

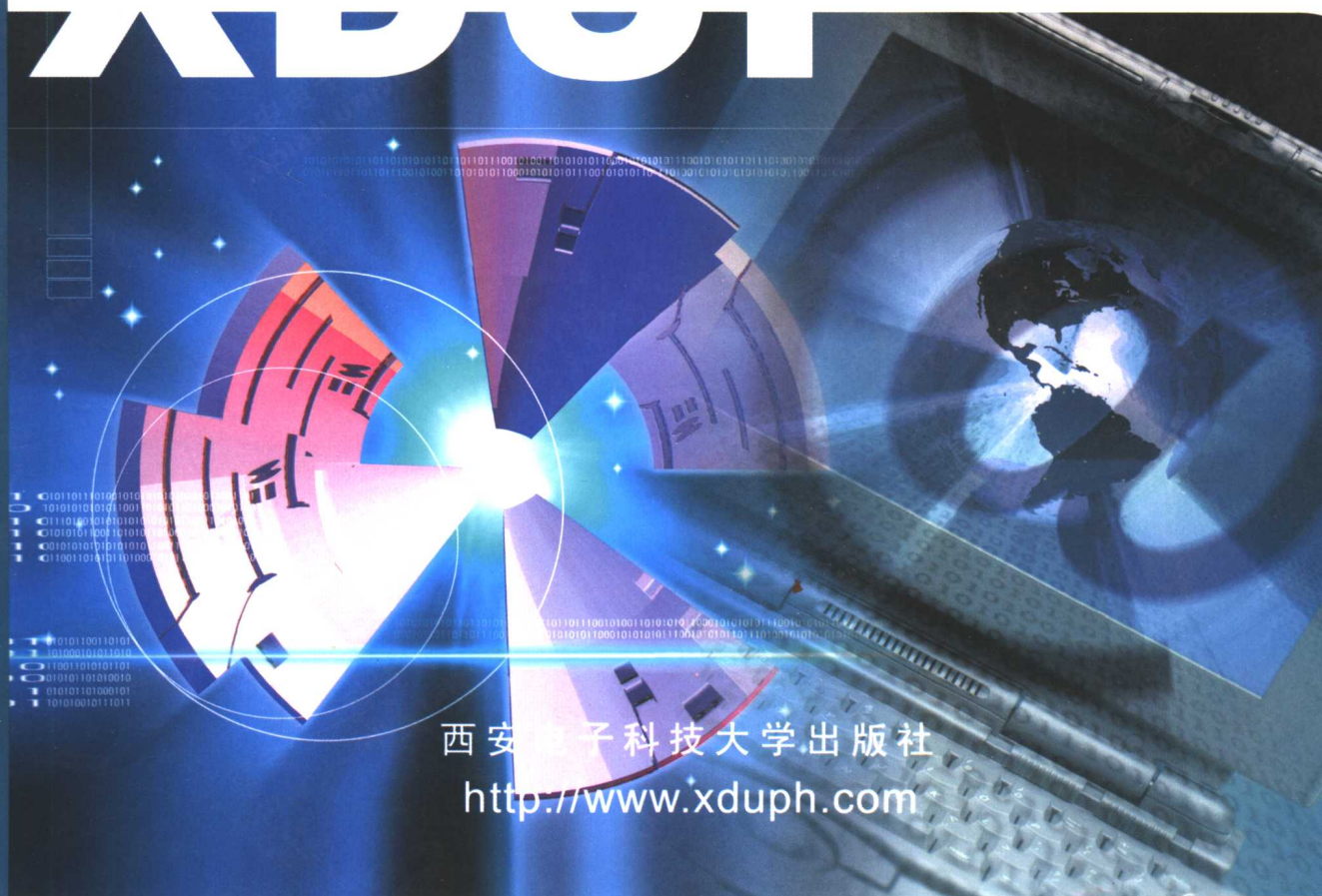
面向 **21** 世纪

高等学校信息工程类专业系列教材

数字电视技术

Digital Television Technology

赵坚勇 编著
周琼鉴 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材

数字电视技术

Digital Television Technology

赵坚勇 编 著

周琼鉴 主 审

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书是介绍数字电视技术的通用基础教材。本书注重基本概念的阐述,深入浅出地介绍了数字电视技术的基本原理和功能。

全书共9章,内容包括数字电视概述、信源编码、多路复用、信道编码、调制技术、数字电视标准、数字电视的条件接收、多媒体技术和交互式电视、数字电视的接收等内容。每章后均附有习题和思考题。为了便于没有接触过电视知识的学生学习本书,本书特将模拟电视基础知识列于附录A中。附录B为缩略词与名词索引。

本书可作为高等学校电子类专业的“数字电视”课程教材,也可作为从事数字电视及通信、多媒体、电子工程类工作的工程技术人员的参考用书。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视技术/赵坚勇编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2005.1

