

民机综合模块化航空电子系统及其发展

Development of Integrated Modular Avionics for Civil Aircraft

中国航空综合技术研究所 李军生
中航航空电子系统有限责任公司 李京生



李军生

硕士,毕业于南京航空航天大学经管学院,在中国航空综合技术研究所长期从事航空工程技术基础推广工作,对民用航空技术发展具有丰富的经验。

随着世界民用航空工业的高速发展,民用飞机航空电子新技术和新系统层出不穷。通过采用先进的航空电子技术,可以提高飞行员对飞行环境的态势感知能力,进而增强飞机在复杂气象条件下的飞行能力,满足民用飞机更安全、更舒适、更高效和更经济的需求。所以航空电子技术

随着世界民用航空工业的高速发展,民用飞机航空电子新技术和新系统层出不穷。通过采用先进的航空电子技术,可以提高飞行员对飞行环境的态势感知能力,进而增强飞机在复杂气象条件下的飞行能力,满足民用飞机更安全、更舒适、更高效和更经济的需求。

在民用飞机技术谱系中占有重要地位。

为了满足市场的需求及日益激烈的竞争,民用飞机制造商们不得不进一步缩短型号研制周期、降低研发成本并减轻新研飞机的重量与功耗。航空电子系统技术也在这样的需求牵引下不断发展,从20世纪60年代模拟式航空电子系统到90年代的先进数字航空电子系统采用的联合式系统结构航空电子,演化为20世纪90年代出现的综合模块化航空电子系统(IMA)。这种综合模块化航空电子系统结构,成为飞机制造商通过优化航空电子系统设计从而降低飞机重量、减少功耗的有效方法。模块化航空电子系统,即以外场可更换模块

(LRM)为基本系统单元的集成式航空电子系统,又可以分为3个主要形式:

第一种是主要采用了模块化综合航空电子系统设计技术,由机架集成商提供功能软件,将传统的外场可更换单元(Line Replaceable Unit, LRU)通过小型化设计使其成为外场可更换模块(Line Replaced Module, LRM),在同一机柜内实现模块间的综合,采用专用的底板总线,封闭的机架和机箱结构。典型代表是波音777的飞机信息综合管理系统。

第二种主要采用模块化综合航空电子系统结构,由机架集成商和专业模块供应商提供功能软件,并进行

部分功能综合,采用专用底板总线和部分开放式机架/机箱结构,实现了物理综合和部分功能综合,具有企业专利保护的“封闭性”。其典型代表有霍尼韦尔的 Primus Epic 系统,柯林斯公司的 Proline21 系列等。

第三种航空电子系统采用开放式体系架构以及统一的机载数据网络交换技术, I/O 统一布局和综合信息管理,系统资源高度共享,实现物理综合和功能综合,具有“开放式”的特点。典型代表有 GE 公司为波音 787 研发的 IMA 平台以及泰勒斯公司为 A380 研发的 IMA 综合模块化航空电子系统(Integrated Modular Avionics, IMA)。A380 和波音 787 飞机是当今世界上最先进的大型客机,它们采用的模块化综合航空电子技术体现了当今世界大型民用飞机航空电子技术的先进水平和发展趋势。

综合模块化航空电子系统的主要特点

综合模块化航空电子系统主要由综合模块化航电平台和集成于平台之上的功能系统组成。综合模块化计算平台是一个通用的计算平台,能够驻留一个或多个飞机功能或应用,其关键特性为,平台资源可由多个应用共享资源,通过利用分区和平台提供能力。当需要时,综合模块化平台能够提供共享资源的健壮分区隔离的特性,能确保应用系统获得共享的平台资源,且这些资源是受到保护的。为了支持驻留的应用系统对资源的需求,综合模块化平台的资源需要可配置。

综合模块化计算平台由一组硬件模块和核心软件组成,它本身并不提供任何的飞机功能,只是建立了一个计算环境并与平台相关的能力,如健康监控和故障管理等。核心软件是平台必需的组件,主要是管理资源的操作系统和支持软件,以提

供一种能够执行应用的环境,通常有一个或多个模块组件组成。资源(Resource)指由综合模块化计算平台或应用使用的任何对象,可以是软件、硬件或软件组件。资源可以由多个应用共享也可以有特定的应用专用,这些资源是可以综合、可重用的、可互操作的硬件和软件资源。

综合模块化航空电子系统的优势

采用综合模块化航空电子系统可对整个系统计算资源进行优化和动态调配,从而减少航空电子功能资源的总需求并且有助于未来航空电子系统新功能的增加。采用综合模块化航空电子结构可以保留系统备用资源库,这个备用资源库能被分配给任何正在共享资源的驻留功能,使得航电系统综合者能动态地为未来

