

/// 高等学校通信教材

gaodeng xuexiao tongxin jiaocai

◎ 姜秀华 主编

◎ 姜秀华 张永辉 章文辉 朱伟 编

◎ 全子一 审

SHUZI DIANSHI
YUANLI YU YINGYONG

数字电视 原理与应用

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校通信教材

数字电视原理与应用

姜秀华 主编

姜秀华 张永辉 章文辉 朱伟 编

全子一 审

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电视原理与应用/姜秀华等编. —北京:人民邮电出版社,2003.9

高等学校通信教材

ISBN 7-115-11343-2

I. 数... II. 姜... III. 数字电视—高等学校—教材 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 074713 号

内 容 提 要

本书共分为 9 章,系统地讨论电视信号的数字化原理、数字电视信号参数的选择及 HDTV 和 SDTV 数字电视演播室标准、数字视频信号的压缩编码原理及标准、信道编码和数字调制原理及应用,介绍了目前国际上已实施的 ATSC、DVB-S、DVB-C、DVB-T 和 ISDB-T 数字视频广播系统,数字视频测量和图像质量评价以及数字音频压缩原理及应用。每章后附有习题。

本书可作为高等院校广播电视工程、通信工程及电子信息工程等专业本科生和研究生的教材或参考书,也可以供广播电视领域内的工程技术人员培训或自修使用。

高等学校通信教材

数字电视原理与应用

-
- ◆ 主 编 姜秀华
编 姜秀华 张永辉 章文辉 朱 伟
审 全子一
策划编辑 滑 玉
责任编辑 郭 玲
 - ◆ 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 010-67194042
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19
字数: 459 千字 2003 年 9 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11343-2/TN · 2095

定价: 25.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

编者的话

自从 20 世纪 30 年代世界上推出电视广播以来,电视技术在几十年中经历了从黑白电视到彩色电视的发展变革。进入 90 年代以后,随着电子技术、计算机技术、通信技术和网络技术的迅猛发展,电视技术的发展如日中天。今天的电视系统,无论是电视节目的制作方式、电视信号的传输方式以及观众的接收方式,都发生了巨大的变化,广播电视节目的技术质量、制作能力、工作效率和覆盖手段都得到极大提高,开创了有线、卫星及地面电视广播的新纪元,给广播电视业务带来了前所未有的发展机遇。

我国计划 2003 年首先启动有线数字电视广播,2005 年开始试播地面数字电视广播,2015 年停播目前的 PAL 制模拟电视广播。可以说今天的电视技术正处于从标准清晰度电视向高清晰度电视、从模拟系统向数字系统全面过渡的时期。面对数字电视技术日新月异的发展,人们需要不断地学习与提高。

本书主要介绍了模拟电视制式到数字电视的发展、电视信号的数字化原理、数字电视信号参数的选择及演播室标准、数字电视常用的图像压缩编码原理、视频压缩的国际标准、信道编码、数字基带传输与数字调制、国际上已运行的几种数字电视广播系统(ATSC,DVB-S,DVB-C,DVB-T 以及 ISDB-T)、数字视频测量和图像质量评价、数字声频编码及应用等内容。

本书力图反映数字电视技术的最新发展,注重理论联系实际,突出与广播电视具体应用相结合的特点。

本书的第 1 至 4 章由姜秀华编写,第 5 至 7 章由张永辉编写,第 8 章由章文辉编写,第 9 章由朱伟编写。非常感谢王玉霞、陈晓艺两位研究生在本书的绘图、书稿整理中所做的大量工作。

本书可作为广播电视工程、通信工程和电子信息工程等专业的教材,也可供广播电视领域内工程技术人员培训或自修使用。作者希望本书能对数字电视原理的普及和推进我国数字电视的实用起一些辅助作用。

编者

2003 年 8 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 模拟彩色电视制式	2
1.2 改良电视制式的发展	4
1.3 数字电视的发展	5
1.4 数字电视系统简介	7
习题	8
第2章 数字电视信号参数的选择及演播室标准	9
2.1 取样定理	9
2.2 二维信号的取样	10
2.3 数字电视信号参数的选择	12
2.3.1 取样结构的选择	12
2.3.2 取样频率的选择	13
2.3.3 色度格式	13
2.4 量化	15
2.4.1 量化器的设计	15
2.4.2 均匀量化器	17
2.4.3 量化噪声对图像的影响	18
2.4.4 电视信号的量化	19
2.5 标准清晰度数字电视演播室标准	21
2.5.1 演播室数字编码参数	21
2.5.2 数字分量电视信号的接口	22
2.6 数字高清晰度电视	30
2.6.1 概述	30
2.6.2 数字高清晰度电视扫描参数及图像格式	30
2.6.3 数字高清晰度电视演播室参数标准	32
2.6.4 数字高清晰度电视演播室视频信号接口	34
习题	36
第3章 图像压缩编码原理	38
3.1 压缩编码基础	38
3.2 预测编码	40
3.2.1 预测编码基本原理	40
3.2.2 预测方法	41
3.2.3 预测量化器	43
3.2.4 图像帧间编码中的运动处理	44

