

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国普通高等院校电子信息与通信类精品教材



数字视频技术基础

谈新权 主编
谈新权 陈筱倩 邓天平 高 烽 编著

Video frequency



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育
“十一五”国家级规划教材

数字视频技术基础

主 编 谈新权
编 著 谈新权 陈筱倩 邓天平 高 烽

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数字视频技术基础/谈新权 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2009年9月
ISBN 978-7-5609-5630-5

I. 数… II. 谈… III. 视频信号-数字技术-高等学校-教材 IV. TN941.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 149702 号

数字视频技术基础

谈新权 主编

策划编辑:江 津

责任编辑:江 津

责任校对:李 琴

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉正风图文照排中心

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:24.25

字数:605 000

版次:2009年9月第1版

印次:2009年9月第1次印刷

定价:39.80元

ISBN 978-7-5609-5630-5/TN·155

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书系统地阐述了数字视频(数字电视、数字电影)系统的基本组成、技术原理及应用参数。主要内容包括数字电视的演播室标准、视频编码标准,数字视频传输技术的主要原理和方法,以及数字电视接收的主要技术:条件接收和数字电视机顶盒。考虑到知识的连贯性和系统性,简略介绍了模拟电视基础知识和彩色电视制式;结合电视、电影的特点和发展方向,由浅入深地讲述数字电视和数字电影的传输技术,还特意涵盖了数字传输中普遍使用的基本技术。这样的安排,体现了理论和实际相结合的理念,以适应不同层次读者的需要。书中涉及的原理与技术的难点,给出了例题和系统实例(图表),帮助读者加深理解。每章附有小结、习题和参考文献,便于读者深入学习和查阅。

本书是高等学校电子信息类专业及相近专业(电子信息工程、通信工程、广播电视工程、影视艺术与技术等)的主干课教材。也可供在视频技术、图像处理与通信、电视工程技术、影视技术、多媒体技术、电影技术等领域从事研究、开发、生产及维护的科技人员阅读、参考。

前 言

数字技术的发展和成就影响了当今几乎所有行业,数字技术带来的便利已经渗入到我们生活的点点滴滴。20世纪90年代中期,在信息技术领域内,数字化、网络化以及微电子技术的最新成果,加速了视频领域内的数字化进程。与此同时,在世界范围内再次掀起了研究数字电视制式和标准的热潮。数字化更是带给电影产业最深刻、最彻底的革命。

2001年,国家广电总局提出了我国广播电视数字化发展的三个阶段,2005年前全面启动和推进数字化进程;2010年前基本实现全国广播电视数字化;2015年前全面实现数字化,即全面完成模拟技术向数字技术的过渡,逐步停止模拟电视广播。当前,以数字视频技术为核心的电视、电影行业正在积极创新,全面推进构建科技新体系。

数字电视、数字电影不仅能让观众观看高质量的节目,而且为影视业带来产业调整和升级的机会。全面实现数字化使得影视领域的节目制作、信号传输、运行体制、服务方式、管理模式以及技术和产业结构等方方面面引起重大变革。同时,影视领域的数字化进程及成果也会推动通信技术、计算机应用等领域的发展,数字融合现象对这些领域产生重大影响。

随着数字电视技术在我国迅速推进和普及,数字电影技术的兴起,一个成熟的影视产业链正在逐步形成,我国的数字影视市场正在迅速启动。社会对高校培养相关人才特别是工程应用型人才的期望越来越高。教育要与时代同步、与时俱进,国内许多高校,无论是工科还是理科,甚至新闻传播专业,纷纷开设数字电视(数字视频)、现代广播电视技术的有关课程以满足社会对各种层次、不同专业要求的人才的需求。

本书是作者根据多年在高校讲授《数字电视原理》的讲稿编写而成。同时,作者曾先后为湖北、广东东莞的广电系统在职人员多次讲授过数字电视、光纤数字有线电视,本书的部分内容取自这部分讲课的讲稿。本书的第2、13两章由高峰编写,第4、12两章由邓天平编写,第5、8、9三章由陈筱倩编写,绪论及第1、3、6、7、10、11、14章由谈新权编写。全书由谈新权统稿。每章后附有小结和习题,便于读者自学复习。

