

机载信息系统的应用研究 及发展趋势初探

Application Research and Trend Preliminary Prediction about On-board Information System

曹全新 / Cao Quanxin

(上海飞机设计研究院, 201210 上海)

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

摘要:

介绍了机载信息系统的技术现状,在民机上的不同应用架构及各种架构所具有的特点。从市场定位、新老机型应用、技术融合程度、人机工效等方面对机载信息系统的应用进行了研究,并根据机载系统产品发展的一般规律,对未来机载信息系统的发展趋势进行了初步预测。

关键词:机载信息系统;电子飞行包;安全网关;空地实时通信;机场无线

中图分类号:V247

文献标识码:A

[Abstract] The paper describes the current technology and different application architectures on some civil airplanes about on-board information system, including the different characteristics of each architecture. The paper also studies the different solutions from the following factors: custom objective, mature aircraft vs. on-going aircraft, separate LRU architecture vs. integrated architecture, human-machine efficacy factor and so on. And based on the general philosophy of on-board system development, the paper gives the preliminary prediction for future architecture about on-board information system.

[Key words] On-board Information System; Electronic Flight Bag; Security Gateway; Air-ground Real Communication System; Airport Wireless.

0 引言

机载信息系统主要是为了满足飞机信息化发展的需要,依托当今飞速发展的信息化技术,提高飞行机组、地勤人员的工作效率,降低劳动强度,优化航线运营,提高飞机的经济性和舒适性,从而建立起高效、丰富的信息通路,为实现机场以及飞机的信息化提供技术保障。

根据美国空中运输协会的分类标准,机载信息系统包含飞机通用信息系统、驾驶舱信息系统、维护信息系统、旅客客舱信息系统、其他信息系统。飞机通用信息系统主要是为本系统提供信息转换、信息传输、信息安全认证、信息储存、第三方软件驻留、基于网络的驾驶舱打印服务等;驾驶舱信息系统主要为飞行机组提供显示、控制及应用服务(电

子航图、机组操作手册、机组维修手册等文件服务、飞机性能计算、在线气象、电子日志等);维护信息系统主要为维护系统、记录系统提供应用驻留、信息安全快速传输的服务平台;旅客客舱信息系统主要为客舱系统的乘务员及旅客提供信息定制服务、所需其他系统的图像、参数信息等;其他信息系统主要包括滑行监视系统、起落架监视系统、客舱监视系统、货仓监视系统等新的信息系统应用。

1 机载信息系统的历史

机载信息系统起源于电子飞行包技术。起初为了满足“无纸化驾驶舱”的需求,最早的应用主要是将原有的纸质飞行包转换为电子文档的飞行包,安装在便携式的计算机里,与飞机之间不产生任何的信息交互,这时称为第一代电子飞行包系统。随

随着电子飞行包内大量新应用的产生,电子飞行包与飞机其他之间产生了交换数据的需要,诞生了第二代电子飞行包系统,第二代电子飞行包由于实际需要其实现形式发生了异构,出现了 SMART 类电子飞行包和坞站式的电子飞行包。

机载信息系统的一个方向是扩展电子飞行包系统的应用。随着移动航图、门到门服务等的应用,信息系统要求与飞机系统的信息交互实时性越来越高,传统的基于非实时操作系统的架构已不能适应新的应用要求,这些功能的软、硬件平台必须基于实时操作系统才能保证其安全性,其实现架构主要有以下两种:一类为独立的三类电子飞行包,独立的 LRU 专门提供电子飞行包的应用,软硬件结合紧密;另一类为综合化的系统平台,电子飞行包软件驻留在具有实时操作系统的通用模块中,其驻留的平台可以是航电核心系统平台,也可以是通用信息处理计算机平台,但是这两种平台都是基于模块化架构设计的,差异仅在于硬件的安全等级高低不同。

机载信息系统的另一个方向是与机载维护系统、记录系统的融合。由于机载维护系统和飞行记录系统的功能扩展需要,且为了降低这 2 个系统的研制成本,逐步将其驻留在通用信息处理计算机平台中。同时,在这个领域 NASA 根据过去 17 年飞机事故的发生概率,将发展航空器综合健康管理系统(简称 IVHM)作为下一步降低非操作相关的灾难或事故的主要手段。包括:系统或设备发生失效或故障,结冰、风切变或雷暴等引起的飞行器失去控制,这些失去控制引起的原因有 26% 的事故可以通过 IVHM 的实施得以解决。目前,空客的 AIRMAN 地面支持系统,波音的 AHM 地面支持系统,GE 的发动机状态监控地面支持系统,都是通过对视情维护航线可更换单元的普遍规律和原理的分析,通过典型的性能趋势监控功能增强,逐步提高视情维护提前量,做到提前预防,降低飞机的故障率。另外,经过这些年的积累,依据民航各航空公司的数据收集、整理和分析,以及部件趋势的维护方法的经验数据,许多零部件维护的状态模型得以建立。IVHM 的大量实施对提高民机的安全飞行和经济运行有着重大的推动作用。随着机载信息系统与维护系统、记录系统的融合,飞机的状态监测数据可以通过无线的方式快速高效地分发到用户手中。

