

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.09.005

基于智能绞车的水下实时剖面观测系统^{*}

綦声波¹, 江文亮^{1,2}, 刘贵杰¹, 王新宝^{1,2}

(1. 中国海洋大学 工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 青岛森科特智能仪器有限公司, 山东 青岛 266100)

摘要:针对目前海洋物理参数、高清视频实时观测的需求,对基于LTE技术的PLC远程控制、视频流式传输及分发等技术进行了研究,对自动排缆绞车、基于状态机的绞车控制软件、兼容远程和手动控制的绞车电气系统、数据服务器等内容进行了设计,提出了一种基于智能绞车的水下剖面观测系统。智能绞车采用TCP/IP架构,可实现远程控制或自主运行,使用绞车牵引传感器运动的方式替代了传统的拖曳多套传感器或固定点方案。利用岸基测试平台和船只对系统进行了多次测试。研究结果表明:该系统能够实现多终端实时观看水下多种数据和高清视频、远程控制设备升降等多项功能,具有观测范围广、可移动性好的特点,适用于海洋物理参数、高清视频的大范围立体在线观测。

关键词:智能绞车;实时观测;剖面观测;TCP/IP架构

中图分类号:TH766;TH39;P715.1

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)09-0976-05

Underwater real-time profile observation system based on intelligent winch

QI Sheng-bo, JIANG Wen-liang, LIU Gui-jie, WANG Xin-bao

(1. College of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Sencott Intelligent Instrument Co., Ltd., Qingdao 266100, China)

Abstract: Aiming at the needs of real-time observation of marine physical parameters and high definition video, the PLC remote control based on LTE technology, video streaming transmission and distribution technology were researched. The content of the winch compatible with automatic cable arranging, the control software based on the state machine, the electric winch system compatible with remote and manual control, and the data server were designed. A kind of underwater profile monitoring system based on intelligent winch was proposed. The intelligent winch adopts TCP/IP architecture, it could realize remote control and automatic operation. The winch drew sensors were used to realize profile motion, instead of traditional drawing multiple sensors or fixed point observation. System was tested in the shore based test platform and ships. The results indicate that multi-terminal real-time data and high-definition video watching, remote control equipment lift and some other functions are realized, system has the characteristics of large observation range, good mobility. It can be applied to the large scale stereo online observation for ocean physical parameters and high definition video.

Key words: intelligent winch; real time observation; profile observation; TCP/IP architecture

0 引言

观测海水参数随深度的变化可以为海洋科学研究提供基本的数据资料,具有广泛的应用价值^[1-2]。目前,国际上使用较多的剖面浮标方式^[3],一般通过铱星或北斗进行数据的传输,其数据速率有限,而且所测的仅仅是固定点的数据;拖曳式剖面测量方式通过船

体的拖曳,实现大范围不同深度水体的物理参数测量^[4],但由于使用传感器较多,在成本或精度上必须做出让步。

除了海洋参数的观测,科研人员希望以更直观的视频方式了解不同深度的海洋生物。一种坐底式微剖面水下观测方式^[5],不仅可以进行物理参数小范围的剖面观测,还可以进行实时视频的传输,但是剖面范围有限,而且这种坐底式观测方式的运行维护成本较高。

收稿日期:2016-12-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51475197,61132005)

作者简介:綦声波(1970-),男,山东平度人,博士,副教授,主要从事嵌入式技术、智能海洋仪器方面的研究. E-mail: qishengbo@ouc.edu.cn