(面向21世纪高等学校信息工程类专业系列教材)

ISBN 7-5606-1473-6

I. 数... II. 赵... 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(2004)第 120442 号

策 划 马晓娟

责任编辑 阎 彬 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2005年1月第1版 2005年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 18.25

字 数 427千字

印 数 1~4000册

定 价 20.00元

ISBN 7-5606-1473-6/TN·0289(课)

XDUP 1744001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应的教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入 21 世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子工业学院、桂林电子工业学院、北京信息工程学院、深圳大学、解放军电子工程学院等 10 余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大类专业教学计划和课程大纲,对目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人。这套教材预计在 2004 年春季全部出齐。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、好中选优、以质取胜。教材内容要反映 21 世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用;体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会

2002 年 8 月

高等学校计算机、信息工程类专业

系列教材编审专家委员会

主 任：杨 震（南京邮电学院副院长、教授）

副主任：张德民（重庆邮电学院通信与信息工程学院院长、教授）

韩俊刚（西安邮电学院计算机系主任、教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑、教授）

计算机组

组 长：韩俊刚（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

王小民（深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授）

王小华（杭州电子工业学院计算机分院副院长、副教授）

孙力娟（南京邮电学院计算机系副主任、副教授）

李秉智（重庆邮电学院计算机学院院长、教授）

孟庆昌（北京信息工程学院教授）

周 娅（桂林电子工业学院计算机系副主任、副教授）

张长海（吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授）

信息工程组

组 长：张德民（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

方 强（西安邮电学院电信系主任、教授）

王 晖（深圳大学信息工程学院电子工程系主任、副教授）

胡建萍（杭州电子工业学院电子信息分院副院长、副教授）

徐 祎（解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授）

唐 宁（桂林电子工业学院通信与信息工程系副主任、副教授）

章坚武（杭州电子工业学院通信工程分院副院长、教授）

康 健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）

蒋国平（南京邮电学院电子工程系副主任、副教授）

总 策 划：梁家新

策 划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

中国数字电视广播事业的进程正在加快：2005 年全国数字有线电视用户将达到 3000 万户；2008 年数字高清晰度电视将在国内主要城市普及和商用播出；2010 年计划全面实现数字电视广播；2015 年停止模拟电视广播。为适应这种形势，作者编写了这本通俗易懂的数字电视技术教材。

本书的附录 A 浓缩了几乎全部模拟电视的基础知识，没有接触过电视知识的学生可以先学习附录 A，已经学过模拟电视的学生则可以直接学习本书。本书第 1 章是数字电视概述。第 2 章介绍信源编码，内容包括图像信号数字化和压缩的基本原理，静止图像压缩标准 JPEG 和 JPEG2000，活动图像压缩标准 H.261、H.263、MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 和 H.264，音频压缩的基本原理，音频压缩标准，MUSICAM 和 AC-3。第 3 章介绍多路复用，内容包括节目复用、节目特定信息 PSI、业务信息 SI、系统复用、数据增值业务、电子节目指南。第 4 章介绍信道编码，内容包括纠错编码的基础知识、能量扩散、RS 编码、交织、收缩卷积编码和 Turbo 码。第 5 章介绍调制技术，内容包括正交幅度调制(QAM)、四相相移键控(QPSK)、网格编码调制(TCM)、编码正交频分复用(COFDM)、残留边带(VSB)等调制技术。第 6 章介绍数字电视标准，内容包括欧洲的 DVB、美国的 ATSC、日本的 ISDB 三种数字电视标准的特点和我国的 ADBT 方案及 DMB-T 方案。第 7 章介绍数字电视的条件接收，内容包括同密和多密、条件接收系统的组成与原理等。第 8 章介绍多媒体技术和交互式电视，内容包括在 LAN 网上组建视听系统的 H.323 系列建议，在 ISDN 网上组建视听系统的 H.320 系列建议，在 PSTN 网上进行视听通信的 H.324 系列建议，以及交互式电视的组成。第 9 章介绍数字电视的接收，内容包括数字卫星电视的接收、数字有线电视的接收、数字电视机顶盒和接收机测试。

本书每章后都配有习题和思考题，以方便读者掌握各章的学习要点。附录 B 为缩略词与名词索引。

本书用通俗的语言形象地介绍了数字电视中的各种基本概念及数字电视的各种应用，包括数码相机、VCD、DVD、可视电话、会议电视、远程医疗等，内容丰富，资料新颖。学习本书可使学生对数字电视有更深入和全面的认识。

本书的参考学时为 64 学时，可作为高等学校电子类专业“数字电视”课程

的教材，也可作为成人教育和培训班的教材。

在本书的编写、审定和出版过程中，得到了西安电子科技大学出版社的大力支持与帮助。西安电子科技大学的周琼鉴教授认真审阅了本书，提出了很多宝贵的意见，在此深表谢意。由于作者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

