

21 世纪
信息与通信技术教程

数字电视传输与组网

■ 余兆明 余 智 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪信息与通信技术教程

数字电视传输与组网

余兆明 余 智 编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

数字电视传输与组网/余兆明,余智编著. —北京:人民邮电出版社,2003.9

21 世纪信息与通信技术教程

ISBN 7-115-11513-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 066605 号

内 容 提 要

本书系统地论述了数字电视传输技术、传输标准、组网技术、组网实例、传输接口等内容。全书共分 8 章,第 1 章介绍数字电视传输及其关键技术,第 2 章介绍数字电视传输标准,第 3 章介绍数字电视卫星传输,第 4 章介绍数字电视在光纤干线上的传输,第 5 章介绍数字电视在 HFC 网上的传输,第 6 章介绍电话网宽带接入技术,第 7 章介绍数字电视其他传输方式,第 8 章介绍 MPEG-2 编解码器接口技术。

本书内容丰富,系统性强,可作为高等院校广播电视专业、多媒体通信专业、通信专业的教学用书,也适应于电视台和有线电视台从事数字电视传输与组网的工程技术人员、广大数字电视设备生产厂家的技术人员和管理人员阅读。

21 世纪信息与通信技术教程

数字电视传输与组网

◆ 编 著 余兆明 余 智

责任编辑 陈万寿

◆ 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 010-67129258

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

开本: 787×1092 1/16

印张: 27

字数: 655 千字

2003 年 9 月第 1 版

印数: 1-4 000 册

2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11513-3/TN · 2136

定价: 43.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

电视正在迅速走向数字时代,数字电视的飞速发展远远超出人们的预料。部分发达国家的广播电视从模拟向数字的过渡已经全面展开,正在从部分(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。

数字点播电视(VOD)、数字交互电视(ITV)、数字摄像机、数字录像机、数字调制解调器、数字特技、数字电视接收机、数字加密电视、数字电视机顶盒、全数字高清晰度电视等,逐步形成整个电子行业潮流的主导,正如日中天。数字VCD、数字DVD产品已经进入百姓家庭。

我国著名学者徐孟侠教授认为数字电视的发展经历着五大浪潮。第一次浪潮指1994年初,VCD(MPEG-1标准)播放机在我国上市,并持续“爆热”至2001年,我国VCD播放机拥有量大于8500万台。1994年6月,美国DirecTV开始标准清晰度数字电视(SDTV)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DTH用户总数的96.4%!模拟制C波段用户总数则降为不到3.6%)。第二次浪潮指1998年11月,美国开始以HDTV为重点的数字电视(MPEG-2标准)的地面广播,英国开始SDTV的地面广播。2000年夏,美国用户数接近100万。第三次浪潮为2000年12月至2004年,主要在亚洲东部和拉丁美洲推出数字电视。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),计划用1000天,发展1000万用户。2002年5月,由于世界杯足球赛的轰动效应,当月新增用户达12万户。新加坡于2000年12月采用欧洲DVB-T/COFDM标准开展SDTV业务在公共交通工具上的移动接收。韩国于2001年12月采用美国ATSC/8-VSB标准,在汉城地区先后有5家公司发射地面广播的数字HDTV,赶上世界杯足球赛(还有釜山等地)!我国台湾省于2001年6月否定了原来采纳美国ATSC/8-VSB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。但据称,其他3个电视台发送信号的计划推迟(原定覆盖整个西岸)。国家广电总局已于2001年11月采用其行业标准(DVB-C)在有线电视网络中发展数字电视业务,作为切入点。国家数字电视领导小组称将稳步启动数字电视市场。在今年底前推出若干套付费节目频道、若干套有线数字广播节目,积极发展有线数字电视用户,“十五”期间全国有线数字电视用户将达到3000万。到2008年北京举办奥运会时,我国主要大城市(含港澳)将普及数字HDTV的实用广播。届时我国的数字电视发展将紧随美国、日本/韩国之后,有可能比拉丁美洲国家稍快,但肯定会比欧洲各国快,因为欧洲迄今不发展数字HDTV!第四次浪潮指2004年~2008年,亚洲部分国家、俄罗斯、少数非洲国家发展数字电视。第五次浪潮指2008年~2012年,其他发展中国家发展数字电视。全球大约在2025年完成从模拟电视到数字电视的过渡。

