

引用格式: 苗军民, 史志钊, 毛春城, 等. 机载武器即插即用集成的配置技术研究[J]. 电光与控制, 2018, 25(12): 90-93, 97. MIAO J M, SHI Z Z, MAO C C, et al. On configuration technology of plug-and-play airborne weapon integration[J]. Electronics Optics & Control, 2018, 25(12): 90-93, 97.

机载武器即插即用集成的配置技术研究

苗军民, 史志钊, 毛春城, 史兆明
(光电控制技术重点实验室, 河南 洛阳 471000)

摘要: 针对机载武器传统集成方式集成周期长和成本高的问题, 研究了基于配置技术的武器即插即用新型集成技术的概念。提出了面向服务的开放式武器集成框架, 将用于描述武器控制行为的武器支持服务与集成框架解耦合。为了定义武器控制行为, 设计了标准格式的参数型配置文件和具有悬挂物控制 API 及悬挂物 OSI API 的标准接口的程序型配置文件, 并阐述了配置文件系统的存储目录结构。经过分析与验证, 最终确定了采用配置技术实现即插即用武器快速集成的可行性。

关键词: 机载武器集成; 即插即用; GOA; 配置

中图分类号: V271.4 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1671-637X.2018.12.019

On Configuration Technology of Plug-and-Play Airborne Weapon Integration

MIAO Jun-min, SHI Zhi-zhao, MAO Chun-cheng, SHI Zhao-ming
(Science and Technology on Electro-Optical Control Laboratory, Luoyang 471000, China)

Abstract: Traditional ways to integrate airborne weapons have such shortcomings as long integrating cycle and high costs. To solve the problem, the concept of a new plug-and-play weapon integration technology based on configuration technologies was studied. In order to decouple weapon support service used to describe weapon-specific behavior and the integration framework, a type of service-oriented and open framework of weapon integration was proposed. The parameter configuration file with standard format and the program configuration file that has standardized store control APIs and store OSI APIs were designed to define weapon-specific behavior. Then the structure of storage directory for the configuration file system was illustrated. Analysis and validation have proved that it is feasible to realize the rapid integration of plug-and-play weapons by using configuration technologies.

Key words: integration of airborne weapons; plug and play; GOA; configuration

0 引言

随着航空技术的进步, 机载平台及武器种类越来越多, 使用范围越来越广^[1]。机载平台在寿命周期内, 需要根据军事需求的变化, 不断地整合新武器到平台上。机载平台和武器之间互用性差造成了机载武器的集成周期长、集成成本高、所需的集成与保障人员多以及所需的保障设备种类多且数量大等问题, 严重迟滞了装备战斗力的形成。

为了改善机载平台和武器之间的互用性, 国外在制定并不断完善飞机/悬挂物电气接口标准 MIL-STD-1760 之后, 提出了即插即用武器 (PnPW) 集成的概念。

北约第 2 航空小组开展了飞机、发射装置及武器互用性 (ALWI) 研究项目, 研究的最终目的是期望实现武器系统集成的即插即用能力。美国国防部正在全面推行的通用武器接口 (UAI) 项目是即插即用武器集成的第一次实践性尝试, 使军机集成新型武器并形成战斗力的时间周期和成本均降低 25% 以上^[2]。

我国的即插即用武器集成研究尚处在起步阶段。本文通过研究基于开放式体系结构的武器集成框架, 提出了一种武器即插即用集成的配置方法, 并在机载武器即插即用集成仿真验证平台上进行了验证。

