

无人机地面任务监控系统设计

刘宏娟¹, 贺若飞², 王 晶¹, 李 彦¹

(1. 西安爱生技术集团公司, 西安 710065; 2. 西北工业大学 第 365 研究所, 西安 710065)

摘要: 针对无人机任务设备多装载的需求, 提出了一种应用在地面控制站内的任务监控系统的设计方案; 该方案全面覆盖了无人机整个任务执行中载荷操控、信息交互和信息处理的过程, 软件分配全面灵活, 功能扩展性强, 标准化程度高, 方便在多型无人机系统地面控制站内推广使用, 且有效地解决了地面控制站内资源有限问题。

关键词: 地面控制站; 多装载; 监控; 信息

Design of UAV-oriented Ground Mission Monitoring and Control System

Liu Hongjuan¹, He Ruofei², Wang Jing¹, Li Yan¹

(1. Xi'an ASN Technology Group Co., Ltd, Xi'an 710065, China;

2. No. 365 Institute, Northwest Polytechnical University, Xi'an 710065, China)

Abstract: For the demand of the UAV multiple payloads, a design scheme of ground mission monitoring and control system is introduced. The solution fully covers the entire mission implementation process, including payload manipulation, reconnaissance image display, and reconnaissance image processing. The software configuration is comprehensive, flexible and standardized with strong functional expansibility. It is convenient to promote to multiple types of UAV GCS system. The introduced system is small, economic and reliable, thus the space of GCS is saved. The experiment results show that the proposed system provides an effective monitoring approach for UAV multiple payloads.

Keywords: GCS; multiple payloads; monitor; information

0 引言

当前, 人们对无人机系统综合感知能力要求不断提升, 机载任务载荷分系统正在由单任务载荷向多种任务载荷综合集成的方向发展^[1]。随着数据链带宽的不断扩展和任务载荷的小型化集成化, 同时装载光电侦察载荷, 小型 SAR 雷达以及数码相机等任务载荷成为了中小型侦察无人机系统的发展潮流。任务载荷多装载使无人机具备了一个架次对同一目标区域进行复合侦察并获取综合侦察结果的能力, 极大增强了侦察效率与侦察品质^[2]。为了满足无人机多任务载荷侦察的要求, 地面控制站也需要具备同时对多种侦察任务载荷进行监控并同时显示多种任务信息的能力^[3~4]。

由于地面控制车的空间资源限制, 对多种任务设备的同时监控和多种任务信息的同时显示必须在同一席位完成。

多任务设备同时监控涉及到对不同任务设备测控数据的分类处理; 对多路任务信息同时显示涉及到对多路视频图片的同步解码和同步显示; 同时, 在人机界面方面要考虑多种任务信息的同时或切换显示问题。

本文介绍一种针对多任务载荷的地面任务监控系统, 对前文提到的问题进行了专门研究和设计, 较好地解决了在单个席位和有限计算资源的约束下对多种任务载荷数据

分类处理, 同步解码显示的问题。

1 任务监控系统简介

无人机地面控制站主要由地面数据链、数据管理系统、飞行监控系统与任务监控系统组成^[5]。数据管理系统作为地面控制站内部信息数据枢纽, 一边与飞行监控系统和任务监控系统通过网络相连, 一边与地面数据链通过串口或网络相连接, 实时的获得数据链传送的飞机各类信息, 实时的转发地面监控系统的各类控制指令。

任务监控系统包括任务监控计算机、信息显示计算机、信息处理计算机, 载荷监控软件安装在任务监控计算机上, 载荷信息显示软件安装在信息显示计算机上, 载荷信息处理软件安装在信息处理计算机上^[6]。任务监控系统利用网络交换机与数据管理系统相连接, 通过数据管理系统实时接收飞机当前遥测信息与任务载荷侦察数据, 任务监控系统内部软件定时更新任务设备各类参数信息与载荷侦察信息, 同时采用消息触发方式将载荷控制指令编码组帧发送至数据管理系统, 并且能够将各类载荷侦察信息进行分类处理形成有价值的情报信息^[7]。