于桂林电子工业学院

2004 年 8 月

目 录

第 1 章 数字电视概述	1	3.2.2 节目时钟参考 PCR 修正	78
1.1 基本定义	1	3.3 数据增值业务	79
1.2 数字电视的优点	3	3.3.1 数据增值业务的加入方式	79
1.3 数字电视的有关参数	4	3.3.2 MPEG-2 对数据增值业务的支持	79
1.4 数字电视发展概况	8	3.3.3 DVB 对数据增值业务的支持	80
思考题和习题	10	3.3.4 电子节目指南	82
第 2 章 信源编码	11	思考题和习题	83
2.1 视频压缩技术	11	第 4 章 信道编码	84
2.1.1 视频信号压缩的可能性	11	4.1 概述	84
2.1.2 视频信号的数字化	12	4.1.1 信道编码基础	84
2.1.3 熵编码	14	4.1.2 循环码	85
2.1.4 预测编码和变换编码	16	4.1.3 BCH 码	86
2.1.5 静止图像压缩标准	20	4.1.4 级联编码	87
2.1.6 活动图像压缩标准	25	4.1.5 前向纠错	89
2.1.7 数字音/视频编/解码技术		4.2 能量扩散	89
标准 AVS	40	4.2.1 能量扩散的作用	89
* 2.1.8 MPEG-4 和 ITU-T H.264	42	4.2.2 能量扩散的实现	90
2.2 音频压缩技术	44	4.3 RS 编码	90
2.2.1 音频信号压缩的可能性	44	4.3.1 RS 码基础	90
2.2.2 MUSICAM	47	4.3.2 数字电视中的 RS 码	91
2.2.3 AC-3	50	4.4 交织	95
* 2.2.4 其它音频压缩标准	52	4.4.1 分组交织	95
2.3 压缩技术的应用	57	4.4.2 卷积交织	95
2.3.1 数码相机	58	4.5 卷积编码	96
2.3.2 VCD 和 DVD	62	4.5.1 编码器	96
思考题和习题	66	4.5.2 维特比译码	99
第 3 章 多路复用	67	4.5.3 收缩卷积码	100
3.1 节目复用	67	* 4.6 Turbo 码	101
3.1.1 PES 包	67	4.6.1 串行与并行级联分组码	101
3.1.2 TS 包	68	4.6.2 串行与并行级联卷积码	102
3.1.3 节目特定信息	69	4.6.3 Turbo 码交织器	104
3.1.4 业务信息	72	思考题和习题	107
3.1.5 描述符	73	第 5 章 调制技术	108
3.1.6 节目复用器的构成	75	5.1 QAM	108
3.2 系统复用	77	5.2 QPSK	110
3.2.1 PSI 信息的重构	77	5.3 TCM	111

5.4 COFDM	114	8.2 多媒体信号的传输	164
5.4.1 OFDM 基本原理	114	8.2.1 PSTN	165
5.4.2 COFDM	118	8.2.2 ISDN 和 STM	165
5.5 VSB	119	8.2.3 B-ISDN 和 ATM	166
思考题和习题	121	8.2.4 IP 网络	167
第 6 章 数字电视标准	122	8.2.5 FC	167
6.1 ATSC 标准	122	8.3 多媒体技术的应用	170
6.1.1 ATSC 系统	122	8.3.1 会议电视	170
6.1.2 VSB 调制	123	8.3.2 可视电话	173
6.1.3 18 种扫描格式	126	8.3.3 远程医疗	176
6.2 DVB 标准	127	8.3.4 多媒体电视监控报警系统	177
6.2.1 DVB-S 的信道编码与调制	128	8.4 交互式电视的组成与原理	178
6.2.2 DVB-C 的信道编码与调制	130	8.4.1 视频服务器	179
6.2.3 DVB-T 的信道编码与调制	133	8.4.2 交互式电视的组成	183
6.2.4 DVB 设备标准接口	137	8.4.3 交互式电视的实现	184
6.3 ISDB-T 标准	139	8.4.4 交互式电视的技术标准	191
6.3.1 频宽分段传输	139	思考题和习题	191
6.3.2 高强度时间交织适应移动接收	139	第 9 章 数字电视的接收	192
6.4 ADTB 方案	140	9.1 概述	192
6.4.1 ADTB 系统的设计依据	140	9.2 卫星数字调谐器	194
6.4.2 ADTB 系统	142	9.2.1 卫星数字电视	194
6.4.3 ADTB 系统的优点	144	9.2.2 303211MT 型卫星数字调谐器	196
6.5 DMB-T 方案	145	9.2.3 L64733C、L64734 芯片组	200
6.5.1 DMB-T 系统的设计依据	146	9.2.4 MB86A15APMT-M-BND 单芯片	202
6.5.2 DMB-T 系统的帧结构	147	9.3 有线电视数字调谐器	203
6.5.3 DMB-T 系统的信道编码与 调制	150	9.3.1 TCMU30311PJJ 型 数字调谐器	204
思考题和习题	152	9.3.2 TDA8274HN 和 TDA10023HT 芯片组	207
第 7 章 数字电视的条件接收	153	9.4 单芯片解复用和信源解码	208
7.1 概述	153	9.4.1 SC2000/2005 系列	208
7.1.1 MPEG-2 标准中有关 CAS 的规定	153	9.4.2 STi5500/5518 系列	210
7.1.2 DVB 标准中有关 CAS 的规定	154	9.4.3 MB87L2250/MB86H21 芯片	213
7.1.3 同密和多密	154	9.4.4 PNx8310 芯片	215
7.1.4 条件接收系统的安全技术	157	9.5 接收机软件系统	217
7.2 条件接收系统的工作原理	158	9.5.1 概述	217
7.3 国产条件接收系统	160	9.5.2 几种中间件	218
7.3.1 中视联条件接收系统	160	9.6 接收机测试	220
7.3.2 永新同方条件接收系统	162	9.6.1 眼图分析法	220
思考题和习题	162	9.6.2 误码秒检测	221
第 8 章 多媒体技术和交互式电视	164	9.6.3 SDI 检测场	222
8.1 多媒体信号和多媒体技术	164	9.6.4 MPEG 分析和监视	223

