

高速航空拖靶操控分系统设计与实现

刘鹏程, 房海华, 何泳

(上海航空测控技术研究所 故障诊断与健康管理工作航空科技重点实验室, 上海 201601)

摘要: 某型高速航空拖靶系统的改造升级过程中, 为解决新拖靶机在高速飞行时伴随的异常振动及快速收靶时带来的对靶机的安全隐患, 需增加智能化、人性化的操控分系统实现命令控制、画面显示、视频监控、存储、飞行数据转发与记录功能; 操控分系统通过串口与显示器、靶载台和遥测电台进行数据通信, 通过网口实现与航空绞车数据通信, 把获取的数据进行分析处理和存储, 为收放靶提供数据指导和作战任务分析, 通过采用显控和存储双系统的设计确保控制操作的独立性和安全性; 这些使得高速航空拖靶的工作状态更加安全、可控, 提高了靶标模拟巡航式导弹的效果, 为作战演练和武器研制提供了更好的辅助工具; 通过对操控部分的设计与实现的简要分析, 阐述了新型高速拖靶系统的实用功能。

关键词: 航空; 拖靶; 视频; 存储; 显示; 导弹

Design and Actualization of Control Part on the High-speed Air Tow Target System

Liu Pengcheng, Fang Haihua, He Yong

(Shanghai Aero Measurement-Controlling Research Institute, Shanghai 201601, China)

Abstract: In order to resolve the unwanted libration companied with the new tow plane and security issue as a result of reclaim tow target under the high speed, one control part should be used in the alteration of the high-speed air tow target system, it can be used to respond the commend, video display and storage, the data in the flying transmit and recording. The control part use three searial port to communicate with the display, the radio on the tow target and the sling cabin, communicate with the airo-winch through a net port, it can analyze, dispose and storage the data which received from above ports, and assist controlling and analysis whichever in the air or on the earth. It also using two systems, display controlling and storage system, to increase the control more security. All of this make the air tow target more governable and increase the impression of the tow target simulate the cruise anti-ship missile, all of this can afford a good assistant instrument for the battle maneuver and weapon research. The role of the control part in the high-speed air tow target system was summarized in this article and described the practicality fuction of the new high-speed air tow target system.

Keywords: aviation; tow target; video; storage; display; missile

0 引言

高速航空拖靶系统主要由航空绞车及靶标(拖靶)分系统、测控吊舱(远程链路)分系统、操控分系统三部分组成, 通过航空绞车拖曳拖靶, 可用于对空武器试验、训练的空中靶标, 与无人机和靶弹等靶标相比价格低廉且具备回收重复利用的特点, 一直被用来模拟巡航式导弹供演习训练用^[1-2]。随着时代的发展, 原来引进研仿的拖靶系统也需要进行更新升级, 本文阐述的操控分系统实现了高速拖靶系统的指令操控和相关数据的转发、显示和记录存储, 丰富和完善了拖靶系统的功能, 提升了拖靶系统的实际应用效果。

1 操控分系统组成及工作流程

高速航空拖靶操控分系统由显控处理机、视频监视设备、显示器三部分组成, 其对外交联的原理框图如图1所示。

视频摄像头用于监控航空绞车收放靶时画面, 飞行员通过飞机座舱内的显示器观察航空绞车所挂载拖靶状况, 通过显示器的周边键发送控制指令至显控处理机控制绞车收缆、放缆、

