

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22420071154184

廈門大學

硕士学位论文

水声网络节点定位技术研究

Study on Underwater Acoustic Network Nodes Positioning

Techniques

李欣国

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: 2010年5月

论文答辩时间: 2010年6月

2010年6月

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 日

摘要

水声定位技术是当代国家安全保障和海洋资源开发的重要组成部分，它在保障国防安全和国民经济建设的顺利进行中起着重要作用。随着人类对水下探索研究工作的深入开展，所采用的研究手段越来越多，载人深潜器，水下机器人，海底油气管线布设，远程监控系统以及其它各种探测设备不断出现，水下高可靠性的导航定位在海洋发展中起着越来越重要的作用。

现有的高精度水声定位系统大多设备庞大、操作复杂，在海洋信息技术高速发展的今天，网络化的水声通信、水声监测体系已成为一种趋势，单独设计一套复杂的水声定位系统不再满足高效率科研和生产活动的要求，水声定位与水声通信、水声监测及其他水声网络的结合将是未来的发展方向。从长远来看，水声网络节点定位具有十分广阔的应用前景，在军事国防、环境观测预报、海洋探测开发、智能水下机器人等许多领域都有重要的科研价值和巨大的实用价值。本论文选题正是基于这样的研究背景，结合国家“863”专项课题“分布式海洋水声通信系统”的硬件基础，设计了一套能与水声通信网络相结合的水声网络节点定位系统。

论文对水声信道传输特性及多种水声定位模型和网络节点定位算法进行了详细研究，对可能引起定位误差的各种因素及其解决途径加以分析。在此基础上利用 NI Compact-RIO 嵌入式模块具有高速数字信号处理能力和易于编程的优点，在物理层通信节点模块的配合下，设计实现了一套基于 LabVIEW 8.2 虚拟仪器软件的水声网络节点定位系统。该系统采用基于测时的异步、长基线水声网络节点自定位方法，以两个存在特定间隔的双曲调频信号作为主要定位信号，测量定位信号在节点间的往返时延差作为距离测量的依据，使用先验平均声速法确定声传播速度，将三边测量法与质心法相结合解算定位方程，经过多次仿真分析、水池及海上实验验证，本定位系统在复杂浅海环境中 80m 范围内的定位误差小于 1m。

基于水声网络的水下目标协同定位是海洋高新信息技术发展的一个重要趋势，将水声通信网络与基于网络节点的定位有机结合是本论文的一大特点。论文

利用实验室中开发的分布式海洋通信网络(UAMS)的软硬件系统实现节点定位,依据定位结果,可以实时的对通信网络中等待重传时延、信号发射功率以及节点多跳路径等主要性能参数进行设置,对减小水声通信网络的功耗、提高网络的通信效率及增大网络吞吐量等网络设计参数具有重要帮助。论文对水声定位中常用的单频、双单频跳变点检测以及调频等定位信号类型进行了比较研究,提出采用含一定间隔的两个双曲调频信号作为水声网络节点定位系统的定位信号,采用基于三边测量法的质心算法作为网络节点定位算法,在定位信号传播时延的测量上采用先到先发后到后发的时延控制方案,所做的工作能够对水声通信、海洋探测与开发、海洋工程建设和水下潜艇定位提供理论和技术支持,具有广泛的应用前景。

关键词: 水声网络; 定位信号; 定位精度; 节点定位算法

Abstract

Acoustic positioning technology is an important part of the contemporary national security and marine resources development. It plays an important role in the protection of national security and the well progress of national economy. With the intensive research in the ocean exploitation, the research methods used becoming more and more, Deep-sea manned submersibles, remote operated underwater vehicle, the laid of undersea oil and gas pipelines, remote monitoring systems and various other emerging detection equipments, high reliability underwater Navigation and Positioning systems has a position that cannot be shaken in the marine development strategy.

