

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2016.04.009

引用格式:李恒,何东林,张益,等.基于多链路通信的通用航空地面监控系统设计[J].电讯技术,2016,56(4):401-407. [LI Heng, HE Donglin, ZHANG Yi, et al. Design of a ground monitoring and control system for general aviation based on multilink communication[J]. Telecommunication Engineering, 2016, 56(4):401-407.]

基于多链路通信的通用航空地面监控系统设计*

李 恒**,何东林,张 益,赵泽西,邓胜吉

(中国民用航空局第二研究所,成都 610041)

摘 要:针对国内通用航空通信手段单一、活动目标监视数据匮乏的问题,提出了一种基于广播式自动相关监视(ADS-B)链路、“北斗”链路、移动通信链路的多链路通用航空(通航)通信监视系统。通航地面监控系统作为该系统中重要组成之一,承担着多链路数据接收、通航飞机信息处理和收集、航空器冲突检测、通航飞机信息智能分发等重要工作。考虑到地面对通航飞机飞行轨迹的无缝、及时、精确、连续的监视需求,提出了一种多链路自动切换与融合技术。通航机场现场测试证明:通航地面监控系统能够快速有效地处理 3 种链路数据,为通航用户提供实时、连续、无缝的通航飞机监视服务。

关键词:通用航空;广播式自动相关监视;多链路通信;地面监控系统;自动切换;面向用户

中图分类号:TP391;V249 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2016)04-0401-07

Design of a Ground Monitoring and Control System for General Aviation Based on Multilink Communication

LI Heng, HE Donglin, ZHANG Yi, ZHAO Zexi, DENG Shengji

(The Second Research Institute, Civil Aviation Administration of China, Chengdu 610041, China)

Abstract: China's domestic general aviation is facing the problems of single communication means and being lack of moving target monitoring data. To solve above problems, a multilink general aviation communication monitoring system is presented which is based on the combination of automatic dependent surveillance - broadcast (ADS-B) link, Beidou link and mobile communication link. As one of the important components of this system, the general aviation ground monitoring and control system is responsible for receiving three links data, general aviation aircraft data processing and collection, aircraft conflict detection, intelligent distribution of general aviation aircraft information and so on. At the same time, in consideration of ground surveillance requirements of seamless, immediate, accurate and continuous monitoring for general aviation aircraft, multilink automatic handover and fusion is proposed. Real general aviation airport data test results prove that general aviation ground monitoring and control system can process three links data quickly and provide real-time, continuous and seamless aircraft monitoring service for general aviation customers.

Key words: general aviation; ADS-B; multilink communication; ground monitoring and control system; automatic handover; user oriented

* 收稿日期:2015-10-26;修回日期:2016-01-04 Received date:2015-10-26;Revised date:2016-01-04

基金项目:民航创新引导资金(MHRD20130110);民航安全能力建设资金

Foundation Item: Civil Aviation Fund of Innovation and Guidance(MHRD20130110); Civil Aviation Security Capacity Building Funding

** 通信作者:liheng100@163.com Corresponding author: liheng100@163.com

1 引言

随着通用航空(以下简称通航)的快速发展,通航作业小时数和作业范围持续扩大,国内对通航通信导航监视服务的需求越来越迫切。然而,通用航空飞机现有通信监视手段为单一的甚高频话音方式,缺乏有效的运行监视手段,与运输航空相比,通航面临着活动目标导航数据匮乏、通信手段单一、地面监视指挥控制困难等问题^[1]。

为解决通航飞机的监视问题,近年来国内一些研究机构将“北斗”链路和移动链路应用到通航飞机与地面监控终端的通信上^[2-4]。但由于政策原因,“北斗”链路的民用更新率最大只能到每分钟发送两个报文。另外,“北斗”链路存在的较高丢包率。这些因素影响着地面监控终端对飞机航迹的跟踪,而移动链路的基站对空信号覆盖不均以及传输时延较大则是该链路的最大不足。

