

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.04.001

实现航行新技术的 CNS 系统 架构设计研究

CNS System Architecture Design for Implementation of New Flight Technology

邓浩昌 / DENG Haochang

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

从国际民航组织、美国联邦航空局、欧洲航空安全局和中国民用航空局已经发布的航行新技术政策及规章出发,包括基于性能的导航技术、自动相关监视技术、卫星通信技术和卫星着陆技术,提出了民机机载通信导航监视系统实现这些航行新技术的需求,总结了通信导航监视系统的传统系统架构,结合先进的航电系统架构设计技术、先进的航电数据网络设计技术,在民机型号研制经验的基础上,提出了一种新的通信导航监视系统实现架构。新架构是高度综合化、开放式的系统架构,增加了系统扩充功能的灵活性。最后,提出了工程实现上需要进一步考虑的适航和安全性分析、时间延迟及信号失真等方面的问题。

关键词: 基于性能的导航;自动相关监视;卫星通信;卫星着陆系统

中图分类号: V241.01

文献标识码: A

[**Abstract**] This paper puts forward the requirement for implementing the new flight technology based on the policy and rules from the International Civil Aviation Organization, Federal Aviation Administration of USA, Europe Aviation Safety Administration, and Civil Aviation Administration of China. These new flight technologies are including Performance Based Navigation, Auto-Dependent Surveillance Broadcasting, GNSS (Global Navigation Satellite System) Landing System. It summarizes the system architecture of traditional communication system, navigation system, and surveillance system. Combining with advanced avionics system architecture design technology and advanced avionics data bus networks technology, it develops a new system architecture of integrated communication system, navigation system, and surveillance system, based on the experience of civil aircraft development engineering. The new high level integrated system architecture is open to add new application software, with flexibility for extensional function. At the end, the paper also points out the issues which may be faced on system engineering implementation, including system safety analysis and certification, time delay and signal distortion.

[**Keywords**] PBN; ADS-B; SATCOM; GLS

0 引言

针对新航行技术,国际民航组织(ICAO)、中国民用航空局(CAAC)、美国国家航空管理局(FAA)、欧洲航空管理署(EASA),都已经做出了规划,并进一步颁布了相应的政策、法规、技术标准和指导程

序等文件。ICAO在2007年9月第36届大会上,正式要求各缔约国在2016年前以全球一致和协调的方式,从传统陆基导航飞行模式完全过渡到基于性能的导航(PBN),PBN包括所需导航性能(RNP)、所需通信性能(RCP)和所需监视性能(RSP)。中国民用航空局2009年10月发布了《中国民航PBN实

施路线图》^[1]。先后颁发了 IB-FS-2008-002《广播式自动相关监视(ADS-B)在飞行运行中的应用》^[2]、AC-121-FS-2011-004R1《航空承运人运行中心(AOC)政策与标准》^[3]、2012年11月发布《中国民用航空ADS-B实施规划》^[4]、《航空公司运行控制卫星通信实施方案》^[5](民航发[2013]10号)和AC-91-FS AA-2010-14《在无雷达区使用1090兆赫扩展电文广播式自动相关监视的适航和运行指南》^[6]。2014年12月18日,CAAC正式成立了民航局航行新技术应用与发展工作委员会。随即,CAAC又于2015年1月5日召开的民航局航行新技术委员会第一次会议,明确了PBN、广播式自动相关监视(ADS-B)、卫星着陆系统(GLS)等新技术应用重点工作。FAA正在实施的下一代空中交通管理(NextGen)计划和EASA的欧洲单一天空(SESAR)计划中,也都包括PBN技术、ADS-B、数据通信(数据链、卫星通信SATCOM)、GLS等技术。相应的咨询通告(AC)、技术标准(TSO)做出了相应补充要求。为实施新航行技术中的PBN、ADS-B、DATA Link、SATCOM、GLS等技术,工业界也配套出版或修订了机载通信导航监视系统相应的工业规范和标准,主要包括ARINC系列规范和RTCA DO系列规范。

航行新技术中,RNP是提升导航能力和提高导航安全性的重要技术途径;以ADS-B为主的新监视技术作为空中交通主要监视手段,可实现“空-空”监视和“空-地”协同运行;全球卫星导航系统(GNSS)在现有的美国全球卫星定位系统(GPS)、俄罗斯的全球卫星定位系统(GLONASS)、欧盟全球卫星定位系统(GALILEO)的基础上,将引入中国北斗卫星导航系统(COMPASS),进一步提高GNSS的定位能力,可助力GLS系统的广泛应用,提升着陆安全性。卫星通信数据链、甚高频数据链、高频数据链的应用,将满足空中交通信息服务、航空公司运营控制的新需求。空地宽带通信卫星系统,可进一步提升客舱服务系统的品质。

