

近海船舶数据采集网关设计

郭勇川, 万隆君, 徐轶群, 黄 凯

(集美大学轮机工程学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 为了解决船舶数据采集效率低、成本高、实时性差, 历史数据查询难, 数据统计评估不精确的问题, 设计了近海船用数据采集网关。采集网关以 STM32F103VET6 为主控芯片, 通过 RS485 通信串口连接船上各传感器, 配合北斗/GPS 模块实现数据采集, 应用 GPRS (general packet radio service) 无线传输技术实现网关与终端服务器的数据传输。实际测试显示, 用户可通过 PC 或移动终端实时了解船舶工况, 可为近海航行船舶提供重要的安全保障。

[关键词] 船舶; RS485; 北斗; GPRS; 数据采集

[中图分类号] U 665. 26

The Gateway Design of Offshore Ship Data Acquisition

GUO Yongchuan, WAN Longjun, XU Yiqun, HUANG Kai

(School of Marine Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Due to the disadvantages on currently on board data acquisition systems in terms of efficiency, cost, time, querying historical data and data statistics assessment, an offshore ship data acquisition gateway was presented in this paper. The acquisition gateway used STM32F103VET6 as the main control chip, and data collection was realized by the gateway RS485 communication serial ports connecting various sensors on board a ship. The gateway was further cooperated with Beidou/GPS module, and the data transmission between gateway and terminal server was achieved by GPRS wireless transmission technology. Results from practical tests show that users can much conveniently and accurately learn about information about the ship's sailing situation through PC or mobile terminal, which can also provide important security assurance for the offshore navigating ships.

Keywords: ship; RS485; beidou; GPRS; data acquisition

0 引言

船舶数据采集是现代自动化船舶智能机舱建设的核心工程之一, 也是在物联网技术飞速发展大背景下船舶工程的研究热点^[1-2]。文献 [3] 应用 OPC (ole for process control) 技术采集船舶机舱数据, 有效地解决了采集监测系统软件开发维护难度大的问题, 但这种方法通信较慢, 循环等待时间长; 文献 [4] 提出基于 Web 的船舶信息集成管理系统, 但仅限于军舰及海事船, 尚未扩展到民船领域; 文献 [5] 采用卫星通信方式实现数据采集与远程监测, 但其适用于远洋船舶, 且成本较高; 文献 [6] 利用 CAN 总线技术确保了数据采集与监测的实时性、可靠性, 但其受限于传输距离短, 且不能与 In-

[收稿日期] 2017-11-06

[修回日期] 2017-12-14

[基金项目] 福建省科技厅重点项目 (2016H0025)

[作者简介] 郭勇川 (1989—), 男, 研究生, 从事船舶自动控制与仿真研究。通信作者: 万隆君 (1966—), 女, 教授, 从事机电一体化研究, E-mail: xnzhl1189@163.com。

<http://xuebaobangong.jmu.edu.cn/zkb>

ternet 相连; 文献 [7] 基于 PLC 开发了 FX2N 系列船舶机舱监测报警系统, 并设计了数据采集处理软件, 但仅应用于驾驶室监测, 并未扩展到陆基远程监控。

因此, 针对目前大部分中小型近海船舶公司的岸基管理者、船舶工作者仍无法实时获取其所属船舶的主要运行数据信息, 无法对船舶的实时工况进行科学评估与远程监测这一现状, 本文开发设计了基于 GPRS (general packet radio service) 无线通信技术的船舶数据采集网关, 旨在通过实时数据采集实现对近海船舶综合信息的统计、分析、评估, 提高管理效率和船舶航行安全系数。