1 即插即用武器集成

1.1 基本概念

即插即用武器集成是一种全新的武器系统集成概念, 是指通过建立开放式的系统构型及软件框架, 制定

收稿日期: 2017-12-14

修回日期: 2018-01-11

作者简介: 苗军民 (1984 —), 男, 河南浚县人, 硕士, 研究方向为机载悬挂物管理技术。

标准化的飞机/悬挂物互联接口,提高飞机武器控制系统与武器之间的互用性和通用性,实现由设计时段武器集成转变为应用时段武器集成^[3]。理想情况下,飞机平台和武器在集成之前是独立开发完成的。将一种新武器集成到飞机平台上时,以标准的机械和电气接口为前提,两者采用标准的逻辑接口发现并识别对方,然后重新配置飞机对武器的操作,最终使飞机获得使用新武器的能力。并且,为了不更改飞机的软件及硬件,对飞机的重新配置仅采用数据交换的方法完成。实际上,PnPW 集成关注解决的是机载武器系统逻辑功能集成方面的问题,并不能解决诸如风洞测试、安全分离测试等方面的问题。

通用开放体系结构框架(GOA)和通用飞机-悬挂物接口框架(GASIF)为包括悬挂物管理系统在内的飞机航电子系统实现即插即用武器集成提供了开放式的技术参考模型。GOA 是一种分层的面向服务的体系结构模型^[4];GASIF 为飞机/悬挂物之间通信协议提供了合适的接口模型^[5]。结合上述两种技术参考模型,即插即用武器集成规定了通用 ICD、任务数据交换格式^[6]、通用攻击区算法和显示控制接口。

1.2 武器集成过程

飞机集成新武器时,具备了标准的逻辑接口、任务数据接口和显示控制数据接口后,重新配置飞机对武器的操作,完成武器的发现、识别、准备和任务数据装订,并采用系数可配置的通用攻击区算法,为飞行员提供武器操作提示并正确引导飞机进入攻击区内,安全发射武器并最终命中目标。新武器的集成和使用过程,不需要更改飞机的作战飞行程序(OFP)软件,这就要求用于武器控制和攻击区火控解算的计算机平台都是可配置的,因此,配置文件成为了即插即用武器快速集成的一个关键。基于综合模块化航电(IMA)系统的即插即用武器集成的典型过程如图 1 所示。

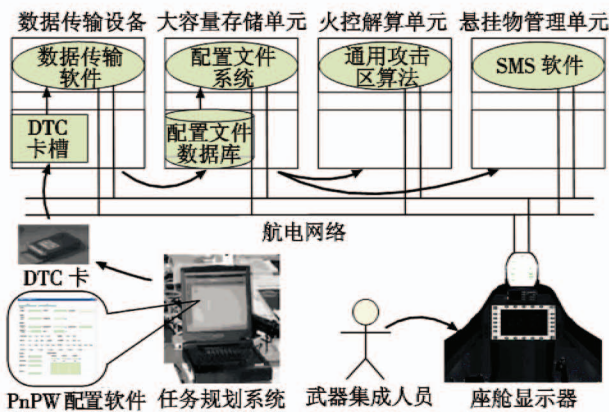


图 1 即插即用武器集成过程

Fig. 1 Process of plug-and-play weapon integration

图 1 所示为对飞机配置的武器集成活动的主要参

与者及主要功能。

- 1) 悬挂物管理单元:调用配置文件数据中的参数和程序,完成对武器的识别与控制。
- 2) 火控解算单元:调用配置文件数据中的攻击区系数,完成攻击区解算并为飞行员提供操作提示。
- 3) 大容量存储单元:存储并管理配置文件。
- 4) 任务规划系统:将配置文件集成到任务规划数据库中,并上传至飞机。
- 5) 数据传输设备:加载配置文件至大容量存储单元。
- 6) 座舱显示器:为集成人员提供配置文件数据库浏览及操作的用户界面。
- 7) 武器集成人员:获得配置文件管理权限后,管理和维护配置文件数据库。

2 开放式武器集成框架

悬挂物管理单元是集成一种新型即插即用武器的核心功能部件,如图 2 所示,它上面运行的悬挂物管理软件采用基于服务的开放式架构。采用该架构的武器集成框架与武器不相关,可以脱离武器支持服务独立运行。把飞机对武器的操作抽象成武器支持服务模式,这样就可以通过集成插入式的武器支持服务实现新武器的集成。