3.3 正交变换编码	47
3.3.1 正交变换的性质	48
3.3.2 离散余弦变换	48
3.3.3 量化器	54
3.4 统计编码	56
3.4.1 信息量和信息熵	56
3.4.2 哈夫曼(Huffman)编码	57
3.4.3 算术编码	59
3.5 子带编码	61
3.5.1 子带编码原理	62
3.5.2 子带分解	63
3.6 小波变换编码	63
3.6.1 小波变换基本原理	64
3.6.2 基于子带编码的快速小波变换	65
习题	67
第4章 视频压缩标准	68
4.1 JPEG 标准	68
4.1.1 JPEG 标准简介	68
4.1.2 JPEG 压缩编码算法	69
4.1.3 编码举例	71
4.2 H.261 标准	76
4.2.1 图像格式	76
4.2.2 H.261 编码器	76
4.3 MPEG 标准简介	77
4.3.1 MPEG-1	78
4.3.2 MPEG-2	78
4.4 MPEG-2 视频	79
4.4.1 MPEG-2 的型和级	79
4.4.2 视频结构	81
4.4.3 图像压缩编码	83
4.4.4 视频基本码流结构	86
4.4.5 MPEG-2 的可分级编码	87
4.4.6 MPEG-2 解码	91
4.5 MPEG-2 系统	92
4.5.1 系统复用	92
4.5.2 PES 和 TS 流分析	93
4.5.3 多路节目双层复用系统	94
4.5.4 节目专用信息(PSI)	95
4.5.5 码率控制	96

4.6 MPEG-4	100
4.6.1 MPEG-4 概述	101
4.6.2 MPEG-4 系统	102
4.6.3 MPEG-4 视频	103
4.6.4 MPEG-4 音频	105
习题	106
第5章 信道编码	107
5.1 概论	107
5.1.1 信道编码的作用	107
5.1.2 信道模型	108
5.1.3 误码的产生及误码率与信噪比的关系	109
5.2 差错控制编码	112
5.2.1 差错控制编码的方式	112
5.2.2 纠错码的分类	113
5.2.3 差错控制编码的几个基本概念	114
5.3 线性分组码	116
5.3.1 奇偶校验码	116
5.3.2 线性分组码	116
5.4 循环码	119
5.4.1 循环码的概念	119
5.4.2 码元多项式的按模运算	120
5.4.3 循环码中的几个定理	120
5.4.4 循环码的编码、解码方法	122
5.5 RS 码(里德-索罗蒙码)	123
5.5.1 有限域 $GF(q)$ 与本原多项式	123
5.5.2 多项式的根	125
5.5.3 伽罗华域运算	126
5.5.4 RS 码的生成	128
5.6 RS 码纠错原理	130
5.7 交织码	133
5.8 卷积码	135
5.8.1 卷积编码器的基本形式及工作原理	135
5.8.2 截短删余	137
5.8.3 卷积码的图解表示	137
5.8.4 卷积码的距离特性	140
5.9 编码与调制相结合的卷积码(TCM)	140
5.9.1 欧氏距离	141
5.9.2 信号空间的子集划分	142
习题	143