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。下面列举我国香港的数字电视测试情况。

进行数字地面电视技术测试之目的,是测试和比较三种现行数字地面电视制式(ISDB-T

制式,DVB-T 制式和 ATSC 制式)的特点及其在香港环境下的性能。当局成立了一个数字地面电视小组委员会(由两家商营电视广播机构、资讯科技及广播局和电信管理局的代表组成),以进行有关测试及就技术事宜向督导委员会报告。从 1999 年 5 月至 2000 年初进行的测试重点在以下几方面:

数字地面电视的传播性能及所传送信号的覆盖范围;能否与现有模拟电视传送网络兼容,及同频道/相邻频道/镜像频道的性能;是否支持单频网路的运作;数字地面电视信号能否通过大厦内同轴电缆分配系统传送,以及能否与现有模拟电视设备和丽音(NICAM)服务兼容;数字地面电视所传送的画面和声音质量;编码/解码总计延迟所造成的影响。

技术测试的主要结果如下:

改善接收效果;支持 SDTV 和 HDTV;支持在移动环境下接收电视广播;ISDB-T 制式和 DVB-T 制式两者均支持单频网路的运作;全部三种数字地面电视系统都跟 PAL-I 系统一样,会受潮汐衰减效果所影响;三种数字地面电视系统的同频道干扰、相邻频道干扰和镜像频道干扰的保护比及 ISDB-T 系统和 DVB-T 系统的编码/解码总计延迟,已证实与有关制式所载的数值相符。

可以看出,数字电视技术复杂,标准、设备不断推陈出新,习惯于模拟电视的技术人员,对数字电视技术有不知所措的感觉,对数字电视传输知识的掌握还相差甚远,急需补充新的知识、新的概念、新的推广应用手段。

为了帮助从事数字电视技术工作的工程技术人员更深入地了解各种数字电视传输标准以及各标准的组网应用等知识,作者在参考了国内外大量文献的基础上,结合教学、科研、产品开发和推广应用的亲身体会编写了这本书。第一作者已从事电视数字化技术的教学和科研工作 20 多年。本书也是《数字电视和高清晰度电视》(余兆明编著,1997 年人民邮电出版社出版)、《数字电视设备及测量》(余兆明、李晓飞、陈来春编著,2000 年人民邮电出版社出版)、《MPEG 标准及其应用》(余兆明、李晓飞、陈来春编著,2002 年北京邮电大学出版社出版)等著作的续集。希望本书能对急需了解数字电视传输知识的工程技术人员有所帮助,为从事数字电视传输与组网以及推广应用的工程技术人员稍尽绵薄之力。

全书共分 8 章。第 1 章介绍数字电视传输及其关键技术,第 2 章介绍数字电视传输标准,第 3 章介绍数字电视卫星传输,第 4 章介绍数字电视在光纤干线上的传输,第 5 章介绍数字电视在 HFC 网上的传输,第 6 章介绍电话网宽带接入技术,第 7 章介绍数字电视其他传输方式,第 8 章介绍 MPEG-2 编解码器接口技术。第 4~7 章由余智博士编写,其余各章节均由余兆明教授完成,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。

