

文章编号: 1674 - 5566(2014)02 - 0284 - 06

渔用声纳电子示位标防盗技术研究

倪汉华^{1,2}, 杨海马^{1,3}, 谌志新², 胡恒庆^{1,3}, 江涛²

(1. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093; 2. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 农业部渔业装备与工程技术重点实验室, 上海 200092; 3. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘要: 针对我国金枪鱼捕捞渔船上的无线电示位标装备现状, 特别是为了防止盗取设备强占渔场的现象发生, 对带有预警防盗功能的声纳示位标技术展开研究与试验, 系统将渔用声纳与卫星电子浮标整体集成, 利用水声数据采集技术与卫星数据通信技术, 通过水下拾音器采集柴油机噪声的音频信息, 该系统集成了卫星定位、声纳探测、无线电与卫星通讯, 并开发出了嵌入式防盗设备, 系统实现了示位标常规功能的同时增加了有效的预警防盗功能。可以提高我国金枪鱼鱼群探测信息化水平并保证设备的安全性。初步试验结果显示试验选用的渔民标准配备的挂机螺旋桨启动时的频率值稳定在 8.5 kHz 左右, 且空蚀效应明显, 在海洋噪声普遍高于 10.3 kHz 的环境下, 嵌入式防盗系统在 50 ~ 100 m 范围内可准确实现设备的预警防盗, 且抗干扰能力强, 相比于其它防盗方式更为实时有效。

研究亮点: 利用空蚀效应, 将水声学理论与嵌入式数字信号处理技术应用于渔业生产。独创性地提出了利用不易发觉的水下声处理设备对设备进行预警防盗。吸取了之前的防盗设施安装后立即就被“破解”的教训, 采用了更为灵敏和准确的防盗判别方式, 开发出了嵌入式小型设备, 可有效解决渔民的困扰, 避免产生较大的经济损失, 在目前的海上环境中不容易被“破解”, 具有一定的实际意义和可观的应用前景。

关键词: 示位标; 声纳; 预警防盗

中图分类号: S 951.2

文献标志码: A

金枪鱼作为一种营养、健康的现代食品备受推崇, 具有极高的经济价值。据最新渔业年鉴统计, 截至 2011 年, 我国远洋金枪鱼捕捞规模达到 4.3 万吨, 年产值已突破 33 亿元, 围网捕捞是我国重要的远洋渔业作业方式之一。在远洋围网捕捞中, 浮动的流木容易吸引大批金枪鱼, 渔场信息预报与确认的一个最重要设备是捆绑在流木上的无线电示位标^[1], 通过此设备确认渔场信息是捕捞中最初也是最重要的环节, 直接影响到整个捕捞效率。

目前国外诸多公司开发的金枪鱼跟踪浮标可通过卫星通讯在全球范围内得到金枪鱼鱼群的详细信息, 能极大提高渔场信息的判断能力并提高捕捞效率^[2-3]。但我国的围网渔船配备的无线电示位标全部依靠进口, 更重要的是非法将浮标与流木拆离并抢占渔场的现象经常发生, 致使

浮标投放者继续耗费人力物力追踪已经失去价值的浮标设备, 造成极大的损失。近几年采用的利用压力传感器感知设备被提出水面从而报警的方式因效果不佳而被摒弃, 截至目前也未见有效的防盗设备出现。针对这种状况, 本文以声学探测为切入点, 研究并试验了一种声学防盗装置, 可有效地进行防盗报警工作^[4-6]。

1 系统简介

水上浮标系统主要分为声纳模块、防盗模块、通讯模块与电源模块 4 个部分。声纳模块将常规电声换能器改装在电子浮标系统中, 通过发射超声波并分析回波信号完成鱼群信息探测。防盗报警模块是针对特殊渔情而专门设计, 主要是利用偷盗者实施偷盗过程中现场的声音信号来实施判别并进行报警。卫星通讯模块则完成

收稿日期: 2013-09-27 修回日期: 2014-01-13

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费(2013A0202); 国家高技术研究发展计划(2012AA092302)

作者简介: 倪汉华(1983—), 男, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向为水声仪器软硬件开发。E-mail: nihanhua@fmiri.ac.cn

