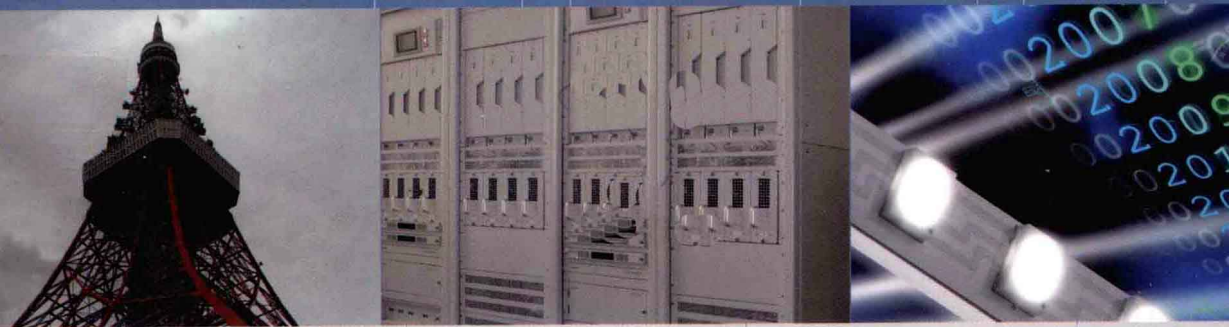


 数字电视技术丛书

数字电视前端系统

数字电视国家工程实验室（北京） 编著



科学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍数字电视前端系统的相关技术。全书共分7章。第1章整体介绍了数字电视前端系统的基本概念、构成和分配网络等;第2~3章分别详细介绍了编码器和复用器的基本原理、实现技术和性能评价指标等;第4~6章分别介绍了条件接收系统、用户管理系统、电子节目指南信息系统的基本功能与评测方法;第7章简要介绍了数据广播与监控平台的概念与应用。

本书可作为广播电视技术院校的教学用书,也可作为数字电视工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视前端系统 / 数字电视国家工程实验室(北京)编著. —北京:科学出版社,2012

(数字电视技术丛书)

ISBN 978-7-03-033634-7

I. ①数… II. ①数… III. ①数字电视-电视系统 IV. ①TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 030046 号

责任编辑:张 濮 潘继敏/责任校对:桂伟利

责任印制:赵 博/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>

北京佳艺恒彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012年3月第一次印刷 印张:12 1/4 插页:1

字数:235 200

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

实施数字电视国标
培养数字电视人才
发展数字电视产业
惠及数字电视用户

邬贺铨

2012.3.8

邬贺铨 中国工程院院士

普及数字电视知识
培养专门技术人员
提高服务质量

吴佑寿

1991.11.11

《数字电视技术丛书》编写委员会

顾 问:杨知行 数字电视国家工程实验室(北京)

主 任:欧阳书平 数字电视国家工程实验室(北京)

委 员:

潘长勇 清华大学

张 刚 北京数码视讯科技股份有限公司

栾鹤峰 北京北广科技股份有限公司

宋伯炜 上海全波通信技术有限公司

黄学民 苏州恩巨网络有限公司

袁春杰 数字电视国家工程实验室(北京)

梅晓舟 北京蓝拓扑电子有限公司

从 书 序

2006年8月我国颁布了自主研发的国家地面电视标准——《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》(GB 20600—2006)(以下简称国标),并作为国家强制性标准在全国范围内推广使用。国标采用了先进的技术和设计理念,拥有完全自主知识产权,与现有的国际标准比较,在频谱利用率、快速同步、接收灵敏度、支持高清移动接收、支持未来业务扩展及系统的整体性能等方面都有较大的提高。在2007年开始的国标海外推广过程中,与现有国际标准(美国、欧洲及日本标准)进行了充分的对比测试,国标技术第一次得到普遍认可。目前国标海外推广工作已经取得突破性进展,该项工作得到国家有关部委及国家领导人的高度重视。2009年国家发改委批准清华大学、北京航空航天大学、上海交通大学、中国电子技术标准化研究所、中国普天信息产业股份有限公司、北京海尔集成电路设计有限公司、北京北广科技股份有限公司、北京同方凌讯科技有限公司、北京牡丹电子集团有限责任公司、北京京东方科技集团股份有限公司、北京数码视讯科技股份有限公司、深圳市国微控股股份有限公司等组建数字电视国家工程实验室(北京)。实验室的主要工作任务是国标演进技术研发及国标海外推广应用工作,其中很重要的一部分工作就是培训熟悉国标使用的工程技术人员,以保证国标实施的最佳效果。

