

学校编码: 10384  
学号: X200329024

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 X240 芯片的 ATSC 一体机设计与实现

Design and Implementation of ATSC TV With X240 Chip

许 辉 福

指导教师姓名: 李 晓 潮 讲师

黄 建 峰 高工

专 业 名 称: 仪 器 仪 表 工 程

论文提交日期: 2008 年 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2008 年 月

---

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

2008年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 ( )，在 ( ) 年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ( )。

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名：                    日期：    年    月    日

导师签名：                    日期：    年    月    日

---

## 摘 要

为了满足美国市场需求，我们开发了一款基于 X240 芯片的 ATSC 一体机，这款电视实现数字信号和模拟信号的一体化接收。本人的主要工作是：

- 1 确定系统的硬件平台、信号处理流程，使之符合数字一体机的要求，同时兼容模拟制式接收。
- 2 配置和移植嵌入式 Linux 操作系统使其符合硬件平台。
- 3 设计一致的操作界面，实现一体化的应用来实现数字功能和模拟功能的无缝连接。
- 4 实现节目与系统信息协议以构建节目数据库，提供子节目解复用需要的信息及用户与电视交互操作提供的信息。

机型经过近 9 个月的开发，通过了厦华及 ODM 客户的性能测试和杜比实验室的测试，基于该平台的多个产品稳定出口北美市场，产品是第一代的真正的数字模拟兼容一体机，技术属于国内领先，国际先进，在市场上处于中高端机型，除了为自身品牌生产，还为 Sanyo, Audiovox 等多个品牌贴牌生产，为公司创造了一定的经济效益，项目获得厦门市 2006 年优秀新产品二等奖。

关键词：先进电视制式；数字一体机；平板电视

---

## Abstract

To meet the strong market demands of North America, an ATSC TV development platform with X240 Chip was designed and developed to support the integrated receiver of both digital and analog signals. The work corresponding to this thesis includes:

1. System architecture and signal processing flow verification and confirmation to meet the requirements of digital integrated TV, together with compatibility of analog receiver;
2. Hardware configuration and migration into Embedded Linux to adapt to the production platform requirements;
3. Consistent user interface and integrated application design and implementation to support the seamless switch between digital and analog functions;
4. Program and System Information Protocol implementation to store the program information into database, and provide information required by demultiplexing of sub-program and user interaction with TV.

With nearly nine months' design and development, this platform has successfully passed the performance test conducted by Prima and ODM customers, as well as certification of Dolby Lab. As the first generation of fully integrated TV in the world, compatible with ATSC digital and analog broadcasts, several modules based on this platform have been exported to North America market with stable penetration and steadily growth. With the most advanced technologies recognized by domestic and international areas, those products are oriented towards the middle-level

---

and high-end users in the market. Besides proprietary brands PRIMA, the platform also serves as the manufactory foundations for multiple ODM vendors, including Sanyo, Audiovox and etc, which in turn brought about significant direct economic revenues for the company. Meanwhile, this platform also won the Second Prize for Most Creative and Excellent Product of Xiamen in Year 2006.

Keywords: ATSC, Integrated TV, LCD-TV

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 数字电视的特点 .....	1
1.2 数字电视的发展现状 .....	2
1.3 关键技术和研究内容 .....	4
<b>第二章 ATSC 系统简介</b> .....	<b>7</b>
2.1 系统综述 .....	7
2.2 信源子系统 .....	8
2.3 信道子系统 .....	10
2.4 接收端系统 .....	13
<b>第三章 硬件平台设计</b> .....	<b>14</b>
3.1 系统硬件框架 .....	14
3.2 X240 的结构及功能 .....	15
3.3 系统功能及信号流程 .....	17
<b>第四章 软件平台设计</b> .....	<b>21</b>
4.1 系统软件框架 .....	21
4.2 系统配置和移植 .....	22
4.3 用户界面的实现 .....	30
4.4 PSIP 的实现 .....	38
<b>第五章 系统测试及分析</b> .....	<b>48</b>
5.1 工厂模式设计 .....	48
5.2 性能测试报告 .....	50
5.3 Dolby 认证证书 .....	53
<b>第六章 总结与展望</b> .....	<b>54</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>57</b>
<b>致 谢</b> .....	<b>58</b>
<b>附录 ACL 驱动函数原型</b> .....	<b>59</b>

