

水下LED集鱼灯灯载视频系统设计

卢克祥¹, 许家龙², 王伟杰^{1,3}, 钱卫国^{1,3}, 叶超¹

(1 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2 上海嘉宝协力电子有限公司, 上海 201802;

3 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306)

摘要:为实时获取光诱捕捞作业时水下鱼群状态的视频信息,设计了一款水下LED集鱼灯灯载视频系统。该系统在结构设计上以水下LED集鱼灯为载体,在其内部嵌入了一套数字视频解决方案;在信号处理上利用正交频分复用技术(OFDM)对数字视频信号进行调制,以克服电力线上的杂波和电流信号固定脉冲对视频信号的干扰;在通信设计上以电力载波(PLC)方式作为视频信号传输方案。该系统设计完成后,对其信号传输性能进行了测试。结果表明,在电力线标称截面积6 mm²、长度30 m时,系统延时3 ms,丢包率0%,实际传输速率为8 000 Kbps。系统在不改变集鱼灯结构的前提下,添加了视频拍摄功能,且无需单独增设视频传输线,可作为光诱渔船上的辅助渔捞设备使用,也可拓展应用于鱼类行为实验中。

关键词:水下LED集鱼灯;视频;正交频分复用;电力载波

中图分类号:S972.6

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2016)06-051-04

光诱捕捞作业时,一般先使用探鱼仪确定鱼群位置,再在鱼群附近开启集鱼灯诱集鱼群聚集,待鱼群稳定后再进行捕捞^[1]。此过程中探鱼仪能够探测和追踪鱼群,获取鱼群的大小和位置信息,可大幅提高捕捞作业的效率^[2-5]。但目前探鱼仪采用的声成像技术,图形分辨率偏低,鱼群在屏幕上只显示为一团移动的色块,无法直接观测到水下鱼群活动的具体情况,如集群状态下的鱼群稳定性、鱼群对灯光的反应等,因而无法准确判断下网时机。现行解决方案是延长集鱼灯照明时间,但这同时也造成集鱼灯能源浪费、捕捞作业耗时长等问题^[6]。另外,集鱼时间过长也可能导致捕捞产量下降^[7]。如何准确获取水下鱼群动态是当前亟待解决的问题。使用光成像技术的水下摄像机能有效捕捉水中鱼群活动状态^[8-9],但目前市场上的水下摄像机需要专人操作,且操作复杂、价格昂贵,不适合作为渔捞设备直接引入渔业。因此,针对渔船作业环境要求设计了一种新型水下视频观测系统,以期对相关研究人员和渔业工作者提供一些参考。

1 系统设计

鉴于LED水下集鱼灯对水压的耐受能力已经通过了生产实践的考验,因此在系统设计时将其作为载体^[10-12]。本文以LEDSZ1000型水下LED集鱼灯为例,其额定电压为直流60 V,额定功率为1 kW。

1.1 系统组成

水下LED集鱼灯的灯载视频系统由灯端和船端两部分组成,灯端包括诱鱼模块、视频模块和PLC通信模块,船端包括PLC通信模块、上位机和电源模块(图1)。

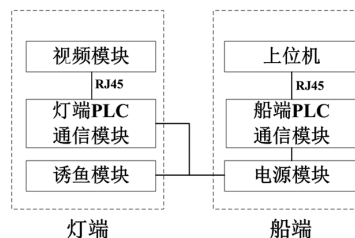


图1 系统功能模块图

Fig.1 Functional module of the video system

收稿日期:2016-08-17 修回日期:2016-10-29

项目基金:上海市科委项目(14DZ1205000);国家远洋渔业工程技术研究中心开放课题(A-0209-14-0506-3)