国际上绝大多数国家数字电视转换工作都还没有开始或者刚刚开始,我国的数字电视转制工作也刚起步。按国家广播电影电视总局的规划,2015年开始关闭模拟电视广播,因此,未来几年将是数字电视加速发展的阶段,支持数字电视的发展需要规模庞大的技术人员。数字电视尤其是地面数字电视带来的产业革命,在技术的复杂度、业务应用的深度和广度等方面都是模拟电视不可比拟的,模拟电视时代的技术人员已经很难适应发展的需要。基于这样的背景,数字电视国家工程实验室(北京)结合海外培训教材的准备情况,联合业内研究、生产第一线的专家,编写了这套数字电视技术丛书。

本套丛书涵盖数字电视节目制作、前端系统、发射系统与测试全产业链,注重实用性,适合数字电视领域工程技术人员学习,可以作为广播电视技术院校的教材,将有助于培养具备产业前沿技术知识与实际工作能力的技术人员。相信本套丛书的出版将对我国数字电视产业发展起到积极的推动作用。

《数字电视技术丛书》编写委员会

2012年3月

前 言

电视前端系统是电视广播网络的信息源、交换中心,是整个电视广播系统的核心。数字电视采用数字信号处理技术,提供节目容量更大、节目质量更高、节目形式更丰富的广播电视业务。数字电视发展为一项全新的数字视听服务,极大地拓展了广播电视的服务范围,为受众提供更为丰富的选择机会。因此,数字电视前端系统包含的内容更加广泛,是电视数字化的重要环节之一。

本书力图全面介绍数字电视前端系统的组成、原理、关键设备和评测。全书共分7章。第1章从整体上介绍数字电视前端系统的基本概念、构成和数字电视节目分配网络;第2、3章分别介绍前端系统中编码器和复用器的原理与测试;第4章介绍数字电视条件接收系统(CAS)与加扰器;第5、6章分别介绍用户管理系统(SMS)和电子节目指南(EPG)系统;第7章介绍数据广播系统与监控平台等。

北京数码视讯科技股份有限公司为本书编写提供了大量素材,上海大学通信学院王国中教授参与了第2章部分章节的编写,北京力合数字电视科技有限公司参与了第7章部分章节的编写,在此一并表示感谢。同时,在本书的编写过程中参考了较多的书籍、论文和网络文献,在此向其作者表示深深的感谢。

本书注重实用性,面向数字电视领域工程技术人员,可作为广播电视技术学院(校)的参考教材,有助于培养具备产业前沿技术知识与实际工作能力的技术人员。

由于数字电视技术及产业均处于不断发展和完善阶段,加上编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处。我们将在今后的研发、生产和工程实践中不断改进和完善,恳请广大读者和同行提出宝贵意见。

