

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.06.003

综合模块化浮空器中继系统设计*

臧芸妍**

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:通过剖析浮空器自身优点,结合它在通信中继应用领域的优势及研究情况,对比传统的通信中继系统,提出一种浮空器中继系统设计架构。其硬件采用综合模块化设计,软件采用分层设计。对设计所需解决的关键技术进行了可行性分析,同时,展望了其未来在提升空中平台通信中继能力方面的应用。

关键词:通信中继;浮空器;综合模块化航空电子;跨频段;分层设计;软件无线电

中图分类号:TN925 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)06-0694-05

Design of an Integrated Modular Relay Communication System Based on Aerostat

ZANG Yun-yan

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Through analysis of the advantages and application situations of aerostat in relay communication system, and in comparison with traditional relay communication systems, the design architecture of a relay system based on aerostat is proposed. The integrated modular design is adopted in its hardware, and hierarchical design is used in its software. The feasibility of crucial technologies is analyzed. Its future applications in improving airborne relay communications are also discussed.

Key words: communication relay; aerostat; integrated modular avionics(IMA); cross frequency band; hierarchical design; software defined radio

1 引言

浮空器(Aerostat)包括飞艇(Airship)和系留气球(Tethered Balloon),飞艇是自带动力推进装置、可操控的无人浮空器,系留气球则是通过缆绳固定在空中^[7]。

众所周知,浮空器具有留空时间长、有效载荷大、体积大、飞行平稳等特点,因而能够实现较大的任务载荷搭载能力,装载的传感器多样化、通信对象多样化、承载业务类型多样化,是一种快速、可靠、低成本地实现实时、宽带、大容量的多媒体通信的方式,具有先天优势成为空中通信中继平台。

目前,国内已有基于浮空器平台通信中继设计研究,可实现超短波频段话音通信中继转发功能,但是,随着无人平台中继载荷应用的推广,对中继的需求不再局限于实现按最初的单路、单一频段、单一业务的超短波话音中继,无人平台通信中继载荷要求实现更多的中继通道数量、跨越频段中继、异构链中继等,对射频以及系统综合的需求会越来越多。在现有基础上,本文设计了一种综合模块化中继系统加装于浮空器平台,相比于其他中继系统,体现出了通信距离远、覆盖范围广、中继频段宽、通信可靠性高等优势,大大加强了浮空器作为空中中继平台的通信能力,扩展了其应用前景。

* 收稿日期:2013-04-19;修回日期:2013-06-06 Received date:2013-04-19;Revised date:2013-06-06

** 通讯作者:popcom680@sina.com Corresponding author:popcom680@sina.com

2 浮空器通信中继

2.1 浮空器通信中继应用

基于浮空器平台的通信中继应用具备通信覆盖范围广、通信技术先进、部署机动灵活、投资成本低等优势,广泛应用于各类通信领域^[1-3]。

(1) 提供民用领域可靠通信措施

用于气象预报、飞行器监测、广播通信、地形测绘、低空预警、边海防的空中监测以及反恐监测等。

(2) 作为公共突发事件应急通信手段

用于“SARS”、“禽流感”等传染性公共卫生安全危机应急,或是水灾、地震、海啸及火山爆发等抗险救灾类应急通信保障。

(3) 成为民用空中各类通信手段的有益补充

浮空器通信中继平台可以大幅度提升边境山区、丛林中的通信距离,提升远程指挥能力,作为民用空中各类通信手段的有益补充。

2.2 浮空器通信中继实例

(1) 美军试验近太空通信中继平台——HAR-REX 气球

据英国《防务新闻》2005 年 11 月 23 日报道,Raven 公司当年开展了一项外场试验,验证气球用作通信基站进行语音和数据通信中继。此项被称为“高空中继路由器实验”的项目,评估了自由飞行的近太空气球平台用于威胁环境中的通信支持。

(2) 英国数据中继高空气球

据英国媒体 2005 年 10 月 22 日报道,英国科学家测试了一个由同温层气球提供的超快速数据中继,这种能提供通信的气球其作用可以和卫星相媲美。

(3) 美国空军的“V-飞艇”

美国空军的近地空间飞行器(NSMY),即“V-飞艇”集卫星和侦察机功能于一身,由地面遥控操纵,完成高空侦察、勘探,同时也可作为高空通信中继站使用。

3 综合化中继系统设计

3.1 不同中继系统对比

国内文献^[5-6]已有设计师提出基于浮空器的通信中继系统设计,但仍是分离式架构为基础设计。本文是基于综合模块化进行通信中继设计,无论从组成架构,或是通信中继功能方面都存在差异。

