

数据链技术在机载光电吊舱中的应用

孙辉辉¹, 初琦²

(1. 中国航空工业集团公司洛阳光电设备研究所, 河南 洛阳 471009; 2. 中国矿业大学, 北京 100083)

摘要: 现代战争中, 作战单元共享信息实现作战行动同步是赢得战争胜利的关键。数据链能够实现多平台之间情报信息交换, 是网络中心战传感器栅格的连接纽带, 其应用水平在很大程度上决定着信息战争的水平 and 能力。对数据链技术在机载光电吊舱中的应用进行了研究, 并提出满足实际需求的设计方案。

关键词: 数据链; 光电吊舱; 信息网络; 信息交换

中图分类号: V271.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2013)05-0085-03

Application of Data Link Technology in Airborne Electro-Optical Pod

SUN Huihui¹, CHU Qi²

(1. Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471009, China;
2. China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: In modern warfare, the key to winning is sharing information among combat units, thus to achieve synchronous operations. Data link can provide intelligence information exchange among multiple-platforms, and is the connecting bond of sensor grid for network-centric war, whose application determines the level and ability of information warfare in a significant sense. In this paper, the application of data link technology in airborne electro-optical pod was studied, and a design proposal meeting actual demands was put forward.

Key words: data link; electro-optical pod; information network; information exchange

0 引言

战争实践表明, 数据链技术已成为现代战争中实现联合作战的有力保障, 是提高体系对抗作战能力的重要因素^[1]。近年来, 美军为建设信息化军队和提高武器装备总体性能, 在 Sniper、ATFLIR、Litening 等光电吊舱上增加双向数据链和组网能力, 使光电吊舱与地面部队、空中力量等建立起信息网络, 实现视频图像和信号情报的近瞬时交换和处理。

1 数据链技术在光电吊舱上的作用

利用数据链提供的可靠宽带通信链路, 光电吊舱在战场景象获取、目标正确识别、毁伤效果评估、实时装订和变更打击目标等方面发挥重要作用, 提高作战飞机获取信息优势、打击突发性和命中精度, 适应未来作战体系和战场环境的需要。

1) 用于通讯, 实现信息共享。

数据链将光电吊舱可见光/红外传感器的视频图像及信号情报分发到远程地面部队和作战指挥中心, 同时收发作战系统中其他作战单元的情报信息, 在光电吊舱与指挥中心、作战单元之间建立起信息共享的桥梁。

2) 用于指控, 实现网络中心战。

网络中心战被认为是信息时代的战争形式, 其本质是以信息共享为基础建立其信息优势, 利用信息优势实现决策优势, 加快决策和指挥速度, 实现作战协调与自同步能力。

数据链作为网络中心战传感器栅格的连接纽带, 将光电吊舱动态链接到整个作战网络中, 整个战场变为由信息栅网、传感器网和交战网组成的互连互通、无缝连接、动态开放的综合网络, 作战飞机通过网络能够持续不断地感知整个战场态势, 全面获取战场信息, 及时显示目标的运动轨迹, 实施先敌发现、先敌打击。

3) 用于空地导弹精确制导。

通过数据链将空地导弹上传感器获取的战场景象或数据传输给光电吊舱, 飞行员根据传回的战场目标图

像分析、识别目标,在空地导弹自动跟踪目标过程中一旦目标丢失,可以通过人工参与重新搜索、截获、直至命中目标。这种“人在回路”制导技术已成为解决精确制导武器探测、识别目标和提高命中精度的重要手段。

2 应用方案

2.1 光电吊舱简介

光电吊舱是集可见光、红外、激光等多传感器于一体的机载光电探测系统,能够在昼夜条件下对目标进行远距探测成像、跟踪、激光照射和毁伤效果评估等,是作战飞机对敌方目标或目标区域进行定位、监视、识别和跟踪的重要装备^[2]。

光电吊舱整体采用模块化设计,分成头部、横滚段、环控段和电子舱4大部分,如图1所示,与飞机间通过 MIL-STD-1553B 数据总线实现数字化信息的传输,可见光、红外视频图像通过复合视频传输至座舱内的显示器,供驾驶员夜间以及不良气象条件下飞行和攻击使用。

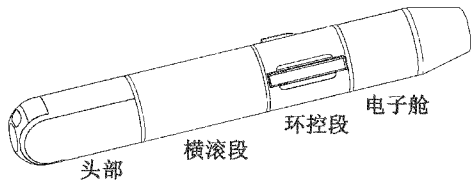


图1 光电吊舱结构图

Fig.1 The block diagram of electro-optical pod

2.2 网络体系结构^[3]

