

学校编码：10384

分类号_____密级_____

学号：200130003

UDC _____

厦 门 大 学
硕 士 学 位 论 文

基于小波变换的水下彩色图像
容错编码研究

Research on Underwater Color Image Compressing
Coding Basing on Wavelet Transform

陈华宾

指导教师姓名：许 茹 教授

申请学位级别：硕 士

专业 名称：无 线 电 物 理

论文提交日期：2004 年 7 月

论文答辩时间：2004 年 7 月

学位授予日期：2004 年 9 月

答辩委员会主席：_____

评 阅 人：_____

2004 年 月

学 位 论 文

基于小波变换的水下彩色图像
容错编码研究

Research on Underwater Color Image Compressing
Coding Basing on Wavelet Transform

陈 华 宾

厦 门 大 学 电 子 工 程 系

2004 年 7 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而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

中文摘要

海洋环境具有十分重要的意义，支持对上述研究的展开和进行的重要工作之一就是解决如何将水下获取的各种信息（数据、声音、图像等）准确而高效率地进行传输。这不仅涉及到对于复杂而又窄带的水声信道需要进行有效的信道编码研究，对于大数据量的彩色图像信息高质量地进行压缩编码方法研究同样具有十分重要的现实意义。因此本文的主要目的是为水下图像传输系统寻找一种高效的彩色图像压缩编码方法，并且在恶劣的海洋水声环境中能够具有高的容错性能，保证图像恢复的质量。

为了此目的，我们研究了三种基于小波变换的图像压缩编码方案 - EZW 算法，SPIHT 算法，SPECK 算法。并对具体的样例用实验分别得到实验的结果，在分析对比实验结果的基础上，选择了 SPECK 算法，结合多描述容错编码方法，具体设计了在水声信道中的图像压缩编解码，并在计算机上实现，取得了较好的效果。同时尝试在硬件上实现，利用 AD 公司生产的 ADV611 基于小波变换的图像压缩专用芯片，结合 TI 公司低成本的 54X 系列 DSP 芯片，设计了一个实际的水下图像传输系统。

本文的创新之处在于将图像容错压缩编码的概念引入水声信号的传输当中，采用 SPECK 编码的方法对于一幅 256×256 点阵的彩色图像完成了容错设计和计算机实现；与此同时，提出了在水声信道中彩色图像的传输采用信源信道联合编码的思路。

关键词：水声 图像压缩

Abstract

The researches upon ocean environment are of great meaning. One important part of the researches is how to transmit multimedia information exactly and efficiently in the underwater acoustic, which includes data, voice and image transmission. It not only refers to channel coding study upon the complicated and being narrowband underwater acoustic channel, but also plays an important role in the compression coding of color image information with great data quantity. So this paper is to find a kind of image coding with high efficiency for the underwater image transmission system, which has high fault-tolerant performance to restore image well.

This paper studies three kinds of image coding schemes basing on the wavelet tranformation: EZW, SPIHT and SPECK, realizes them on the PC and shows the experiment outcomes. Basing on the analysis and comparison of the outcomes, SPECK is selected, allying with the multi-description fault-tolerant coding to form the special image coding using in the underwater acoustic channel, which acquires good results in computer realization. Then the special chip for image coding ADV611 from AD Company and DSP of 54X series are used to design the underwater image transmiss system.

The innovations of this paper are using SPECK algorithm combined with fault-tolerant to realize the color image coding, and bring forward the idea of source-channel joint coding in image transmission in the underwater acoustic channel.