资源的总需求,也便于支持新增的航空电子系统功能。

采用综合模块化计算平台的航电系统,可以减低航电系统设备的重量与功耗。由于共享了计算资源,可以将原来联合式航电系统的各种电路被一个通用的综合模块化计算平台所取代,从而减少了飞机的重量和功耗。

这种综合模块化系统综合促成了航电系统研发工作模式的改变,使得项目周期减低、费用减少和研制风险降低。特别是航空电子各系统功能的开发者们可专注于开发航电功能,而不必将资源浪费在开发机载计算机、操作系统的工作上。在这种环境下,航电功能开发者还可利用通用处理器研究驻留功能软件的开发,不仅减少了航电功能系统的研发负担,而且减少了相应的验证工作,由此降



波音787驾驶舱的航电系统

特定的驻留功能增加或减少资源分配,或在不增加新的计算资源的情况下增加新的驻留功能。总之,与联合式航空电子系统结构下同等的总资源相比较,采用综合模块化系统架构航空电子系统的资源库所具备的灵活性可使资源得到更有效的应用,不仅减少了航空电子系统功能实现对

低开发费用和缩短设计周期。

综合模块化航电计算平台的“开放”性结构可以提高航电系统开发效率和市场竞争能力。因为综合模块化航电应用了“开放式”系统接口,这种接口规范是公开的、非专利的,易于被航空工业界所获取与接受;它通过利用行业开放式标准和可移



植的综合模块化计算平台元件的经验,研发成本可以分摊到多种应用开发中去;开放式系统接口还提供了一种使多个研发机构能并行工作的环境,从而实现了全面降低开发费用和缩短上市时间,进一步提高了航电系统开发效率。由于综合模块化航电系统的元件比全套硬件/软件设备包有更小的粒度,开放式的综合模块化航电系统标准创造了穿越飞机各种电子设备的应用软件的可移植性和行业竞争的行业环境,使一些小规模企业能在一个低于联合式航电系统层次的、产品或组件级水平参与到飞机航电设备市场行列中。开放式系统综合模块化航电开创了一个航空电子的新纪元,它降低了市场准入的投资壁垒,为崭新的市场竞争铺平了道路。

从联合式航电进化到综合模块化航电的必要条件

尽管综合模块化航空电子比联合式航电具有无比的优势,但由于其技术的革命性以及对其生产关系带来的巨大影响,航空电子系统研发的实践者在实施综合模块化航电之前必须做好以下4个方面工作。

1 系统级综合工具和过程

因为采用综合模块化结构的航

空电子系统具有比联合式结构更高层次的综合,这种综合程度为其系统综合者增加了额外的综合责任,要求系统综合者必须要能对综合工具和过程负有主要责任。系统接口定义是综合模块化航电综合者的一个重要责任,重点是应该对用于管理ICD复杂性的工具和过程有充分的把握;资源分配过程是其第二个重要责任,这种分配过程需要系统综合者先对驻留功能的初始分配进行协商,这需要一套可靠的对系统的使用和性能进行分析的方法;系统配置是其第三个重要责任,综合模块化航电结构要求使用稳健的工具来将资源分配模型转变成加载到各系统组件中的可加载配置数据项。

同时,穿越全部驻留功能的系统级综合过程是实现综合模块化航电的一个关键环节。如GE公司为波音787综合模块化航电系统研发了通用核心系统(CCS),具有综合100个功能的能力。由于这些驻留在综合模块化计算平台上的功能系统由20多家独立的供应商提供,所以必须建立跨多个组织的机构和分层分级的责任体系来管理这个庞大的系统综合工作,并且综合工具和过程必须能有效地和准确地管理综合活动的复杂度。

2 建立一个具有全局观的组织文化

一般情况下,原来的联合式航电系统的组织不会重视航电全局优化策略,习惯于关注自身产品的发展,这种文化称为“功能王国”文化。在这种文化中,LRU/LRM的开发者们精通于对其自身的产品功能的优化,却不一定知道其他系统或产品的需求,没有一个全局视角,这就不适宜综合模块化航电的开发以及共享资源的需要。

基于综合模块化航电系统的组织结构必须支持这样一种文化,在这种文化中各不同的驻留功能研发组织都不仅关注对自己系统的优化,而且还能精通对整个大系统的优化。否则,无法获得一个有效综合全部驻留功能的整体方案。因此,系统综合者应该推动建立一种全局观的文化,有效管理各个功能系统开发者的动机,确保项目跨组织管理的顺利进行。

3 资源管理方法与模式的转变

综合模块化航电的资源管理方法与联合式航电是根本不同的。航电功能开发者们与系统综合者必须紧密合作、共同研究出一个资源共享的系统综合方案,资源管理的方法与模式是至关重要的,这样才能建立起项目结构和相关合同来合理地管理综合模块化航电计划。