1 采集网关系统整体设计

1.1 采集网关通信功能需求分析

由于客运船、渔船、游艇等船舶在近海海域分布范围广, 靠泊港口环境复杂, 停靠时间短, 通信传输距离也相对较短, 因此, 可使用 GPRS/GSM、3G/4G、WiFi 等无线通信技术对此类船舶进行信息采集。WiFi 在障碍物多的海域及港口信号较为不稳定, 覆盖范围受外界环境影响大; 而 3G/4G 通信技术对于采集信息量大, 采集持续时间长的船舶, 成本太过高昂; 相比而言, GPRS/GSM 因其具有较快的数据传输速度 (理论峰值 171.2 kbps), 可满足突发性数据传输要求, 较低的通信费用 (根据用户传输的数据量大小计费), 近海信号覆盖范围广 (海岸线 10 n mile 范围、内陆江河地区全覆盖) 等技术优势, 完全适用于近海船舶的数据采集^[8-10]。

1.2 采集网关系统结构设计

数据采集网关系统原理如图 1 所示。

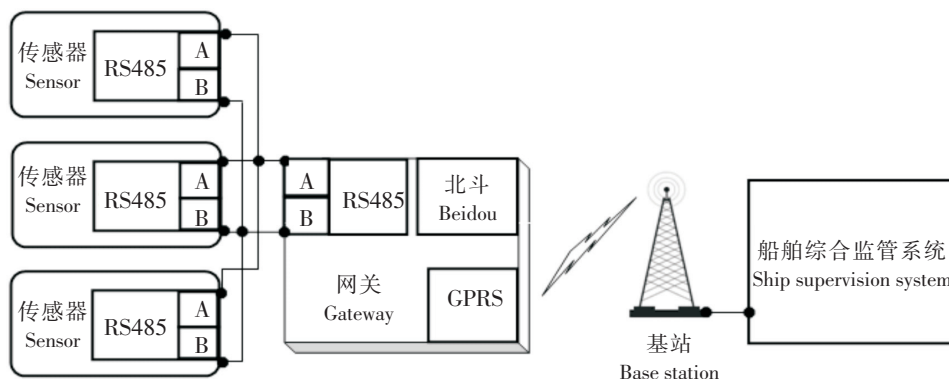


图 1 网关系统原理图

Fig.1 A schematic diagram of a gateway system

网关通过 RS485 通信串口连接船舶底层各传感器, 采集电能、压力、温度、转速、液位、扭矩等船舶数据参数; 通过北斗/GPS 模块采集经纬度、航向、航速、航迹等船舶动态信息。采集的数据经协议解析后, 应用 GPRS 无线传输技术实现网关与基站终端服务器的数据传输, 基站通过网线连接船舶综合管理系统, 最终实现船舶数据采集的终端显示。

2 船用采集网关硬件设计

船用数据采集网硬件结构设计如图 2 所示。该网关由电源模块提供 DC12V 电源,

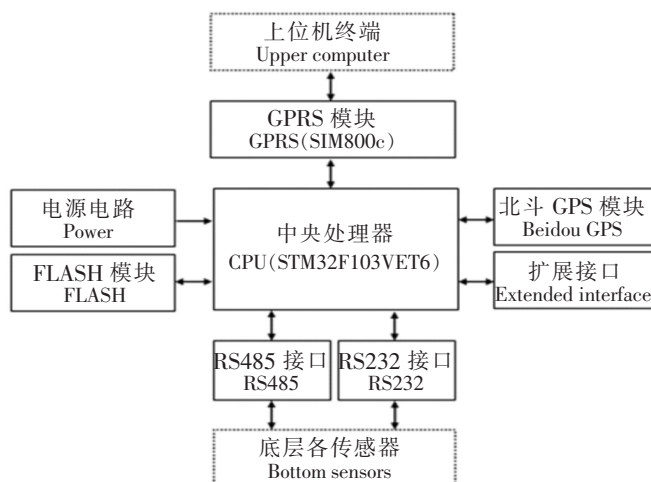


图 2 网关硬件结构图

Fig.2 A hardware structure of the gateway

以 ST32F103VET6 作为系统主控制芯片, 通过北斗/GPS 模块和 RS485、RS232 串口模块对船上数据进行采集, 主控制芯片负责中断接收采集的数据, 并对数据进行解析处理, 网关内置的 FLASH 模块可对解析后且经时间校验的数据实现长久存储, 最后通过 GPRS 模块将数据上传至上位机终端^[11]。

