



XianDai TongXin XiTong

现代通信系统

牛忠霞 冉崇森 刘洛琨 杨育红 薄云飞 编著

国防工业出版社

National Defence Industry Press

<http://www.ndip.cn>

现代通信系统

牛忠霞 冉崇森
刘洛琨 杨育红 薄云飞 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

现代通信系统 / 牛忠霞等编著. —北京: 国防工业出版社, 2003. 8

ISBN 7-118-03184-4

I. 现... II. 牛... III. 通信系统 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 054218 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)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 526 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

印数: 1-4000 册 定价: 34.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

内 容 简 介

全书分为6章,比较全面、系统地介绍了数字微波、卫星通信、短波通信、移动通信以及光通信等各种通信系统及其新发展。概念准确、条理清晰、叙述严谨、内容新颖、图文并茂,实例丰富,既重视原理性的阐述和理论性分析,又充分考虑到了实际应用及其技术发展,具有较强的可用性及参考价值。

本书可作为高等院校理工科电子与信息类及其它相关专业高年级本科生和研究生教材或参考用书,也可供相关专业科研人员和工程技术人员参考。

前 言

信息及通信理论与技术是当代人们研究的热点内容之一。随着信息与通信技术的飞速发展,通信系统及其设备内容的更新周期越来越短,信息与通信工程学科以及相关学科对人才的培养要求也不断提高。为适应上述发展的要求,我们在牛忠霞、吕素忠、刘洛琨等同志编写的教材基础上,经过大幅度更新写成《现代通信系统》一书。

全书共分6章。第1章概括性地介绍了现代通信系统的一般概念、系统模型及分类等,简述了通信系统的发展历史、现状和发展趋势;第2章主要介绍了微波的传播特性,分析了数字微波通信系统设计中的关键技术,通过举例系统介绍了有关微波中继线路设计、站址选择与核查等问题;第3章简要地阐述了卫星通信、通信卫星以及卫星通信体制的基本内容,着重讨论了卫星通信的多址技术和卫星线路性能的计算问题,并介绍了VSAT系统和常用的移动卫星通信系统;第4章围绕第二代和第三代数字移动通信系统的关键技术,介绍移动通信的基本概念、移动通信的电波传播、移动通信的信号处理技术、移动通信的话音编码和信号传输技术、移动通信网的网络技术、GSM和CDMA数字蜂窝移动通信系统;第5章主要论述短波信道的特性,重点讨论了单边带通信技术和自适应通信技术,同时介绍了短波信道的数字传输中涉及的关键技术;第6章在引入光通信基本概念后,扼要叙述光纤通信系统的设计,光纤、光源及调制与控制,以及光检测器和光接收机的有关问题,简要介绍了正在发展的光纤通信的各种新技术和无线光通信的有关内容。

在教材的编写中,如何处理好加强基础知识与引入新的理论与技术之间的关系,注意培养提高学生的创新能力,是一个值得探讨的永久课题,也是衡量一本教科书质量的关键。在这方面,我们结合多年的教学与科研工作实践,进行了一些有益的尝试。

本书的第1章、第6章由牛忠霞同志编写;第2章及第3.4节由杨育红同志编写;第3章的其余章节由刘洛琨同志编写;第4章由冉崇森同志编写;第5章由薄云飞同志编写。本书的编写得到了解放军信息工程学院各级领导的关心与支持,官谦明教授曾对本书的初稿提出了改进意见,另外,博士生李建兵、杨建宏、刘正平、边东明、郭建新,硕士生张居梅、王先富等同志在本书的绘图、初稿录入、校对等方面做了大量的工作,在此对他们表示衷心的感谢。此外,本书的编写参考了国内外众多的书籍及文献,仅将主要参考资料附书后,同时向各原作者表示深深的谢意。

