

学校编码: 10384
学 号: 23320121152956

分类号_____ 密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 ARM Cortex-M3 的远程水声通信海测平台
Long Range Underwater Acoustic Communication Sea Trial
Platform Base on ARM Cortex-M3

柯福元

指导教师姓名: 程恩 教授
袁飞 副教授
专 业 名 称: 电子与通信工程
论文提交日期: 2015 年 月
论文答辩时间: 2015 年 月
学位授予日期: 2015 年 月

答辩委员会主席:
评 阅 人:

2015 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

随着社会的不断发展，人们对自然资源的依赖和开发提出了更高的要求。由于陆地资源的持续消耗，人们开始将目光转移到了海洋上面来了。目前，世界上各个国家都将开发海洋资源和发展海洋科学技术纳入了国家发展战略中。由于海洋环境的特殊性，传统的无线通信技术不能满足海洋通信的需求。相反的，使用声波作为信息载体的水声通信技术已经成为了海洋信息技术的关键领域。

传统的水声技术验证需要开发人员携带大量的设备出海进行实地测试。这样一来，为了验证某一新技术，开发人员往往要经历一个风险大、花费高、周期长的海测流程。这一现状很大程度上限制了水声通信技术的蓬勃发展。为了解决这一问题，本文提出了一种可进行远程操作、重复使用、并集成了虚拟设备和数据分析功能的海测平台以代替传统的海测方式。该平台可以向研发人员提供一个可靠的、实时的、高效的海测方案，极大提高海测效率。

海测平台主要由三个子系统组成，分别为控制中心、水面无线数据传输与数据处理系统、水下指令通信系统。控制中心提供了一个成熟的人机界面给实验人员操作，通过该界面实验人员可以实现实验设备（水面无线数据传输与数据处理系统）的浏览和定位、实验设备功能选择和连接、实验数据的存储和发送、实验数据的分析及波形显示等功能。水面无线数据传输与数据处理系统作为海测平台进行海测实验的核心模块，利用网络通信技术、无线通信技术、串口通信技术、嵌入式技术和水声通信技术实现了与控制中心的远程数据传输和实验数据处理功能。水下指令通信系统可以对控制中心的指令控制信号做出移位响应，我们利用跳频-多进制频移键控（FH-MFSK）调制解调技术设计了指令通信系统，确保了控制指令传输的准确性。

本文对现有的国内外海测实验平台进行了详细的调研和分析，设计搭建了一个具有三层结构的立体海测平台。最后，我们对海测平台进行了详细的测试以验证海测平台的实用性。这一研究成果具有较好的发展空间和应用前景。

关键词：水声通信技术 控制中心 水面无线数据传输与数据处理系统 水下指令通信系统 跳频-多进制频移键控（FH-MFSK）

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

With the continuous development of society, human become more and more depending on the nature resource and its exploiting. As some of land reserves were exhausted, human have to shifting their focus on ocean resource. More and more countries set it as a part of national development strategies. As the electronic wave cannot transmit effective in underwater acoustic channel, traditional technique of wireless communication cannot meet the technical requirements of underwater communication. In present, underwater acoustic communication is becoming the main method of communication in ocean's environment.

Researcher in the field of underwater acoustic communication have to carry many equipment in order to verify some of algorithm in actual ocean environment. Researcher have to spend most of time and money on such sea trial. The present condition may restrict the rapidly development of underwater acoustic communication. In order to solve the problem, the thesis proposed a remote sea trial platform which integrating virtual device and data analyzing module to replace the traditional sea trial. The platform will provide a reliable, real time and effective sea trial and improve the efficiency of sea trial.

The sea trial platform is consist of three subsystems, that are control center system, wireless data transmitting and data processing system and underwater digital instruction communication. The control center system provide a good human-computer interface for researcher, researcher can use it to connect the devices on the sea and get the GPS position of them , receiving and sending experimental data, besides, researcher can observe the waveform from the device and process the receiving data. Wireless data transmitting and data processing system is the key subsystem of the platform, it achieves the communication of control center system with the technology such as internet communication, Serial Port communication, embedded and underwater acoustic communication. Underwater digital instruction communication system will respond to the message from control center. We use the frequency hopping- Multi

frequency shift keying technology (FH-MFSK) to design digital instruction system to assure the robustness of the system.

According to the analysis of sea trial platform at home and abroad, thesis design a sea trial platform that consist of three subsystem. And then we make some detail experiments in order to verify the practicability of the platform. The platform has a good space for development and application prospect.

