

基于 DoDAF 的体系结构建模在反潜飞机任务系统设计中的应用

申彦君

(光电控制技术重点实验室,河南 洛阳 471009)

摘要: 对基于 DoDAF2.0 的体系结构建模进行了探究,分析了 DoDAF2.0 新增内容的定义及使用,并借助 UML 建模工具对反潜飞机进行了体系结构建模。同时分析了基于 DoDAF 开放式体系结构建模所具备的优点,并探讨了该建模方法在工程实践中可能会遇到的问题及解决方法。

关键词: 反潜飞机; DoDAF; C⁴ISR; 体系结构; 需求分析

中图分类号: V271.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)09-0090-05

Application of DoDAF Based Architectural Model in Mission System Design of Anti-submarine Aircraft

SHEN Yan-jun

(Science and Technology on Electro-Optic Control Laboratory, Luoyang 471009, China)

Abstract: The architectural model based on DoDAF2.0 was studied, and the definitions and application of the new content of DoDAF2.0 were analyzed. An architectural model of an anti-submarine plane was established by using the UML tools. In addition, the benefits of modeling based on the open architectural of DoDAF were analyzed. The problems might appear in engineering and how to solve them were also discussed.

Key words: anti-submarine aircraft; DoDAF; C⁴ISR; architecture; UML

0 引言

现代作战模式已非过去单兵种、单一武器的对抗,武器装备也应该朝着适应多兵种统一指挥、联合作战的模式和方向发展。任务分配装备体系分析设计的新特点,使得对机载设备的需求、设计的论证和分析方法提出了更高的要求,即如何从体系结构的角实现作战体系结构向装备体系结构的指引和映射。

自20世纪海湾战争以来,美军方逐步认识到,C⁴ISR系统的互操作能力是现代战争中获取胜利的关键因素。美军方提出的C⁴ISR系统体系结构的概念认为,体系结构设计是系统顶层设计的一个重要组成部分,是保证C⁴ISR系统之间可集成、互操作的关键。为了规范对C⁴ISR系统体系结构的描述,美军先后发布了《C⁴ISR体系结构框架》^[1]以及《国防部体系结构

框架1.0》,并于2005年底发布了《国防部体系结构框架2.0草案》,也就是通常所说的DoDAF2.0(Department of Defense Architecture Framework)。DoDAF体系结构规定了诸多描述作战场景、系统和子系统的各类视点以及视点的描述方法,这些视点构成了研究和描述系统体系结构的重要部分。

1 DoDAF 体系结构建模的特点和作用

1.1 DoDAF 体系结构建模的特点

DoDAF2.0体系结构框架建立在DoDAF1.5的基础上,其结构框架的核心为8个视点(Viewpoint),即全景视点、作战视点、系统视点、标准视点、能力视点、服务视点、项目视点、数据和信息视点,以及52个模型。从DoDAF1.5到DoDAF2.0,主要视图产品的对应关系如图1所示。