2.1 CPU 模块

选用 STM32F103VET6 作为采集网关主控制芯片, 该芯片具有断点续传、时钟校验、数据解析等功能, 主要控制接口分配和子模块应用^[12-13]。STM32F103VET6 基于高性能的 ARM Cortex - M3 32 位内核, 工作频率为 72 MHz, 包含 3 个 USART 通信接口, 供电电压 2.0 ~ 3.6 V, 其强大的存储空间及一系列省电模式保证模块低功耗应用^[14]。

2.2 串口通信模块

网关设计了 4 个标准 RS485 串口和 1 个 RS232 串口, 其中 RS485 串口用于连接底层各传感器, 采集底层原始数据, RS232 串口则用于调试与下载网关程序。

RS485 模块采用 SP3485 芯片, 模块的电路图如图 3 所示。STM32 管脚 PC1 连接 SP3485 的 RE (接收器输出使能, 低电平有效) 和 DE (驱动器输出使能, 高电平有效) 引脚, 主要控制 485 串口接收。当 RE 处于低电平时, 器件处于接收状态, 此时 STM32 为发送模式; 当 DE 处于高电平时, 器件处于发送状态, 此时 STM32 为接收模式。模块的输入/输出引脚 (DI/RO) 连接 STM32 的 USART3 串口, 主要实现数据的接收和发送, 模块 A、B 端与传感器的数据接口 A、B 端相连接, 用于数据采集。

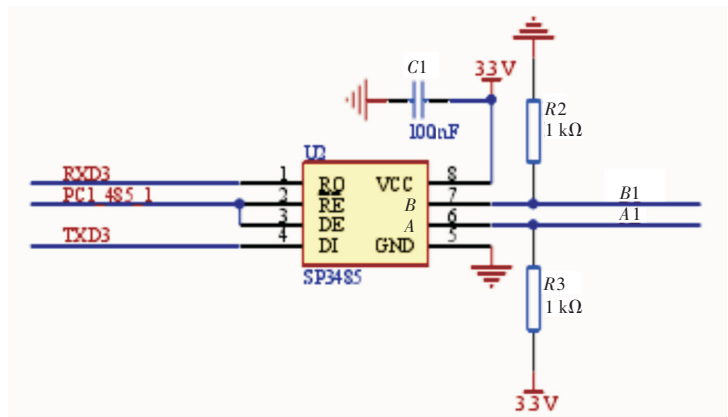


图 3 RS485 模块电路图

Fig.3 Circuit diagram of RS485 module

2.3 北斗/GPS 模块

北斗/GPS 模块芯片采用和芯星通 UM220-IIIN, 该芯片可同时支持 BD2 B1、GPS L1 两个频点, 其输入电压 $V_{DC} = +2.7 \sim 3.6$ V, 功耗 120 mW (典型值), 定位精度 2.5 mCEP, 芯片电路原理如图 4 所示。串行端口数据发送引脚 TXD1 与 STM32 数据接收端 PA3 (USART2_RX) 相连; 数据接收引脚 RXD1 与 STM32 数据发送端口 PA2 (USART2_TX) 相连, 模块其他主要引脚说明如下:

nRESET: 复位端, 低电平有效;

GDIO: 通用 I/O 端口;

TIME PULSE: 时钟脉冲 (IPPS);

EXT INTO: 外部中断;

RSV: 保留管脚悬空处理;

VCC_ RF: 输出电压射频部分;

RF_ IN: GNSS 信号输入;

SPI_ SDO: 串行外设接口数据输出;

SPI_ SDI: 串行外设接口数据输入;

SPI_ SCK: 串行外设接口时钟输入;