Key words: Underwater Acoustic Communication, Control Center, Wireless Data Transmitting and Data Processing System, Underwater Digital Instruction Communication, FH-MFSK

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 大型海测网研究现状.....	2
1.2.2 小型海测平台研究现状.....	4
1.3 论文主要内容和架构	8
第二章 海测平台总体框架	11
2.1 海测平台框架设计	12
2.1.1 控制中心.....	13
2.1.2 水面无线数据传输与数据处理系统.....	14
2.1.3 水下指令通信系统.....	15
2.2 海测平台工作流程	16
2.3 海测平台数据协议设置	15
2.4 开发环境介绍	16
2.5 本章小结	19
第三章 海测平台设计与实现	21
3.1 控制中心功能设计与实现	21
3.1.1 控制中心数据接口.....	21
3.1.2 控制中心功能设计.....	24
3.1.3 控制中心主界面.....	25
3.1.4 控制中心水面系统操作界面.....	27
3.1.5 控制中心数据传输界面.....	28
3.1.6 控制中心数据分析与波形显示界面.....	32
3.2 多线程技术及其应用	34
3.2.1 多线程概述.....	34
3.2.2 多线程技术的应用.....	34
3.3 水面无线数据传输与数据处理系统	35
3.3.1 无线数据传输模块.....	36

3.3.3 数据处理系统芯片选择.....	39
3.3.4 数据处理系统数据接口设计.....	40
3.3.5 数据处理系统驱动.....	46
3.3.6 数据处理系统的数据处理流程.....	50
3.3.7 数据处理系统数据存储与格式转换.....	51
3.4 水下指令通信系统	52
3.4.1 FH-MFSK 通信系统	53
3.4.2 水下通信指令据帧格式.....	54
3.4.3 水下指令通信系统数据处理.....	54
3.5 本章小结	55
第四章 海测平台的部署与调试	57
4.1 实验框架.....	57
4.2 网络传输实验.....	58
4.2.1 海测平台数据采集测试.....	60
4.2.2 海测平台数据发送测试.....	62
4.3 无线数据传输实验.....	63
4.4 水池实验.....	65
4.4.1 实验环境.....	65
4.4.2 实验部署.....	66
4.4.3 实验结果.....	67
4.5 本章小结.....	69
第五章 工作总结与展望	71
5.1 论文工作总结.....	71
5.2 未来工作展望.....	72
参考文献	73
攻读硕士期间的科研成果	77
致谢.....	79

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Research Background and Significance.....	1
1.2 Research Status	2
1.2.1 Research Status of Acoustic Communication Network	2
1.2.2 Research Status of Sea Trial Platform	4
1.3 Thesis Research and Arrangement.....	8
Chapter 2 Design Scheme of Sea Trial Platform	11
2.1 Frame of Sea Trial Platform	12
2.1.1 Control Center.....	13
2.1.2 Wireless Data Transmitting and Data Processing System	14
2.1.3 Underwater Digital Instruction Communication	15
2.2 Work Flow of Sea Trial Platform	16
2.3 Protocol of Control Instruction	15
2.4 Development Environment.....	16
2.5 Summary.....	19
Chapter 3 Implementation of Sea Trial Platform.....	21
3.1 Implementation of Control Center	21
3.1.1 Data Interface of Control Center.....	21
3.1.2 Control Center Function	24
3.1.3 Control Center Main Interface	25
3.1.4 Operation Interface of Surface System	27
3.1.5 Data Transmission Interface	28
3.1.6 Interface of Data Analysis and Waveform Display.....	32
3.2 Multi-threading Technology and Its Applications.....	34
3.2.1 Outline of Multi-threading Technology	34
3.2.2 Application of Multi-threading Technology	34
3.3 Wireless Data Transmitting and Data Processing System.....	35