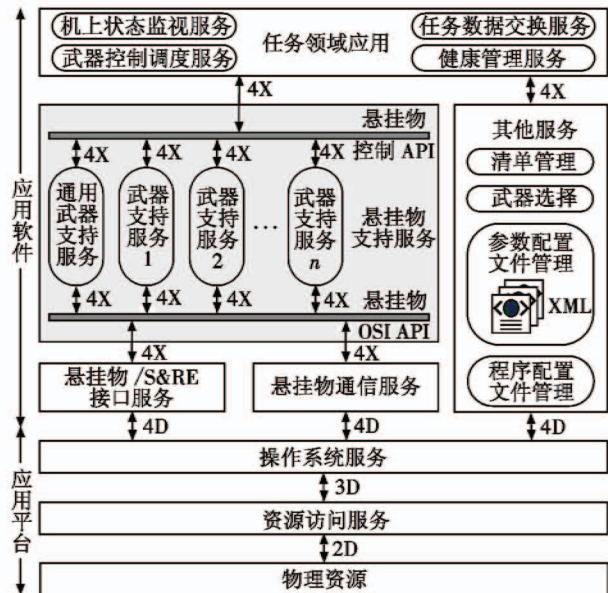


图 2 即插即用武器集成 GOA 框架

Fig. 2 GOA framework of plug-and-play weapon integration

应用平台是指飞机提供的软硬件计算平台,包括物理资源(处理器、存储器、输入/输出设备和总线收发器等)、资源访问服务(设备驱动软件)和操作系统服务(为应用软件提供可以直接访问的 4D API 及蓝图管理等)。

应用软件通过4D API访问操作系统服务,实现悬挂物数据通信、悬挂和发射装置(S&RE)控制、清单管理、武器选择及配置文件管理服务功能,这些功能的服务对象是任务领域应用服务和悬挂物支持服务。任务领域应用负责监视机上轮载等飞行状态和来自火控任务系统的命令消息事件,给出顶层的武器控制指令,并向武器传输任务数据,同时还要实现BIT控制等健康管理服务功能。任务领域服务功能是通过访问扩展的4X API提供服务的。

悬挂物支持服务包含多个独立的武器支持服务,这些武器支持服务独立于飞机计算平台,可以增加和删除,且不会影响整个武器集成框架的完整性和可执行性。独立的武器支持服务是成功实现即插即用的关键因素,它通过两种4X API(悬挂物控制API和悬挂物开放系统互联(OSI)API)为任务领域应用提供武器初始化、准备和发射/投放等服务功能。

图2所示的武器集成框架是一个飞机武器控制系统的抽象模型,建立可复用的、标准化的即插即用式武器支持服务模型是必要的。采用面向对象的原则对武器控制功能进行抽象层次的建模,从而能够用数据来定义实际的武器控制行为,数据就来自配置文件。因此,在开放式的武器集成框架基础上,为了将新武器集成到飞机平台上,根据需要加载武器相关的配置数据文件。

3 配置

配置数据是一个独立于飞机平台的用于描述武器控制行为特性的数据集。配置数据相对于飞机平台来说是外部数据,可以被加载到飞机文件系统中,也可以很容易地被添加和删除。添加一种武器的配置数据后,飞机就具备了该武器支持服务能力;删除一种武器的配置数据,并不影响飞机武器系统其他武器支持服务能力的可用性。配置数据是武器专有特性的抽象,主要描述武器的悬挂物标识、重量、对载机的资源需求、控制相关时间特性、控制程序及攻击区算法程序。