机载信息系统本身的功能也在不断扩展,随着

图像处理技术的发展和应用,产生了众多的视频监视领域的应用,如驾驶舱门监视、滑行监视、客舱监视、货仓监视、下风景监视等。所有的这些应用都增强了飞行员对飞机多个区域的态势感知能力,提高了飞行安全性。

出于飞机减重、减耗以及提高系统的可靠性、维护性,提高资源利用率,降低研发费用的需要,信息系统、维护系统、记录系统在当前的技术应用中都进行了不同程度的综合。

由于与机载信息系统交联的系统大量使用 ARINC664 Part7 总线,并且与地面支持系统通过 Wi-Fi 或 3G 进行无线通信,这又暴露出新的问题即网络安全隐患,因此,在机载信息系统的研制中应把安全网关的设计和审查放在重要的位置。并且,都不同程度地驻留了信息、维护、记录的功能软件,这样渐渐地就形成了综合的机载信息系统架构的一般模式,如图 1 所示。

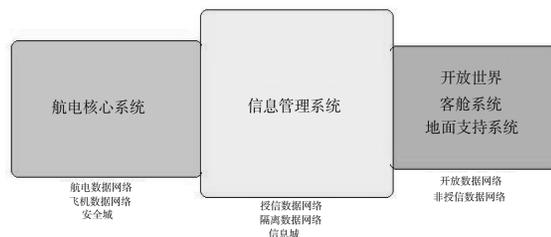


图 1 机载信息系统在飞机网络安全域的划分

并且在每个域都和地面相应的服务网络产生了信息交互,如图 2 所示。

从图 2 可以看出,美国联邦航空局和欧洲联合航空局在审查机载信息系统时将机载信息系统的网络安全放在非常重要的位置,在实现“信息化、电子化”的同时其首要目标是防止传统的飞机安全域受到外界侵害,机载信息系统划定在授信域,是开放域与安全域之间的桥梁,三个网络域的优先级以及安全防护要求是不同的。基于以上的架构和设计理念,机载信息系统在新研制飞机上的应用主要是强化以机载信息系统通用处理平台为核心,电子飞行包、网络打印机、视频监视、维护信息系统、记录系统等的应用都是基于该平台进行扩展应用,大大地提高信息的共享和网络安全性,其综合化的信息系统架构如图 3 所示。

目前航空公司基于已经投入航线运营的飞机出于改装的需要进行了积极的局部应用改装,如波音 737,波音 747, A320, A340 等;另外一批新研的飞机则是从机载信息系统整个系统级的高度进行了大

