

文章编号:1001-893X(2010)07-0001-05

民机无线电 CNS 系统一体化架构设计*

刘天华

(中电科航空电子有限公司,成都 611731)

摘要:机载无线电通信、导航、监视(CNS)系统包括了航空电子系统大部分射频设备,是航空电子系统的重要组成部分及新航行系统(CNS/ATM)机载部分的重要支撑系统。介绍了国外无线电 CNS 系统架构设计现状和技术发展方向,给出了 ARINC 660A 推荐的机载通信、导航、监视功能架构,分析了无线电 CNS 系统一体化设计的优点,并对无线电 CNS 系统的设计及集成提出了建议。

关键词:民用飞机;航空电子系统;CNS 系统;新航行系统;系统架构;一体化设计

中图分类号:V24 **文献标识码:**A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2010.07.001

Integrated Architecture Design of Radio CNS System for Civil Aircrafts

LIU Tian-hua

(China Electronics Technology Group Avionics Corporation, Chengdu 611731, China)

Abstract: The airborne radio communication, navigation and surveillance system (CNS) which involves most of the radio equipment in the avionics system is an important component of avionics system and also an important supporting system for the onboard part of CNS/ATM(Air Traffic Management)system. The state-of-the-art architecture design of foreign radio CNS systems and their ongoing technical development are introduced in this paper. In addition, the functional architecture of the airborne CNS system recommended by ARINC 660A is described. The advantages of the integrated design for radio CNS systems are also analysed. Finally, some suggestions on the design and integration of radio CNS system are given.

Key words: civil aircraft; avionics system; CNS system; CNS/ATM; system architecture; integrated design

1 引言

航空电子系统(以下简称航电系统)关系到飞机的可用性、飞行安全性、先进性等,是飞机的重要组成部分,无线电通信、导航、监视(Communication, Navigation and Surveillance, CNS)系统作为航电系统的重要分系统之一,通过航电总线接入航电系统。机载 CNS 系统是用于飞机在起飞、航行和着陆等阶段,通过机载话音/数据通信、无线电导航设备和监视设备完成信息获取、信息交换和信息处理,引导飞

机按预定航路安全飞行的重要机载系统,它具备机内和机外话音及数据通信、无线电导航引导、飞机航路环境监视等功能,是保障飞机飞行安全,为飞行员和乘客提供安全可靠飞行的必备技术手段。

CNS 系统的架构和航电系统的架构密切相关,优化的 CNS 系统架构设计对无线电传感数据的采集、传输和高效利用至关重要。CNS 系统设备具有许多相似特征,如均需要进行调谐控制,均有天线,均需要进行音频数据处理等;同时,CNS 系统之间存在着较为复杂的控制、数据以及状态信息等多方面的交联关系。一体化的架构设计能更有效地实现对

* 收稿日期:2010-03-05;修回日期:2010-06-18

通信、导航、监视系统设备的管理控制,实现 CNS 系统各种数据流的统一规划,实现 CNS 系统音频数据统一处理和传输,有利于大量无线电设备进行统一天线布局、电磁兼容等设计,提高 CNS 系统设计及实现效率,降低航电系统集成复杂度,提高飞机飞行安全性。

2 国外 CNS 系统架构设计现状与技术发展方向

2.1 国外 CNS 系统架构设计现状

国外一向重视通信、导航、监视系统一体化设计。美国国家航空航天局(NASA) 2003 年启动了“先进 CNS 体系结构和系统技术(ACAST)”研究计划^[1],研究适应未来先进空域管理系统所需的 CNS 基础体系,并提出了与之相适应的机载通信、导航、监视设备的建议。为推动综合化通信、导航、监视系统技术发展,由美国政府和工业界联合主办一年一度的综合化通信、导航、监视系统(ICNS)会议,旨在通过研究和开发综合化通信、导航、监视技术,支持近期(2015 年)及更远期(2015 年后)先进的航空数字信息系统及应用,支持未来全球空中交通系统运行。