Keyword: underwater acoustic, image compression

目录

<i>中文摘要</i>	<i>i</i>
<i>Abstract</i>	<i>ii</i>
<i>目录</i>	<i>iii</i>
<i>Index</i>	<i>vi</i>
第1章：绪论	1
1.1 课题研究的意义和选题背景.....	1
1.2 水下图像传输系统的组成.....	2
1.3 水下图像传送的国内外研究动态.....	3
1.4 论文各部分的主要内容.....	4
1.5 本论文创新之处.....	5
第2章：小波图像压缩基础	6
2.1 图像压缩编码的必要性和可能性.....	6
2.1.1 图像压缩编码的必要性.....	6
2.1.2 图像压缩的可能性.....	7
2.2 图像编码质量的评价.....	8
2.3 图像小波压缩的优势.....	9
2.4 小波变换概述.....	10
2.4.1 连续小波变换.....	10
2.4.2 离散小波变换.....	11
2.4.3 多分辨率分析.....	13
2.4.4 离散小波变换 Mallat 算法.....	13
2.5 图像的小波分解.....	15
2.6 图像的边界问题.....	17
2.7 图像压缩领域中小波基的选择.....	18
第3章：三种小波系数压缩编码方法及实验结果比对	20
3.1 嵌入式小波零树编码 EZW.....	20

3.1.1 EZW 算法原理.....	21
3.1.2 EZW 算法步骤.....	23
3.1.2 EZW 算法样例实现.....	24
3.2 基于分层树的集分割算法 SPIHT	30
3.2.1 SPIHT 算法原理.....	30
3.2.2 SPIHT 算法的步骤.....	31
3.2.3 SPIHT 算法样例实现.....	34
3.3 集分割的嵌入块编码 SPECK	41
3.3.1 SPECK 算法原理.....	41
3.3.2 SPECK 算法步骤.....	42
3.3.3 SPECK 算法样例实现.....	44
3.4 三种压缩方法实验结果讨论	49
第 4 章：基于水声图像传输的信源容错编码设计.....	55
4.1 图像通信中错误的不可避免性.....	55
4.2 浅海水声信道模型.....	56
4.3 嵌入式编码的容错性能.....	58
4.4 SPECK 算法误码性能实验分析.....	58
4.5 解决图像传输错误的常用途径.....	61
4.5.1 增强图像压缩编码鲁棒性.....	61
4.5.2 信道传输错误控制.....	62
4.5.3 解码端图像错误检测和恢复技术.....	62
4.5.4 信源信道联合编码.....	63
4.5.5 小结.....	64
4.6 容错性图像压缩算法.....	64
4.6.1 SPIHT 容错编码算法.....	64
4.6.2 打包小波零树图像压缩编码算法.....	65
4.7 基于 SPECK 编码的小波图像多描述容错压缩方法.....	66
4.7.1 均衡多描述编码方法.....	66
4.7.2 多描述编码的一般结构.....	67
4.7.3 MD-SPECK 系统的结构.....	68
4.7.4 MD-SPECK 编码算法的流程.....	69
4.7.5 实验结果.....	71
第 5 章：基于 ADV611 水声图像传输系统的设计.....	72

5.1 基于小波变换的图像压缩芯片概述	72
5.2 基于 ADV611 芯片的系统总体硬件电路设计	73
5.3 主要芯片性能简介	75
5.3.1 ADV611	75
5.3.2 SAA7111	79
5.3.3 TMS320C542	81
5.3.4 ADV7175	82
5.3.5 其他芯片的选择	83
5.4 硬件电路设计的几个问题	83
5.4.1 DSP 与 ADV611	83
5.4.2 DSP 与单片机	85
5.5 系统软件设计	85
5.5.1 编码部分的软件设计	85
5.5.2 解码部分的软件设计	87
第 6 章：总结和展望	89
6.1 本论文主要工作	89
6.2 论文的创新之处	90
6.3 对未来工作的展望	90
参考文献	91
致谢	93
图索引目录	94