1.2 DoDAF 体系结构建模的作用

如果按照系统工程V模型研发周期的做法,基于DoDAF体系结构建模的要求及系统集成设计流程如图2所示。

收稿日期:2013-09-02

修回日期:2014-05-26

作者简介:申彦君(1971—),男,河南开封人,硕士,高工,研究方向为火力控制指挥技术。

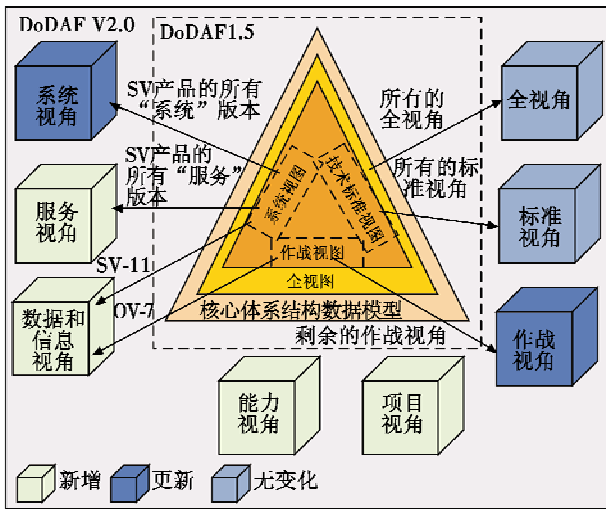


图1 DoDAF1.5 到 DoDAF2.0 的演变

Fig.1 Evolution from DoDAF1.5 to DoDAF2.0

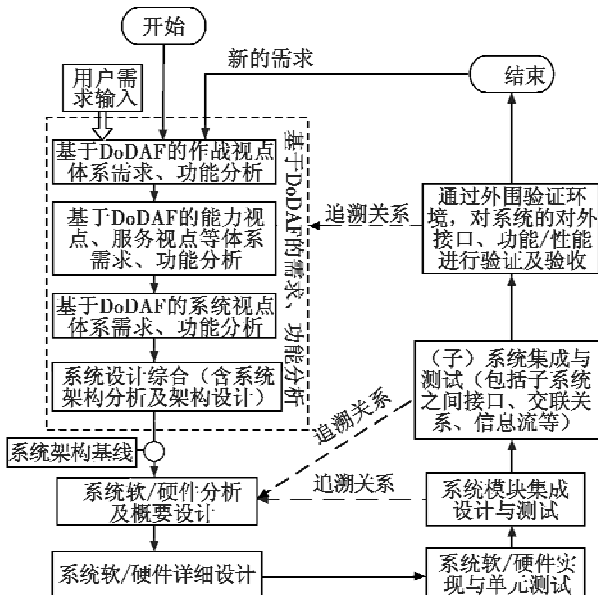


图2 系统集成设计流程

Fig.2 Integrated design process of the system

其中,DoDAF 体系结构建模包含在图2中虚框线中,内容为需求、功能分析及系统设计综合(含系统、子系统架构分析与设计)^[2]。

2 对反潜飞机任务系统进行体系结构建模

2.1 作战需求、功能分析建模

作战体系结构设计任务是确定作战任务、作战行动和作战要素完成军事作战要求的信息流,表述多任务系统支持的作战职能和逻辑要求。与之对应的作战视图从高级作战概念描述 OV-1、作战节点连接描述 OV-2、作战活动描述 OV-5 等方面来描述整个多任务系统的作战体系结构。

多任务系统作战视点的需求、功能分析建模首先运用高级作战概念图(OV-1)对多任务系统的运作环境做出描述,明确用户对作战环境的要求及作战能力的需求,确定作战环境中所涉及的各作战节点的作战使命和任务,根据这些分析作战活动和作战能力。由作战能力来分解作战环境的功能需求,从而进一步分析与各作战节点相关的功能逻辑,最后运用作战视点产品、作战时序跟踪图对这些功能逻辑进行验证。

2.1.1 作战概念图(OV-1)的明确

OV-1 的设计内容包括作战使命、作战节点部署等作战概念的概要图形描述,针对反潜飞机多任务系统的作战环境及主要能力,其高级作战概念图 OV-1 如图3所示。

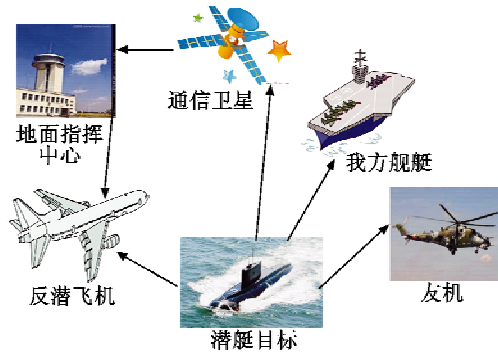


图3 高级作战概念图

Fig.3 Advanced combat concept

2.1.2 作战节点连接图(OV-2)