3.3.1 Wireless Data Transmitting System	36
3.3.3 Chip of Data Processing System.....	39
3.3.4 Data Interface of Data Processing System.....	40
3.3.5 Drive of Data Processing System	46
3.3.6 Data Processing Flow of Data Processing System	50
3.3.7 Data Format Conversion of Data Processing System	51
3.4 Underwater Digital Instruction Communication System.....	52
3.4.1 FH-MFSK Communication System.....	53
3.4.2 Data Format of Underwater Digital Instruction Communication	54
3.4.3 Data Processing of Digital Instruction Communication	55
3.5 Summary.....	55
Chapter 4 Deployment and Experiment of Sea Trial Platform.....	57
4.1 Experiment Framework	57
4.2 Network Data Transmission Experiments	58
4.2.1 The Experiments of receive function	60
4.2.2 Experiments of Send Function.....	62
4.3 Wireless Data Transmission Experiments	63
4.4 Pool Experiments	65
4.4.1 Experiment Environment	65
4.4.2 Experiment Deployment	66
4.4.3 Experiment Result.....	67
4.5 Summary.....	69
Chapter 5 Summary and Outlook.....	71
5.1 Summary.....	71
5.2 Outlook.....	72
Reference.....	73
Research Achievements During Study	77
Acknowledgement	79

第一章 绪论

1.1 研究背景与意义

海洋总面积约为 3.6 亿平方公里，占全球面积的 71%，海洋中蕴含着丰富的资源。以前由于科学技术的限制人们对海洋资源的开发并不是十分上心，然而二十世纪以来，随着全球性的资源紧缺，以及现代化国防的需求，发展海洋科技逐渐受到了各国的关注。目前国际海洋发展呈现出了两种态势，一是越来越多的国家开始加大对海洋资源的开发，例如加拿大、美国、欧盟、日本等国家都陆续提出了自己的海洋的开发计划和政策，并把建设海洋强国作为国家发展的目标。二是海洋科技的地位越来越重要，海洋科技不但是海洋资源开发的基础更是国家安全的关键所在。因此以海洋信息技术，海洋生物技术为核心技术的海洋技术正成为世界各国的重点研发的方向。

作为沿海国家，我国有丰富的海洋资源，海岸线长 18000 公里、领海面积 300 万平方公里、拥有 500 多个岛屿，其中富含种类繁多的生物资源和巨大矿物资源。所以，无论是为了发展国防事业还是资源开发，大力发展海洋技术已成必然之势。2014 年的《中国海洋发展报告》明确指出，我们必须依靠科技进步和科学创新来发展海洋高新技术，争取及早突破限制海洋经济发展和海洋环境保护的技术瓶颈^[1]。同时，“十一五纲要”和“十二五纲要”也强调了海洋技术发展的重要性，并且提出了“数字海洋”的发展目标。

水声通信技术不仅是海洋科学技术的核心技术，同时也是“数字海洋”的主要技术之一。它在发展海洋经济、开发海洋资源、收集信息、国家海洋安全等方面都有着极其重要的地位^[2]。然而，由于海洋环境的特殊性，传统的利用光波和电磁波进行通信的无线电技术由于其信号在水中的衰减非常大，因此他们在水下的有效通信距离都非常短，无法满足水下通信的需求。相反的，声信号却可以在水中传播非常远距离（几十到几百公里不等）。所以，以声信号作为信息传输载体的水声通信技术是目前实现海洋信息传输的最佳方法^[3]。

近年来，由于国内外各大高校和科研机构的不断努力和探索，水声通信技术有了很大的发展，如扩频、均衡、信道估计等技术都有了明显的进步。然而由于

海洋环境的特殊性，现存的模拟仿真技术并不能满足我们对新技术的检验。因此对于新技术验证我们通常都需要进行复杂的海测^[4]。传统的海测方式需要携带大量设备出海进行测试，这样不仅试验费用高、风险大而且由于设备繁多，在人为操作过程中出现些许偏差也可能影响到试验的精度。此外，海测设备所需要的能源供给问题和海测过程中需要根据海测地点不断进行换位置的问题也是困扰实验人员的问题。图 1-1 所示所示为传统的海测流程图。



图 1-1 传统的海测流程

本文将从海测费用高、风险大、操作繁琐的缺点入手。开发一套海测平台来提高海测效率。使用控制中心远程遥控分布在海面的水面系统进行海测实验，避免了出海测试的风险、降低了实验成本、提高了实验效率。与此同时我们还开发了水下指令通信系统为将来海测平台扩展成为水声通信传感器网络打下基础。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 大型海测网研究现状

为了大力发展海洋技术，世界各国都投入了巨大的资金来建设大型的海洋观测平台和海洋试验基地，其基本结构图如图 1-2 所示。美国在 90 年代初首先提出了“水声网”的概念，并提出了海网（Seaweb）计划进行验证。海网计划从最初的 Seaweb98 版本到后来的 Seaweb99、Seaweb2000 等版本的不断深入，标志

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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.