

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2005324

# 基于 Modbus-RTU 的水面航行平台无线动力控制系统

张浩 魏飞 张家旭

(中国特种飞行器研究所 高速水动力航空科技重点实验室 荆门 448000)

**摘要:** 某水面航行平台模型需要在开阔水域进行自航试验,试验人员需在岸上对模型上的4台推进器电机和4台回转电机进行精确控制从而控制模型的运动,由于模型体积较小且能承载的重量较小,针对该问题设计了一套结构简单、成本较低的水面航行平台无线动力控制系统,该系统基于 Modbus-RTU 协议、通过串口控制电机。实际测试结果为该系统能够实时控制伺服电机的转动速度和转动角度,最远控制距离在 1 km 左右,控制误差在 3% 以内,结果表明该系统能够满足试验需要。

**关键词:** Modbus-RTU; 伺服电机; LabVIEW; 无线控制

**中图分类号:** TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

## Wireless power control system for surface navigation platform based on Modbus-RTU protocol

Zhang Hao Wei Fei Zhang Jiayu

(Aviation Key Scientific and Technological Laboratory of High Speed Hydrodynamic, China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448000, China)

**Abstract:** A surface navigation platform model needs to conduct self-propelled test in open water, and the experimenters need to control the four thruster motors and four rotary motors of the model on shore, so as to control the movement of the model. Because the model is small in volume and can carry small weight. Aiming at this problem, a set of simple structure and low cost control system is designed. The system is based on Modbus-RTU protocol and controls the motor through serialport. The actual test result shows that the system can control the rotation speed and angle of the servo motor in real time, the maximum control distance is about 1 km, and the control error is within 3%, which shows the system can meet the needs of the test.

**Keywords:** Modbus-RTU; servo motor; LabVIEW; wireless control

## 0 引言

在工业控制中,电机是控制系统一个重要组成部分,传统的控制方法主要是通过 PLC 发出指令传输到驱动器控制伺服电机,上位机通过串行或并行通信协议控制 PLC,来实现远程控制,若控制电机台数较多,需要的 PLC 数量较多,成本较高,杨世超等<sup>[1]</sup>提出基于 Modbus-RTU 协议对两台电机进行联动控制的方法,该方法上位机与驱动器直接通讯,未用到 PLC,成本较低,但上位机与驱动器连接方式为有线连接,控制距离较短,为实现远程控制多台电机的目的,本文基于 Modbus-RTU 协议、通过串口控制驱动器,将两台上位机(PC)置于路由器建立的同一个无线局域网下,通过远程桌面实现远程控制,本系统未用到 PLC,控制指令直接发送到驱动器上,简化了系统复杂度,在数值处

理运算和数据传送上更快,控制实时性更强,缺点是两台 PC 必须在路由器建立的同一个无线局域网下,控制距离有限,考虑到本试验模型航行距离较近,对控制距离要求不高,采用本文方案较为合适。该系统设计的主要难点在于程序需要同时控制 8 台电机,且需要同时收发数据,需保证控制的延时较低,要利用多线程技术,否则程序可能出现卡顿导致控制延时较高。

## 1 系统总体设计

船模自航试验是预估实船性能和判断船-机-桨匹配好坏、分析研究各种推进效率的重要手段<sup>[2-3]</sup>,能够直观地将船舶性能展示出来<sup>[4]</sup>,为研究某水面航行平台的水动力性能,需在开阔水池进行缩尺比为 1:50 的水面航行平台模型自航试验。图 1 所示为模型简易示意图,4 套吊舱推进

收稿日期:2020-11-06

• 6 •

器安装在模型底部位置,并确保 4 套吊舱推进器之间的距离足够安全。模型的动力装置选用吊舱推进器,吊舱推进器是近年发展起来的一种新型的船舶推进装置,可以节省船舶舱室空间<sup>[5]</sup>,吊舱推进器集推进与舵的功能于一体,与传统的推进形式相比,无论是在操纵性能、推进效率还是后期的维护保养方面均具有一定的优势<sup>[6-7]</sup>,吊舱推进器凭借其特性和出色的表现在商业领域获得了较大的成功,并且逐渐向军事领域拓展<sup>[8]</sup>。

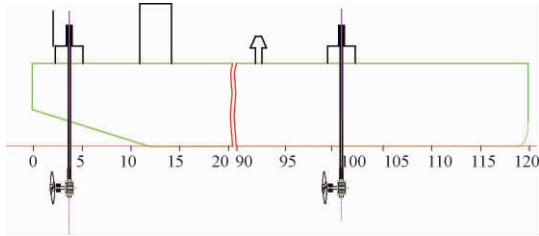


图 1 某水面航行平台模型(侧视图)

