



普通高等教育**电子通信类**国家级特色专业系列规划教材

数字电视传输 与组网技术

余兆明 李 欣 编著



科学出版社

013026117

TN949.197-43
15

普通高等教育电子通信类国家级特色专业系列规划教材

数字电视传输与组网技术

余兆明 李欣 编著



编出 林 家 出 学 社

编出 林 家 出 学 社

编出 林 家 出 学 社

6111 5601 527 本书 通 一 第 1 版 1997

22 进 明 编 出 学 社 第 1 版 1997

科 学 出 版 社

32 00 24 出 24



北航

C1632982

TN949.197-43
15

711850810

内 容 简 介

本书系统地介绍数字电视传输与组网技术的新理论、新技术、新标准、新成果,反映本领域的最新研究成果和发展趋势。全书共分八章,内容包括数字电视传输系统概述、数字电视传输的信息处理技术、数字电视信号调制和解调技术、数字电视地面广播技术、数字电视卫星传输、数字电视在光纤骨干网上传输、数字电视在 HFC 网上传输和数字电视其他传输方式。每章除了进行技术分析外,还提供各种图表并辅以软件编程说明。

本书取材新颖,内容丰富,系统性强,可供高等院校广播电视专业、多媒体通信专业、移动通信专业研究生、本科生及相关专业师生阅读;还可供电视台、有线电视台从事数字电视传输与组网的工程技术人员、广大数字电视设备的生产厂商、公司的技术人员和管理人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视传输与组网技术/余兆明,李欣编著. —北京:科学出版社,2013.3
普通高等教育电子通信类国家级特色专业系列规划教材
ISBN 978-7-03-036757-0

I. ①数… II. ①余…②李… III. ①数字电视-数字信号传输-高等学校-教材
IV. ①TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 034819 号

丛书策划:匡 敏 潘斯斯
责任编辑:潘斯斯 张丽花 / 责任校对:刘亚琦
责任印制:闫 磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 3 月第一次印刷 印张:22

字数:565000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

电视正迅速地走向数字时代,数字电视的飞速发展远远超出人们的预料。工业发达国家及发展中国家广播电视从模拟向数字的过渡已全面展开,从部分(单机设备)数字化向全系统(节目制作、信号传输、发射和接收)数字化方向发展。

数字 DVD、数字摄像机、数字电视接收机、数字录像机、数字电视机顶盒产品已家喻户晓。数字点播电视(VOD)、数字交互电视(ITV)、数字高清晰度电视、数字立体电视等逐步形成整个电子行业潮流的主导,并已如日中天。

数字电视的发展经历五大浪潮。第一次浪潮:1994年初,VCD(MPEG-1标准)播放机在我国上市,并持续流行8年之久(1994~2001年)。1994年6月,美国DirecTV开始数字SDTV(标准清晰度数字电视)的卫星直接广播。2002年7月,美国两家公司DirecTV和EchoStar共有卫星数字电视1840万用户(占用户总数的96.4%)。第二次浪潮:1998年11月,美国开始数字电视(以HDTV为重点)(MPEG-2标准)的地面广播,英国开始数字SDTV的地面广播。2000年夏,美国用户数接近100万。第三次浪潮:2000年12月至2004年,主要在亚洲东部和拉丁美洲各国推出数字电视。日本于2000年12月采用其ISBT-S标准,发展BS卫星直接广播业务(其中有HDTV和数据业务),很快就达到1000万用户。新加坡于2000年12月采用欧洲DVB-T/COFDM标准开展数字SDTV业务,用于公共交通工具上的移动接收。韩国于2001年12月采用美国ATSC/8VSB标准,在汉城(今首尔)地区先后有5家公司发射地面广播的数字HDTV。中国台湾于2001年6月否定了原来采纳美国ATSC/8VSB的决定,改为采用欧洲DVB-T/COFDM标准,开展数字SDTV在公共交通工具上的移动接收。2001年12月,台北中华电视公司的电视台开始发送DTV信号。中国广电总局已于2001年11月采用DVB-C标准,在有线电视网络中发展数字电视业务。2008年夏,北京举办奥运会时,中国主要大城市(含港澳)普及数字HDTV的实用广播。中国的数字电视发展居美国、日本、韩国之后,有可能比拉丁美洲国家稍快,比欧洲各国快,因为欧洲发展数字HDTV迟缓。第四次浪潮:2004~2008年,亚洲其余国家,特别是东南亚各国、富裕的阿拉伯国家、少数非洲国家发展数字电视。第五次浪潮:2008~2012年,贫穷的阿拉伯国家,非洲多数贫穷的国家发展数字电视。全球大约在2025年完成从模拟电视到数字电视的历程。

在数字电视地面传输标准方面:美国1986年提出数字电视地面广播ATSC标准;2009年9月,美国颁布ATSC的升级版ATSC-M/P/H标准。欧洲1993年制定DVB-T标准;2009年9月,欧洲颁布DVB-T的升级版DVB-T2标准。2000年2月,日本发布数字电视地面传输ISDB-T标准。中国2006年8月公布数字电视地面广播传输DTTBS标准,并于2011年12月纳入国际推荐标准ITU-R BT.1306-6[2] BT.1368-9[3]。这样,DTTBS继美国ATSC-T,欧洲DVB-T和日本ISDB-T之后成为世界第四大数字电视地面传输标准。随着数字电视传

