

即插即用武器综合技术在悬挂物管理系统设计中的实现

沈培顺, 蒋俊辉, 史兆明, 郭文利

(中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳 471009)

摘 要: 作为一项新颖而复杂的系统工程, 即插即用武器综合是机载武器系统发展的趋势, 在比较和分析国内外在即插即用武器综合技术方面的研究和应用现状的基础上, 重点分析了即插即用武器综合所涉及的技术基础, 并针对悬挂物管理系统设计, 分析研究了即插即用武器综合应考虑的关键环节, 供相关专业人员参考。

关键词: 悬挂物管理系统; 即插即用武器; 开放式体系架构; 通用武器接口

中图分类号: V271.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2013)05-0077-04

Realization of Plug-and-Play Weapon Integration Technology in SMS Design

SHEN Peishun, JIANG Junhui, SHI Zhaoming, GUO Wenli

(Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC, Luoyang 471009, China)

Abstract: As a novel and complicated system engineering, plug-and-play weapon integration is the development trend of airborne weapon system. Research and application status in this field at home and aboard were analyzed, and the focus was put on the technical base involved in plug-and-play weapon integration. In view of stores management system design, critical links which shall be considered in the plug-and-play weapon integration were analyzed and studied.

Key words: Stores Management System (SMS); plug-and-play weapon; open system architecture; common weapon interface

0 引言

网络中心战是未来战争的主要作战模式^[1], 随着网络中心战作战体系不断发展和新型机载武器不断涌现, 为了能够使新型武器尽快形成战斗力, 用于满足面向服务的作战体系, 机载武器系统的武器综合能力起到至关重要的作用。

但是, 目前飞机/悬挂物集成过程成本高、时间长, 导致新型武器很难在短期内形成战斗力。随着 MIL-STD-1760 标准的深入贯彻执行, 人们越来越强烈地期望: 在无需更改飞机软/硬件的情况下, 能够将任何新型武器集成到任何飞机上, 以便无需考虑飞机作战飞行程序 (OFP) 软件的更新周期, 就能将新研武器的能力迅速投入战场使用, 并保证降低集成成本。这种集成新武器的方法在北约组织和美国空军内部被广泛

称为“即插即用武器 (Plug and Play Weapons, PnPW)”综合。

1 即插即用武器综合总体介绍

即插即用武器综合是下一代及未来作战飞机 (包括有人机和无人机) 武器系统集成的设计思路, 是机载武器系统设计的发展趋势, 是一种全新的武器系统综合概念, 实现这一目标还需要许多重大的技术突破, 这不仅是悬挂物管理系统 (SMS) 和武器研制思想的变革, 也是机载航电系统设计思想的变革。

即插即用武器综合涉及到飞机显示控制、火控解算、悬挂物管理、武器等多个方面, 本文主要从 SMS 的设计角度对即插即用武器综合技术进行研究。

1.1 即插即用武器综合的目的

即插即用的本质是通过采用先进的设计思想和方法, 提高武器系统可配置性、可移植性、互换性和互用性。随着技术的发展和研究的深入, 即插即用武器综合所达到的 3 个层次为: 综合新武器不更改 OFP 软件; 升级运行平台不更改 OFP 软件; 更换机型不更改 OFP

软件(理想状态)。

即插即用武器综合是随服务而变的实时集成,其目的是通过建立开放式的系统构型、软件框架,制定通用化、标准化的系统互连接口,提高悬挂物管理系统与武器之间的技术透明性、互用性和通用性,实现由设计时段(以年计)的武器综合转变为应用时段(以周计)的武器集成^[2],提高武器系统集成效率及飞机武器系统的网络化作战能力,降低武器集成成本等,并在基于网络中心战的面向服务的体系结构中,尽可能发挥即插即用武器系统快速(数周内)集成的作战效能。

1.2 即插即用武器综合的工作原理

采用开放式的体系架构,使系统成为松耦合系统,设计标准的任务数据接口、通用武器接口(机械、电气、逻辑)和软件的层间接口,按照标准的接口,设计武器的驱动程序和武器配置文件,从而改变传统的武器综合方式,仅需要通过加载、安装武器配置文件和武器驱动程序即可完成新武器的综合。武器综合原理如图 1 所示。

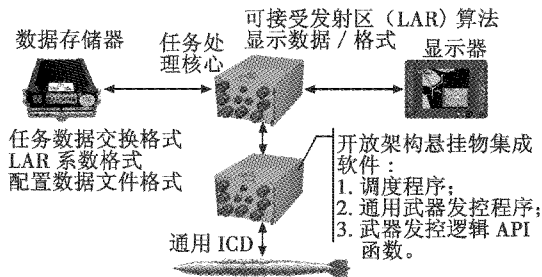


图 1 即插即用武器综合原理图

Fig. 1 Principle diagram of Plug and Play Weapon integrating

2 即插即用武器综合技术分析

2.1 现阶段不足

目前我国在即插即用武器综合方面进行了一些研究,取得了一些成就,但还存在一定差距。

1) 系统架构方面。三代机的武器系统普遍采用封闭式的系统架构,武器综合主要是设计时综合,即在武器系统设计之初就已经确定了该武器系统支持哪些武器,OFP 软件与武器之间是紧耦合关系,当需要增加新型武器时,需要对 OFP 软件进行较大的修改,花费较长的研制周期。