所有信息的压缩并通过卫星进行发送,为渔船是否对此处渔场实施捕捞提供决策信息^[7]。太阳能电源模块利用太阳能板收集太阳能并转换为直流电为整个系统提供持续供电。

2 防盗系统设计

由于流木渔场下的金枪鱼具有极高的经济价值,因此经常发生偷盗行为,偷盗者接近浮标设备的方式一般为驾驶小型柴油动力船慢慢靠近,将浮标与流木拆离并丢弃或者据为己有。

本文针对这种由特殊渔情导致的设备丢失而引出的防盗技术做了专门的创新性研究与试验。设备的防盗设计是讨论的重点,而难点在于柴油机噪声频率与频率带宽和声压阈值的确定。

2.1 防盗系统试验

柴油机在水中的噪音主要来自螺旋桨旋转,此噪声频谱由连续频谱与线性频谱组成,嵌入浮标设备的防盗系统通过采集噪声信号并分析处理从而实现报警^[8]。在设计嵌入浮标的报警设备之前,前期试验先利用水下拾音器作为声音采集设备,通过多次实验收集所需的研究数据。

噪声信号处理部件主要实现以下功能:水下

声音信号采集;信号检波放大;滤波放大^[9-11];目标信号甄别;报警信号发送。

其中最根本性的问题在于通过试验得出柴油机的特征信号频率以便于信号甄别,而难点在于水声信号处理时信号滤波范围的确定,必须通过大量的现场试验以统计出有效数据,以此数据为基础来确定有效频率值^[12-13]。

试验选在江苏赣榆以东的海面上进行。拾音器安装于浮标底端水下 30 cm,渔民围网船配备的标准小型柴油动力船以浮标位置为中心分别进行原地停靠,驶离中心点 100 m,驶离中心点 50 m,远距离接近中心点 4 种类型试验。声音数据直录入笔记本电脑进行存储,从而得出了多组数据。

2.2 软件辅助分析

剔除实验中止和干扰过大的无效试验数据,经整理后得出有效数据,经频谱分析软件进行分析处理。典型图像如图 1,为原始音频声谱图。图中绿色脉冲信号为幅度超过 -20 dB 的周期性信号,通过人耳分辨和时间匹配后确定为水下气泡上升至破裂的噪声信号,与实验现场环境吻合,此信号确定为必须滤除的信号。