书中部分插图是研究生王明伟、查日勇辛勤劳动的结晶,在此深表谢意。由于时间仓促,加之作者水平有限、数字技术发展一日千里,疏漏之处还望读者不吝赐教。

作 者
2003 年 6 月

目 录

第 1 章 数字电视传输中的关键技术	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 数字电视卫星传输系统	2
1.1.3 数字电视有线传输系统	4
1.1.4 数字电视地面广播传输系统	4
1.1.5 有条件接收	6
1.2 数字电视传输中的关键技术.....	14
1.2.1 能量扩散技术(能量随机分布)	14
1.2.2 外码纠错编码(R-S)	18
1.2.3 数据交织和解交织	26
1.2.4 内码编码,格状编码(TCM)	32
1.2.5 字节到符号映射	47
1.2.6 数字调制	47
1.2.7 $\pi/2$ 旋转不变 QAM 星座的获得	72
第 2 章 数字电视传输标准	75
2.1 美国 ATSC 数字电视传输标准	75
2.1.1 系统综述	75
2.1.2 ATSC 标准的扫描格式和分辨率	76
2.1.3 ATSC 标准的视频压缩子系统	78
2.1.4 ATSC 标准的传输子系统	79
2.1.5 ATSC 标准的有条件接入	80
2.1.6 ATSC 标准的射频/发送子系统特性	83
2.1.7 VSB 的格状编码器、预编码器、符号映射器和 VSB 映射器	86
2.1.8 同步信息	88
2.1.9 导频信号的插入和载波恢复	91
2.1.10 VSB 调制器	92
2.1.11 上变频和射频载波偏置	93
2.1.12 ATSC 标准接收机部分电路	94
2.1.13 干扰抑制滤波器	96
2.1.14 信道均衡器	97
2.1.15 自适应视频误码掩盖策略	104
2.1.16 ATSC 标准系统应用于多种业务	105

2.2 欧洲的 DVB 数字电视传输标准	110
2.2.1 DVB 系统所采用的主要技术与关键部分	112
2.2.2 DVB 标准的传输系统	113
2.2.3 欧洲卫星 DVB-S 系统	114
2.2.4 DVB 标准有线传输系统 DVB-C	119
2.2.5 DVB 标准地面广播传输系统 DVB-T	120
2.2.6 11/12GHz 频段的欧洲卫星 DVB 链路系统	120
2.2.7 20GHz 频段的 HD-SAT 设计	121
2.2.8 HD-SAT 的分级	122
2.2.9 多层调制	122
2.2.10 通用接收机	123
2.3 日本 ISDB 数字电视地面传输标准	124
2.3.1 系统综合业务潜力	124
2.3.2 系统移动信道传输性能	127
2.4 DVB-T 和 ISDB-T 的比较	131
2.5 ATSC 与 DVB 的比较	133
2.5.1 ATSC 的主要特征	134
2.5.2 DVB 的主要特征	135
2.5.3 ATSC 和 DVB 的性能比较	136
2.6 香港对 3 个标准数字地面电视广播测试的总结报告	139
2.6.1 引言	139
2.6.2 技术测试的目标	140
2.6.3 技术测试的细节	141
2.6.4 实地测试项目	142
2.6.5 结论	152
2.7 香港对欧洲 DVB-T 系统的详细测试报告	153
2.7.1 实地实验系统	153
2.7.2 实地实验的设备装配和测量步骤	154
2.7.3 实地实验结果	157
2.8 我国提出的几种 DTV-T 传输草案	167
2.8.1 高级数字电视广播(ADTB)系统传输方案	167
2.8.2 地面数字多媒体/电视广播传输系统(DMB-T)	171
2.8.3 同步多载波扩频地面数字电视传输(SMCC)	178
第 3 章 数字电视卫星传输	184
3.1 卫星电视广播频道	184
3.1.1 全球范围卫星广播的频段分配	184
3.1.2 卫星电视频道的划分	185
3.1.3 亚太地区上空主要电视广播卫星分布情况	187
3.1.4 我国上空部分数字卫星电视节目表	189

3.1.5 在我国可收到的卫星电视广播	191
3.2 数字卫星系统	193
3.2.1 卫星广播电视卫星的轨道位置	193
3.2.2 上行发射机或星载转发器的组成	193
3.2.3 数字卫星电视地面接收站	194
3.2.4 家用数字卫星电视接收机	195
3.2.5 国际卫星数字电视广播参数	196
3.3 数字卫星电视传输系统设计	197
3.3.1 工作频段和星源的选择	197
3.3.2 网络构成	199
3.3.3 网络管理与控制系统	202
3.3.4 网络安全	203
3.3.5 地球站设备配置	204
3.3.6 频率计划	208
3.4 数字卫星电视接收	210
3.4.1 数字卫星电视接收机的基本组成	210
3.4.2 几种常见的整机结构方案	212
3.4.3 各部分电路分析	214
3.4.4 主要芯片介绍	217
第4章 数字电视在光纤干线上传输	225
4.1 光纤传输干线	225
4.1.1 光纤的频谱资源	225
4.1.2 数字电视信号在数字信道上传输组网	228
4.1.3 数字电视传输的四级组网	230
4.2 城域网	232
4.2.1 如何组建宽带城域网	232
4.2.2 宽带城域网规划设计原则	235
4.2.3 宽带智能综合业务城域网	240
4.2.4 基于 IP 的城域网(MAN)流媒体服务系统	241
4.3 CWDM 与 DWDM、SDH、MSTP 在城域网应用的比较分析	246
4.3.1 城域网对光层网络系统的要求	247
4.3.2 粗波分复用 CWDM 技术的特点	247
4.3.3 5 种建网方案比较	250
4.4 基于 ATM 的电缆调制解调器	251
4.4.1 Cable Modem 参考体系结构	251
4.4.2 Cable Modem 基本层次	252
4.5 宽带接入网技术	256
4.5.1 宽带接入网类型	256
4.5.2 光纤宽带接入网技术	256