输标准的建立和设备的推出,不少国家和地区纷纷对各大标准的设备进行测试,以确定本国和本地区的数字电视标准。数字电视在全球范围内得到广泛的发展。

本书系统地介绍了数字电视传输与组网技术新理论、新技术、新标准、新成果,反映本领域的最新研究成果和发展趋势。全书共分8章:第1章数字电视传输系统概述;第2章数字电视传输的信息处理技术;第3章数字电视信号调制和解调技术;第4章数字电视地面广播技术;第5章数字电视卫星传输;第6章数字电视在光纤骨干网上传输;第7章数字电视在HFC网上传输;第8章数字电视其他传输方式。每章除了进行技术分析外,还提供了各种图表并辅以软件编程说明。前3章由李欣老师编写,后5章由余兆明教授完成,张丽媛老师对4.3.2小节和4.4.2小节资料收集整理付出了辛勤劳动。余兆明教授对全书章节进行了仔细安排,并负责书稿的审校工作。

由于时间仓促,加之作者水平有限,疏漏之处还望读者不吝赐教。

作者

2012年12月

目 录

前言

第 1 章 数字电视传输系统概述	(1)
1.1 数字电视传输系统	(1)
1.1.1 数字通信系统	(1)
1.1.2 数字电视传输系统信道处理框图	(2)
1.2 数字电视卫星传输系统	(2)
1.3 数字电视有线传输系统	(3)
1.4 IPTV 传输方式	(4)
1.5 数字电视地面广播传输系统	(5)
1.5.1 COFDM 调制方案	(5)
1.5.2 残留边带调制方案	(5)
习题	(6)
第 2 章 数字电视传输的信息处理技术	(7)
2.1 能量扩散	(7)
2.2 纠错编码	(11)
2.2.1 R-S 纠错	(11)
2.2.2 BCH 纠错	(12)
2.2.3 Turbo 码	(14)
2.2.4 LDPC 码	(15)
2.2.5 格状编码	(21)
2.3 数据交织和解交织	(35)
2.3.1 规则交织器	(36)
2.3.2 不规则交织器	(40)
2.3.3 随机交织器	(42)
2.3.4 频率交织	(42)
2.3.5 时间交织	(43)
2.3.6 数字电视中的实际交织电路举例	(44)
2.3.7 交织与解交织的实现原理	(46)
2.4 统计复用	(48)
2.4.1 统计复用的引出	(48)
2.4.2 统计复用的基本原理	(49)
2.4.3 统计复用实现方法	(49)
2.5 字节到符号映射	(54)

习题	(56)
第3章 数字电视信号调制和解调技术	(57)
3.1 数字电视调制的种类	(57)
3.1.1 数字电视调制的分类	(57)
3.1.2 数字调制的理由	(57)
3.1.3 数字电视信号经调制后的几项性能	(58)
3.2 QPSK 数字调制技术	(59)
3.2.1 QPSK 原理分析	(59)
3.2.2 QPSK 误码性能要求	(61)
3.3 MQAM 数字调制技术	(63)
3.3.1 MQAM 的功率谱分析	(63)
3.3.2 16QAM 频谱利用系数和它的星座图	(64)
3.3.3 64QAM 奈奎斯特基带滤波器的特性	(67)
3.4 $\pi/2$ 旋转不变 QAM 星座的获得	(68)
3.5 Offset-QAM 数字调制技术	(72)
3.5.1 Offset-QAM 电路框图	(72)
3.5.2 Offset-QAM 原理分析	(73)
3.6 MVSF 数字调制技术	(74)
3.6.1 8VSF 数字调制后的频谱利用率	(74)
3.6.2 16VSF 数字调制后的频谱利用率	(75)
3.7 OFDM 数字调制技术	(75)
3.7.1 OFDM 的引出	(75)
3.7.2 多载波到单载波的解决方案	(77)
3.7.3 消除码间干扰的措施	(78)
3.7.4 OFDM 的时域表示	(79)
3.7.5 OFDM 的等效频域表示	(79)
3.7.6 OFDM 调制在实验系统中的应用	(81)
3.7.7 OFDM 的频谱利用率	(82)
3.8 各种数字调制频谱利用系数的比较	(83)
习题	(84)
第4章 数字电视地面广播技术	(85)
4.1 数字电视国内外地面广播标准	(85)
4.2 中国数字电视地面传输标准	(85)
4.2.1 中国数字电视地面广播传输系统描述	(85)
4.2.2 信道处理、调制技术和帧结构	(86)
4.3 美国 ATSC、ATSC-M/P/H 数字电视传输标准	(99)
4.3.1 美国 ATSC 系统综述	(99)
4.3.2 ATSC-M/P/H 标准	(134)
4.4 欧洲数字电视 DVB-T、DVB-T2 标准	(157)