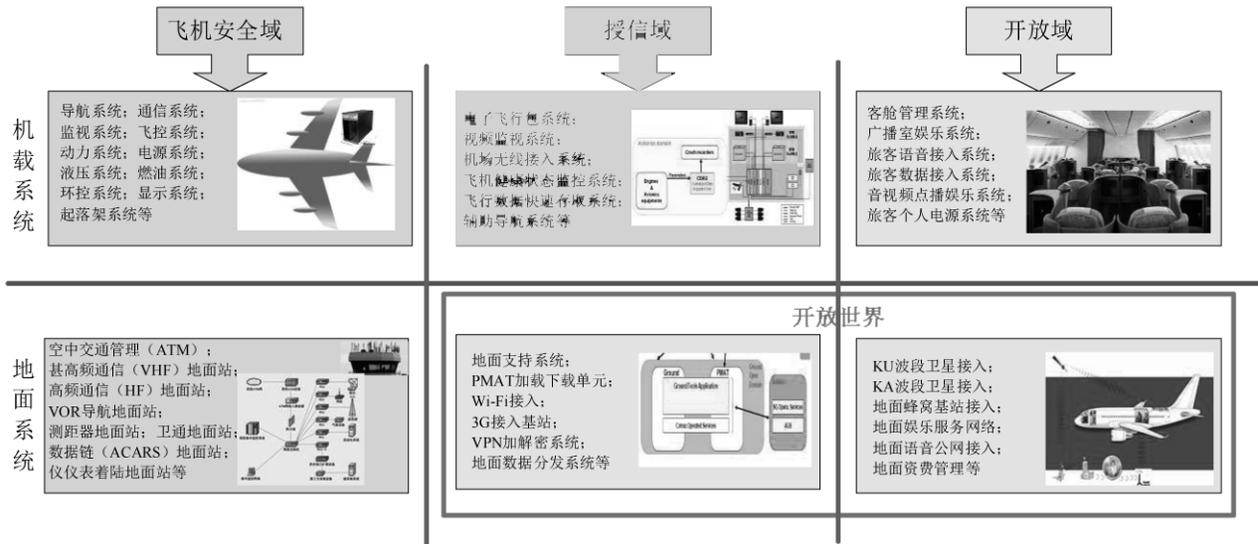


图2 航电域、信息域、开放域之间的关系

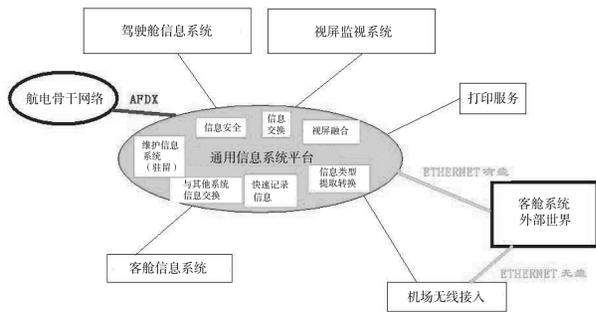


图3 综合化机载信息系统架构示意图

胆的尝试和应用,如波音 787、A380、A350 等。

2 机载信息系统的几种主流设计方案

随着机载信息系统的广泛应用,适航取证问题

显现出来。由于该系统是新兴的系统,FAA 仅制定了电子飞行包的咨询通报 AC120-76,因此除了电子飞行包外,机场无线接入、视频监控、安全网关等还没有专用的适航规章。但是在波音、空客最近的几个机型机载信息系统取证中,FAA 和 EASA 都是遵循上述描述的 3 域划分来进行适航审查的,并且重点放在机载信息系统网络安全的认证上。