4.5.3	网络一体化及 ATM 和 B-ISDN	262
4.6	数字光纤网中使用的光器件	266
4.6.1	激光器	266
4.6.2	掺铒光纤放大器(EDFA)	266
4.6.3	合波器(光复用器)与分波器(光解复用器)	270
4.6.4	波长转换器(OTU)	272
4.6.5	波分复用(WDM)系统的工程计算考虑	273
4.7	SDH 介绍	275
4.7.1	SDH 网络单元设备	275
4.7.2	SDH 的速率与帧结构	277
4.7.3	数字复用原理	279
4.7.4	数字交叉连接设备	280
4.8	数字电视在数字光纤网上传输实例	281
4.8.1	SDH 传输系统	281
4.8.2	SDH 与 PDH 的接口	282
4.8.3	SDH 传输网结构	282
4.8.4	多路 MPEG-2 复接	283
4.8.5	MPEG-2 复接器框图	283
4.8.6	EP-MU100 复接器性能指标	283
4.8.7	MPEG-2 OVER SDH 系统配置	285
4.8.8	工程组网应用实例	286
第 5 章	数字电视在 HFC 网上传输	288
5.1	HFC 系统的组成	288
5.2	数字电视有线传输组网设计考虑	289
5.2.1	HFC 系统上、下行信道频谱的划分	289
5.2.2	上行信道信号的调制方式	293
5.2.3	回传信道协议	293
5.2.4	HFC 系统设计	294
5.3	环形 HFC 网络设计	298
5.3.1	HFC 的主要网络形式	298
5.3.2	面向未来的 HFC 环型网络	300
5.3.3	面向未来的 HFC 网络的设计	304
5.3.4	HFC 网络的回传系统	309
5.3.5	网络管理	312
5.4	数字有线电视接收机顶盒	313
5.4.1	机顶盒简介	313
5.4.2	机顶盒涉及的标准	314
5.4.3	机顶盒的关键技术	314
5.4.4	机顶盒所具备的功能	315

5.5 省级数字视频传输平台的建设	317
5.5.1 省级数字视频传输平台建设总体规划	317
5.5.2 技术解决方案	319
5.6 有线网络发展的几点思考	324
5.6.1 电信、卫星通信和有线网络相互融合	324
5.6.2 传输内容数字化	325
5.6.3 拓扑化配置	325
5.6.4 带宽挑战	325
5.6.5 广播点播	325
5.6.6 边缘处理	326
5.6.7 主干网	326
5.6.8 网络前端	326
5.6.9 IVN——分布式的路由器解决方案	326
5.7 超宽带同轴网络	327
5.7.1 宽带 IP 服务	327
5.7.2 构建虚拟光纤网络	327
5.7.3 利用现有的 HFC 设备	329
5.7.4 产品简介	330
5.8 有线电视宽带微型网络结构	331
5.8.1 传统的同轴有线电视网络	332
5.8.2 混合光纤同轴(HFC)有线电视系统	332
5.8.3 供电节点的考虑	334
5.8.4 PDN 结论	335
5.8.5 微型光纤节点的考虑	335
5.8.6 结论	336
5.9 HFC 接入 ATM 网络中实现多种业务传输	336
5.9.1 基于 IP 的 HFC 网络的基本结构	336
5.9.2 业务综合	337
5.9.3 接入控制单元	339
5.9.4 MAC 协议	341
5.10 HFC 网络作为 SME(中小型企业)的接入解决方案	342
5.10.1 光纤和铜线	342
5.10.2 无线接入	344
5.11 用于工业集团的 HFC 网络	344
5.12 HFC 网络结构的演变	346
5.12.1 传输需求	346
5.12.2 用于交互业务的 DVB-DAVIC 模型	347
5.12.3 结构	349
5.12.4 FTTC/微型光纤节点结构	351