在机载 CNS 系统实现上,当前最先进的民用大型飞机 B787 采用了一体化 CNS 系统设计和实现。Rockwell Collins 公司提供了主要通信、监视系统设备,Honeywell 公司提供了综合导航无线电(INR)设备,Boeing 公司在进行航电系统集成时,将 CNS 系统作为一个综合化的系统来整体考虑,采用了统一的架构实现 CNS 系统设备的数据和状态信息传输,采用调谐控制面板(TCP)对 CNS 系统设备进行统一调谐和控制,采用统一的音频系统实现 CNS 系统音频数据的传输和处理,采用统一音频控制面板(ACP)实现 CNS 系统的音频控制,体现 CNS 系统一体化设计理念。

2.2 国外 CNS 系统技术发展方向

在 2012 ~ 2020 年以及更远期,未来新技术的发展,将以整体提升 CNS 系统能力为目标。CNS 系统的能力通过通信、导航和监视系统的各项功能来实现,其主要发展方向如下所述。

2.2.1 通信系统

数据链技术得到越来越广泛的应用,广泛采用数字化音频处理技术。

(1)数据链是空中交通管理高度自动化的前提,

也是保证空中交通安全有序的同时减轻驾驶员和管制员工作负担的有效手段。通信管理实现数据链通信的网络管理、数据路由、消息处理等功能,实现和飞机其它系统的接口,支持飞机上的各种数据链应用,是数据链处理的核心^[2];

(2)广泛采用数字音频处理技术,提高音频信息的传输质量和处理效率,采用数字总线实现音频数据传输,减少模拟音频线布线。

2.2.2 导航系统

多种无线电导航功能集成在单个设备中,如 Rockwell Collins 公司开发的多模接收机(MMR)集成了仪表着陆系统(ILS)、全球定位系统(GPS)、GPS 着陆系统(GLS)、飞管着陆系统(FLS)功能,装备在 A320、A330、A380 上;Honeywell 公司提供的综合导航无线电(INR)集成了甚高频全向信标(VOR)、ILS、标志信标(MB)、GPS 功能,装备在 B787 上;卫星导航成为重要导航手段,GLS 得到广泛的应用。

2.2.3 监视系统

向广播式自动相关监视(ADS-B)技术方向发展。飞机通过自动广播自身位置报告,同时接收邻近飞机的位置报告,互相了解对方位置和行踪,驾驶员自主地承担维护空中交通间隔的责任,不再依赖地面雷达监视和管制^[3]。ADS-B 优化调整管制员和机组人员的工作量,给安全、容量、效率 and 环境影响等诸多方面带来重大改善。

2.3 ARINC660A 推荐机载通信、导航、监视系统功能架构

为了适应 CNS/ATM 技术发展需求,ARINC 660A 标准规定并推荐了满足未来 CNS/ATM 操作环境的机载通信、导航、监视系统体系架构、功能定义和功能分配,如图 1 所示^[4]。

从图中我们可以看出,通信、导航、监视系统之间数据交互较多、交联关系复杂,通信、导航、监视系统在系统间信息共享、资源规划综合考虑、系统间的协调与控制等方面显得越来越重要。CNS/ATM 是一个以星基为基础的全球通信(C)、导航(N)和监视(S)及自动化空中交通管理(ATM)的系统,在未来一段时间 CNS/ATM 技术发展和性能提升不仅要依靠通信、导航、监视及空中交通管理等技术发展,更重要的是,通过对 CNS 系统多途径、多信息源数据综合处理,以及一体化优化设计,整体提高 CNS/ATM 系统的性能和任务可靠性、正确性。