为了有效降低成本,同时提供大范围、高精度的剖面参数测量和高清视频传输,本研究提供一种基于智能绞车的实时剖面观测系统。

1 系统整体构成

系统主要由以下 4 部分组成:水下传感器组、水下设备舱、甲板设备和岸站设备,其整体构成如图 1 所示。

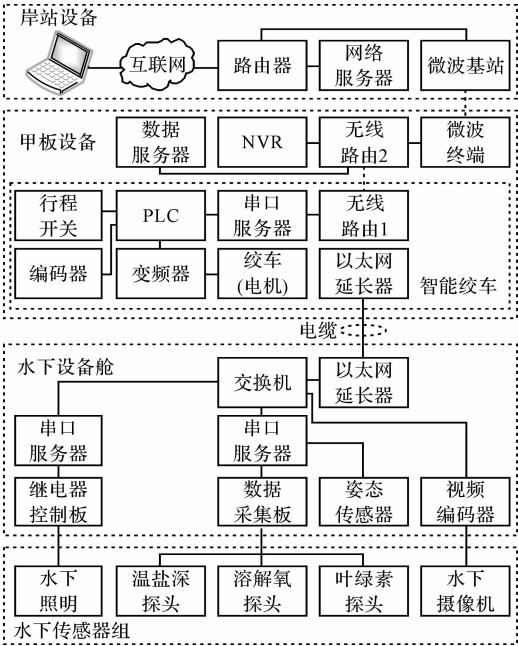


图1 系统整体构成

水下传感器组包括参数采集探头、水下摄像机及水下照明灯;水下设备舱主要包括数据采集板、视频编码和压缩模块、水下照明灯控制板、姿态传感器。水下设备舱具有承重结构,用于对设备舱与电缆进行连接和固定;甲板设备主要包括智能绞车、数据服务器、NVR 和微波终端;岸站设备主要包括微波基站和网络服务器。

该系统采用基于 LTE 技术的微波终端与微波基站,最大传输距离为 20 km,最大传输速率为 10 Mbps,可以同时传输观测参数和视频。如果只传输观测参数,通信模块可使用北斗等卫星通信模块替代,以获得更远的传输距离和更高的性价比。

2 智能绞车

智能绞车的主要任务是牵引水下仪器设备按照设定的深度轨迹自动运行。为提高稳定性,绞车具有上电自检功能,并具备一定的故障恢复能力和远程控制功能。实验室人员通过远程读取绞车各项参数及水下

视频,可以实时了解绞车的运行情况;同时绞车具有手动控制功能,现场工作人员可以手动控制其运行,进行设备调试和维护。

2.1 机械设计

绞车的设计示意图如图 2 所示。

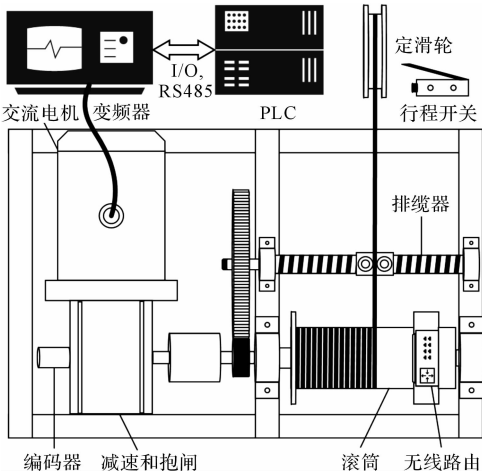


图2 绞车设计示意图

机械部分的主要设计参数如下:减速比 100,容绳量 100 m,运行速度 30 r/min,线速度 0.1 m/s。减速机构带有抱闸装置,紧急情况下可以实现抱闸急停。绞车使用水下专用 PUR(聚氨酯)电缆,外层为凯夫拉纤维编织,破断力不小于 1 200 kgf。内层使用 2 mm² 纯铜电源线 2 根,超五类信号线 4 对,信号线使用铝塑带绕包加排流导体的屏蔽层。在保证抗拉强度和破断力的情况下可以向水下传输电能并实时读取数据^[6]。

2.2 电气设计

为提高系统的稳定性,绞车的现场控制选用西门子子公司 S7-200 系列的 PLC(可编程控制器),型号为 CPU224XP,用户使用 TCP/IP 的方式下发控制指令。指令一次下发,长期运行,因此当指令下发成功后,网络信道的不稳定性并不会影响系统的运行。由于绞车运行的过程中电缆接头不断转动,无法使用信号线直连,笔者采取在绞车滚筒上合适位置安装无线路由的方式传输数据。

考虑到船载发电机大多能够提供 220 V 单相交流电,绞车使用一台 750 W 的单相交流电机提供动力,选用带 RS485 通信的单相变频器对电机实施控制。系统默认为自动运行模式,当按下“手动”按键时,系统进入手动运行模式,使用继电器构成正、反转互锁功能。PLC 对变频器的控制采用 I/O 与 RS485 结合的方式,使用 I/O 控制正、反转和起停,有响应速度快,抗干扰性强的