作 者

2012年1月

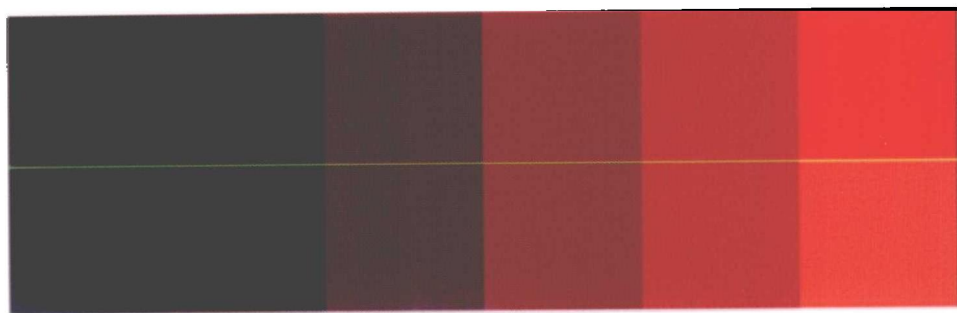


图 2-13 5 阶梯红色在发生 20% 微分增益时的视觉效果

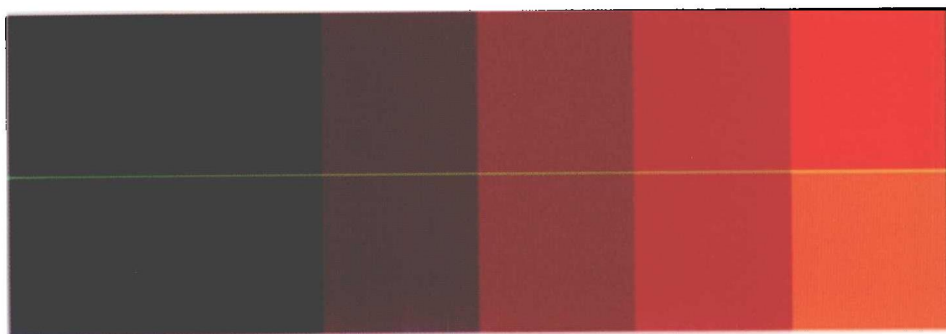


图 2-14 5 阶梯红色在发生 19° 微分相位时的视觉效果



(a) 没有色度/亮度时延差的图像



(b) 色度/亮度延时300ns的图像

图 2-16 色度/亮度时延差的影响

目 录

丛书序 前言

第 1 章	数字电视前端系统综述	1
1.1	基本概念	1
1.1.1	我国广播电视的发展历程	1
1.1.2	广播电视的分类	2
1.1.3	数字电视的定义	4
1.1.4	数字电视的特点	5
1.2	数字电视前端系统	6
1.2.1	数字电视前端系统构成	6
1.2.2	数字电视前端系统设备	8
1.2.3	构建数字电视前端系统考虑的因素	9
1.3	IP 构架的数字电视前端系统	10
1.3.1	基于 IP 的数字电视前端系统	10
1.3.2	IP 构架数字电视前端系统的优势	11
1.4	地面数字电视广播节目分配网络	12
1.4.1	节目分配概念与实现方法	12
1.4.2	SDH 数字微波节目分配网络	15
第 2 章	编码器	21
2.1	视频编码基础	21
2.1.1	视频编码原理	21
2.1.2	主要视频编码标准	23
2.1.3	我国视频标准应用现状	26
2.2	音频编解码技术的发展历程和现状	28
2.2.1	Dolby 标准	28
2.2.2	AAC 标准	30
2.2.3	DRA 标准	31
2.3	编码器原理与实现	32
2.3.1	编码器原理	32

2.3.2	编码器硬件实现	33
2.4	编码器性能要求与测试	41
2.4.1	编码器性能要求	41
2.4.2	编码器测试方法	50
第3章	复用器	55
3.1	复用基础	55
3.1.1	MPEG-2 标准的系统结构	55
3.1.2	TS 流语法	58
3.1.3	TS 流的系统复用	66
3.2	复用器功能与实现	67
3.2.1	复用器功能	67
3.2.2	复用器实现技术	68
3.2.3	统计复用	73
3.3	复用器性能要求与测试	73
3.3.1	复用器性能要求	74
3.3.2	复用器测量方法	77
第4章	条件接收系统	83
4.1	条件接收系统概述	83
4.1.1	条件接收系统的发展历程	83
4.1.2	条件接收系统的基本功能	84
4.1.3	条件接收系统的组成	87
4.1.4	条件接收系统的技术要求	89
4.2	加扰器	91
4.2.1	加扰器的工作原理	91
4.2.2	加扰器的功能	93
4.2.3	加扰器的测试	95
4.3	条件接收系统	96
4.3.1	条件接收的工作原理	96
4.3.2	条件接收的加密算法与密钥	99
4.4	条件接收系统检测	103
4.4.1	条件接收系统的功能检测	103
4.4.2	条件接收系统的性能检测	104

第 5 章 用户管理系统	105
5.1 用户管理系统概述	105
5.1.1 数字电视价值链	105
5.1.2 用户管理系统的应用	106
5.1.3 用户管理系统的逻辑结构	107
5.2 SMS 基本功能	108
5.2.1 用户管理	108
5.2.2 产品管理	109
5.2.3 订购管理	109
5.2.4 授权管理	109
5.2.5 计费管理	109
5.2.6 结算管理	109
5.2.7 查询管理	110
5.2.8 接口管理	110
5.2.9 资源管理	116
5.2.10 报表管理	116
5.2.11 权限管理	116
5.2.12 系统管理	116
5.3 业务运营支撑系统	117
5.3.1 业务运营支撑管理构架	117
5.3.2 业务运营支撑系统的功能与管理优势	118
5.4 SMS 技术要求与评测方法	121
5.4.1 评测等级	122
5.4.2 评测环境	122
5.4.3 总体评测方法	123
5.4.4 功能评测	123
5.4.5 性能要求和评测方法	127
第 6 章 电子节目指南系统	131
6.1 电子节目指南基础	131
6.1.1 电子节目指南的定义	131
6.1.2 电子节目指南系统的基本功能	132
6.2 电子节目指南信息	133
6.2.1 电子节目指南信息的构成	133