Existing high-precision acoustic positioning system devices are mostly large and complex to operate, today, with the rapid development of information technology in the ocean, the underwater acoustic communication networks and underwater acoustic monitoring systems is becoming a trend, a separate set of complex acoustic design positioning system no longer meet the requirements of high efficiency scientific research and production activities. The Combination of underwater acoustic positioning and underwater acoustic communication, underwater acoustic detection and other underwater acoustic networks is a trend in the future. In a long term, acoustic network nodes positioning have very broad application areas, and have important scientific value and great practical value in the military and national defense, environment observation and forecast, marine exploration development, intelligent underwater robot and many other areas. This paper is just put forward in such circumstances, combined with the hardwares base of national “863” specific subject “Distribute UAC Technology research in the ocean”, designed a set of acoustic network nodes positioning system that contains the function of position and can be combined with acoustic communication networks.

This paper researched on the transmission characteristics of underwater acoustic

channel and some location model and network nodes algorithm in details, analyzed the factors that may cause positioning error and the solutions for them. On this basis, using NI CompactRIO Embedded Module, using of its high-speed digital signal processing capability and the easy programming advantages in conjunction with the physical layer of the communication module, designed and implemented a set of underwater acoustic positioning system based on the virtual instrument software LabVIEW 8.2. This system based on the propagation time, is a Long baseline positioning method, use two HFM signals with specific interval as the primary positioning signal, measure the positioning signal's Propagation time between two nodes as the foundation of distance measurement, use priori mean sound speed law to determine the speed of sound propagation, combined the maximum likelihood estimation method and centroid method to solve the positioning equation, repeated simulation and experiments proved that the allowance error of the positioning system can be about 1m in a range of about 80m.

The positioning system combined with underwater acoustic networks is an important trend of the development of marine high-tech information technology, and it is also a major characteristic of this article. This paper use hardware and software system of underwater communications networks (UAMS) to implementation nodes positioning purposes. The result of this positioning system can help the communication networks to set the Transmit power, the Signal retransmission interval, the Node multi-hop path and other propels that can help increase network throughput, reduce communication network's power consumption and improve network efficiency. The paper compared single-frequency, dual- single frequency hop detection and HFM and other signal types, the final selection with a certain interval of two HFM signal as positioning signal, centroid algorithm based on trilateration Law as the localization algorithm, the positioning signal propagation delay measurement is also a new attempt. Works of this paper can provide theoretical and technical support to underwater acoustic communications, marine exploration and development, marine construction and the positioning of underwater submarines, and will have broad application prospects.

Keywords: Underwater acoustic networks; Positioning signal; Positioning accuracy; Node localization algorithm

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

摘 要	1
Abstract	111
第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 水声定位的起源与发展现状	2
1.2.1 水声定位的起源	2
1.2.2 水声定位技术发展现状	3
1.3 水声网络节点定位技术的发展现状	8
1.4 论文主要研究内容	11
第二章 水声网络节点定位原理	12
2.1 引言	12
2.2 水声网络节点定位分类	12
2.2.1 水声定位分类	12
2.2.2 水声网络节点定位的分类	17
2.3 水声网络节点定位算法研究	19
2.3.1 定位数学模型	19
2.3.2 节点间距离测量方法	22
2.3.3 节点位置计算方法	25
2.3.4 基于最小二乘法的牛顿迭代定位算法	29
第三章 海洋声场特性和有效声速	34
3.1 引言	34
3.2 海洋声学特性	35
3.2.1 多途效应	35
3.2.2 起伏效应	39
3.2.3 多普勒效应	40