2012年,中国民用航空局发布了《中国民用航空 ADS-B 实施规划》^[5]。该规划明确了广播式自动相关监视(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast, ADS-B)在通航监视中的应用^[6],计划在2020年,完成通用航空全部重点区域的 ADS-B 地面站建设,依托 ADS-B 地面站的建设规划,保证了 ADS-B 链路应用在通航飞机与地面监控终端通信的可行性。

因此,数据更新率快、通信延时小的 ADS-B 链路可以可靠地用于通航飞机的地空通信中,而在非视距严重的城市区域则可以发挥移动链路的优势,在布设地面站困难的偏远地区则可以发挥“北斗”链路的优势。ADS-B 链路、移动通信链路和“北斗”链路的组合方式能真正实现对通航飞机的全区域监视。

本文提出的多链路通航通信监视系统是一种综合利用3种数据链路的低成本技术方案^[7-8],可解决通用航空器的通信监视问题。多链路通航通信监视系统由多通信链路、机载设备和地面监控系统三大部分组成,机载设备和地面监控系统利用 ADS-B 链路、移动通信链路和“北斗”链路进行通信。

以往相关研究中,主要针对多链路通信下通航机载设备进行研究,并没有对链路间的差异性进行专门的研究。多种数据链路在通信中的应用,必然会增加地面监控系统的数据处理负荷;多种数据链路间的差异性,同样会增加地面监控系统的数据处

理难度。为了提高地面监控系统的数据处理效率,避免链路间差异性对通航飞机及时、精确、连续的监视要求的影响,需要对3种链路特性进行研究,在此基础上研究一种多链路自动切换和融合的方法。多链路自动切换和融合技术的实现势必对地面监控系统提出了更高的要求。

本文主要介绍多链路通航通信监视系统中的地面监控系统,并重点介绍地面监控系统中的两大关键技术——多链路自动切换与融合技术和面向用户的通航信息智能分类和分发技术。

2 多链路通航通信监视系统介绍

多链路通航通信监视系统用于对低空空域飞行器的飞行进行全程监视和控制,系统由多通信链路、机载设备和地面监控设备三大部分组成。系统基于“北斗”导航定位卫星网络、移动通信网络和 ADS-B 数据链路进行地空通信,可以通过机载加装支持多数据链路的集成化电子设备;同时研发地面监控系统,完成通航飞机和地面之间的多链路数据传输,最终实现多链路地空综合通信导航监视。系统总体架构如图1所示。

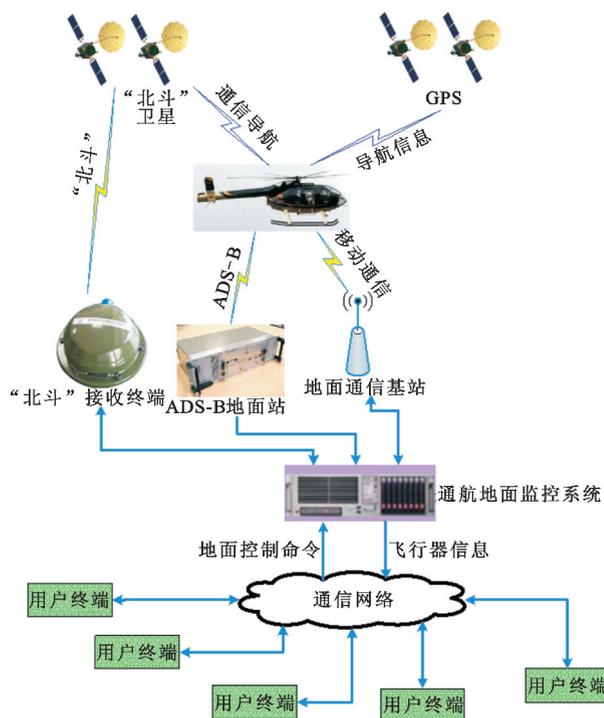


图1 多链路通航通信监视系统总体架构

Fig. 1 The overall architecture of multilink communication and surveillance system for general aviation