参考 OSI 7 层协议栈模型及 GIG 体系结构,数据链采用网络协议和网络管理两维体系结构,为网络协议和算法的标准化提供统一的技术规范。

网络协议由低到高依次为:物理层,数据链路层,网络层,服务层和应用层。物理层主要完成收发信机的频率控制、数据的接收和发送、帧同步以及各种通知服务等;数据链路层负责信道访问控制协议以及数据成帧、链路管理和差错控制等的实现;网络层在上下层之间完成数据的传递,实现网络多重化,负责子网的选择接入以及按功能实现网络参与群分组;服务层对消息进行编码和解码;应用层产生各种数据发送到服务层处理,同时接收来自服务层的解封后数据以支持各种战术数据的应用等。

网络管理分为安全管理、可靠性管理和网络资源管理。网络管理维用于协调不同层次的功能以及在安全管理、可靠性管理和网络资源管理方面进行综合考虑。

2.3 通信内容和作战使用

与载机的数据链系统不同,光电吊舱数据链的通信内容较为单一,主要是视频图像和信号情报信息^[4]。

执行作战任务时,光电吊舱的可见光、红外视频图像通过数据链向地面接收机同步传输,为地面部队提供在敌方城市环境作战态势感知能力,扩大作战人员在执行传统作战任务时的选择范围,满足非传统的情报、预警和侦察的要求,快速支持地面部队。通过“人在回路”精确制导,飞行员可以在安全距离外通过视频显示器观察战区的情况,以无线指令的形式搜索、选择以及标定目标,还可根据空地导弹命中前发送的最后1帧视频图像判断其命中精度,评估杀伤效果。

2.4 方案设计

考虑到在飞机飞行过程中光电吊舱具有向地面和其他空中平台实时传送 ISR 数据的能力,数据链天线的辐射波瓣设计为主要覆盖前、下、尾向空间,在光电吊舱的前端和尾部布置天线,实现下半空间覆盖。

前端天线布局在头部稳定平台内框架上,随平台一起运动。头部内布局有红外望远镜、可见光/激光接收光学系统、激光发射光学系统、传感器、稳定平台等,结构紧凑,安装空间小。为了不影响光电瞄准系统性能,通过有限元分析和拓扑优化,提高驱动效率,减轻结构重量,获得满足要求的合理结构布局形式。

选用高效率和高性能的元器件,优化电子舱内电路板,节约出空间放置信息处理组件。在电子舱尾端增加伺服装置,带动天线在两个垂直方向旋转;天线罩与光电吊舱的外表面修形设计,不影响光电吊舱外形的空气流动特性。

2.5 系统组成

数据链系统包括数传设备和地面测试设备,根据与其交换信息的平台类型主要有点对点、网络和人在回路等3种形式^[5-6]。

2.5.1 数传设备

数传设备由信息处理组件和天线组件组成,如图2所示。

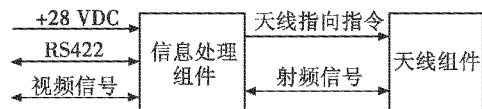


图2 数传设备组成图

Fig.2 The block diagram of data transmission equipment

1) 信息处理组件。

信息处理组件由信息处理机、调制/解调模块、功率放大器、收发双工器组成^[7-8],布局在电子舱内,舱内空间划分为两个独立分隔舱,实现数字与射频信号的电磁屏蔽隔离。

信息处理机将光电吊舱的视频图像及信号情报数据进行压缩、组帧、编码、加密,送调制/解调模块处理;并将调制/解调模块传回的数字信息处理后分发给光

电吊舱的图像处理 and 系统控制计算机,涉及到差错控制、加解密、通讯协议等信息处理技术^[9]。

① 检错和纠错码的差错控制技术,是提高数据链系统传输可靠性和抗干扰能力的一项重要措施。目前可供选择的纠错编码主要有卷积码和分组码,以及多个纠错码的级联编码和交织编码。考虑到数据链系统主要用于多用户之间的实时短消息传输,对信息流进行 RS + 交织 + 卷积码级联纠错;检错码采用循环冗余校验(CRC),漏检概率低,但计算略微复杂。