数字电视从兴起到推广应用也不过十来年的时间,特别是产业化的迅速推进,给高校相关专业的人才培养和课程设置提出了新的要求。同时,也给视频领域、广播电视领域的广大从业人员提出了更新知识、掌握新技术的新课题。为了照顾不同层次的读者的需要,本书在内容安排上,突出系统性和实用性。

该书所包括内容有三大部分:①电视基础知识和模拟电视制式(第1、2章),对于第1章的内容,模拟电视和数字电视系统都与之有关,而第2章的内容适合于当前从模拟向数字转换的过渡时期。②与数字电视技术密切相关的数字通信的基本知识:差错控制编码(第5章),数字信号的基带传输(第6章),数字信号的数字调制传输(第7章),多路传输与数字复接(第8章),这部分内容所涉及的技术是数字电视系统的重要技术。③与数字电视技术直接相关的知识,这部分内容分为标准(第3、4章)和系统(第9、10、11、12、13章)。第14章内容为数字电影技术。电影的数字化技术与电视的数字化有许多相同或类比的地方,也属于数字视频技术。

该教材的特点如下。

(1) 内容全面、体系结构合理,利于教、利于学。教学学时的安排和分配适合于高校专业课教学规律和特点,可作为“电视原理”、“数字电视原理与技术”、“数字视频技术”等课程的教材。这门课程一般安排在大学本科第六、七学期,全书参考学时 64 学时。对于已学过通信原理和电视原理(模拟部分)的学生,作为数字电视课程的教材,可只讲第 3、4、9~14 章,学时数为 40 学时。全书模拟电视部分所占篇幅只有 15%左右,删去了大多数内容陈旧的章节。各章节之间既有联系,又相对独立,便于教师取舍。每章附有小结,突出教学重点;章后附有习题和思考题,题量适中,可帮助读者巩固所学知识。

由于自成体系,内容由浅入深,循序渐进,突出了定性分析和信号流程分析。便于自学,将电视原理、通信原理的有关知识融入在一起,便于读者全面认识和理解数字电视系统。读者只需要自学本教材就可以从入门到掌握和了解数字电视技术的相关知识。

(2) 突出重点,理论联系实际。特别注重通信学科的基础理论在数字电视系统的特定条件下的应用。例如,介绍纠错编码中的 RS 码就与数字电视系统联系起来;讨论 SDH 原理时,介绍了在数字电视传输中的应用。又如,将 M 进制调制重点放在数字电视系统中的性能分析和应用。

(3) 突出实用性和注重先进性。在讨论系统组成时,突出了系统功能的具体实现,如 HFC 网络的组网实测等。从实际应用出发,给出了各类系统的主要性能参数,同时,教材中也反映了数字电视领域中的最新理论和技术成果,例如 DVB-S₂,数字电视地面广播等。

(4) 概念清楚,系统性强,保持了技术和系统的完整性。章与章之间编排既连贯又相对独立。有利于不同层次的读者从不同的起点逐步理解和掌握数字电视的基本原理、基本技术、分析实用系统。对于标有 * 号的内容,可跳过去不在课堂上讲授。

本书可作为高等学校电子信息工程、通信工程、广播电视工程、影视艺术技术、电子科学与技术、电影技术等专业开设的“数字电视原理”、“数字视频技术”课程的教材,以及相关专业的硕士研究生的教材,也可供从事数字视频领域工作(数字电视、数字电影、图像通信、多媒体技术与通信、广播电视)的在职人员的继续教育和在职岗位培训使用。

在本书的编写过程中,参阅了国内外许多优秀教材和相关文献并一一注明,附于章后。在此,对文献作者表示衷心的感谢。

在本书正式出版之际,感谢华中科技大学出版社的帮助,特别感谢策划编辑江津老师,本书得益于他的策划和创意,还要感谢为出版本书做了许多具体工作的其他工作人员。

数字视频技术涉及通信、信号与信息处理、计算机应用、光电子学等学科,涵盖了光电子技术、数字化技术、宽带网络技术、现代通信技术等高新技术领域,这些技术都在不断地发展和完善。书中的不足和错误之处,诚恳希望同行、专家和广大读者批评指正。我们的 E-mail 地址是 tanxinq@163.com.