当今的机载信息系统提供的功能,根据市场需要可以有多种架构和思路,主要有以下几种方案。

(1) 提供电子飞行包,仅为信息系统提供有线与无线上下载,驾驶舱门监控,如图 4 所示。

(2) 扩展增加简单的安全网关功能(硬件提供单向数据过滤),允许信息系统与航电系统进行基于 IP 的数据交换,如图 5 所示。

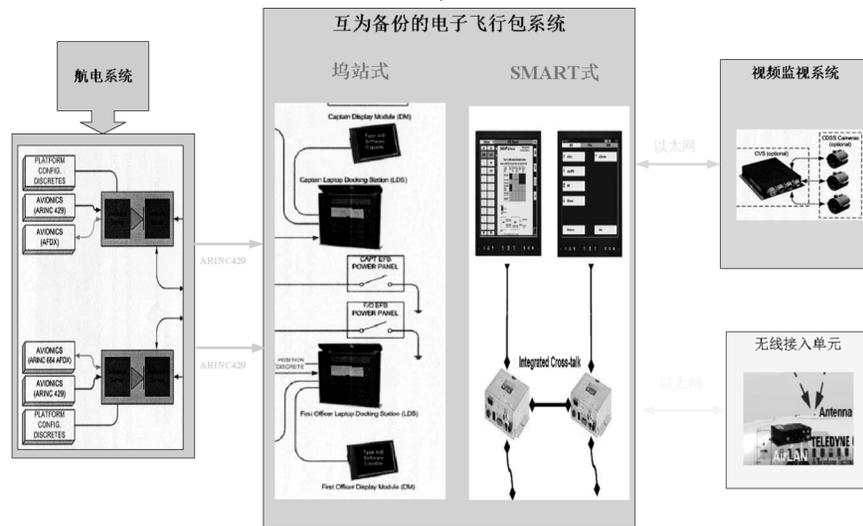


图4 方案一:简单的信息系统实现

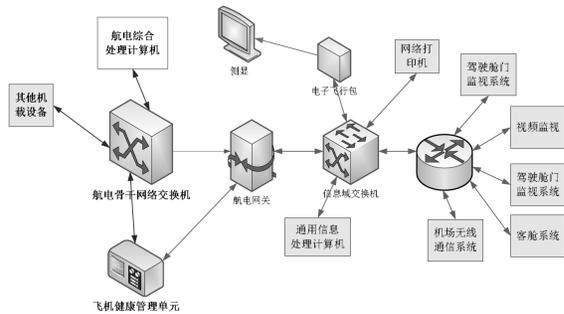


图5 方案二:兼容现行设备的机载信息系统实现

(3)扩展无线上载,信息系统服务器,强大的安全网关(增加数字认证、包过滤、防火墙、加密解密功能),视频转换及视频融合,如图6所示。

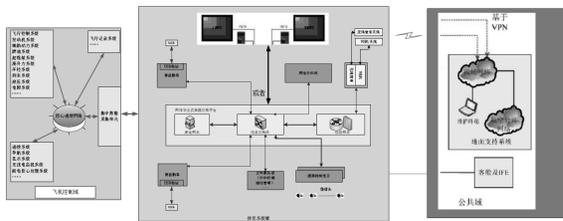


图6 方案三:先进的机载信息系统实现方案

3 机载信息系统应用初探

机载信息系统在改装飞机上改装,其无论是驾驶舱的布局还是电缆的敷设,各交联系统的软、硬件等都是成熟产品,不易做大的改动,因此机载信息系统与飞机的信息交换很少,并且采取点对点单向信号传输的总线,如 ARINC429 总线,以简化系统的实现架构。其次,根据驾驶舱的布局,安装侧显都是为适应已经安装的设备而找空闲的位置安装,尤其是侧杆操纵对侧显的安装影响较大。另外,在改装飞机上机载信息系统的应用也主要集中在电子飞行包和视频监视上,即使有其它应用,如实时维护系统、机场无线接入等也都是各自独立的系统,并没有进行综合化的设计和应用。

而在新研制飞机上,如果还是按照改装飞机的设计思路设计,对于新研飞机来说是非常不适宜的。因此,新研制的飞机应该从开始就进行总体规划,并符合该飞机未来至少 10 年的市场定位。已经定型或在研的新一代飞机,如波音 787、A380、A350,都是从新研飞机总的高度对机载信息系统的实现架构进行了定位。这些新机型的机载信息系统在网络共享、硬件平台共享、驾驶舱显示共享、人机交互信息的融合等方面都进行了不同程度的综合。尤其是 A350,空客充分考虑了驾驶舱人机工效、机

载信息系统与机载维护系统的融合、机载信息系统与记录系统的融合、航空公司第三方软件的扩展应用、机载信息系统与地面支持系统的融合等方面,确定了新一代的机载信息系统架构,代表了侧杆操纵飞机最新的机载信息系统设计水平。而且,空客已经确定将在未来的新一代飞机上全面推行该架构。

4 对机载信息系统的研制建议

波音、空客已经销售给航空公司的早期飞机,并没有从设计之初就从全机的角度考虑机载信息系统的设计,部分根据航空公司的需要进行了改装。就中国民机所处的竞争环境以及将要面对的市场需求,并且在该阶段研制中国自主知识产权的机载信息系统,笔者认为机载信息系统应发挥后发优势,需重点考虑以下几个方面进行研制:

(1)按照航电域、信息域、开放域的观点来设计机载信息系统;

(2)大胆采用二类电子飞行包与通用信息平台结合的技术,开发既灵活又节省成本的机载信息系统;

(3)强化安全网关设计,通过多级来实现安全网关,航电网关、安全路由、信息网关,通过三级安全在不同的协议层进行层层防护,打造强有力的机载信息系统“心脏”;

(4)在系统设计上无论硬件还是软件采用模块化的设计,为故障隔离,系统的扩展,系统内部的安全以及开发分工等提供便利;

(5)通过网络的异构,产品实现上的方法设计等手段降低各设备的功能异常危害性,结合 FHA 进行分析,解开耦合环节的深度,以利于产品设计,并提高机载信息系统的飞机级安全;

(6)基于目前全球供应商的产品,尤其与信息系统关联密切的机载维护系统、记录系统、通信系统、航电核心处理系统等,在充分结合相交联系统的特点基础上,设计出适应不同机型的机载信息系统;

(7)结合主制造商在某些领域的优势,如飞机总体的优势,有选择地进行核心技术突破;

(8)在机载信息系统设计的同时,兼顾地面支持系统的设计(空客有 Airman 系统、波音有 AHM 系统、GE 有发动机地面管理系统),以使机载信息系统的功能得到充分利用。

5 机载信息系统技术发展初探

机载信息系统是随着信息化技术以及电子软、硬件技术发展而来的新兴系统,代表着飞机新的应用需求。同时,民用飞机的机载电子设备和总线自上世纪50年代开始经历了几个阶段的明显变革,美国航空无线电公司(ARINC)在航空公司电子工程委员会的支持下,经过近70年的发展,经历了如表1所示的演进。从演进过程可以看出,航空电子设备正在向着综合结构和网络化方向发展。