第 6 章 数字基带传输与数字调制	145
6.1 数字基带传输	145
6.1.1 引言	145
6.1.2 数字基带信号的常用码型和功率谱	146
6.1.3 使用伪随机序列扰码	149
6.1.4 无码间干扰基带传输	155
6.2 数字调制	159
6.2.1 概论	159
6.2.2 2ASK 和 MASK	160
6.2.3 2PSK 和 2DPSK	161
6.2.4 QPSK 和 DQPSK	164
6.2.5 MPSK 和 MQAM 调制	169
6.2.6 MVSF 调制	173
6.2.7 COFDM 调制	175
习题	179
第 7 章 数字视频广播系统	181
7.1 ATSC 数字电视系统	181
7.1.1 ATSC 的图像源格式	182
7.1.2 ATSC 的系统复用	183
7.1.3 ATSC 信道编码与调制系统	184
7.1.4 ATSC 的总体性能	192
7.2 DVB 数字视频广播系统	193
7.2.1 MPEG-2 系统标准在 DVB 中的实施	193
7.2.2 DVB-S 信道编码与调制系统	194
7.2.3 DVB-C 信道编码与调制系统	200
7.2.4 DVB-T 信道编码与调制系统	205
7.3 ISDB-T 数字电视系统	215
7.3.1 ISDB-T 系统概述	215
7.3.2 ISDB-T 系统传送参数	216
习题	219
第 8 章 数字视频测量和分析	220
8.1 视频测量概念	220
8.1.1 视频测量功能层	220
8.1.2 视频质量测量概念	222
8.2 串行数字视频测量	225
8.2.1 眼图和抖动测量	225
8.2.2 误码检测	229
8.2.3 SDI 检测场	231
8.3 MPEG 协议分析和监测测量	232

8.3.1	MPEG 传输码流协议分析的基本内容	233
8.3.2	数字电视信号质量的监测和测量	240
8.4	数字电视图像质量主观评价	242
8.4.1	图像质量主观评价的一般要求	242
8.4.2	图像质量主观评价方法	247
8.5	数字图像质量客观测量	250
8.5.1	视频质量度量(Video-Quality Metric)	250
8.5.2	基于人类视觉系统模型的客观图像质量评价	251
8.5.3	运用 JND 模型进行图像质量的测量和分析	255
	习题	259
第 9 章	数字声频压缩编码及应用	260
9.1	人耳的听觉特性	260
9.1.1	心理声学	260
9.1.2	人耳的生理结构和临界频带	261
9.1.3	听觉阈和掩蔽	264
9.2	声频数据压缩编码	268
9.2.1	感知编码的原理	269
9.2.2	子带编码	271
9.2.3	变换编码	274
9.3	声频压缩标准	277
9.3.1	MP EG-1 声频压缩标准	277
9.3.2	MPEG-2 声频标准	285
9.3.3	AC-1, AC-2 和 AC-3	288
	习题	291
	参考文献	292

第 1 章 概 论

近几年来,数字技术、网络技术、信息技术以及智能化技术等高新技术的迅猛发展,给全球的政治、经济、文化和社会生活领域带来了广泛而深刻的影响。其中数字技术的普及是信息领域最大的一次技术革命,这场革命不仅改变了信息传递方式,还改变了人类的生产方式、生活方式和思维方式。

广播电视领域作为高新技术的应用部门也发生了巨大变化。数字电视、高清晰度电视、网络、卫星以及计算机等技术的发展,大大提高了广播电视节目的技术质量、制作能力和工作效率,扩展了频道资源,拓宽了业务能力,开创了有线、卫星和地面电视的新体系和新局面,给广播电视带来了一场深刻地变革和前所未有的发展机遇。

1. 在图像质量改进方面

数字标准清晰度电视(SDTV)和数字高清晰度电视(HDTV)使图像和声音质量得到了极大地提高。在HDTV系统中,人们已经能够欣赏到清晰鲜艳、生动逼真、接近电影水平的高质量电视画面和优美动听的环境立体声音响。

2. 在节目制作手段方面

数字摄像机、数字录像机、数字磁盘录像机、非线性编辑系统、电脑动画到虚拟演播室、视频服务器和电视中心网络化等,使电视台可以节目资源共享、制作快捷、无磁带编辑以及存储方便,大大提高了节目质量、制作能力和工作效率。

3. 在业务融合方面

电视系统的全面数字化使我们可以同一个系统中安排不同级别、不同图像质量的业务,例如比特率在 1.5Mbit/s 的在家用级图像质量的业务、比特率在 $4\sim 5\text{Mbit/s}$ 的专业级的业务以及比特率在 $8\sim 9\text{Mbit/s}$ 的广播级的电视业务,都可以打成MPEG-2传输包在同一个系统中传送,使计算机、通信和广播电视网络的业务的融合成为可能。

4. 在传输方面

压缩技术的突破和多种新的高效编码方法和调制技术的出现,使得大信息量的高清晰度数字电视也能在原来的普通电视频带内传输,原来只能传一路模拟电视的通道现在能传4套甚至8套数字SDTV,拓宽了业务能力。