图 2 所示为模型上安装的吊舱推进器,每套吊舱推进器安装 2 台伺服电机,其中 1 台电机带动推进器的桨转动,称为推进器电机,为模型航行提供动力,这台电机采用速度模式控制,控制电机的转动速度。另外 1 台电机与吊舱轴相连,称为回转电机,控制桨的方位,这台电机采用位置模式控制,控制电机的转动角度,从而控制模型航行的方向。试验时要求能在岸上实时远程控制 4 台推进器电机的转动速度和另外 4 台回转电机的转动角度,从而控制航行平台模型的运动。

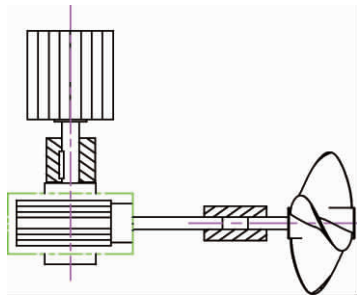


图 2 吊舱推进器

目前国内伺服电机控制基本都通过 PLC 实现,虽然该方案技术成熟可靠,但成本较高,且本文模型体积和重量较小,能够承载的重量较轻,不易安装过多的 PLC,同时 PLC 编程有一定难度,若利用虚拟仪器如 LabVIEW 开发伺服电机控制程序,具有开发部署较快,成本较低等优势。

如图 3 所示,岸上的 PC 通过路由器建立的无线网络与模型上的 PC 建立通信,通过岸上的 PC 可以远程操作模型上的 PC,模型上的 PC 作为上位机,由于 PC 上只有 USB 口,需要通过串口卡将 PC 扩展出 8 路串口,通过串口与伺服驱动器相连,这样岸上的 PC 可以与模型上的 8 台伺服驱动器通信,实现同时控制 8 台电机。

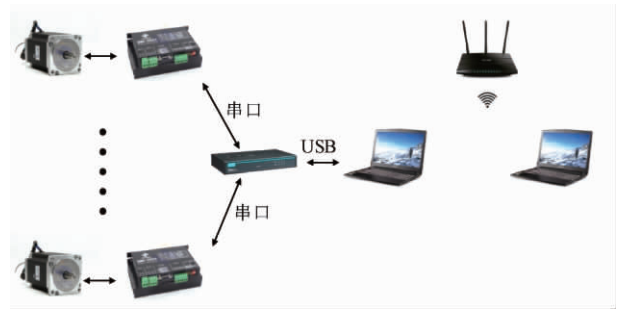


图 3 基于 Modbus-RTU 的控制系统总体设计

## 2 Modbus-RTU 协议及实现

### 2.1 Modbus-RTU 协议

Modbus 协议作为一种全球通用的工业标准,是不同设备组成工业网络的总线协议<sup>[9]</sup>。通过此协议,控制器相互之间、控制器经由网络(例如以太网)和其他设备之间可以通信。Modbus 包括 ASCII、RTU、TCP 3 种报文类型,本文系统中的电机有两种控制方式,分别为位置模式和速度模式,两种控制方式基本过程如图 4 所示(控制多个从机)。RTU(远程终端设备)模式,RTU 模式下的控制命令数据帧格式为:寄存器地址+功能码+信息+CRC 校验码,CRC 的全称是循环冗余校验,主要用来校验数据传输后可能出现的错误,其检错能力强、花费 CPU 开销小,同一个 Modbus 网络下的所有的设备的传输模式和串口参数都必须相同。