配置数据格式可以是文本格式或者二进制格式。文本格式的数据信息不能包含可执行逻辑,仅能够存储初始化参数;二进制格式可以包含可执行逻辑。

配置数据文件根据格式不同,分为文本格式的参数配置文件和二进制格式的程序配置文件(采用动态链接库形式的插件)。

3.1 参数配置文件

参数类型的配置文件是特定武器的总体描述文件,主要用于飞机与武器的相互识别和提供武器的描述信息、显示菜单位置信息以及与插件的映射信息。

具体的配置参数见表1。

表1 配置参数

Table 1 Configuration parameters

名称	描述
飞机标识	所适用的飞机标识
悬挂物标识	描述武器的唯一标识
重量及阻力	武器的重量及气动阻力系数
武器属性	武器类型、电气接口类型、导引方式、导航方式和战斗部类型等信息
菜单位置	座舱显示器武器控制菜单位置
保密等级	访问武器需要的保密级别
控制时间参数	弹检超时时间等时间特性参数
控制类名称	武器使用的控制类名称
控制插件版本	封装了相应控制类的插件版本号
攻击区系数	提供给攻击区插件
攻击区类名称	计算武器攻击区使用的类名称
攻击区插件版本	封装了相应攻击区类的插件版本号

标准格式的即插即用参数配置文件采用电子数据表格的形式进行设计^[7]。鉴于可扩展标记语言(XML)的数据可重用、可扩展性强及便于有效性验证等特性^[8],采用XML格式作为参数配置文件的传输与存储格式。以配置参数电子数据表格为输入,开发XML格式的参数配置文件。图2中的参数配置文件管理服务功能模块打开并读取XML配置文件,解析成SMS软件和攻击区算法软件可用的数据类型。

3.2 程序配置文件

程序类型的配置文件是可执行的二进制代码文件。将实际的武器控制行为和攻击区算法封装成面向对象的类,编译并连接成动态链接库文件,用来定义图2中所示的武器支持服务。武器即插即用集成GOA框架作为宿主程序,可以调用这些具有标准化API接口的动态链接库文件。所以,武器支持服务实际上是一个武器控制插件,程序配置文件管理服务功能充当了插件管理器的角色^[9]。

将SMS软件中的武器初始化、准备和发射/投放功能封装成武器控制类,并编译连接成武器控制插件文件。将攻击区算法软件中的攻击区计算公式封装成攻击区类,并编译连接成攻击区插件文件。

武器控制插件提供给武器集成框架的接口除了悬挂物控制API和悬挂物OSI API以外,还有插件管理API接口。图2中通用武器支持服务和特定武器支持服务均采用统一的接口规范,分别建立通用武器控制类和特定武器控制类,对应地封装成通用武器控制插件和特定武器控制插件。集成一种与飞机现有武器相类似的新型武器时,调用通用武器控制插件,仅需要单独设计表1的内容即可。集成一种未知的差异较大的新型武器时,还需要开发特定的武器控制插件,但其接口满足标准规范。规范化的武器控制插件API接口见表2。

表 2 武器控制插件 API 接口

Table 2 APIs of plug-in for weapon control

类型	函数名称	描述
悬挂物控制 API	set_init	武器初始化
	set_prep	武器发射前准备
	set_release	武器发射/投放
	set_mission_data	向武器加载任务数据
	get_store_state	获取武器状态
悬挂物 OSI API	set_elec_interface	设置 GJB1188A 电气接口
	get_S&RE_state	获取悬挂和发射装置状态
	send_bus_data	发送 1553B 总线数据
	receive_bus_data	接收 1553B 总线数据
	plugin_init	初始化插件
插件管理 API	plugin_create_obj	创建插件对象
	plugin_destroy_obj	销毁插件对象
	plugin_get_version	获取插件版本