5.12.5	最终结构:光纤到家庭/大楼	352
5.12.6	服务质量(QoS)要求	353
5.12.7	语音通信	354
5.13	传输基于IP的住宅电视业务	355
5.13.1	基于IP的视频传送对于CATV方案的竞争性的定位	356
5.13.2	整体网络结构	357
5.13.3	为满足苛刻的QoS要求的流量工程	361
5.13.4	IP多点广播要求	362
5.13.5	商业场合上的考虑	363
第6章	电话网宽带接入技术	364
6.1	xDSL宽带接入网	364
6.1.1	xDSL宽带接入网的分类	364
6.1.2	xDSL宽带接入网	366
6.2	ADSL	368
6.2.1	参考模型	368
6.2.2	性能	369
6.2.3	传送模式	369
6.2.4	频谱和比特分配	369
6.2.5	纠错	369
6.2.6	比特率适配	370
6.2.7	ADSL的特征	370
6.3	VDSL	374
6.3.1	系统参考模型	374
6.3.2	传送模式	375
6.3.3	性能	375
6.3.4	发送频谱	375
6.3.5	功率消耗	376
6.3.6	传输技术	376
第7章	数字电视其他传输方式	378
7.1	无线多点分配系统(LMDS)在宽带网中的应用	378
7.1.1	LMDS宽带接入网技术	378
7.1.2	系统概貌	379
7.1.3	LMDS系统	379
7.1.4	基本原理	380
7.1.5	工作频率	381
7.1.6	LMDS采用的技术	381
7.1.7	LMDS与其他接入技术的比较	382
7.1.8	应用	384
7.1.9	结论	384

7.2 在无线局域网上实现 H. 263 + 视频通信	385
7.2.1 ITU-T 的建议 H. 263 和 H. 263 +	385
7.2.2 RTP/RTCP 打包方案	386
7.2.3 IEEE 802.11 网络	386
7.2.4 Kinesis	387
7.3 高速无线网络中综合业务的媒体访问控制	389
7.3.1 基于动态媒体访问控制(SND-MAC)	390
7.3.2 SND-MAC 的应用	394
7.4 电力线载波宽带接入网技术	395
第8章 MPEG-2 编解码器接口技术	397
8.1 MPEG-2 数据信号的接口	397
8.1.1 同步并行接口(SPI)	397
8.1.2 同步串行接口(SSI)	400
8.1.3 异步串行接口(ASI)	403
8.2 MPEG-2 数据接口中使用的低压差分芯片(LVDS)	408
8.2.1 LVDS 介绍	408
8.2.2 使用 LVDS 的趋势	408
8.2.3 在低噪声和低功耗时获得速度	408
8.2.4 LVDS 应用	412
参考文献	413

第 1 章 数字电视传输中的关键技术

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于数字通信系统范畴，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于数字通信系统，所以我们先从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

数字通信系统的组成如图 1.1.1 所示。整个通信系统包括信源部分、信道部分、信宿部分。信源部分主要完成信源编码功能，信道部分主要完成信道编码、信息传输、信道解码功能，信宿部分主要完成信源解码功能。

在数字电视传输系统中，信源部分又可细分为：数字视频信源压缩编码、数字音频信源压缩编码、数据编码、节目流多路复用、传输流多路复用等。节目流多路复用是将数字视频信源压缩编码、数字音频信源压缩编码、数据编码 3 种信号复用在一起成为节目流。传输流多路复用是将多个节目流复用在一起形成传输流，如图 1.1.2 所示。