2) 标准体系方面。基本解决了机械接口和电气接口及部分通信标准的制定和贯彻,但对于通用任务数据交换格式和通用武器接口标准的研究才刚刚起步。

3) 系统开发、集成、验证工具方面。目前的系统开发手段仍处在传统的文件中心系统工程化过程,开

发者将相当多的精力投入到将应用代码手工移植到不同的平台上或同一个平台更新版本中,这就使得复用变得困难,而且,设计者必须将注意力集中在解决实施问题上而不是实现最佳设计上。

2.2 国外研究和应用情况

国外对悬挂物与武器的通用性研究也经历了几个阶段。首先,为了解决电气接口中物理要素和电气要素的问题,而于 20 世纪 80 年代初期开发应用了 MIL-STD-1760 飞机/悬挂物电气连接系统;随后是以 20 世纪 70 年代开发应用的 MIL-STD-1553 多路数据传输总线为基础,提出通过一套完整的逻辑接口,即技术上尽可能多地采用当时已经成熟的数字数据总线传输技术,来解决离散信号和模拟信号传输过多过乱的问题,主要成果表现在 MIL-STD-1760B/C/D 的相继发布实施;之后,又陆续开发了诸如通用开放体系结构框架、飞机-悬挂物接口通用框架、飞机/悬挂物通用 ICD 格式以及任务数据交换格式等一系列标准。

国外四代机(俄罗斯称为第五代)普遍采用了开放式体系架构,从根本上解决了现有飞机武器系统所固有的互用性差、开发周期长和研制成本高等缺点,从而满足新一代平台武器系统所特有的要求,为进一步实现即插即用武器综合奠定了基础。

同时,国外在开发设计手段上采用了 MDA 技术,可有效解决传统软件开发过程中的生产效率、系统移植、互操作以及文档和系统后期维护等问题^[3]。

JDAM 是美国军方即插即用武器综合应用最为成熟和广泛的武器型号,目前已经在美国空军和海军的 10 余种型号的飞机上得到了应用。更新后的飞行器可以挂载 JDAM 武器家族的若干型号武器^[4]。

2.3 即插即用武器综合技术基础

即插即用武器综合所涉及的技术基础可以归结为 3 类:系统体系架构,相关标准体系,系统开发、集成、验证方法。

2.3.1 系统的体系架构研究

目前的悬挂物管理系统封闭式架构主要表现在,系统软件服从于硬件的全定制嵌入式系统,系统的软、硬件不独立,系统管理软件、武器发控管理软件不独立,造成系统的可升级性、可扩展性、可复用性差。

通用开放体系结构(GOA)的中心思想是:采用分层设计的概念,系统的不同层之间相互独立,层次内部的修改和扩充既不会影响同一系统的其他层次,也不会影响其他系统的对应层次^[5],即通过建立所需的接口标准,使软硬件的模块升级和替换成为可能,从而保证了未来的系统仅需对现有系统进行最少的再设计就能升级和维护。要实现飞机武器系统的即插即用式武器综

合,飞机、悬挂装置及悬挂物构成的飞机武器系统就应该具有基于开放系统互连(Open System Interconnection, OSI)技术参考模型的通用开放式体系结构^[6],飞机武器系统即插即用武器综合参考模型如图2所示。

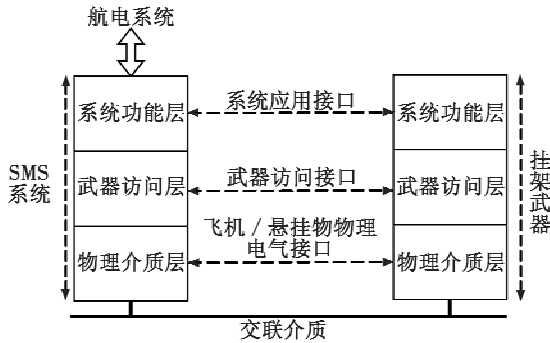


图2 飞机武器系统即插即用武器综合参考模型

Fig.2 Plug and Play Weapon integrating reference models of aircraft weapon system

2.3.2 即插即用武器综合标准体系

即插即用武器综合的实施应建立在一系列的标准之上,该项技术涉及到的各个环节均要按照标准的规范进行设计,其涉及到的标准体系包括3类:

- 1) 系统架构类的标准体系;
- 2) 通信网络类的标准体系;
- 3) 接口类的标准体系^[7]。

国外已经开展了即插即用武器综合系统架构的研究工作,公布了一系列相关标准。

1) 系统架构类标准。主要包括《通用开放体系结构框架》、《飞机/发射装置和武器互用性技术体系结构》、《飞机-悬挂物通用接口框架》等,作为即插即用武器综合的推荐性技术体系结构标准。

2) 通信网络类接口标准。主要包括光纤接口标准、增强1553接口标准等,用于规范高速数据通信网络的设计和使用。采用高速数据网络,代表了航空网络技术发展的最新趋势,可满足开放式系统的开放性、灵活性(可变规模)、升级性及可靠性等方面的需求。

3) 接口标准。主要包括:通用任务数据交换格式和通用武器接口(UAI)等标准。其中,UAI在接口标准中占据极其重要的位置,是实现即插即用武器综合的接口基础。2004年美国空军开始开发UAI,其在MIL-STD-1760电气连接标准的基础上,定义飞机和悬挂物之间的一组标准消息^[8],通过使用飞机与悬挂物之间的标准化接口,可以将任何支持该接口的新悬挂物集成到该飞机上而不对OFP做任何更改。

2.3.3 武器系统开发、集成、验证方法研究

模型驱动体系结构(Model Driven Architecture, MDA)是目标管理集团(OMC)提出的新的系统开发方

法,它强调整个系统开发过程由软件系统的建模进行驱动,完成系统需求分析、体系结构设计、构建、测试、部署、运行和维护工作^[9]。MDA通过抽象层次的不同,定义了平台无关模型(Platform Independent Model, PIM)和平台特定模型(Platform Specific Model, PSM)^[10]。PIM类似于系统分析模型,它关注系统的整个体系结构实现,但却忽略与平台相关的部分。PIM可以转换成多个平台相关模型;PSM则与设计模型相像,它将业务独立模型与具体使用平台的细节相结合,包含了具体平台的特定实现技术。

不同模型间可以通过模型转换技术实现相互转化,模型转化技术是实现MDA的关键,模型转换技术一般包括标记和映射。其中:映射包含了由一种模型向另一种模型转化的规约说明;而标记则用来在源模型中加入额外的信息,在转换时告诉映射如何将源模型中的特定模型元素映射到目标模型。MDA开发集成的路线图如图3所示。

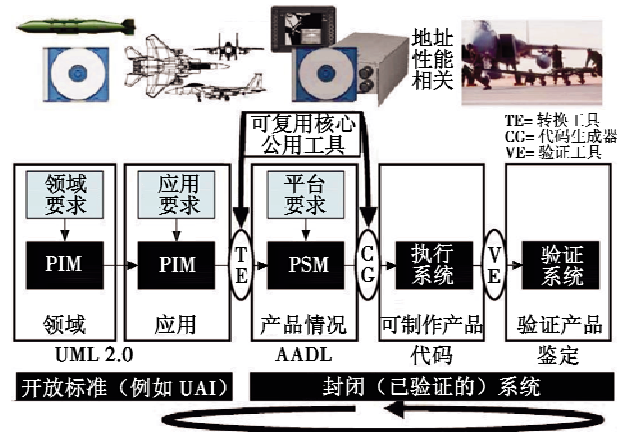


图3 MDA开发集成路线图

Fig.3 MDA developing and integrating roadmap

需要指出的是,图3中的转换工具和代码生成器是两个很关键的环节,许多软件开发商已开发出这类自动转换和生成代码的工具。这种集成方法的流程是一种双向工程,即其进程是可逆的。

2.4 即插即用武器综合关键环节

悬挂物管理系统的主要功能之一是完成对机载武器的发控逻辑控制管理,武器发控流程和逻辑是与武器一一对应的,要做到飞机与武器之间的透明、互用性和通用性,必须制定武器发控的标准化、通用化逻辑,建立对应的标准^[11],作为悬挂物管理系统与武器的设计依据,按照通用武器接口开发出标准的武器发控逻辑,以满足不同类型武器的发控逻辑流程的要求,实现武器发控管理软件标准化和通用化,做到当飞机挂载不同的武器或新武器时,应用软件不需修改或仅做少量的修改即可实现武器即插即用武器综合^[12]。为了