9.6.5 视频质量度量 VQM	225	A.3.1 彩色电视信号的兼容问题	242
思考题和习题	226	A.3.2 NTSC 制	244
附录 A 模拟电视基础	227	A.3.3 PAL 制	250
A.1 彩色与视觉特性	227	A.3.4 SECAM 制	255
A.1.1 光的性质	227	A.4 模拟电视广播	256
A.1.2 人眼的视觉特性	228	A.4.1 地面广播	256
A.1.3 色度学	230	A.4.2 卫星广播	263
A.2 电视图像的传送原理	234	A.4.3 有线电视广播	266
A.2.1 电视传像原理	234	附录 B 缩略词与名词索引	278
A.2.2 电视图像的基本参数	239	参考文献	280
A.2.3 黑白全电视信号的组成	240		
A.3 彩色电视信号的传输	242		

第 1 章 数字电视概述

1.1 基本定义

模拟电视最明显的缺点是，在传输过程中，图像质量的损伤是积累的，即信号的非线性积累使图像对比度产生越来越大的畸变，长距离传输后图像的信噪比下降，图像清晰度越来越低，相位失真的累积使图像产生彩色失真、镶边和重影。模拟电视容易产生亮、色信号互窜，行蠕动，半帧频闪烁等现象。模拟电视还有稳定度差、可靠性低、调整不便、集成与自动控制困难等缺点。

数字电视是从节目采集、编辑制作到信号的发送、传输和接收全部采用数字处理的全新电视系统，它利用了先进的数字图像压缩技术、数字信号纠错编码技术、高效的数字信号调制技术等，在处理、传输信号过程中引入的噪波，只要幅度不超过一定的门限，都可以被清除掉；即使有误码，也可利用纠错技术纠正过来。所以，数字电视接收的图像质量较高。数字电视采用压缩编码技术，在只能传送一套模拟电视节目的频带内可传送多套数字电视节目，使电视频道数迅速增多。数字电视便于开展多种数字信息服务，如数据广播、文字广播等，数字电视容易实现加密、加扰，便于开展各类收费业务。

1. 数字电视广播系统的构成

图 1-1 是数字电视广播系统方框图。该系统由信源编码、多路复用、信道编码、调制、信道和接收机等六部分组成。

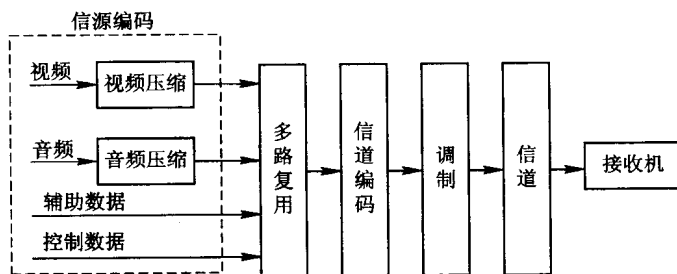


图 1-1 数字电视广播系统方框图

信源编码是对视频、音频、数据进行压缩编码的过程。标准数字电视按照 MPEG-2 标准进行信源编码(详见 2.1.6 节)。辅助数据可以是独立的数据业务，也可以是和视频、音频有关的数据，如字幕等。信源编码是为了提高数字通信传输效率而采取的措施，它通过各种编码尽可能地去掉信号中的冗余信息，以降低传输速率和减少传输频带宽度。