OV-2 描述的是作战节点间的连接和面向数据流的信息交互。反潜作战系统中有监测节点、指挥决策节点和攻击节点,节点之间通过接口进行数据交互。作战节点连接描述如图4所示。

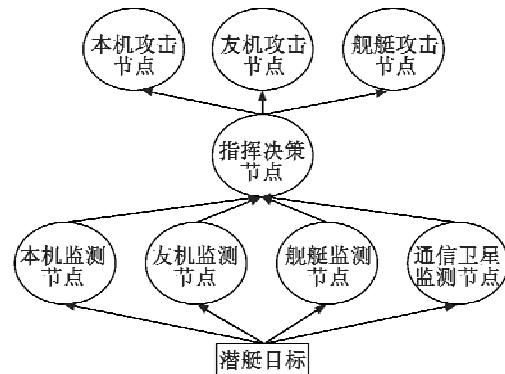


图4 任务系统的作战节点连接图

Fig.4 Combat node connection diagram of the mission system

2.1.3 任务系统作战活动图(OV-5)

当确定了任务目标以及功能需求之后,需要描述OV-5,而按照表达方式的不同,OV-5又可分为系统功

能分解图(OV-5a)和系统活动图(OV-5b)。反潜飞机系统中最重要子系统为任务系统,故在此仅提出OV-5b。图5所示为反潜系统的功能分解图,图6所示为反潜飞机任务系统的活动子图。

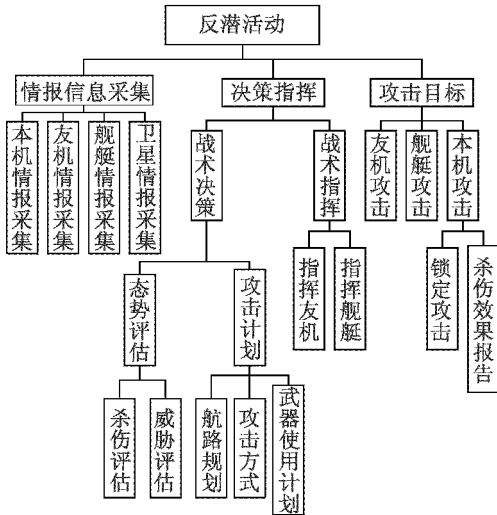


图5 反潜作战活动分解图

Fig. 5 Activity decomposition diagram of anti-submarine warfare

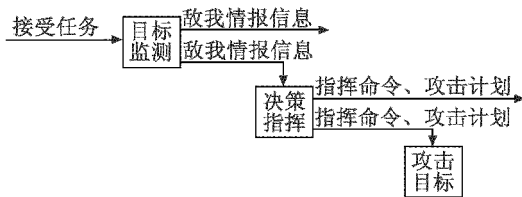


图6 任务系统活动子图

Fig. 6 Activity child diagram of the mission system

2.2 服务、能力等视点分析建模

在 DoDAF1.0 的基础上,DoDAF2.0 体系结构框架在原有视图去掉了技术视图,用范围更广的标准视图来替代,包括了运作、业务、技术、政策、标准指南、约束和预测。同时增加了以下视图。

能力视图:对能力的需求、交付时间和部署能力等进行规划。

服务视图:对执行者、活动、服务,及其为实现对应功能的交互进行建模。

项目视图:描述运作需求与能力需求和实现这些需求的不同项目之间的关系。给出能力管理和国防采办管理过程之间依赖性的细节。

数据和信息视图:规划体系结构框架下的数据结构和数据关系。

这些视图使得作战体系结构在规范标准、管理部署、服务支持以及数据量化等描述上更加具体明确,作战体系的运作也将会更加清晰、可控和高效。

2.3 系统需求、功能分析

2.3.1 系统接口描述图(SV-1)