6.2.2	电子节目指南信息的传输	135
6.2.3	网络信息表	138
6.2.4	业务群关联信息	141
6.2.5	业务描述	144
6.2.6	事件信息	147
6.2.7	电子节目指南映射信息	150
6.3	电子节目指南系统构成	152
6.3.1	前端子系统	152
6.3.2	电子节目指南在接收端的实现	156
第7章	数据广播与监控平台	159
7.1	数据广播系统概述	159
7.2	数据广播的方式	160
7.2.1	数据管道和数据流	161
7.2.2	DSM-CC 协议栈	161
7.2.3	多协议封装	162
7.2.4	数据转盘	163
7.2.5	对象转盘	166
7.3	数据广播应用	168
7.4	监控平台概述	168
7.5	数字电视节目监控	170
7.5.1	前端节目监控	170
7.5.2	终端节目监控	173
7.6	设备参数监控子系统	173
7.7	网络覆盖监控子系统	174
附录	常用专业术语与缩略语	175
参考文献		179

第 1 章 数字电视前端系统综述

电视前端系统是电视广播网络的信息源、交换中心,是整个电视广播系统的核心;数字电视前端系统包含的内容更加广泛,是电视数字化的重要环节之一。数字电视前端系统一般由信源、处理、传输和管理部分组成。本章首先介绍数字电视的概念,从整体构成上介绍数字电视前端系统及全 IP 构架的数字电视前端,最后介绍地面数字电视广播的节目分配网络。

1.1 基本概念

1.1.1 我国广播电视的发展历程

中国当代广播电视是中国共产党领导下的社会主义舆论工具,是鼓舞全党、全军、全国各族人民建设社会主义物质文明和精神文明的现代化传播工具,也是党和人民政府联系群众的主要渠道之一。我国的广播电视事业几十年来得到了巨大发展,其历程大致如下。

1958 年 5 月 1 日,我国内地建立的第一座电视台——北京电视台,试验播出黑白电视节目,9 月 2 日正式开播,10 月 1 日上海电视台建成,1978 年,北京电视台改名中央电视台。

虽然 20 世纪 50 年代中国电视事业便已起步,我国也有计划地在中央及各省创建了广播电台和电视台。但“文化大革命”期间,广播电视事业的发展受到了很大挫折,很长时间里,它距离大多数中国人还是很遥远。直到 1980 年中央电视台播出了审判林彪、“四人帮”集团的实况,中国百姓在感受到十一届三中全会政治春风的同时,才不知不觉迈入了名副其实的“电视时代”。

改革开放提供的有利契机,使得 80 年代成为电视业发展和繁荣的黄金时代。1983 年 3 月召开的全国广播电视工作会议提出了实行中央、省、地市、县“四级办广播、四级办电视、四级混合覆盖”的方针,并于同年 10 月得到党中央的批准。这一方针极大地推动了中国广播电视事业的全面发展。到 1990 年底,中国有电视台 509 座,比 1980 年增长了 13.4 倍,电视覆盖率达到 79.4%。各地建起的卫星地面收转站,使边远地区的人民群众都可以收看到电视节目。

进入 90 年代,有线网络与卫星技术应用在电视上,在加强覆盖的“四级办台”的方

针及寻求市场发展两方面因素的同时作用下,出现了有线与无线、事业与企业、综合与专业的种种电视台,还有许多县以下的村镇也办电视的局面。到 90 年代末,中国电视已经基本形成中央和地方、卫星、无线和有线相结合的现代化电视传播网络,无线电视台达到 4943 座,有线电视台 1285 座,共播出 1005 套电视节目,其中卫星频道 30 多套。国际频道信号已送往全球。中国的电视机拥有量已经超过了 3 亿,电视观众也超过了 10 亿。在这个阶段,我国的有线电视取得了长足发展,为下一步的产业化发展打下了良好的基础。

数字电视技术是伴随着计算机、多媒体、因特网、卫星直播等高科技的推广和应用而出现的,因此它不仅是 1954 年第一台彩色电视机问世以来电视技术领域的又一场革命,而且将带动整个电信工业的技术革命,并将在一定程度上改变人类社会的生活质量和方式。