新航行技术的应用需求,对传统的机载通信导航监视(CNS)系统的架构设计提出了新的要求。基于现代民用飞机ARINC664数据网络、ARINC653操作系统的嵌入式应用软件开发技术及综合化模块化航电(IMA)设计技术的广泛应用,促使传统CNS系统顶层架构,由基于ARINC429数据总线和独立

LRU的联合式顶层架构走向基于IMA平台和ARINC664数据网络的开放式顶层架构,驻留在IMA平台通用硬件模块上的CNS功能应用软件采用符合开放式标准的ARINC653嵌入式实时操作系统规范来开发。

1 新航行技术对CNS系统的要求

1.1 PBN对CNS的功能要求

根据ICAO、CAAC、FAA和EASA有关PBN的要求和规划,近期的民航运行必须满足PBN运行要求,如,RNP AR定量指标要求。传递到机载CNS系统,就必须进行机载CNS系统顶层架构设计和需求分解,对系统导航传感器精度、导航解算误差、飞行控制误差进行合理分配,提出具体的误差函数值,变为对机载系统和设备的采购要求。

1.2 ADS-B对CNS的功能要求

机载ADS-B应用功能可分为ADS-B OUT发送(地空监视)和ADS-B IN接收(空空监视)两类。ADS-B OUT是指航空器向外发送信息。监视数据可来自不同的机载数据源(例如,水平位置、气压高度、ATC应答机控制面板等)。机载发射机以一定周期发送航空器的各种信息,包括:航空器识别码、位置、高度、速度、方向和升降率等。OUT是机载ADS-B设备的基本功能,需要具备充分的监视数据提供能力、报文处理(编码和生成)能力、报文发送能力。只要相关机载电子设备正确安装且正常运行,ADS-B OUT系统一般无需驾驶员干预即可自动工作。ADS-B IN是指航空器接收其他航空器发送的ADS-B OUT信息或地面服务设施发送的信息,为驾驶员提供运行支持。ADS-B IN的一个典型应用是驾驶员通过驾驶舱交通信息显示设备(CDTI)获知其他航空器的运行状况,从而提高驾驶员的空中交通情景意识。要求机载设备ADS-B Version 2(RTCA DO-260B),一般采用ADS-B数据链1090ES(1090MHz)。美国FAA要求ADS-B支持两种ADS-B数据链:UAT(978MHz)和1090ES(1090MHz)。

1.3 数据通信对CNS的功能要求

数据通信协议要求同时支持飞机通信寻址与报告系统(ACARS)网和航空电信网(ATN)。机载数据通信任务,可由甚高频数据链(VHF Data Link)、高频数据链(HF Data Link)、卫星通信(SATCOM)系统来完成。CNS系统数据链系统需具备符

合 ARINC623 基于字符的空中交通服务 (ATS) 的数据通信、符合 ARINC618 空地基于字符协议 (AOC) 的数据通信。需要进行管制员-飞行员数据链通信 (CPDLC) 与合同式自动相关监视 (ADS-C) 时, 飞行管理系统 (FMS) 需具备相应空中交通管理 (ATC) 功能。还可以通过 FMS 实现符合 ARINC702A 的 AOC 数据通信, 实现航空公司运营数据通信, 传送航路信息和航空公司运营信息。另外, 客舱旅客服务系统的数据通信需求越来越大, 机载 CNS 系统也需要增加宽带卫星通信功能。

1.4 GLS 对 CNS 的功能要求

GLS 基于 GNSS 系统和地基增强系统 (GBAS) 或星基增强系统 (SBAS), 提供精密进近和着陆引导功能, 未来将成为飞机的标配, 支持 III 类着陆, 不需平整场地和校验, 支持多个跑道端, 性能/价格比远高于 ILS。GLS 功能要求机载 CNS 系统和 FMS, 具备支持 GNSS 多种星系的信号接收和处理能力、机场数据库、着陆地图显示及告警能力。

1.5 新航行技术对 CNS 的架构要求

飞行运营采用新航行技术, 需要地面导航通信系统和数据网络系统、卫星网路系统、机载系统共同组成一个大系统, 协同工作来实现。这就要求机载 CNS 系统增加功能、提高性能指标。在 CNS 系统架构上, 采用 IMA 架构和先进数据网络系统, 将会提高系统的综合效能, 减轻系统的重量, 提高数据处理能力, 减少系统的功耗和重量。