作者简介:卢克祥(1992—),男,硕士研究生,研究方向:渔具渔法。E-mail: lkx2011abc@outlook.com

通信作者:钱卫国(1977—),男,教授,研究方向:集鱼灯、鱼类行为学。E-mail: wgqian@shou.edu.cn

其中,诱鱼模块即为水下 LED 集鱼灯的灯体部分,通过发光引诱鱼群聚集,同时为视频模块提供照明;视频模块用于记录水下视频信息,并将其转化为数字信号;灯端的 PLC 通信模块负责将视频模块记录的数字视频信号调制为 PLC 帧信号,并将其耦合到电力线上;船端的 PLC 通信模块则从电力线上耦合出 PLC 帧信号,并解调为数字视频信号发送给上位机;上位机实时显示和存储从船端 PLC 通信模块接收到的水下视频;电源模块为整个系统提供电力保障。

1.2 灯端结构

灯端的诱鱼模块、视频模块和 PLC 通信模块都内嵌于集鱼灯灯壳内部。为了便于固定、保证散热效果,视频模块(摄像头)安装在集鱼灯内六棱柱基板的下表面。集鱼灯底部灯罩为半球形石英玻璃灯罩,摄像头安装位置恰好处于半球形灯罩的球心,摄像头方向朝下。灯端 PLC 通信模块内置于铜质灯头空心部位,并通过模拟前端与集鱼灯的电力线相连,其信号端则连接到视频模块上(图 2)。



图 2 灯端结构示意图

Fig.2 Sketch of lamp end's structure

1.3 船端结构

船端的电源模块通过电力线连接诱鱼模块和灯端 PLC 通信模块,同时也与船端 PLC 通信模块的模拟前端相连。船端 PLC 通信模块的信号端接口类型为 RJ45,通过网线连接到渔船驾驶室的上位机。

2 数据通信的实现

2.1 信号干扰

考虑到渔船的特殊工作环境,水下 LED 集鱼

灯灯载视频系统采取载波式的信号传输方式,使用的电力载波技术采用了 HomePlug AV 规范,其理论最高传输速率可达到 200 Mbps^[13-15]。但这种将视频信号加载在电力线电流信号之上的信号传输方式,视频信号容易受到干扰(包括电流信号本身固有脉冲的干扰和电力线上其他杂波的干扰),可能导致上位机接收到的视频信号丢帧,甚至可能完全接收不到信号^[16-17]。为解决这一问题,系统在调制和解调信号时采用了正交频分复用技术(OFDM)进行处理。

2.2 信号处理

OFDM 是一种并行调制技术,其信号频谱利用率很高^[18-19]。在视频信号发送时,采用 Homeplug 协议中规定的 Powerpacket 处理技术,将所有被发送数据信号位的载波信号合并成一个传输信号^[20-21]。同时将传输信号从频域转换为时域并插入警戒区间和循环前缀。OFDM 不仅消除了信号波形间的干扰,也提高了频谱利用率。同时,使得信号传送不受杂波干扰,抗外界干扰能力也更强^[22-23]。

2.3 数据通信流程

系统工作后,视频模块收到视频请求开始记录水下的视频信息。处理器以 MPEG-4 视频压缩标准压缩视频模块采集的数据,完成视频数据的编码和封装。封装好的视频信号经 RJ45 以太网接口传输给控制器,再处理成标准的工业 MII 接口信号,通过 PLC 处理器,再将其调制成 PLC 帧信号,由模拟前端发送到耦合电路耦合到电力线的电流信号上进行数据传输。同时,船端 PLC 通信模块从电力线上耦合出 PLC 帧信号,并按上述逆过程最终将压缩的视频信号解码成原始的视频流文件,提供给上位机实时显示和存储(图 3)。

3 系统测试

3.1 测试方案

为了检测系统能否正常工作,即上位机能否接受到灯端的视频信号,本课题组做了相关测试。测试时采用的电力线为水下 LED 集鱼灯标配的潜水电线,其标称截面积为 6 mm²。以光诱围网捕捞为例,作业中水下集鱼灯实际放置深度为 20~30 m 水深,因此本测试中选取的电力线长度为 30 m。为了模拟水下集鱼灯真实工作环境和