2 任务监控系统设计

系统结合通用无人机地面站任务监控技术的现状, 将系统功能设计划分为载荷监控、载荷信息显示与载荷信息处理三部分, 软件功能组合组成如图 2 所示。任务监控系统中载荷侦察数据流向如图 3 所示。

收稿日期: 2018-10-13; 修回日期: 2018-10-20。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61074155)。

作者简介: 刘宏娟(1987-), 女, 陕西黄陵人, 工程师, 主要从事无人机人任务控制, 无人机情报信息处理等方向的研究。

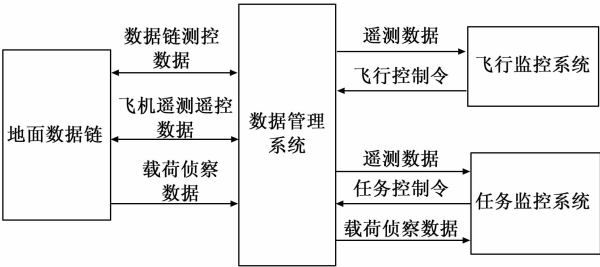


图 1 系统工作流程图

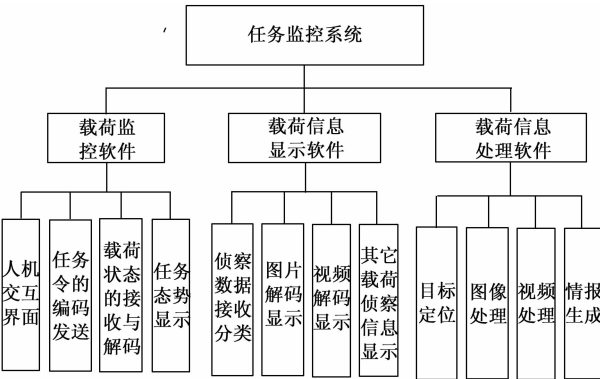


图 2 任务监控系统组成图

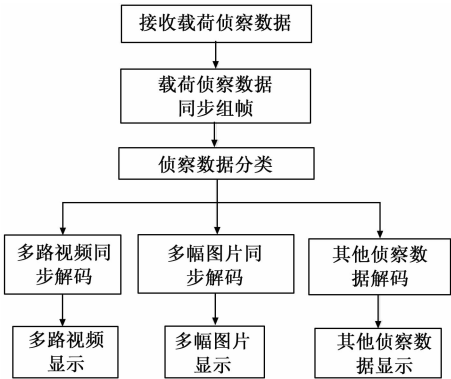


图 3 任务监控系统侦察数据流向图

2.1 系统总线设计

由于系统需要实时传输多路高清视频与超大数字图片，要求具有更高传输带宽和更低更稳定的传输延时，对传统传输总线提出了更高的要求。传统的地面站以太网总线无法同时满足传输测控信息和高速侦察信息并保持较低数据延迟的要求。综合考察当前各种通用总线技术，本系统引入串行 RapidIO 总线技术用于对海量任务信息进行传输与分发。

串行 RapidIO 总线是 Freescale 和 Mercury 公司共同研发的一项互连技术标准，相比传统技术具有高带宽，低延迟，低软件开销，低成本的优势。

与传统以太网相比，RapidIO 协议栈简单，且一般都由硬件实现，软件开销很小。RapidIO 支持直接点对点或通过交换器件实现的各种拓扑结构。RapidIO 支持多种高效包格