## Contents

<b>Chapter I Preface</b> .....	<b>1</b>
1.1 Characteristics of Digital TV .....	1
1.2 Current Status of Digital TV .....	2
1.3 Key Technologies and Research .....	4
<b>Chapter II ATSC System Introduction</b> .....	<b>7</b>
2.1 System Overview .....	7
2.2 Source Sub-system .....	8
2.3 Channel Sub-system .....	10
2.4 Receiver System .....	13
<b>Chapter III Hardware Platform Design</b> .....	<b>14</b>
3.1 Hardware System Architecture .....	14
3.2 Structure and Features of X240 Chip .....	15
3.3 System Features and Signaling Flow .....	17
<b>Chapter IV Software Platform Design</b> .....	<b>21</b>
4.1 Software System Architecture .....	21
4.2 Configuration and Migration .....	22
4.3 Implementation of User Interface .....	30
4.4 Implementation of PSIP .....	38
<b>Chapter V System Verification and Analysis</b> .....	<b>48</b>
5.1 Factory Mode Design .....	48
5.2 Performance Report .....	50
5.3 Dolby Certification .....	53
<b>Chapter VI Summary and Prospect</b> .....	<b>54</b>
<b>Reference</b> .....	<b>57</b>
<b>Acknowledement</b> .....	<b>58</b>
<b>Appendix Prototype of ACL API</b> .....	<b>59</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 数字电视的特点

20 世纪 80 年代以来, 计算机技术、数字通讯技术促进了图像与声音处理技术的数字化进程; 随着视频压缩技术的深入研究, 九十年代初出现了一系列视频压缩标准 H. 261, JPEG, MPEG-1, MPEG-2, H. 264, MPEG-4, AVS 等, 其中尤以 MPEG-2 影响圈较大; 随着大规模集成电路芯片制造技术的迅猛发展, 许多芯片厂商相继推出了相应专用芯片, 这些都极大地推动了数字电视的发展。

数字电视(Digital TV)是从电视信号的采集、编辑、传播、接收整个广播链路数字化的数字电视广播系统。数字电视利用 MPEG 标准中的各种图像格式, 把现行模拟电视制式下的图像、伴音信号的平均码率压缩到大约 4.69—21Mbps, 其图像质量可以达到电视演播室的质量水平, 胶片质量水平, 图像水平清晰度达到 500—1200 线以上, 并采用 MPEG-2 声音压缩技术传输 2 声道立体声信号或采用 AC-3 声音信号压缩技术, 传输 5.1 声道的环绕声信号。数字电视技术使原来单一功能的电视系统变为多种功能的信息传输和交换媒体, 克服了许多模拟电视难以改善的缺陷, 在技术上有以下特点:

1. 图像清晰度高、声音效果好。数字电视克服了模拟电视在传输过程中各种噪声和干扰的积累, 使观众在家中收看到相当于演播室质量的电视节目。
2. 节省频率资源。利用现有的一个模拟电视频道占用的带宽资源(欧洲, 中国为 8MHz 带宽; 澳洲为 7MHz 带宽; 美国, 日本为 6MHz 带宽)可传输 4—6 套高质量的标准清晰度数字电视节目, 用户对节目的可选度大大提高。
3. 服务方式从单一服务转向多样化、个性化, 可方便实现有条件接收系统(加密/解密), 便于开展各类计费电视业务。可以实现用户和业务的良好管理, 确保资金的有效回收。

4. 传播方式从单向、固定转变为交互、移动；系统采用了开放的中间件技术，能实现各式各样的信息交互式应用。
5. 易于实现信号存储。易于利用媒体资源开展多种增值业务。