保障系统的散热,测试时系统的灯端和电力线浸没在水槽中。测试前先开启系统工作 20 min,以保证系统测试时处于稳定的工作状态。测试时用 PC 机替换系统中的上位机,并将船端的 PLC 通

信模块通过网线直接连接到 PC 机上。系统延时和丢包率通过 PC 机命令提示符的 Ping 命令直接测得,传输速率则通过 Jperf 2.0 软件测得。

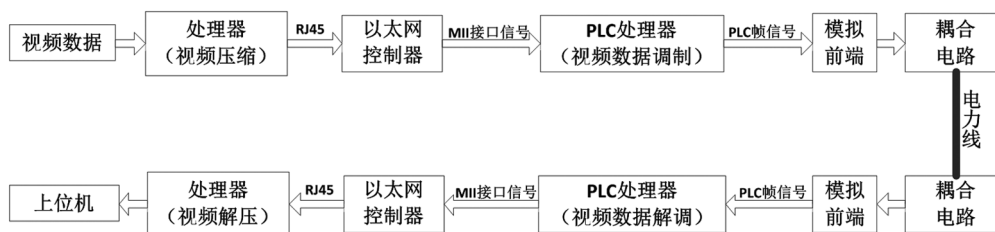


图3 数据通信流程图

Fig.3 Flow chart of data communication

3.2 测试结果

测试结果显示,系统延时 3 ms,丢包率为 0%。系统视频信号的传输速率为 8 000 Kbps,满足高清视频数据的传输要求。

4 讨论与结论

1) 水下 LED 集鱼灯灯载视频系统设计,以水下 LED 集鱼灯为载体,增设的视频模块和灯端 PLC 通信模块内置于灯体内,保证了系统的密闭性。同时,系统将视频信号加载在电力线的电流信号之上进行视频数据传输,不需要单独增设信号线,降低了系统复杂性。

2) 水下 LED 集鱼灯灯载视频系统可以配合探鱼仪使用,使得操作者不仅能够掌握整体鱼群的大小和位置信息,同时也能获取集群状态下鱼群游动状态的细节信息,有利于操作者判断捕捞时机,提高捕捞效率。

3) 水下 LED 集鱼灯灯载视频系统拓展应用至鱼类行为观察实验,特别是研究渔船作业时水下鱼群逃逸和趋光等行为,还可进一步用于研究捕捞中的渔具操作以及灯光强弱、颜色等对鱼类集群影响等试验。

本系统在集鱼灯内增加视频模块和灯端 PLC 通信模块,其带来的负载变化对集鱼灯发光特性是否有影响及影响大小还需要深入研究。另外,系统成像效果受到摄像头焦距、集鱼灯颜色等的影响,尚需进一步试验探究硬件配置的合理性和优化方法,以使系统达到最佳成像效果。 □

参考文献

- [1] 郑建丽,焦尔,张怡,等.灯光围网渔船采用电力推进系统论证[J].渔业现代化,2014,41(5):49-53.
- [2] 王杰明,唐衍力.中西太平洋金枪鱼围网技术及存在的问题[J].海洋湖沼通报,2004,38(1):96-100.
- [3] 袁俊.基于水平鱼探仪影像的金枪鱼追踪系统研究[D].上海:上海海洋大学,2012.
- [4] 叶磊.探鱼声纳接收采集系统设计与实现[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2014.
- [5] 刘瑞晨.探鱼声呐信号处理子板软硬件设计[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2014.
- [6] 许巍.西北太平洋秋刀鱼舷提网捕捞技术研究[D].上海:上海海洋大学,2006.
- [7] 周松,王兰生.灯光围网光诱时间长短的控制[J].海洋渔业,1989,38(6):36-37.
- [8] LINES J A, TILLET R D, ROSS L G, et al. An automatic image-based system for estimating the mass of free-swimming fish[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2001, 31(2): 151-168.
- [9] HARVEY E, CAPPO M, SHORTIS M, et al. The accuracy and precision of underwater measurements of length and maximum body depth of southern bluefin tuna (*thunnus maccoyii*) with a stereo - video camera system[J]. Fisheries Research, 2003, 63(3): 315-326.
- [10] 李天华.LED 水下集鱼灯的研究与设计探讨[J].渔业现代化,2010,37(3):64-67.
- [11] 钱卫国,陈新军,钱雪龙,等.国产 LED 水下集鱼灯光学特性与节能分析[J].渔业现代化,2010,37(6):56-61.
- [12] 钱卫国,孙满昌.水下灯在鱿钓作业中的集鱼效果[J].渔业现代化,2000,27(6):10-11.
- [13] VLACHOU C, BANCHS A, SALVADOR P, et al. Analysis and enhancement of csma/ca with deferral in power - line communications [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2016, 34(7): 1978-1991.