(1) 组成架构对比

图 1 为分离式与综合模块化对照图。通过对比

可看出:分离式架构属于传统的航空电子,一个设备只能实现一种功能;而综合模块化航空电子(IMA)结构,使用标准的硬件模块,可以实现不同功能。

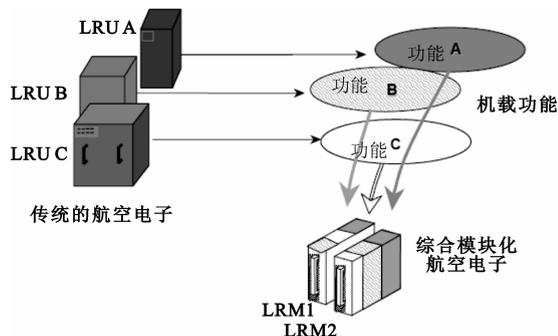


图 1 分离式与综合模块化对照图

Fig.1 Separated and integrated modular architecture contrast diagram

(2) 实现方式对比

图 2 为原中继载荷与综合化中继系统实现方式对比图。由图可知:原中继载荷通过物理层线缆硬性连接实现接收音频转发,中继链路构建受限;综合化中继系统可支持中频、基带、信息层的不同层信号中继,中继链路构建灵活。

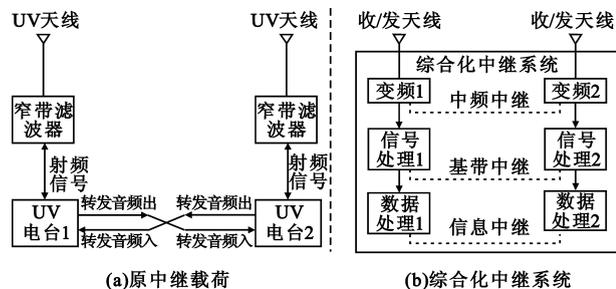


图 2 原中继载荷与综合化中继系统实现方式对比

Fig.2 Implementation method comparison between the old relay system load and integrated relay system

(3) 实现功能对比

实现功能对比如表 1 所示。

表 1 实现功能对比

Table 1 The contrast table of function realization

序号	功能项目	原通信中继载荷	综合化中继系统
1	中继频段	实现 VHF/UHF 频段内中继	实现 VHF/UHF 频段内中继 实现 HF、V/UHF、Ku、Ka 等跨频段中继
2	中继距离	视距-视距中继	视距-视距中继、 视距-超视距中继
3	业务种类	话音中继	话音中继、数据中继
4	可支持通信波形	单一	多种

3.2 综合化中继系统设计

3.2.1 系统架构

综合化通信中继载荷技术采用软件无线电技术,设计一种开放式架构,支持多种通信功能软件化设计,既可兼容传统波形,也可支持新的通信波形功能升级。其系统架构如图3所示。

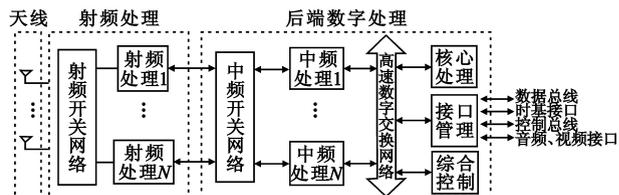


图3 系统架构示意图

Fig.3 Schematic diagram of system structure

3.2.2 硬件设计

硬件设计主要从硬件平台的通用化、模块化、标准化方面着手,尽量采用通用的硬件电路,采用开放式总线结构,以利于硬件模块的不断升级和扩展,如图4所示。

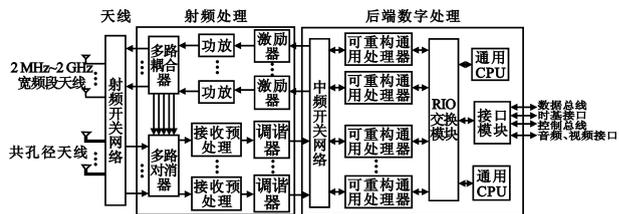


图4 硬件设计图

Fig.4 The hardware design diagram

天线部分主要实现各种中继功能无线电信号的发射和接收。按照传统的分离式通信中继设计方式,多通道中继需要大量的天线,增加了天线布局难度及电磁兼容设计。综合化通信中继载荷根据各种通信功能对天线工作频段、极化形式、覆盖空域、天线隔离度等要求,进行天线综合、天线共孔径、天线共形等设计。比如,开展2 MHz~2 GHz宽频段天线设计、L和Ku频段共孔径天线设计、L频段天线和平台共形设计等。并结合空中平台外形,通过仿真进行各种通信天线优化布局设计等,以实现天线性能的最优化。

射频处理部分是一个复杂的射频综合处理子系统,用于实现射频发射信号的放大、接收预处理、多通道共址滤波、天线选择及校准、射频分配、多路耦合及分路、接收激励等功能。根据各种通信功能对射频处理资源工作频段、信号带宽、增益、噪声系数、