式，打包效率可达 92~94%，远高于以太网约 79% 的打包效率。

本系统采用双总线设计，传统以太网用于传输测控信号，采用 RapidIO 总线用于传输高速图像信号，系统通信架构如图 4 所示。

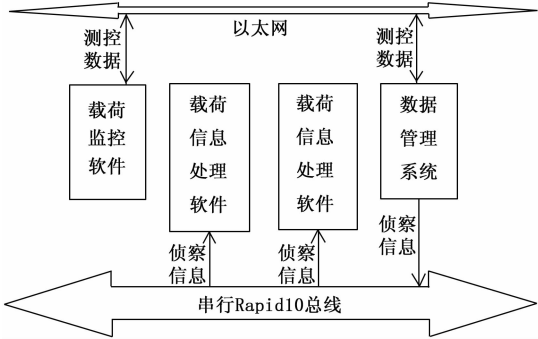


图 4 任务监控系统通信架构图

2.2 载荷监控设计

载荷监控软件通过网络接收数据管理系统发送的遥测数据，显示有效载荷的工作状态和参数；将各种控制命令以网络数据包形式发送遥控信息至数据管理系统，控制命令包括对不同载荷及平台的控制，对载荷状态控制及进行安全提示与告警；能够实时显示目标态势及飞机航线、航迹信息。

载荷监控软件主要功能如下所示：

1) 人机交互界面：

选择以地图为背景人机界面，可在地图上实时标注接收无人机坐标信息，确定无人机在屏幕上的位置，标绘无人机航迹航线，以及显示当前飞机任务态势。

人机交互界面如图 5 所示。划分为以下区域：标题栏区、地图界面区、工具栏区、状态栏区和任务设备监控区。人机操作以鼠标为主，键盘为辅。标题栏显示软件名称。工具栏分为设置及任务规划工具栏、地图界面处理工具栏和载荷类型选择工具栏，界面中所有控件的宽、高根据所显示的字数以及界面整齐、美观效果定义。



图 5 载荷监控软件界面示意图

2) 任务令的编码发送：

根据任务载荷的不同，操纵手段不尽相同，任务令可分为两大类，一类是持续性发送的保持指令，另一类是设

置次数限制的触发指令,对于持续性控制的载荷功能需要保持所发送的任务控制令,对于触发式控制的载荷功能,类似于开关的响应。所有的指令均需按照协议填入相应的指令控制码与指令参数,通过网络组播方式,以网络数据包形式定时发送至数据管理系统,定时必须采用高精度准确的定时器。

3) 载荷状态的接收解码:

载荷状态的显示包括各个传感器自检的状态,载荷当前的工作模式,载荷当前的工作状态,以及载荷的各类响应参数等。通过实时响应网络组播消息接收数据管理系统发送的飞机遥测遥控数据,解析网络数据中载荷状态所在的数据帧格式,实时显示有效载荷的工作状态和参数,采用150 ms的低级别定时器进行界面显示刷新,对于自检异常的传感器采用红色的提示文字显示自检状态。

4) 初步任务态势显示:

无人机侦察工作主要包括侦察目标点与目标区域。以侦察为目的可携带的任务设备包括光电侦察载荷、雷达载荷、数码相机侦察载荷等。

对于目标点的侦察,可选择光电侦察载荷,任务态势显示载荷视场的收容范围,主要是根据飞机位置姿态及载荷平台的当前状态,将载荷的覆盖范围在地图背景上绘制出来,并将视轴中心点的位置标识出来,实时的更新飞机与载荷的状态同步更新态势描述。

对于目标区域的侦察,可选择装载雷达载荷或数码相机载荷,任务态势显示扫描的条带,主要是根据飞机位置姿态及载荷平台所覆盖的4个角点的位置信息,将载荷的覆盖范围在地图背景上绘制出来,实时的更新飞机与载荷的状态同步更新态势描述。

2.3 载荷信息显示设计

载荷信息是最直观表现侦察结果的产品,任务载荷获取地面各类侦察信息,通过地面载荷信息显示软件将所有任务信息进行显示。由于侦察信息数据量大,对实时性要求高,为保证传输实时性,且为满足数据链带宽限制,将获得的侦察信息进行压缩处理,对于载荷视频信息压缩为H264码流,载荷图片信息压缩为高压压缩率、高品质的JPEG2000格式数据文件。

