

综合模块化航空电子系统标准述评

Remarks on Standards of Integrated Module Avionic System

丁全心^{1,2}

(1. 光电控制技术重点实验室, 河南 洛阳 471009;

2. 中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳 471009)



丁全心

中航工业洛阳电光设备研究所总工程师, 博士, 博士生导师, 享受国务院政府特殊津贴, 长期从事机载火控系统、光电系统设计及仿真研究工作, 兼任中国人民解放军总装备部机载系统技术专业组成员、中国航空学会航空武器系统分会副主任委员。

0 概述

综合模块化航空电子系统(IMA)是目前航电系统的发展方向, 美国和欧洲已开始采用有关标准开发新型军机和民机的航电系统, 其有关技术标准也在日臻完善。

进入 20 世纪 80 年代, 随着联合式航空电子系统的出现, 航空电子系统的复杂程度大大提高, 其研发周期、研发费用和保障维护费用日益增加, 成为制约航空电子系统发展的重要瓶颈, 原因如下所述。

1) 可扩展性。在新机航电系统开发阶段, 为了适应将来飞机改装升级的需要, 要求航电系统具有良好的可扩展性, 但在联合式航电系统中, 航电系统的功能扩展和技术升级需要很长的周期和巨大的费用。

综合模块化航空电子系统(IMA)是航电系统的发展方向, 其技术标准对新型军机、民机航电系统开发具有重要指导作用, 阵风、F-22、F-35、A380、B787 等飞机的航电系统均采用了其有关概念和技术。重点评述了 ASAAC 有关系统架构、系统软件、通信/网络、通用功能模块、封装等技术标准, 以及 ARINC 等有关标准。

关键词: 综合模块化航空电子系统; ASAAC; 航电系统标准

中图分类号: V243

文章编号: 1671-637X(2013)06-0001-03

2) 可移植性。联合式航空电子系统的硬件和软件与飞机平台和具体应用密切相关, 缺乏通用性和可移植性, 每种飞机的航电系统很少能够互用, 航电系统开发成本大大增加。

3) COTS 技术应用。为了降低航电系统全寿命周期费用, 期望在航电系统中采用商用货架产品(COTS), 要求航电系统采用开放式系统架构, 而联合式航空电子系统缺少开放性。

4) 提高航电系统能力。未来航电系统的可靠性和可用性要求远远超过联合式航电系统的能力, 需要采用重构/容错等新技术和新架构才能满足这一要求。

为了解决以上矛盾, 20 世纪 90 年代, 北约组织(NATO)专门成立了联合标准航空电子系统结构委员会(Allied Standard Avionics Architecture Council, ASAAC), 该委员会专家主要来自北约国家的 BAE、Smiths、EASA、Dassault、Thales、Thomson 等公司, 主要研究航电体系结构, 形成软件三级模型, 第二阶段从 1999 年 12 月至 2003 年 9 月, 主要研究核心处理架

构, 软件硬件标准等, 形成了 ASAAC 标准体系, 规定了综合模块化航空电子系统的架构、软件、网络、模块和封装的技术基线。

1 ASAAC 标准

ASAAC 标准体系包括了 5 个标准和 1 个系统要求指南, 如图 1 所示。

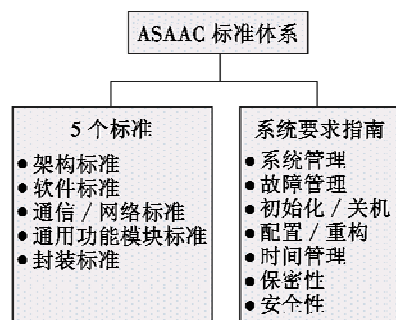


图 1 ASAAC 标准体系

Fig. 1 Standard system of ASAAC

1) 架构标准^[1]。

架构标准分析了 IMA 架构的驱动因素, 提出了 11 个系统结构特征: ①定义一个能够广泛应用的少量模块集合; ②设计可在一线进行更换的模块; ③尽可能提高模块的互用性和互换性; ④采用开放式系统构架; ⑤尽可能使用 COTS 技术; ⑥尽可能使软硬件元素的技术透明

化;⑦使硬件和操作系统升级的影响最小;⑧尽可能提高软件的可重用性和可移植性;⑨定义全面的 BIT 和容错技术以便延期维护;⑩提供高度的物理和功能综合支持;⑪减少重认证,保证性能提升。

架构标准定义了 IMA 核心系统由 1 个或多个集成机架组成,该集成机架包含统一的通信网络和由其互连的标准功能模块,要求 IMA 核心系统使用:分层次软件结构;通用功能模块(功能、结构、外形);统一的通信网络及其协议;层次化系统管理。

2) 软件标准^[2]。

软件标准定义了分层的软件架构,IMA 核心系统中的软件分为应用层、操作子系统和模块支持层,每一层都相互独立,层与层通过标准的接口进行交互,接口服务封装在下一层软件中,如图 2 所示。