3.3 配置文件管理

在机载网络文件系统中,开辟独立的存储空间作为配置文件系统。配置文件系统是飞机所支持的即插即用武器配置文件的存储中心。配置文件系统的结构如图 3 所示。

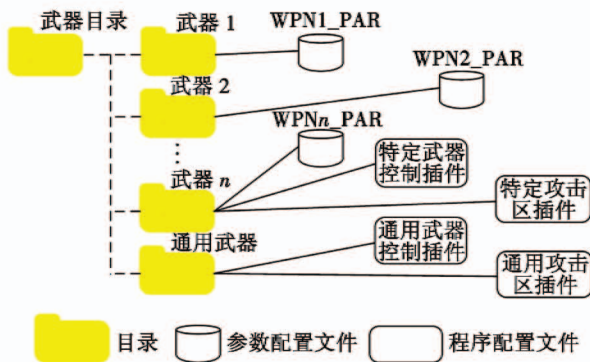


图 3 配置文件系统的结构

Fig. 3 Structure of configuration file system

只要飞机所支持的某种武器满足即插即用接口规范,在配置文件中就有一个唯一的参数配置文件与其相对应。武器的控制插件和攻击区插件既可以使用文件系统中已有的插件,也可以随参数配置文件一起,在集成时单独加载至配置文件中。通过表 1 中的控制类名称和攻击区类名称建立武器和插件的映射关系。通过向配置文件中添加配置文件,即可完成新武器的集成而且不用更改飞机的软硬件。

配置文件系统存储在大容量存储单元中,SMS 软件可以访问武器目录,通过读取武器的参数配置文件,在本地建立支持的武器清单表和武器控制类清单表,以这两个表为入口,即可实现对武器的操作与控制。

4 分析与验证

利用机载武器即插即用集成全数字仿真验证平台,对上述配置技术进行验证。其分布式配置如图 4

所示。

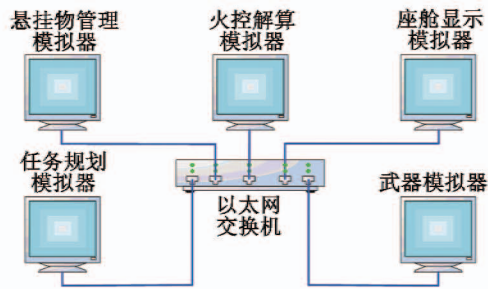


图 4 即插即用武器集成仿真验证平台分布式配置

Fig. 4 Distributed configuration of simulation system of plug-and-play weapon integration

在 PnPW 武器集成验证试验过程中,悬挂物管理模拟器是仿真验证的核心。为了集成一种新型武器,在任务规划系统模拟器上创建其配置文件并更新配置文件系统。悬挂物管理模拟器上电后扫描最新的配置文件系统,建立系统支持的 PnPW 武器清单表和武器控制类清单表。武器模拟器挂载将要集成的新型武器后,武器把悬挂物描述上报给悬挂物管理模拟器,根据武器的悬挂物描述,查找 PnPW 武器清单表和武器控制类清单表,获得武器属性信息并创建武器控制类对象。此时,即可根据座舱显示模拟器上输入的武器控制指令,调用武器控制类对象的悬挂物控制 API 函数,完成武器的上电、初始化、任务数据加载及发射。火控解算模拟器通过加载配置文件,获得攻击区系数并创建攻击区解算类对象,完成攻击区解算并在座舱显示模拟器上给出操作提示。

5 结论

本文主要开展了即插即用武器集成概念、开放式武器集成框架和配置技术的研究。经过分析与验证,用于机载武器即插即用集成配置技术的机理、流程及配置文件的设计方案合理可行,达到了快速集成和使用满足即插即用接口规范的新型武器且不用修改飞机 OFP 软件的研究目标。本文的研究内容可为开放式的新型机载武器集成方法的工程转化提供技术基础,对提高航空武器装备的互用性、缩短机载武器集成周期和降低集成成本等研究工作具有重要意义。

参考文献

- [1] 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.
- [2] RIGBY K A. Aircraft systems integration of air-launched weapons[M]. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2013: 171-172.
- [3] 王朝阳,季晓光,丁全心. 机载悬挂物管理系统技术发展分析[J]. 电光与控制,2009,16(3):1-5,12.