多路复用是将视频、音频和数据等各种媒体流按照一定的方法复用成一个节目的数据

流,将多个节目的数据流再复用成单一的数据流的过程。相关内容详见第3章。

信道编码是指纠错编码(详见第4章)。信道编码是为提高数字通信传输的可靠性而采取的措施。为了能在接收端检测和纠正传输中出现的错误,信道编码在发送的信号中增加了一部分冗余码,因此增加了发送信号的冗余度,即通过牺牲信息传输的效率来换取可靠性的提高。为了达到数字通信系统的高效率和可靠性的最佳折中,信源编码和信道编码都是必不可少的处理步骤。

调制是指为了提高频谱利用率,把宽带的基带数字信号变换成窄带的高频载波信号的过程。应根据传输信道的特点采用效率较高的信号调制方式,常用的方式有QAM、QPSK、TCM、COFDM和VSB。相关内容详见第5章。

信道有卫星广播信道、有线电视信道和地面广播信道等。卫星广播着重于解决大面积覆盖;有线电视广播着重于解决城镇等人口居住稠密地区“信息到户”的问题;地面无线广播由于其独有的简单接收和移动接收的能力,能够满足现代信息化社会“信息到人”的基本需求。

接收机的功能包括调谐、解调、信道解码、解复用、视/音频解压缩、显示格式转换等,详见第9章。

2. 数字电视与电视数字化处理的区别

现在的模拟彩色电视接收机的电路中采用了多种数字化处理技术,往往自称为数码电视或数字化电视。这些彩色电视机在不改变现行模拟广播电视传输体制的前提下,对解调后的视频和音频的基带信号进行了数字化处理,获得了更高质量的图像和伴音,增加了电视机的功能,但它仍属于模拟电视的范畴,只能接收模拟电视信号,无法接收数字电视信号,与真正的数字电视是两个不同的概念,不可混淆。

这些数字化处理技术包括:用数字梳状滤波器进行较完善的亮度、色度分离,消除了亮、色串扰现象;对亮度信号进行数字轮廓增强,提高了画面清晰度;对色度信号进行数字降噪和色调校正,减少了画面噪点和色调畸变;用逐行扫描及倍场(Double Scan)消除行间闪烁和大面积闪烁,提高了图像的垂直清晰度;处理后还能实现画中画、静止画面等新功能以及丽音NICAM(Near Instantaneous Companding Audio Multiplex,准瞬时压扩音频多路传输,是一种数字脉冲编码调制立体声广播系统,用7.28 MHz频率广播)和环绕立体声等功能。有些电视机除采用视频、音频信号处理外,还在其它部分采用了数字技术,例如在调谐、射频信号接收部分采用数字锁相环频率合成器和数字红外遥控解码器,在扫描电路部分采用数字行、场同步电路,在系统控制部分用CCU(中央控制器)进行显像管调整和接收方式选择,在显示部分采用OLED(Organic Light Emitting Devices,有机发光显示器)、TFT LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display,薄膜晶体管液晶显示器)或PDP(Plasma Display Panel,等离子平板显示器)等。电视信号的数字化处理使现行模拟电视机的性能得到改善,功能得到扩展,同时又为模拟电视向数字电视的过渡准备了必要的技术条件。

3. SDTV 和 HDTV

数字电视分为标准清晰度电视和高清晰度电视。

标准清晰度电视SDTV(Standard Definition Television)是指质量相当于目前模拟彩色

电视系统(PAL、NTSC、SECAM)的数字电视系统,也称为常规电视系统。其定义是,ITU-R 601 标准的 4:2:2 的视频,经过某些数据压缩处理后所能达到的图像质量。其清晰度约为 500 电视线,视频数码率约为 5 Mb/s。

高清晰度电视 HDTV(High Definition Television)是指水平清晰度和垂直清晰度大约为目前模拟彩色电视系统的两倍,宽高比为 16:9 的数字电视系统。根据 ITU 的定义,一个具有正常视觉的观众在距离高清晰度电视机大约是显示屏高度 3 倍的地方所看到的图像质量应与观看原景象或表演时所得到的印象相同。其清晰度应在 800 电视线以上,视频数码率约为 20 Mb/s。

国际电联在 ITU-R BT. 1201 建议书中提出了超高清晰度成像 HRI(Hyperhigh Resolution Imaging)的若干标准,其基本要素是图像的最小分辨率为 1920×1080 ,传输速率为 60 帧/秒。HRI 分为 HRI0~HRI3 四个等级,其空间分辨率分别为 1920×1080 、 3840×2160 、 5760×3240 、 7680×4320 ,其量化比特数分别为 10、10、12、12,不压缩数据速率分别为 2.5、10、40、72 Gb/s,传输速率分别为 60~80、100~150、150~600、150~600 Mb/s。目前按此建议研制的超高清晰度图像可用于医疗、印刷、电影、电视和计算机图形等领域。