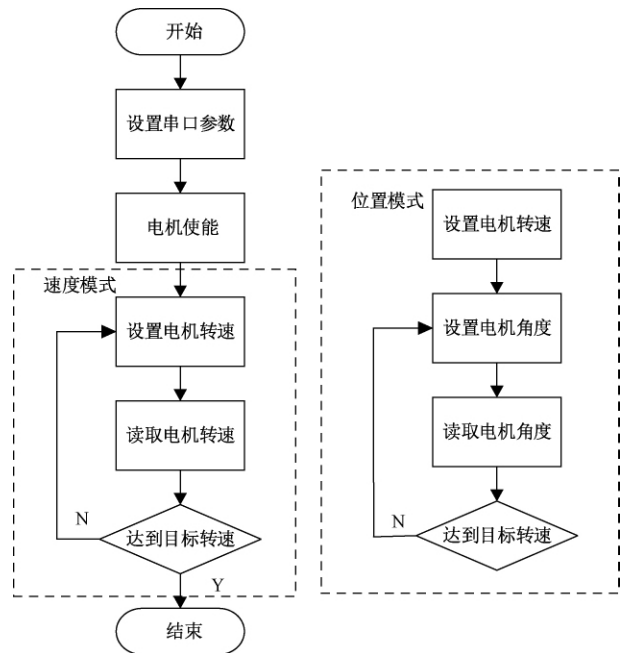


图 4 程序运行过程

### 2.2 驱动器控制方式

本文系统选用的电机驱动器可以通过 Modbus-RTU 模式来控制,上位机与驱动器通过串口通信,上位机通过

Modbus 的读写驱动器功能来设置驱动器参数和控制驱动器运行。驱动器支持的功能码为 0x03(读寄存器)、0x06(写寄存器)、0x10(写目标位置)等。

### 3 上位机程序设计

本文系统上位机程序采用 LabVIEW 编写,LabVIEW 设计界面的人性化,能够最大限度地发挥虚拟仪器在数据采集、数据检测分析和结果输出显示的强大功能,实现对相关信号和数据的分析处理<sup>[10]</sup>。LabVIEW 内置了 8 个串口通信功能函数,可以分别实现串口初始化、串口写、串口读、检测串口缓存、中断以及关闭串口等功能<sup>[11]</sup>,本文系统程序结构采用事件结构,主要模块为串口读写模块、CRC 校验模块等,串口读写模块可利用 LabVIEW 的 VISA 节点快速搭建,VISA 是测试程序与数据传输总线的中间层,为应用程序和仪器总线的通信建立了通道<sup>[12]</sup>。

图 5 所示为用 LabVIEW 编写的 CRC 校验码程序,通过该程序可将上位机发送的命令转化为带 CRC 校验码的命令。

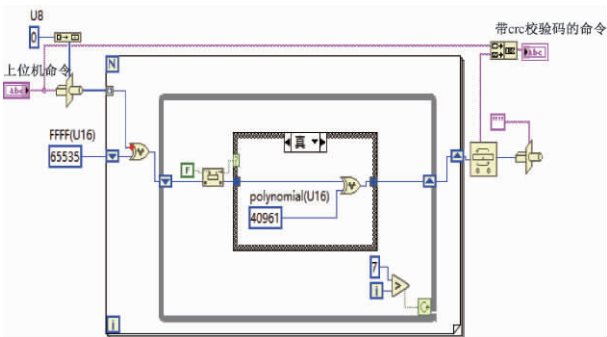


图 5 CRC 校验码程序

以设定左后桨电机转速为例,图 6 所示为其中的 CRC 检验子 VI 即为图 5 所示的程序,若设定电机转速为 1 000 r/min,上位机发送的原始命令为 0106 0002 03E8,通过该子 VI 会在命令结尾加上 CRC 校验码 28B4,即向串口写入的命令会变为 0106 0002 03E8 28B4。上位机程序由每个电机的写入和读取程序组成事件结构。

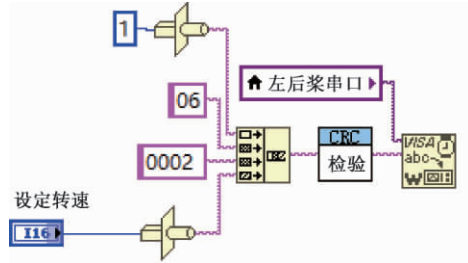


图 6 设定电机转速程序

上位机主程序采用多线程编程,每个电机的控制程序在一个循环内,LabVIEW 程序自动为每个循环开辟一个线程,从而保证程序的流畅性,使得控制延时较低。多线程多处理技术是现代技术并行技术的关键概念之一,其最大的优势在于其控制多处理计算机器的能力,在多核 CPU 的计算机上,操作系统会自动把程序中的不同线程分配给不同的 CPU 内核并行处理,而单线程的应用程序只能在单个处理器上按照程序的路径顺序执行,很难发挥多处理器的优势<sup>[13-14]</sup>。多线程技术满足人机界面与显示的实时响应<sup>[15]</sup>。

图 7 所示为上位机程序用户界面,在该用户界面上可以输入推进器电机的转速和回转电机的转动角度,并能读取实际转速和角度。



图 7 航行平台动力控制系统程序前面板

## 4 系统测试

系统设计及搭建完成后,需对系统进行测试以验证系统技术指标能否满足试验需要,测试具体步骤为在开阔地面上将模型放置于某处,在距离模型一定距离处放置控制电脑和路由器,系统上电后,在图 7 航行平台动力控制系统程序前面板中设定设定角度框中输入左前舵、左后舵、右前舵、右后舵电机的转动角度,在设定转速框中输入左前桨、左后桨、右前桨、右后桨电机的转动速度,