(下转第 97 页)

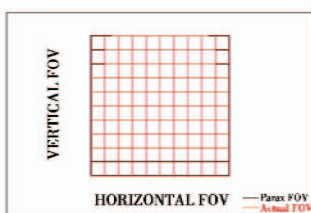


图 5 可见光畸变图

Fig. 5 Distortion grid of visible light

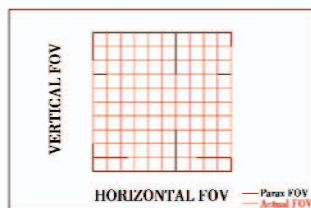


图 6 长波红外畸变图

Fig. 6 Distortion grid of LWIR

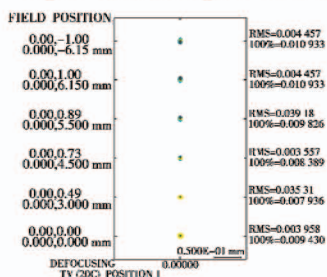


图 7 可见光点列图

Fig. 7 Spot diagram of visible light

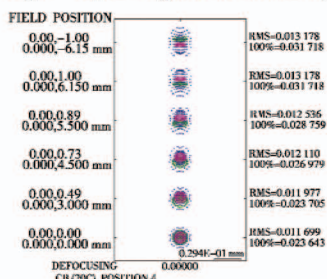


图 8 长波红外点列图

Fig. 8 Spot diagram of LWIR

3 结论

多波段共光路系统在光学成像领域有着重要用途,通过共光路能够有效减小整个系统的空间和体积。采用 5 片透镜,设计了一个可见光、长波红外共光路的光学系统,工作波段分别为 0.55 ~ 0.75 μm , 7.5 ~ 9.5 μm ,在 -40 ~ +60 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,双波段成像质量良好,结构紧凑。通过引入非球面减少了系统的元件使用数量,提高了系统透过率,该系统在轻量化、小型化、无热化方面都有很大优势,该设计既可以用在航空多波段光电侦察探测领域,又可以应用在民用安防领域。

参考文献

- [1] VIZGAITIS J. Third generation infrared optics[C]//Proceedings of SPIE, 2008:1-10.
- [2] 焦明印,李元,肖相国.一种紧凑离轴反射式多波段共用光学系统[J].红外技术,2014,36(12):949-952.
- [3] 王海涛,耿安兵.一体化红外双波段成像光学系统[J].红外与激光工程,2008,37(3):489-492.
- [4] 张祥翔,傅雨田.多波段空间推扫相机光学系统设计[J].应用光学,2007,28(4):412-415.
- [5] 杨利华,樊学武,邹刚毅.宽谱段大口径透射式摄影镜头设计[J].应用光学,2009,30(6):925-928.
- [6] 吴海清,王海霞,赵新亮,等.双波段/双视场红外光学系统设计[J].红外技术,2010,32(11):640-644.
- [7] 史广维,张新,张建萍.无遮拦折反射红外光学系统[J].光学精密工程,2014,22(8):1995-2000.
- [8] 王恒坤,王兵,庄昕宇,等.多波段高功率激光扩束系统设计[J].强激光与粒子束,2011,23(7):1785-1788.

(上接第 93 页)

- [4] ROARK C. SAE AS4893 Generic Open Architecture (GOA) framework [C]//The 15th DASC AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference, 1996:217-222.
- [5] AS-1B Aircraft Store Integration Committee. SAE AIR5532 generic aircraft-store interface framework (GASIF) [S]. New York:SAE International, 2003.
- [6] U. S. Department of Defense. MIL-STD-3014 mission data

exchange format[S]. U. S.:[s. n.], 2005.

- [7] 刘桂雄.基于 IEEE1451 的智能传感器技术与应用[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [8] 王占中.XML 技术教程[M].成都:西南财经大学出版社,2011.
- [9] 祖兆研.基于插件技术的软件架构设计及应用[D].南京:河海大学,2007.