作者

2009 年 5 月 武昌

目 录

绪论	(1)
0.1 数字电视技术发展概况	(1)
0.2 数字电视系统的组成	(2)
0.3 数字电视系统与数字通信系统的比较	(3)
0.4 数字电视技术所涉及的内容	(5)
习题与思考题	(6)
参考文献	(6)
第1章 电视基础知识	(7)
1.1 彩色视觉与三基色原理	(7)
1.1.1 彩色视觉	(7)
1.1.2 描述彩色的三个基本参量	(7)
1.1.3 人眼的彩色分辨力	(9)
1.1.4 三基色原理与相加混色	(10)
1.2 电视传像原理	(10)
1.2.1 电影成像与电视传像	(10)
1.2.2 固体摄像器件概论	(11)
1.2.3 CCD 图像传感器及其工作原理	(12)
1.2.4 MOS 型图像传感器及其工作原理	(14)
1.3 电视图像信号与电视图像的基本参数	(16)
1.3.1 扫描参数	(16)
1.3.2 清晰度与分解力	(16)
1.3.3 电视信号的带宽	(17)
1.3.4 图像对比度、灰度	(18)
1.4 视频图像信号	(19)
1.4.1 黑白电视信号	(19)
1.4.2 黑白图像信号的频谱	(21)
1.4.3 基色信号、亮度信号与色差信号	(22)
1.4.4 标准彩条信号	(22)
1.5 本章小结	(26)
习题与思考题	(26)
参考文献	(27)
第2章 模拟彩色电视制式与传输	(28)
2.1 彩色电视信号的兼容	(28)
2.1.1 色度信号的选取	(28)
2.1.2 彩色电视信号的频带压缩	(29)

2.2	NTSC 制	(30)
2.2.1	正交平衡调幅与同步检波	(30)
2.2.2	色度信号的幅度压缩	(32)
2.2.3	波形图与矢量图	(33)
2.2.4	NTSC 制的编码和解码	(35)
2.2.5	NTSC 制的微分相位失真和微分增益失真	(36)
2.3	PAL 制	(37)
2.3.1	V 分量逐行倒相	(37)
2.3.2	PAL 制信号的编码	(38)
2.3.3	副载波频率的选择	(40)
2.3.4	PAL 制信号的解码	(41)
2.4	SECAM 制	(44)
2.4.1	SECAM 制的基本原理	(44)
2.4.2	SECAM 制的编码与解码	(45)
2.5	模拟电视信号的传输	(46)
2.5.1	地面电视广播	(47)
2.5.2	有线电视广播	(50)
2.5.3	卫星电视广播	(52)
2.6	模拟彩色电视制式的缺陷	(55)
2.7	本章小结	(56)
习题与思考题		(57)
参考文献		(58)
第 3 章 标准清晰度电视数字化的演播室标准		(59)
3.1	演播室标准的数字编码参数	(59)
3.2	抽样频率的选择及样点结构	(60)
3.3	信号电平与量化等级的关系	(62)
3.4	分量数字信号的时分复用及接口标准	(63)
3.5	数字帧组成结构	(65)
3.6	辅助数据信息及其插入位置	(68)
3.7	数字音频信号源参数及演播室数字音频接口	(70)
3.8	数字音频信号的插入方式	(71)
3.9	数字音频信号与数字视频信号的同步	(73)
3.10	本章小结	(75)
习题与思考题		(75)
参考文献		(76)
第 4 章 视频编码标准		(77)
4.1	引言	(77)
4.2	JPEG 标准	(78)
4.2.1	概述	(78)
4.2.2	DCT	(79)

4.2.3	JPEG 基本系统	(80)
4.3	JPEG 2000	(86)
4.3.1	概述	(86)
4.3.2	小波变换	(87)
4.3.3	JPEG 2000 编解码原理	(89)
4.4	MPEG-1	(94)
4.4.1	概述	(94)
4.4.2	MPEG-1 基本概念	(94)
4.4.3	MPEG-1 编解码原理	(96)
4.4.4	基于 MPEG-1 的视频监控系统	(99)
4.5	MPEG-2	(102)
4.5.1	概述	(102)
4.5.2	MPEG-2 基本概念	(103)
4.5.3	MPEG-2 编解码原理	(107)
4.5.4	MPEG-2 应用	(109)
4.6	H.264	(110)
4.6.1	H.264 概述	(110)
4.6.2	H.264 的编码结构与格式	(110)
4.6.3	H.264 编解码器	(111)
4.7	AVS 标准	(115)
4.7.1	概述	(115)
4.7.2	关键技术	(115)
4.7.3	AVS 视频编码器	(116)
4.8	本章小结	(118)
习题与思考题		(118)
参考文献		(119)
第 5 章 差错控制编码		(121)
5.1	概述	(121)
5.2	差错控制方式	(122)
5.3	差错控制编码的分类	(123)
5.4	差错控制编码的基本概念	(124)
5.5	线性分组码	(126)
5.6	循环码	(130)
5.7	BCH 码	(134)
5.7.1	本原多项式、有限域、多项式的根	(134)
5.7.2	BCH 码的生成多项式和基本参数	(136)
5.7.3	BCH 码编码举例	(137)
5.8	RS 码	(139)
5.8.1	问题的提出	(139)
5.8.2	RS 码编码、解码与纠错的基本原理	(140)