如图 1 所示,通用航空器加装机载设备后,可接入各类通信、导航和监视数据,经数据处理后送入机载设备显示终端。同时,通过多通信链路将机载定位信息、识别信息、状态信息和飞行员在显示终端上自定义的信息发送至各类低空通信地面基站,包括 ADS-B 接收设备、“北斗”地面接收设备、移动通信地面接收设备。通航地面监控系统与以上 3 种地面基站进行通信,并将处理后的通用航空器数据根据不同用户的权限和定制需求,并行分发给多用户,最终实现支持多用户的、差异性服务的航空器数据信息显示。

3 通航地面监控系统设计

通航地面监控系统结构框图如图 2 所示。多通信链路将机载定位信息发送至各类地空通信地面基站,包括 ADS-B 接收设备、“北斗”地面接收设备、移动通信地面接收设备。通航地面监控系统与以上 3 种地面基站进行通信,实现对 ADS-B 报文、移动报文和“北斗”报文的实时接收,并负责 3 种数据报文的解析和完好性校验。如果解析过程中发现报文内容存在必要信息缺失,则将报文丢弃,并记录缺失报文的发送来源,包括航空器地址码和发送链路。

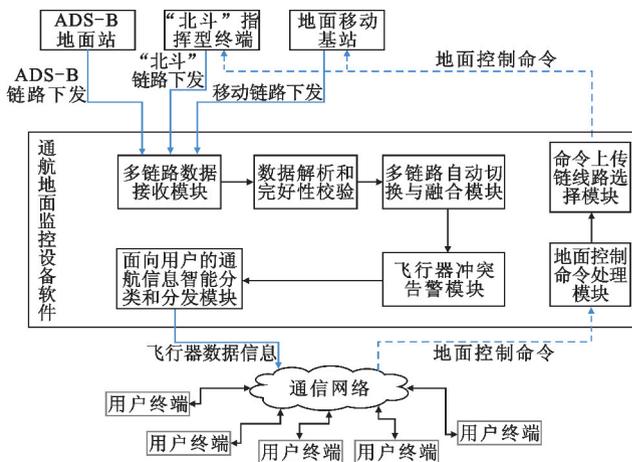


图 2 通航地面监控系统结构框图

Fig. 2 The block diagram of ground monitoring and control system for general aviation

对解析后的航空器信息进行分析,结合地面监控系统记录的该航空器历史信息,根据多链路自动切换机制,确定一条最佳通信链路实现航空器导航位置信息的稳定输出。同时,对 3 条链路下发的航空器状态信息和飞行员自定义信息进行收集和融

合,以保证航空器状态信息的实时输出。利用处理后的航空器位置信息和状态信息完成航空器的状态分析和冲突检测,若判定航空器存在冲突预警,则将冲突告警与航空器位置信息、识别信息、状态信息一起发送给用户终端。

地面监控系统通过通信网络将航空器综合监视信息并行发送给多个用户。由于用户的权限和定制需求有差异性,所以地面监控系统基于一种面向用户的通航信息智能分类和分发方式送往显示控制席位,最终构建一个能够为用户提供差异性服务的信息平台。

通航地面监控系统还要对用户终端发送的地面控制命令进行实时监听,对收到的地面控制命令进行处理,并对地面控制命令进行本地备份,根据 3 条链路通信状态和控制命令具体类型,选择最佳通信链路发送给航空器的机载设备。

由图 2 可见:通航地面监控系统需要接收通用航空器机载设备发送来的 ADS-B 数据、“北斗”报文数据、移动报文数据,而不同链路间的协议有较大差异,数据格式和数据内容都有较大差异;另外,不同链路的数据更新率和数据延时也有较大差异。这些因素导致地面监控系统的数据处理方式复杂度大大加大。

以往的通航地面监控设备是将接收到的多链路数据全部输出给地面显示终端,输出给地面显示终端很多冗余信息,对网络通信资源占用较大,地面显示终端的显示处理也较为复杂。而本文研究的多链路自动切换和融合技术可以将 3 条链路信息经过数据处理融合为一条飞机信息报文发送到地面显示终端,从而大大节省了网络通信资源,减少了地面显示终端的显示处理工作,提供了一个更为友好的飞机信息显示界面。