SV-1 表达的是作战系统各分系统之间的系统接口。图7所示为反潜作战系统各分系统之间的接口关系。

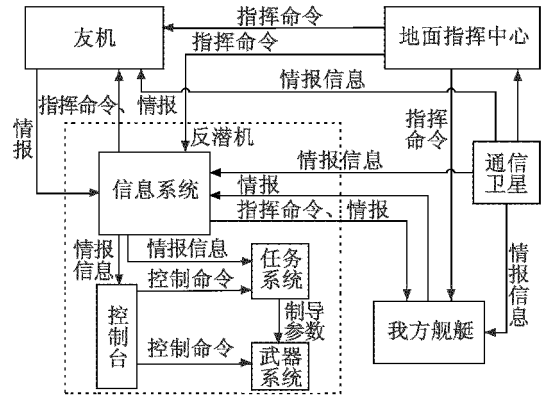


图7 反潜作战系统接口描述

Fig. 7 Interface description of the anti-submarine warfare system

2.3.2 系统功能描述图(SV-4)

SV-4 需要对反潜系统的功能进行详细的说明,通常按系统、分系统及子系统从大到小分别描述。反潜作战系统的系统功能(SV-4a)见图8,反潜机任务子系统的功能描述(SV-4b)见图9。

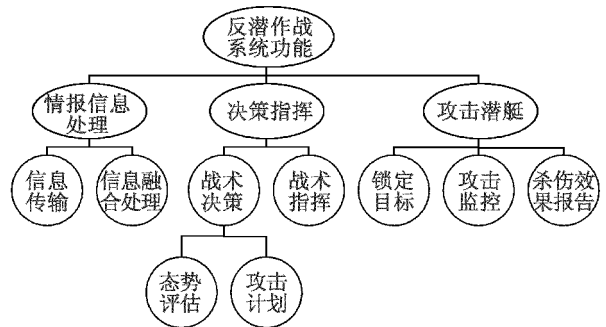


图8 反潜作战系统的系统功能

Fig. 8 System functions of the anti-submarine warfare system

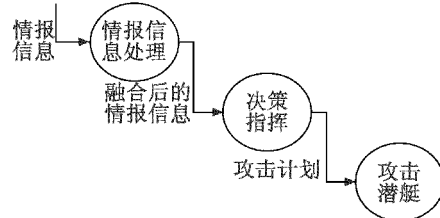


图9 反潜机任务子系统的功能

Fig. 9 Functions of the mission subsystem of anti-submarine plane

2.3.3 作战活动与系统的对应关系图(SV-5)

OV-5 描述了作战系统的各作战活动,作战活动和作战系统之间有一定的对应关系。反潜作战系统的作

战活动和系统之间的关系矩阵图(SV-5)见表1。

表1 作战活动和系统之间的关系矩阵

Table 1 Relationship matrix of the combat activities with the systems

作战活动	地面指挥中心	友机	反潜机	我方舰艇	通讯卫星
反潜	√	√	√	√	√
情报信息采集		√	√	√	√
本机情报采集			√		
友机情报采集		√			
舰艇情报采集				√	
卫星情报采集					√
决策指挥	√		√		
战术决策	√		√		
战术指挥	√		√		
攻击目标		√	√	√	
友机攻击		√			
本机攻击			√		
舰艇攻击				√	

2.3.4 系统逻辑状态转换分析图(SV-10b)