表1 航空电子设备研制规范演进过程

机载电子设备	分离式	联合式	综合式	分布式
	低速		高速	
ARINC 标准	ARINC - 400 系列	ARINC - 600 系列	ARINC - 800 系列	
	ARINC - 500 系列	ARINC - 700 系列	ARINC - 900 系列	
时间	19 世纪 50 到 70 年代		80 和 90 年代	21 世纪

机载信息系统是个新兴的系统,主要从飞机架构上对机载系统的研制提出了新理念,将机载系统划分为高安全等级的系统(DAL A,B,C)和一般安全等级的系统(DAL D,E),从而为飞机的系统综合规划出更加清晰的道路。如机载维护系统会驻留在机载信息系统的服务平台内,快速记录系统也不再使用CF卡,直接记录在信息系统的大容量存储器里,并通过空地

(上接第41页)

(3)电磁环境仿真平台。一是建立典型电磁环境模型:开发电磁环境模拟系统,模拟符合DO160要求的电磁兼容/电磁干扰、闪电、高强辐射等数字仿真的电磁环境。二是进行电磁环境分析与计算:计算电磁环境噪声电平、频段占用度、时间占用度、空间覆盖率、功率通量密度、信号强度、信号类型、频谱密度、干扰场强、脉冲流密度、信号密度等电磁分布特征。三是分析并检验机载设备电磁效应:根据机载设备的安装位置和周边设备情况,模拟机载设备所处的电磁环境或突发事件,给出电磁分布特征,验证机载设备的环境适应能力,提供机载设备电磁环境适航符合性验证结论。

5 结论

本文根据机载设备电磁环境适航符合性验证要求,研究了适航符合性电磁环境构建的一般方法,重点研究了电磁环境适航符合性验证数字仿真系统的构建方法,构建了具有适航符合性审查流程模拟、适航符合性要求确认和适航符合性验证等数字仿真功能的电磁环境适航符合性数字仿真系统。该系统能

无线以及机场无线网络自动下载到机场信息网络中心,数据加载与构型管理也可以通过网络的安全机制实现无线加载,通过机载信息系统大量地实现飞机与地面的IP通信,提高飞机的数据通讯能力。

另外机载信息系统新的应用也不断地涌现,移动航图、机场门到门导航的需要、甚至机场信息化的需要、“无纸化驾驶舱”的需要及机载系统“E化”的需要等都必将进一步激发机载信息系统新的功能不断被开发出来。为了改进驾驶舱的人机工效设计,电子飞行包的显示逐步需要和下显结合起来统一进行考虑和任务分工。

另外也可以大胆地预测,随着空地无线宽带通信新技术在机载信息系统的应用以及普及,传统的航线管理及航线运营维护也可能和机载信息系统进行进一步的融合,并改进系统设计或产生新的应用,从而提高民航运营水平、维护工作效率和旅客服务水平。

参考文献:

- [1]曹全新.新一代民机航电系统初探[J].民用飞机设计与研究,2010,1:1-4.
- [2]Cheryl L. Allen 等. Integrated Vehicle Health Management Technical Plan Summary[EB/OL]. NASA,2007:7-10.

合理确定机载设备电磁环境性能指标要求,将机载设备电磁环境影响风险前移到设计阶段,对提高机载设备质量水平、降低研制风险和提高适航性审查效率均具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1]舒小华,周燕佩.航空器闪电与高强辐射防护的适航审定[J].民用飞机设计与研究,2010,1:45-47.
- [2]RTCA DO-160E. Environment Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment. RTCA Inc., 2004,9.
- [3]崔积丰,田益明,韩伟.电子装备试验电磁环境构建方法[J].电子信息对抗技术,2012,27(1):60-64.
- [4]李莉,孙振华,李立伟,单月辉.装备定型试验中复杂电磁环境研究[J].装备指挥学院学报,2009,20(2):73-76.
- [5]翁干飞,华祖耀,田新华.电磁环境仿真研究[J].计算机仿真,2002,19(5):107-110.
- [6]洪丽娜,狄东宁,王华兵,董俊.空战场全数字模拟电磁环境表示方法[J].航空电子对抗,2013,29(1):35-38.
- [7]马永辉,张攻文,张元发.电磁环境模拟仿真系统研究与实现[J].福建电脑,2012,2:119-120.
- [8]胡剑波.适航性讲义[M].西安:空军工程大学,2013.