从地面监控系统与机载设备最佳通信状态和系统复杂性考虑,研究一种可靠的链路通信质量检测方法和自动的通信链路切换机制是地面监控设备技术难点之一。

另外,地面监控设备发送的信息涉及到需求有差异的不同用户和服务类型,也涉及到不同类型的数据处理机制,同时还需要保证数据服务的不间断和服务质量的高可靠性。在这方面,需要研究能够对数据进行智能分类的数据分类算法以及为不同用户提供安全可靠数据服务的数据分发技术。

4 通航地面监控系统关键技术

4.1 多链路自动切换与融合技术

不同通信链路的信息类型、使用范围、传输延时、传输距离和抗干扰性能等方面各不相同,用一种数据链不能简单地代替其他数据链。同时使用多种数据链,可以起到取长补短、互为备份和提高抗毁性的作用。因此,多种数据链共存和综合应用将是必然和必须的。从系统复杂性考虑,当多链路通航通信监视系统同时接入多种数据链时,如何打破各型数据链间、数据链和信息系统间的壁垒,使各类型数据链协同高效地工作,成为通航地面监控系统的一个急需解决的问题。

因此,地面监控系统需要研究一种通信链路的自动切换机制。基于该机制,地面监控系统监测并分析出某架航空器地空通信的最佳通信信道后,将来自该信道的航空器导航信息设置为优先级最高,并对对应的航空器位置信息进行处理和输出。同时,当使用的通信链路信道质量恶化而不能提供最佳数据传输时,地面监控系统自动切换到当前最佳通信信道,以保证地面监控系统对航空器导航位置信息的稳定输出。

如何确定当前环境当前航空器的最佳通信信道,则需要对 3 种数据链路的优势和不足进行研究。ADS-B 链路通信具有数据更新快、通信延时小的特点,是航空器导航信息可靠传输的重要链路,但存在数据格式扩展性不强的缺点,不能使用该链路实现飞行员自定义短信的下发。此外,在市区低空飞行环境下,由于存在非视距阻挡,移动通信链路的可靠性将明显优于基于视距传播的 ADS-B 链路和基于卫星接收的“北斗”链路,但对于移动通信链路而言,基站对空信号覆盖不均以及传输时延则是该链路的最大不足。在 ADS-B 和移动通信信号无法覆盖的偏远地区,“北斗”链路发挥的作用更为显著,但“北斗”链路受到数据传输更新率的限制,发射频率远低于 ADS-B 链路和移动通信链路,“北斗”链路较高的丢包率和较低的发送频率不能满足地面监控系统对飞机航迹的跟踪要求^[9-10]。

基于不同链路的物理特性、更新率的考虑,本方案中将 3 种链路设定的默认优先级由高到低为 ADS-B 链路、移动通信链路、“北斗”链路,即无论地面监控系统同时收到来自几种链路下发的航空器数据,将最佳通信信道选为当前优先级最高的数据

链路。

链路自动切换机制是为了保证航空器位置信息的稳定输出,然而不同链路通信下发的航空器信息不尽相同,如:ADS-B 链路下发的 DF17 报文中包含有详细的飞机信息,但是不支持飞行员自定义信息的下发;而“北斗”链路和移动通信链路下发报文是可以自定义的,报文中不仅可以包含飞机信息,还能将飞行员自定义信息包含在其中。

所以,在进行链路切换的同时,还需要将 3 条通信链路下发的航空器状态信息、飞行员自定义信息进行融合。例如:当切换到 ADS-B 链路时,目标位置信息从 ADS-B 报文中提取,但是此时飞行员下发的自定义信息只会通过“北斗”链路和移动通信链路下发,所以需要根据 3 种链路包含的时标对 3 条链路报文做配准,然后将“北斗”链路和移动通信链路下发的飞行员自定义信息融合到飞机最新信息库中。