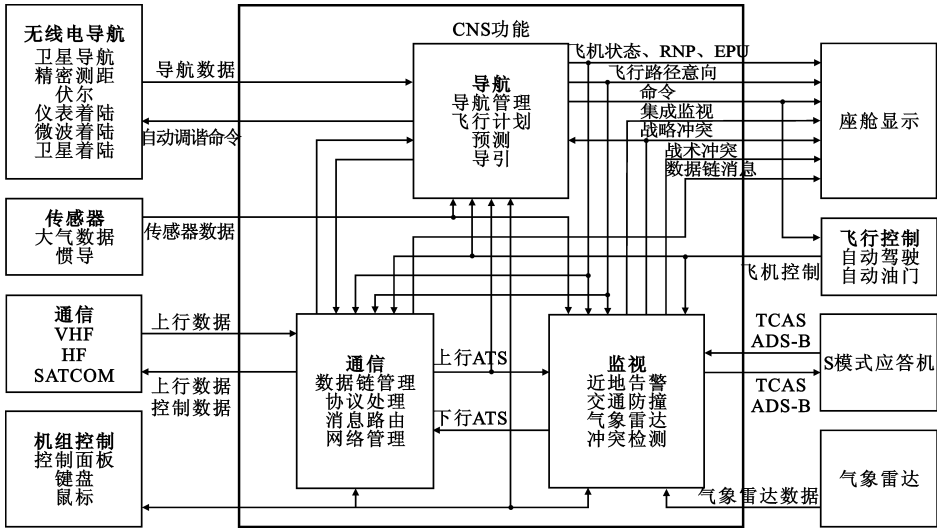


图 1 ARINC 660A 推荐的机载 CNS 顶层功能架构
Fig.1 Airborne CNS top – level functional architecture recommended by ARINC 660A

3 CNS 系统组成及一体化架构设计的优点分析

- 本文所指的 CNS 系统主要组成如下：
- (1)调谐及音频控制:调谐控制功能、音频控制功能；
 - (2)通信系统:通信管理功能(CMF)、短波(HF)、超短波(VHF)、卫星通信(SATCOM)、机内通信、应急定位发射(ELT)等功能；
 - (3)无线电导航系统:ILS、GPS、无线电高度表(RA)、VOR、自动定向仪(ADF)、MB、测距设备(DME)等功能；
 - (4)监视系统:气象雷达(WXR)、近地告警(TAWS)、空中交通警戒与防撞系统(TCAS)、空中交通管制(ATC)、ADS – B 等功能。

上述功能可以一种功能一个设备来完成,也可以几种功能集成在一个设备中完成,不论采取怎样的设备形式,CNS 系统设备都具有许多相似特征:

- (1)均是新航行系统机载部分的重要支撑系统；
- (2)均需要进行调谐控制；
- (3)均需要进行音频数据处理和音频控制；
- (4)均有天线,需要对射频信号进行处理；
- (5)数据链数据、无线电导航数据、监视告警数据、系统状态信息等需要以声音、图形、字符等方式向飞行员进行通告。

一体化 CNS 系统架构设计,适应了新航行系统对 CNS 系统的需求,有利于 CNS 系统控制、数据、状态信息链路统一规划和设计,有利于音频系统设计、音频数

据的统一处理、传输和控制,有利于大量无线电设备进行统一频率管理、天线布局、电磁兼容等设计,有利于 CNS 系统信息和座舱显示系统的统一集成。

4 CNS 系统设计及集成建议

4.1 一体化架构设计

在航电系统的统一架构下,根据飞机及航电系统架构设计、功能危害性分析(FHA),根据用户需求和适航需求,对 CNS 系统的架构、控制管理逻辑、数据流、控制流、状态信息流、失效模式、备份机制、人机界面、数据加载等进行研究和设计,同时,对 CNS 系统及设备国际相关标准规范进行研究,结合所选设备性能特点,细化系统连接关系、接口控制文件(ICD)、操作控制流程等,并对系统安全性进行评估。通过顶层一体化的设计,使 CNS 系统及设备间能有机结合,实现 CNS 系统的综合集成及控制管理,将 CNS 作为一个整体纳入航电系统的集成中,提高 CNS 系统及航电系统集成的效率,降低航电系统集成复杂度。

