

学校编码: 10384
学号: 22420071150817

密级_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于相关技术的水声通信微弱信号检测

Weak Signal Detection based on Correlation Technologies in Underwater Acoustic Communication

黄立峰

指导教师姓名: 许鹭芬 老师

专 业 名 称: 海洋物理

论文提交日期: 2010 年 5 月

论文答辩日期: 2010 年 月

论文打印日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 5 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

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

厦门大学博硕士学位论文摘要库

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 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

水声通信涉及国防水声学和民用海洋开发、利用诸多方面，受到各有关海洋国家的高度重视。我国是一个海洋大国，拥有丰富的海洋资源，随着人类开发和利用海洋的步伐加快，对水声通信的研究将成为必然。

在水中，无线电波和光波都衰减得非常快，因此使用声波通信几乎成了水下通信唯一的选择。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，其中强多途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。本论文以 DSP 为平台，利用相关技术对水声微弱信号的检测进行初步的探索。

本论文共分为七个部分，第一部分简要地介绍了本论文的研究意义和目前国内水声通信发展现状；第二部分阐述了与水声通信有关的浅海水声信道的物理特性；第三部分介绍了国内外微弱信号检测技术的研究现状并对当前一些常用的微弱信号检测算法进行了探讨和总结；第四部分则着重介绍了相关技术在微弱信号检测中的应用；第五部分利用 LabVIEW 软件进行多重自相关仿真实验；第六部分简要介绍 DSP 系统；最后一部分为本系统各主要部件的技术参数和实现方法，并给出了厦门港海上实验结果。

关键词：浅海信道；微弱信号；DSP；多重自相关

Abstract

Underwater sound communication has attracted much attention of maritime countries, because it concerns various important aspects, such as national defense hydroacoustics, the development and civilian use of oceans. China is a maritime power with abundant ocean resources. As the exploitation and utilization of oceans develop, there will be more researches on underwater sound communication.

Both radio wave and light wave weaken quickly underwater, so underwater communication can only be possible by using sound waves. However, underwater acoustic channel is a complicated time-, space- and frequency-varying multipath. In addition, its features, such as strong noise, narrow bandwidth, low carrier frequency, great fluctuation and long transmission delay, pose great difficulties for underwater acoustic communication. Strong multipath effect and drastic fluctuations are the main reasons for the poor conditions of the underwater acoustic communication, because they can weaken the signal amplitude and cause strong inter-symbol interference. The thesis is based on DSP and makes tentative exploration on the detection of weak underwater acoustic signals with the help of correlation technique.

The thesis contains seven parts. The first part briefly introduces the importance of the present study and the current situation of underwater acoustic communication both at home and abroad. The second part discusses the physical features of the shallow water acoustic channels which is relevant to underwater acoustic communication. The third part introduces the research on the detection technology of weak signals both at home and abroad, and also investigates and summarizes some frequently used arithmetic of weak signal detection. The fourth part focuses on the application of correlation technique to weak signal detection. The fifth part uses LabVIEW software to do multi-layer autocorrelation simulation experiment. The sixth part introduces DSP system. The last part introduces the technical parameters and implementation methods of main component of the system and gives the maritime experiment results of Xiamen port.

Key words: shallow water acoustic channel; weak signal; DSP; multi-layer autocorrelation

目 录

中文摘要	I
Abstract.....	III
第 1 章 绪论	1
1.1 选题背景.....	1
1.2 研究意义.....	2
1.3 水声通信研究发展现状.....	3
1.3.1 国外水声通信研究发展状况	4
1.3.2 国内水声通信研究发展现状	5
第 2 章 浅海水声信道物理特性.....	9
2.1 海洋声学特性.....	9
2.2 海洋环境噪声	10
2.3 浅海声信道的主要特点.....	11
2.2.1 声传播损失	11
2.2.2 复杂性	12
2.2.3 多变性	13
2.2.4 强多途效应	13
2.2.5 声传播起伏	15
2.2.6 多普勒频移特性	16
第 3 章 微弱信号检测算法的研究.....	17
3.1 微弱信号检测的意义.....	17
3.2 微弱信号检测算法的研究进展.....	17
3.3 微弱信号检测的基本原理.....	18