最终,地面监控系统在多链路自动切换机制下将处理后的航空器位置信息和融合后的状态信息发送给冲突检测模块,实现通用航空器的状态分析和冲突检测。

多链路自动切换和融合流程如图 3 所示。地面监控系统中包含一个通用航空器信息库(DB)用于保存监测到的通用航空器信息,如位置信息、标识信息、状态信息、飞行员手动输入信息等。地面监控系统接收到一个新航空器报文后,利用通用航空器唯一标识码、24 位目标地址码(AA 码),与 DB 已存通用航空器进行关联,找到该通用航空器历史信息。若与 DB 关联失败,说明地面监控设备第一次接收到该航空器信息,则直接存入 DB 中;若与 DB 关联成功,首先判定该航空器 3 条链路通信状态:如果 ADS-B 链路通信状态为有效,则不切换链路,保持对 ADS-B 链路下发航空器位置信息的处理和更新;如果 ADS-B 链路通信状态为失效,但移动通信链路通信状态为有效,则将链路切换到移动通信链路,执行对移动通信链路下发航空器位置信息的处理和更新;如果 ADS-B 链路和移动通信链路状态都为失效,且“北斗”链路通信状态为有效,则将链路切换到“北斗”链路,执行对“北斗”链路下发航空器位置信息的处理和更新。无论当前切换到的是哪种链路,都要对航空器的状态信息、飞行员自定义信息进行融合。其中,对链路通信状态判定依据是:实时统

计航空器的 3 种链路通信更新率并存于 DB 中,若探测到某种链路通信更新率与理论更新率之差大于门限值 T ,则判定该链路通信失效。

输入某飞机最新ADS-B报文/移动通信报文/“北斗”报文

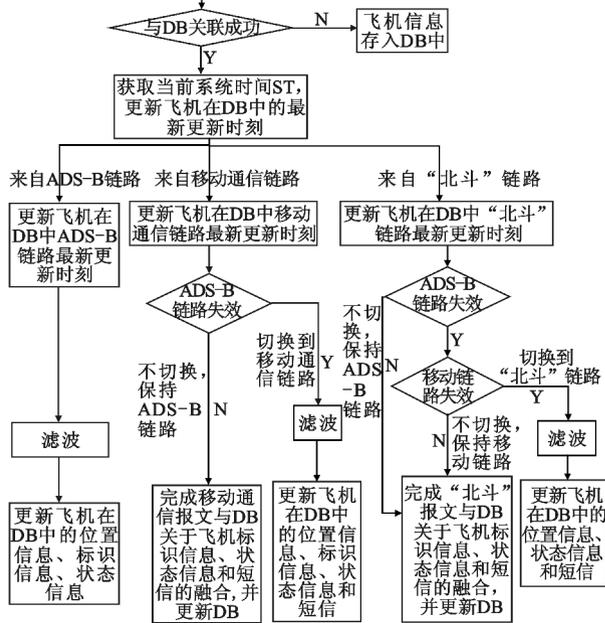


图 3 多链路自动切换和融合流程

Fig. 3 Flow chart of automatic switching and fusion for multilink

4.2 面向用户的通航信息智能分类和分发技术

通航地面监控系统完成航空器信息处理后,需要按照用户的不同权限和定制需求完成到各个用户终端的数据分发,以实现有差异性的信息共享。地面监控系统采用面向用户的通航信息智能分类和分发技术,以一种统一和通用的方式和用户进行交互,最终构建一个能够为用户提供差异性服务的信息平台。

要构建一个面向用户差异性服务的信息平台,首先要预知不同用户类型的权限和定制需求,即预先构建一个用户注册中心,用于存储用户 ID、权限和需求等信息。该用户注册中心是通过分析用户需求而获得的,每一行代表一种用户类型,每一列代表一种需求属性值,需求属性值分为离散值和区间值两种。需求属性包含位置信息获取需求、位置精度(NACP)需求、位置完好性(NIC和SIL)需求、识别信息需求、短信息需求等。用户注册中心以文件形式存在,为了提高对其访问的效率,地面监控系统初始化时将用户注册中心映射到系统内存中,以结构体形式存在。