目前侦察视频信息已经满足高清图像,支持可见光视频、红外视频与多路融合多光谱视频。载荷图片包括宽幅数码照片、超宽幅SAR图像与光电可见光照片。

载荷信息显示软件主要功能如下所示:

1) 侦察数据接收分类:地面控制站数据管理系统接收载荷侦察数据后,直接通过网络组播方式发送至载荷信息显示软件,载荷信息显示软件按照任务数据解析协议将数据进行同步、组帧后,分类形成H.264码流、JPEG2000数据文件或其它侦察类数据。

2) 视频解码显示:H.264码流的解压采用商用的标准H.264解码库,采用线程方式将单帧数据不断地解压为视

频原始数据保存在缓冲区中。视频显示利用DirectX11.0根据显控软件显示区域大小,自适应显示每帧图像。可显示多架飞机任务视频信息,或者一架飞机的多路视频信息,同步解压四路载荷视频,显示为四分屏模式,在执行任务操作过程中可将需要密切观察的视频切换为当前显示视频,进行单路视频全屏显示。

3) 图片解码显示:图片解压可调用商用Kakadu开源软件模块,解压显示图片,可显示多架飞机的图片信息,或者一架飞机的多路图片。在执行任务操作过程中可将需要密切观察的图片切换为当前显示图片,进行单路图片全屏显示。

4) 其他载荷侦察信息显示:包括侦察到的威胁无人机安全的其它飞行器辐射源信号探测和分析数据等信息。

2.4 载荷信息处理设计

载荷信息处理软件主要完成载荷侦察数据的快速预处理,实现对固定目标定位,视频片段截取,有效图片格式转换等功能,最终生成情报结果产品。

载荷信息处理软件主要功能如下所示:

1) 目标定位:根据当前飞机姿态与平台参数信息计算获得当前图像上所选目标点的位置信息,并以文档方式进行信息保存。

2) 视频处理:具备单帧图像捕获能力,可对捕获的帧图像进行几何初校正,图像进行增强、去雾处理等操作。

3) 图片处理:能够将JPEG2000的图片进行多种通用图片格式转换,可调整图片的对比度,对图片进行增强、降噪等处理后将图片内的目标进行提取。

4) 情报生成:可对单帧视频或图片等静态图像进行文字、数字标注;对视频进行语音加注、与编辑;对图片进行裁剪等生成附带说明信息的情报产品。

3 关键技术的实现

3.1 多种载荷控制指令分类

任务控制指令对于不同的载荷与不同载荷的传感器等需要不同的控制方式,设计单独的任务控制令模块,统一管理所有载荷控制令的发送,按照指令模式的不同,分为前部分数据缓冲区与后部分数据缓冲区,各种任务指令根据性质填充在相对应的发送缓冲区内,通过设置保持指令变量来控制当前指令是否是持续发送或多次发送,归类模式之间可以相互解除持续发送状态的指令。触发式指令多次发送后及时清零。

3.2 多路视频解码显示

单路视频调解压库,若同步存在多路视频同时调用一个解压库,会出现参数被更改,或库中的缓冲区被多次占用等问题,那么解决方法可以将解码库封装为类,进行实例化,可定义多个实例,各路需要解码的视频独立调用各自的类变量,间接调用视频解码库,从而可以避免发生参数被更改或缓冲区占用问题。

3.3 视频与图片的同步显示

无人机装载的任务设备可能同时传送多路视频与图片,当前视频基本处于高清分辨率,图片幅宽或高度至少为 5k,将视频与图片分别显示在两个框架内,视频实时存在作为主界面显示,图片作为辅助显示界面,一般处于隐藏状态,当图片接收完整后,可将辅助显示界面弹出,进行图片显示,显示完成后可将辅助显示界面关闭。