SPI_ CSI: 串行外设接口片选输入;

SDA2: 指示数传控制数据;

SCL2: 指示数据控制时钟;

V_ BCKP: 用于主电源 VCC 断电时, 给实时时钟 (RTC) 和静态存储器 (SRAM) 供电。

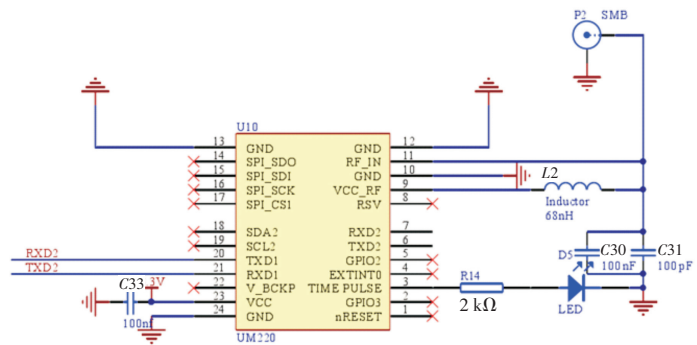


图 4 北斗模块电路图

Fig.4 Circuit diagram of Beidou module

2.4 GPRS 模块

选用 SIM800c 实现采集数据的无线传输, 该模块可支持 4 频 GSM/GPRS, 工作频段为 GSM850 MHz、EGSM900 MHz、DCS1800 MHz、PCS1900 MHz, 可自动搜索这四个频率, 也可通过 AT 命令来设置频段。模块编码格式为 CS-1、CS-2、CS-3、CS-4, 可低功耗实现语音、SMS 和数据信息传输^[10]。

SIM800c 与主芯片连接电路如图 5 所示, 模块连接及主要引脚说明如下:

VCC: 模块供电引脚, 输入 DC5 V。

V_TTL: 该引脚接主控制芯片 STM32 (内核电压 5 V/3.3 V), 用于把模块输入和输出转换为相对应的 TTL 逻辑。

TXD: 模块发送引脚, TTL 电平, 与主芯片的接收管脚 RXD4 (即 79 脚位 PC11/USART4_ RX) 相连接。

RXD: 模块接收引脚, TTL 电平, 与主芯片的发送管脚 TXD4 (即 78 脚位 PC10 /USART4_ TX) 相连接。

PWK: 拉低该引脚可以实现模块的开启或关闭。

GND: 电源地线。

2.5 FLASH 模块

为保障数据存储, 在采集网关内扩展一个 FLASH 存储器, 存储器选用 W25Q128FV 芯片。FLASH 模块芯片电路如图 6 所示, 其主要功能引脚及连接说明如下:

DO: I/O 口数据输出端, 该引脚与 STM32F103VET6 芯片 31 脚位管脚 SPI1 MISO (SPI 总线主机输入/从机输出) 相连接。

DIO: I/O 口数据输入端, 该引脚与 STM32F103VET6 芯片 32 脚位管脚 SPI1 MOSI (SPI 总线主机输出/从机输入) 相连接。

CLK: 串行时钟输入端, 该引脚与 STM32F103VET6 芯片 30 脚位管脚 SPI1 SCK (SPI 同步时钟) 相连接。

CS: 片选输入端。

WP: I/O 口写保护输入端。

HOLD: I/O 保持数据输入端。

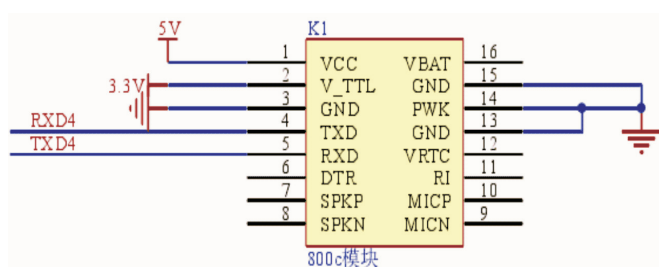


图 5 SIM800C 与 STM32 电路连接示意图

Fig.5 Circuit connection diagram of SIM800c and STM32

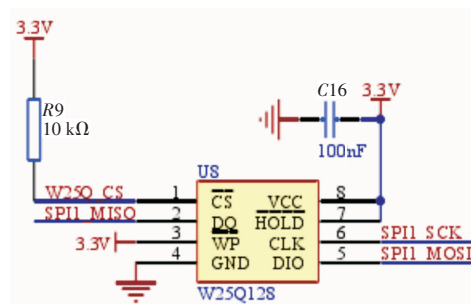


图 6 FLASH 模块电路图

Fig.6 Circuit diagram of FLASH module

3 采集网关软件程序开发

网关以 STM32F103VET6 为主控制器, 选用 Keil μ Vision 集成开发环境作为软件开发工具, 通过运行 C 语言编写系统软件, 实时采集船舶信息, 并控制 GPRS 模块将数据发送至远程服务器终端。

3.1 主程序结构

主控芯片是整个船用采集网关的“大脑”, 主程序运行流程如图 7 所示。首先在驱动工作流程前需

对底层驱动进行初始化操作^[15], 然后对相关必要参数进行配置。初始化结束后, 采集网关进行工作周期判断 (网关设置采集周期为 15 min, 可根据实际需求进行编程设定), 到达采集周期点后, RS485 串口连接底层各传感器, 根据 MODBUS_ RTU 通讯协议采集船舶参数; 北斗/GPS 模块根据和芯星通 Unicore 标准协议采集船舶位置动态信息, 数据采集后通过网关扩展的 FLASH 模块对数据进行存储。数据传输时, 采集装置向上位机请求数据, 上位机通过验证后向采集装置发送采集周期等配置信息, 网关配置成功后通过 GPRS 模块向上位机发送采集数据, 随后上位机确认接收, 主程序一个周期运行结束。

3.2 RS485 采集模块程序设计

采集网关的 RS485 串口与各传感器 (如计量表等) 相连接, 数据采集时, 主芯片 STM32 通过 RS485 总线向各传感器发送采集指令, 并开启串口中断, 接收传感器采集的船舶信息。RS485 采集模块采用 MODBUS_ RTU 通信协议, 按照串行总线的主从通信原理确定访问的方法, 采集的船舶数据多为浮点数类型, MODBUS_ RTU 规定采用 IEEE754 格式进行传送。模块程序设计包括串口初始化 (配置管脚、设置通讯参数)、串口中断接收和数据解析处理三部分, 程序运行流程如图 8 所示。