5.8.3 数字电视传输中的 RS 码	(143)
5.9 卷积码(连环码)	(144)
5.9.1 卷积码编码	(144)
5.9.2 卷积码的译码与纠错	(146)
5.9.3 删余截短卷积码(卷积收缩码)	(148)
5.10 交织码与分组交织	(149)
5.11 交叉交织	(150)
5.12 本章小结	(153)
习题与思考题	(154)
参考文献	(155)
第 6 章 数字视频信号的基带传输	(156)
6.1 数字视频信号的传输方案	(156)
6.2 数字基带信号的码型	(156)
6.2.1 码型的要求和分类	(156)
6.2.2 二元码	(157)
6.2.3 三元码	(159)
6.2.4 多元码	(160)
6.3 无码间串扰的基带传输	(161)
6.3.1 数字基带信号传输系统模型	(161)
6.3.2 无码间串扰的基带传输特性	(162)
6.3.3 无码间串扰的基带传输系统的频带利用率	(165)
6.4 伪随机信号及其应用	(166)
6.4.1 m 序列产生及其性质	(166)
6.4.2 扰码与解扰	(168)
6.4.3 m 序列在系统误码率测量中的应用	(168)
6.5 本章小结	(169)
习题与思考题	(170)
参考文献	(170)
第 7 章 数字调制传输	(171)
7.1 概述	(171)
7.2 二进制数字调制解调原理	(171)
7.2.1 二进制振幅键控(2ASK)与解调	(171)
7.2.2 二进制频移键控(2FSK)与解调	(173)
7.2.3 二进制相移键控(2PSK)与解调	(174)
7.2.4 二进制差分相移键控(2DPSK)与解调	(176)
7.3 二进制数字调制信号的频谱特性	(179)
7.3.1 2ASK 信号的频谱特性	(179)
7.3.2 2FSK 信号的频谱特性	(180)
7.3.3 二进制相移(2PSK、2DPSK)信号的功率谱与带宽	(181)
7.4 二进制数字调制系统性能比较	(181)

7.5 多进制数字调制系统	(183)
7.5.1 多进制振幅键控(MASK)与性能	(183)
7.5.2 多进制正交幅度调制(MQAM)原理及其性能	(185)
7.5.3 多进制频移键控(MFSK)原理与性能	(186)
7.5.4 多进制相移键控(MPSK)原理与性能	(187)
7.6 本章小结	(193)
习题与思考题	(194)
参考文献	(195)
第8章 多路传输与数字复接技术	(196)
8.1 多路传输与多址传输	(196)
8.2 数字复接技术	(196)
8.2.1 数字复接设备的组成与复接标准	(197)
8.2.2 数字复接方式	(197)
8.3 准同步复接中的码速调整	(199)
8.4 同步数字系列(SDH)	(200)
8.4.1 SDH 的帧结构	(200)
8.4.2 SDH 的复用单元	(202)
8.4.3 我国的 SDH 基本复用结构	(203)
8.5 数字电视信号的同步复接与 SDH 传输系统的组成	(205)
8.6 SDH 技术在广播电视传输网中的应用	(207)
8.7 本章小结	(208)
习题与思考题	(208)
参考文献	(209)
第9章 卫星数字电视广播	(210)
9.1 概述	(210)
9.2 卫星电视广播体制	(211)
9.2.1 卫星传输标准	(211)
9.2.2 单路单载波传输	(212)
9.2.3 多路单载波传输	(212)
9.2.4 卫星传输的工作频段	(212)
9.3 卫星传输信道的特点	(213)
9.4 DVB-S 传输系统的信道编码	(214)
9.4.1 复用适配与能量扩散	(215)
9.4.2 外编码器(RS 编码)	(217)
9.4.3 卷积交织	(217)
9.4.4 内编码(卷积编码)	(219)
9.4.5 基带成形	(223)
9.5 QPSK 调制	(224)
* 9.6 QPSK 信号的解调及相位模糊的解决方法	(226)
9.6.1 QPSK 的解调	(226)