4 联试中出现的问题及处理

4.1 四路视频不同步

将一路摄像头数据复制为四路,同步下传至载荷信息显示软件,待程序运行一段时间,出现四路视频不同步问题,四路视频中存在任一路不确定的延时。经过分析,四路视频同步解码线程之间存在不同步,采用管理事件内核对象,包含一个使用计数,一个用于指明该事件的布尔值,另一个用于指明该事件处于已通知状态还是未通知状态的布尔值。采用自动重置的事件。当一个自动重置的事件得到通知时,等待该事件的线程中只有一个线程变为可调度线程,同时将将该事件对象设置为无信号状态,执行完保护代码后,将该事件对象设置为有信号状态。通过设置线程同步方式将同步四路视频显示。

4.2 解码库失效

当数据链不稳定状态下,大量数据出现丢包或误码情况,视频容易花屏,待链路稳定后,视频不能恢复正常显示,存在颜色失真或者画面错位现象。经过分析,稳定后的链路与管理数据系统之间,以及数据管理系统与任务监控系统之间接收数据不存在丢包问题,组帧后的视频单帧实验解码显示完全正确,存在问题可能原因是解码库中的配置被乱数更改,将解码库释放后,重新初始化,问题得到解决。

4.3 内存不充足问题

程序在多次分配内存,释放内存,存在小的碎片,再次分配一块大区域的内存,分配不出来,那么解决方式是在计算好程序运行过程中共需要分配的内存区域后,在程序设计初始化阶段,分配好所要使用的内存区域,直到程序完成后释放这段内存空间。同步将最大性能的利用计算机开发环境,操作系统为 64 位,但是开发编译环境 VS2012 采用了 32 位,将编译环境改为 64 位,扩大内存范围。

4.4 标注在视频上的信息频闪

在视频上标注的字符会出现闪烁现象,因为图像画面与字符在同一个 CDC 缓存上显示,字符写到有图像的 CDC 上会立即显示,出现频闪现象。

采用双缓存方式,建立一个 tmpCDC,把图像与字符都画在这个要显示的 tmpCDC 上,然后统一复制到立即显示的 CDC 上,一起显示出来,从而解决了频闪问题。

5 试验验证

系统设计完成后,组织进行了多次飞行试验对任务监

控系统功能性能进行试验。

5.1 多任务载荷控制试验

飞行试验中无人机同时搭载了光电任务载荷,合成孔径雷达和多路摄像头。试验过程中,载荷监控软件能够同时对以上多种任务载荷进行同时监控。监控过程中多种指令能够同时发送,无数据冲突现象,表明本系统能够对多种任务载荷保持同时监控。

5.2 多路视频显示试验

图 6 展示了载荷信息显示软件同时显示四路视频信号的界面实景。其中四路视频分别为可见光任务图像,红外任务图像,后视高清摄像头和下视高清摄像头图像。



图 6 载荷信息显示软件部分界面图 1

试验过程中视频图像稳定流畅,无花屏闪烁,且四路视频同步性较好,无忽快忽慢现象。表明系统采用的高速 RapidIO 总线能够较好的对图像数据进行传输,载荷信息显示软件能够同步对多路视频进行解码显示。

经过长时间测试,系统工作稳定。对数据链进行干扰使传输质量下降,此时尽管图像出现马赛克花屏等现象,但图像始终保持正常显示。表明前述解码库失效问题得到有效解决,系统可靠性能够满足实际使用要求。

5.3 视频图像复合显示试验

图 7 展示了在显示多路视频信息的同时显示超大数字图片的界面实景。



图 7 载荷信息显示软件部分界面图 2

试验过程中在光电任务载荷工作的空时,合成孔径雷达同时对任务区域进行扫描并生成侦察图像。

本系统在显示多路视频的同时能够对雷达图片进行分类数据拼接,并在拼接完成后显示雷达图片。

本次飞行试验中对多个目标区域进行了雷达扫描,结果表明本系统具备同时显示多路视频和图片的能力。

(下转第 96 页)