数字电视技术还在电影拍摄、特技制作、编辑、录音、发行与放映等各个环节被广泛应用。例如,采用数字高清晰度电视制作电影的方式,不仅可以大大降低成本,也给后期制作带来了极大的方便。

1.1 模拟彩色电视制式

模拟彩色电视制式是在黑白电视已经相当普及的基础上发展起来的。为了照顾到黑白电视机用户能接收彩色电视信号,彩色电视机用户也能接收到黑白电视信号,彩色电视制式与黑白电视制式是兼容的。从20世纪50年代初开始,全球先后形成了三大彩色电视制式,即NTSC、PAL和SECAM。其中,NTSC用在美国、加拿大、中美洲、南美洲和日本等国家,PAL用在英国、西欧国家和中国等国家,SECAM用在法国、俄罗斯等国家。

1. 模拟彩色电视制式的相似性

电视制式是指一个电视系统中,扫描参数(如625行/50场/2:1)、图像格式、信号编码方式、视频带宽(如6MHz)、射频带宽(如8MHz)、调制极性、声音载频与图像载频以及调制方式等参数的综合。

世界上传输的三大模拟彩色电视制式主要有以下相似性。

- (1) 所有的制式都使用两场产生完整的帧,即采用隔行扫描。
- (2) 都使用幅度调制把图像信息调制到图像载波上去。
- (3) 声音在声音载波上传送,声音载波偏置高于图像载波频率,大多使用频率调制。
- (4) 所有的制式都使用残留下边带调制方法。
- (5) 所有的制式都从红绿蓝分量中取得亮度和两个色度信号。

2. 三大制式的不兼容性

三大制式主要在以下几个方面不兼容。

- (1) 频道带宽不同。NTSC使用6MHz频道宽度;而PAL有6MHz,7MHz和8MHz几种带宽;SECAM带宽为8MHz。
- (2) 视频信号带宽不同。NTSC使用4.2MHz带宽;PAL使用4.2MHz,5MHz,5.5MHz和6MHz带宽,SECAM使用6MHz。
- (3) 信号的行结构不同。NTSC采用每帧525行,每秒30帧;PAL和SECAM使用每帧625行,每秒25帧。因此行频也不同。
- (4) 色副载波不相兼容。NTSC使用3.579545MHz,PAL使用4.43361875MHz,SECAM使用两个副载波4.40625MHz和4.250MHz。
- (5) 声音载波的偏置不相同。在NTSC中声音载波的偏置为4.5MHz;在PAL中为5.5MHz或6MHz,取决于PAL的类型;SECAM使用6.5MHz。

3. 模拟电视制式的缺陷

从当时的技术水平看,三大制式通过对亮度号和色差信号的合理选择,色差信号对色度副载波的特定调制方法,以及频谱交错、倒相等技术,巧妙地依靠亮、色信号的频带共用组成彩色全电视信号,解决了兼容性问题。然而,由这类兼容方式复合成的全电视信号经调制传输和解调显示所给出的彩色图像存在着一些严重的先天不足,难以给出真正的高水平的彩色图像和多声道伴音。总的来说,模拟电视彩色制式有以下缺点。

(1) 亮度分解力不足

亮度分解力的垂直分解力受制于每帧图像的有效扫描行数,水平分解力主要取决于亮度

通道带宽。以 PAL 制的 575 有效行为例, 考虑到隔行扫描及凯尔系数效应, 其垂直分辨力约为 $575 \times 0.7 \times 0.7 = 280$ 电视线。对于水平分辨力, 每 1MHz 视频带宽对应约 104 电视线, PAL 制视频带宽为 5.5MHz 或 6MHz, 但实际电视系统中播出和接收的许多环节里亮度信号带宽不足 4MHz, 因而水平分解力不超过 400 电视线。

(2) 色度分解力不足

色度信号带宽为 1.3MHz, 因此图像彩色水平分辨力不足 140 电视线。而彩色电视接收机中色度通道带宽约为 0.6 MHz, 因而显示的图像实际彩色细节低于 100 电视线。

(3) 亮色互串

由于亮度信号与已调波色度信号共用色度副载波两旁 ± 1.3 MHz 频带范围, 而电视接收机不能把两者彻底分离开, 因此亮度通道中会串入色度频谱, 图像上会出现细的网纹干扰; 色度通道中会串入亮度频谱, 在图像的细斜线条处呈现杂色干扰。