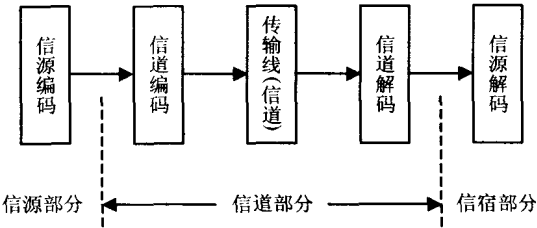


图 1.1.1 数字通信系统组成

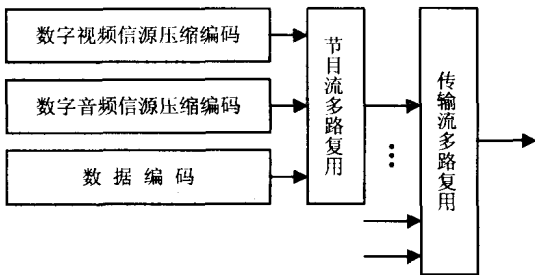


图 1.1.2 信源部分组成

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，分解送出数字视频信号、数字音频信号、数据信号，最后分别进行解压缩，恢复得到原始的视音频信号，如图 1.1.3 所示。

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

为了提高通信的可靠性，信道部分对信号处理极其严格，也极其复杂，包括的处理方法也较多，因此又把信道部分细分为外信道和内信道，如图 1.1.4 所示。

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。

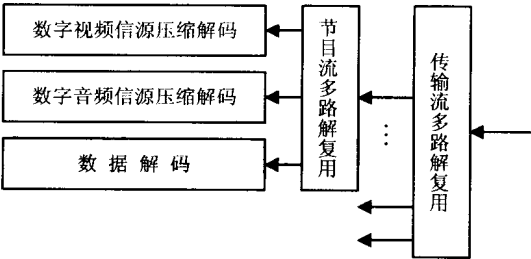


图 1.1.3 信宿部分组成

内码卷积编码常采用格状编码，格状编码往往又和调制技术有机地结合起来。格状编码调制技术又称码调。内信道格状编码的一种是卷积编码，经过卷积编码后，使原来无关的数字符号序列前后一定间隔之内有了相关性。应用这种相关性根据前后码符关系来解码，通常是根据收到的信号从码符序列可能发展的路径中，选择出最大似然的路径进行译码，比起逐个信号判决解码性能要好得多。然后把编码和调制结构在一起，使符号序列映射到信号空间所形成的路径之间的最小欧氏距离（称为自由距离）为最大。用这种信号波形传输时有最大的抗干扰能力。本章后面各节要详细介绍发送侧的编码调制（即格状编码）方法。格状编码从可能发展的路径中选择出最大似然路径要应用称为 Viterbi 算法的动态规划方法，此算法将另外介绍。在数字通信系统中，从格状编码调制直到解调内信道解码的 Viterbi 算法解码称为内信道，这和单纯的调制和解调相比，降低了对系统工作信噪比的要求，也即降低了发射机功率的要求。再加上外信道的前向纠错码，可以进一步降低系统误码，提高系统的抗干扰能力。

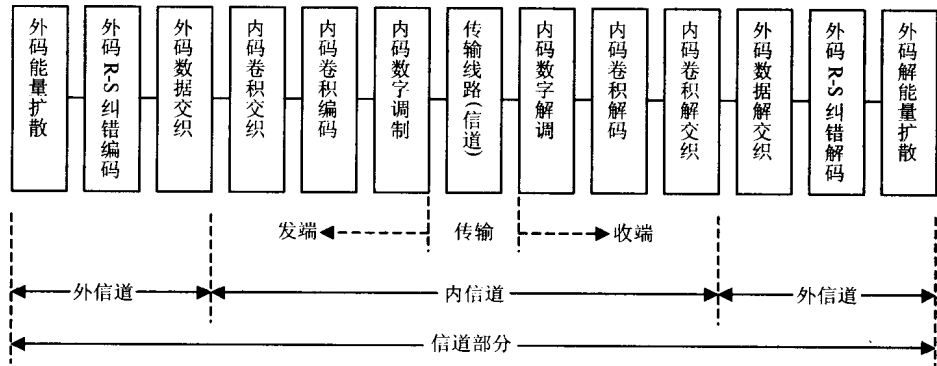


图 1.1.4 信道部分详图

上述从数字通信系统的观点出发阐述了数字电视传输系统的一般概念。但由于传输线路的不同，传输条件有异，因此针对不同情况及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。下面我们进行详细分析。

数字电视信号可以通过数字卫星、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。下面主要分析各种不同的传输方式中信号处理的方法。