如图 4 所示,面向用户的通航信息智能分类和分发模块实时监测是否有通航数据待发送,以便即时提取通航数据输入到智能分类算法模块中。

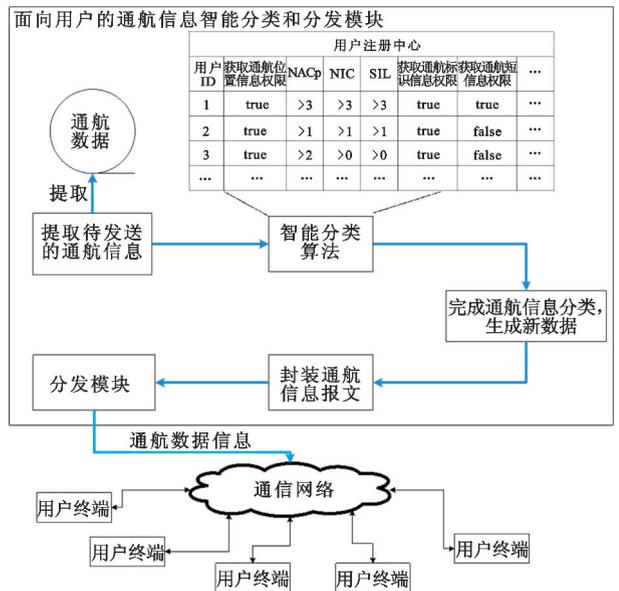


图 4 面向用户的通航信息智能分类和分发技术

Fig. 4 User-oriented intelligent classification and distribution technology for general aviation information

智能分类算法模块通过用户 ID 在用户注册中心中快速指向存放需求属性值的结构体内存,根据不同用户 ID 的不同需求属性值对通航数据包含的各项数据类型(如位置信息、位置精度、识别信息、飞行员自定义信息等)进行过滤,提取出符合客户需求的数据信息,最终将待发送的通航数据分类成适应于各类用户需求的数据信息集。

在分类过程中,通航数据包含的数据类型可能与用户注册中心记录的需求属性不相关,若包含这些数据类型将减慢和可能误导分类过程,智能分类算法模块利用相关性分析删除通航数据中这些不相关或冗余的数据类型。

通过智能分类算法获取所有用户所需要的通航新数据,根据与用户协定的统一报文格式,将通航新数据封装,再由分发模块完成通航数据信息到所有用户终端的分发。

5 通航地面监控系统验证

5.1 仿真测试

为了对通航地面监控系统的功能和性能进行验证,事先采集国内某机场某时段的 ADS-B 飞机信息,飞机信息包括位置、航班号、地址码。开发了一套仿真系统,该系统按照 ADS-B 链路、移动通信链路和“北斗”链路的通信协议和链路更新率,仿真 3 条链路下载到地面监控系统的 3 种数据报文。仿真测试需要设置的参数包括 ADS-B 链路数据下发频

率、移动通信链路数据下发频率、“北斗”链路数据下发频率、飞行员自定义信息。

仿真系统读取 ADS-B 飞机信息,将每条 ADS-B 飞机信息封装成 3 种链路数据报文格式,并按照设定的发送频率,通过 UDP 发送到通航地面监控系统,从而对通航地面监控系统进行测试。

利用仿真数据完成对地面监控系统的功能测试,包括 ADS-B 单链路处理测试、“北斗”单链路处理测试、移动通信单链路处理测试、三链路自动切换和融合测试、面向用户的通航信息智能分类和分发技术测试,功能测试项全部通过。

由于整个系统要求对实时数据及时准确地处理,因此通航地面监控系统应具有较高的执行效率。地面监控系统从收到数据到完成链路数据处理,再到将处理后的通航飞机数据发送给用户终端,都是越短越好。经仿真数据测试,本系统中处理一个目标报文所需要的时间约为 722 μs 。