灵敏度要求、中频要求、接收体制等需求,进行综合一体化设计。发射通道和接收通道宽开通用设计,支持不同频段、不同通信功能发射和接收,并通过小型化、模块化的多路耦合器和多路对消器实现发射通道和接收通道的共址兼容工作,实现射频处理资源的通用化、标准化、资源共用、多通道共址兼容工作等设计。与传统离散式通信中继载荷相比,滤波器、功放、激励器、射频预处理器、调谐器等数量和种类大大减少,大大提高了系统频率利用率,并且具有更好的扩展升级能力。

后端数字处理部分主要实现中继功能数字中频预处理、核心处理、控制管理等功能。根据各种通信功能对数字处理资源需求分析,开展内部资源模块化、通用化、标准化设计,采用通用可重构处理器实现各种通信功能的数字中频预处理,通过通用CPU实现各种通信功能的核心数据处理、综合控制管理等,采用基于RapidIO的硬总线技术,实现各种处理资源的互联,解决其高速、高可靠的数据交换需求,支持资源统一管理、软件的动态加载及功能重组等。

3.2.3 软件设计

软件设计重点体现在软件体系架构的开放性、软件组件化、功能软件化、支持多功能和多任务、软件复用、有效利用商用现货(COTS)技术等方面。

系统软件架构采用分层设计思想,各层通过标准接口进行分隔,以实现层之间的独立性,其中,应用层软件采用组件化设计,通信功能软件组件采用SCA软件架构,如图5所示。



图5 软件架构图

Fig.5 Software architecture diagram

软件设计包括核心框架组件设计、波形组件设计、服务组件设计、控制管理组件设计、组件集成和部署、配置管理等。其中,核心框架组件设计主要包括基本应用程序接口、框架控制接口、框架服务接口等定义和开发,实现各类软件组件的集成协调工作;波形组件设计需要考虑现有通信波形,又要考虑未

来新波形的嵌入,采用组件化设计,设计软件标准件基于类型进行分类,建立软件库,可以不断重复使用;服务组件设计和控制管理组件设计也按照软件复用设计,方便日后升级扩展。

3.3 关键技术

为促进该综合化中继系统广泛应用于无人飞艇、气球等空中平台,发挥其预期效能,需要突破以下关键技术。

(1) 开放式体系架构

综合化中继系统集成实现多条通道、多种频段、多种体制的通信链路,实现语音及数据中继功能,内部数据交互种类多、流量大、控制管理关系复杂,同时,为了满足系统扩展新功能,增加新的设备等需求,需要突破开放式体系架构研究,解决综合集成难题,缩短开发周期,降低成本,方便技术升级及未来功能扩展。

可通过借鉴国内外航空电子系统发展经验,设计一种开放式架构。软件架构采用一种基于分层软件架构概念的通用软件模型,在这种模型内,各层通过标准接口进行分隔,以实现层之间的独立性,其中应用层软件采用构件化设计。系统功能基于标准化的硬件和构件化的软件,具体功能由各软件构件实现。

(2) 中继转发技术

综合化中继系统需要实现同构/异构链路之间中继转发,包括语音中继、数据中继、不同类型链路之间的转发等,需要突破相同频段、不同频段、同种体制、不同体制等类型通信数据链之间的中继转发处理技术。

可通过采用在链路层、网络层和应用层不同层次完成数据包转发处理技术,完成数据包在同构/异构链路之间的传输。

(3) 多通道共址兼容工作技术

综合化中继系统实现多通道的中继通信,集成的链路数量多、频段宽,且需要多条通道同时共址兼容工作,导致系统内电磁环境复杂,将面临非常严重的共场地电磁兼容问题以及综合化系统内部多通道并行工作的电磁干扰问题。多通道共址兼容技术直接关系到其性能的发,甚至研制的成败。

可采用天线优化布局、多通道电磁滤波、信号对消、功率管理、频率统一规划与管理等技术手段,来实现多通道共址兼容工作。

4 空中通信中继平台能力提升

从长远发展看,通信中继将是浮空器通信系统

的一项重要应用能力,持续增强中继通信能力,将为日后空中平台信息化建设提供高可靠、宽覆盖、远距离的通信手段。

面对大范围自然灾害或人为灾难,特别是发生在高山、高原、沙漠、海洋等特殊地域,通信中继系统提供多条中继通道、跨频段中继、更宽覆盖范围,提供灾区区内通信以及灾区外的无缝互联,可支撑地面多个应急部门的关键通信需求,实现不同部门之间的有效协同联动,能够有效提升危机事件的快速反应和处理能力^[8]。民用应急应用场景如图 6(a)所示。

