

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 23320091152769

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 Chirp 信号的中程水声通信系统
关键技术研究是实现

Research and Implementation of Medium-range

Underwater Communication System based on Chirp Singal

陈 冰 冰

指 导 教 师 : 胡晓毅 教授

专 业 名 称 : 电子与通信工程

论 文 提 交 日 期 : 2012 年 6 月

论 文 答 辩 日 期 : 2012 年 6 月

学 位 授 予 日 期 : 2012 年 月

答 辩 委 员 会 主 席:

评 阅 人:

基于 Chirp 信号的中程水声通信系统关键技术研究是实现

陈冰冰指导教师: 胡晓毅 教授

厦门大学

2012 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈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其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

() 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

() 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月

摘要

水声通信技术是当代海洋资源开发和海洋环境立体监测系统中的重要技术组成部分，也是我国海洋高技术急待研究开发的项目之一。水声信道是一个十分复杂的时-空-频变信道，其主要特征为：复杂性、多变性、强多径和有限带宽。对于中程水声通信而言，传播损失引起了接收端的低信噪比，因此必须寻求一种在低信噪比及存在多径扩展的情况下，仍可保证一定信息传输速率的信息可靠传输技术。

本文研究了一种适用于中程水声通信的 Chirp 扩频技术 (CSS)，CSS 技术具有优异的抗噪声和抗多径特性。为了在保证系统可靠性的同时，提高 CSS 水声通信系统的信息传输速率，本文着重研究了 CSS 的高阶调制解调技术和被动时间反转镜技术在 CSS 系统中的应用。构建了基于被动时间反转镜技术的 CSS 水声通信系统，并在厦门大学实验水池以及厦门港附近海域进行了海试实验，结果表明，该技术在频段 (10~15KHz) 可以实现距离 6km、信息传输速率 250bps 的可靠传输。

论文的主要工作如下：

1. 系统的介绍了国内外 Chirp 扩频技术的研究概况，分析了水声信道的主要特点及其对水声通信性能的影响；
2. 针对 CSS 系统低速率的问题，对 Chirp 系统的高阶调制技术进行了研究，提出了基于多载波技术的 CSS 调制技术。该技术在提高频带利用率的同时，又不增加系统实现复杂度，并能有效的抵抗水声信道的频率选择性衰落；
3. 讨论了分数阶傅里叶变换在 CSS 系统中的应用，并与滑动相关检测法进行了对比；
4. 针对水声信道强多径的特点，深入研究了自适应抗多径技术——被动时间反转镜技术的原理和其适用环境。仿真和实验结果表明，被动时间反转镜技术在强多径信道中，能有效重组多径，抵抗由多径带来的码间干扰；
5. 在实验室水池和厦门港浅海域对 CSS 水声通信进行了实验，实验结果表明，

CSS 系统具有较强的抗干扰能力，适用于中程水声通信；

6. 采用 DSP 处理芯片完成了基于 Chirp 的水声传感器网络通信节点的设计、调试和实验工作。水池和海洋实验结果表明，所设计的 CSS 系统同样可用于低功耗，高可靠性的水声传感器网通信节点中，并为水声 modem 的实现打下了良好的基础。

关键字：中程水声通信；Chirp 扩频技术；被动时间反转镜技术；

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

The ability to communicate effectively underwater has numerous applications for marine researchers, source developments and marine monitor organizations. Underwater acoustic communication technology is an important part of the contemporary high-tech maritime project and is eager to be developed. Underwater acoustic (UWA) channel has been a very complicated time-space-frequency varying channel, due to the unique channel characteristics of complexity, high variability, extensive multipath and limited bandwidth. With respect to medium-range UWA communications, the low signal to noise ratio (SNR) of the receiving end, which is caused by transmission loss, lead to an increasingly need of a reliable information transmission technology which can guarantee a certain data rate under the environment of low SNR and high multipath spread.

This paper studies the Chirp spread spectrum (CSS) technology for the medium-range underwater acoustic communication, CSS technology has excellent features of anti-noise and anti-multipath. In order to ensure the reliability as well as improve the data rate of CSS UWA communication system, this paper focuses on the application of high order modulation and demodulation techniques and passive time reversal mirror techniques in CSS system. Based on passive time reversal mirror technology, we designed the UWA communication system which has been tested in experimental pond waters of Xiamen University and the shallow water near Xiamen Port, the sea trial results show that the proposed technology can achieve a reliable transmission with the data rate of 250bps over a distance of 6km.

