

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 21120051302198

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 DSP 的嵌入式水声跳频通信技术研究

Embedded Underwater Acoustic Frequency-Hopping
Communication Technologies Research Based on DSP

牛 富 强

指导教师姓名: 许 肖 梅 教授

专 业 名 称: 海 洋 物 理

论文提交日期: 2008 年 6 月

论文答辩时间: 2008 年 6 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 6 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）：

年 月 日

厦门大学博硕

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

附件 4:

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

厦门大学博硕

摘 要

水声通信技术是当代海洋资源开发和国家安全保障的重要组成部分,也是我国海洋高技术急待研究开发的项目之一。随着现代海洋资源开发的迅猛发展和国家海洋安全的迫切需求,水声通信技术的研究越来越受到人们的重视。但是水声信道是一个十分复杂的时空频变随机多径信道,再加上高噪声、窄带宽、载波频率低、大起伏、传输时延大等特点,给水声通信带来极大的困难,其中强多径效应和大幅度起伏是造成水声通信性能较差的主要因素,它会导致信号幅度衰落和严重的码间干扰。

近年来实际应用的迫切需求,水声网络通信成为国际水声技术领域研究的热点课题。而在水声通信网络中,实现可靠、稳健的点对点物理通信是水声网络通信的前提。本论文选题正是在这样的研究背景下,结合国家 863 专项课题“分布式海洋水声通信技术研究”而提出的。

论文查阅了国内外大量水声通信相关文献资料,针对浅海水声信道的物理特性,基于射线理论建模,采用了 Matlab 对水声信道传输特性进行仿真研究。仿真结果表明,多途效应会造成接收信号的幅度衰落、频率扩展和码间干扰等,是影响水声通信有效和可靠性的主要原因,所以在水声通信中必须研究抗强多途径干扰的各种可能措施。由于扩频技术在抗码间干扰方面具有优良的特性,论文在分析了各种扩频技术之后,提出了采用跳频技术作为水声通信调制方式。根据水声信道声传输特点和跳频通信系统中同步信号快速、有效检测的重要性,论文设计了一种同步字头与频谱估计相结合捕获同步,互相关检测线性调频信号完成同步跟踪的同步方案。

由于高速信号处理技术(DSP)的快速发展,论文研究了基于 DSP 硬件的嵌入式水声跳频通信系统。在对水声信道进行较为深入分析的基础上,采用 DSP 设计并实现了跳频水声通信系统中的编解码与同步技术。通过实验室水池及厦门港海上测试,系统可在一定传输速率下、实现高可靠性传输,在浅海海域(2~12m),距离 3km 时,传输速率为 200bit/s,误码率约为 10^{-3} 。

关键词: 水声信道; 跳频通信; DSP; 解调

Abstract

Underwater acoustic communication (UAC) Technology plays an important role in marine resource exploitation and national security etc. With the rapid development of marine resource exploitation and urgent demand of National Ocean security, UAC Technology has been paid more and more attention. However, underwater acoustic (UWA) channel is expressed as a complex channel which is randomly variable in time-space-frequency, coupled with its high noise, narrow bandwidth, low carrier frequency, large fluctuation, and transmission latency, which bring a great difficult to UAC. Strong multi-path effect and large amplitude fluctuation is the main factor that it will lead to signal fading and severe inter-symbol interference (ISI).

Urgent actual demand recently, underwater acoustic network becomes a research hotspot, in which a reliable and robust point-to-point communication is the precondition. This paper is just put forward in such circumstances, combined with the national 863 specific subject "Distribute UAC Technology research in ocean".

Consulted abundant domestic and foreign relevant references, according to physical characteristics of UWA channel, the paper uses Matlab to make a transmission characteristics simulation to UWA channel based on the ray theory. Through the simulation results, we can see that multi-path effect will cause receive signal fading, frequency spreading and ISI, which are main obstacles for reliable high-speed UAC, so all possible anti-strong multi-path interference measures must be studied. As spread spectrum (SS) technology in anti-ISI-interference has excellent properties, frequency-hopping (FH) technology is proposed as a concrete realization of the system through analysis of the various SS technology.

How to detect synchronized signal quickly, accurately and effectively is one of key techniques of FH communication in UWA channel. A synchronized scheme suitable for UWA channel is proposed in the paper, which uses Synchronized-head method combined with spectrum estimation to capture synchronization, and cross-correlation detection chirp signal to complete synchronization tracking.

According to rapid development of high speed digital signal processing (DSP)

technology, this paper concentrates on DSP-based embedded acoustic FH communications system, which based on the UWA channel of analysis, focusing on decoding and synchronization technology. Through experiments both in the laboratory's pool and in Xiamen Harbor, this system can realize high reliable transmission in a certain transmission rate, 3km transmission distance is confined in the shallow sea (2~12m), with transfer rate up to 200 bit/s, and the bit error rate (BER) is about 10^{-3} .

Key words: Underwater acoustic channel; frequency-hopping communication; DSP; demodulate.