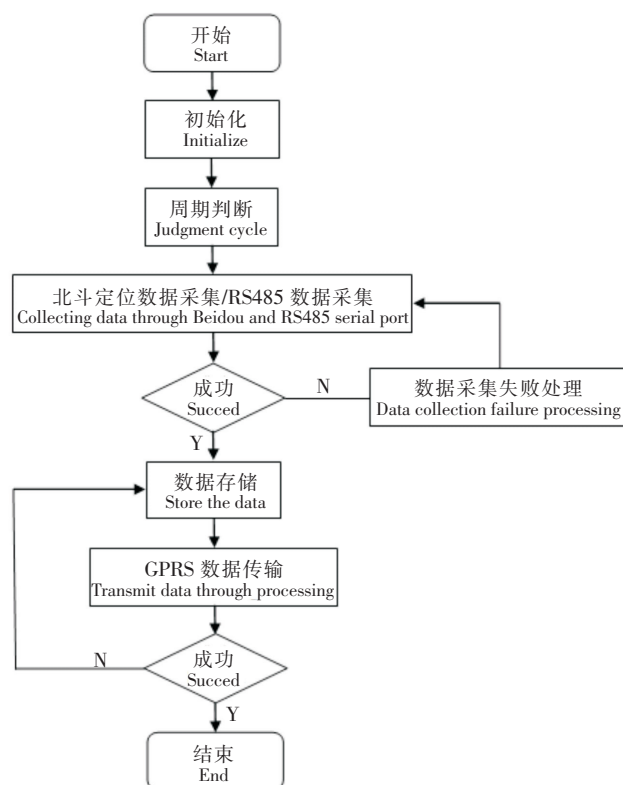


图7 主程序运行流程图

Fig.7 The flow chart of the main program

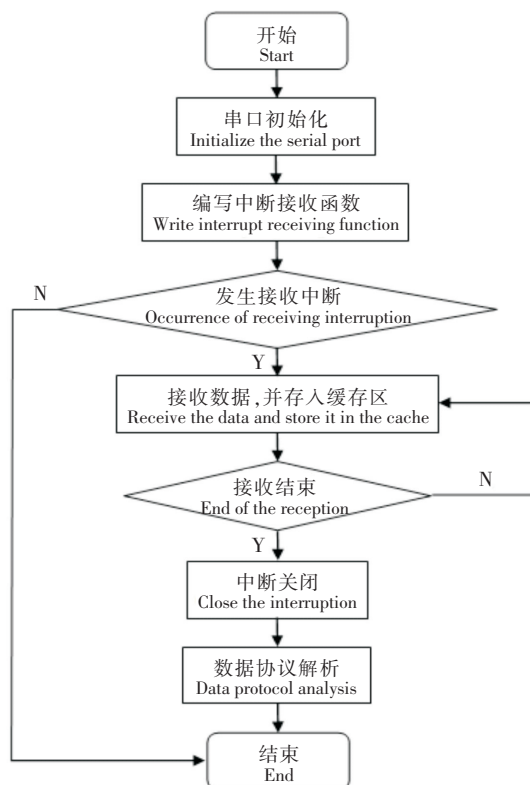


图8 RS485 采集模块程序运行流程图

Fig.8 A flow chart of RS485 acquisition module

3.3 北斗/GPS 定位模块程序设计

UM220 - IIIN 与单片机串口通信采用 Unicore 协议 (和芯星通软件接口协议), 单片机根据协议对应的指令, 通过串口 USART2 对 UM220 - IIIN 模块进行配置。数据采集时, 单片机串口中断开启, 串口根据 Unicore 标准协议中断接收 UM220 - IIIN 的北斗/GPS 信息, 通过采集网关内置存储模块及 GPRS 模块, 实现信息存储与传输, 并在船舶综合监管系统终端机上实时显示船舶经纬度、航速、航向等信息。

STM32 对北斗/GPS 模块的配置命令如下:

```
void Set_beidou()
```

```
{
```

```
    USART2_Send_string(" $ CFGPRT,1,0,9600,0,0\\r\\n ");
```

```
http://xuebaobangong.jmu.edu.cn/zkb
```



```
//使用模块串口 1, 设置波特率为 9600, 数据输入输出格式为 Unicore 协议
USART2_Send_string(" $ CFGMSG,0,0,0\r\n"); //关闭 GGA
USART2_Send_string(" $ CFGMSG,0,1,0\r\n"); //关闭 GLL
USART2_Send_string(" $ CFGMSG,0,2,0\r\n"); //关闭 GSA
USART2_Send_string(" $ CFGMSG,0,3,0\r\n"); //关闭 GSV
USART2_Send_string(" $ CFGMSG,0,4,1\r\n"); //打开 RMC
USART2_Send_string(" $ cfgsave,h1f\r\n"); //保存配置到 NOR Flash
}
```