SV-10b 视图描述系统内部的运行规则、逻辑和运行状态,通常用建模软件的状态图表示,任务系统在单机巡逻和反潜时的系统逻辑状态分析如图10所示。

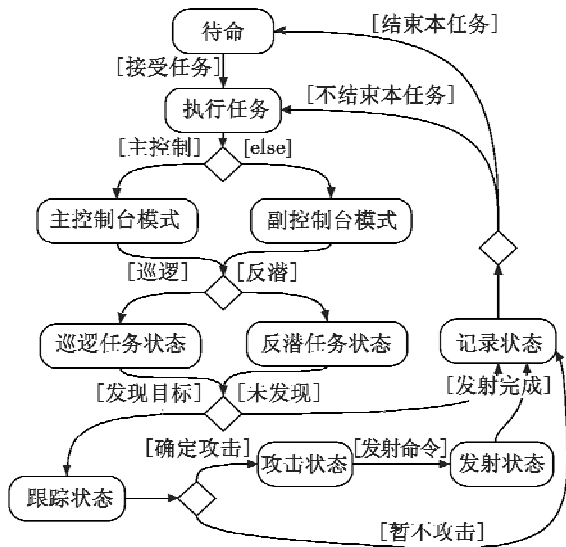


图10 系统逻辑状态分析 Fig.10 Analysis of system logic

2.4 系统事件跟踪图(SV-10c)

系统模型完成设计之后,需要对模型进行验证。验证的主要内容包括:体系结构设计的逻辑正确性,体系结构描述中的功能是否按照预期的顺序执行,以及系统模型的行为是否满足需求分析的行为要求。通常采用系统事件消息驱动的方式对体系结构的动态行为逻辑进行验证。

图11所示为反潜飞机接到攻击目标任务时,载机自主攻击时任务系统对战术控制台请求命令的响应

过程。

过程中,首先确定任务模式,然后对目标信息进行融合处理,接着进行攻击海域计算、火控解算、武器管理,接到战术控制台发出的武器攻击请求命令后,对潜艇目标攻击的活动进行交互时序。图中显示逻辑与设计预期一致,符合设计要求。

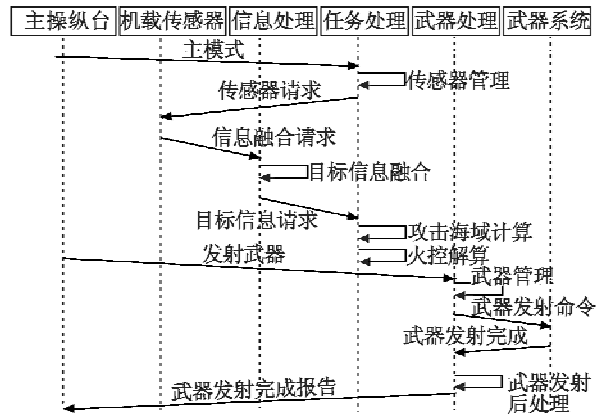


图11 反潜任务系统的模型验证

Fig.11 Model validation of the anti-submarine mission system

3 基于 DoDAF 的体系结构在系统设计中的应用

3.1 基于 DoDAF 的体系结构建模所具备的优点

基于 DoDAF 的体系结构是对 C⁴ISR 系统的规范性描述,是作战系统能够互操作能力的有力保证,也是现代战争中获取胜利的关键因素。具体来说,该体系结构主要具有如下优点:

- 1) 具有开放式体系架构的特征,能够从多角度将作战系统的特征、属性进行较为规范、详尽的描述;
- 2) 由于 DoDAF 方法中的视点产品相互关联,建模中能更好地进行变更影响分析,技术开发风险得到有效控制;
- 3) DoDAF2.0 版本增加了项目、数据信息等视图,使得系统的设计、开发及项目管理过程更加清晰透明、高效可控。

3.2 该体系结构在工程应用中可能遇到的问题

基于 DoDAF 的体系结构在当前工程应用中可能遇到一些问题。问题主要表现为如下所述。

- 1) 作战环境条件可能会相对简陋。
DoDAF2.0 规定的视点产品众多,尤其是在管理和 服务环节,对作战环境条件的要求很多,如果要满足 这些视点产品所描述的作战条件,在一定的人员和物 资条件下将较难做到。诸如此类情况,可以根据实际 情况适当简化对环境条件的要求,去除次要而保留主

要成分,最终满足架构要求。

2) 用户需求的变化会带来作战环境以及系统功能的变化。

在系统产品的研制周期中,用户需求将会随时变化,这将带来作战环境及系统功能的变化。对于用户需求的变更,需要按照设计流程进行快速、高效的系统架构更改、验证,并最终确定正式的更新。