② 为防止数据被敌方截获,作为保障数据安全的一种方式,在服务层编码过程中进行报文加密处理;整个传输过程的传输保密通过控制传输波形来实现,这种传输保密技术包括随机启动交织、等效码扰频、跳频和定时抖动等,确保通信的抗干扰和安全保密能力。

③ 网络多址接入技术是网络中多个节点共享通信信道资源,实现连接访问的技术。常用的多址接入技术有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)以及空分多址(SDMA)等。TDMA 协议将网络资源分成时间长度一定的时隙,若干个时隙组成一个帧,每帧中的时隙按照一定的方式分配给网络中的用户用来发射信息,实现系统时分多址工作模式的通信协议处理,提高了网络传输效率和抗毁能力。

调制/解调模块的最终目的是在无线信道中以尽可能好的质量,同时占用尽可能少的带宽来传输信号。数字信息经二进制相移键控(BPSK)调制为 1700 MHz 中频射频信号,再扩频到 Ku 波段频率,经滤波送到功率放大器;并将接收的射频信号经检波降频后还原为中频信号,经交错正交相移键控(OQPSK)解调为数字信息流。

功率放大器将调制/解调模块输出的射频信号进行功率放大后发射出去。

收发双工器采用波导型双工器设计,收发信号共享一副天线,实现多信道实时双向通信。

2) 天线组件。

天线组件由定向天线、伺服装置和天线罩组成,实现射频信号的接收和辐射。

微带阵列天线具有体积小、重量轻、能与载体共形、易实现双频和双极化等优点,能够满足光电吊舱小型化、重量轻、作用距离远、大容量通信、收发一体化的要求,如图 3 所示。

伺服装置由两个结构基本相同的双轴驱动机构组成,每个驱动机构主要由力矩电机、旋转变压器、陀螺、轴承、轴承座、支撑壳体、连接法兰等组成,两个驱动机构正交安装,通过信息处理机控制实现两个垂直方向运动,带动天线准确指向所需的位置方向。

天线罩是保护天线免受工作环境不利因素影响的

透明电磁窗口,为天线、伺服装置提供适宜的使用环境。

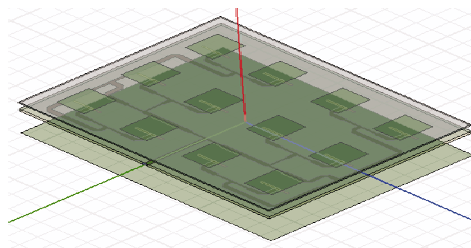


图3 4×3微带阵列天线示意图

Fig. 3 The schematic of 4×3 microstrip array antenna

2.5.2 地面测试设备

数据链系统具有任意时刻加电,上电后即可工作的能力。受到功率限制要求,在挂机前进行全面自检测试,挂飞后自检不做链路测试。地面测试设备用于数据链系统和设备的维护、地面测试、数据分析处理等,由数据链端机及天线系统、数据综合分析处理组成。

1) 数据链端机及天线系统。采用战术数据链端机,支持各类战术数据链数据信息的传输,为测试用的数据链报文提供了物理通道。

2) 数据综合分析处理。对数据链网络中交互的信息进行提取、测量、统计、分析等处理,为操作者提供各种不同的数据分析处理的可视化结果,满足数据链网络各层级间的测试需要。

2.6 关键技术研究

从技术层面上讲,数据链技术在光电吊舱中的应用还存在一些问题需进一步研究^[10]。

1) 光电吊舱数据链虽然是相对独立的系统,但需考虑在操作程序、人机接口、作战使用、协同作战模式、组网协议、消息格式和网络体系等方面与作战单元的综合设计,合理、有效的系统综合设计才能最大限度提高作战效能。

2) 数据链系统应用到光电吊舱中,需考虑其与光电吊舱控制计算机之间的接口形式、通信方式、信息格式以及信息传输的适配性、数据链系统测试和工程化应用等。

3) 战场环境的特点决定通信可靠性、安全性一直是数据链关注的首要问题。在战场无线链路环境下,报文承载的主要是指挥控制信息和战场态势感知信息,因此对信息的可靠性要求比较高。敌方的干扰破坏技术在不断发展,这就要求加强通信可靠性、安全性技术的研制开发,以应对复杂多变的战场环境。

3 结论

促进数据链系统的推广应用,形成适应信息化战

(下转第93页)