4.4.1 欧洲数字电视 DVB-T 标准	(157)
4.4.2 欧洲 DVB-T2 地面广播标准	(165)
4.5 日本 ISDB-T 数字电视地面传输标准	(167)
4.5.1 系统综合业务潜力	(167)
4.5.2 系统移动信道传输性能	(170)
4.6 DTTBS 与 ATSC、DVB-T2 传输参数比较	(174)
4.7 ATSC 与 DVB 的比较	(175)
4.7.1 ATSC 的主要特征	(176)
4.7.2 DVB 的主要特征	(177)
4.7.3 ATSC 和 DVB 的性能比较	(178)
4.8 DVB-T 和 ISDB-T 的比较	(181)
习题	(183)
第 5 章 数字电视卫星传输	(184)
5.1 卫星电视广播频道	(184)
5.2 数字卫星系统	(192)
5.3 数字卫星电视传输系统设计考虑	(196)
5.4 数字卫星电视接收机	(208)
习题	(210)
第 6 章 数字电视在光纤骨干网上传输	(211)
6.1 光纤传输骨干网	(211)
6.1.1 光纤的频谱资源	(211)
6.1.2 数字电视光纤传输系统组成	(213)
6.1.3 SDH 与 SONET	(214)
6.1.4 数字电视传输的四级组网	(216)
6.2 城域网	(217)
6.2.1 如何组建宽带城域网	(217)
6.2.2 宽带城域网规划设计原则	(221)
6.2.3 宽带智能综合业务城域网	(225)
6.2.4 基于 IP 的城域网流媒体服务系统	(226)
6.3 CWDM 与 DWDM、SDH、MSTP 在城域网应用的比较分析	(231)
6.3.1 城域网对光层网络系统的要求	(231)
6.3.2 CWDM 与光纤直连 SDH、MSTP 的比较	(233)
6.4 光纤宽带接入网技术	(235)
6.4.1 宽带接入网类型	(235)
6.4.2 光纤宽带接入网技术	(235)
6.4.3 网络一体化及 ATM 和 BISDN	(240)
6.5 数字光纤网中使用的光器件	(244)
6.6 SDH 介绍	(253)
6.7 数字电视在数字光纤网上的传输实例	(259)

习题	(264)
第7章 数字电视在 HFC 网上传输	(265)
7.1 HFC 系统的组成	(265)
7.2 数字电视有线传输组网设计考虑	(266)
7.3 环形 HFC 网络设计	(274)
7.3.1 HFC 主要的网络形式	(275)
7.3.2 面向未来的 HFC 环形网络	(276)
7.3.3 面向未来的 HFC 网络设计	(280)
7.3.4 HFC 网络的回传系统	(285)
7.4 数字有线电视接收机顶盒	(289)
7.5 省级数字视频传输平台的建设	(290)
7.5.1 省级数字视频传输平台建设总体规划	(290)
7.5.2 技术解决方案	(291)
7.6 有线网络发展的思考	(296)
7.7 超宽带同轴网路	(299)
7.8 HFC 网供电节点的考虑	(303)
7.9 HFC 网络结构的演变	(305)
习题	(314)
第8章 数字电视其他传输方式	(315)
8.1 无线多点分配系统在宽带网中的应用	(315)
8.2 IPTV 网	(320)
8.3 电话线宽带接入网	(322)
8.3.1 电话线宽带接入网的分类	(322)
8.3.2 xDSL 宽带接入网	(324)
8.3.3 ADSL	(326)
8.3.4 ADSL2+	(331)
8.3.5 VDSL	(332)
8.3.6 UDSL	(335)
8.4 移动通信数字电视传输网	(336)
习题	(342)
参考文献	(343)

第 1 章 数字电视传输系统概述

1.1 数字电视传输系统

数字电视信号是一种数字信号,数字电视传输系统归属数字通信系统,遵循数字通信系统的一般规律。数字电视传输系统中对信号的处理方法、关键技术,以及很多名词术语都来自数字通信系统。所以,由数字通信系统概念引出数字电视传输系统概念。

1.1.1 数字通信系统

数字通信系统由图 1.1.1 组成。整个通信系统包括信源部分、信道部分和信宿部分。信源部分主要由信源编码组成,信道部分主要由信道编码、传输线路(简称信道)和信道解码组成,信宿部分主要由信源解码组成。

在数字电视传输系统中,信源部分可细分为数字视频信源压缩编码、数字音频信源压缩编码和数据编码。通过节目流多路复用将压缩的数字视频信源、数字音频信源和数据编码三种信号复用在一起成为节目流,传输流多路复用将多个节目流复用在一起形成传输流,如图 1.1.2 所示。

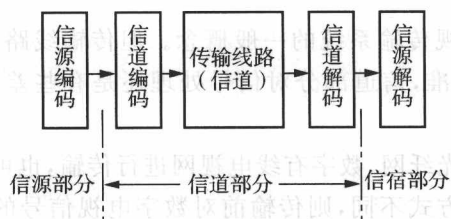


图 1.1.1 数字通信系统组成

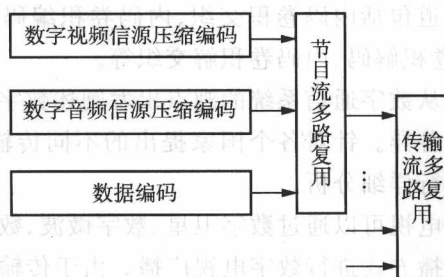


图 1.1.2 数字电视信源部分组成

信宿部分是信源部分的反过程。首先将收到的信号进行传输流多路解复用,变成各个节目流,再从节目流中进行多路解复用,分解出数字视频信号、数字音频信号和数据信号,最后分别进行解压缩,恢复得到原始的各类信号,如图 1.1.3 所示。