2003 年国家广播电影电视总局发布了《广播影视科技“十五”计划和 2010 年远景规划》,将数字电视列为“十一五”的重要规划和发展项目。同时广电部门也积极推广数字电视时间表,并按地域将全国划分为东部、中部、西部三个地区,将时间明确划分为 2005 年、2008 年、2010 年、2015 年四个阶段。按照规划,2008 年我国计划实施无线地面数字广播电视,2015 年开始停止模拟广播电视播出。这标志着我国广播电视数字化进入全面推进阶段。2006 年,我国颁布了自主知识产权的地面数字电视传输标准,表明中国数字电视地面传输标准与技术走在了世界前列,为实现我国“数字电视强国”的梦想提供了条件。

1.1.2 广播电视的分类

1. 按信号传输方式

按信号传输方式可分为地面电视、有线电视和卫星电视三种。

(1)地面电视广播信号通过地表面波传送。地面电视广播网络可以通过电视台制高点的天线发射无线电波覆盖电视用户,客户端通过接收天线和电视机收视节目。地面广播是电视广播最基本的传输网络形式。除了提供娱乐、学习等公益服务之外,其普遍性、可控性和抗毁性还被视为国家安全设施,使之成为紧急情况下动员国民最直接最可靠的应急途径。数字化转换后,地面数字电视将极大地节省无线频谱资源,提供更清晰、更丰富的节目内容,同时支持移动及便携接收,拓展了电视的收视领域,为电视产业提供更广泛的发展机会。

(2)有线电视是利用光缆、同轴电缆及其他器件组成的电视传输网络,将电视节目信号从本地发射台传送到用户家中。有线电视在一个封闭的有线网络中传送电视等信号,不易受到干扰,用户可以收看稳定、清晰的节目。有线电视网另一个优势是频带

宽,跟无线广播一样,许多频道可以使用不同的频率互不干扰地在一根电缆中传送。但有线电视网络建设及维护成本高。

(3)卫星电视广播是由设置在赤道上空的地球同步卫星,接收地面电视台通过卫星地面站发射的电视信号,然后转发到地球上指定的区域,由地面上的设备接收供电视机收看。数字卫星电视是近几年迅速发展起来的,利用地球同步卫星将数字编码压缩的电视信号传输到用户端的一种广播电视形式。2008年6月9日,我国广播电视直播卫星“中星九号”在西昌成功升空,信号直接到户,在地面只需要一个半米“小锅”就可以接收。与地面、有线电视相比,卫星电视的优势是覆盖面积大,“中星九号”的投入使用将我国广播电视覆盖率提高到98%以上,有效解决中国广大偏僻乡村无法收看电视节目的局面。

在我国内地,大部分市民是通过城市有线电视网收看电视,地面电视主要面向有线网络没有覆盖的城郊、乡村等地区,以及移动终端如车载数字电视和手持接收设备等。边远山区主要通过接收卫星信号收看电视。

随着当今网络的飞速发展,交互式网络电视(Interactive Personality TV, IPTV)近几年得到了迅猛发展。IPTV是利用宽带互联网的基础设施,以家用电视机作为主要终端电器,通过互联网络协议来提供包括电视节目在内的多种数字媒体服务。用户在家中可以有两种方式享受IPTV服务,即计算机、网络机顶盒+普通电视机。IPTV的基本技术形态可以概括为视频数字化、传输IP化和播放流媒体化,它包括音/视频编解码技术、音/视频服务器与存储阵列技术、IP单播与组播技术、IP QoS技术、IP信令技术、内容分送网络技术、流媒体传输技术、数字版权管理技术、IP机顶盒与电子节目指南(EPG)技术以及用户管理与收费系统技术等。

2. 按图像清晰度

按图像清晰度可分为高清晰度电视、标准清晰度电视和普通清晰度电视三大类。

(1)高清晰度电视(HDTV)需至少720线逐行扫描或1080线隔行扫描、屏幕宽高比应为16:9、采用数字压缩音频,能将高清晰格式转化为其他格式并能接收并显示较低格式的信号,图像质量可达到或接近35mm宽银幕电影的水平。

(2)标准清晰度电视(SDTV)必须达到480线逐行扫描,能将720线逐行扫描、1080线隔行扫描等格式变为480线逐行扫描格式输出,采用数字压缩音频。对应现有电视的分辨率,其图像质量为标准清晰度水平。