The main works of this paper are as follows:

1. The systematic introduction to the current research of CSS technology both at home and abroad, and analysis of the main characteristics of the UWA channel and its impact on the performance of UWA communication;
2. For the low rate of the CSS system, CSS modulation technique based on multi-carrier technology is proposed. This technology improves the bandwidth efficiency without increasing the system complexity, and can effectively resist frequency selective fading of the underwater acoustic channel as well;
3. Discussion of the application of fractional Fourier transform in the CSS system, and compared it with the sliding correlation detection;
4. In-depth study of a self-adaptive anti-multipath technology - passive time reversal mirror technique and its applications for the extensive multipath in UWA channel. Simulation and experimental results show that the passive time reversal mirror can effectively recombine the multipath in a complex multi-path channel, and resist the inter-symbol interference caused by the multipath;

5. Test had been taken in the experimental pond waters of Xiamen University and the shallow water near Xiamen Port, the results show that the CSS system based on passive time reversal mirror technology has a strong anti-inter-symbol interference capability, suitable for medium-range underwater acoustic communication;
6. On the basis of the works above, our laboratory developed the DSP underwater acoustic communication prototype, realized the modulation and demodulation of the CSS system on DSP platform. The prototype was tested in Xiamen Wuyuan Bay and achieved good test results

Keywords: medium-range underwater acoustic communication; the Chirp spread spectrum technology; passive time reversal mirror technology;

目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
Index.....	IX
第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 Chirp 扩频技术的研究现状.....	2
1.3 论文的主要内容.....	3
第二章 基本理论	5
2.1 水声通信信道的特异性.....	5
2.1.1 传输衰减和严格带限的特异性.....	5
2.1.2 强起伏特异性.....	6
2.1.3 多径效应的特异性.....	6
2.1.4 声速小引起的特异性.....	7
2.1.5 背景噪声的特异性.....	8
2.2 线性调频信号简介.....	8
2.2.1 线性调频信号.....	8
2.2.2 Chirp 信号的脉冲压缩特性.....	10
2.2.3 Chirp 信号的多普勒容限.....	11
2.3 分数阶傅里叶变换概述.....	12
2.3.1 分数阶傅里叶变换的定义与性质.....	12
2.3.2 分数阶傅里叶变换对 Chirp 信号的聚焦性分析.....	13
2.3.2 离散分数阶傅里叶变换及其数值计算.....	15
2.4 本章小结.....	16
第三章 高阶 CSS 水声通信系统研究	17
3.1 CSS 水声通信系统的基本原理.....	17
3.1.1 CSS 系统.....	17

3.1.2 CSS_BOK	18
3.1.3 CSS 水声通信系统	20
3.2 高阶调制技术	21
3.2.1 基于单载波的高阶调制技术	21
3.2.2 基于多载波的高阶调制技术	23
3.3.信号检测方案	25
3.3.1 滑动相关检测	25
3.3.2 分数阶傅里叶变换检测	28
3.4 仿真结果	32
3.4.1 检测性能仿真	32
3.4.2 系统仿真	33
3.5 本章小结	36
第四章 抗多径技术研究	37
4.1 水声通信中的抗多径技术简述	37
4.2 时间反转镜技术原理	38
4.2.1 主动时间反转镜	38
4.2.2 被动时间反转镜	40
4.3 单阵元被动时间反转镜技术	42
4.3.1 单阵元被动时间反转镜技术原理	42
4.3.2 被动时间反转镜技术的参数设计	43
4.3.3 最大时延估计方法	44
4.4 单阵元被动时间反转镜的仿真研究	49
4.4.1 单阵元被动时间反转镜技术的适用环境	49
4.4.2 单阵元被动时间反转镜在水声 CSS 系统中的应用仿真	52
4.5 本章小结	54
第五章实验结果	56
5.1 水池实验	56
5.1.1 水池实验系统参数	58
5.1.2 SC_CSS 实验结果与分析	58