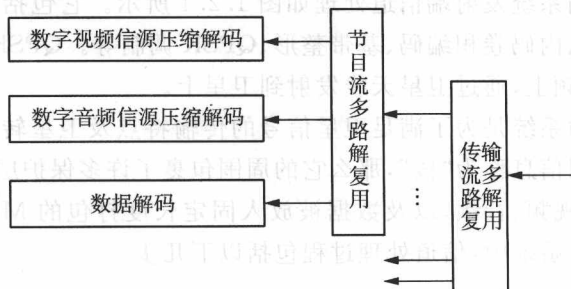


图 1.1.3 数字电视信宿部分组成

传输线路包括卫星、微波、光纤、同轴电缆、电话线和开路广播(大气作为媒介)等。

1.1.2 数字电视传输系统信道处理框图

为了提高通信的可靠度,信道部分对信号处理极其严格,也极其复杂,处理方法也较多。因此,把信道部分细分为外信道和内信道,如图 1.1.4 所示。中间方框图表示传输线路信道(可以是无线或有线传输),传输信道左边是发送端信号处理方框图,右边是接收端信号处理方框图。

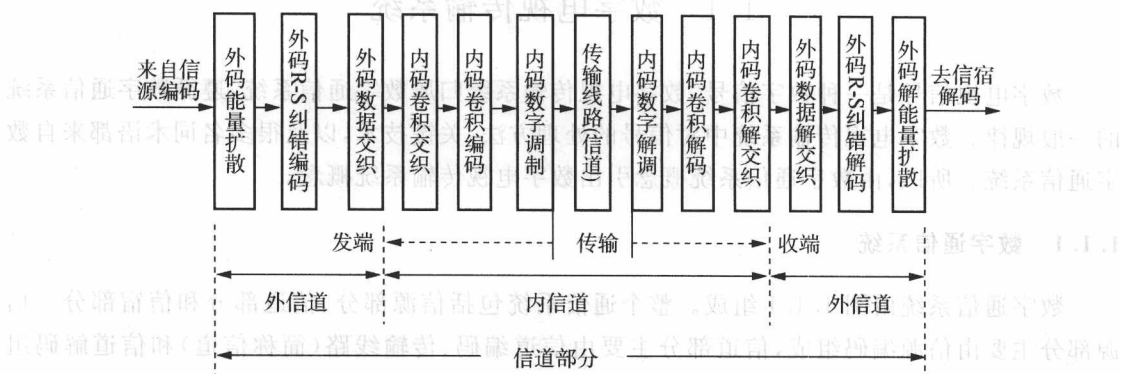


图 1.1.4 数字电视传输信道部分框图

外信道包括外码能量扩散、外码 R-S 纠错编码、外码数据交织、外码数据解交织、外码 R-S 纠错解码、外码解能量扩散等。

内信道包括内码卷积交织、内码卷积编码、内码数字调制、传输线路(信道)、内码数字解调、内码卷积解码、内码卷积解交织等。

上述从数字通信系统的观点出发阐述数字电视传输系统的一般概念。但传输线路不同,传输条件各异。针对各个国家提出的不同传输标准,信道部分对信号处理还是有些差别的。下面再进行详细分析。

数字电视可以通过数字卫星、数字微波、数字光纤网、数字有线电视网进行传输,也可以通过开路广播方式进行数字电视广播。由于传输的方式不同,则传输前对数字电视信号的处理方式有所差异。下面各节分析各种不同的传输方式中信道处理的方法。

1.2 数字电视卫星传输系统

数字电视卫星传输系统发射端信道处理如图 1.2.1 所示。它包括能量扩散、外码 R-S 纠错编码、内码卷积交织、内码卷积编码、基带整形、QPSK 调制等。QPSK 调制后的中频(IF)信号,再经频谱搬移到射频上,通过卫星天线发射到卫星上。

数字电视卫星传输系统是为了满足卫星信号的传输特点及卫星转发器的带宽而设计的。如果将所要传输的有用信息称为“核”,那么它的周围包裹了许多保护层,使信号在传输过程中有更强的抗干扰能力,视频、音频,以及数据被放入固定长度打包的 MPEG-2 传输流中,然后进行信道处理。在卫星系统中,信道处理过程包括以下几步。