## 1.2 数字电视的发展现状

数字电视相对模拟电视的巨大优势使之成为公认的下一代电视系统，而要将数字电视变成现实，业界需要完成复杂的系统性工作，而其中最重要的一环就是数字电视标准的制定。对于地面数字电视广播标准，经国际电讯联盟（ITU）批准的共有三个，分别为：美国的 ATSC (Advanced Television System Committee, 先进电视制式委员会) 标准、欧盟的 DVB-T (Digital Video Broadcasting 数字视频广播) 标准和日本的 ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting, 综合业务数字广播) 标准。

### 1.2.1 美国数字电视标准

美国于 1995 年通过了 ATSC (Advanced Television System Committee 先进电视制式) 数字电视标准，它通过地面广播网进行高清晰度电视数字电视广播。美国 HDTV 地面广播频道的带宽为 6MHz，调制采用 8-VSB，可实现 19.3Mb/s 的传输速率；有线电视采用 J. 83B 32-QAM 或 64-QAM 或 16-VSB 调制，可实现 38.6Mb/s 的传输速率；卫星广播电视则采用 QPSK 调制。

ATSC 数字电视标准由四个分离的层级组成，层级之间有清晰的界面。最高为图像层，确定图像的形式，包括像素阵列、幅型比和帧频。接着是图像压缩层，采用 MPEG-2 压缩标准。再下来是系统复用层，特定的数据被纳入不同的压缩包中，采用 MPEG-2 压缩标准。最后是传输层，确定数据传输的调制和信道编码方案。ATSC 已经制定了 18 种（按帧率计算）常用的数字广播视频格式如表 1 示。

ATSC 还开发并通过了可为采用 50Hz 帧频的国家使用的另行标准。HDTV 格式的像素阵列相同，但帧频为 25Hz 和 50Hz；SDTV 格式的垂直分辨率为 576 行，水平分辨率则不同；也包含 352×288 格式，适应必要的窗口设置。

为推进数字地面广播，美国 FCC 要求：2006 年 7 月 1 日之后，所有新款的 25 英寸或更大的电视机必须安装 DTV 调谐器或支持 DTV；2007 年 3 月 1 日之后，所有新款的 13 英寸或更大的电视机必须安装 DTV 调谐器或支持 DTV；

到 2009 年 2 月 17 日，停止无线电模拟广播。

表 1 ATSC 18 种图像格式[1]

	分辨率	幅型比	帧率 (i: 隔行, p: 逐行)
HDTV	1920x1080	16:9	24p, 30p, 60i
	1280x720	16:9	24p, 30p, 60p
SDTV	704x480	16:9	24p, 30p, 60i, 60p
	704x480	4:3	24p, 30p, 60i, 60p
	640x480	4:3	24p, 30p, 60i, 60p

### 1.2.2 其他数字电视标准

从 1995 年起，欧洲陆续发布了数字电视地面广播 (DVB-T)，8M 带宽，采用 COFDM 调制；数字电视卫星广播 (DVB-S)，采用 QPSK 调制；数字电视有线广播 (DVB-C) 的标准，8M 带宽，采用 QAM 调制。

日本在 1999 年发布了数字电视的标准—ISDB, ISDB 是日本的 DIBEG (Digital Broadcasting Experts Group 数字广播专家组) 制订的数字广播系统标准，它利用一种已经标准化的复用方案在一个普通的传输信道上发送各种不同种类的信号，同时已经复用的信号也可以通过各种不同的传输信道发送出去。ISDB 具有柔软性、扩展性、共通性等特点，可以灵活地集成和发送多节目的电视和其它数据业务。日本数字电视首先考虑的是卫星信道，采用 QPSK 调制。

目前，世界各国都根据本国的具体情况，慎重地选择地面数字电视标准。从世界范围看，除了美国外，还有加拿大、阿根廷、韩国等国家采用美国的 ATSC 标准。而欧洲所有国家和澳大利亚、新加坡、印度等国则选用了欧洲联盟的 DVB-T 标准。表 2 列出了三种地面数字电视传输系统的比较。