做好资源管理的模式转变,首先要建立建立正确的系统优化驱动力。在联合式航电研发过程中,如果实现系统的供应商掌握着基础硬件、组件,软硬件性能的协调会在一个公司内部进行,也就会有对系统进行优化的动机。在综合模块化航电研发过程中,系统优化工作可能跨不同公司、也可能分布于通过一个公司的不同部门或组织进行。这时,各个公司或组织对于自己负责的部分而不是整个系统的优化具有内在的动机。因而,必须要建立确保局部优化与全系统优化相一致的激励机制,以充分

利用好 IMA 平台资源达到航电系统重量、容量、功耗和成本最佳的目的。

其次要正确认识备用资源,充分利用系统级资源。基于综合模块化航电系统结构的备用资源的利用在于整个综合系统级层面,而不是在单个系统级,这就使得系统综合者能非常灵活地配置系统资源的增长,并能最大程度地减少增长的装备需求。综合模块化航电系统所固有的系统级资源管理层提供了资源管理上的灵活性,在驻留功能的开发者和系统综合者对如何分配和优化备用资源达成共识的前提下,系统综合者将负责确保其能向各种驻留功能预算分配足够的资源和性能。

4 开放式或封闭式标准

飞机系统设计师在进行综合模块化航电结构的设计时,有“开放式”或“封闭式”这两种航电系统结构可以考虑。开放式结构其接口是非专利的,接口定义可以在公开领域获得;而封闭式综合模块化结构利用了定制的专利性接口。一般而言,具有较全航电产品链的公司趋向于使用自有定制的专利性接口和“封闭式”综合模块化系统,他们据此来控制驻留功能开发者的范围并对飞机集成商具有较大的议价权。波音和空客两大集团则不约而同的选择了开放式综合模块化航电系统及其非专利性的接口,便于产品级开发者在开放式环境中开发驻留功能,飞机厂商的议价能力得到显著增强。另外,开放式结构更易将驻留功能的系统综合工作与平台开发工作区分开。开放式接口可使综合模块化航电系统利用到与特定综合模块化航电开发工作无关的行业开发成果,综合模块化航电开发计划可得益于现有的专门技术、现有的商用货架产品(COTS)组件和系统。开放式标准可以使产品级、功能级供应商面向广阔的民用飞机市场,也可以让飞机制造商从一个成熟平台中将技术移植到

另一个飞机平台。

发展综合模块化航电系统的思考

随着民用飞机的发展以及近十年来的努力,我国综合模块化航空电子系统技术的发展取得了一定的成效,初步构建了综合模块化航电研发体系,逐步形成核心竞争力。通过与国外供应商开展国际合作,积极参与到 C919 大型客机的研制工作,承担一定的研制任务,逐步摸索、研究与掌握复杂航电系统与设备的适航取



证与研发能力。

但整体来讲我国民机综合模块化航电工作起步较晚,与西方航电企业相比,差距较大。如果要迎头赶上,必须抓好以下几个方面的工作:

(1) 建立分级分层的航电系统研发体系。

国内航电企业一般沿用传统的军机科研模式,往往不能满足民机航电发展的需要。我们要按照国际通行标准,建立航电系统、子系统、产品和关键元器件的全产业链、专业化协同的研发体系,建立相应不同层级的责任体系,形成中国特色的民机航电发展体系。

(2) 贯彻尊重知识产权的理念。

几十年来,航空工业的走过了从维修、研仿、引进消化吸收发展到自主创新的道路。近几年来,随着国际

化发展,我们认识到知识产权也是资产,有时要付出极大的代价才能获得。要发展高度综合化模块化航空电子系统,由于系统综合、功能开发、软硬件等等,必然会你中有我、我中有你,尊重知识产权成为关键。否则,就会造成系统综合者、功能开发者互相的防备与猜忌,造成项目的失败。另外,也不利于按照开放式理念,培育出我国航空电子产品链、产业链。

(3) 深刻理解适航标准、掌握其方法。

深入地了解适航体系、做到融会

贯通,与国内民机航电研制的具体情况相结合,将标准落实到实际研发工作,形成自己的一套流程与方法,使适航技术与体系成为我们的核心竞争力与商业秘密,并获得适航当局的认可,打破西方企业的垄断局面。

(4) 建立中国特色的民机航电发展理念与文化。

民机航电发展需要企业大量的技术、时间、物力和人力资源的投入,而产品获得适航证之后市场销售有限,短期内很难取得投资回报,导致企业积极性不大。“急于求成”、“注重眼前效益”的文化和焦虑心态是阻碍民机航电综合化有效开展的重要因素之一。因此对于民机综合模块化航电研发工作可能遇到的困难,我们需要改变急于求成的心态,脚踏实地地做好每一件事。(责编 深蓝)