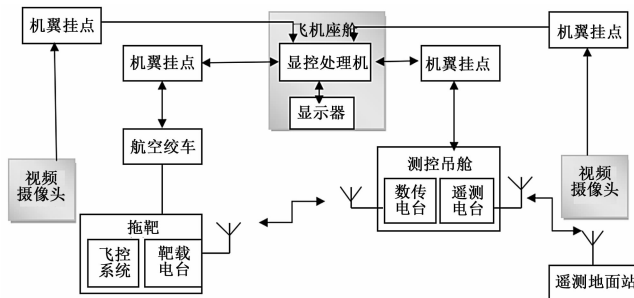


图1 高速航空拖靶操控分系统交联原理框图

快收、慢收、定高飞行及切换左右监控画面等动作。同时显控处理机接收航空绞车发送的状态信息, 并在显示器上显示。

显控处理机给测控吊舱的数传电台定高指令, 控制拖靶的定高飞行等操作, 并获取数传电台传来的含有高度、位置等内容的拖靶信息; 将接收到的航空绞车的信息和拖靶信息送给测控吊舱的遥测电台, 遥测电台会通过无线数据链路发送给地面站, 同时显控处理机还会将视频摄像头传来的视频画面输出至显示, 并将显示画面传送给测控吊舱。

航空绞车内部配有长达数千米的拖曳缆绳、控制收放缆的机械气动装置、测量缆绳长度的计数装置、计算缆绳张力的压

收稿日期:2015-10-27; 修回日期:2015-12-07。

作者简介:刘鹏程(1984-),男,山东省邹平县人,硕士,工程师,主要从事信号获取与处理方向的研究。

力传感装置、测算收放缆速度的测速装置、记录缆绳数据的电路逻辑组件, 当航空绞车上电后会进行自检, 并将自检信息自动上传至给显控处理机。

拖靶内部有飞控系统、靶载电台等装置, 飞控系统用来响应定高指令及曳光管点燃; 靶载电台主要把拖靶信息传送给测控吊舱的数传电台。测控吊舱装配有数传电台和遥测电台, 数传电台会与拖靶的靶载电台通信, 接收靶载电台传来的拖靶状态信息, 给拖靶发送高度控制、曳光等指令信息; 遥测电台会将显控处理机传来的含有航空绞车信息和拖靶信息的数据通过无线链路传送给遥测地面站。

遥测地面站接收遥测电台传来的航空绞车和拖靶的信息并解码显示, 接收测控吊舱传来的监控视频的画面并显示。通过以上功能飞行操作人员能够通过座舱中的显示器了解航空绞车的状态信息, 加强了收放靶状态时的飞行安全, 地面站指挥人员也能实时了解飞行操作人员的操作及系统的状态信息, 便于对飞行人员进行指导, 这样能做到系统运行的全程可视化。

2 系统工作原理及硬件组成

根据高速航空拖靶操控分系统所需完成的功能, 显控处理机系统硬件结构设计及功能如图 2 所示。

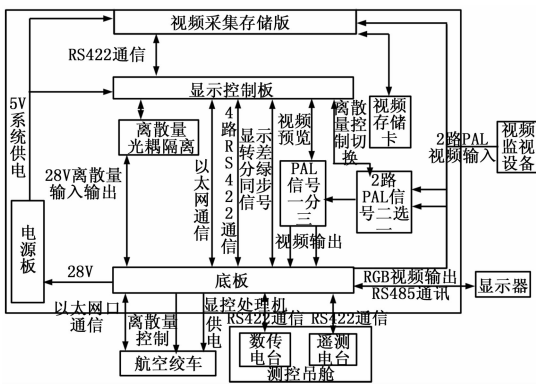


图 2 系统硬件结构及功能图

高速航空拖靶操控分系统硬件结构由视频采集存储板、显示控制板、电源板、存储卡模块、显示器、视频监视设备及底板组成, 具体功能如下:

- 1) 视频采集存储板主要功能为负责处理视频监视设备采集的模拟视频信号, 将模拟信号数字化后进行压缩处理, 将压缩完成的视频存储到存储卡中, 通过以太网实现视频数据对外传输, 通过 RS422 接口与显示控制板通讯。
- 2) 显示控制板主要功能为通过 RS485 接口接收显示器周边键的控制信息, 并经转换进行命令的分发, 通过 RS422 总线实现对拖靶测控机载台、通过网口通信实现对航空绞车数字化系统状态信息的记录, 离散量的输入输出。具备一路以太网下载接口, 视频预览切换功能, 此板的特点为多串行口设计, 保证充足的接口需求, 同时通过 RS422 接口实现与视频采集板的通信。
- 3) 存储卡主要接收视频采集板压缩后的视频信号, 进行存盘处理。
- 4) 底板主要实现设备对外信号的连接和各个板卡间的信号转接, 视频信号的放大处理和切换分解; 对显示控制板离散

