

支持 PnPW 集成的开放式 SMS 软件模型与结构设计^{*}

郑磊刚, 聂光戌, 许凌权, 王 凯

(空军工程大学工程学院, 西安 710038)

摘要:针对即插即用武器集成要求, 开放式悬挂物管理系统需要在不修改系统软件的前提下完成新武器的集成, 为此, 提出一种全新的软件设计思想。设计了系统的软件模型, 从而得到软件的体系结构, 完成了从系统功能层到武器控制层, 以及操作系统和模块支持层的设计, 通过系统软件对硬件资源的调用来分析软件的使用过程, 最终实现了软件的功能。

关键词:即插即用武器; 开放式悬挂物管理系统; 软件体系结构; 软件模型; 模块化

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Software Model and Architecture Design of Open SMS Based on PnPW Integration

ZHENG Leigang, NIE Guangshu, XU Lingquan, WANG Kai

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: According to the request of plug and play weapon integration, open store management system achieves new weapon integration on the premise of non-modification system software, which needs new software design thought. In this paper, the software model of system was designed, and the software architecture was got on the basis of software model. The design was completed on function of the system, weapon control layer and operating system and module support layer. The software function was realized through analyzing the call of system software for hardware resource.

Keywords: plug and play weapon; open store management system; software architecture; software model; modularization

0 引言

现有的悬挂物管理系统是针对特定的飞机平台和机载武器独立开发的, 是与载机平台和机载武器紧密耦合的封闭式系统, 当加装任何一种新型武器时, 均需对载机及其悬挂物管理系统进行软、硬件重新设计、重新构形, 而这需要很长的周期和大量的研制经费。为了实现武器使用的开放性, 即插即用武器(PnPW)集成思想作为一种全新的武器系统集成概念被提出来。PnPW集成是指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互用性和通用性, 实现由设计时段(以年计)的武器集成转变为应用时段(以周计)的武器集成。根据 PnPW 集成的思想, 开放式悬挂物管理系统(store management system, SMS)需要在不修改系统软、硬件的前提下完成新武器的集成, 这就需要一种全新的系统软件设计思想和开发方法。

1 开放式 SMS 概念

开放式 SMS 是基于开放式系统结构设计的悬挂物管理系统, 符合 OS-JTF 和 MIL-STD-2036 对开放式系统的定义要求^[2]。具体而言, 开放式 SMS 是符合一系列飞机悬挂物互用性标准的, 具有开放式体系结构框架和标准软、硬件接口的松耦合系统, 支持系统的功能扩展、技术升级和跨平台移植, 可在网络中心战的体系结构下, 实现任务策略和武器配置数据的实时加载。开放式 SMS 将以往封闭式系统的紧耦合设计改为开放式系统的松耦合设计, 极大地增强飞机与悬挂物之间的互用性, 并能在网络中心战中发挥极大的作战效能。开放式 SMS 的开放性具体体现在: 对载机平台的开放、对武器集成的开放和对作战网络的开放三个方面。软件是开放式 SMS 的核心, 是实现即插即用武器集成的关键, 对其进行研究具有重要的意义。

* 收稿日期: 2010-04-05

作者简介: 郑磊刚(1984-), 男, 河南郑州人, 硕士研究生, 研究方向: 武器系统与运用工程。

2 软件模型设计

根据北约的飞机/发射装置/武器互用性技术体系结构(ALWI-TA)^[3],结合 SAE AS4893 规定的通用开放式结构框架(GOA)^[4]和 SAE AIR5532 阐述的飞机-悬挂物接口通用框架(GASIF)^[5],可以得到支持即插即用集成的开放式 SMS 的软件模型,如图 1 所示。