1.1.2 数字电视卫星传输系统

数字电视卫星传输系统发射侧如图 1.1.5 所示，它包括数字视频压缩编码、数字音频压

缩编码、数据编码、节目流多路复用、传输流多路复用、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（正交相移键控）调制等。经 QPSK 调制后的中频（IF）信号，再经频谱搬移到射频上，经抛物面天线发射到卫星上。

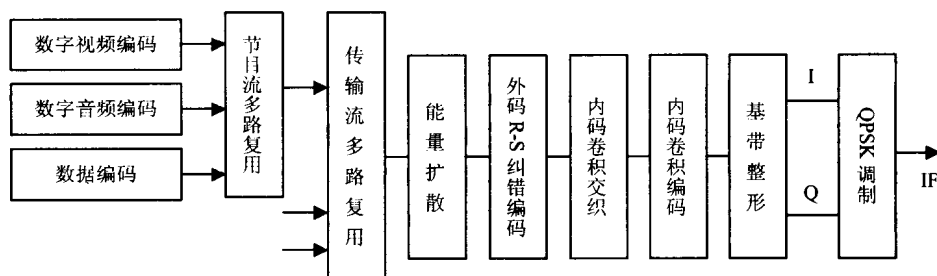


图 1.1.5 数字电视卫星传输系统

卫星传输系统既可以是一个单载波系统又可以是多载波系统。数字电视卫星传输系统是为了满足卫星转发器的带宽及卫星信号的传输特点而设计的。如果我们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，信道处理的过程如下所述：

- (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) 然后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，也叫做外码。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（格状编码也称内码）纠错，内码的数量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，如图 1.1.5 所示。

对于数字电视卫星直接业务（也称为直接到家业务：DTH），卫星功率是否充分利用，对接收天线的尺寸有直接影响，由于有码率压缩，对频谱利用率可以放到第 2 位考虑。为了达到最大的功率利用率又不使频谱利用率有很大的降低，卫星系统最好采用 QPSK 调制并使用卷积码（格状编码）和 R-S 级联纠错的方式，取得了较好的效果。该系统最好用于一个转发器单载波的系统，也能用于多载波系统，对应于不同转发器带宽的各种码率见表 1.2.3。在接收端，内码输入端有很大的误码率仍能很好工作，这一误码率在 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 范围内。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）（误码率可在 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ 范围内），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）是可以根据发射功率，天线尺寸以及码流率进行调节变化。举例来讲，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，见 1.2.6 节。

1.1.3 数字电视有线传输系统

数字电视有线传输系统发射侧可由图 1.1.6 表示。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 纠错和相同的卷积交织,随后进行的处理是专门用于电缆电视的。首先进行字节(Byte)到符号的转换,如 64QAM(正交幅度调制)是将 8bit 数据转换成 6bit 为一组符号,然后头 2bit 进行差分编码再与剩余的 4bit 转换成相应星座图中的点。该方案可以适应 16、32、64QAM 3 种调制方式。表 1.2.6 是使用 DVB-C 标准的 CATV 网的应用码率实例,从表 1.2.6 中可以看出,对于 PDH 3 次群码率 34.368Mbit/s,占用 8MHz 带宽的情况下,只要 32QAM 调制就足够了,这样就大大降低了器件的价格。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性的无谓增加。

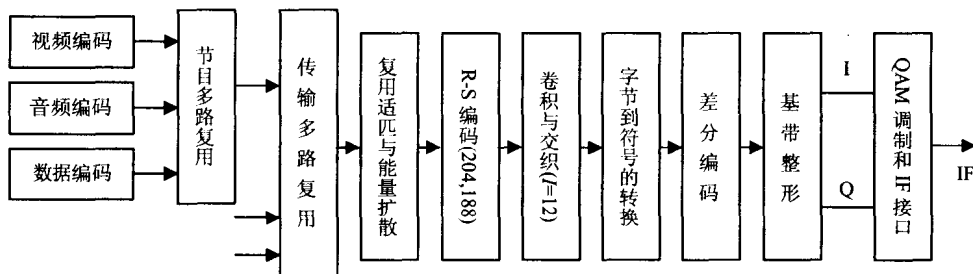


图 1.1.6 数字电视有线传输系统

有线网络系统的核心与卫星系统相同,但数字调制系统是以 QAM 而不是以 QPSK 为基础,而且可不需要内码(格状编码)编码。该系统以 64QAM 调制为主,但是也能够使用较低的(例如 16QAM 和 32QAM)正交幅度调制。在具体情况下,应在系统的数据容量和数据的可靠性之间进行折衷。