量的光电隔离等, 主要提供信号输入输出通道。通过显控处理机的航空连接器与测控吊舱、航空绞车、显示器、视频摄像头进行交联数据信号的传输。

5) 显示器设有周边键, 其键值通过 RS422 与外接通讯完成相应控制过程。显示器通过差分 RGB 视频信号接口与显控处理机接线联系, 实现视频显示功能。

6) 视频监视设备主要由视频摄像头及整流罩及固定装置组成, 完成视频信号的前端采集功能。

7) 电源板主要实现防浪涌滤波、电源储能、电源转换供电等功能。

2.1 显示控制板的设计实现

显示控制板主要起到对外通讯交联的作用, 通过 PCI 总线能够扩展出多路的 RS422 及 RS485 总线, 实现数据的接收和指令的发送。此板卡中 PM 级 CPU 通过 PCI 总线的扩展实现多路串行总线的扩展, 同时在外围设备上扩展出 8 路离散量。设计框图如图 3 所示。

显示控制板上可以输出视频选择信号, 实现对底板上两路 PAL 视频信号的切换; 通过 PCI 总线扩展了 16 路的 TTL 离散量输入输出, 通过 CPCI 接口连接到底板对外通信; 扩展了 8 路非隔离 RS422 串口, 通过更改 BOM 实现 RS485 总线的功能, 各通过 CPCI 接口连接底板并对外与显示器、视频采集板等通信; 1 路 10 M/100 M 自适应网口也经过底板与外界通信连接。在进行串口通信时, 由于要接收一个串口信息, 并进行信息处理后通过另外一个串口发送出去, 实时性要求较高, 用板卡自带串口进行与视频采集板的板间通信可以通过扩展串口进行^[4]。

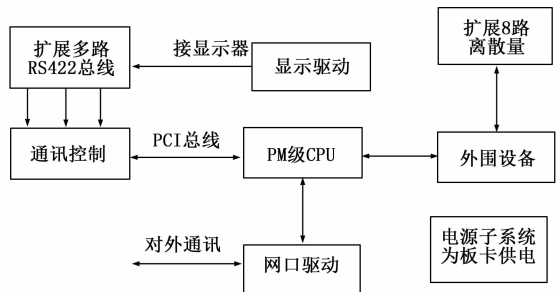


图 3 显示控制板设计原理框图

2.2 视频采集存储板设计实现

视频采集存储板主要完成的功能是把接收到的 2 路复合视频通过 I²C 接口控制, 数据以 BT656 格式输出, 实现 PAL 制模拟视频和 VGA 模拟视频的编码和压缩功能; 能够控制存盘控制器实现大容量的数据存储; 能够实现 RS422 总线的通讯功能。实现原理框图如图 5 所示。

3 系统软件部分

3.1 显示控制板软件部分

高速航空拖靶操控分系统上电启动后, 系统软件进行 BIT 自检及周期自检^[6]工作, 主要检查各离散量 I/O 初始化, 网口初始化, DSP 初始化, RS422 与 RS485 串口初始化等任务。自检完成后, 座舱显示器界面无任何报警信息输出, 可以进行工作。若出现自检故障, 会进行多次初始化, 若不成功, 相应