5.1.3 MC_CSS 实验结果与分析	61
5.1.4 低信噪比实验.....	63
5.2 海洋实验	67
5.2.1 海洋实验系统参数.....	67
5.2.2 实验结果.....	68
5.3 本章小结	71
第六章 CSS 水声传感器网络通信节点的 DSP 实现.....	73
6.1 DSP 硬件平台简介	73
6.1.1 DSP 简介	73
6.1.2 实验硬件平台简介.....	73
6.2 系统设计	74
6.2.1 系统方案与参数确定.....	74
6.2.2 软件流程设计.....	75
6.3 实验结果	76
6.4 本章小节	77
第七章 总结与展望	78
7.1 主要研究工作总结	78
7.2 下一步研究工作	78
参考文献.....	79
致谢.....	82

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract	I
Abstract	III
Index.....	IX
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research Background	1
1.2 Chirp Spread Spectrum Progress	2
1.3 Thesis Rearch	3
Chapter 2 Basic Theory.....	5
2.1 Characteristrics of Underwater Acoustic Channel.....	5
2.1.1 Transmission Loss and Band-limitted.....	5
2.1.2 Intensity Fluctuation	6
2.1.3 Strong Multipath Effect.....	6
2.1.4 The Speed of Sound in the Sea	7
2.1.5 Ambient Noise.....	8
2.2 Introduction to Chirp Signal	8
2.2.1 Chirp Signal	8
2.2.2 Pulse Compression of Chirp Signal.....	10
2.2.3 Doppler Tolerance of Chirp Signal.....	11
2.3 Fractional Fourier Transform	12
2.3.1 Defintion and Nature of Fractional Fourier Transform	12
2.3.2 Focuse Analysis of Fractional Fourier Transform	13
2.3.2 Discrete Fractional Fourier Transform and its Numerical Caculation .	15
2.4 Summary.....	16
Chapter 3 Research on High-order CSS system.....	17
3.1 Basic Theory of CSS System.....	17
3.1.1 CSS System	17

3.1.2 CSS_BOK.....	18
3.1.3 CSS Underwater Commuication System	20
3.2 High-order Modulation Technology.....	21
3.2.1 High-order Modulation Technology based on Single- Carrier	21
3.2.2 High-order Modulation Technology based on Multi- Carrier	23
3.3 Signal Detection Scheme.....	25
3.3.1 Sliding Correlation Detection	25
3.3.2 Detection based on Fractional Fourier Transform	28
3.4 The simulation results	32
3.4.1 Detection Performance Simulation.....	32
3.4.2 System Simulation.....	33
3.5 Summary.....	36
Chapter 4 Research on Anti-multipath technology	37
4.1 Introduction to Anti-multipath technology.....	37
4.2 Principles in Time Reversal Mirror	38
4.2.1 Active Time Reversal Mirror	38
4.2.2 Passive Time Reversal Mirror.....	40
4.3 Passive Time Reversal Mirror	42
4.3.1 Principles in Passive Time Reversal Mirror	42
4.3.2 Parameter estimation for Passive Time Reversal Mirror	43
4.3.3 Maximum delaying estimation	44
4.4 Simulation of Passive Time Reversal Mirror	49
4.4.1 Application environments for PTRM.....	49
4.4.2 Simulation of PTRM in underwater acoustic CSS system.....	52
4.5 Summary.....	54
Chapter 5 Experiment Results	56
5.1 Water pool experiments	56
5.1.1 System parameters in water pool experimen.....	58
5.1.2 SC_CSS experiment result and analysis	58

5.1.3 MC_CSS experiment result and analysis.....	61
5.1.4 Low signal-noise ratio experiment.....	63
5.2 Ocean experiments.....	67
5.2.1 Ocean experiments	67
5.2.2 Ocean experiment results	68
5.3 Summary.....	71
Chapter 6 DSP Implementation of Network Communication Nodes in CSS Acoustic Sensor	73
6.1 Introduction to DSP hardware platform.....	73
6.1.1 6.1.1 Introduction to dsp	73
6.1.2 Introduction to hardware platform for experiments.....	73
6.2 System Design.....	74
6.2.1 System planning and paratemers.....	74
6.2.2 Software prodecure design	75
6.3 Experiment results	76
6.4 Summary.....	77
Chapter 7 Summary and Outlook	78
7.1 Main Work And Originalites of this Dissertaion.....	78
7.2 Future Work.....	78
References	79
Acknowledgement	82

厦门大学博硕士学位论文摘要库

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