(4) 亮色增益差和亮色延时差

由于亮色频带共用, 亮度信号能量主要处在视频通道的低、中频部分, 而已调波色度信号主要集中在视频通道的高频部分。如果视频通道的线性特性不好, 即幅频特性不平, 相频特性不呈直线, 则会造成亮色增益差和亮色延时差, 前者使色饱和失真; 后者使图像中亮度和色度成分位置不一致, 形成彩色镶边。

(5) 微分增益和微分相位

由于亮色频带共用, 色度信号叠加在亮度信号上一起传送, 视频通道的非线性会使不同亮度电平上色度副载波有不一致的相移和增益, 称为微分相位 (DP) 和微分增益 (DG), 从而导致不同亮度层次上的色调失真和饱和度失真。

(6) 电视信号的时间利用率不充分

电视信号的行消隐期占行周期的 18.75% ($12\mu\text{s}/64\mu\text{s}$), 场消隐期占场周期的 8% ($1.6\text{ms}/20\text{ms}$)。而在行、场消隐期内只传送消隐脉冲和同步脉冲, 这可以说是电视信号传送中的一种浪费。

(7) 电视信号的幅度利用率不充分

基带全电视信号的峰峰值为 $1.0V_{\text{PP}}$, 其中正程视频信号占 $0.7V_{\text{PP}}$, 消隐期内的同步脉冲占 $0.3V_{\text{PP}}$, 未能充分利用视频通道的动态范围来传送有效的视频信息。

(8) 声音信号只有单声道

按现有电视制式的基本规定, 一路电视频道只携带一路声音信号, 属于单声道电视广播。

(9) 不适合磁带节目的多带复制

在模拟系统中, 视频信号在处理和复制过程中噪声功率累加, 当节目多次复制时, 导致信噪比逐步下降, 因此节目播出磁带一般不应是四代以上的复制带。

(10) 宽高比不适合人眼的视觉特性

当时制定模拟电视制式时, 选择了和 35mm 影片同样的宽高比, 但是人眼更适合宽高比为 16:9 的显示画面。

可见, 现有的彩色电视图像质量在许多方面都受到了模拟制式的制约, 向数字化过渡是必然趋势。

1.2 改良电视制式的发展

为了对现行模拟彩色电视制式（PAL 制、NTSC 制和 SECAM 制）的性能进行改善，过去 30 多年中，国际上一些国家从不同角度出發，走着不同的道路，相继出现了不同的改良电视制式。

1. 日本的 IDTV 和 EDTV 制式

日本在 20 世纪 80 年代初期，在接收端使用帧存储器，依靠数字处理技术来实现逐行扫描，提高图像的垂直分解力，这就是 IDTV（Improved Definition TV）制式。在 IDTV 制式的基础上又发展了 EDTV（Extended Definition TV）制式，这一制式采取在消隐期间插入消除重影基准信号，同时画面宽高比由 4:3 改变为 16:9，接收机采用三维数字梳状滤波器等措施，使图像质量得到较大改善。

2. 欧洲的 MAC 制式

MAC（Multiplexed Analogue Components）制式是一种亮色时分复用的模拟电视制式。它使用数字技术将亮色信号分别按 3:2 和 3:1 进行时间压缩，然后在每行正程的后 2/3 时间内逐行传输亮度信号，在每行正程的前 1/3 时间内轮行传输两个色差信号，从而完全避免了亮色频带共用的各种缺陷。同时还在行消隐内以数字方式传送 4 路准瞬时压缩编码的声音信号。MAC 制式适用于卫星传输，与现有的制式不兼容。

3. 德国的 I-PAL 制式

I-PAL 制式是将亮色频分复用而不是频带共用，因此不会产生亮色串扰和交调。而 PALplus 制式对于 16:9 宽屏幕电视机可以显示 576 有效行、16:9 宽高比并且高质量的彩色图像。普通电视接收机可以兼容接收 PALplus 信号，显示出上下各有横黑粗条的信箱格式 16:9 彩色图像。

4. Hivision 高清晰度电视制式

从 20 世纪 70 年代开始，高清晰度电视就是国际上的一个热门话题，日本、欧洲和美国等发达国家先后投入了大量人力、财力和物力来研究开发高清晰度电视系统。经过了近 30 年的发展历程，不同的高清晰度电视制式相继出现。