由于教材编写的内容覆盖面较广,加之作者水平有限,错漏之处诚请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 现代通信的一般概念	1
1.2 通信系统及其模型	1
1.3 电通信发展简史及通信系统分类	3
1.4 几种主要通信系统的现状和发展趋势	4
1.5 通信系统的性能指标	7
第 2 章 数字微波中继通信	9
2.1 数字微波中继通信的概念	9
2.1.1 概述	9
2.1.2 数字微波中继通信的特点	10
2.1.3 数字微波通信的发展概况	11
2.2 数字微波中继通信系统组成	11
2.2.1 数字微波收发信设备	12
2.2.2 中继站的中继方式	13
2.3 多路复用以及调制技术	14
2.3.1 PCM /TDM 复用方式	14
2.3.2 调制技术	17
2.4 传播特性	20
2.5 数字微波中继通信系统设计中的若干问题	28
2.5.1 假想参考电路及传输质量指标	28
2.5.2 射频波道的频率配置	30
2.5.3 微波中继线路设计、站址选择与核查	33
第 3 章 卫星通信系统	38
3.1 卫星通信的基本概念	38
3.1.1 卫星通信的含义	38
3.1.2 卫星通信的特点	39
3.1.3 卫星通信系统的组成及卫星通信网络形式	40
3.1.4 通信卫星及其轨道	43
3.1.5 卫星通信的工作频段	49
3.2 卫星通信体制	51

3.2.1	卫星通信体制的基本内容	51
3.2.2	基带信号的传输方式	52
3.2.3	卫星通信调制方式	56
3.2.4	卫星通信多址联接方式和信道分配技术	57
3.2.5	频分多址(FDMA)方式	58
3.2.6	时分多址(TDMA)方式	68
3.2.7	频分多址—时分多址(FDMA-TDMA)方式	75
3.2.8	卫星交换—时分多址(SS-TDMA)方式	76
3.2.9	码分多址(CDMA)方式	77
3.2.10	ALOHA方式	78
3.2.11	几种常用多址方式比较	82
3.3	卫星通信的线路计算	83
3.3.1	概述	83
3.3.2	卫星通信链路载波功率的计算	86
3.3.3	卫星通信链路噪声功率的计算	88
3.3.4	卫星通信链路载波功率与噪声功率比的计算	91
3.3.5	数字卫星通信线路设计	97
3.4	直播卫星系统	106
3.4.1	概述	106
3.4.2	DBS发展及现状	106
3.4.3	DBS特点	107
3.4.4	DBS轨位、波段、频段划分	108
3.4.5	数字卫星广播电视	109
3.5	VSAT卫星通信系统	112
3.5.1	VSAT卫星通信的基本概念	112
3.5.2	VSAT数据网的网络结构及组网形式	119
3.5.3	VSAT网体系结构	123
3.5.4	VSAT网的多址协议	126
3.6	卫星移动通信系统	129
3.6.1	卫星移动通信系统的组成	129
3.6.2	卫星移动通信系统的分类	131
3.6.3	中、低轨道卫星移动通信系统的特点和关键技术	131
3.6.4	卫星移动通信使用的频率	133
3.6.5	典型的卫星移动通信系统	133
第4章	移动通信系统	146
4.1	移动通信概述	146
4.1.1	移动通信的基本概念	146
4.1.2	蜂窝的基本概念	153

4.1.3	移动通信的工作方式和多址方式	155
4.1.4	蜂窝移动通信的发展	155
4.2	移动环境下的电波传播	156
4.2.1	移动信道的电波传播机理	156
4.2.2	移动环境下的电波传播特性	159
4.2.3	多径衰落的描述	161
4.2.4	阴影衰落	164
4.2.5	路径损耗(大尺度传播模型)	165
4.2.6	信道相关带宽和相干时间	167
4.3	移动通信中的信号处理技术	168
4.3.1	均衡	168
4.3.2	分集技术	171
4.3.3	其它信号处理技术	176
4.4	话音编码与信号传输技术	178
4.4.1	话音编码	178
4.4.2	移动通信的调制技术	182
4.4.3	多址技术	188
4.5	移动通信系统的网络结构	190
4.5.1	蜂窝的基本概念和容量	190
4.5.2	网络结构	192
4.5.3	信令	196
4.5.4	越区切换和位置管理	200
4.5.5	鉴权与安全	203
4.6	GSM 移动通信系统	205
4.6.1	GSM 移动通信系统概述	205
4.6.2	GSM 的无线接口	212
4.6.3	GSM 系统的控制与管理	218
4.6.4	GPRS 简述	222
4.7	CDMA 移动通信系统	222
4.7.1	CDMA 移动通信系统概述	222
4.7.2	窄带 CDMA(Q-CDMA)简介	225
4.7.3	第三代移动通信系统	233
4.7.4	向第四代移动通信系统演进	240
第 5 章	短波通信系统	244
5.1	概述	244
5.2	短波信道传输特性	246
5.2.1	电离层的传播特性	246
5.2.2	短波天线	251

