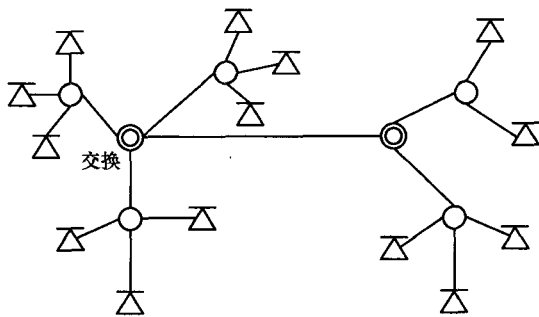


图 1-10 通信网的基本组成形式

图 1-10 所示是一个由两级交换中心组成的通信网。端局用户既可以通过端局交换机与本局范围内的用户相互接续,也可以通过端局和汇接局交换机与本区域另一端局的用户完成接续。