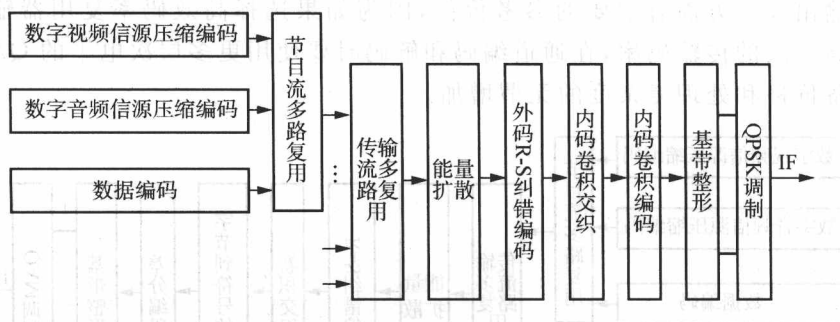


图 1.2.1 数字电视卫星传输系统

(1) 首先进行同步字节的倒相,倒相字节的长度为每隔 8 个同步字节进行一次。

(2) 进行数据的能量扩散(数据随机化),避免出现长串的 0 或 1。

(3) 为每个数据包加上前向纠错的 R-S 编码,也称为外码。R-S 编码的加入会使原始数据长度由原来的 188 字节增加到 204 字节(见 DVB 标准)。

(4) 进行数据交织。

(5) 加入卷积码(格状编码)纠错,也称内码,采用内码的种数可以根据信号的传输环境进行调节。

(6) 最后对数据流进行 QPSK 调制,见图 1.2.1。

数字电视卫星直接业务(也称为直接到家业务,简称 DTH)的卫星功率是否充分利用,对接收天线的尺寸有直接影响,相对来说,由于有码率压缩,对频谱利用率的要求可以放到第二位考虑。为了达到最大的功率利用率,又不使频谱利用率大幅度降低,卫星系统采用 QPSK 调制并使用卷积码(格状编码)和 R-S 级联纠错的方式,取得较好的效果。在接收端,内码输入端有很大的误码率仍能很好工作,这一误码率为 $10^{-2} \sim 10^{-1}$ 。经内码校正输出即可达到 2×10^{-4} 或更低的误码率,这一误码率相当于外码输出近似无误码(QEF)(误码率可为 $10^{-11} \sim 10^{-10}$),相应于每小时少于一个不可纠正的误码。

总之,传输系统首先对突发的误码进行离散化,然后加入 R-S 外纠错码保护,内纠错码(格状编码)可以根据发射功率、天线尺寸,以及码流率进行调节。例如,一个 36MHz 带宽的卫星转发器采用 3/4 的卷积码(格状编码)可以达到的码流率是 39Mbit/s,这一码流率可以传送 5~6 路高质量电视信号。

数字卫星电视接收信号处理是发端的反过程,在此不多叙。

1.3 数字电视有线传输系统

数字电视有线传输系统发射端可由框图 1.3.1 表示。传输组网可采用 HFC(混合光纤同轴电缆)技术或 IPTV(电信光纤)技术。为了使各种传输方式尽可能兼容,除信道调制外的大部分处理均与卫星中的处理相同,也即有相同的能量扩散(伪随机序列扰码)、相同的 R-S 纠错、相同的卷积交织。随后进行的处理是专门用于电缆电视的。首先进行字节到符号的转换,如 64QAM 是将 8 比特数据转换成 6 比特为一组的符号,然后头两个比特进行差分编码,再与剩余的 4 比特转换成相应星座图中的点。该方案可以适应 16QAM, 32QAM, 64QAM 三种调制方式。对于 PDH 三次群码率 34.368Mbit/s,在占用 8MHz 带宽的情况下,只要 32QAM 调制就足够了,这样就大大降低了价格。这在选择复

用器码率输出大小方面有重要的参考价值,因为如果选择高效码率复用器输出,在传输时要使用高一层的传输码率,在通道编码和解码时要使用更多层次电平的 QAM 调制,从而造成设备价格和处理复杂度的无谓增加。

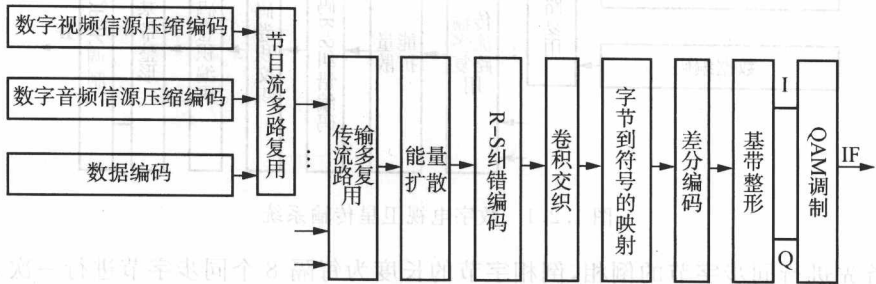


图 1.3.1 数字电视有线传输发端系统

有线网络系统的核心与卫星系统的相同,但数字调制系统是以正交幅度调制(QAM)而不是以 QPSK 为基础,而且可不需要内码编码(格状编码)。该系统以 64QAM 为中心,但是也能够使用 16QAM 和 32QAM。在每一种情况下,在系统的数据容量和数据的可靠度之间折中处理。

较高水平的系统,如 128QAM 和 256QAM,也是可能的,但它们的使用取决于有线网络的容量是否能应付降低了的解码余量。如果使用 64QAM,那么 8MHz 频道能够容纳 38.5Mbit/s 的有效载荷容量。