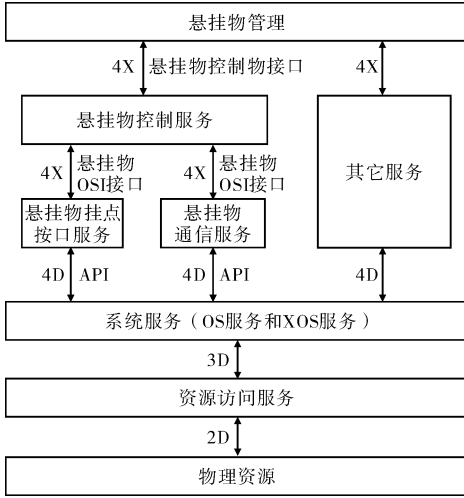


图 1 开放式 SMS 的软件模型

开放式 SMS 的悬挂物管理软件是系统的核心,主要完成目前使用的悬挂物管理处理机的功能,是实现 PnPW 集成的关键,包括悬挂物管理、悬挂物控制服务、悬挂物通信服务和悬挂物挂点接口服务四个部分,悬挂物管理部分负责软件的整体运行,完成系统的通用管理功能,例如系统启动、任务加载、状态监视、模式选择、武器规划等;悬挂物控制服务用于管理和控制悬挂物,完成对特定类型悬挂物的发射控制;悬挂物通信服务包括与悬挂物的通信和与挂点的通信,用于向悬挂物或挂点传输信息和接收来自悬挂物或挂点的传输信息,完成软件与悬挂物或挂点之间的通信;悬挂物挂点接口服务用于控制和监视悬挂物使用所要求的悬挂物挂点功能(悬挂物与投放装置控制、悬挂物存在开关监视等),完成对悬挂物挂点接口的控制和监视。

该模型中,开放式悬挂物管理软件通过资源访问服务实现对硬件资源的独立性,可方便系统的硬件升级和软件更改。悬挂物管理系统软件设计了独立的悬挂物控制服务、挂点接口服务和通信服务来实现对新武器的即插即用,方便了新武器的动态引入;悬挂物管理软件通过应用编程接口(API)来调用由操作系统所提供的 OS 和 XOS 系统服务,完成悬挂物的控制和通信,具有对操作系统的独立性。

3 软件结构设计

根据开放式 SMS 软件模型,并结合 IMA 的三层软件栈结构^[6],可进一步得到开放式 SMS 的分层式软件结构,如图 2 所示。该结构模型采用分层的概念,整个软件结构

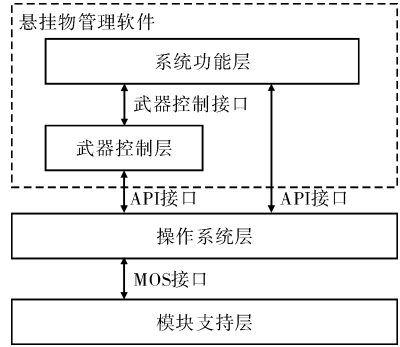


图 2 开放式 SMS 的分层式软件结构

分为系统功能层、武器控制层、操作系统层和模块支持层,其中系统功能层和武器控制层可统称为悬挂物管理软件,位于 IMA 软件结构的应用层。层与层之间通过标准的接口进行信息交互,这样保证了每层的独立性。

在系统具体开发时,可将悬挂物管理软件设计成插件式结构,通过软件插件的形式来实现具体的悬挂物控制功能服务。系统功能层作为软件的主体,提供调用插件的悬挂物控制接口;而武器控制层则是由悬挂物功能插件组成,通过插件接口向系统功能层提供具体的悬挂物控制服务,完成悬挂物的发射控制,从而实现悬挂物控制功能的“即插即用”及插件与系统整体的功能整合。

3.1 系统功能层设计

系统功能层是悬挂物管理软件的主体和核心,负责系统与综合模块化航空电子系统的交互,提供系统的通用管理和控制功能,完成内部功能模块的调度和管理,并负责对武器控制层进行访问和调用,对悬挂物的具体控制是通过调用武器控制层来实现的^[7]。

系统功能层可分为系统配置、接口控制、武器规划、系统管理、武器舱控制和通用发射控制 6 个功能模块,其结构如图 3 所示。该结构用

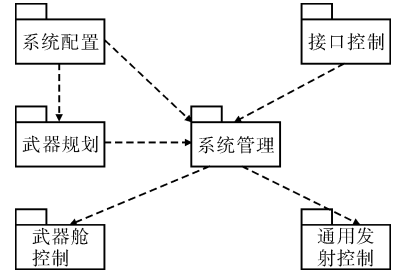


图 3 系统功能层的结构图

UML 包图来描述,UML 的包是基于系统的功能和主题而构建的,表示一个大的可复用组件^[8]。由图 3 可以看出,开放式 SMS 是由一组高内聚、低耦合的可复用功能模块所组成的,包与包之间采用良好的接口定义,有利于应对不断变化的功能需求,提高了系统

的可升级性。系统功能层中的通用发射控制模块负责与武器控制层的信息交互,通过调用悬挂物功能插件完成对悬挂物的具体控制。

3.2 武器控制层设计

武器控制层由悬挂物功能插件组成,封装了悬挂物的具体特征和功能,负责对具体悬挂物的控制和访问,向上为系统功能层提供对悬挂物的控制功能接口,根据悬挂物的特定发控逻辑,把对悬挂物的控制功能转换成具体的悬挂物访问接口命令,控制各型悬挂物的发射准备(如导弹、炸弹等)或工作过程(如吊舱),为悬挂物提供发射和投放信号,实现对悬挂物的实际操作;向下调用操作系统层的 API 接口,发送控制命令和接收执行结果。