9.6.2	解调载波的恢复	(226)
9.6.3	相位模糊的影响	(228)
9.6.4	相位模糊的解决办法	(229)
9.7	DVB-S 信道编码的性能评价	(232)
9.7.1	卷积码的最小码距 d_{\min} 与自由距离 d_{free}	(232)
9.7.2	卷积码的纠错能力	(233)
9.7.3	编码增益	(233)
9.7.4	功率利用率	(233)
9.7.5	信道编码占用的频带	(234)
9.7.6	译码深度	(234)
9.8	数字电视卫星直播	(234)
9.9	DVB-S2 标准	(235)
9.9.1	香农极限	(235)
9.9.2	DVB-S2 发端系统组成	(236)
9.9.3	DVB-S2 中的 APSK 调制	(237)
9.9.4	VCM、ACM 工作模式	(239)
9.9.5	DVB-S2 与 DVB-S 的性能比较	(239)
9.10	本章小结	(240)
	习题与思考题	(241)
	参考文献	(241)
第 10 章	有线数字电视广播	(243)
10.1	概述	(243)
10.2	有线数字电视系统的组成	(243)
10.3	DVB-C 传输系统的信道编码	(244)
10.3.1	基带物理接口与数据随机化	(245)
10.3.2	字节到符号映射	(246)
10.3.3	基带成形与 64QAM 调制	(247)
10.4	光纤传输的基本概念	(250)
10.4.1	引言	(250)
10.4.2	光纤结构与类型	(251)
10.4.3	光纤的传输特性	(252)
10.5	数字电视信号在 HFC 网上的传输及信道频谱划分	(254)
10.6	数字视频传输平台	(255)
*10.7	光纤传输射频电视信号的性能分析	(256)
*10.8	光纤有线电视系统的光发射机与光接收机	(258)
10.8.1	外调制光发射机	(258)
10.8.2	CATV 系统中的光接收机	(261)
*10.9	HFC 网络中光纤干线视频传输系统	(261)
10.9.1	AM-VSB 副载波复用光纤传输系统	(261)
10.9.2	AM-VSB 和 MQAM 混合光纤传输系统	(263)
10.10	HFC 组网实例	(265)

10.10.1 HFC 组网一般结构	(265)
10.10.2 大城市 HFC 组网	(266)
10.10.3 CMTS 系统	(267)
10.10.4 用户分配系统	(268)
10.11 有线电视网络主要技术参数及其对图像的影响	(269)
10.12 本章小结	(270)
习题与思考题	(271)
参考文献	(271)
第 11 章 数字电视地面广播	(273)
11.1 概述	(273)
11.2 DVB-T 传输系统的信道编码	(274)
11.2.1 内交织	(274)
11.2.2 映射与星座图	(276)
11.2.3 OFDM 信号的形成	(276)
11.3 ATSC 数字电视标准	(282)
11.3.1 ATSC 的信道编码与调制系统框图	(283)
11.3.2 数据随机化与 RS 编码	(283)
11.3.3 数据交织	(284)
11.3.4 格形编码(网格编码、TCM 编码)调制	(285)
11.3.5 均衡滤波	(287)
11.3.6 ATSC 信道编码与调制性能参数	(288)
11.4 ISDB-T 数字电视地面传输标准简介	(289)
11.5 中国数字电视地面传输标准	(293)
11.5.1 系统组成	(293)
11.5.2 随机化与前向纠错编码(FEC)	(293)
11.5.3 符号星座映射与交织	(295)
11.5.4 帧结构	(298)
11.5.5 系统信息及传输	(301)
11.5.6 帧体数据处理	(302)
11.5.7 基带后处理与射频信号形成	(302)
11.5.8 单载波工作模式和多载波工作模式	(303)
11.6 本章小结	(305)
习题与思考题	(305)
参考文献	(306)
第 12 章 数字电视的条件接收	(307)
12.1 概述	(307)
12.2 CA 系统的工作原理	(308)
12.2.1 条件接收系统的基本概念	(308)
12.2.2 条件接收系统的总体框图	(309)
12.2.3 条件接收系统的安全技术	(310)
12.2.4 同密方式和多密方式	(312)