较高的幅度调制(例如 128QAM 和 256QAM)也是能够使用的,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,见 1.2.6 节。

1.1.4 数字电视地面广播传输系统

1. COFDM 调制方案

在欧洲数字电视地面广播传输系统中,MPEG-2 数字音频、视频压缩编码仍然是地面传输的核心。其特点是:采用编码正交频分复用调制(COFDM)方式,它是由内码编码和正交频分复用调制相组合起来的一种数字调制方式。在这种调制方式内,可以分成适用于小范围的单发射机运行的 2k 载波方式,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多个载波上面,这种技术曾经成功地运用于数字音、视频广播 DAB,用来避免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延时时间,传输容量损失越小。但是,增加载波数量会使接收机复杂性增加,破坏相位噪声灵敏度。

由于 COFDM 调制方式具有抗多径反射功能, 它可以潜在地允许在单频网中的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间延迟比较长, 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 1.1.7 所示。发射侧电路由节目流多路复用、传输流多路复用、能量扩散、外码纠错 (R-S)、外码交织、内码卷积交织、映射、正交频分复用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了内、外码纠错编码 (Outer Code、Inner Code), 而且加入了内、外码交织 (Outer Interleave 外码交织、Inner Interleave 内码交织), 如图 1.1.7 所示。接收部分是它的反过程, 在此不再叙述。

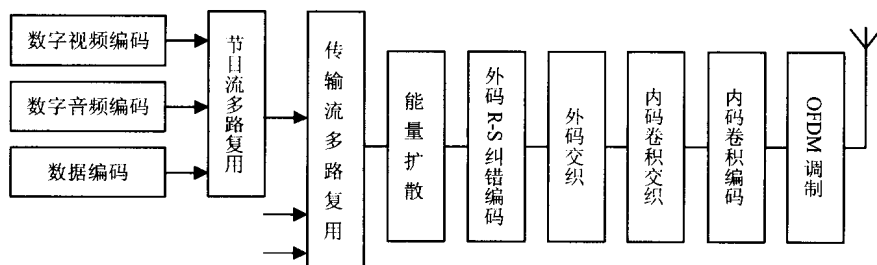


图 1.1.7 带有正交频分复用数字调制的数字电视传输系统

2. 残留边带 (VSB) 调制方案

1994 年美国大联盟 HDTV (高清晰度电视) 方案传输部分采用 VSB 进行高速数字调制, 该地面广播收、发系统如图 1.1.8 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 VSB 调制, 最后送往发射机, 发射机再输出射频。接收机部分是它的反过程, 在此不再叙述。

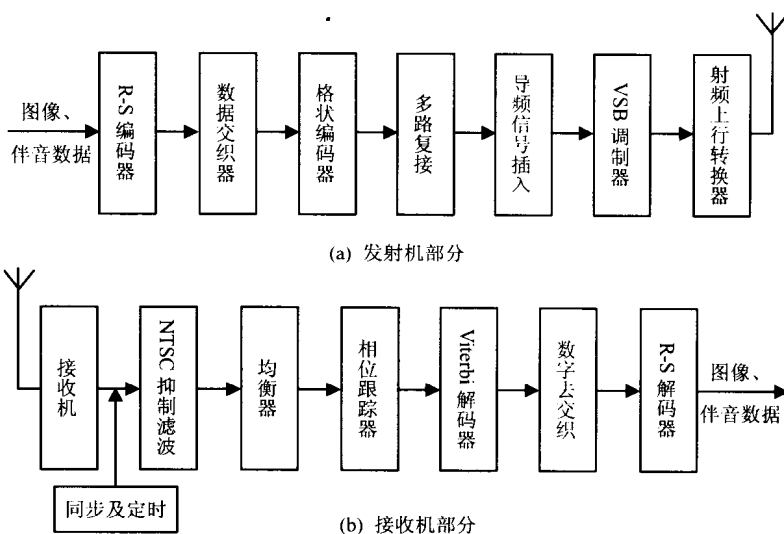


图 1.1.8 VSB 调制数字电视传输系统