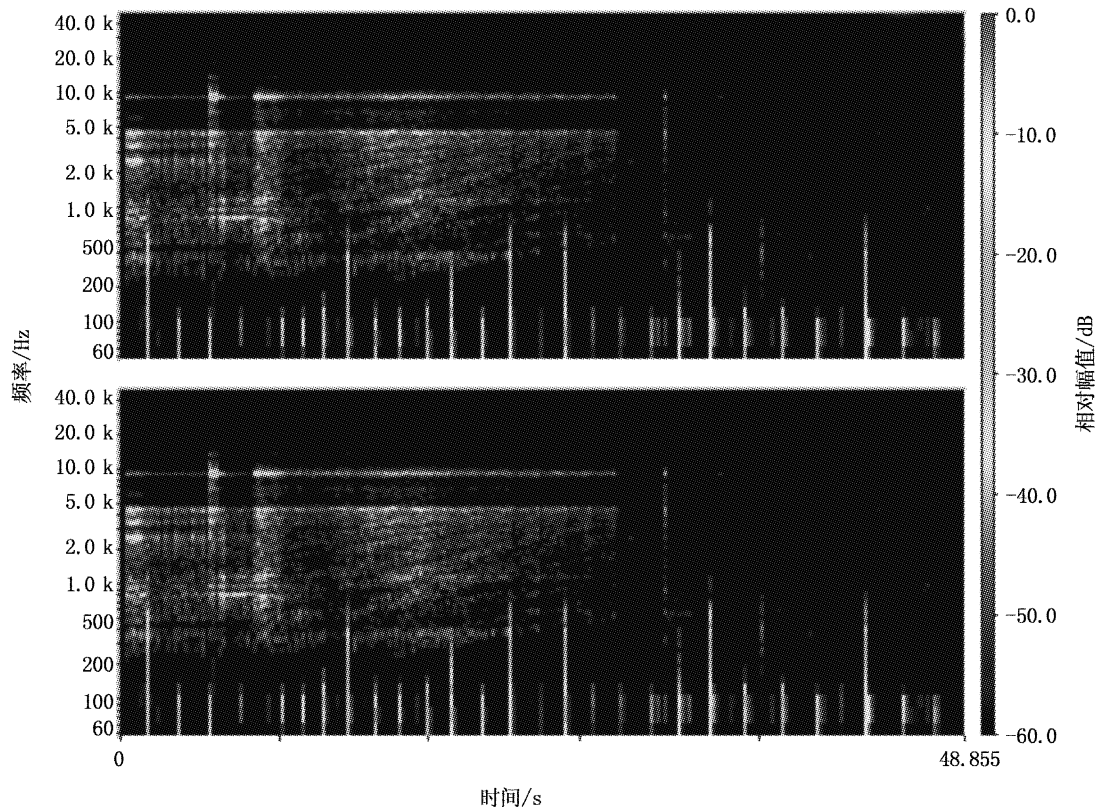


图1 滤波前声谱图

Fig.1 Spectrogram before filter

在关闭柴油机后长时间测试海洋环境噪声，从频谱图可以确定环境噪声在 10.3 kHz 以上的声压值较强。因此此信号也予以滤除。

从而得到图 2 所示音频声谱图。从此图显

示的时间段和现场声音分析比较可得出，频率在 5 kHz 至 10 kHz 之间的信号为柴油机正常运转时的目标信号。此信号为防盗系统所需要的目标阈值范围，需要对其做进一步频谱分析^[14]。