12.3 CA 系统举例	(314)
12.4 本章小结	(317)
习题与思考题	(317)
参考文献	(317)
第 13 章 数字电视机顶盒	(319)
13.1 概述	(319)
13.2 数字电视机顶盒的基本结构	(320)
13.2.1 数字电视机顶盒的逻辑结构	(320)
13.2.2 数字电视机顶盒的电路组成	(321)
13.3 数字电视机顶盒的关键技术	(325)
13.4 数字电视机顶盒电路	(327)
13.4.1 单片解复用与解码芯片	(327)
13.4.2 一体化调谐解调器	(332)
13.5 数字电视机顶盒组合方案	(335)
13.6 数字电视机顶盒中间件	(338)
13.6.1 中间件参考模型	(338)
13.6.2 中间件标准 MHP	(339)
13.6.3 中间件产品	(342)
13.7 数字电视机顶盒的性能指标	(342)
13.8 数字电视机顶盒的发展趋势	(348)
13.9 本章小结	(348)
习题与思考题	(349)
参考文献	(349)
第 14 章 数字电影技术	(351)
14.1 电影的发展简史	(351)
14.2 胶片电影的成像与放映	(351)
* 14.3 胶片电影成像与高清晰度电视成像的性能比较	(353)
14.4 数字电影及其优点	(357)
14.5 数字电影系统的组成	(358)
14.6 图像压缩编码技术	(360)
14.7 数字电影的数据加密	(361)
14.8 数字电影的打包封装技术	(363)
14.9 数字电影放映中的投影技术	(363)
14.9.1 数字光处理(DLP)投影系统	(363)
14.9.2 LCOS 反射式投影系统	(365)
14.10 数字电影院	(366)
14.11 数字电影标准化进程	(368)
14.12 本章小结	(368)
习题与思考题	(369)
参考文献	(369)
附录 缩略语中英文对照	(370)

绪 论

0.1 数字电视技术发展概况

人们对于数字电视的研究,可以追溯到 20 世纪 40 年代。在黑白电视出现不久,人们就开始研究数字化电视。然而由于受到当时物质条件的限制,多数研究停留在理论探索上。只是在 60 年代大规模集成电路问世之后才真正取得了进展。

对黑白电视信号的 PCM(脉码调制)的研究始于 1951 年,对彩色电视信号进行数字编码的尝试是在 1960 年,美国无线电工程学会的 R. L. Carberg 最先发表文章,对广播彩色电视信号进行 PCM 脉码调制。直到 1971 年美国 Bell 实验室研究成功电视电话之后,这方面的工作才取得迅速发展。1972 年,美国公布的第一个低数码率数字卫星电视传输系统,是数字电视进入实验和实用阶段的主要标志。

美国 Bell 实验室在研究电视电话中奠定了数字电视的理论基础。20 世纪 70—80 年代,这方面的工作分为编码理论研究和局部数字化设备研究。例如,数字电视降噪器、数字制式转换器、数字梳状滤波器和数字化电视接收机等。这个期间,以视频压缩编码理论和技术的研究最为活跃,先后有大量的研究论文发表,公布了许多计算机仿真结果,为其走向实际应用奠定了坚实的物质基础和技术储备。进入 20 世纪 90 年代,一系列国际标准的制定,有力地推动着数字视频技术向市场转化。同时涌现了许多符合国际标准的实用系统。

在模拟电视系统中,摄像机通过电子扫描将用时间、空间函数所描述的景物进行光/电变换后,得到单一的时间函数的电信号。其电平的高低对应于景物亮度的大小。即用电信号去“模拟”一个光学景物。这种电视信号称为模拟电视信号。其特点是信号在时间和幅度上都是连续变化的,对这种电视信号所进行的视频处理技术(如各种校正、编码、调制和录制等)称之为模拟电视技术。在接收机中,通过显示器件进行电/光转换,所产生的是为人眼所接受的“模拟”电信号的光图像。