针对悬挂物控制流程和飞机通信协议的差异,悬挂物功能插件可分为悬挂物通信插件和悬挂物控制插件两种。

悬挂物通信插件是针对飞机与悬挂物之间采用的通信技术和通信协议的差异而设计的。为避免不同通信技术对悬挂物控制所造成的影响,在开放式 SMS 中需要构建针对特定通信技术和通信协议的悬挂物通信插件。悬挂物通信插件提供悬挂物的连接支持,主要用于建立系统与悬挂物的通信连接,并以此定位和加载相应的悬挂物控制插件。

悬挂物控制插件封装了对某类特定悬挂物的具体控制逻辑,包含了实现对该类悬挂物控制的全部过程。为适应于多种不同的载机平台,悬挂物控制插件不受通信技术的影响,可屏蔽不同悬挂物通信协议和数据格式的差异。悬挂物控制插件虽然是针对特定悬挂物设计的,但一般应包含以下通用发射控制流程:悬挂物上电、悬挂物识别、悬挂物预热、任务加载、发射前准备和战术投射。

3.3 操作系统层设计

操作系统层包括机载计算机操作系统、通用系统管理和系统蓝图的运行部分,为系统功能层和武器控制层提供公共服务^[9]。操作系统层最基本的功能包括分区管理、进程管理、时间管理、存储区管理、分区内通信、分区间通信及状态监视等功能。悬挂物管理软件的可移植性主要由一个标准化的 API 接口来提供,该接口是整个软件结构中唯一的可视化接口,悬挂物管理软件仅依靠这个接口即可满足它的处理和通讯资源要求。

在开放式 SMS 中,操作系统层还需要提供悬挂物管理软件下载服务和悬挂物控制的通用 API 服务。

3.4 模块支持层设计

模块支持层是硬件调用层,操作系统和悬挂物管理软件通过模块支持层调用硬件资源来实现系统功能。MOS 接口是一种把操作系统层与模块支持层分离开来的直接接口,模块支持层通过 MOS 接口与操作系统层进行信息交互。在开放式 SMS 中,高层次的操作系统和悬挂物管理软件和具体的硬件是相互独立的,硬件的改变不会影响操作系统层和应用层软件,而这主要是通过模块支持层实现的。

4 功能实现

在开放式 SMS 中,悬挂物管理软件主要完成初始化、机内测试、系统加载、状态/模式选择、发射控制管理、悬挂物清单管理、故障管理、通信管理等核心功能,而这些功能的具体实现离不开硬件资源的支持,在此就对系统软件对硬件资源的调用进行分析。

需要注意的是,在开放式 SMS 中,悬挂物管理软件和操作系统的程序代码并不驻留在最终执行其功能应用的处理模块上,而是保存在系统的大容量存储模块上^[10],在系统启动时,由预定的程序进行调用。软件调用资源的使用过程如图 4 所示。

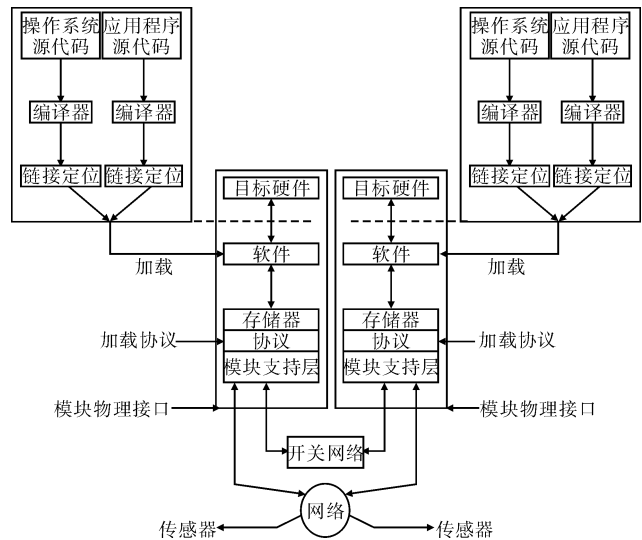


图 4 软件的使用过程

操作系统将悬挂物管理软件的源代码经过编译后定位和链接将要使用的处理模块,这样悬挂物管理软件将被下载到处理模块中的存储器中,然后根据加载协议将软件加载到目标硬件,这样就确保了悬挂物管理软件与硬件处理资源的相互隔离。