随着现代信息化需求日益多样化,利用浮空器作为通信中继平台,将通信中继作为一种多任务载荷进行发展,采用模块化、尺寸大小可变设计,适应多种平台装载需要,实现异构数据链的桥接和通信距离扩展,为民用各类通信平台提供广泛的即时通信连接,如图 6(b)所示。

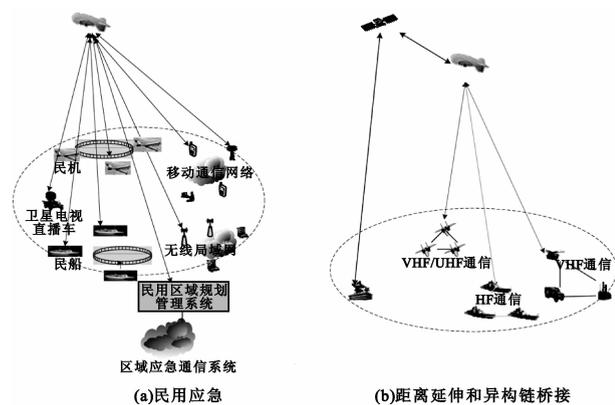


图 6 通信中继应用场景

Fig.4 Communication relay application scenarios

5 结束语

浮空器通信平台作为一种无线替代方式,可以弥补网络基础设施的缺乏带来的不足。基于浮空器平台通信中继系统的设计研究,可增强浮空器作为通信中继节点的通信能力,当通信设施遭到破坏时,可以提供快速、低成本手段恢复通信,它的研制成功将为应急通信、对地观测、民用高空通信等提供一种全新的技术手段。伴随通信技术的发展及业务需求不断扩大,可深入研究浮空器平台实现图像、视频等多媒体信息中继转发能力。

参考文献:

[1] 罗卫兵,王永生.无人机平台的超视距多链路中继[J].遥测遥控,2003,24(2):32-33.

LUO Wei-bin, WANG Yong-sheng. Beyond Line of Sight Multi-

- path Relay with Unmanned Aerial Vehicle Platform [J]. Telemetry and Remote Control, 2003, 24(2): 32 - 33. (in Chinese)
- [2] 侯东兴, 刘东红. 浮空器在军事斗争中的应用及发展趋势[J]. 航空兵器, 2006(3): 60 - 64.
HOU Dong-xing, LU Dong-hong. The Defense Application and Development Trend of Aerostat[J]. Aero Weaponry, 2006 (3): 60 - 64. (in Chinese)
- [3] 兰俊杰, 任寿亭, 邓光海. 飞艇的信息战应用研究[J]. 航天电子对抗, 2007, 23(2): 22 - 24, 37.
LAN Jun-jie, REN Shou-ting, DENG Guang-hai. Application of Airship In Information Warfare[J]. Aerial Electronic Countermeasure, 2007, 23(2): 22 - 24, 37. (in Chinese)
- [4] 李利良, 郭伟民, 何家芳. 国外近空间飞艇的现状和发展[J]. 兵工自动化, 2008, 27(2): 32 - 35.
LI Li-liang, GUO Wei-min, HE Jia-fang. Current Situation and Development of Foreign Near Space Airship[J]. Armament Automation, 2008, 27(2): 32 - 35. (in Chinese)
- [5] 杨伟. 一种基于浮空平台的通信系统应用[J]. 四川通信技术, 2010(4): 72 - 74.
YANG Wei. A Communication System Based on The Application of Floating Platform[J]. Communication and Information Technology, 2010(4): 72 - 74. (in Chinese)
- [6] 张婷, 黄家威, 韩浩. 高空气球通信中继系统[J]. 科技咨询导报, 2010(25): 16 - 16.

- ZHANG Ting, HUANG Jia-wei, HAN Hao. High Altitude Ballon Communication Relay System[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2010(25): 16 - 16. (in Chinese)
- [7] 沈雪雯. 俄罗斯浮空器的历史与发展[J]. 国防科技, 2011(3): 8 - 12.
SHEN Xue-luan. The History and Development of Russian Aerostat[J]. National Defence Science and Technology, 2011 (3): 8 - 12. (in Chinese)
- [8] 邢玉领, 谢鹰, 张涛. 应急通信发展策略研究[J]. 邮电设计技术, 2009(9): 33 - 36.
XING Yu-ling, XIE Ying, ZHANG Tao. Study on Emergency Communication Development Strategy [J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2009(9): 33 - 36. (in Chinese)

作者简介:



臧芸妍(1978—),女,江苏江阴人,2002年获学士学位,现为工程师,主要从事航空通信设备和系统的研制。

ZANG Yun-yan was born in Jiangyin, Jiangsu Province, in 1978. She received the B. S. degree in 2002. She is now an engineer. Her research concerns avionics system.

Email: popcom680@sina.com