3.4 微弱信号的基本检测方法	19
3.4.1 窄带滤波法	19
3.4.2 双路消噪法	20
3.4.3 同步累积法	20
3.4.4 锁定接收法	21
3.5 基于小波的微弱信号检测	23
3.5.1 小波变换的基本特点及性质	23
3.5.2 小波变换的原理	23
3.5.3 小波变换与信号处理	24
3.6 基于混沌理论的微弱信号检测	25
3.6.1 混沌的基本理论与混沌系统	25
第 4 章 相关技术在微弱信号检测中的应用	27
4.1 相关检测的发展历史	27
4.2 相关函数	28
4.2.1 自相关原理	28
4.2.2 互相关原理	29
4.3 相关检测的算法	30
4.4 相关检测的应用	31
第 5 章 多重自相关	33
5.1 多重自相关算法	33
5.2 基于 LabVIEW 的多重自相关仿真程序设计	34
5.2.2 多重自相关运算的程序设计	34
5.2.3 基于 LabVIEW 软件的多重自相关仿真实验	35
第 6 章 DSP 简介	40
6.1 DSP 的基本结构	41
6.2 DSP 的应用	41

6.3 TI 公司目前主推四个系列的 DSP.....	43
6.4 TMS320C6416DSP 简介.....	44
第 7 章 基于相关技术的水声信号检测系统.....	47
7.1 系统各部分详细描述.....	47
7.1.1 计算机与 DSP 间的通信及信源编码.....	47
7.1.2 跳频序列编码与调制.....	50
7.1.3 同步抓取.....	51
7.1.4 信息信号检测.....	52
7.2 实验结果分析.....	52
结 语	56
参考文献	57
致 谢	60

Catalog

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	III
Chapter One Introduction	1
1.1 Background of the study	1
1.2 Importance of the study	2
1.3 The researches on underwater acoustic communication	3
1.3.1 Foreign researches on underwater acoustic communication	4
1.3.2 Domestic researches on underwater acoustic communication.....	5
Chapter Two Physical features of shallow water acoustic channels ...	9
2.1 Characteristics of maritime acoustics	9
2.2 Maritime ambient noise	10
2.3 Main characteristics of shallow water acoustic channels	11
2.2.1 Transmission loss	11
2.2.2 Complexity.....	12
2.2.3 Polytrope	13
2.2.4 Strong multipath effect.....	13
2.2.5 Fluctuation effect	15
2.2.6 Features of Doppler shift	16
Chapter three research on the arithmetic of weak signal detection ..	17
3.1 The importance of weak signal detection	17
3.2 The development of the researches on the arithmetic of weak signal detection.....	17
3.3 Fundamental principles of weak signal detection	18
3.4 Basic ways to detect weak signals	19
3.4.1 Narrow-band filtering	19
3.4.2 Double-way de-noising.....	20
3.4.3 Synchronous accumulation	20

3.4.4 Locked reception.....	21
3.5 Weak signal detection based on wavelets.....	23
3.5.1 Basic characteristics of Wavelet Transform.....	23
3.5.2 Principles of Wavelet Transform.....	23
3.5.3 Wavelet Transform and signal processing	24
3.6 Weak signal detection based on the chaos theory.....	25
3.6.1 Basic principles of chaos and chaotic systems	25
Chapter four application of the correlation technique to weak	
signal detection	27
4.1 The development of correlation detection.....	27
4.2 Correlation function.....	28
4.2.1 Auto-correlation theories	28
4.2.2 Cross-correlation theories	29
4.3 Arithmetic of correlation detection	30
4.4 Application of correlation detection.....	31
Chapter five multi-layer auto-correlation	33
5.1 Arithmetic of multi-layer auto-correlation.....	33
5.2 Multi-layer auto-correlation simulation programming design based on	
labview.....	34
5.2.2 Programming design of multi-layer auto-correlation arithmetic	34
5.2.3 Multi-layer auto-correlation simulation experiment based on labview	35
Chapter six introduction of DSP	40
6.1 Basic structure of DSP.....	41
6.2 Application of DSP.....	41
6.3 Four series of DSP promoted by TI company.....	43
6.4 Introduction of TMS320C6416DSP.....	44
Chapter seven underwater acoustic signal detection system	
based on Relevant Technologies.....	47
7.1 Detailed information of different parts of the system.....	47
7.1.1 The communication between computers and DSP & source coding	47

7.1.2 Frequency hopping sequential coding and modulation	50
7.1.3 Synchronous grasping	51
7.1.4 Information signal detection	52
7.2 Analysis of experiment results.....	52
Conclusion	56
References	57
Acknowledgement.....	60