3.3 海洋中的声传播	41
3.3.1 海水中的声速	41
3.3.2 海洋声速剖面	42
3.4 水声定位系统中声速处理方法	45
3.4.1 泰勒级数展开法	45
3.4.2 经验声速法	46
3.4.3 声线修正法	47
3.4.4 深海有效声速法	48
第四章 水声网络节点定位关键技术	53
4.1 水声网络节点定位系统性能指标	53
4.1.1 定位的精度与规模	53
4.1.2 定位的节点密度	54
4.1.3 容错性和自适应性	55
4.1.4 定位代价	55
4.2 测距误差的控制	56
4.2.1 定位声速测定	56
4.2.2 定位信号选择及传播时延确定	57
4.3 定位算法的选择	63
4.3.1 基于三边测量法的质心定位算法介绍	63
4.3.2 三角质心定位法性能验证	66
4.4 水声网络节点定位系统与传统水声定位的区别	67
第五章 水声网络节点定位的设计和实验	69
5.1 定位系统软、硬件配置	69
5.2 定位系统上层的 LabVIEW 实现	72
5.3 水声网络节点定位系统实验情况	74
5.3.1 实验信道测试	75
5.3.2 调频信号长度对传播时延测定的影响	76
5.3.3 定位区域声速测定	77
5.3.4 节点间距离测量	79
5.3.5 节点定位结果分析	79

第六章 总结与展望	81
6.1 论文工作总结	81
6.2 未来展望	82
参 考 文 献	83
致 谢	87

厦门大学博硕士论文摘要库

Catalog

Abstract in Chinese	错误！未定义书签。
Abstract in English	错误！未定义书签。
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and significance	1
1.2 UAP research development	2
1.2.1 Origin of UAP.....	2
1.2.2 Development status of UAP.....	3
1.3 Development status of UANP	8
1.4 Main contents of paper	11
Chapter 2 The principle of UANP	12
2.1 Introduction	12
2.2 Classification of UANP	12
2.2.1 Classification of UAP	12
2.2.2 Classification of UANP	17
2.3 Algorithm of UANP	19
2.3.1 Location model	19
2.3.2 Distance measurement between nodes.....	22
2.3.3 Calculation method of nodes position.....	25
2.3.4 Newton iteration positioning algorithm based on least square	29
Chapter 3 Oceanic acoustics characteristic and effective sound velocity	34
3.1 Introduction	34
3.2 Oceanic acoustics characteristic	35
3.2.1 Multi-path effect	35

3.2.2	Fluctuation effect	39
3.2.3	Doppler effect	40
3.3	Ocean sound propagation.....	41
3.3.1	The speed of sound in seawater	41
3.3.2	Profile of the sound velocity undersea.....	42
3.4	Processing method of sound velocity in UAP system.....	45
3.4.1	The Taylor series expansion method.....	45
3.4.2	Experience sound velocity method	46
3.4.3	Amendment act of voice	47
3.4.4	Effective sound speed	48
Chapter 4	Key techniques of UANP system design	53
4.1	Performance of UAP system	53
4.1.1	Positioning precision and scale	53
4.1.2	Node density of positioning system.....	54
4.1.3	Fault tolerance and adaptability	55
4.1.4	Location cost.....	55
4.2	Ranging error control.....	56
4.2.1	Determine the positioning sound speed	56
4.2.2	Positioning signal's selection and propagation delay's determine.....	57
4.3	The selection of location algorithm	63
4.3.1	The centroid based on Trilateration localization algorithm	63
4.3.2	Performance verification of centroid algorithm	66
4.4	Differences between new UAP system and the traditional system	67
Chapter 5	The realization and experimental conditions of UAP	69
5.1	Software and hardware configuration of UAP	69
5.2	LabVIEW Implementation of the upper UAP system.....	72
5.3	The experiments on UAP system	74
5.3.1	Experiment channel test.....	75
5.3.2	The impact of FM signal length on propagation delay determination.....	76
5.3.3	Velocity determination in location area	77
5.3.4	Measuring the distance between nodes.....	79

5.3.5 Positioning result analysis.....	79
Chapter 6 Summary and prospect	81
6.1 Summary.....	81
6.2 Prospect.....	82
Reference	83
Acknowledge	87