2006 年 8 月 30 日，国家标准化管理委员会发布公告，中国数字电视地面广播传输系统标准——GB20600-2006《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》[2]，于 2006 年 8 月 18 日正式批准成为强制性国家标准，2007 年 8 月 1 日起实施。国内之前各地采用欧洲方案 (DVB-T)、清华方案 (DMB-T) 和上海交大方案 (ADTB-T) 的试播地区必须在一年内转换成新的 DMB-TH 标准，长达 5 年之久的数字电视地面传输标准之争由此告一段落。DMB-TH 标准在半年前已经确定，

它以 TDS-OFDM 技术为基础，以多载波技术为主，融合了单载波技术，在作为强制性地面标准的同时，也可以用于移动电视 (Mobile TV)。

表 2 三种国外地面数字电视传输系统的比较

	美国的 ATSC 标准	欧洲的 DVB-T 标准	日本的 ISDB-T 标准
频道宽度	6MHz	6MHz、7MHz、8MHz	6MHz、7MHz、8MHz
视频压缩	MPEG-2 视频编码	MPEG-2 视频编码	MPEG-2 视频编码
图像格式	HDTV1920×1080 16:9	HDTV1920×1080 16:9	HDTV1920×1080 16:9
	SDTV704×480 4:3	SDTV704×576 4:3	SDTV720×576 4:3
音频压缩	Dolby AC-3	MPEG-2 层 II, MUSICAM	MPEG-2 层 III, AAC
	音频编码	音频编码	音频编码
复用方式	MPEG-2 系统 TS 码流	MPEG-2 系统 TS 码流	MPEG-2 系统 TS 码流
数据随机化	16 位 PRBS	15 位 PRBS	15 位 PRBS
信道外码	RS 码 (207, 187, T=10)	RS 码 (204, 188, T=8)	RS 码 (204, 188, T=8)
外码交织	52 RS 块交织	12 RS 块交织	12 RS 块交织
信道内码	网格编码 (TCM)	卷积编码	卷积编码
内码交织	网格交织	卷积交织	卷积交织
调制技术	8-VSB 调制	16QAM/32QAM/64QAM	OFDM 调制
总码率	19~28Mb/s (6MHz)	4.98~31.67Mb/s (8MHz)	3.68 ~
			23.42Mb/s (5.6MHz)
载波数	单载波	2K、8K	2K、4K、8K
接收门限	15dB	19dB	19dB
传输方案	8-VSB 传输方案	OFDM 传输方案	分频段 OFDM 传输方案
特征	抵御电气干扰能力强	克服多径干扰能力强	克服多径干扰能力强
	有效的覆盖区域	可做单频网	可做单频网
	不考虑移动接收	可用于移动接收	可用于移动接收

### 1.3 关键技术和研究内容

数字一体机之前的数字电视信号接收主要是通过外加数字机顶盒的方式或

者将机顶盒模块裁剪后作为一个独立模块装到电视机内部来实现，机顶盒模块将数字信号接收解码后再经过编码成视频信号或分量信号作为电视的一个通路信号输入，用户通过将电视切换到该通路来观看数字节目，机顶盒模块外置和内置只是对用户表现形式不一样，并不改变信号在机顶盒模块由数字转换模拟，输入到电视后再由模拟采样量化为数字信号的过程，信号在处理过程中会有损失，无法实现全程数字化；同时也给用户的使用带来不便，采用外置机顶盒的方式，又多了一个遥控器，在操作电视功能和机顶盒功能需要变换遥控器，给使用带来诸多烦恼和不适；即使将机顶盒模块内置，也造成数字功能和模拟功能割裂，用户面临两套风格各异的操作界面，同时在不少功能上需要分别对数字模块和模拟模块分别进行操作，如要求用户分别对数字模块和模拟模块进行节目搜索操作，并且在开发上也增加模拟模块和数字模块的协同处理，增加额外的软硬件开销；之前的模拟电视方案主要集中在信号输入接口，画质增强处理，缩放能力等技术上，数字电视方案主要集中在强大的处理器能力以支持庞大的软件开销，数字解码能力等技术上。如何将数字电视功能和模拟电视功能结合起来完成一体化的应用设计是项目开发的一项关键技术。