支持即插即用武器综合,悬挂物管理系统在设计中所涉及的关键环节主要体现在以下方面。

1) 采用开放式体系架构,即系统软件采用分层设计,软件分层如图4所示,将悬挂物管理系统级的功能和武器发控管理的功能分别进行设计。

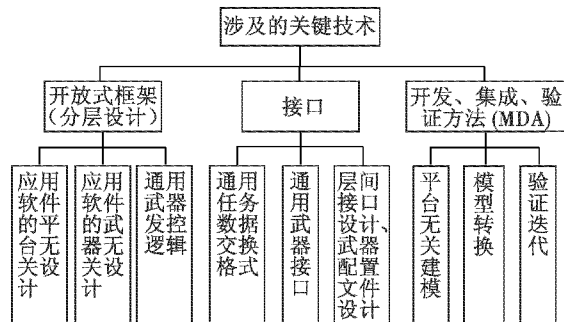


图4 悬挂物管理系统即插即用武器综合关键技术环节

Fig.4 Key technologies of SMS Plug and Play Weapon integrating

2) 任务管理层软件负责完成悬挂物管理系统级的功能(包含系统工作方式管理、清单管理、投放程序管理等功能),该层软件应保证平台无关性和武器类型无关性。

3) 武器访问层主要完成武器的发控逻辑管理,面向现有武器和未来新型武器制定出武器通用发控逻辑相关标准,在制定标准的基础上,设计的武器通用发控逻辑需要解决的关键技术有:

- ① 武器综合时,不改变飞机或悬挂物应用软件;
- ② 识别/定义相关功能和数据;
- ③ 识别/定义资源、性能和计时限制;
- ④ 悬挂物抽象软件。

4) 设计通用任务数据交换格式,保证悬挂物管理系统与航电系统的数据交换格式标准化,该项功能决定了综合新武器时悬挂物管理系统与航电系统的数据接口的通用化程度,如果没有通用灵活的数据交换格式,将造成 OFP 软件被大量修改,大大降低系统的武器综合的能力。

5) 设计 UAI,保证悬挂物管理系统与武器之间的逻辑接口标准化,该项内容在即插即用武器综合过程中占据相当重要的地位,是实现武器即插即用的接口基础。目前,对武器逻辑接口还没有进行统一规范,仍处于比较随意的状态,该关键环节的设计具有很大难度和挑战性。

6) 设计标准的武器配置文件,用于描述武器的特性和使用要求(即武器类型数量、配挂要求、武器属性、控制要求、发控逻辑等),供悬挂物管理系统软件解析使用。

7) 采用 MDA 的设计方法,需要研究的关键技

术有:

- ① 建模方法的研究,主要是建模语言的研究;
- ② PIM 构建技术研究,包括 UML 建模技术的研究;
- ③ PSM 构建和转换技术研究,目标程序代码生成与转换技术研究,主要是转换工具的应用研究;
- ④ 可执行平台的生成与验证技术研究。

3 结束语

在 21 世纪初才提出的新颖、复杂的即插即用武器综合技术开发是一项系统集成(System of System, SoS)工作,意义重大,也很有挑战性,尚处在不断的开发和完善之中。即插即用武器综合技术的研究和应用将极大地提高机载武器系统的武器综合能力,具有里程碑式的意义,因此,有必要研究该项技术的发展状况和应用情况,为最终实现即插即用武器系统提供借鉴经验。

参考文献

- [1] 王建刚. 网络中心战系统及其发展[J]. 电光与控制, 2010,17(5):1-5.
- [2] 王朝阳,季晓光,丁全心. 机载 SMS 技术发展分析[J]. 电光与控制,2009,16(3):1-5.
- [3] 潘勃,冯金富,李骞,等. 飞机/悬挂物通用化开放体系结构研究[J]. 飞机设计,2009,29(2):51-56.
- [4] 许凌权,冯金富,左伟,等. 基于 IMA 的悬挂物管理系统研究[J]. 电光与控制,2010,17(7):61-65.
- [5] 贾欣,丁其伯. MDA 方法在飞机/悬挂物集成领域中的应用[J]. 电光与控制,2011,18(5):90-96.
- [6] 王旭峰,丁其伯,舒振杰. 即插即用武器集成及其相关标准体系初探[J]. 航空标准化与质量,2009(4):4-8, 22.
- [7] 郑磊刚,聂光成,许凌权,等. 支持 PnP 集成的开放式 SMS 软件模型与结构设计[J]. 弹箭与制导学报, 2011,31(2):207-210.
- [8] SAE AIR5532. Generic aircraft-store interface framework (CASIF) [S]. SAE As-1a Avionic Networks Subcommittee, 2003.
- [9] SAE AS4893. Generic open architecture (GOA) framework [S]. As-2 Embedded Computing Systems Committee, 1996.
- [10] SAE AIR5720. Technical architecture for aircraft, launcher, and weapon interoperability [S]. SAE As-1a Avionic Networks Subcommittee, 2008.
- [11] GREGORY D. Air weapons integration-plug and play weapon [R]. London:SEA Aerospace, 2006.
- [12] GIBBS M R. Open architecture stores integration software for a implementation of universal armament interface [R]. Chicago:AS-4/JAUS,2005.