5 结论

文中针对现有悬挂物管理系统的封闭式设计所造成的飞机武器系统集成能力差的缺点,对开放式

SMS 的软件模型和体系结构进行了设计。设计的分层式软件结构,使软件的模块替换成为可能,方便了软件的升级和新武器的引入,为即插即用武器集成的实现奠定了基础。文中的研究可为系统的软件开发提供依据,对开放式 SMS 的具体研制具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] Douglas Gregory. Air weapons integration-plug and play weapon[R]. London: SAE Aerospace ASD. 2006.
 [2] Michael R Gibbs. Open architecture stores integration software for a implementation of universal armament interface[R]. Chicago: AS-4/JAUS,2005.
 [3] SAE AIR5720. Technical architecture for aircraft, launcher, and weapon interoperability [S]. SAE As-1a Avionic Networks Subcommittee,2008.
 [4] SAE AS4893. Generic open architecture(GOA) framework [C]//As-2 Embedded Computing Systems Committee. 1996.

[5] SAE AIR5532. Generic aircraft-store interface framework (GASIF) [S]. SAE As-1a Avionic Networks Subcommittee,2003.
 [6] UK Defence Standardization. 00-74 Part 1 Issue 1 INTERIM. Standards for Software[S]. January 2005.
 [7] Douglas Gregory. Aircraft, launcher & weapon interoperability common interfaces [R]. London: NIAG Subgroup 97 in Collaboration with SAE Aerospace AS-1. 2007.
 [8] Hassan Goma. 用 UML 设计并发、分布式、实时应用系统[M]. 吕庆中,李焯,等译. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
 [9] AEEC. ARINC Specification 653. Avionics application software standard interface [S]. Annapolis. December 2005.
 [10] Watkins, Christopher B. Integrated modular avionics: Managing the allocation of shared intersystem resources [C]//25th Digital Avionics Systems Conference (DASC),October 2006.

(上接第 206 页)

2.2 对信号和干扰 DOA 间隔的分析

实验条件,6 个干扰信号参数设置不变,GPS 信号的来向设置在宽频干扰的 DOA = 60°附近,4 次仿真分别为[62° 64° 66° 68°],J/S 均为 90dB,输出信号与预设 PRN 码进行相关运算。

实验结果,在对空域宽频干扰 60°方向形成零陷的同时也使 DOA 相近的 GPS 信号无法被捕获。在权值不加方向约束的情况下,期望的 GPS 信号被衰减(见图 4)。

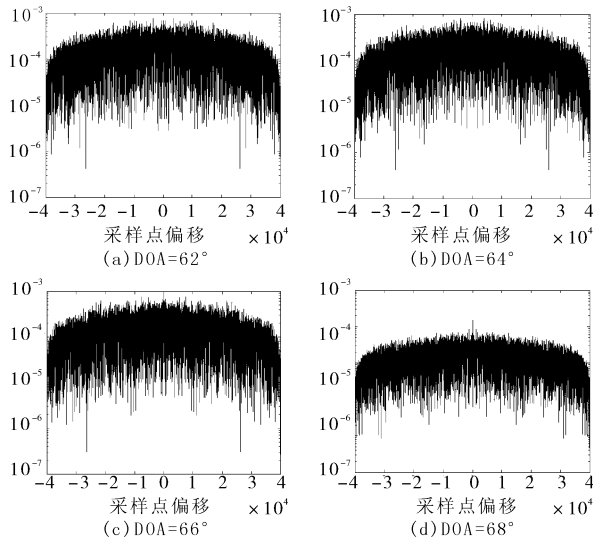


图 4 GPS 信号和干扰的 DOA 相近时的相关峰

3 结语

文中在窄带、宽带干扰同时存在情况下,采用 MUSIC 算法仿真分离出 GPS 信号并给出 GPS 信号和干扰来向相近时的相关峰对比。MUSIC 算法对于大干噪比(J/N)的干扰具有较高的 DOA 估计精度和信号噪声分离度,能消除的干扰数受天线阵元数的限制,对 GPS 抗干扰有一定的应用价值。该算法在空域干扰方向形成零陷的同时也使该方向附近期望信号无法接收,需要在天线阵列后附加时域滤波器来减小零陷宽度。

参考文献:

[1] ICD-GPS 200C[OL]. heep:/www/.sgg.whu.edu.cn/isa/Documets/ICD-GPS-200C.pdf.
 [2] 张贤达,保铮. 通信信号处理[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
 [3] Schmidt R O. Multiple emitter location and signal parameter estimation[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1986, 34(3):276-280.