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 引言

海洋占地球表面积的 71%，拥有 14 亿 km^3 的体积，蕴藏着极其丰富的生物资源以及 6000 亿吨的矿产资源。海洋还是一个巨大无比的能源库，全世界海洋中储存着 2800 亿吨石油，近 140 亿立方米的天然气。随着现代科技和生产的突飞猛进，人们对矿产资源的需求与日俱增，而与之对应的陆地资源却面临着被开发殆尽的危境。为了自身的生存和发展，人类势必要把开采矿产资源的目光从陆地转向海洋，向海洋寻求新的矿产资源基地，这已经是许多海洋国家将要面临的选择和机遇。

海洋的战略地位越来越重要，已经成为了国际政治、经济和军事斗争的重要舞台，海洋上存在着许多关于权益、资源和开发利用的争端。要解决这些争端，不能仅靠经济和政治的力量，还必须同时具备强大的海上军事力量。近年来海军的发展备受各国的关注，海军力量的强弱已成为衡量一个国家强大与否的新标准。对于军事系统来说，水声定位技术有助于对目标的正确估计和精确打击，为最终摧毁、消灭对方提供有力的手段。精确的导航定位系统是潜器从事水下活动的耳目，也是检验水下制导兵器性能的必要手段，所以很多沿海和非沿海的国家都投入了大量的人力和物力，研制用于不同环境下的水声定位跟踪系统，以在最大程度满足军事上的需要。对于民用事业，海洋资源开发、海洋环境监测、海上科学考察、水下机器人定位导航、航道异物清除以及水下安全探测等都离不开水下或水面目标的定位或导航。

目前国际上海洋勘探技术的发展主要集中在以下几个方面：海底集成高精密度定位技术、海底探测高精密度运动稳定平台技术、高分辨率海底侧扫声像合成孔径雷达（SAR）技术、快速高灵敏度的测量探头技术、多功能深潜器技术、远距离水声通讯技术等^[1]。伴随着海洋发展的日益深入，用于水下勘探的相关技术越来越受到人们的重视。作为水下探测的一个重要分支，水声定位技术在水下探测领

域中的诸多场合发挥着不可替代的作用，其重要性也日益提高。

随着海洋工程的不断发展，水声学、信号处理理论逐步成熟，网络化的水声通信、水声监测技术得到长足发展，水声技术的应用愈来愈广泛。功能单一的水声定位系统已经跟不上人类海洋开发的步伐，军事和民用领域对于水声网络节点定位的需求不断加大，利用节点定位技术对水声网络中的目标节点进行定位、跟踪或导航在军事和民用方面都有着重要和不可取代的地位，将在人类向海洋的发展中做出更大的贡献。

1.2 水声定位的起源与发展现状

1.2.1 水声定位的起源

1912年，“泰坦尼克号”海难事故促使科学家们开始研究对冰山的探测定位并导致回声探测仪的诞生。一年后，美国科学家 R·A·费森登（R·A·Fessenden）申报了水下探测的多项专利并用自己设计的动圈式换能器制造了第一台回声探测仪。1914年4月他用这台设备发出的500-1000Hz的声波成功地探测到3.7km之外的冰山^[2]。

如果说回声探测仪是水声定位的雏形，那么两次世界大战就是促使水声定位迅速成长的催化剂：第一次世界大战极大地推动了水声定向定位兵器的发展，世界各国相继发展水声设备，对水下的潜艇进行探测。在第二次世界大战中，对水下目标的探测和估量受到了前所未有的重视，并在战后的到了快速的发展，出现了舰载声呐。当时舰载声呐的主要任务是以本舰为坐标系原点，探测目标的方位和距离。利用水声技术对船舶和水中载体进行地理位置（大地坐标）的测定，直到50年代才逐渐发展起来。1958年，美国华盛顿大学应用物理实验室在大波湾建成的三维坐标跟踪水下武器靶场，在海底放置了四个间距严格测定的水听器，可以在近距离上对带有同步声信标发射机的鱼雷提供距离和方位信息^[3]，这是高精度水声定位系统开始出现的一个标志。

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