4.2 CNS 系统调谐控制设备和音频控制设备的设计和实现

无线电调谐功能的实现在不同飞机上有不同的设计思路,无线电调谐设备名称也不相同,如在 A380 上的无线电调谐设备叫无线电管理面板(RMP),在 B787 上叫调谐控制面板(TCP),被调谐的设备范围也不相同;ACP 的设计和实现也可采取不同的方式,如

在 A380 上 ACP 和 RMP 一体化设计, ACP 成为 RMP 的一部分。不论采取何种方式, CNS 系统的控制主要包括无线电调谐控制和音频控制功能。

(1) 无线电调谐控制功能

实现无 CNS 系统设备的无线电调谐、工作模式控制和工作状态监控等功能。在老一代的飞机如 B737, CNS 系统设备控制由不同的控制面板来实现; 新型飞机如 B787 通过一体化调谐控制面板实现 CNS 系统的调谐控制, CNS 系统一体化调谐控制是无线电调谐控制发展的趋势。

(2) 音频控制功能

通过 ACP 实现 CNS 系统音频数据的控制管理, 实现全机机内和机外话音通信、无线电导航音告警、监视告警等功能。为了适应数字音频数据传输和处理需要, 新一代音频控制面板 ACP 通常具备内置的处理单元完成音频信号的数/模、模/数转换功能。为了适应新一代航电全双工交换式以太网(AFDX)^[5]网络环境, ACP 还可具备 AFDX 接口直接通过 AFDX 网络交换音频数据。

调谐控制和音频控制功能实现同时和 CNS 系统相关, CNS 系统控制设备一体化的设计与研发, 有利于 CNS 系统间协同工作, 节约控制面板空间和驾驶舱布局设计, 以及航电系统的整体集成。

4.3 适应航电系统架构和网络架构的 CNS 系统设计

随着航电系统技术发展, 航电系统架构由联合式向综合模块化航空电子架构(IMA)^[6]方向发展, 同时, AFDX 在航电系统中得到广泛应用, 航电系统采用 AFDX 网络实现系统间大容量的高速数据交换。为适应 IMA 架构和 AFDX 技术发展, CNS 系统在进行架构设计时, 应考虑基于 IMA 架构和 AFDX 技术的 CNS 系统功能实现。

(1) IMA 架构下资源需求和应用

IMA 架构下, 航电系统许多功能软件都被集成到 IMA 模块中完成, CNS 系统调谐控制软和通信管理功能软件、TAWS 功能等可以通过驻留在 IMA 中的软件来实现, 这些应用程序的资源分配和维护应服从整个航电系统 IMA 资源分配和维护的统一要求。

(2) 网络方面

CNS 系统设备多达几十种, 大部分设备数据通过接口转换后接入 AFDX 网络, CNS 系统应根据航电系统整体网络规划, 规划 CNS 系统及设备网络连接、虚链路资源规划等关键配置, 估计 CNS 系统需要占用的 AFDX 网络的资源。

4.4 CNS 系统电磁兼容设计

CNS 系统电磁兼容设计应从以下 4 个方面进行。

(1) 电磁兼容仿真预测

通过建立 CNS 系统的电磁兼容仿真预测模型, 预测系统的各项电磁兼容指标以及各设备间的电磁兼容裕度, 仿真系统中可能有的干扰源、敏感设备、耦合途径以及耦合情况等, 将仿真数据作为电磁兼容指标分解的基础数据。

(2) 天线布局优化

综合考虑 CNS 系统各功能子系统对天线的功能、工作方式、工作频率、覆盖空域、极化形式、安装位置等因素的要求, 对 CNS 系统内的天线进行一体化优化布局设计, 最大程度地增大各类天线之间的隔离度, 减少各系统之间电磁干扰。