3.4 GPRS 数据传输模块程序设计

网关 GPRS 模块应用 2G 网络实现采集数据的无线传输 (在采集持续时间较短、传输速率要求较高的情况下可使用 3G 网络), 数据上传时, 主控制芯片通过 USART4 串口发送 AT 命令来控制支持 TCP/IP 协议的 GPRS 模块 (SIM800c), 将采集到的数据传输至服务器终端。GPRS 数据传输模块程序设计包括: 模块初始化、建立连接、数据发送、关闭连接, 主要代码及注释如下:

```
void Set_3G() //初始化
```

```
{
    USART4_Send_string(" AT + CIPMODE = 0\r\n"); //设置为非透传模式
    USART4_Send_string(" AT + CPIN? \r\n"); //检查 SIM 状态
    USART4_Send_string(" AT + CSQ\r\n"); //检查网络信号强度
    USART4_Send_string(" AT + CREG? \r\n"); //检查网络注册状态
    USART4_Send_string(" AT + CGATT? \r\n"); //检查 GPRS 附着状态
    USART4_Send_string(" AT + CSTT = \"CMNET\" \r\n"); //设置 APN
}
```

```
void Connect3G() //建立连接, 发送数据
```

```
{
    USART4_Send_string(" AT + CIICR\r\n"); //激活移动场景, 建立无线链路
    USART4_Send_string(" AT + CIFS\r\n"); //获取模块本地 IP 地址
    USART4_Send_string(" AT + CIPSTART = \"TCP\", \"111.145.254.19\", 8809\r\n"); //设置远端服务器类型、IP 地址、端口号, 建立 TCP 链路
    USART4_Send_string(" AT + CIPSEND\r\n"); //开始数据发送
}
```

```
void Close_3G() //关闭
```

```
{
    USART4_Send_byte(0x1A); //结束发送数据
    USART4_Send_string(" AT + CIPCLOSE\r\n"); //关闭连接
}
```

3.5 陆基船舶综合监管系统软件设计

陆基船舶综合监管系统基于 Win 7 操作系统, 利用 Java 编程语言开发设计, 软件功能如图 9 所示。

该系统为保证信息安全及用户隐私, 将用户划分为两类, 一类为超级管理员, 一类为普通用户, 并为不同用户提供独立的访问账号和密码, 明确划分访问权限。超级管理员可对船舶信息进行查、增、删、改等操作, 而普通用户只可查询其所属船舶信息。

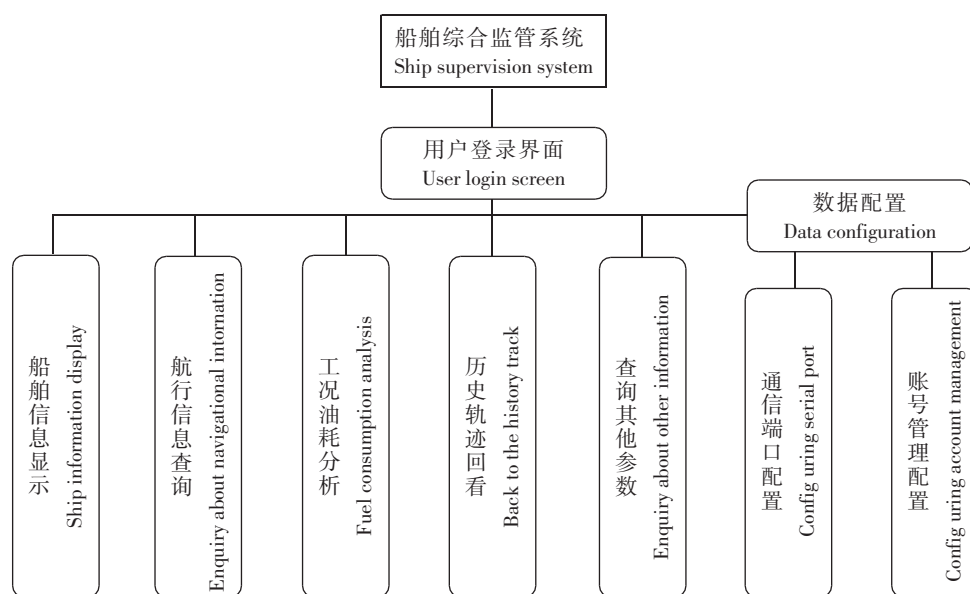


图9 船舶综合监管系统软件功能图

Fig.9 Software function diagram of ship supervision system

4 网关实船应用测试

为了检测整个采集网关程序开发是否有效,以某渔港2艘渔船、某游艇码头4艘游艇为试验对象,进行了近一个月的测试,得出以下几个结论:

1) 船舶综合监管系统船舶各数据(经纬度、航速、航向、油耗、电池组参数等)更新正确,如图10、图11所示,证明采集网关功能达到既定要求。



图10 船舶综合监管系统主页面显示

Fig.10 Home page of ship supervision system

2) 系统采集的油耗值与现场记录的油耗值存在差异,且这个差异因船舶类型的不同而不同。相比而言,游艇的油耗差异大于渔船的油耗差异,可能由于游艇自身横摇纵摇幅度较大造成(有待考证),但总体而言,两种船型油耗差异均小于3%,满足设计精度要求。

3) 试验时港口恰逢阴雨天,风力达5~6级,各类船舶停靠较多,但GPRS模块通信质量和覆盖海域并未受到影响,采集系统稳定性满足设计要求。

5 结束语

基于 GPRS 无线传输技术的船舶数据采集网关基本实现了近海类船舶实时信息的采集与传输、历史数据的存储与查询等功能。但在设计研发及应用过程中仍存在不足之处需要进一步完善,如采集的船舶数据仍不够完整系统,下一步要尽量扩展数据接口,使数据采集系统更加完善;还应通过抑制干扰源、切断或减少电磁干扰传播途径来提高网关抗干扰能力。



图 11 船舶综合监管系统各数据显示页面

Fig.11 Data page display of a ship supervision system

[参 考 文 献]

- [1] GREGG R D, BRETL T W, SPONG M W. A control theoretic approach to robot-assisted locomotor therapy [C] //Proceeding of 49th IEEE Conference on CDC. Atlanta: GA, 2010: 1679-1686.
- [2] KREBS H I, HOGAN N. Therapeutic robotics: a technology push [J]. Proceedings of the IEEE, 2006, 94(9): 1720-1738.
- [3] 王诗文, 张宁, 沈智鹏, 等. 基于 OPC 技术的船舶机舱数据采集与监测系统 [J]. 大连海事大学学报, 2014, 40(3): 73-78.
- [4] 宁小敏, 阳斌, 王奕, 等. 基于 WEB 的船舶信息集成管理系统的设计及实现 [J]. 中国舰船研究, 2011, 6(3): 99-102.
- [5] 张春红. 基于卫通的现代船岸一体化远洋船舶监控系统 [J]. 广东造船, 2011(2): 54-57.
- [6] 蔡礼松, 余楚中. 基于 CAN 的船舶数据监控系统设计 [J]. 中国造船, 2013, 54(3): 184-189.
- [7] 高燕, 刘瑾, 张菁, 等. 基于 PLC 的多数据采集监测报警系统研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2016(5): 40-43.
- [8] 于滢威. 一种基于船舶数据采集的无线传感器的研究与设计 [D]. 大连: 大连海事大学, 2012.
- [9] 郝刚. 浅谈 GPRS 在远程水文监测领域的应用 [N]. 科技创新导报, 2012-08-11(23).
- [10] 吴正. 船用数据采集系统远程应用的实现方案 [J]. 上海船舶运输科学研究所学报, 2016, 39(2): 45-51.
- [11] 马斌. 单片机原理及应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [12] 王电令, 苏亚辉, 苏彩虹. STM32 开发实战 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [13] 王松武, 赵旦峰. 常用电路模块设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [14] 刘杰, 陈昌川. 基于固件的 ARM Cortex M4 原理及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [15] 谭浩强. C++ 程序设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 郑青榕)