Index

<i>Chinese Abstract</i> _____	<i>i</i>
<i>Abstract</i> _____	<i>ii</i>
<i>Chinese Index</i> _____	<i>iii</i>
<i>Index</i> _____	<i>vi</i>
Chapter 1: Introduction _____	1
1.1 Project Sense and Background _____	1
1.2 The Component of Underwater Image Transmission System _____	2
1.3 Underwater image transmission trend _____	3
1.4 Major content of thesis _____	4
1.5 The new idea of thesis _____	5
Chapter 2: Wavelet foundation in image compression _____	6
2.1 Necessity and possibility of image coding _____	6
2.1.1 Necessity of image coding _____	6
2.1.2 possibility of image coding _____	7
2.2 Evaluation of image coding quality _____	8
2.3 Goodness of wavelet in image coding _____	9
2.4 Summary of wavelet transform _____	10
2.4.1 Continuous wavelet transform _____	10
2.4.2 Discrete wavelet transform _____	11
2.4.3 Multi-resolution analyse _____	13
2.4.4 The Mallat algorithm of DWT _____	13
2.5 Image decompose in wavelet domain _____	15
2.6 Boundary question of image _____	17
2.7 wavelet base selection in image coding _____	18
Chapter 3: Three coding method and experiment result _____	20
3.1 The embedded zerotree wavelet algorithm (EZW) _____	20

3.1.1 EZW algorithm principle	21
3.1.2 EZW algorithm step	23
3.1.2 EZW example implementation	24
3.2 Set Partitioning in Hierarchical Trees (SPIHT)	30
3.2.1 SPIHT algorithm principle	30
3.2.2 SPIHT algorithm step	31
3.2.3 SPIHT example implementation	34
3.3 Set Partition Embedded block (SPECK)	41
3.3.1 SPECK algorithm principle	41
3.3.2 SPECK algorithm step	42
3.3.3 SPECK example implementation	44
3.4 experiment result	49
<i>Chapter 4: Fault-tolerant coding of underwater image</i>	<i>55</i>
4.1 Inevitable of error in visual communication	55
4.2 Channel model of shallow sea	56
4.3 Error rate analyse of SPECK algorithm	58
4.4 Error rate analyse of SPECK algorithm	58
4.5 Common way of image transmission	61
4.5.1 Robust image coding	61
4.5.2 Error control of channel transmits	62
4.5.3 Image error detection and the recovering	62
4.5.4 Source-channel joint coding	63
4.5.5 Brief summary	64
4.6 Robust image coding	64
4.6.1 Robust image coding of SPIHT	64
4.6.2 Robust image compression with fixed length packetization	65
4.7 Multi-description of SPECK base on wavelet	66
4.7.1 Multi-description coding	66
4.7.2 Architecture of the multi-descripton transform coder	67
4.7.3 Architecture of MD-SPECK system	68
4.7.4 Algorithm flow of MD-SPECK	69
4.7.5 Experimental result	71
<i>Chapter 5: Image coding system design base on ADV611</i>	<i>72</i>

5.1 Wavelet-based chips for image compression	72
5.2 Hardware circuit design of system based on ADV611	73
5.3 Abstract of main chips performance	75
5.3.1 ADV611	75
5.3.2 SAA7111	79
5.3.3 TMS320C542	81
5.3.4 ADV7175	82
5.3.5 Select of Other chips	83
5.4 Some question in hardware design	83
5.4.1 DSP and ADV611	83
5.4.2 DSP and microchip	85
5.5 System software design	85
5.5.1 Software design of encode	85
5.5.2 Software design of decode	87
<i>Chapter 6: Summary and development</i>	89
6.1 Key job of the thesis	89
6.2 New idea of the thesis	90
6.3 Question that exists and forecast to coming work	90
<i>References</i>	91
<i>Gratitude</i>	93
<i>Picture Index</i>	94