最早研制开发高清晰度电视的国家是日本。日本从 20 世纪 70 年代初期就开始研发“高品位（高质量）”电视，其目标是以每帧图像的扫描行数约 1000 行，画面宽高比 5:3，亮度带宽 20MHz，色差带宽 7.0MHz（宽带色差信号）和 5.5MHz（窄带色差信号），声音为前 3 后 1 型（3-1）方式研制模拟高清晰度电视制式。后来于 1985 年定名为“高清晰度电视——HDTV”，扫描参数为 1125 行/60 场/2:1（隔行）/16:9（图像宽高比），亮度信号带宽是 20 MHz，色度信号带宽分别为 7.0 MHz（宽带色差）和 5.5 MHz（窄带色差），用 PAL 制那样的频分复用编码方式，以 30 MHz 的总带宽组成复合 HDTV 信号。这种信号虽然图像清晰度提高了，但是由于所占频带太宽，无法在现行制式的电视频道中传输。

因此，日本又采用了信号频带压缩方法，应用数字信号处理技术，以时间压缩合成（TCI）系统方式进行编码。在 TCI 系统中，亮度信号有效带宽为 22.5 MHz，经 4:3 时间

压缩后成为 30MHz 带宽；两个色差信号有效带宽均为 7.5 MHz，经 4:1 时间压缩后也为 30 MHz 带宽。而后依靠 MUSE（多重亚取样编码）技术实现 4:1 频带压缩后，亮度和两个色差信号的带宽都压缩至 8.1 MHz。由此构成的电视广播制式称为 Hivision 制式。Hivision 信号在 24MHz 带宽的卫星频道中调频传输。日本于 1989 年开始正式通过卫星实施 HDTV 广播，一直延续至今。

日本的 HDTV 虽然采用数字技术进行压缩，但由于该制式的基本信号处理和调制传输技术为模拟方式，因此其技术已落后。

5. HD-MAC 高清晰度电视制式

欧洲为了与日本的 HDTV 制式相抗衡，20 世纪 80 年代中期提出了 HD-MAC 高清晰度电视制式，其扫描参数为 1250/50/2:1/16:9。

HD-MAC 高清晰度电视制式兼容 MAC 制普通清晰度电视。它采用 MAC 制那样的信号编码方式；而在压缩中采用亚取样技术，实现 4:1 频带压缩，压缩后基带带宽为 11.5MHz；再通过调频方式在卫星信道中传输。与 Hivision 制式类似，HD-MAC 制式也是经过卫星传送的模拟 HDTV 制式。

1.3 数字电视的发展

进入 20 世纪 90 年代之后，随着计算机技术、数字处理技术及图像压缩技术等高科技技术的迅猛发展，广播电视走入了数字电视发展的新时期。

数字电视的发展大致可以分为三个阶段。

第一个阶段为个别电视设备的数字化阶段。例如摄像机信号处理部分的数字化、电视制式转换器与数字特技等。在这个时期，演播室中有数字设备也有模拟设备，信号要经常作 A/D 或 D/A 转换。这一阶段始于 20 世纪 70 年代。

第二个阶段为全功能数字电视演播室阶段。在数字演播室中，电视信号从摄像机输出到后期制作完全是在数字环境下进行的。1982 年，国际无线电咨询委员会（CCIR）提出了数字分量演播室编码参数规范 Rec. 601，1986 年又提出了数字分量演播室视频信号接口规范 Rec. 605。两个标准的提出，极大地推动了数字电视的发展。

第三个阶段为数字视频广播阶段。数字视频广播实现了数字电视信号的直接发射和接收，这一步完成了整个电视系统的数字化，意味着电视节目的拍摄、记录、后期加工、编辑制作、存储、交换、分配发送以及接收等环节，都是在全数字环境下进行的。这一阶段始于 20 世纪 90 年代中期。

1. 美国的 ATSC

1988 年 9 月，美国联邦通信委员会（Federal Communications Commission, FCC）提出了新一代数字电视必须与现有 NTSC 接收机相兼容，并不能打乱现有的电视频道划分。也就是说，美国首先考虑使用地面的 VHF 和 UHF 频道来传送 HDTV，即通过已有的 6MHz 地面频道来广播 HDTV。

1990 年 3 月，FCC 取消了 HDTV 与 NTSC 接收机兼容的要求，但坚持必须在 6MHz 频道中播出。由于取消了接收机兼容的框框，因此可以充分利用数字视频压缩编码、数字音

频压缩编码、数字多路复用和数字调制等先进技术。1990年5月,美国GI等公司相继提出了4套数字高清晰度电视的方案。1993年,研制这4个系统的7个公司和组织联合起来共同研制了一个新的HDTV系统“大联盟”方案,简称为GA。该方案是一种全数字电视系统,有高质量的HDTV图像和声音,有效的同播系统,和其他媒体有互操作性。它使美国的高清晰度电视技术处于世界最前列。