数字电视有线传输接收端信号处理是发端的反过程,在此不多叙。

1.4 IPTV 传输方式

IPTV 即交互式网络电视,是一种利用宽带有线电视网,集互联网、多媒体、通信等技术于一体,向家庭用户提供包括数字电视在内的多种交互式服务的崭新技术。用户在家可以通过计算机和网络机顶盒加普通电视机两种方式享受 IPTV 服务。它能够很好地适应当今网络飞速发展的趋势,充分有效地利用网络资源。

- IPTV 特点表现在以下几点。
- (1) 用户可以得到高质量(接近 DVD 水平)的数字媒体服务。
 - (2) 用户可有极为广泛的自由度选择宽带 IP 网上各网站提供的视频节目。
 - (3) 实现媒体提供者和媒体消费者的实质互动。IPTV 采用的播放平台将是新一代家庭数字媒体终端的典型代表,它能根据用户的选择配置多种多媒体服务功能,包括数字电视节目、可视 IP 电话、DVD/VCD 播放、互联网游逛、电子邮件,以及多种在线信息咨询、娱乐、教育及商务功能。
 - (4) 为网络开发商和节目提供商提供广阔的新兴市场。目前,中国通信事业正在迅猛发展,用户对信息服务的要求越来越高,特别是宽带视频信息。中国已基本具备大力发展 IPTV 的技术条件和市场条件。

一般所说的 IPTV 与数字电视,既有相似点,又有区别。

IPTV 采用 IP 宽带网,通常在边缘设置内容分配服务节点,配置流媒体服务及存储设备,存储及传送的内容是以 MPEG-4 为编码核心的流媒体文件。数字有线电视是以混合光纤同

轴(HFC)为网络体系,传送的内容是 MPEG-2 流;主干线采用 DWDM 光纤网传输技术,到达用户最后一公里采用同轴电缆传输。

1.5 数字电视地面广播传输系统

1.5.1 COFDM 调制方案

欧洲数字电视开路广播传输系统采用编码正交频分多路调制(COFDM)方式,它是由内码编码和正交频分多路调制相组合而形成的一种数字调制方式。这种调制方式可以分成适用于小范围单发射机运行的 2k 载波方式和适用于大范围多发射机的 8k 载波方式。COFDM 调制方式将信息分布到许多个载波上面,这种技术曾经成功地运用到数字音视频广播 DAB 上面,用来避免由传输环境造成的多径反射效应,其代价是引入了传输“保护间隔”。这些“保护间隔”会占用一部分带宽,通常 COFDM 的载波数量越多,对于给定的最大反射时延,传输容量损失越小。但是总有一个平稳点,增加载波数量会使接收机复杂度增加,又破坏相位噪声灵敏度。

由于 COFDM 调制方式有抗多径反射功能,它可以允许在单频网中相邻网络的电磁覆盖重叠,在重叠的区域内可以将来自两个发射塔的电磁波看成是一个发射塔的电磁波与其自身反射波的叠加。但是,如果两个发射塔相距较远,发自两塔的电磁波的时延比较长,系统就需要较大的保护间隔。由该种数字调制方式组成的数字电视传输系统如图 1.5.1 所示。发射端信道处理电路由能量扩散、外码纠错(R-S)、外码交织、内码交织、映射、正交频分多路调制和射频输出等部分组成。从前向纠错码来看,由于传输环境的复杂性,COFDM 数字电视传输系统不仅包含内外码纠错编码,而且加入了内外码交织。接收部分是它的反过程,在此不多叙。

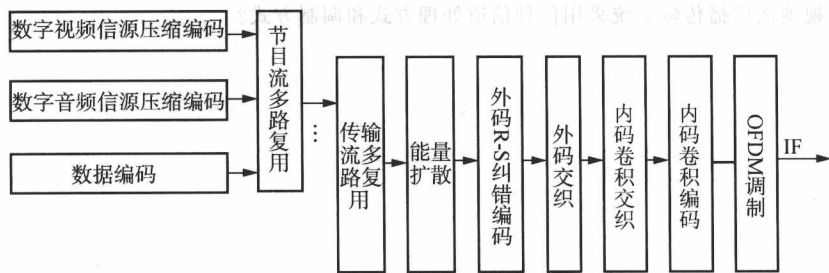


图 1.5.1 带有正交频分多路数字调制的数字电视传输系统

1.5.2 残留边带调制方案

1994 年,美国大联盟 HDTV 方案传输部分采用残留边带(VSB)进行高速数字调制,该地面广播收发系统如图 1.5.2 所示。发射机部分,图像、伴音的打包数据先送入 R-S 编码器,再经数据交织、格状编码、多路复用(数字视音频数据、段同步、行同步复用),再插入导频信号。插入导频信号的目的是便于收端恢复载波时钟。然后进行残留边带调制,最后送往发射机,发射机输出射频。接收机部分是它的反过程,在此不多叙。