优点;而通过 RS485 下发调速指令,可以实现无极调速,又比模拟信号调速抗干扰性更强。变频器的正反转控制逻辑和 PLC 与电机的接线如图 3 所示。

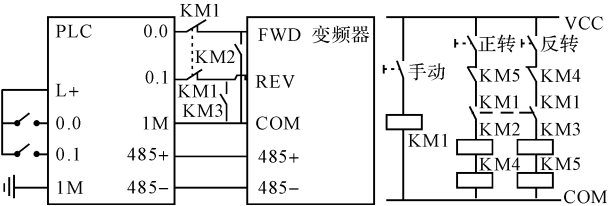


图 3 变频器控制示意图

2.3 软件设计

采用层次状态图对软件架构进行描述具有简明、准确的特点^[7]。绞车具有两种运行模式:剖面模式和

定深模式。剖面模式在匀速下放至设定深度后,立即匀速返回;而定深模式会在设定的深度停留一段时间后返回,停留的时间可以通过软件远程设定。智能绞车软件设计的主要思想是使绞车按照设定的工作计划自动运行,每组工作计划的内容包括工作模式、工作开始时间和工作次数,一天可以有多组工作计划。

在海流的影响下,设备通常无法垂直下放,因此缆绳的释放长度并不完全等同于水下设备实际下放距离。假定设备与重垂线之间的夹角为 θ ,已释放绳长为 L ,则可计算得设备深度为 $L\cos\theta$ 。通过编码器可测得已释放绳长 L ,通过水下设备舱姿态传感器可测得夹角 θ ,通过水下深度传感器可测得水深 D 。智能绞车的软件架构如图 4 所示。

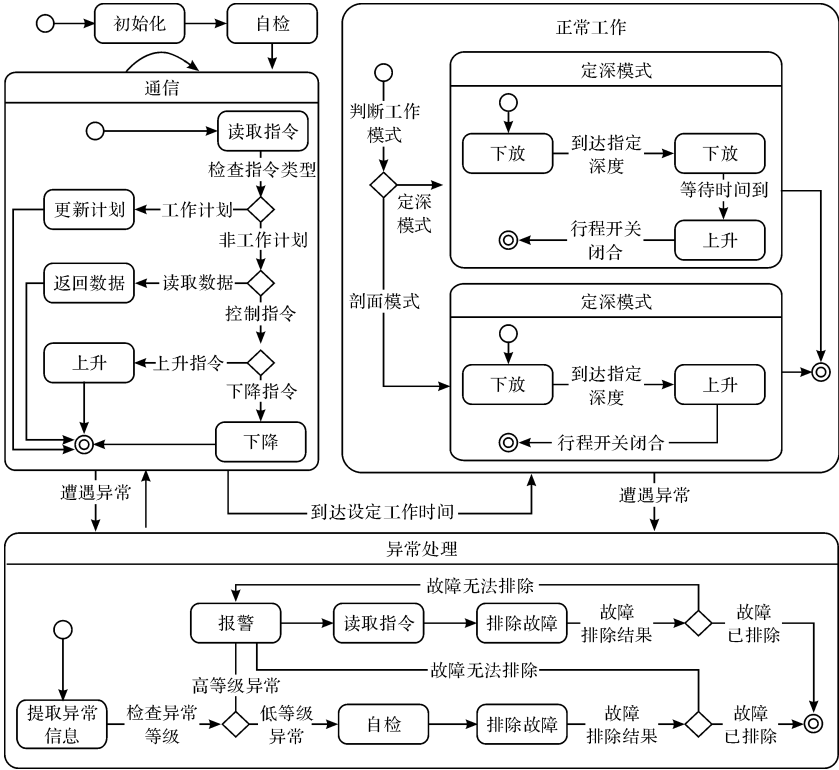


图 4 软件层次状态图

当满足以下两种条件时,认为绞车处于正常运行工况:

$$\begin{cases} D > 0 \\ L\sin\theta - D < L_{\text{Threshold}} \end{cases} \quad (1)$$

或:

$$D < 0 \quad (2)$$

满足条件(1)时,设备已入水,通过已释放绳长估计的深度与实际深度的差值小于阈值 $L_{\text{Threshold}}$ 时,绞车处于正常状态;满足条件(2)时,设备尚未入水或已出水,也认为绞车处于正常状态;不满足条件(1)或(2)时,认为绞车处于异常状态。智能绞车对遭遇的异

常进行等级划分,对于低等级的异常,系统尝试自动进行排除;对于高等级的异常或无法自动排除的低等级异常,系统报警并停止运行,实验室人员收到报警信号后,可以通过水下视频查看设备状态,并通过远程指令进行故障排除;无法通过远程排除的故障,由人员到达现场进行维修。