2 实现新航行技术的机载 CNS 系统架构设计

2.1 传统 CNS 系统架构

传统 CNS 系统架构是基于 ARINC429 总线网络和独立航线可更换单元 (LRU) 的联合式架构。CNS 系统的功能分别固化在 LRU 硬件中, 各个 LRU 之间如需要信息交互, 可以 ARINC429 总线连接。如图 1 所示, 是一个典型的传统 CNS 系统架构^[7]。图中缩略语:

- ATC-空中交通管理;
- ISS-综合监视系统;
- WXR-气象雷达;
- TCAS-交通防撞与告警系统;
- TAWS-地形提示和警告系统;
- S-MODE-S 模式应答机 (含 ADS-B 功能);

- RNAV-无线电导航系统;
- ILS-仪表着陆系统;
- VOR-甚高频全向信标;
- ADF-自动定向仪;
- MB-指点信标;
- GNSS-全球卫星导航系统;
- DME-测距仪;
- RA-无线电高度表;
- CMU-通信管理单元 (含数据链路由);
- CSA-(数据链) 控制和状态应用软件。

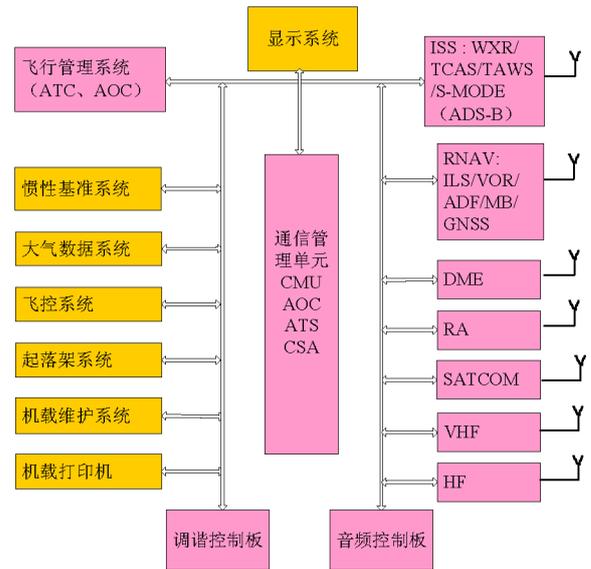


图 1 传统 CNS 系统架构

RNP 导航解算功能主要由 FMS 软件实现, RNAV 系统 (含 GNSS)、惯性基准系统、大气数据系统提供必要的传感器数据, 飞控系统、起落架系统提供飞机参数。ADS-B 功能由 ISS 的 S-模式应答机实现。数据链功能, 由通信系统的 VHF、HF、SATCOM 系统各自实现。数据链路由功能由数据管理单元实现。机载维护系统实现故障数据的管理和软件加载功能。机载打印机, 实现机载打印功能。

传统的 CNS 系统架构中, 由于 LRU 大都采用成熟的产品, 经济型和安全性较好, 但是, 面临新技术运行要求的挑战。已经有越来越多的几种功能综合在一起的 LRU 不断地被研发出来, 来代替原先几个独立功能的 LRU。如 ISS 综合处理机, 综合了 TCAS、S 模式应答机、气象雷达和 TAWS 的数据处理功能。多模接收机 (MMR) 也综合了无线电导航系统的大部分功能等。

2.2 基于 IMA 平台的 CNS 系统架构

基于 IMA 平台的 CNS 系统架构,建立在 ARINC664 数据总线网络的基础上。IMA 平台中的通用处理模块(GPM),采用了符合 ARINC653 规范的嵌入式实时操作系统,驻留在 GPM 上的应用软件,实现航行新技术功能。

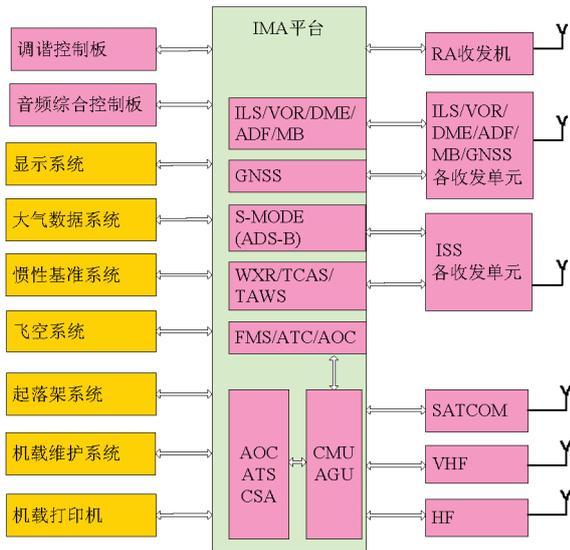


图2 基于 IMA 平台的 CNS 系统架构

图中:

AGU-音频网关;

CSA-控制和状态应用软件。

FMS 软件实现 RNP 导航功能、FMS 数据链 ATC (CPDLC 应用)、数据链 AOC (传输飞行计划、气象数据、起飞速度、飞行前准备等)。GPM 上可以驻留的软件还包括 ADS-B、SATCOM 数据处理软件、AOC、ATS、CMU 路由、CSA。还可以考虑驻留音频网关 (AGU)、ILS、VOR、DME、ADF、MB、GNSS (含 GLS)、S 模式上应答机软件 (含 ADS-B)、WXR、TCAS、TAWS 功能软件等。随着航行新技术的不断出现和航电系统开放式 IMA 平台和 ARINC664 数据网络的广泛应用,CNS 系统的设计,也开始考虑在已经较成熟的 IMA 平台和 ARINC664 网络的基础上,将越来越多的已有 CNS 系统应用软件和新技术功能软件,驻留在 IMA 平台的通用处理模块中,通过 ARINC664 网络,与飞机各系统交联。

CNS 各功能的射频单元、调谐控制单元、音频综合控制单元,通过显示控制系统网络和 ARINC664 网络与 CNS 功能软件实现数据收发。

新 CNS 系统架构,现对于传统架构,减少了

LRU 数量,减少了系统功耗、减少了装机电缆、减轻了飞机重量。

3 基于 IMA 平台的 CNS 系统架构所面临的问题

3.1 安全性问题和适航取证

基于 IMA 平台和 ARINC664 数据网络的航电系统适航取证,已经走过了几个飞机型号,积累了一定的工程经验,也发布了与之相对应的工业标准。对 IMA 平台的硬件和软件,已经发布了相应的咨询通告 AC、工业规范 RTCA 等,并已经取得了几个飞机型号的 FAA 和 EASA 的 TC 证、CAAC 的 TC 证,安全性问题不突出。但是对于 CNS 系统新技术功能,安全性分析变得比以前更为复杂,并且,在新架构下的 CNS 适航验证流程和经验相对较少。这些是后续飞机型号研制中需要特别引起重视的部分技术难点和取证难点。

3.2 延时问题

航行新技术中,对于时间延迟要求较高的功能,在软件驻留在 IMA 平台后,数据传输环节和转换环节增多了,能否满足型号的实时性要求,需要进一步做分析、仿真和试验,在 CNS 系统架构设计和网络配置上,需采取针对性的应对措施。

3.3 失真问题

无线电信号,在经过 IMA 平台驻留功能软件处理后,需要特别注意数字化后的信号失真问题。特别是数字音频综合后,会带来音频失真、音质变差的问题,需要不断的工程试验和设计优化来逐步解决。

4 结论

航行新技术需求和民航管理当局的政策法规的完善,催生了 CNS 系统设备的更新、系统架构的创新发展、系统需求的增加、适航验证方法的革新和行业标准的完善。基于 IMA 平台的 CNS 系统架构,由于对民用飞机航电系统带来的益处,已经成为下一代 CNS 系统架构设计的发展方向,正在被广泛采纳。

参考文献:

[1] 中国民用航空局. 中国民航 PBN 实施路线图[S]. 北京:中国民用航空局,2009.

- [2] 中国民用航空局飞行标准司. 广播式自动相关监视(ADS-B)在飞行运行中的应用:IB-FS-2008-002[S]. 北京:中国民用航空局飞行标准司,2008.
- [3] 中国民用航空局飞行标准司. 航空承运人运行中心(AOC)政策与标准:AC-121-FS-2011-004R1[S]. 北京:中国民用航空局飞行标准司,2011.
- [4] 中国民用航空局. 航空公司运行控制卫星通信实施方案,民航发[2013]10号[S]. 北京:中国民用航空局,2013.
- [5] 中国民用航空局. 航空公司运行控制卫星通信实施方案,民航发[2013]10号[S]. 北京:中国民用航空局,2013.
- [6] 中国民用航空局. 在无雷达区使用 1090 兆赫扩展电文广播式自动相关监视的适航和运行指南:AC-91-FS AA-2010-14[S]. 北京:中国民用航空局飞行标准司,2010.
- [7] 周贵荣,邓浩昌. 实现航迹跟踪功能的机载系统架构[J]. 指挥信息系统与技术,2016(12): 35-39.

作者简介

邓浩昌 男,本科,研究员。主要研究方向:民机航电系统设计和验证。Tel: 021 - 20866556; E-mail: denghaochang@comac.cc