除此之外还有 LDTV 和 EDTV。一般将清晰度约为 300 电视线,视频数码率约为 1~2 Mb/s,图像质量与 VCD 相当的数字电视规定为家用级数字电视或数字低清晰度电视 LDTV(Low Definition Television),也称为普及型数字电视。SDTV 与 HDTV 之间还有增强清晰度电视 EDTV(Enhanced Definition Television),其图像格式为 960×576 , 50 Hz,或者为 960×483 , 60 Hz。

1.2 数字电视的优点

与模拟电视相比,数字电视的优点表现在以下几个方面。

1. 图像传输质量较高

模拟电视图像信号在传输过程中因受到传输信道的幅频特性、微分增益、微分相位特性和噪声干扰等的影响,造成图像的明显损伤,在多次转换传输过程中,损伤累积,导致图像质量不断下降。这些影响对于数字电视信号来说是不存在的。数字电视信号在传输过程中只要杂波幅度不超过额定值,通过整形就可将数字信号复原,即使杂波幅度超过额定值而造成误码,也可利用纠错编码技术,在接收端把误码纠正过来。所以数字电视在传输中可以保持图像信号的信噪比基本不变,收端图像质量基本与发端一致。在模拟电视中常有的模糊、重影、闪烁、雪花点、网状干扰、色调畸变等现象在数字电视中几乎没有。

2. 具有数字环绕立体声伴音

数字电视伴音采用 AC-3 或 MUSICAM(详见 2.2.2 节)环绕立体声,包括左、右、中、左环绕、右环绕五个全频带声道和一个限制带宽的超低音声道,称为 5.1 声道。它具有稳定的声场中心,可确保音响方向的稳定性和透明度。两个环绕声道能提供很大的最佳可听区,超低音声道的动态范围可达到 100 dB,使声音表现力更强。它同时还具有多语种功能,收看同一节目可以选择不同语种的伴音。

3. 频谱资源利用率高

频谱资源是重要的国家资源。模拟电视的频谱资源有限,因一套模拟电视节目要占用 36 MHz 带宽的卫星转发器,占用 8 MHz 的地面电视广播和有线电视频带。而数字电视则采用压缩编码技术,在 36 MHz 的卫星转发器中可传送 5 套 SDTV 节目,显示清晰度约为 500 线;在一个 8 MHz 频道内可传送 4 套以上的 SDTV 节目;有可能实现数百个电视频道同时传送丰富多彩的电视节目,以满足不同行业、不同层次、不同爱好的观众的不同需要。

4. 多信息、多功能

在数字电视通信中允许不同媒体(文字、数据、声音、图像)、不同等级(HDTV、SDTV、LDTV)、不同制式(不同宽高比、不同声道数)的信号在同一信道中传输,用同一台接收机接收。这样不仅使信息源更为丰富,还可以增加用户与各种信息源之间的交互性。用户可以自由点播节目,拨打可视电话,查询图文信息,实现电子商务、网上购物、网上教学、网上医疗、网上游戏等多种高速数据业务。(在 8 MHz 带宽内采用 64QAM 调制,可以达到 32~38 Mb/s 的数据传输速率。)

5. 设备可靠,维护简单

数字信号不受电源波动、器件非线性的影响,能保持稳定、可靠。采用大规模集成电路处理数字信号,可降低设备的功耗,减小体积,从而提高设备的可靠性。同时,数字化设备不需要调节,维护简单,使用方便。

6. 节省发送功率,覆盖范围广

数字电视发射设备对于相同覆盖服务区所需的平均功率,比模拟电视发射设备的峰值功率要低一个数量级。比如,模拟 MMDS(Multichannel Multipoint Distribution Service, 多信道多点分配服务,或者是 Microwave Multichannel Distribution System,微波多路分配系统)的接收电平最低为 56 dB,而数字 MMDS 在 64QAM 调制下的接收电平仅为 39 dB,所以数字电视发射设备的覆盖范围比相同功率模拟电视发射设备的覆盖范围要大几倍。

7. 易于实现条件接收

数字电视信号容易进行加密/加扰,有利于信息安全,同时便于实现付费电视、视频点播及交互式电视功能。

因此,先进的数字电视系统必然会取代模拟电视系统。

1.3 数字电视的有关参数

数字电视中常用到数字传输和数字编码中的一些参数,这里先给出它们的简单定义。

1. 数码率和传码率

在数字传输系统中,传输的效率用传输速率来衡量。传输速率有信息传输速率(数码率)和码元传输速率(传码率)两种。

数码率,也称比特率或者传信率,是指单位时间内传送的二进制比特数,记为 R_b ,单位为比特/秒,用符号 b/s 表示。经常还以兆比特/秒和吉比特/秒为单位,即用符号 Mb/s 和 Gb/s 表示。