若绞车运行于深度未知的水域,以上机制可以检测设备是否已下放至水底,或遭遇缠绕,无法正常下放,从而在一定程度上提高绞车运行的稳定性。

智能绞车中的行程开关用于提供另一种保障机制,当设备离开水面时,绞车上的活扣装置会触碰行程

开关,PLC 收到行程开关的信号后对深度数据进行清零。这一机制可以消除运算带来的累积误差,同时提供了设备上升到位的判断依据。

2.4 绞车远程控制

智能绞车远程控制程序采用 C#语言开发。具有绞车运动控制、读取变频器各项参数和 PLC 中关键参数的功能。具有权限的用户可以在连接互联网的任意地点,任何时间对绞车进行控制。

系统的网络层次结构如图 5 所示。

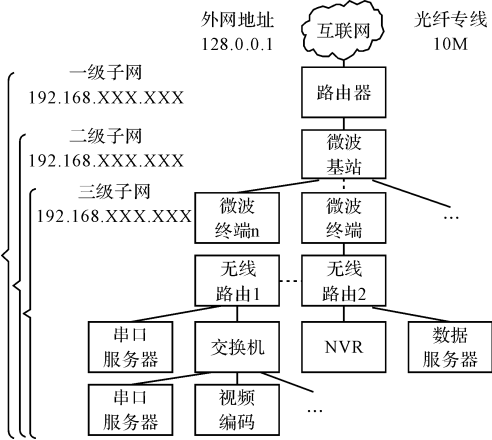


图 5 系统的网络层次结构

其中,无线路由 1 和无线路由 2 均工作于 repeater (中继)模式,因此对网络层级和 IP 地址段没有影响。绞车远程控制指令的下发是通过广域网访问局域网,因此为使外网能够访问内网,路由器和微波终端必须具有端口映射功能,将内网设备的端口映射至路由器的相应端口,从而对外提供可访问的权限。

3 网络服务器搭建

网络服务器主要实现视频、数据的存储并对客户端提供访问功能。配套的客户端软件具有实时视频观看、历史视频查询和观看、实时数据查看、历史数据曲线绘制的功能。

3.1 视频服务器

该系统采用 Windows Sever 2008 R2 操作系统进行视频服务器的搭建。服务器以广播的方式实现视频分发功能。最多可供上千人同时观看水下视频。

视频服务器的原理如图 6 所示。

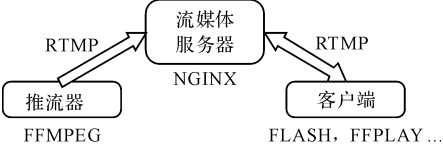


图 6 视频服务原理

系统搭建的视频服务器主要包括推流器和流媒体服务器两部分。具体方法为:使用 FFMPEG 将摄像头经过编码后的 H264 格式的视频转换为 RTMP 视频流,使用 NGINX 作为 RTMP 流媒体服务器进行配置后,启动服务器。FFMPEG 将视频流按照设定的 URL(统一资源定位符)格式推送至 NGINX,客户端在视频播放软件中输入 URL,即可观看以广播形式传输的视频。存储在视频服务器中的历史视频,经过 FFMPEG 转换为 FLV 格式的文件后,按照上述的方法,即可完成视频推送^[8-9]。

3.2 数据服务器

该系统的数据服务器的数据存储功能采用运行于 Windows Sever 2008 R2 的 SQL Server 2012 64 位版。每种类型的水下数据单独存储为一个 SQL Server 表,每张表包含一个 datetime 类型变量和一个 float 类型的变量,分别用来记录数据的获取时间和数值。表的大小可根据数据量自动扩大并启动每天自动备份功能。

本研究使用 C#编写运行于服务器的数据采集、存储软件。软件以客户端的身份连接水下仪器舱中的串口服务器,这里为使串口服务器的数据端口提供外网访问权限,必须进行端口映射的配置。软件每间隔 1 s 可以读到一次串口服务器发来的数据,将读到的数据以时间为检索存储在 SQL Server 的表中。

配套的客户端软件访问数据服务器中 SQL Server 对外提供数据服务的端口,身份验证通过后,即可使用 SQL 语言查询所需的数据,实现实时参数显示和历史曲线绘制功能。若需要提高实时性,具有高级权限客户端也可以直接从水下设备舱的串口服务器读取数据。