廈門大學博碩

目 录

摘 要	I
Abstract	II
目 录	IV
Catalog	VII
第一章 绪 论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 水声通信技术研究进展	2
1.2.1 国外水声通信研究进展	2
1.2.2 国内水声通信研究进展	4
1.3 论文的主要内容	7
第二章 浅海水声信道物理特性	8
2.1 海洋声学特性	8
2.1.1 选择声波的原因	8
2.1.2 海水中的声速	9
2.1.3 海洋环境噪声	9
2.2 浅海水声信道的主要特点	11
2.2.1 声能量传播损失	12
2.2.2 随机多途干扰	12
2.2.3 声信号起伏	14
2.2.4 多普勒效应	14
2.2.5 有限的频带	15
2.3 抗多途的有效措施	16
第三章 浅海水声信道建模与仿真	17
3.1 水声信道模型的理论基础	17

3.1.1 波动方程及其定解条件.....	17
3.1.2 水声传播模型的分类.....	19
3.2 浅海水声信道建模.....	20
3.2.1 射线模型参数设计.....	20
3.2.2 射线模型的建立.....	22
3.2.3 接收信号和信号多途比.....	23
3.3 仿真结果与分析.....	25
3.3.1 信道的频率选择性衰落特性.....	26
3.3.2 SMR 随发射接收机深度的变化.....	27
3.3.3 SMR 随距离的变化.....	27
第四章 水声通信中的跳频技术.....	29
4.1 扩频通信概述.....	29
4.1.1 扩频技术的理论依据.....	29
4.1.2 扩频技术的典型方式.....	31
4.2 跳频通信系统.....	31
4.1.1 跳频通信的基本原理.....	31
4.2.2 跳频通信的技术参数.....	32
4.2.3 跳频通信的数学模型.....	36
4.2.4 跳频通信的技术优点.....	37
4.3 水声跳频通信系统设计方案.....	38
第五章 水声跳频通信信号检测与同步技术.....	40
5.1 水声跳频通信中的同步技术.....	40
5.1.1 通信系统的同步概述.....	40
5.1.2 水声跳频通信同步技术方案.....	41
5.2 水声通信中的信号检测技术.....	44
5.2.1 传统的检测方法.....	45
5.2.2 新的检测方法.....	46
5.2.3 线性调频 Z 变换.....	47
第六章 基于 DSP 的嵌入式水声跳频通信系统的实现.....	52

6.1 系统的结构组成	52
6.2 系统各主要部件介绍	54
6.2.1 TMS320VC5416DSP 及 DSP/BIOS 简介	54
6.2.2 计算机与 DSP 之间的通信.....	54
6.2.3 跳频序列编码与调制	57
6.2.4 前置放大滤波	58
6.2.5 同步抓取与信息检测	60
6.3 实验结果分析	62
6.3.1 实验室水池实验	62
6.3.2 海上现场实验	64
第七章 总结与展望	64
参考文献	68
致 谢	70

厦门大学博硕

Catalog

Abstract	II
Catalog	VII
Chapter One Introduction	1
1.1 Research Background	1
1.2 Research Progress	2
1.2.1 Research Progress Abroad	2
1.2.2 Research Progress at Home	4
1.3 Main Research Contents	7
Chapter Two Characteristics of Shallow-sea Acoustic Channel	8
2.1 Acoustic characteristics of the Sea	8
2.1.1 The Reason for sound	8
2.1.2 Sound Velocity in the sea	9
2.1.3 Ambient Noise in the sea.....	9
2.2 Main Features of Shallow-Sea Acoustic Channel	11
2.2.1 Transmisssion loss in the Sea.....	12
2.2.2 Random Multi-path Interference	12
2.2.3 Sound Signal Fluctuation	14
2.2.4 Doppler Effect	14
2.2.5 Limited Bandwidth.....	15
2.3 Anti-multipath Measures	16
Chapter Three Modeling and Simulation of Shallow-sea Acoustic Channel	17
3.1 Theory of Acoustic Propagation Model	17
3.1.1 Wave Equation and Boundary Condition.....	17
3.1.2 Categorization of Acoustic Propagation Model.....	19

3.2 Modeling of Shallow-sea Acoustic Channel	20
3.2.1 Design Parameters of Ray Theory Model.....	20
3.2.2 The Establishment of Ray Theory Model.....	22
3.2.3 Received Signal and Signal to Multi-path Ratio	23
3.3 Simulation Results and Analysis	25
3.3.1 Channel Frequency Selective Fading	26
3.3.2 SMR Changes with Depth of Transmit and Receive.....	27
3.3.3 SMR Changes with Distance.....	27
Chapter Four Frequency-hopping Technology in Underwater Acoustic Communication	29
4.1 Introduction of Spread Spectrum Communication	29
4.1.1 Theoretical basis of SS Communication.....	29
4.1.2 Typical ways of SS Communication.....	31
4.2 Frequency-hopping Communication System	31
4.2.1 Basic Principle of FH Communication	31
4.2.2 Technical Parameters of FH Communication	32
4.2.3 Mathematical Model of FH Communication	36
4.2.4 Technical Advantages of FH Communication	37
4.3 Design Scheme of Underwater Acoustic FH Communication	38
Chapter Five Signal Detection and Synchronization Technology in Underwater Acoustic FH Communication	40
5.1 Synchronization Technology in Underwater Acoustic FH Communication	40
5.1.1 Synchronization Summary of Communication System.....	40
5.1.2 Synchronization Technology Scheme in Underwater Acoustic FH Communication	41
5.2 Detection Technology in Underwater Acoustic Communication	44
5.2.1 Traditional Detection Method	45

5.2.2 New Detection Method.....	46
5.2.3 Chirp Z Transform.....	47
Chapter Six Implementation of Embedded Underwater Acoustic FH	
Communication System Based on DSP	52
6.1 The Structure of System.....	52
6.2 Detail Description of all Major Parts.....	54
6.2.1 TMS320VC5416DSP & DSP/BIOS Introduction	54
6.2.2 The Communication between PC and DSP.....	54
6.2.3 Hopping Sequences coding and Modulation.....	57
6.2.4 The Head Amplifier and Filter	58
6.2.5 Synchronization and Signal Detection	60
6.3 Experiments Results & Analysis	62
6.3.1 Experiments in Laboratory Pool.....	62
6.3.2 Experiments on the Sea	64
Chapter Seven Conclusion and Further Discussion.....	67
References.....	68
Acknowledgement.....	70

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.

廈門大學博碩