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第 1 章 绪论

海洋丰富的资源为人类的生存和发展提供了广阔的前景，是 21 世纪人类社会可持续发展的宝贵财富和最后空间。我国是一个拥有 18000 km 漫长海岸线和 $3 \times 10^6 \text{km}^2$ 广阔管辖海域的海洋大国，海洋资源非常丰富，如何充分合理地开发海洋资源，提高海洋军事能力，对提高我国综合国力、加快我国现代化进程有着至关重要的意义。而海洋开发和海洋国防中的每一项工程活动，几乎都与水声通信技术有着密切的联系，研究和发展水声通信技术具有重要意义。

1.1 选题背景

当今世界已进入飞速发展的信息时代，通信是这一进程中发展最迅速的产业。陆地和空中通信领域中包括的两个最积极、最活跃和发展最快的分支——Internet 网和移动通信网日臻完善，而水声通信一直是通信领域的难点，也是未来发展的重点。人类的历史表明，需要是发明、创造的强大动力，水声通信也不例外。由于军事上的需要，水声技术在二战初期得到迅速发展，并于二战后用于民用。主要包括：回声探测、海底地貌测绘、船舶导航、鱼群探测、水下机器人、沉船打捞、实时海洋环境监测、海洋灾害预报等。

在水中，无线电波和光波都衰减得非常快，因此使用声波通信几乎成了水下通信唯一的选择。但水声信号检测，势必会碰到因为海洋环境的复杂性等引起的特殊问题，比如多途效应和强的噪声将导致严重的码间干扰、幅度衰落以及信噪比低等。本论文正是在这个背景下，以 DSP 为平台，利用相关技术对水声微弱信号的检测进行初步的探索。

“微弱信号”不仅意味着信号的幅度很小，而且主要指的是被噪声淹没信号的信噪比低，这里的“微弱”是相对于噪声而言的。为了检测被背景噪声覆盖的微弱信号，人们进行了长期的研究工作，分析噪声产生的原因，研究被测信号的特点、相关性及噪声的统计特性，检出并恢复被背景噪声掩盖的微弱信号。微弱信号检测技术首要任务是提高信噪比，这里需要采用电子学、信息论、计算机和物理学的方法，从而在强噪声的背景中检测出有用的信号。

1.2 研究意义

水声通信涉及国防水声学和民用海洋开发、利用诸多方面，受到各有关海洋国家的高度重视。我国是一个海洋大国，拥有丰富的海洋资源，随着人类开发和利用海洋的步伐加快，对水声的研究将成为必然。

水声通信，包括数字、语音、图形、图像通信，是各类水下载体、水下机器人之间及其与水面舰船传递信息的重要手段。在军事上水声通信主要应用于大型武器实验场数据采集、潜艇与潜艇、潜艇与水面舰艇、潜艇与岸上指挥基地之间的信息传输，历史上的两次世界大战充分显示了水声通信技术在军事上的重要性。然而长期以来，水声技术的每一项进展几乎都限制在军事应用和军事保密的范围内。

二战后，随着人们越来越多地把开发目光投向海洋，水声技术开始逐渐由军用转向民用。水声技术已成为海洋开发及研究工作不可缺少的手段。水声技术在民用及科研方面的应用主要包括：回声测深、海底地貌绘测、海洋地质勘探、船舶导航、鱼群探测、水下机器人、海洋考古、沉船打捞、海上失事飞机黑匣子定位、实时海洋环境检测、海洋灾难预报、海上石油、矿产勘探及开发过程中，水下石油管道铺设与定位、船舶动力定位、井口重入等方面^[1-3]。因此，研究水声通信无论对军事领域和海洋的研究、开发都具有非常重要的意义。

图 1-1 为水面船只使用水声技术探测海底矿产的情景。如图 1-2(a)为声释放器示意图，图 1-2(b)为水下无人驾驶机器人示意图。

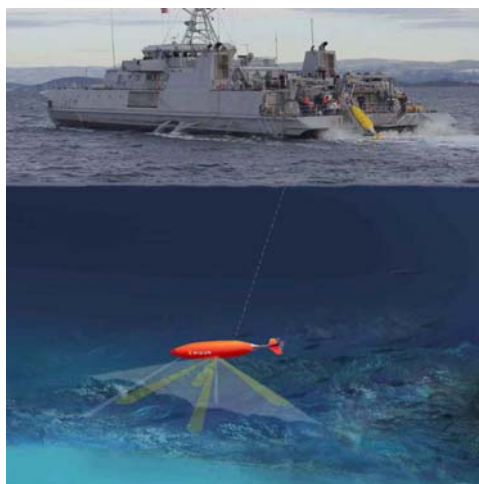


图 1-1 水面船只使用水声技术探测海底矿产

Fig. 1-1 Ships use underwater acoustic technology to detect mineral resources on the sea floor

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.

厦门大学博硕士论文摘要库