系统以 Linux 为开发环境，区别于 PC 类电子及工控系统，消费类电子对操作系统提出了不同的要求，由于系统资源限制要求系统简洁，用户常规使用习惯要求系统具有高可靠性，用户不能接受死机或重启或响应速度慢等在 PC 领域比较经常出现的问题，并且要求启动速度快。如何配置 Linux 内核及选择相应的文件系统使系统简洁，稳定，启动速度快是项目软件开发的另一项关键技术。

数字电视能在一个模拟电视的带宽资源内传输多套高质量的节目，并且数字电视通过传输节目名称，简介，预告等信息以及节目的分级信息等来提供给用户更人性化，友好的交互能力。如何将复用在一起的多个子节目过滤出来并提供丰富的节目交互信息供用户选择是数字电视软件开发的另一项关键技术。

针对以上关键技术，我的研究内容是：

1 参与评估适合一体机开发的方案，参与确定系统的硬件平台，使之满足符合数字（兼容模拟）一体机的要求；在应用层设计上，综合考虑数字功能和模拟功能的无缝连接，提供统一的操作方式和界面，主要在几个方面：统一的模拟节目和数字节目搜索，统一的模拟节目和数字节目的选择方式，统一的模拟音频和数字音频切换方式，统一的模拟节目和数字节目字幕信息的选择，统一的模拟节

目和数字节目父母控制的设置等方面的内容。

2 嵌入式 Linux 开发方面的研究, 包括如何修改系统的引导程序, 使之对系统的 Flash 进行写保护, 如何显示开机画面暂缓用户对启动速度的感觉; 如何对 Linux 内核进行配置裁剪, 使生成的内核控制在 0.5MB 以内, 如何减少内核启动的时间; 为系统的根文件系统和应用程序选择合适的文件系统, 使文件系统免受破坏并将大小控制在 10.5MB 以内; 为应用数据选择合适的文件系统, 并对应用数据按被改变的频率进行区分, 以减少碎片收集的频率。

3 系统的解复用技术包含包过滤 (PID Filter) 技术和段过滤 (Section Filter) 技术, 这是实现节目与系统信息协议 PSIP (PSIP: Program and System Information Protocol) 的基础。在此基础上, 研究 PSIP 具体协议内容, 利用 PSIP 提供的信息组建节目数据库, 完成对子节目解复用需要的信息及用户与电视交互操作提供的信息。

根据以上研究内容, 本论文第二章对 ATSC 系统做了简要阐述, 包括对视音频压缩子系统和信道子系统及用户端系统做了描述; 第三章描述硬件平台的组成结构, 一体机的系统功能及信号流程; 第四章描述软件平台框架, 描述了系统的配置和移植, 描述了应用程序实现, 给出了详细的应用流程, 描述了节目与系统信息协议的实现; 第五章描述工厂调试项目的内容和实现, 给出了设计过程的测试报告及杜比实验室的 AC3 音频解码认证报告; 第六章对工作做了总结并对数字电视未来的发展提出了展望。

## 第二章 ATSC 系统简介

### 2.1 系统综述

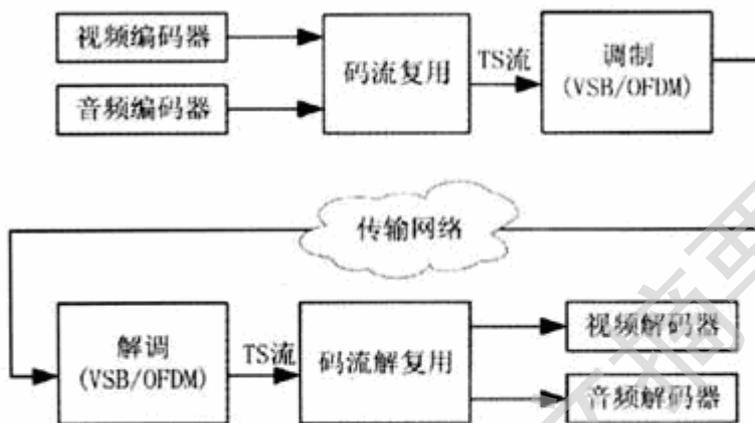


图 1 数字电视广播系统原理图

图 1 表示了数字电视广播和接收系统基本原理。从结构上分为发送端、传输网络和接收端。发送端包括信源子系统（包含音视频编码、码流复用），信道子系统（调制）。传输网络既可以是地面广播，也可以是有线电视和卫星接收。接收端系统包含数字信号的解调、码流解复用、视音频解码。调制信号到达接收端，先进行信道解调形成基带 TS 流，然后进行码流解复用，形成音视频 PES / ES 流分别解码，最后输出音频和视频信号。