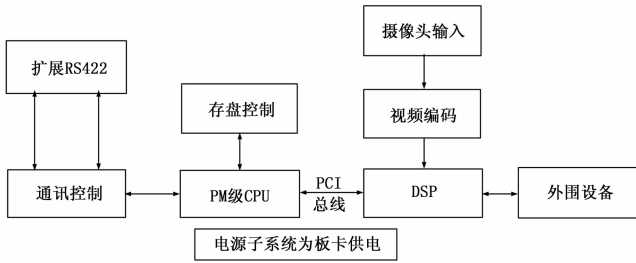


图 4 视频采集板原理性框图

的故障信息则会输出在显示器上，流程图如图 5 所示。

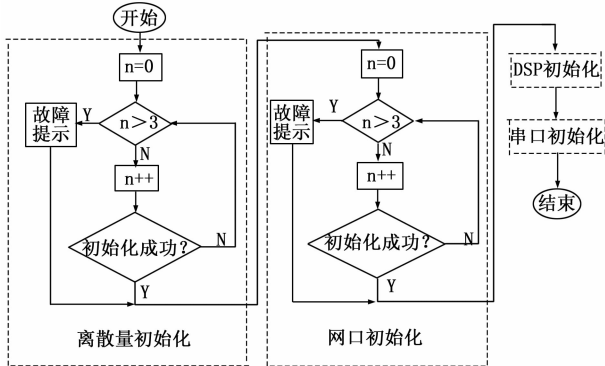


图 5 开机上电初始化检测流程图

显示界面中央部分为 DSP 处理后实时视频预览画面，张力值和长度值显示参数是通过航空绞车网络实时解析传输显示，周边各按钮键是通过 RS422 串口实现与测控吊舱的实时通信。

根据高速航空拖靶操控分系统所需的实现的功能，与航空绞车通过网口进行数据通信，可以看做服务器与客户端的形式，显控处理机作为服务器端，航空绞车为客户端，服务器通过网络接收绞车发送来的数据。采用 socket 编程实现，socket 有两种模式 TCP 和 UDP，TCP 是面向连接的可靠的网络通信协议；UDP 是面向无连接的不可靠的通信协议，数据通信效率较 TCP 高，但是不可靠的数据传输^[5]。高速拖靶系统中通过网络传输的数据是绞车发来的靶的实时数据，数据量完全在 TCP 的容量范围内，基于拖靶系统的可靠性，系统采用 TCP 网络通信协议来与绞车进行网络通信。与航空绞车网络通信工作模式如图 6 所示。

根据高速航空拖靶操控分系统与测控吊舱通过串口进行数据通信，接收靶载电台传来的数据保存并与航空绞车的数据进行整合后通过另外一个串口发送出去，其软件流程图如图 7 所示。

3.2 视频采集存储软件部分

视频存储系统主要完成两路航空摄像头采集到的 PAL 视频信号进行压缩存储，两路视频，存储视频文件以时间命名，基于对象的视频编码中，编码的基本单元是视频对象。为了实现基于对象的表示，定义了视频对象 (Video Object, VO) 和视频对象平面 (Video Object Plane, VOP) 等概念。运用 MPEG-4 编码器可以对图像序列中具有任意形状的 VOP 进行编码，对 VOP 的编码就是针对某一时刻的帧画面 VO 的形状、