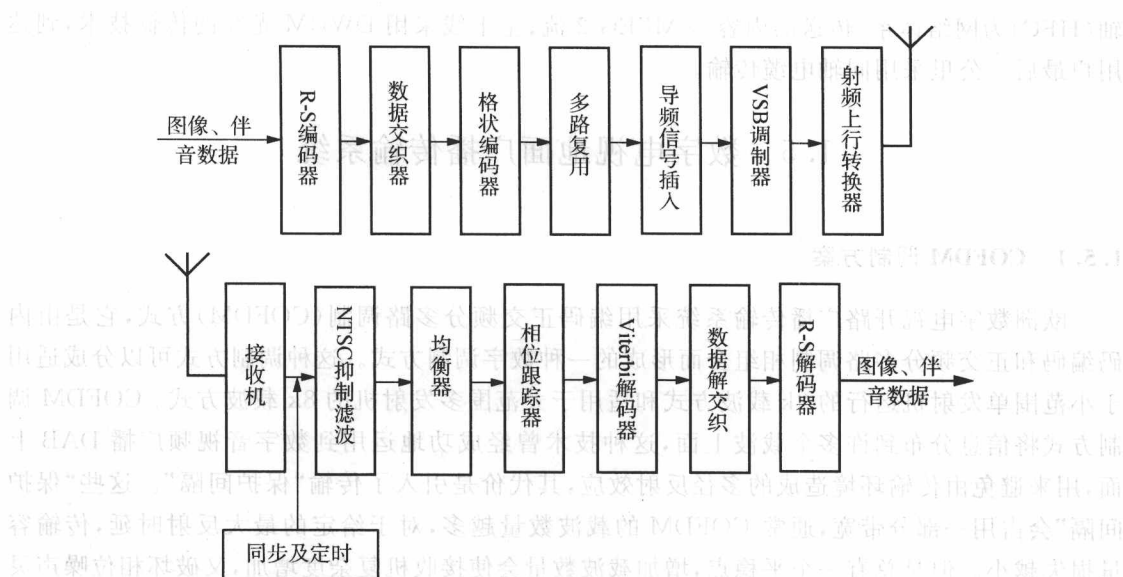


图 1.5.2 残留边带(VSB)调制数字电视传输系统

习 题

1. 数字通信系统由哪三部分组成？试画出框图并解释。
2. 试画出数字通信系统信道部分详细框图并说明。
3. 数字电视有哪三种主要的传输途径？分别具有什么样的信道特点？
4. 数字电视卫星传输系统采用何种信道处理方式和调制方式？
5. 数字电视有线传输系统采用何种信道处理方式和调制方式？
6. 数字电视地面广播传输系统采用何种信道处理方式和调制方式？



图 1.5.3 VSB 调制系统框图

表 1.2.1 残留边带调制系统

残留边带调制系统(Residual Sideband Modulation, VSB)是介于单边带调制(SSB)和双边带调制(DSB)之间的一种调制方式。在SSB调制中，由于抑制了载波分量，导致信号在传输过程中容易产生失真。而在DSB调制中，由于保留了载波分量，导致信号在传输过程中会产生较大的失真。VSB调制则通过保留部分载波分量，使得信号在传输过程中既能保持较好的信号质量，又能避免SSB调制中的失真问题。VSB调制广泛应用于数字电视传输系统中，特别是在地面广播传输系统中，VSB调制具有较好的抗干扰能力和传输效率。

第2章 数字电视传输的信息处理技术

2.1 能量扩散

在经信源编码和传输流复用之后,传输流将以固定数据长度组织成数据帧结构。例如,欧洲 DVB 标准的传输流复用帧每数据帧的总长度为 188 字节,其中包括 1 个同步字节(01000111)。发送端的处理总是从同步字节(47H)的最高位(MSB),即 0 开始,每 8 个传送帧为一帧群。为区别每一帧群的起始点,第一个传送帧的同步字节每个比特翻转,即由 47H 变为 B8H,而第 2~8 个传送帧的同步字节不变。这样,在接收端只要检测到翻转的同步字节,就说明一个新帧群开始,如图 2.1.1 所示。第一个传送帧的同步字节翻转实际上是在下面要讲述的伪随机信号发生器(即能量扩散)中完成。