ATSC 系统可分为应用层、压缩层、传送层和传输层四层，其复用原理如图 2 所示。压缩层对输入数据流进行压缩编码，其中视频编码采用 MPEG-2，音频编码采用 Dolby AC-3，以产生出视频、音频基本流(ES)。传送层实现 ES 打包功能以形成视频、音频打包基本流(PES)，在复用器中进行视频、音频 PES 的复用，根据复用器的类型，分别形成节目流(PS: Program Stream)和传送流(TS: Transport Stream)。PES 包长度一般为一个存取单元，节目流按照视音频存取单元进行复用，其中视频存取单元为一个图像帧，图像帧可分为 I 帧、B 帧与 P 帧，其 PES 包长度各不相同，音频存取单元为一个音频帧，而传送流在其复用器中被划分为固定长度为 188 字节的包。

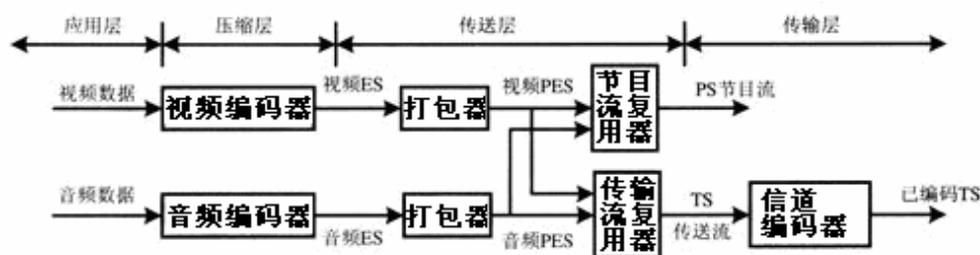


图 2 ATSC 系统复用原理图

ATSC 系统具有以下特点：

- 1 信源编码与压缩：视频编码采用 MPEG-2 标准，音频编码采用 Dolby AC-3 标准。
- 2 业务复用与传输：将视频码流包、音频码流包、辅助码流包复用为一个单码流，数字电视系统用 MPEG-2 传输码流语法打包和复用形成复合广播系统，此外还考虑与 ATM 网络具有互操作性。
- 3 射频与发送(包括信道编码和调制)：数字调制采用 8-VSB 或 16-VSB 残留边带调制方式，信道编码采用 RS(207, 187) 编码，为提高抗干扰能力还采用网格编码调制(TCM)、数据随机化、数据交织等措施。

## 2.2 信源子系统

ATSC 系统视频编码采用 MPEG-2, 音频编码采用 Dolby AC-3。

### 2.2.1 视频编码

MPEG 组织于 1994 年推出 MPEG-2 压缩标准，以实现视、音频服务与应用互操作的可能性。MPEG-2 标准是针对标准数字电视和高清晰度电视在各种应用下的压缩方案和系统层的详细规定，标准的正式规范在 ISO/IEC13818 中。

MPEG-2 图像压缩的原理是利用了图像中的两种特性：空间相关性和时间相关性。这两种相关性使得图像中存在大量的冗余信息。去除信源图像的 3 重冗余度：空间冗余度、时间（动态）冗余度、结构（静态）冗余度。

**空间冗余度：**同一帧信源图像中相邻像素之间的幅度值相近，即同一行上的相邻像素之间幅值相近，相邻行之间同样位置上的像素幅值相近，采用离散余弦变换和游程长度编码去除空间冗余度。

**时间冗余度：**相邻两帧信源图像同一位置上像素幅度值相近，采用运动补偿(MC)去除时间冗余度。

**结构冗余度：**信源图像上每个像素所用 bit 数的多少表示了比特结构，多用

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库