第1章：绪论

1.1 课题研究的意义和选题背景

在浩瀚的海洋中蕴藏着无数财富，在它的波涛下也隐藏着无数秘密。自古以来，人类为了征服海洋进行了不懈地努力。海洋具有重要的军事和经济意义：军事上，海洋是现代高技术战争成败的一个关键因素，对沿海国家，对我国的台湾海峡而言，尤其如此。控制海洋的基础建立在对水下各类信息的获取和及时传输。因此，最快速的获得准确的水下信息成为潜艇战和反潜战赖以运作和决胜的最重要条件。经济上，随着海洋学研究的深入和海洋开发、海洋工程的需求快速增长，民用水声技术也日益受到重视。正因如此，世界各先进国家均不惜斥巨资进行多种方案的探求，并且将它列入对我国实行严格封锁的高新技术领域范畴。一个沿海国家的海洋技术总体实力，对沿海国家的民族利益、国际地位、社会经济发展、国家安全都有极重要的影响。因此，提升国家海洋技术的总体实力，是建设海洋强国的重要内容^[1]。我国海洋技术总体实力与海洋强国的要求之间还存在较大差距。

声波在海水中的传播特性显著优越于电磁波和可见光，因而水声技术成为海洋高技术的主要研究领域。水声信道高速率数据传输，是水下通信技术的前沿热点研究课题，是水声技术的重要组成部分。就水下信息的传输而言，它远比信息的获取难度大；海洋中光波、电磁波随着信息传输距离的增长，衰减极快，无法用在中等距离以上的信息传递。尽管可以通过电缆和光纤进行水下通信，但对于水下移动设备，比如潜水艇之间、潜水艇和水面指挥舰、潜水艇和岸上基站之间的通信，则几乎完全不可能。唯一的途径只能依靠在海水可以远距离传播的声波，也就是说，只能依靠水声通信。

当前,通用型水声通信设备在海洋学中仍未被广泛应用,主要是由于海洋声信道是一个极其复杂的时间-空间-频率变化、强多途、有限频带和高噪声的信道^[2]。海洋中,声传播特性取决于海水温度、盐度、不均匀度、海水深度及界面(海底和海面)等环境条件。这是至今还存在的难度最大的无线通信信道。水声通信技术是当代最复杂的通信技术之一。

本研究属于“水声通信技术”信源编码研究的范畴,对大数据量的彩色图像信息高质量地进行压缩编码对于水下图像传输系统具有十分重要的现实意义。

1.2 水下图像传输系统的组成

图 1.1 给出了水下图像传输系统的组成,它可作为水下机器人的“眼睛”,水下自动生产系统的远程无缆监控设备,还具有语音通信中难以表述的图文资料,且图像传播可收到“一目了然”的信息。从通信技术的角度,图像具有很大的数据量,虽然当今通信技术的发展已经实现了在陆地和空中自由交流的愿望,然而在水下这一切的实现却是显得那么遥远^[2]。本研究的主要任务是针对图中的图像采集、信源编码以及信源解码、图像重建部分。

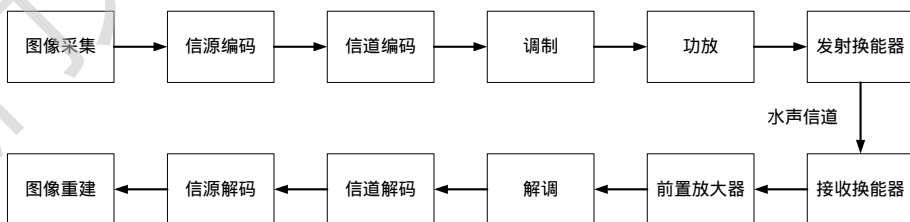


图 1.1 水下图像传输系统组成

1.3 水下图像传动的国内外研究动态

英国伯明翰大学进行的浅海域视频图像传输研究,采用参量阵和 DPSK 方案,用 40 瓦的声功率传输 16 个灰度级的图像,工作距离 2000 米,误码率为 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 数量级,所开发的图像压缩算法是基于小波的,它采用了一系列的创新技术以确保图像衰减的缓解,包括“基于分层树形的集的分拆”(SPIHT – Set Partitioning in Hierarchical Trees) 算法,用它来根据重要程度来对图像的信息进行排序;“错误恢复熵编码”(EREC – Error Resilient Entropy Code)算法,用它来对最重要的图像数据提供更大程度的保护:“速率可兼容的断续性卷积码”(RCPC – Rate Compatible Punctured Convolution Codes),它提供了一个灵活的手段用于实现对数据的保护^[3]。