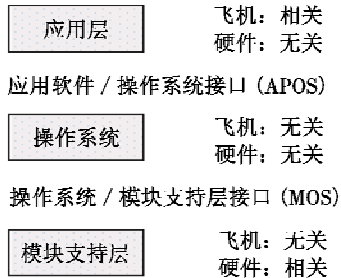


图 2 ASAAC 软件标准结构

Fig. 2 Standard structure of ASAAC software

应用软件驻留在应用层,与具体硬件无关,从而实现了软件的可移植和重用。

3) 通用功能模块标准^[3]。

通用功能模块标准 (CFM) 定义了通用功能模块的功能和基本接口,定义了以下通用功能模块:数据处理模块 (DPM), 信号处理模块 (SPM), 图像处理模块 (GPM), 大容量存储模块 (MMM), 网络支持模块 (NSM) 以及电源转换模块 (PCM)。

标准给出了通用功能模块的逻辑单元组成,见图 3。

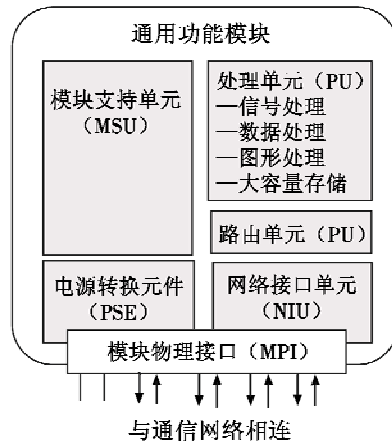


图 3 通用功能模块逻辑单元组成

Fig. 3 Logical unit composition of the common functional modules

4) 通信/网络标准^[4]。

通信/网络标准定义了网络的功能和基本接口,规定了实现具体网络应考虑的因素,但没有规定数据通信网络的拓扑结构、协议和技术,以便于技术透明和尽可能使用商业化成熟产品。标准定义了网络通信由以下接口集合确定:模块支持层与操作系统层 (MOS) 接口,模块逻辑接口 (MLI) 以及模块物理接口 (MPI)。

其中,MOS 接口由软件标准定义,MPI 由封装标准定义,通信/网络标准对 MLI 的网络属性给出了专门描述。

① 模块逻辑接口的网络属性。规定了不依赖于具体网络,在不同 CFM 上网络接口单元间的通信格式、协议、控制及特性。

② 模块逻辑接口的通信属性。通过 MOS 接口,规定了操作系统层的通信管理者之间的数据表示和虚拟链路通信格式。这些通信逻辑属性支持模块和系统初始化、模块资源管理、时间管理和网络管理。

5) 封装标准。

封装标准定义了通用功能模块的外形、尺寸等物理特性和模块物理接口 (MPI),以及集成机架和工作环境建议。

① 互操作性:所有符合封装标准的模块插入机架时都能正常工作。

② 可维护性:所有模块不需要

特殊工具,容易在线拆卸。

③ 环境适应性:模块的冷却、供电、电磁兼容性等环境条件。

模块物理接口 (MPI) 包括:通用功能模块与背板之间的连接器接口、冷却接口和插入拔出装置 (IED)。

2 ASAAC 指南

除上述 5 个标准外,ASAAC 还制定了系统要求指南,其中包括 7 个部分,该指南只提供指导建议,并不是强制性的。

1) 系统管理指南。

系统管理指南定义系统管理由位于系统管理层的应用程序管理 (AM) 和位于操作系统层的通用系统管理 (GSM) 组成,负责系统由加电、起飞、飞行到进场着陆、系统关闭整个阶段的控制管理。

2) 故障管理。

故障管理描述了系统、部件及其组合的故障管理,要求每种故障管理都应评估其覆盖面、准确性、速度、使用资源 (如网络带宽、内存、CPU 时间等),应满足系统对容错、综合测试和维护的要求,给出了系统故障的处理策略和流程。

3) 系统初始化和关机。

系统初始化和关机描述了相关的内容及流程。系统初始化包括:初始配置初始化、通用功能模块初始化和系统管理级初始化。系统关机包括:关闭系统管理、通用模块断电和平台断电。

4) 系统配置和重构。

系统配置和重构给出了各种情况下 (如任务模式变化,系统故障等),系统功能的配置和重构流程。要求在下列情况下,系统能够进行配置和重构:系统模式变化、故障管理、地面人员的测试维护以及系统初始化和关机。

5) 时间管理。

时间管理分析了 IMA 系统需要分布式时间管理的需求,建议了几

种系统时间统一的策略,包括绝对全球时间(AGT)、绝对本地时间(ALT)和相对本地时间(RLT)。

6) 保密性。

保密性部分阐述了 IMA 系统保密的范围,主要限于 IMA 核心系统的数据隔离,并不包括飞机外的通信安全。介绍了几种在 IMA 中应用的信息安全机制,建议了信息安全的处理策略和流程。