- [14] AFKHAMIE K H, KATAR S, YONGE L, *et al.* An overview of the upcoming homeplug av standard [C]. International Symposium on Power Line Communications and ITS Applications, 2005: 400-404.
- [15] HAZEN M E. The technology behind homeplug av powerline communications[J]. Computer, 2008, 41(6): 90-92.
- [16] 高金辉, 申杰奋, 杨军平. 低压电力线载波通信干扰因素的解决方法[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(2): 89-92.
- [17] SIVANEASAN B, GUNAWAN E, SO P L. Modeling and performance analysis of automatic meter-reading systems using plc under impulsive noise interference[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2010, 25(3): 1465-1475.
- [18] 阿良田, 洋雄. Ofdm-dat 通信方式の提案: シャノンの限界は迂回できるか(一般, 無線通信方式, 無線通信システム, 標準化及び一般)[J]. 電子情報通信学会技術研究報告: res, 無線通信システム, 2013, 113(246): 139-144.
- [19] 张润曦, 李小进, 赖宗声. 基于 ldpc 编码及 ls 估计的 ofdm 系统[J]. 现代电子技术, 2005, 28(13): 1-2.
- [20] HSU C, WANG N, CHAN W Y, *et al.* Improving homeplug power line communications with ldpc coded ofdm[C]. Intelec 2006: 28th International Telecommunication Energy Conference, 2006: 1-7.
- [21] 鄢菁. 基于中压电力线的配电自动化通信系统研究—子站系统[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [22] 甘华强, 王军, 周鹏, 等. 复杂多径信道下的 ofdm 抗干扰同步算法[J]. 信号处理, 2015, 31(11): 1461-1466.
- [23] 贺苏宁. Ofdm 调制抗干扰性能分析与仿真[J]. 电信技术研究, 2001, 57(6): 21-27.

The design of video system loaded in underwater LED fish gathering lamp

LU Kexiang¹, XU Jialong², WANG Weijie^{1,3}, QIAN Weiguo^{1,3}, YE Chao¹

(1 College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2 Shanghai Jiabao Xieli Electronics Co., LTD, Shanghai 201802, China;

3 National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to obtain the real-time video information of fish in light fishing, a video system loaded in underwater LED fish gathering lamp was designed. In terms of structure design, the underwater LED fish gathering lamp was taken as a carrier, and a set of digital video solution was embedded in it. As to the digital design, orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) was used to overcome the interference of the clutter and the fixed pulse of current signal in the power line to the video signal. In communication design, power line communication (PLC) was used as a video signal transmission scheme. The system was tested after design, and the test results showed that, on the condition that the power line's nominal cross-sectional area is 6 mm², and its length is 30 m, the system delay is 3 ms, the packet loss rate of the system is 0%, and the actual transmission rate is 8 000 Kbps. This system, on the condition that it doesn't change the lamp's structure and adds no additional single line, adds the video function to the underwater LED fish gathering lamp, and can be either used as an auxiliary fishing equipment in light fisheries or applied in fish behavior experiment.

Key words: underwater LED fish gathering lamp; video; orthogonal frequency division multiplexing; power line communication