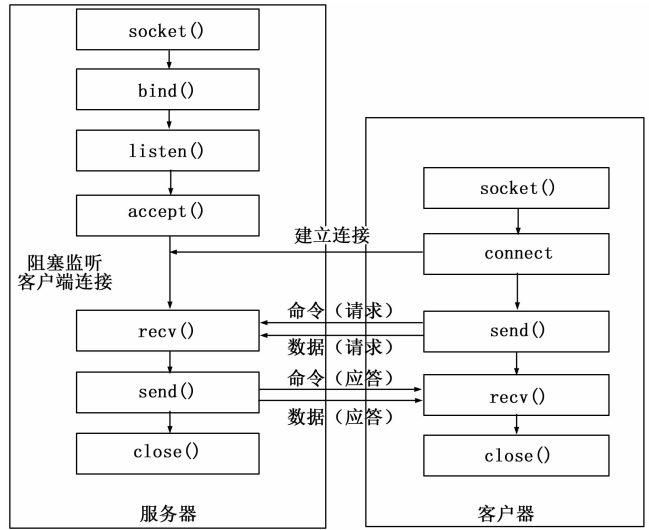


图 6 显控处理机与航空绞车网络通信工作模式

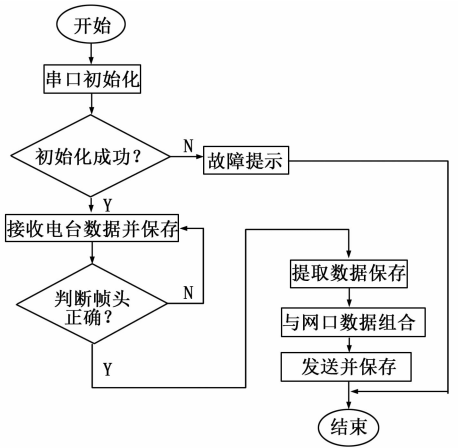


图 7 显控处理机与测控吊舱工作模式

运动、纹理等信息进行编码^[6]。图 8 为视频编码原理框图。

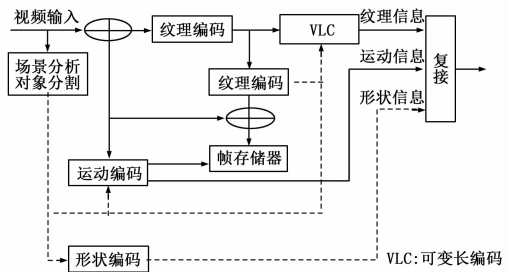


图 8 视频编解码框图

其编码过程如下：

- 1) 从原始视频流中采用自动、半自动、人工等方法分割出 VO；
- 2) 对 VO 进行编码，对不同 VO 的运动、形状和纹理信息分配不同的码字；
- 3) 将各个 VO 的码流复合成符合 MPEG-4 标准的比特流。

4 试验结果与分析

高速航空拖靶操控分系统完成了在高速拖靶系统中与航空绞车、测控吊舱之间的控制和数据通讯功能, 经过分系统自检测、地面联试、装机通电测试、挂机试飞等阶段验证, 该系统性能稳定, 能有效进行放靶、收靶、高控等操作, 视频监视的引入为空中操靶员提供了准确的收放靶时的直观信息, 地面指挥系统也能从操控分系统对外传输的参数和视频信息中实时掌握空中靶标飞行状态, 飞行结束时还可以通过数据卸载对飞行过程进行分析, 满足了拖靶系统改造升级的各项指标需求。

由于高速航空拖靶操控分系统稳定的安全操控性能, 确保了靶标的重复使用率, 每年能够节省可观的军事经费。

5 结束语

本文介绍了高速航空拖靶操控分系统的设计与实现, 目前该系统已完成鉴定工作, 并列装部队使用。该设备的成功研制

为今后开展舰空反导武器系统试验提供了平台, 对部队的作战演习提供了有力保障。

参考文献:

[1] 陈峰, 陈曦, 陈翔宇. 空中靶标的现状与发展趋势 [J]. 兵工自动化, 2006 (12): 89-91.
 [2] 王少云, 邓克绪, 冯桂宝. 某型拖靶系统研制 [J]. 南京航空航天大学学报 [J]; 2002 (1): 97-100.
 [3] 李世秋. 模拟飞航式反舰导弹的高级硬体拖靶系统设计. 战术导弹技术 [J] 2013 (6): 26-30
 [4] 吴德铭. 基于 PCI 总线的高速串行通信研究与实现 [D]. 厦门: 厦门大学, 2006.
 [5] Gary. Wrigh, Richard Stevens W. TCP/IP 详解 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
 [6] 刘刚, 向健勇. 一种高速图像采集存储系统的设计 [J]. 电子工程师, 2006, 32 (5): 37-41.