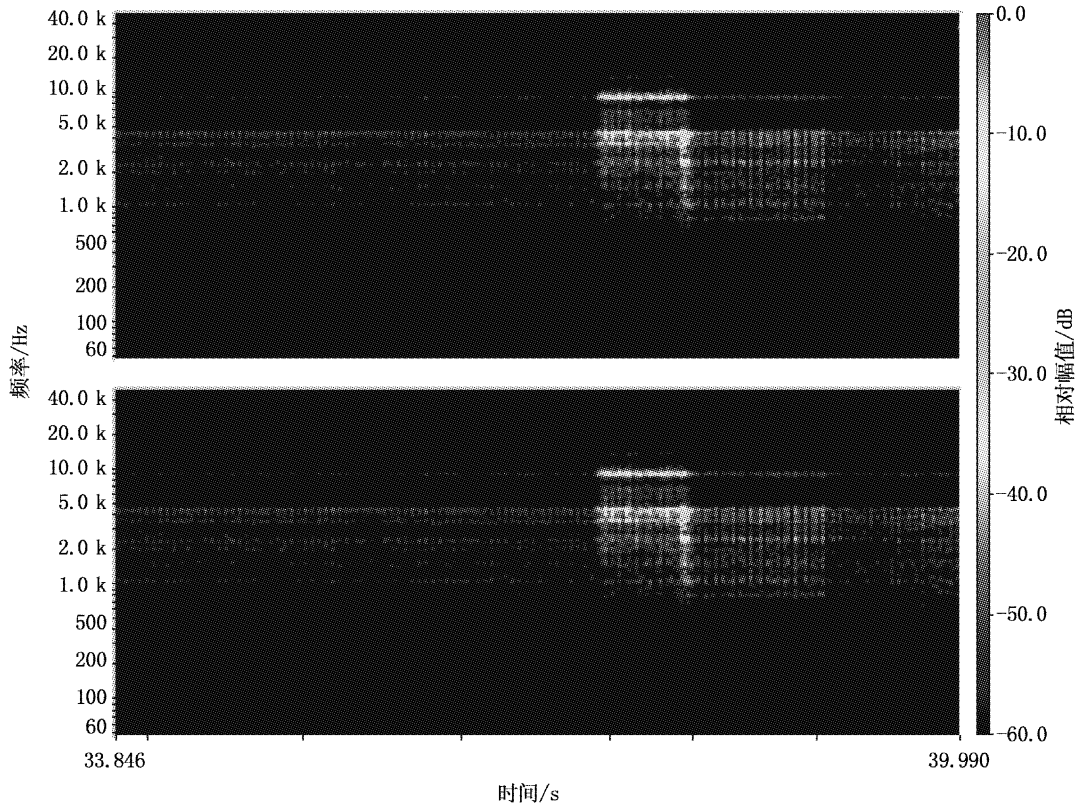


图 2 滤波后声谱图
Fig. 2 Spectrogram after filter

得到了目标信号范围，再将相同信号在时域图显示(图 3)，分析信号周期与幅值。可见此信号具有周期性。进而利用软件快速傅里叶变换输出信号的频谱特性图，如图 4 得到两个幅值的极大值，分布在 5 kHz 与 8 kHz 两处，此时利用短时傅立叶变换理论^[15]，要根据时间判断，推断并验证柴油机运转频率值。

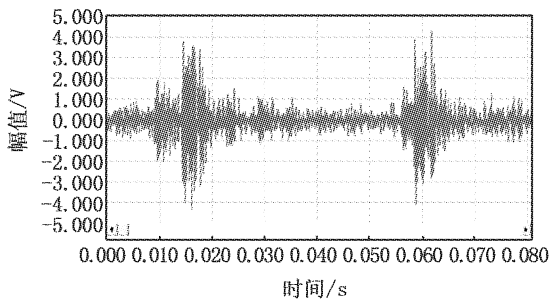


图 3 滤波后信号时域图
Fig. 3 Time domain chart after filter

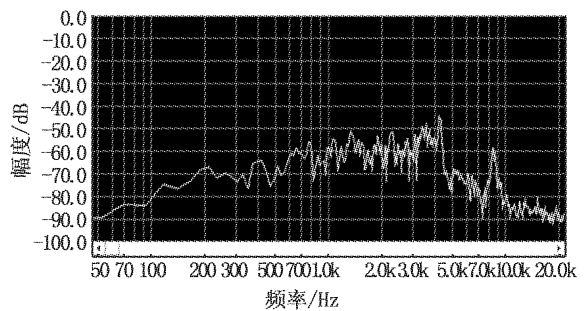


图 4 滤波后信号频谱图
Fig. 4 Frequency spectrogram after filter

将柴油机启动加速后正常运转时间段信号频率取均值原始数据导出如表 1。表 1 中的频率值取的是 30 s 内连续波形的均值频率，将大量数据统计后列表并与频谱分析结果标准对比，可以得到试验用柴油机启动后连续运行时的噪声频率分布在 8.5 kHz 附近。

表 1 信号频率均值
Tab.1 Mean value of signal frequency

拾音器深度/cm	接近距离/m	时间	频率/Hz	幅值/dB	
				左	右
30	50	2012-4-15 11:33:00	7 687.500 0	-65.026 764	-65.036 377
		2012-4-15 11:33:30	8 554.687 5	-33.489 464	-33.491 337
		2012-4-15 11:34:00	9 210.937 5	-69.032 883	-69.136 925
	100	2012-4-15 11:48:00	7 031.250 0	-62.067 451	-62.060 017
		2012-4-15 11:48:30	8 514.062 5	-39.226 509	-39.229 294
		2012-4-15 11:49:00	9 960.937 5	-61.527 985	-61.564 415
60	50	2012-4-15 14:53:10	7 851.562 5	-55.261 375	-55.266 716
		2012-4-15 14:53:40	8 531.250 0	-34.132 820	-34.134 064
		2012-4-15 14:54:10	9 351.562 5	-68.266 258	-68.232 216
	100	2012-4-15 15:33:00	7 640.625 0	-68.624 603	-68.636 642
		2012-4-15 15:33:30	8 547.500 0	-39.983 135	-39.986 191
		2012-4-15 15:34:00	9 609.375 0	-60.658 440	-60.677 242