传码率是码元(symbol)的传输速率,是指单位时间内传输码元的数目,记为 R_B ,单位为波特(baud)。为明确起见,在给出传码率的同时,应说明码元的进制 M ,或者说明码元的二进制位数 m ,这里 $M=2^m$ 。

数码率 R_b 和传码率 R_B 都是传输速率的指标,但两者的概念不相同,使用时不可混淆。在数值上它们可以按下式进行换算:

$$R_b = R_B \cdot \lg M = R_B \cdot m \quad (\text{b/s}) \quad (1-1)$$

式中, M 为码元的进制数, m 是码元的二进制位数。可以看出,在码元为二进制($M=2$, $m=1$)时, $R_b=R_B$ 。

数码率还可以反映频带占有情况。根据数码率的定义,它可由比特数与频率之乘积来表示,这样,数码率与数字信号的传输速率之间就建立了对应关系。数码率也直接反映了数字信号所占用的频带宽度,即数码率越高,占用频带就越宽。因此,数码率有时也简称为传输速率。

2. 误码率和误码秒

1) 误码率 P_e

误码率也叫码元差错率,是指信号传输过程中系统出现错误码元的数目与所传输码元总数之比值,即

$$P_e = \frac{\text{传错码元个数}}{\text{传输码元总数}} \quad (1-2)$$

误码率的大小,反映了系统传输错误码元的概率大小。一般以多次传输的平均误码率表示。

误比特率也称信息差错率或比特差错率,是指传错信息的比特数与所传输的总信息比特数之比值,即

$$P_b = \frac{\text{传错信息比特数}}{\text{传输的总信息比特数}} \quad (1-3)$$

误比特率的大小,反映了信息在传输中由于码元的错误判断而造成的传送信息错误的大小,它与误码率从两个不同的层次反映了系统的可靠性。在二进制系统中,误码数目就等于传输信息量的比特数,即 $P_e=P_b$ 。但在多进制系统中, P_e 不等于 P_b 。

2) 误码秒

串行数字视频系统工作在基本上无随机噪声误码的环境下,其主要误码为脉冲误码,与随机噪声误码不同的是,它具有间隔出现的特点,一个数据字的出错会引起数百个相同数字的出错。在电视系统中关心的是节目出错的次数,而不是多少比特受到影响,因此可使用误码秒(errored seconds)来度量这种脉冲误码的特性。误码秒是指一段时间之内发生误码的秒数(errored seconds over a period of time),适合于受脉冲干扰而产生误码的场合,尤其适合于评价由于短脉冲干扰引起视频同步信号受损而造成图像纷乱的情形。常用的参数还有上一次误码秒间隔时间(time since the last errored seconds)。

3. 频带利用率和功率利用率

在数字传输系统中,有时使用频带利用率和功率利用率来度量信息传输的有效性和可靠性。

频带利用率是衡量数字传输系统有效性的一个重要指标。它表示在单位时间、单位频带内传输信息的多少,即单位频带内所能实现的数码率,单位为比特/秒赫兹,用符号 $b/(s \cdot \text{Hz})$ 表示。一般来说,在相同信道频带宽度的条件下,系统的频带利用率越高,信息传输速率就越高,系统的有效性就发挥得越好。在二进制基带系统中,最高频带利用率 $p=2b/(s \cdot \text{Hz})$ 。在多进制基带系统中,频带利用率可以大于 $2b/(s \cdot \text{Hz})$ 。在载波传输系统中,不同的调制方式可能有不同的频带利用率,故一般常用这个指标来衡量调制方式的效率。

功率利用率是指在一定误码率的条件下,传输每比特信息所需要的最小信号平均功率。功率利用率越高,误码率越小,信息传输的可靠性就越高。

对于一个信息传输系统,频带利用率和功率利用率这两个指标总是互相矛盾的。

4. 信道容量

信道容量反映一个信道的传输能力,而信道的传输能力是以这个信道最大可能传输信息的速率来度量的。所以信道容量定义为信道传输速率的最大值。信道容量与数码率的区别在于,信道容量表示信道的最大数据传输速率,是信道传输能力的极限,而数码率表示实际的数据传输速率。它们采用相同的单位 b/s 。