对于模拟电视来说,电视图像的质量主要受到电视信号的纯度、精度和稳定性的限制。当电视信号在远距离传输过程中,例如微波中继传输,图像信号的反复录制与重放,必然造成信号和图像质量损坏的累积。又如随着信号的多次复制,信号的非线性使对比度中间范围产生越来越大的损失。在电视信号传输过程中,相位失真的结果使对比度急剧变化的地方图像边缘产生镶边。微分增益、微分相位失真带来彩色的变化。模拟信号的抗干扰能力差,远距离传输后,图像质量必然下降。

要解决上述问题,模拟技术本身是无能为力的。然而对模拟电视信号进行数字化处理后,解决这些问题却是有可能的。随着大规模集成电路的应用和计算技术的推广,在电视技术领域内,用数字技术部分地取代模拟技术已经得到实现。典型应用是,20 世纪 80 年代末开始生产的屏幕尺寸较大的彩色电视接收机,采用了数字梳状滤波器进行色、亮分离和 PAL 解码,图像质量有较大改善。

然而,无论发送技术、传输技术和接收技术如何改进、提高,亮度、色度以及伴音等 3 种信

号的频分复用传输方式没有改变,三者之间的相互干扰无法彻底消除。而且,现有模拟彩色电视制式的信号不适宜于卫星传输和光纤传输。

模拟电视制式的上述固有缺点,阻碍了它与其他媒体信息的融合,也阻碍了与其他信息网络(例如电信网、互联网)的融合。1988年,飞利浦、索尼等数家公司联合成立了活动图像专家组(Moving Picture Experts Group),简称 MPEG,从事声像压缩算法研究,其初衷是为了实现视频信号的光盘存储。1991年,公布了 MPEG-1 国际标准,在此后的 10 年里,相继有多个 MPEG 系列标准问世,可用于不同场合,其中包括用于 SDTV、HDTV 信号的压缩,从而实现电视信号的数字高效传输。

数字电视具有数字化设备的一切优点,如信噪比高、稳定可靠、抗干扰能力强等。数字电视的主要优势是它能够对数据进行压缩,将频带占用率减少到原来的 1/6 或更小,也就是说,一个频道原来只能传输一套模拟电视节目,而现在可传输 6~8 套质量不亚于模拟电视的数字电视节目,或者 30 路 VHS(家用视频录像机)质量节目。数字电视传输网可以实现与电信网、因特网互联,不仅使信息资源更加丰富,信息更加多样化,而且还能增加交互性。

20 世纪 90 年代中期,在信息技术领域内,数字化、网络化以及微电子技术的最新成就加速了视频领域内的数字化进程。与此同时,在世界范围内再次掀起了研究数字电视传输制式、标准的热潮。在视频数字化的潮流中,数字技术、网络技术的应用加快了传统产业的升级换代和更新融合。不仅显著提高了节目制作质量,大大缩短了节目制作时间,而且拓展了信息传输、接入的方式。目前正在构建的以高新技术为核心的公共广播体系,预示着公众可以得到越来越多的、高质量的信息服务。

0.2 数字电视系统的组成

数字电视系统就是利用数字信号通过广播信道来进行电视广播的系统。图 0-1 给出了数字电视系统的组成框图。这是目前用户获取数字电视节目的重要途径。它是由数字信号源、信源编码器(视频、音频和数据编码器)、传输流复用器、多路复用器、信道编码器、数字调制器和数字接收机等组成。图中,数字信号源通常置于数字电视演播室。数字信号源设备有:数字摄像机,数字录像机,非线性编辑器,数字音响,动画制作等以及其他数字视音频装置(例如视频服务器等)等。信源编码器通常按 MPEG-2 标准编码,它利用人的视觉、听觉特性,根据空域和时域相关性以及信号处理技术去掉信息中的冗余度。例如,可将 216 Mb/s 的视频信号压缩到 1.5 Mb/s。数据编码器用来对附加数据、控制信息进行压缩编码,传输流的复用采用按数据包复用。