1996年12月,FCC通过了美国数字电视地面传输标准,称之为ATSC(Advanced Television System Committee)。ATSC包括了18种视频格式,不仅有HDTV,还包括SDTV,对其他媒体如有线、卫星和计算机等应用都有相互可操作性。

1998年,美国开始试播全数字高清晰度彩色电视。FCC制定了从模拟电视到数字电视的8年过渡计划,在过渡期采用同播制方式,给每个原NTSC频道增拨一个DTV频道,即同一个节目同时用NTSC和HDTV两种标准播出,要求到2006年停播NTSC电视。目前,美国的地面数字电视的覆盖率已达94%,有线数字电视用户数达1670万。

2. 欧洲的 DVB

1993年,欧洲各国的许多广播电视组织和厂家共同确立DVB(Digital Video Broadcasting),即数字视频广播项目。1994年ETSC(欧洲电信标准学会)通过了DVB-S(DVB-卫星)标准,同年同月还通过了DVB-C(DVB-有线电视)标准,1996年5月又通过了DVB-T(DVB-地面广播)标准,它们分别适用于在三种不同的传输媒体中实施数字视频广播。其中,DVB-S首先得到普遍的应用,使卫星电视广播跨入全数字化时代。

到2002年底,英国的数字电视用户已经达到整个电视用户的40%。计划到2008年,法国、德国、西班牙、意大利以及英国的数字电视用户将超过整个电视用户的50%。

3. 日本的 ISDB-T

日本于1999年提出的地面数字电视广播标准为ISDB(Integrated Services Digital Broadcasting)-T,又称为地面综合业务数字广播标准。在信源部分,它像DVB和ATSC一样都采用MPEG-2。ISDB-T主要规定了信道编码和调制传输系统,在调制方面与DVB-T一样选择了多载波调制,在某种程度上改善了DVB性能方面的不足,且频谱使用较灵活,抗干扰能力上也有所提高。

日本于2001年开播6套数字卫星数字高清晰度电视,2003年将在主要城市开展地面数字高清晰度电视广播,计划2006年实现数字电视全国覆盖,全部采用数字高清晰度节目。

4. 数字电视技术在中国的发展

在我国,数字电视技术已在数字演播室、非线性编辑系统、数字后期制作系统、数字转播车以及全自动播出系统等方面得到广泛应用。

我国数字电视广播的进程首先从卫星和有线电视切入。计划2003年开播10套以上付费影视频道和若干套有线数字广播节目,力争发展数字机顶盒用户100万;2004年底要推出30个左右的付费影视频道、多套有线数字广播节目以及多种增值业务,初步建立有线数字广播电视技术新体系;到2005年底,全国有线数字广播节目将达到150套左右,数字机顶盒用户达到3000万。