(3) 电磁兼容指标分解

对 CNS 系统的电磁兼容进行评估、指标量化分配和优化设计。在辐射设备和敏感设备之间分解出发射功率、发射带外衰减、接收灵敏度、敏感设备的安全裕度等参数, 对 CNS 系统电磁性能进行综合设计, 将系统可能出现的电磁兼容问题解决在系统设计阶段。

(4) 频率管理

民用飞机电磁频谱复杂, 对工作在相同频段或相邻频段的 CNS 系统设备, 根据任务需求, 从系统顶层进行保证系统正常运行的频率管理, 手段包括频率选择/避让、系统消隐/闭锁、设备分时工作控制等。

4.5 CNS 系统集成验证设计

民用飞机 CNS 系统的研制贯穿了从用户需求捕捉、应用需求分析、系统开发、系统集成验证、适航取证直到最终交付用户的全过程, 在这个过程中, 需要进行一系列的试验以确保系统研制满足用户需求, 在进行 CNS 系统一体化设计时, 应充分考虑并设计如何进行这些试验。这些试验主要包括:

(1) 试验室试验: 包括开发试验、系统集成试验、系统确认试验、验收试验、可靠性试验、服务支持试验等;

(2) 机上地面试验: 试验原理和试验室试验一样, 不同的是, 所有 CNS 系统设备均安装在飞机上, 在真实飞机航电系统环境和电磁环境下进行 CNS 系统功能和性能的测试;

(3) 飞行试验: 飞机在飞行的过程中对 CNS 系统在各种模态下的功能、性能进行试验;

(4)鉴定试验:全面评估 CNS 系统能否满足可靠性、安全性和环境适应性设计和各项性能指标的要求。

5 结束语

近 50 年来,航空电子系统的技术水平已经有了很大的发展,航空电子系统及其设备从单一的独立设备向综合化和模块化方向发展,与此相适应,机载 CNS 系统设备功能和体系架构也逐步走向综合化。机载通信、导航、监视各个系统之间关系密切、相辅相成,CNS 系统在综合管理和调谐控制、信息共享、系统间功能协调、音频数据处理和音频控制、频谱资源综合考虑、全机天线布局等方面显得越来越重要,一体化的设计和集成是 CNS 系统架构技术发展的必然趋势。

参考文献:

[1] Kerczewski J R. CNS Architectures and Systems Research and Development for the National Airspace System [C]// Proceedings of 2004 IEEE Aerospace Conference. Montana, USA: IEEE,2004:1636 – 1643.

[2] 刘天华. 民用飞机数据链通信管理技术[J],电讯技术,2010,50(5):84 – 88.
LIU Tian – hua. Datalink and Communication Management Technology of Civil Aircraft[J]. Telecommunication Engineering, 2010,50(5): 110 – 114. (in Chinese)

[3] 周其焕. 空中慧眼:ADS – B [J]. 中国民用航空,2001,50(5): 62 – 64.
ZHOU Qi – huan. Air clear sight: ADS – B [J]. China Civil Aviation, 2001,50(10):62 – 64. (in Chinese)

[4] ARINC Report 660A, CNS/ATM Avionics, Functional Allocation and Recommended Architectures[S].

[5] ARINC Specification 664P1 – 1, Aircraft Data Network Part 1 – Systems Concepts and Overview[S].

[6] ARINC Specification 653 – 2, Avionics Application Software Standard Interface Part 1 – Required Services[S].

作者简介:

刘天华(1974 –),女,四川会理人,硕士,工程师,主要研究方向:机载 CNS 系统集成和数据链技术。

LIU Tian – hua was born in Huili, Sichuan Province, in 1974. She is now an engineer with the M.S. degree. Her research interests include onboard radio communication, navigation and surveillance (CNS) system integration and datalink technology.

Email: liuth@cetca.net.cn