5.2.3	短波线路估算	254
5.3	单边带通信技术	256
5.3.1	单边带通信的基本原理	256
5.3.2	单边带通信系统组成及工作过程	260
5.3.3	单边带通信系统的技术指标	263
5.3.4	单边带通信系统的设计	271
5.4	自适应选频技术	275
5.4.1	自适应选频技术基本概念	276
5.4.2	实时选频系统工作原理	277
5.4.3	自适应选频对于短波通信质量的改善	282
5.4.4	自适应选频的发展趋势	284
5.5	短波信道的数字传输	285
5.5.1	短波通信中数字信号的传输特性	285
5.5.2	分集接收技术	289
5.5.3	短波数字调制解调技术	294
第6章	光通信	304
6.1	引言	304
6.1.1	光通信的基本概念	304
6.1.2	光纤通信系统	304
6.2	光纤与光缆	305
6.2.1	光纤的结构、种类及光的传输	305
6.2.2	光纤的传输特性	307
6.2.3	光缆	311
6.3	光路的无源光器件	311
6.3.1	光纤连接器	312
6.3.2	光开关	312
6.3.3	光衰减器	313
6.3.4	光隔离器	313
6.3.5	光耦合器	314
6.4	光发送机	314
6.4.1	光源器件	314
6.4.2	驱动电路	317
6.4.3	LD的控制电路	318
6.4.4	光发送机电路图举例	321
6.5	光接收机	322
6.5.1	光检测器	323
6.5.2	前置放大器	324
6.5.3	均衡器	327

6.5.4 脉冲再生电路	328
6.5.5 误码率和灵敏度	329
6.6 光纤通信系统及设计考虑	333
6.6.1 光纤通信系统结构	333
6.6.2 工作波长和系统的限制	336
6.6.3 系统设计	338
6.7 光纤通信新技术介绍	340
6.7.1 多信道通信	340
6.7.2 光孤子通信	343
6.7.3 超长波红外光纤通信	344
6.7.4 全光通信网关键技术介绍	344
6.8 无线光通信系统简介	346
6.8.1 无线光通信简介	346
6.8.2 光学天线及光学滤波器	350

第 1 章 绪 论

1.1 现代通信的一般概念

用任何方法,通过任何媒介将信息从一地传送到另一地,从广义上讲均可称为通信。人类社会建立在信息交流的基础上,通信是推动人类社会文明、进步与发展的巨大动力。同时,社会的发展,对通信也提出越来越高的要求。自电通信问世以来,通信的距离越来越远,通信的可靠性及有效性越来越高,通信的业务类型也越来越多(包括话音、文字、图像、数据等)。而随着数字通信的发展,原有的各种通信手段,如短波通信、模拟微波中继、同轴电缆载波及移动调频电台等,都逐渐表现出不能适应现代化对通信的要求,因而也在不断发展和改进中获得进步。

当今社会已步入信息时代,而作为社会信息交流的重要技术支撑——现代通信应满足如下要求:

(1) 现代通信应能对大量的信息进行处理、传递、交换和复现,并最大程度地节省频带资源与功率资源,提高信息传输的有效性与可靠性。

(2) 现代通信要求在任意通信系统中,在任何复杂的电磁环境中,信息复现时的失真最小。

(3) 现代通信应能将信息传递到世界上任何角落,不受地形影响,可任意跨越高山、海洋、沙漠和草原。应使任何国与国之间的通信满足“及时、迅速、可靠甚至保密”的要求,应使国内各族人民,不论在城市和农村都能感受到现代通信对时空感觉带来的变化。