7) 安全性。

安全性部分要求:系统安全性在设计初期就必须考虑,与设计同步进行,而不是后来另外加上去的;开发一个满足安全要求的系统,需要有专门的工作流程支持,如 DO-254 和 DO-178B;需要对残留的风险进行管理。

3 ARINC 标准

ARINC (Aeronautical Radio Incorporated) 也为综合模块化航电系统制定了一系列标准,这些标准与 ASAAC 标准互为补充,对指导 IMA 开发具有重要作用。

1) ARINC651《综合模块化航空电子设备指南》。

ARINC651 为 IMA 的顶层设计指南,涵盖了系统软硬件设计的认证要求,侧重于 IMA 设计原理的经验描述,介绍了一些设计方法和设计实例。

2) ARINC653《航空电子应用软件标准接口》。

ARINC653 定义了标准的应用程序接口(API)和系统服务,把应用程序和操作系统隔离,通过时间分区、空间分区实现不同的应用隔离,从而实现软件的可移植性、可重用性、高可靠性和高安全性。

3) ARINC664 Part7《航空电子全双工交换式以太网(AFDX)》。

ARINC664 Part7 规定了 AFDX 网络体系结构、性能和互操作性。定义了虚拟链路、带宽分配、冗余管理、流量管制和路由配置。AFDX 是专用于航空电子网络互联的确定性网络,ARINC664 Part7 规定了其实时性的性能保证机制。AFDX 已成功应用于 A380 的综合模块化航电系统中。

4) ARINC650 等。

ARINC650《综合模块化航空电子系统封装与接口》规定了 IMA 机架尺寸、模块封装和接口要求。ARINC652《软件管理》规定了 IMA 软件更新维护要求。

4 其他相关标准

1) SAE AS4893《通用开放式体系架构(GOA)》。

ASAAC 架构标准中提出,IMA 系统结构特征之一就是采用开放式系统架构,主要参考了 SAEAS 4893。SAEAS 4893 定义了开放式系统结构模型和 2 类 9 种接口模型,它借鉴了 ISO 7498《信息处理系统开放系统互连基本参考模型》的开放式系统分层思想,将开放式系统分为应用软件层、系统服务层、资源存取服务层和物理资源层 4 层。

2) 光纤通道(FC)标准簇。

FC 目前已形成一个庞大的网络协议簇,在军用航空电子领域,有专门的光纤通道——航空电子环境(FC-AE;Fiber Channel,Avionics Environment)标准簇。FC-AE 目前定义了 5 种传输协议:

① 基于 1553 协议的上层映射 FC-AE-1553;

② 基于远程直接访问的上层映射 FC-AE-RDMA;

③ 基于虚拟接口的上层映射

FC-AE-VI;

④ 基于光纤通道轻量协议的上层映射 FC-AE-FCPLP;

⑤ 基于匿名订户消息的上层映射 FC-AE-ASM。

目前在军用航空电子网络协议中应用最为广泛的是 FC-AE-1553 和 FC-AE-ASM。FC 网络目前主要用在军机 IMA 航电系统中,由于光纤的易损性,在极度重视安全的民航飞机 IMA 核心系统中并未应用。

另外还有基于光纤通道-音视频传输协议(FC-AV)而制定的 ARINC818(航空电子数字视频总线,ADVB),专门应用于航电系统中单路/多路的高性能视频传输,在军机和民航航电系统中已开始应用。

5 小结

ASAAC 是目前综合模块化航空电子系统最重要的技术标准,对现代军机、民航航电系统的发展具有深刻影响,阵风、F-22、F-35 等航电系统均采用了有关概念和技术,ARINC 标准主要应用在民航航电系统中,在 A380 和 B787 中获得了应用,这些标准的应用对降低航电系统全寿命周期费用、提高航电系统能力具有重要作用。

参考文献

- [1] Final draft of proposed standards for software STANAG 4626 Part I: Architecture[S].
- [2] 熊华钢,王中华.先进航空电子技术[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [3] Final draft of proposed standards for common function modules[S].
- [4] Final draft of proposed standards for communication/networks[S].

Abstract: Integrated Module Avionics (IMA) is the development direction of the avionic system, and its technical standards have great significance on guiding the development of avionic systems onboard new types of military and civil aircrafts. Some concepts and technologies of it have been used in the avionic systems of Rafale, F-22, F-35, A380 and B787. In this paper, the technical standards of Allied Standard Avionics Architecture Council (ASAAC) on system architecture, system software, communication/network, common functional module and packaging, and the relevant standard of ARINC are discussed.

Key words: Integrated Module Avionics(IMA); ASAAC; standard on avionic system