电机运动稳定后,程序前面板会实际角度和实际转速框会显示电机运动的角度和转速,测试多次后计算实际角度和转速平均值,通过设定值和实际值比较来计算电机控制误差,通过移动控制电脑和路由器,并给定速度和角度,若电机能转动,则说明在该距离下系统能够正常工作,通过该方法确定系统最远控制的距离,表 1 所示为系统测试结果。

表 1 系统测试结果

| 电机<br>编号 | 给定转速<br>或角度 | 实际转速<br>或角度 | 控制<br>误差/% |
|----------|-------------|-------------|------------|
| 左前舵      | 30°         | 29.5°       | 1.6        |
| 左后舵      | 30°         | 29.2°       | 2.6        |
| 右前舵      | 30°         | 29.3°       | 2.3        |
| 右后舵      | 30°         | 29.7°       | 1.0        |
| 左前桨      | 200 r/min   | 197 r/min   | 1.5        |
| 左后桨      | 200 r/min   | 196 r/min   | 2.0        |
| 右前桨      | 200 r/min   | 198 r/min   | 1.0        |
| 右后桨      | 200 r/min   | 197 r/min   | 1.5        |

实际测试表明,系统对电机转速及转动角度控制误差在 3% 以内,系统选择大功率无线路由器,实际测试最远控制距离在 1 km 左右,控制精度和控制距离能够满足试验要求。

## 5 结 论

本文基于 Modbus-RTU 协议设计了一套水面航行平台无线动力控制系统,程序在 LabVIEW 平台上实现,利用多线程技术,系统能够通过串口实时远程控制多台电机,实际测试表明,系统控制精度及距离满足试验要求。目前该系统多台电机只能独立控制,即每个电机的控制都需要单独发送指令,多台电机的启动和停止不是同步的,后续可在此基础上实现多台电机同步控制功能,同时增大路由

器功率,提高控制距离。

## 参考文献

- [1] 杨世超,陶正苏.基于 Modbus RTU 通信协议的伺服电机联动控制系统[J].电子设计工程,2012,20(1):91-97.
- [2] 秦余钢.船模自航试验遥控测试研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2010.
- [3] 李亮,王超,孙帅,等.实船自航试验数值模拟及尺度效应分析[J].哈尔滨工程大学学报,2016,37(7):901-907.
- [4] 王健,魏成柱,易宏,等.新概念无人穿梭艇静水操纵性能[J].上海交通大学学报,2017,51(3):288-293.
- [5] 郑安宾,田忠殿,胡举喜,等.吊舱推进器的发展及应用前景[J].液压气动与密封,2019(6):1-3,7.
- [6] 赵大刚,郭春雨,苏玉民,等.L 型吊舱推进器直航及操舵工况水动力性能试验研究[J].上海交通大学学报,2017,51(7):812-818.
- [7] 贺伟,陈克强,李子如.串列式吊舱推进器操舵工况水动力试验研究[J].华中科技大学学报(自然科学版),2015,43(1):107-111.
- [8] 高宜朋,曾凡明,张晓锋.吊舱推进器在舰船推进系统中的发展现状及关键技术分析[J].中国舰船研究,2011,6(1):90-92.
- [9] 廉永乐,王明.基于 VC++ 的 Modbus 协议串口通信设计与实现[J].数字技术与应用,2017(9):158-160.
- [10] 王丽,郭红霞.基于 LabVIEW 的汽车动力性能测试系统研究[J].国外电子测量技术,2017,36(2):41-48.
- [11] 施雅婷,郭前岗,周西峰.一种改进 LabVIEW 串口通信系统的实现[J].电子测试,2010(8):64-69.
- [12] 魏义虎,陈雷.基于 LabVIEW-VISA 方式的串口通信研究[J].电子设计工程,2015,23(24):129-131.
- [13] 程金光,张荣福,郁浩,等.基于 LabVIEW 的声音数据采集分析系统[J].电子测量技术,2016,39(2):94-98.
- [14] 薄志峰.基于 LabWindows/CVI 的电动舵机自动化测试系统设计[J].国外电子测量技术,2015,34(5):66-69.
- [15] 徐琪,刘平,曾禹乔,等.基于 LabVIEW 的单向阀振动信号采集关键技术设计[J].电子测量技术,2016,39(11):118-121.

## 作者简介

张浩,硕士,工程师,主要研究方向为水动力试验与测试技术。

E-mail:717419277@qq.com