(4) 现代通信应能使信息社会中的各种生活、办公、科研、生产、文教卫生等活动组成一个整体,以高效率、高质量地提供经济可靠的通信手段。

1.2 通信系统及其模型

通信是由一系列设备来实现的,而完成信息传递所需的一切技术设备及传输媒介的总和称为通信系统。通信系统的模型如图 1.2.1 所示。

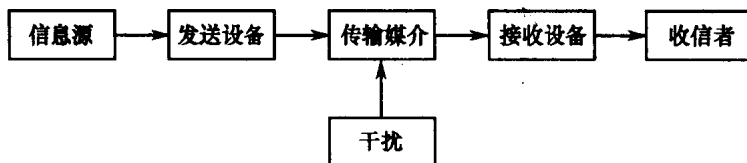


图 1.2.1 通信系统的一般模型

通信系统由以下几部分组成：

1. 信息源和收信者

根据信息源输出信号的性质不同可分为模拟信源和离散信源：模拟信源（如电话机、电视摄像机等）输出连续幅度的信号；离散信源（如电传机、计算机等）输出离散的符号和数字序列。模拟信源可通过抽样和量化变换为离散信源。随着计算机和数字通信技术的发展，离散信源的种类和数量越来越多。

信息源产生的种类和速率不同，对传输系统的要求也各不相同。

2. 发送设备

发送设备的基本功能是将信源和传输媒介匹配起来，即将信源产生的消息信号变换为便于传送的信号形式，并根据传输距离大小以一定的信号功率送往传输媒介。变换方式是多种多样的。在需要频谱搬移的场合，调制是最常见的变换方式。

对于数字通信系统来说，发送设备又常常包含信源编码与信道编码两部分，如图 1.2.2 所示。信源编码是把连续消息变换为数字信号；而信道编码则是使数字信号与传输媒介匹配，提高传输的可靠性。

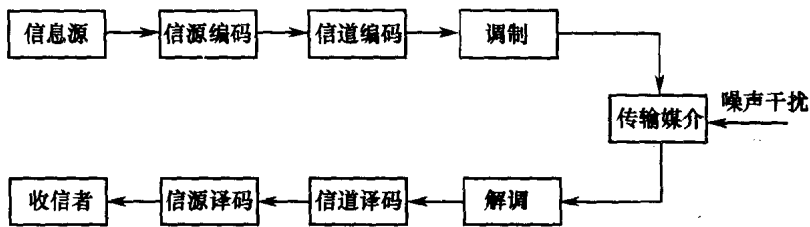


图 1.2.2 数字通信系统的组成

发送设备还包括为达到某些特殊要求所进行的各种处理，如多路复用、保密处理等。当然，频率变换、滤波、功率放大等也是不可缺少的。

3. 传输媒介

从发送设备到接收设备之间信号传递所经过的媒介，可以是无线的，也可以是有线的。有线和无线均有多种传输媒介。传输过程中必然引入干扰，如热噪声、脉冲干扰、衰落等。媒介的固有特性和干扰特性直接关系到变换方式的选取。

4. 接收设备

接收设备的基本功能是完成发送设备的反变换，即进行解调、译码、解密等。它的任务是从带有干扰的信号中正确恢复出原始消息来，对于多路复用信号，还包括有解复用设备以实现正确分路。

以上所述是单向通信系统，但在大多数场合下，通信双方是收发兼备的，以便随时交流信息，实现双向通信，电话就是一个最好的例子。如果两个方向有各自的传输媒介，则双方都可以独立进行发送与接收，但若共享一个传输媒介，则必须用频率、时间或空间分割等办法来共享。

另外，通信也不只是点对点通信，很多情况下是多点之间的通信，以完成信息的传输与交换。这时，就涉及到多址技术和交换技术，整个通信系统就构成了一个通信网。

1.3 电通信发展简史及通信系统分类

电通信的出现是人类现代文明的标志之一,追溯电通信的历史可以将一些重要的有关记载归纳如下:

1800年伏特(Volta)发明了原始电池,为人们进行电通信的尝试奠定了基础;

1837年,莫尔斯(Morse)首先发明了有线电报通信。他以电流的有、无表示传号和空号,并利用传号和空号的长短进行电报符号的编码,翻开了远距离电通信的首页;

1876年,贝尔(A. G. Bell)利用电磁感应原理发明了电话机,实现了利用导线上电流的强弱传送话音信号,使通信技术又向前跨进了一步;

1887年赫兹(Hertz)通过实验证实了1864年麦克斯韦(Maxwell)关于电磁波存在的预言,为现代无线电通信提供了理论和实验根据;

20世纪初期,人们利用正弦波易产生和控制等特点,提出了以信息控制高频正弦波振幅的调制方法——即初始的调幅(AM)制,使通信不仅可以传送电报、电话,还可以传送音乐、图形、图像等,促进了有线和无线通信的发展;

1936年,人们针对调幅易受噪声干扰、信号易失真的缺点,发明了抗干扰能力强的调频(FM)通信技术,这一方面推动了移动通信的发展,同时也迎来了20世纪40年代模拟通信的兴旺时期;

1937年,瑞韦斯(A. Hreeves)在奈奎斯特(Nyquist)定理的基础上发明了脉码调制(PCM)通信,它伴随着通信理论和技术的其它发展,如过滤和预测理论、香农信息论、信号和噪声理论、调制解调理论、纠错编码理论等,使通信技术开始由频分制(FDM)向时分制(TDM)、由模拟通信向数字通信推进,揭开了现代通信的新篇章;

1945年和1955年,阿瑟·克拉克(Arthur. C. Clarke)和皮尔斯(Pierce)先后提出建立地球外中继站和利用卫星通信的设想,于是1962年人类发射了第一颗通信卫星,为国际卫星通信业务的发展开辟了道路,为解决通信容量需求的不断增加和范围的不断扩大创造了条件。在这之后两年,西泽润提出了光纤通信的概念,于是一种容量更大、质量更高的通信技术迅速发展起来。

应该补充说明的是:

(1) 和任何事物的发展一样,电通信每一步的发展都不是一帆风顺的,都是在人们深刻理解了已有通信并透视了现有通信所面临问题的基础上,通过理论和实践的锐意探索才取得的。

(2) 在通信发展过程中,理论和实践是并重的,相辅相成的,其每一步的发展都是以当时当地的综合技术条件为基础的。

(3) 通信每一步大的发展都是在突破了已有模式和框框的前提下取得的。

通信系统的分类方法很多,这里仅讨论由通信系统模型所引出的分类。

1. 按消息的物理特征分类

根据消息的物理特征的不同,有电报通信系统、电话通信系统、数据通信系统、图像通信系统等各种通信系统。这些通信系统可以是专用的,也可以是兼容或并存的。由于电话通信最为发达,因而其它通信常常借助于公共的电话通信系统进行。例如,电报通信常

是从电话话路中划出一部分频带传送,或者是用一个话路传送多路电报。又如,随着电子计算机发展而迅速成长起来的数据通信,近距离时多用专线传送,而远距离时则常常借助电话通信信道传送,传真信号亦是如此。综合数字通信网中,各种类型的消息都能在一个统一的通信网中传输、交换和处理。

2. 按调制方式分类

根据是否采用调制,可将通信系统分为基带传输和调制传输。

基带传输是将未经调制的信号直接传送,如音频市内电话、数字信号基带传输等。

调制传输是对各种信号变换后进行传输的总称,调制方式很多,“通信原理”课程中已给予了详细介绍,这里不再赘述。应当指出,有时还常常采用复合调制方式,即用不同调制方式进行多级调制。

3. 按传输信号的特征分类

变换后的信号与消息之间必须建立单一的对应关系,否则在收端就无法恢复出原来的消息。调制时消息被携带在正弦波或脉冲序列的某个参量或几个参量上,按参量的取值方式又将信号分为模拟信号和数字信号。模拟信号中参量的取值范围是连续的,因此有无限多个取值。而数字信号中携带的信息参量仅可取有限个数值。