2001 年,美国海军海洋局认为,在未来几年内,通信能力的发展会超过计算机能力的发展。受成本的制约,海军海洋局现有数据采集平台用 9.6 kb/s 数据传输速率,每天需要约 1h 的数据传输时间;预计在 1 - 3 年内,数据传输速率将达到 56 kb/s,每天的数据传输时间可缩短到 10 min 左右;预计到 2005 - 2010 年,数据传输速率将达到 1 MB/s 或更快,对相同的数据量,每天的数据传输时间可缩短到 30 s 左右,从而实现了真正的“近实时”^[4]。

50 年代后期,我国一些高等院校和科研单位就开始研究海洋声学和水声技术,并着手培养这方面的专业人才,技术上处于仿制阶段。从 60 年代起逐步走上自力更生发展水声技术的道路。中国科学院声学所、哈尔滨工程大学、哈尔滨工业大学等单位对现代水声探测的一些关键技术进行了研究,在多波束形成技术、自适应技术、卡尔曼滤波技术、人工神经网络声图像目标识别技术、抗多途干扰技术、声图像解释和建模技术、多媒体声信号传输技术及高速信号处理技术等方面都取得了不同程度的进展^[5]。

厦门大学水声科研组较早地开始水声通信的研究,目前已拥有自主知识

产权的水声数字语音传输样机、水下图像水声传输实用样机、水下 E-mail 传输系统等，其中水下图像水声传输样机指标如下^[6]：

一、图像组成

- (1) 高密度 $320 \times 200(\text{像素}) \times 16(\text{灰度级})$
- (2) 中密度 $160 \times 100(\text{像素}) \times 16(\text{灰度级})$
- (3) 低密度 $80 \times 50(\text{像素}) \times 16(\text{灰度级})$

二、帧频

- (1) 高密度 32 秒/1 帧
- (2) 中密度 8 秒/1 帧
- (3) 低密度 2 秒/1 帧

1.4 论文各部分的主要内容

第一章 介绍了本课题的项目背景和研究意义，给出了水下图像传输系统的组成，研究了水声图像传输的国内外动态。

第二章 分析了图像压缩的必要性和可能性，并给出了图像压缩编码的评价标准，比较详细地介绍了与图像编码相关的小波变换原理，通过对小波理论内在性质的分析，导出具有多分辨率特征和频带分解特征的数字图像压缩小波分析模型，这是引入各种小波图像编码技术的基础和出发点。

第三章 介绍目前流行的小波系数变换的方法，并通过举例详细介绍了 EZW，SPIHT，SPECK 三种算法的编码流程，最后用 MATLAB 进行了仿真比较，讨论了三种算法的压缩效果。

第四章 结合水声信道的特点，对 SPECK 算法进行容错性编码以适应水声信道的要求，并用 MATLAB 进行了仿真。

第五章 利用目前已有的基于小波变换进行图像压缩的芯片 ADV611 具体构建一个水下图像传输系统。

第六章 总结本研究所做的工作，展望今后还需要继续努力的方向。

1.5 本论文创新之处

本研究在对目前流行的三种静止图像的编码方法(EZW、SPIHT、SPECK)进行消化,理解,研究并对比三种方法应用于彩色图像压缩时各自性能差异的基础上,采用了对SPECK压缩编码方法进行容错编码的方案,增强了抗噪声能力,该系统经过模拟水声信道在产生5%的误码率情况下,传输一幅 256×256 像素的彩色图像,展现了一定的良好效果。与此同时尝试利用专用的小波图像压缩芯片构建了一个软硬件图像压缩、解压缩系统。

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 for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库