1.4 数字电视系统简介

数字电视广播系统主要包括地面广播、有线电视广播和卫星广播系统。

一个典型的数字电视广播网络系统如图 1-1 所示。

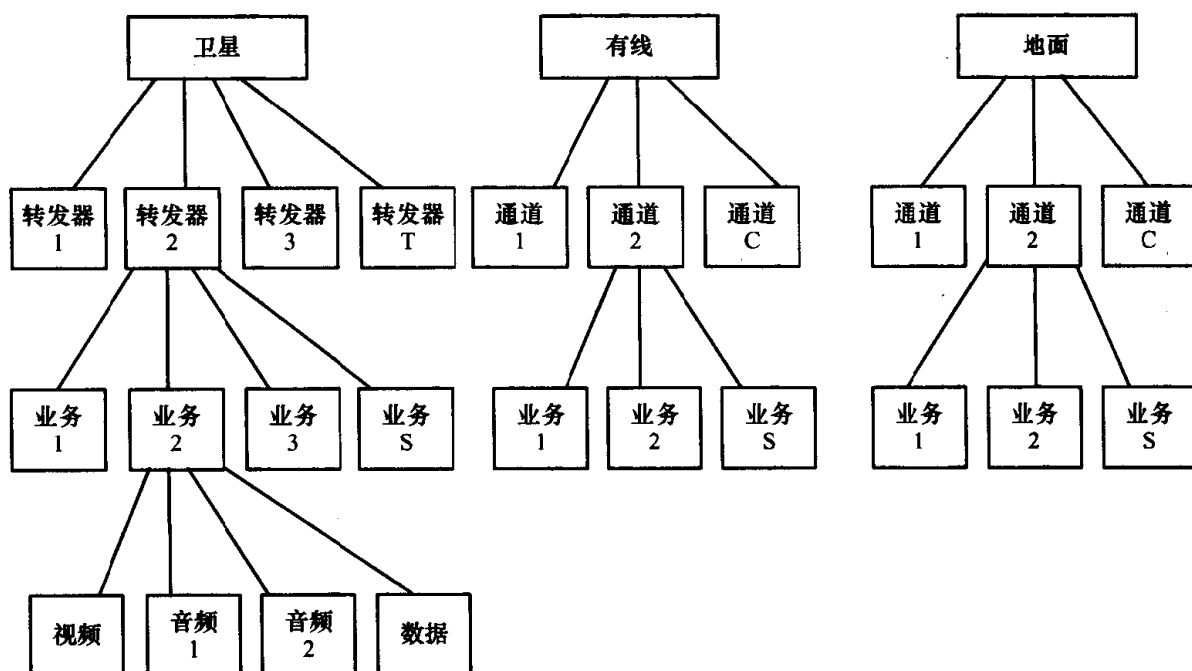


图 1-1 数字电视广播网络系统框图

数字电视广播系统框图如图 1-2 所示。主要分为以下几个部分。

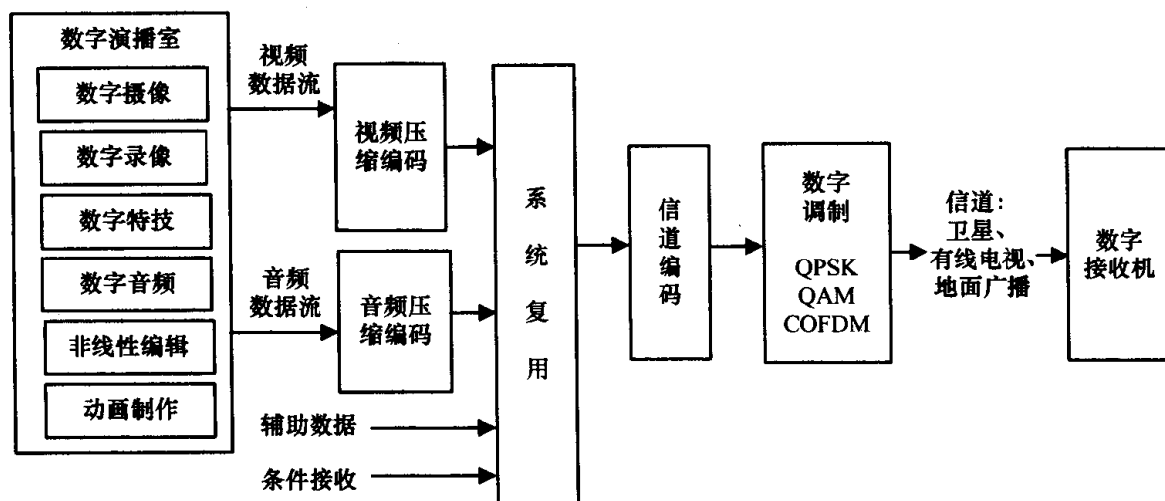


图 1-2 数字电视广播系统框图

- (1) 数字演播室系统。数字演播室系统是数字电视信号获取和制作加工的系统。
- (2) 视、音频信号的压缩编码部分。压缩编码的主要任务是去除信源的视频、音频和辅助数据中的信息冗余，降低码率，提高信源的有效性。
- (3) 系统业务复用部分。系统业务复用的主要任务是将视频数据、音频数据及辅助数据

流分别以一定的比特数为单位打包，采用时分复用方式复用成单一数据流。其中“辅助数据”中包括控制数据以及与视频、音频节目有关的服务数据，比如隐蔽字幕等。条件接收是付费电视的密钥数据，向具有接收授权的用户提供解密信息，允许观看预定的节目。

(4) 信道编码部分。进行信道编码是为了增强数据流的可靠性，对信源编码后的数据包加上附加比特以及其他处理，使得经过信道传输后的数据流即使在受到损伤后，在接收端也能实现误码纠正，恢复出正确的数据。

(5) 调制传输部分。调制传输是用信道编码后的数据流调制高频载波，形成数字已调波信号。目前在数字电视广播系统中常用的调制模式有 QPSK、QAM、COFDM 及 VSB 等。

习 题

1-1 模拟广播电视制式有哪些缺点？

1-2 试画出数字电视系统框图并解释各部分的作用。