5.2 现场测试

为了进一步验证系统功能,选择新疆某通航机场做系统的验证测试,在一架通航飞机上安装多链路通航通信系统的机载设备,在地面上安装 ADS-B 地面站、“北斗”接收终端和通航地面监控系统。该架通航飞机飞行时,开启机载设备和地面所有设备,通航地面监控系统将处理后的通航飞机信息发送给地面用户显示终端,地面用户显示终端对某日某时间段通航飞机监视显示如图 5 所示。

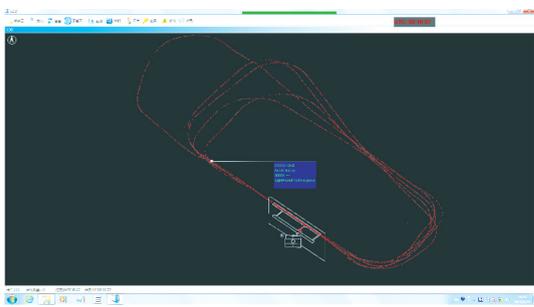


图 5 某日某时间段通航飞机监视显示

Fig. 5 The monitor display of general aviation aircraft in a day in a certain time period

由图 5 可见,地面用户显示终端能对通航飞机飞行轨迹进行连续显示,有效地实现了地面对通航飞机的监视。另外,地面监控系统有效地将 3 条链路信息融合为一条飞机信息发送到地面用户显示终端,避免了地面显示终端同时显示同一目标的同一位置点的 3 个标识点。地面用户不仅实现了对通航

飞机飞行位置的实时监控,而且可以通过飞机标牌准确地获知通航飞机的地址码、A 码、航班号、高度、机载下发飞行员自定义信息,从而实时掌握通航飞机状态和机组人员状态。

通过测试证明:通航地面监控系统有效地完成了 3 种链路的自动切换和融合工作,将来自 3 条链路的通航飞机信息整合成一个飞机信息报文发送给地面显示终端,大大提高了用户界面的友好性,并能为地面用户提供连续、准确的通航飞机监视信息。同时,通航地面监控系统利用面向用户的通航信息智能分类和分发技术向通航机场和通航公司提供差异性的数据分发服务。

6 结 论

本文描述了一种通航地面监控系统,该系统重点实现了 ADS-B 链路、“北斗”链路和移动通信链路的多链路自动切换与融合技术和面向用户的通航信息智能分类和分发技术。通过在新疆某通航机场的现场测试,该系统满足了对通航飞机无缝、不中断的监视需求,并能长期稳定有效地运行。该系统在通航机场的测试进一步验证了多链路通信在通航监视的应用可行性,对通航监视系统中多链路的数据处理技术具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 杨明,郑金华,胡耀坤. 低空空管现状分析与飞行动态监视系统设计[C]//第六届中国卫星导航学术年会论文集. 西安:中国卫星导航系统管理办公室,2015.
YANG Ming,ZEHNG Jinhua,HU Yaokun. Analysis of low-altitude airspace control and design of the flight dynamic monitoring system[C]//Proceedings of 2015 6th China Satellite Navigation Conference. Xi'an: China Satellite Navigation System Management Office,2015. (in Chinese)
- [2] 王尔申,佟刚,庞涛. 低空空域通用航空飞机机载导航监视终端设计[J]. 电讯技术,2015,55(5):522-526.
WANG Ershen,TONG Gang,PANG Tao. Design of an airborne navigation surveillance terminal for general aviation aircraft in low altitude airspace[J]. Telecommunication Engineering,2015,55(5):522-526. (in Chinese)
- [3] 刘纪红,王倩倩,杨丽. “北斗”卫星导航系统在低空空域监管系统中的应用[J]. 电讯技术,2012,52(1):18-22.
LIU Jihong,WANG Qianqian,YANG Li. Application of Beidou satellite navigation system in low-altitude airspace supervision system[J]. Telecommunication Engineering,2012,52(1):18-22. (in Chinese)
- [4] 王艳红,赵文智,杨明. 北斗卫星导航系统及其于民航导

航的应用[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(2): 496-498.