- gets hidden in blind Doppler using current statistical model particle filter [J]. Progress in Electromagnetics Research, 2008, 82:227-240.
- [4] GORDON N, RISTIC B. Tracking airborne targets occasionally hidden in the blind Doppler [J]. Digital Signal Processing, 2002, 12(2/3):383-393.
- [5] LIU Jichen, JI Guangji, ZHOU Su. Applying and implementation of the Extended Kalman Filter (EKF) with sensitive equation; A PEMFC case study [C]//Proceedings of IMECS, Hong Kong, 2012, 864-868.
- [6] RUSDINAR A, KIM I, LEE J, et al. Implementation of real-time positioning system using extended Kalman filter and artificial landmark on ceiling [J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2012, 26(3):949-958.
- [7] KLUGE S, REIF K, BROKATE M. Stochastic stability of the extended Kalman filter with intermittent observations [C]//IEEE Transactions on Automatic Control, 2010, 55(2):514-518.
- [8] JULIER S J. The scaled unscented transformation [C]//Proceedings of the American Control Conference, 2002:4555-4559.
- [9] BLOM H A P, BAR-SHALOM Y. The interacting multiple model algorithm for systems with markovian switching coefficient [C]//IEEE Transactions on Automatics Control, 1998, 33(8):780-783.
- [10] OKUMA K, TALEGHANI A, FREITAS N DE, et al. A boosted particle filter; Multitarget detection and tracking [J]. Computer Vision, 2004, 3021:28-39.
- [11] RISTIC B, ARULAMPALAM S, GORDON N. Beyond the Kalman filter; Particle filters for tracking applications [M]. Massachusetts: Artech House, Norwell, 2004.
- [12] ARULAMPALAM M S, MASKELL S, GORDON N, et al. A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-gaussian bayesian tracking [J]. IEEE Transaction on Signal Processing, 2002, 50(2):174-188.
- [13] LIU Hongjiang. Adaptive interacting multiple model unscented particle filter tracking algorithm [J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 190:906-910.

(上接第 87 页)

争的综合作战能力和保障能力,已成为现代军事领域重要的发展趋势^[11]。数据链技术在光电吊舱上的应用对提升其作战效能有着重要意义,应引起足够的重视。本文通过对光电吊舱装备数据链方案的讨论,提出了能较好满足实际需求的技术方案。

参考文献

- [1] 向前,黄龙水,李昱. 数据链:现代战争的战力倍增器 [J]. 舰船电子工程,2009,29(3):13-15.
- [2] 范蕾,向阳. 光电吊舱在空投空降系统中的应用 [J]. 中国科学院研究生院学报,2008,25(4):467-470.
- [3] 王文政,周经伦,罗鹏程. 战术数据链网络体系结构研究 [J]. 计算机工程,2008,34(7):123-125.
- [4] 戴苏榕,徐晓辉,王瑾. 地空“数据链”传输内容的研究 [J]. 现代电子技术,2005,21:28-29.
- [5] 徐朝晖. 美国 UAV 战术通用数据链 [J]. 舰船电子工程,2009,29(3):21-24.
- [6] 余晓刚,王华,龚诚. 美军主要战术数据链介绍 [J]. 航空电子技术,2002,33(3):25-28.
- [7] 王煜. 面向未来的数据链——通用数据链研究 [J]. 无线电通信技术,2004,30(2):62-64.
- [8] 刘志华,季海波. 数据链技术在战术武器中的应用方案研究 [J]. 航天控制,2009,27(3):61-64.
- [9] 王文政,周经伦,罗鹏程. 战术数据链技术发展研究 [J]. 电光与控制,2008,15(11):41-46.
- [10] 李桂伦,孙东平,王浩,等. 数据链的发展及关键技术探讨 [J]. 军事通信技术,2007(1):61-64.
- [11] 陈卫平,姚佩阳,冯海刚. 数据链支持下的空战效能评估 [J]. 电光与控制,2007,14(6):158-161.

下期要目

综合模块化航空电子系统标准述评
先进战机射频集成系统干扰资源管控
基于 FPGA 的视频图像实时几何畸变校正
基于协方差交叉算法的多源遥感图像融合方法
图像信息在舰炮远程对岸精确打击中的应用探讨
一种改进的空空导弹三维变结构导引律

制冷型红外光学系统冷反射的逆光路分析
有人机/无人机编队协同攻击任务分配方法研究
通信约束下的多无人机协同航路规划
反潜巡逻机雷达巡逻搜潜的面积等效模型
组网火控雷达目标跟踪仿真系统设计
基于扫描角控制的末敏弹稳态扫描方法