实际的信道总是要受到各种噪声的干扰。香农(Shannon)研究了受随机噪声干扰的信道情况,得出了计算信道容量的香农公式:

$$C = B \cdot \lg\left(1 + \frac{S}{N}\right) \quad (b/s) \quad (1-4)$$

式中: B 为信道传输频带宽度, S 为信号平均功率, N 为白噪声的平均功率, S/N 为信噪比。该式说明:信道容量 C 与信道带宽和信噪比有关,当 B 与 S/N 确定后,信道的最大信息传输速率就完全确定了。信噪比 S/N 是无量纲的数值,通常用分贝表示为

$$\left(\frac{S}{N}\right)' = 10 \lg(S/N) \quad (dB) \quad (1-5)$$

因此在用式(1-4)计算时,要将用分贝表示的 $(S/N)'$ 按式(1-6)换算为无量纲的数值:

$$\frac{S}{N} = 10^{(S/N)'/10} \quad (1-6)$$

根据香农公式还可以得出以下重要结论:

(1) 任何一个信道都有信道容量 C , 如果满足数码率 $R_b \leq C$, 那么在理论上存在一种方法使信源的输出能以任意小的差错概率通过信道传输; 如果 $R_b > C$, 则无差错传输在理论上是不可可能的。

(2) 当信道噪声为高斯白噪声时, 式(1-4)中的噪声功率 N 不是常数而与带宽 B 有关。若设单位频带内的噪声功率为 n_0 (W/Hz), 则噪声功率 $N = n_0 B$, 代入式(1-4)可得

$$C = B \cdot \lg\left(1 + \frac{S}{n_0 B}\right) \quad (1-7)$$

在 S 和 n_0 一定时, 信道容量 C 随带宽 B 的增大而增大。当 B 趋于无穷大时, C 趋于常数 $1.44S/n_0$ 。

(3) 由于信道容量就是信道的最大信息传输速率(即数码率), $C = I/T$, 其中 I 为信息量, T 为传输时间, 代入式(1-4)则可得

$$I = TB \cdot \lg\left(1 + \frac{S}{N}\right) \quad (1-8)$$

这说明, 当 S/N 一定时, 给定的数据量可以用不同的带宽 B 和时间 T 的组合来传输。

(4) 在给定信道容量 C 的条件下, 也可以用不同的带宽和信噪比的组合来传输数据。若减少带宽, 则必须发送较大的功率, 即增大信噪比 S/N ; 或者, 若有较大的传输带宽信息, 则同样的 C 能够用较小的信号功率(即较小的 S/N)来传送。也就是说, 当信噪比太小而不能保证通信质量时, 常采用宽带系统, 即用增加带宽来改善传输质量, 这就是所谓用带宽换功率的方法。在带宽和信噪比的互换过程中, 必须变换信号使之具有所要求的带宽, 这通常是由各种类型的调制和编码来完成的。为定量说明信噪比与带宽的关系, 我们设 B 为信道带宽, B_i 为输入信号带宽, 输入信噪比为 S_i/N_i , 经变换器变换后, 输出信噪比为 S_o/N_o , 根据式(1-8)则可以导出:

$$1 + \frac{S_o}{N_o} = \left(1 + \frac{S_i}{N_i}\right)^{B/B_i} \quad (1-9)$$

或者

$$\frac{S_o}{N_o} \approx \frac{S_i}{N_i}^{B/B_i} \quad (1-10)$$

5. 编码效率

在图像压缩编码中, 为了能定量了解编码效果, 需要对图像所具有的信息量进行计算。

1) 平均信息量

设有 n 个信号电平 $u_1, u_2, \dots, u_n$, 其对应的概率值分别为 $P_1, P_2, \dots, P_n$, 信号携带的信息量是 $-\lg P_1, -\lg P_2, \dots, -\lg P_n$ 比特, 则信源中单位元素(符号)的平均信息量(即熵)便可由下式求出:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \lg P_i \quad (\text{比特}) \quad (1-11)$$

这里, H 不是一个符号或码元的表示式, 而是整个信源的平均信息量, 单位为比特, 但它与数码中的比特有区别。信息量的比特是指真正有用的信息量, 数码中的比特既包括有用的符号也包括无用的符号。

2) 平均码字长度

设 N_i 为数字信号第 i 个码字 C_i 的长度(即二进制代码的位数), 其相应出现的概率为 P_i , 则该数字信号所赋予的码字平均长度 $\bar{N}$ 为

$$\bar{N} = \sum_{i=1}^n P_i N_i \quad (\text{比特 / 码字}) \quad (1-12)$$

3) 编码效率

由于熵是信源 $u_1, u_2, \dots, u_n$ 的平均信息量, 它表示真正有用的信息量, 而码字的平均长度包含有用和无用的信息, 这样, 无论是哪一种二进制编码, 其一个码字的平均码长 $\bar{N}$ 一定大于平均信息量 H 。为便于比较编码效果, 引出编码效率为

$$\eta = \frac{H}{\bar{N}} \quad (1-13)$$