按照信道中所传输的是模拟信号还是数字信号,可相应把通信系统分为两类,即模拟通信系统和数字通信系统。数字通信在近 20 多年来得到了迅速发展,并代表着通信发展的方向。

4. 按传输媒介分类

按传输媒介,通信系统可分为有线和无线两类。

1.4 几种主要通信系统的现状和发展趋势

1. 电缆通信系统

电缆通信是最早发展起来的通信手段之一,用于长途通信已有近百年的历史,一直在通信中占有很重要的地位。在光纤通信和移动通信发展之前,电话、电报、传真等各用户终端与交换机的连接全靠电缆。电缆还曾是长途通信和国际通信的主要手段,大西洋、太平洋均有大容量的越洋电缆。电缆通信中主要采用模拟单边带调制/频分复用制(SSB/FDM)。国际上同轴电缆每芯容量可达 13200 路(或 6 路电视)。我国沪—杭、京—汉—广同轴电缆干线可通 1800 路载波电话。自从数字电话问世以来,各国大力发展脉码调制时分多路复用(PCM/TDM)在同轴电缆中的基带传输技术,数字电话容量可达 4032 路。近年来,由于光纤通信的发展,同轴电缆正在逐渐被光缆取代。

2. 微波中继通信

微波通信是 20 世纪 60 年代开始发展的,它弥补了电缆通信的缺点,可达到电缆极难或无法覆盖的地区,且容易架设,建设周期短,投资也低于同轴电缆。微波通信是各国国内长途电话和电视节目的主要传输手段。模拟电话微波通信容量每频道可达 6000 路,主要采用 SSB/FDM/FM 制传输。

随着数字通信的发展,数字微波成为微波中继通信的主要发展方向。早期的数字微波大都采用了二进制移相键控(BPSK)、四相移相键控(QPSK)调制,为了提高频谱利用

率,增加容量,现已向多电平调制技术发展,采用了 16QAM 和 64QAM 调制,并已出现了 256QAM 甚至 1024QAM 等超多电平调制的数字微波。采用多电平调制,在 40MHz 的标准频道间隔内可传送 1920 路~7680 路 PCM/TDM 话路,赶上并超过模拟通信容量。

我国现有 10 万余千米的微波中继线路,主要用于数据通信和广播电视节目的传输。由于光纤通信的明显优势,其发展趋势将是和光纤通信的融合,逐渐变为骨干通信的一种补充方式。

3. 光纤通信

光纤通信具有容量大、中继距离远的优点,而且不怕电磁干扰,与同轴电缆相比可以大量节约有色金属和能源。因此,自 1971 年世界上第一个光纤通信系统在芝加哥开始运行以来,光纤通信发展极为迅速,新器件、新工艺、新技术不断涌现,性能日臻完善。目前世界各国广泛采用光纤通信。大西洋、太平洋海底光缆通信系统的容量已大大超出原有的海底电缆通信系统。由于长波长激光器和单模光纤的应用,每芯光纤通话路数已超过百万路,中继距离已超过 100km。市话光纤通信系统的成本也大幅度下降。目前,某些工业发达国家长途及市话中继系统光纤通信网的建设已经完成,今后将集中发展用户光纤通信网。

至今我国已铺设光缆达 10 万千米以上,覆盖包括拉萨在内的所有直辖市、省会和自治区城市。目前,光纤通信除了对原有光纤线路进行技术改造、扩容外,还计划在“十五”期间发展 Tb/s 量级的光纤通信技术,其中包括密集复用技术,特别是高密度多波复用技术、光时分复用技术和光码分多址技术、高码速率调制的光发射技术、宽带放大器技术、光纤色散补偿技术和孤子 WDM(波分复用)传输技术等。

光纤通信的发展,已为全球因特骨干网的物理层奠定了坚实的基础,并且为其网络层选择 IP 而非 ATM 起了举足轻重的作用。就长远发展而言,光纤通信将以 IP over WDM 技术构筑 21 世纪的全光通信网。