3) DoDAF 不同版本视点描述的转换。

DoDAF1. X 版的体系结构在一些情况下需要升级。DoDAF2. 0 版之前的体系结构和现在的版本相比,必须定义或解释与新版本体系结构在概念上的差异。

DoDAF2. 0 版在体系结构数据类型方面有了较大的变化,由先前版本体系结构的核心体系数据模型(CADM)演变为国防体系结构框架元模型 DM2 (DoDAF Meta_model), DM2 由概念数据模型(CDM)、逻辑数据模型(LDM)和物理交换规范(PES)组成,并使用国际国防企业规范(IDEAS)。在 DoDAF2. 0 的物理交换规范中,PES 被编成一套 XML 范式定义(XSD)文件,并为诸如 EA 数据库等数据交换提供了一个核心格式。DM2 数据组到 DoDAF 模型有相应的映射关系。

在大多数情况下,DoDAF2. 0 元模型(DM2)支持 DoDAF1. 5 版的数据概念,但有一个例外,节点(Node)是一个复杂的逻辑概念,将由更为具体的概念加以表述。通常将低版本 DoDAF1. X 的体系结构数据向 DoDAF2. 0 转换时,要先确定低版本体系结构的节点在高版本的概念,输出体系结构数据,然后采用 DoDAF PES 将低版本节点概念转换为相应的高版本概念,并输入高版本体系结构。反之,则需要将 PES 规范的数据格式转换为低版本的 CADM 数据格式。

4) DoDAF 体系结构与系统研制周期模型的结合。

DoDAF 体系结构规定了对作战环境及目标系统描述的方式,但和系统研制周期模型中的各个研制阶

段还要有机结合。例如,作战视图和系统视图的产品描述,穿插于整个需求分析及功能分析之中,这就需要制定详细的开发计划,将这些视图甚至是视图产品的部分内容,划分到各个阶段中去。

4 结束语

本文就 DoDAF 体系结构建模方法的特点、步骤进行了探讨,通过对典型的反潜飞机任务系统的作战视点、系统视点等主要视点的描述、可视化建模并进行了模型的验证。分析及设计结果表明:

1) 统一建模语言的可视化分析、设计方式便于在用户、设计人员和测试人员中间建立一致的理解;

2) 开放式体系结构便于系统自身扩展升级以及和其他系统进行交联;

3) 通过模型验证,使系统设计结果更可预见;

4) 基于 DoDAF2. 0 框架的作战体系建模能够更加全面地利用战场各种有利因素,使作战效能达到最优。

由此可见,DoDAF 建模方法适合武器系统的建模,能够使设计工作更加有序、规范地进行,并且大幅缩短产品的开发周期,提高市场竞争力。目前,欧美等国已经大规模采用该体系结构规范,在各种作战系统中广泛应用,并不断推进该体系结构规范向前发展。

参 考 文 献

- [1] 黄力,罗爱民,邱涤珊,等. C⁴ISR 系统结构框架研究进展[J]. 火力与指挥控制,2004,29(3):16-19.
HUANG L, LUO A M, QIU D S, et al. Research progress of C⁴ISR architecture framework[J]. Fire Control and Command Control, 2004, 29(3):16-19.
- [2] 吴娟,王明哲. DoDAF 产品集的 SySML 模型支持系统[J]. 兵工自动化,2006,25(2):13-17.
WU J, WANG M Z. The SySML model support system of DoDAF product[J]. Weapon Industry Automation, 2006, 25(2):13-17.
- [9] ELSAESSER D. Emitter geolocation using low-accuracy direction-finding sensors[C]//IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications, 2009:1-7.
- [10] 盛骤,谢式千,潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,1999.
SHENG Z, XIE S Q, PAN C Y. Probability & statistics [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 1999.

(上接第 44 页)

of emitter position based on satellites direction-finding systems[J]. Systems Engineering and Electronics, 2009, 31(12):2875-2878.