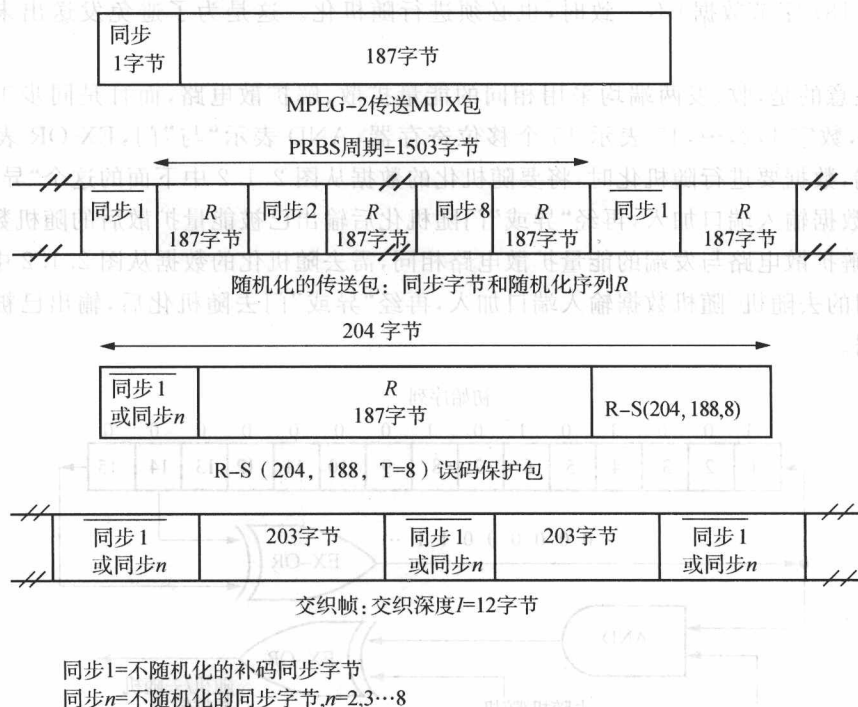


图 2.1.1 固定长度数据帧结构

经上述处理后的传输数据流,按图 2.1.2 中描述的格式进行数据随机化(即能量扩散)。能量扩散的目的是使数字电视信号的能量不过分集中在载频上或 1、0 电平相对应的频率上,从而减小对其他通信设备的干扰,并有利于载波恢复。具体的办法是将二进制数据中较集中的 0 或 1 按一定的规律使之分散开来,这个规律由伪随机信号发生器的生成多项式决定。例如,如果某一时刻 1 过于集中,就相当于该时刻发射功率能量集中在 1 电平相对应的频率上。

在另一时刻如果 0 过于集中,就相当于此时刻发射功率集中在载频上。这种在信号的发射过程中能量过于集中的现象不利于载波恢复,影响接收效果。如果在信号发射之前,将二进制数据随机化,即能量扩散,使 1 和 0 分布较为合理,即整个数据系列中,数据从 0 到 1 或从 1 到 0 的跳变较为频繁,这大大有利于载波恢复,提高了接收信号的稳定可靠度。数据随机化过程称为数据扰码过程,收发两端是同步进行的,以确保原始数据恢复。

能量扩散是通过伪随机二进位序列发生器来完成的,需要能量扩散的数字信号送往如图 2.1.2 所示的电路就可完成。伪随机发生器电路是由生成多项式决定的。例如,欧洲 DVB 标准采用的伪随机二进位序列 (PRBS) 发生器的生成多项式为

$$1 + x^{14} + x^{15} \tag{2.1.1}$$

在每 8 个传送帧开始时,对 15 个寄存器进行初始化,加载 100101010000000 数据,如图 2.1.2 所示,输入到 PRBS 寄存器中。为了向扰码器提供初始信号,第一个传送帧的同步字节自动从 47H 反转到 B8H,这一过程称为传输流复用调整。PRBS 发生器输出的第一位应与反转后的同步字节 (B8H) 的第一位 (即 MSB) 相一致。为了向加扰器提供初始信号 100101010000000,在每 8 个传送帧中第一个传送帧的同步字节 (Byte) 期间,扰码继续进行,但输出“使能”端关断,也即第一传送帧的同步字节并不加扰,未被随机化。因此,PRBS 序列帧群的总长度为 $8 \times 188 - 1 = 1503$ 字节。当调制器输入数据流不存在,或者它与传输流格式 (1 同步字节 + 187 字节数据) 不一致时,也必须进行随机化。这是为了避免发送出未被调制的载波。

值得注意的是,收、发两端均采用相同的能量扩散、解扩散电路,而且是同步工作的。在图 2.1.2 中,数字 1,2,...,15 表示 15 个移位寄存器,AND 表示“与”门,EX-OR 表示“异或”门。在发端,数据要进行随机化时,将要随机化的数据从图 2.1.2 中下面的这个“异或”门的去随机/随机数据输入端口加入,再经“异或”门随机化后输出已被能量扩散后的随机数据。在接收端,能量解扩散电路与发端的能量扩散电路相同,需去随机化的数据从图 2.1.2 中下面的这个“异或”门的去随机/随机数据输入端口加入,再经“异或”门去随机化后,输出已被解能量扩散后的数据。

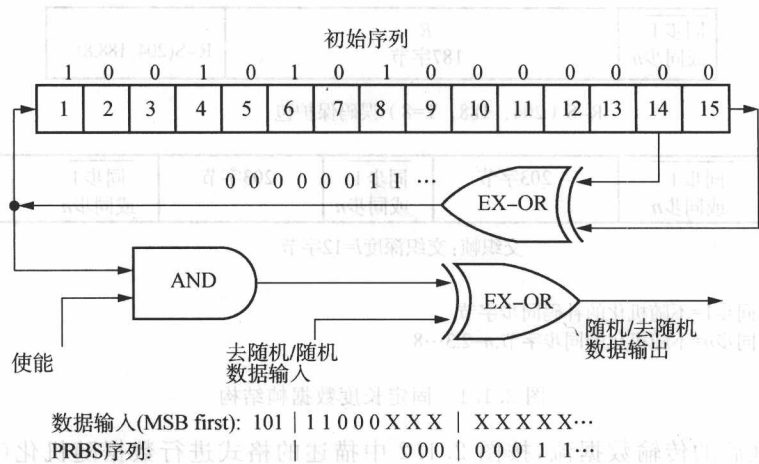


图 2.1.2 数据随机化/去随机化(能量扩散/解扩散)电路

为了检验其扩散效果,利用图 2.1.2 的原理实现,程序如下:

```
#include "stdio.h"
```