(上接第 225 页)

信号校正器输入 电流/mA	上位机显示 电流/mA	修正值+0.1	最终偏差值
4.0	3.9	4.0	0.0
4.5	4.4	4.5	0.0
5.0	4.9	5.0	0.0
5.5	5.5	5.6	0.1
6.0	5.9	6.0	0.0
6.5	6.4	6.5	0.0
7.0	6.9	7.0	0.0
7.5	7.5	7.6	0.1
8.0	7.9	8.0	0.0
8.5	8.4	8.5	0.0
9.0	8.9	9.0	0.0
9.5	9.4	9.5	0.0
10.0	9.9	10.0	0.0
10.5	10.4	10.5	0.0
11.0	10.9	11.0	0.0
11.5	11.4	11.5	0.0
12.0	11.9	12.0	0.0
12.5	12.5	12.6	0.1
13.0	12.9	13.0	0.0
13.5	13.4	13.5	0.0
14.0	13.9	14.0	0.0
14.5	14.4	14.5	0.0
15.0	14.9	15.0	0.0
15.5	15.4	15.5	0.0
16.0	15.9	16.0	0.0
16.5	16.4	16.5	0.0
17.0	17.0	17.1	0.1
17.0	17.0	17.1	0.1
17.5	17.4	17.5	0.0
18.0	17.9	18.0	0.0
18.5	18.4	18.5	0.0
19.0	18.9	19.0	0.0
19.5	19.4	19.5	0.0
20.0	19.9	20.0	0.0

3 实验结果与分析

本节主要是在已经构建的多点电流信号测量系统平台上, 对整体系统的功能进行验证。根据分布式控制系统特点, 多测点电流信号采集系统只需将单一信号电路复用, 更改下位机的节点号即可。所以本实验使用一路电流信号采集进行功能验证。实验过程: 使用电流信号校正器产生标准 4~20 mA 电流, 通过下位机 MCU 处理器进行采集与转化, 在上位机的控制面板显示实时的采集数据。实验通过单个测试点电流信号采集对多测点进行评估。具体实验步骤如下: 使用信号发生器对 4~20 mA 电流信号以步长为 0.5 mA 进行实验测试, 对比电流信号发生器与上位机 MFC 控制面板显示数值差异, 并通过软件编程对数据进行修正。

实验数据处理: 由实验数据可以看出, 上位机显示电流与信号校正器的输入电流具有 0.1 mA 的偏差, 在单片机软件中进行补偿后得到修正值, 通过比较修正值与电流实际输出值可以看出电流显示的精确度具有明显的提高。同时在实验过程中发现数字滤波中调整采样频率可以有效地提高数据的稳定性, 配合数字滤波的算法可以消除上位机测量数值的跳动, 从而实现稳定的数据采集。

4 总结

本文针对需要多点模拟电流信号采集工作环境对系统的需求, 设计了基于 CAN 总线 (CANopen 协议) 的分布式控制系统结构。根据控制系统总体构架, 进行了控制系统的软硬件设计。并在此基础上提出了优化系统功能的措施。最后, 利用搭建的实验平台, 对系统的电流信号采集与数据显示进行了实验, 最终验证了方案的可行性。

参考文献:

[1] 胡秀芳, 张艾, 陈岩. 4~20 mA 压力变送器的电路设计 [J]. 中国仪器仪表, 2002, 17 (5): 17-18.
 [2] 荣杰, 饶和昌. 基于 CANopen 协议的救援机器人调试系统 [J]. 电子技术应用, 2011 (7): 54-56.
 [3] 周立功, 黄晓清, 严寒亮. 现场总线 CANopen 设计与应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
 [4] 刘琪芳. 单片机测控系统的数字滤波算法研究 [J]. 机械工程与自动化, 2011 (3): 165-166.