WANG Yanhong, ZHAO Wenzhi, YANG Ming. BeiDou navigation satellite system and its application in civil navigation[J]. Computer Measurement & Control, 2014, 22(2): 496-498. (in Chinese)

- [5] 刘晓静. ADS-B 技术在空管中的应用研究[J]. 空中交通管理, 2011(6): 22-25.

LIU Xiaojing. Studies on application of ADS-B technology in ATM[J]. Air Traffic Management, 2011(6): 22-25. (in Chinese)

- [6] 齐雁楠, 王兴隆, 张召悦. 基于北斗的 ADS-B 技术在我国通用航空中的应用[J]. 航空计算技术, 2013, 43(5): 20-22.

QI Yannan, WANG Xinglong, ZHANG Zhaoyue. Application of ADS-B technology based on Beidou in general aviation of china[J]. Aeronautical Computing Technique, 2013, 43(5): 20-22. (in Chinese)

- [7] 周春福, 黄鹂. 多数据链综合组网应用及其信息分发与处理[J]. 舰船电子工程, 2010, 30(7): 11-14.

ZHOU Chunfu, HUANG Kun. Information distribution and processing in comprehensive application of multi-data link[J]. Ship Electronic Engineering, 2010, 30(7): 11-14. (in Chinese)

- [8] 李欣宇. 数据分发服务在大数据链集成中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(12): 4384-4388.

LI Xinyu. Application of DDS for multi datalink integration[J]. Computer Engineering and Design, 2013, 34(12): 4384-4388. (in Chinese)

- [9] 成方林, 张翼飞, 刘佳佳. 基于“北斗”卫星导航系统的长报文通信协议[J]. 海洋技术, 2008, 27(1): 26-27.

CHENG Fanglin, ZHANG Yifei, LIU Jiajia. Long message communication protocol based on the “BeiDou” satellite navigation system[J]. Ocean Technology, 2008, 27(1): 26-27. (in Chinese)

- [10] 邓玉芬, 张博, 沈明, 等. 基于北斗卫星的海洋测量数据传输系统[J]. 海洋测绘, 2009, 29(4): 67-69.

DENG Yufen, ZHANG Bo, SHEN Ming, et al. Transfer system of the survey data based on the Beidou satellite navigation system[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2009, 29(4): 67-69. (in Chinese)

作者简介:



李恒(1982—),女,四川成都人,2007年于电子科技大学获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为机场工程、空中交通管理;

LI Heng was born in Chengdu, Sichuan Province, in 1982. She received the M. S. degree from University of Electronic Science and Technology of China in 2007. She is now an engineer. Her research concerns airport engineering and air traffic management.

Email: liheng100@163.com

何东林(1976—),男,黑龙江佳木斯人,2006年于莫斯科鲍曼国立技术大学获硕士学位,现为高级工程师,主要研究方向为机场工程、空中交通管理;

HE Donglin was born in Jiamusi, Heilongjiang Province, in 1976. He received the M. S. degree from Bauman Moscow State Technical University in 2006. He is now a senior engineer. His research concerns airport engineering and air traffic management.

张益(1983—),男,四川宜宾人,2012年于马赛中央理工大学获博士学位,现为工程师,主要研究方向为机场工程、空中交通管理;

ZHANG Yi was born in Yibin, Sichuan Province, in 1983. He received the Ph. D. degree from école Centrale Marseille in 2012. He is now an engineer. His research concerns airport engineering and air traffic management.

赵泽西(1988—),男,四川成都人,2014年于北京航空航天大学获硕士学位,现为助理工程师,主要研究方向为机场工程、空中交通管理;

ZHAO Zexi was born in Chengdu, Sichuan Province, in 1988. He received the M. S. degree from Beihang University in 2014. He is now an assistant engineer. His research concerns airport engineering and air traffic management.

邓胜吉(1984—),男,四川富顺人,2010年于电子科技大学获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为机场工程、空中交通管理。

DENG Shengji was born in Fushun, Sichuan Province, in 1984. He received the M. S. degree from University of Electronic Science and Technology of China in 2010. He is now an engineer. His research concerns airport engineering and air traffic management.