3 讨论

利用电脑的强大运算能力分析处理后,确定了对声音进行滤波的方式与带通值,并找到了报警的阈值,考虑到设计的实用性,确定了两套设计方案。

第一套方案利用浮标采集和远程上传数据,利用渔船上的电脑终端进行数据接收与分析处理。此套方案的优点是电脑分析处理速度快精度高,可以最大限度的降低误报警次数,实现浮标的安全追踪。但缺点是需要通过卫星传送的数据量大,如果采用音频分帧处理无疑又降低了报警的准确性。

第二套方案利用浮标直接采集并处理所有数据,只上传报警数据。此方案优点是减少上传数据量降低通讯成本,且报警器直接安装于浮标上,警报触发后会吓退设备的偷盗者,从而能很好地保护设备和渔场安全。但此方案需要将嵌入式微处理器与采集设备集成在小体积的浮标设备中,具有一定的开发难度,由于处理器的局限可能导致误报警。

综合考虑到成本与实用价值,遵循即使误报警也要报警的思路,最大限度地保证设备与渔场安全。这里采用第二套方案,直接在设备上触发警报,用以震慑偷盗者。并将设备与流木渔场分离的状况通知到设备投放者,从而避免继续追踪已失去价值的设备。

嵌入式方案利用 STM32 系列 ARM 处理器作为核心模块,通过内嵌的拾音器完成噪声信号的采集,处理器完成数字信号存储、音频特征提取

与阈值判断、远程数据通讯等功能^[16-17]。软件程序的实现流程图如图 5 所示。

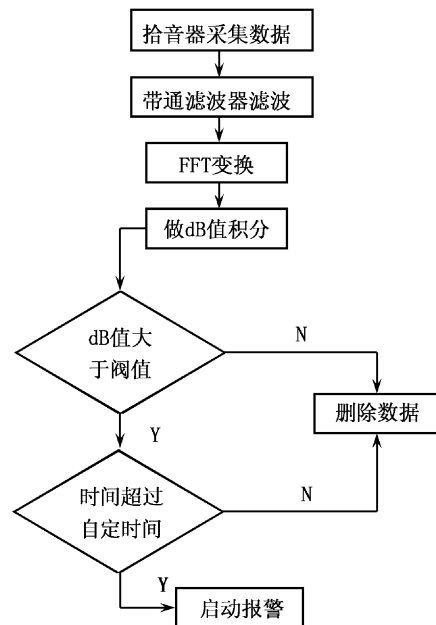


图 5 判断程序流程图

Fig. 5 Flow chart of decision program

系统的工作原理如下:音频信号经由水下拾音器采集进来,信号经 A/D 模块变换处理并调理放大后按前文论述的滤波范围进行带通滤波,微处理器基于 FFT(傅立叶变换)对音频信号进行频谱分析和特征提取,特征值与阈值比对,将比对成功的噪声信号做 dB 值积分以判断此信号的持续时间,从而可知此噪声信号是偷盗船只还是路过船只所发出,最后判断是否报警并决定是否上传报警数据。

4 结论

本系统以目标辐射噪声为研究对象,对其强度和频谱特征进行分析处理,完成了无线电浮标防盗功能的设计,对保护浮标设备投放者的利益具有十分重要的意义。

由于此试验结论是在经过抽样的多台渔民常用的标准船只试验基础上得到,而较少见的一些发动机机型未经过大量试验和数据统计。因此,警报目前暂时只针对渔民常用的一些标准柴油动力机有效,在有路过船只的情况下也偶尔出现误报警的情况,但与其他一些诸如设备脱离水面才触发报警的方式相比,此系统明显更为有效,在偷盗者接触设备之前即可触发报警。此设计将有效遏制渔场设备的偷盗行为。

基于对防盗系统的精准性考虑,在后续工作中可以加入具有红外人体探测功能的 CCD 传感器,利用非法接近的人体红外信号作为报警的二次判别依据^[18],与原系统集成以提高报警功能准确性减少误判发生。

参考文献:

- [1] MINORU K, SHINSUKE T, TSUTOMU T, et al. Analysis of juvenile tuna movements as correlated random walk [J]. *Fisheries Science*, 2011, 77(6): 993-998.
- [2] CHANG Z Y, TANG Y G, LI H J. Analysis for the deployment of single-point mooring buoy system based on multi-body dynamics method [J]. *China Ocean Engineering*, 2012, 26(3): 495-506.
- [3] 陈庭勋, 李良儿, 贺波. 渔用浮标定位监视系统 [J]. *渔业现代化*, 2008, 35(3): 56-58.
- [4] 胡刚, 马昕, 范秋艳. 北斗卫星导航系统在海洋渔业上的应用 [J]. *渔业现代化*, 2010, 37(1): 60-62.
- [5] 刘国平. 卫星移动通信技术在海洋渔业中的应用前景 [J]. *科技通报*, 1998, 14(2): 108-110.
- [6] 苏奋振, 周成虎, 杜云艳, 等. 3S 空间信息技术在海洋渔业研究与管理中的应用 [J]. *上海水产大学学报*, 2002, 11(3): 277-282.
- [7] 张少永, 林玉池, 熊焰. Argos 卫星发射平台研究与 Argos 通讯系统应用 [J]. *海洋技术*, 2005, 24(1): 25-28.
- [8] 郭小华, 陈文岳. 基于压缩感知的资源节约型音频信号采集方法 [J]. *农业工程学报*, 2013, 29(16): 174-181.
- [9] 汤涛林, 关长涛, 倪汉华, 等. AD8310 在网箱声学监测中的应用 [J]. *电子设计工程*, 2009, 17(3): 17-21.
- [10] 王强. 基于声信号检测的管道 TPD 预警系统研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [11] 关新平, 李岩, 陈志旺, 等. 信号处理与模式识别 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [12] 马大猷. 现代声学理论基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [13] FOOTE K G. Correcting acoustic measurements of scatter density for extinction [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1990, 88(3): 1543-1546.
- [14] FOOTE K G, ONA E, TORESEN R. Determining the extinction cross-section of aggregating fish [J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1992, 91(4): 1983-1989.
- [15] CHENG C H, LIN D M, LIOU L L, et al. Electronic warfare receiver with multiple FFT frame sizes [J]. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 2012, 48(4): 539-541.
- [16] LIN Y X, RUI K, SHE R B, et al. Design and implementation of remote/short-range smart home monitoring system based on zigbee and STM32 [J]. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2013, 5(9): 2792-2798.
- [17] 喻金钱, 喻斌. STM32F 系列 ARM Cortex-M3 核微控制器开发与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [18] 张敏. 基于红外传感器的人体信号检测保护系统设计 [J]. *装备制造技术*, 2008, 11(1): 50-52.

The research on security technology of position indicating radio beacon for fishing sonar

NI Han-hua^{1,2}, YANG Hai-ma^{1,3}, CHEN Zhi-xin², HU Heng-qing^{1,3}, JIANG Tao²

(1. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China; 3. Shanghai Institute of Technical Physics of The Chinese Academy of Science, Shanghai 200083, China)

Abstract: In order to avoid continuous occurrence of stealing equipments and forcibly occupying fishing grounds, it is so important to develop position indicating radio beacon system with warning function. The system integrates the fishing sonar and position indicating radio beacon as a whole by means of low power consumption data collection technology and satellite data compression technology together with the combination of audio information extraction and infrared technology. Dependent on cavitation effect of the propeller, noise of the diesel engine would be collected through the underwater microphone. In the preliminary experiment, the signal of diesel noise were collected and saved in the computer, in addition, the engine would be turned off and the underwater noise would be collected. In order to observe spectrum and bands of the noise, the signal of noise would be transformed to digital signal and analysed by fast fourier transform with software program in computer. So that the alarm hardware could be designed which depended on ARM board. In embedded systems, acoustic signals were collected and processed with micro controller, and it could indicate whether there is a diesel boats. As the system integrates satellite positioning, sonar detection, radio communication, satellite communication and anti-theft on equipments, the real time transmission and monitoring of fishes information could be achieved, which greatly improves the informatization level and fishing efficiency in China's tuna detection, and promotes the high efficiency of oceanic fishery resources. Experimental results show that the common small hook propeller will radiate noise, and frequency of the sound signal is about 8.5 kHz when it runs steady.

Key words: buoy; sonar; warning function