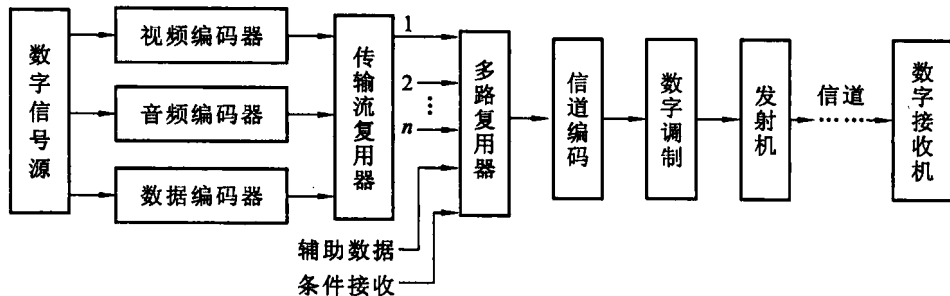


图 0-1 数字电视系统框图

多路复用器将多路信号(多个数字频道信号)、辅助数据、条件接收信息等复合在一起,成为符合传输要求的数据流。辅助数据包括控制数据以及与视频、音频节目有关的服务数据。条件接收信息是付费频道的密钥数据,向授权用户提供解密信息。

信道编码主要包括纠错编码和数据交织,不同的传输信道,采用不同的信道编码技术。它的主要目的是提高数字传输系统的可靠性。在传输过程中,即使出现误码,在接收端也能自动纠错,实现准无误码传输。信道编码输出的信号仍为基带数字信号,它的能量主要集中在低频端。因而是一种低通型信号,而传输信道(卫星信道、有线信道、地面无线广播信道)一般都是带通型的。为了适合于在带通型信道中传输,通常需要用数字调制将要传送的数字信号的频谱搬移到载频的两边,从而适合在带通型信道中传输。在数字电视系统中,数字调制的第二个作用是通过进行多进制的变换,对载波进行 M 进制的调制,从而提高了频带利用率。数字调制的第三个作用是实现频分复用,这一点与模拟电视系统相同。虽然同一射频频道内通过前面的时分多路复用传送了 6~8 套节目,但射频频道之间仍然采用频分复用。

一般来说,数字调制是在中频载波上进行的。因此,图 0-1 中的发射机包括了上变频和功率放大。上变频是将中频已调信号变频到射频频率上。如果采用的传输介质是电缆或无线电频段,则功率放大后直接送到射频信道。如果采用光纤传输,则图 0-1 中的发射机还包括了光调制和光发射机。

在数字接收机中,信号处理流程与发端相反,目前,数字接收主要由两部分组成:机顶盒和普通电视机接收机。

在我国,目前城乡广大电视用户都是通过图 0-1 所示的数字电视系统收看电视节目。本书讨论的正是这种系统的原理和处理流程。

我国有线电视联网规划要求,国家级和省级传输干线全部采用 SDH 技术,数据流的传输速率为 2.5 Gb/s。因此,干线上传输的数字电视信号采用了 SDH 网络技术,传输框图如图 0-2 所示。图中,每套数字电视节目经 MPEG-2 压缩后,速率一般为 5~8 Mb/s。用 PDH 复接成 DS_3 码流,速率为 45 MB/s。再由 SDH 复接设备复用成 STM-N,再送光调制器,已调光信号由光纤传输。也可以将每路数字电视信号(PDH 系列)直接送 STM-1 标准容器 C-3,进行 SDH 复接。后一种复接方式避免了码速调整。

随着单信道速率的提高、信道数的增多和再生距离的加长,光纤的色度色散、偏振模色散、各种非线性效应以及光放大器的自发辐射噪声的积累等因素,使得数字光信号的传输产生畸变。这种畸变导致系统的误码性能劣化。因此,需要在复接之后在光调制之前对电信号(数字基带信号)进行前向纠错(FEC)编码,从而改善系统的误码性能。在图 0-2 中的系统中,加纠错编码后,带来的直接好处是延长了传输距离,降低了发射功率,提高了接收机的灵敏度。

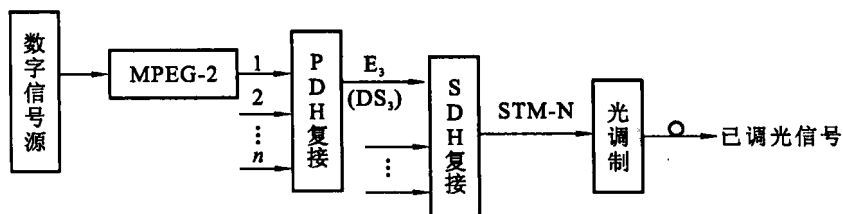


图 0-2 光纤干线传输数字电视信号框图