4. 卫星通信

卫星通信具有距离远、覆盖面积大、不受地形条件限制、传输容量大、建设周期短、可靠性高等特点。自 1965 年第一颗国际通信卫星投入商用以来,卫星通信得到了迅速发展。目前卫星通信的使用范围已遍及全球,仅国际卫星通信组织就拥有数十万多条话路,80% 的洲际通信业务和近 100% 的远距离电视传输业务均采用卫星通信。卫星通信已成了国际通信的重要手段,同时,卫星通信已进入国内通信领域,许多发达国家和发展中国家已拥有国内卫星通信系统。

我国自 20 世纪 70 年代起,开始将卫星通信用于国际通信。从 1985 年开始发展国内卫星通信,至今已发射多颗静止通信卫星,连同租借的国际卫星转发器,已拥有几十个转发器,与 182 个国家和地区开通了国际通信业务,并初步组织了国内公用卫星通信网及若干专用网。

卫星通信为了在与光纤通信的有力竞争中确保一席之地,作为向 TDMA 体制发展的过渡阶段,正在由只能传输话音、模拟电视信号和中速数据的、传统的 FDM/FM/FDMA 和 QPSK/IDR 技术,积极地向 1998 年底出台的 IESS-310 技术方案推进,在全球发展 PTCM 与 RS 码级联编码调制方案,一方面适应多媒体业务的迅速发展与 Internet 互联,另一方面也使数字卫星通信系统的可靠性得到了进一步的提高。与此同时,随着通信业

务的迅速发展,卫星通信正向更高频段发展,采用多波束卫星和星上处理等新技术。地面系统目前的一个重要发展趋势是小型化。近年来蓬勃发展起来的甚小口径终端(VSAT)技术集中反映了调制、解调、纠错编码/译码、数字信号处理、通信专用超大规模集成电路、固态功放和低噪声接收、小口径低旁瓣天线等多种新技术的发展。

另外,在继续发展同步轨道卫星通信的同时,还要发展相应的移动卫星通信,特别是重点发展低轨小型移动卫星通信系统;发展能集海事、航空、陆地综合通信业务的综合移动卫星通信系统,即不仅使系统具有话音、数据和电视传输功能,还要具有导航、定位、遇险告警和协调救援等多种功能;还要将卫星通信系统与地面光纤通信网和地面移动通信网连接成面向全球的个人通信网,以实现真正意义上的个人全球化通信。

5. 移动通信

移动通信是现代通信中发展最为迅速的一种通信手段,它是随着汽车、飞机、轮船、火车等交通工具的发展而同步发展起来的。近年来,在微电子技术和计算机技术的推动下,移动通信从过去简单的无线对讲或广播方式,发展成为一个有线、无线融为一体,固定、移动相互连通的全国规模乃至国际规模的通信系统。在电信工业中,移动通信设备所占用比例已名列第二,仅次于电话、数据通信。目前,欧美各国蜂窝公用移动通信的用户已有数百万,专用调度系统的移动用户数也有数百万户。我国公用移动通信尚处于发展初期,但已经初具规模,专用移动通信近几年发展也十分迅速。

移动通信在20世纪90年代提出的解决数字化、微型化和标准化的基础上,于发展第二代移动通信的同时,就已经推出了W-CDMA和CDMA 2000为主流技术的第三代移动通信模式,它除考虑与第二代系统的良好兼容外,较之第二代系统容量更大,通信质量更高,而且能在全球范围内实现无缝漫游,并且具有支持用户的话音、数据及多媒体在内的多种业务的能力,更适应与因特网连接的需要,目前已开始投入商用。第三代移动通信所涉及的关键技术有:高效编译码技术、智能天线技术、初始同步与Rake接收技术、多用户检测技术、功率控制技术,以实现系统的高频谱效率、高服务质量、高保密性和低成本等性能要求。