4 系统测试

为了验证系统功能,本研究将系统整体组装完成后进行测试。绞车电缆、滑轮和水下仪器舱如图 7 所示。



图 7 水下仪器舱和绞车滑轮

组装好的智能绞车如图 8 所示。

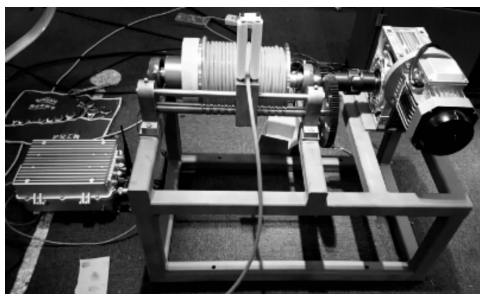


图 8 智能绞车系统

在进行海上测试之前,笔者将全部系统布置于岸基实验平台进行测试。启动系统各个部分进行整机联调,在距离地面 15 m 的高度进行了大于 100 次的绞车收、放测试。绞车运行良好,排缆整齐,手动、自动控制功能工作正常。

在进行岸基测试平台的测试后。将系统布置于工程船上进行了海上测试,整个测试在小于 3 级海况的情况下进行。本研究对数据、视频采集系统和远程读取功能进行了测试。测试结果表明,水下数据、视频采集系统工作正常;微波系统运行状况良好,可达 8 Mbps 带宽;远程调取视频清晰无卡顿;数据的远程调取仅在小概率下出现丢包,整体工作情况满足设计指标。

对网络服务器进行了长时间工作测试,多个客户端可同时进行视频、数据调取和查看客户端软件调取水下实时视频和历史数据、实时数据查看的情况如图 9 所示。

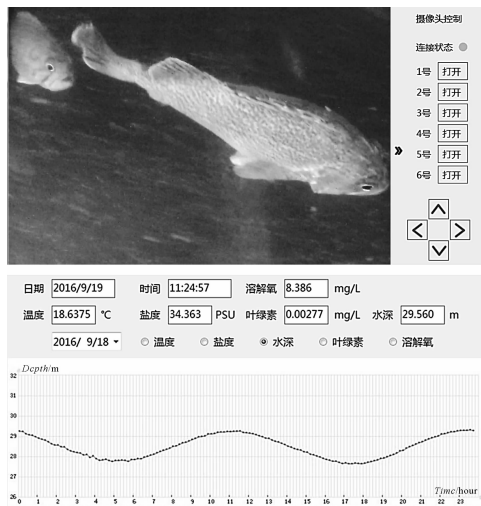


图 9 客户端软件

5 结束语

本研究提出了一种结合智能绞车的海洋剖面观测系统。经过长时间的连续测试,证明了该系统可以稳定的按照设定进行剖面观测,将水下的视频、数据实时上传至互联网,并具备多终端同时进行视频和数据查看的能力。

由于海况的好坏对系统运行必然存在较大影响,在下一阶段,该系统将进行恶劣海况下的测试。另外,该系统在剖面观测深度,水下视频采样、压缩算法,水下摄像的清晰程度等方面仍有较大的提升空间,值得进一步研究。

参考文献 (References):

- [1] 毕永良,孙毅,黄谟涛,等. 海洋测量技术研究进展与展望[J]. 海洋测绘,2004,24(3):65-70.
- [2] 黄谟涛,翟国君,欧阳永忠,等. 海洋测量技术的研究进展与展望[J]. 海洋测绘,2008(5):77-82.
- [3] 余立中,张少永,商红梅. 我国 Argo 浮标的设计与研究[J]. 海洋技术学报,2005,24(2):121-129.
- [4] 张旭,王永杰,魏传杰,等. 直读拖曳式光纤光栅温度剖面测量系统[J]. 海洋技术学报,2016,35(1):41-45.
- [5] 王一辰,李欣. 海底原位监测微剖面数据采集系统设计[J]. 现代电子技术,2014,37(10):50-52.
- [6] 杨灿军,张锋,陈燕虎,等. 海底观测网接驳盒技术[J]. 机械工程学报,2015,51(10):172-179.
- [7] 蔡声波,柴瀛,刘贵杰. 基于 UML 和 Simulink 的水下绞车控制系统研究[J]. 机电工程,2015,32(8):1104-1109.
- [8] SHIAU Y H, CHEN Y H, TSENG K T, et al. A real-time high-resolution underwater ecological observation streaming system[J]. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, 2010,38(8):517-521.
- [9] SHIAU Y H, LIN S I, LIN F P, et al. Real-time fish observation and fish category database construction[J]. International Journal of Advanced Computer Science & Applications, 2012,3(4):45-49.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

蔡声波,江文亮,刘贵杰,等. 基于智能绞车的水下实时剖面观测系统[J]. 机电工程,2017,34(9):976-980.

QI Sheng-bo, JIANG Wen-liang, LIU Gui-jie, et al. Underwater real-time profile observation system based on intelligent winch[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(9):976-980.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>