(3)普通清晰度电视(LDTV)显示扫描格式低于标准清晰度电视,即低于480线逐行扫描的标准。对应现有VCD的分辨率。

3. 按显示屏幕幅型比分类

按显示屏幕型比分类数字电视可分为4:3和16:9幅型比两种类型。

1.1.3 数字电视的定义

电视是 20 世纪 20 年代的伟大发明,在 50 年代开发电视技术时,用任何一种数字技术来传输和再现真实世界的图像和声音都是极其困难的,因此电视技术一直沿着模拟信号处理技术的方向发展,直到 70 年代才开始开发数字电视。数字技术具有许多优越性,而且数字技术发展到了足以使模拟电视向数字电视过渡的水平,电视和计算机才开始融合到一起。

数字电视是数字电视系统的简称,是指音频、视频和数据信号从信源编码、调制到接收和处理均采用数字技术的电视系统。国际上对数字电视的精确定义是将活动图像、声音和数据,通过数字技术进行压缩、编码、传输、存储,实时发送、广播,供观众接收、播放的视听系统。也就是说,这是一个从节目的采集、制作到节目传输,以及到用户终端的接收全部实现数字化的系统。广义上说,数字电视是数字传输系统,是原有电视系统的数字化。

我国电视一个频道带宽为 8MHz,现有模拟电视一个频道只能传送一套普通的模拟电视节目。采用数字电视后一个频道内可以传送 6 套以上数字电视节目。随着编码技术的改进,传送数量还会进一步提高,电视频道利用率大大提高。数字电视与模拟电视的技术比较如表 1-1 所示。

表 1-1 数字电视与模拟电视的技术比较

项 目	模 拟 电 视	数 字 电 视
描 述	采用模拟信号传输电视图像、伴音、附加功能等信号	采用数字信号传输电视图像、伴音、附加功能等信号
信源编解码	不进行信号编码	电视信号数字化后,采用高效压缩编码技术,传送的信息量更大
复 用	无复用器,视频、音频信号分别传输	将编码后的视频、音频、辅助数据信号分别打包后复用成单路串行的比特流,使数字电视具备了可扩展性、分级性、交互性及与网络的互通性
信道编解码 调制解调	图像信号按行、场排列,具有行、场同步信号和前后均衡脉冲等,并对视频信号有补偿处理。调制方式一般采用调频或调幅	传送时的信号不再有模拟电视场、行标志及概念。通过信道编码、均衡来提高信号抗干扰能力,调制采用 QAM、OFDM 等数字方式,传输效率会进一步提高
特 点	信号数据量少,技术成熟,价格便宜	信号不易在传输中失真,清晰度高,占用频带窄。数字电视信号可方便地在数字网络中传输,与计算机具有良好接口

1.1.4 数字电视的特点

数字电视保留了现有模拟电视视频格式,用户端仅需加装数字电视机顶盒即可接收数字电视节目,利于系统的平稳过渡。广播电视数字化后,将具有如下特点。

1. 频率利用率高

数字电视采用高效的音视频压缩编码技术及先进的信道编码、调制技术,在极大地压缩每套节目数据量的同时,有效提高频率的载荷,从而极大地提高频谱利用率。如传输1套模拟电视的8MHz电视频道,可以传输6~10套具有标准清晰度的数字电视(SDTV)节目,并且随着视频编码技术的提高,传送的节目数量还在进一步增加。

2. 抗干扰能力强

数字电视采用数字传输和误码保护技术,在加工制作、复制、存储和传输交换过程中受噪声和失真的叠加影响少,使得数字电视不受传输、转播影响,接收端的信号质量可与发送端的原始信号质量相比拟。

3. 便于开展各种综合业务和交互式业务

电视系统全面数字化加强了广播电视、通信与计算机业务的一体化,原本是完全不同媒体的广播、电视、通信和计算机在全部数字化后,图像、声音、图文、数据等都以数字方式按一定规则被复接成数据流进行传送,可实现视频点播(VOD、NVOD)、高速上网、电视购物、电子游戏等增值服务。

4. 容易加密/加扰、开展信息安全/收费业务

条件接收系统(Conditional Access System, CAS)是数字电视收费的技术保障系统,条件接收的基本目的是在电视系统中对用户进行授权控制及授权管理,从而实现收费节目的有偿服务。由于数字信号的易操作性,在前端对信号加密和加扰都比较容易实现,数字传输收费系统保密性高,不影响信号质量,操作方便。

5. 支持多个传送/网路协议

支持多个传送/网路协议,如MPEG-2和IP协议集,容易与其他的广播和通信系统连接。

6. 支持移动、便携接收

地面数字电视支持高速移动及个人便携接收,使受众在移动状态中获取资讯,是