6. 短波通信

短波通信较早,20世纪30年代末已比较成熟。由于短波通信具有在进行点对点通信时无需中继转发即可达很远距离,并且设备的制造和维护费用低等优点,几十年来一直被广泛地应用在民用及军用领域,特别在车载、船载和机载的远距离通信中占有重要地位;但它也存在通信容量小、传输媒介不稳定、可靠性差的缺点。20世纪60年代卫星通信崛起后,国际上便形成了一股“卫星热”,特别是轻型战术卫星出现后,有人曾认为短波通信已经过时。但随着20世纪70年代后期航天技术的发展,人们预感到在军事领域,战争一旦爆发,卫星有可能被摧毁或遭受某种对抗措施的强烈干扰,卫星通信将不可靠。于是,短波通信又被重视起来。随着计算机技术和大规模集成电路等数字技术如自动选频预报、自适应技术、扩频技术以及新的调制与编码的组合技术等的实现,通信的可靠性也在逐步提高。所以国外有人认为20世纪80年代开始了短波通信的复兴时期,今后在没有更高效、更为机动廉价的传输系统取代它之前,短波通信仍将起着重要的补充作用。

应该指出,任何现代的通信都不是原来简单意义上的点对点通信,都是计算机与控制系统按一定程序和协议规约管理与控制下的网络通信的一部分。

人们为了方便快捷地进行或享受各种通信服务,曾提出在信息社会从电话、数据到图像、电视,从用户到用户可全部数字化,构成数字传输、数字交换、数字处理的宽带综合业务数字网。信息网的传输线路将主要由光纤通信和卫星通信联网组成。

另外,上个世纪末快速兴起的 Internet 互联网,作为全球性开放信息资源网,连接或综合了世界各地区的各种计算机网络和设备,实现世界各地区、各种网络信息资源的共享。

毫无疑问,宽带综合业务也好,综合各种网络也好,它最终的目的是为人类提供方便、快捷、廉价、高质量的信息服务。为此,其发展方向应该是集中了人类正在发展中的各种现代通信技术与计算机技术的高级智能信息网。

1.5 通信系统的性能指标

通信系统的任务是传递信息,因此,信息传递的有效性和可靠性是通信系统最主要的质量指标(当然通信系统的质量指标还包括电气性能、工艺结构及操作维修等方面,但从信号的传输角度上看,主要还是有效性与可靠性)。所谓信号传输的有效性是指在给定信道内所传输信息内容的多少;而可靠性是指保证所接收信息的准确程度。这两者是相互矛盾又相互联系的,在一定条件下可以相互转换。通常只能要求在满足一定可靠性指标下,尽量提高通信系统的有效性。

对模拟通信来说,信号传输的有效性通常可用有效传输频带来衡量,即在指定信道内所允许同时传输的最大通路数目。这个通路数目等于给定信道的传输带宽除以每路信号的有效带宽。对于基带传输系统,其有效性随复用程度的提高而提高,而复用程度又与传输媒质有关;而射频传输的有效性与调制方式有很大关系;FM 波比 AM 波占用频带宽,传输同样的消息,用 AM 波时有效性高于 FM 波。

模拟通信系统的传输可靠性常采用接收端输出信噪比(S/N)来衡量。 S/N 越高,可靠性越高,反之越低。通常电话要求信噪比为 20dB~40dB,电视则要求 40dB 以上。通常 S/N 也与调制方式有关,如一般情况下 FM 信号的输出信噪比就比 AM 信号高得多。所以,FM 传输可靠性高于 AM 传输,由此可以看出有效性与可靠性两者之间存在一定的矛盾。

对于数字通信系统,有效性可用一定信道条件下信息速率来衡量。当信道一定时,信息传输速率越高,有效性也越高。为了提高有效性,可采用多进制传输,此时每个码元携带的信息量超过 1b(位),若码元速率为 R_s ,信息速率为 R_b ,每个码元有 N 种可能采用的符号,则它们之间的关系为

$$R_b = R_s \log_2 N \quad (\text{b/s})$$

或

$$R_s = \frac{R_b}{\log_2 N}$$

码元速率的单位为波特(band),故常称为波特率。

数字通信系统的可靠性可用错误率来衡量。错误率又分为误比特率和误码率。误比特率:

$$P_b = \frac{\text{错误比特数}}{\text{传输比特数}}$$