

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.09.013

基于核心实体的一体化体系结构开发方法

徐斌, 沈艳丽

(中国电子科学研究院系统总体论证部, 北京 100041)

摘要: 在分析基于产品的开发方法和以数据为中心的体系结构开发方法的基础上, 提出基于核心实体的一体化体系结构开发方法。介绍一体化体系结构的概念, 定义体系结构的核心实体, 分析核心实体之间的关系, 提出开发体系结构产品的基本原则与流程, 并结合实例介绍在 System Architect 中如何应用这种方法进行产品开发。结果表明: 该方法不仅能强调体系结构设计数据的相关性和一致性, 还能突出作战活动和系统功能在体系结构设计中的重要地位和作用。

关键词: 一体化体系结构; 基于核心实体的开发方法; System Architect

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Core Entity-Based Integrated Architecture Development Methodology

Xu Bin, Shen Yanli

(Dept. of System Overall Demonstration, China Academy of Electronics & Information Technology, Beijing 100041, China)

Abstract: Based on the analysis of product-based and data-centric methodology for development of architectures, core entity-based methodology for development of integrated architecture is proposed. Integrated architecture is described, architecture core entity is defined, and the relationships between core entities are analyzed. Then, the paper comments on basic principles, analyses its workflow steps and presents the workflow steps of architecture products development by System Architect. The results show that not only the relationship and consistency of the architecture data is emphasized, but also the importance and effect of operational activity and system function is highlighted.

Keywords: integrated architecture; core entity-based methodology; System Architect

0 引言

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、可互操作的关键。

体系结构开发方法的研究是以某个体系结构框架为主要依据, 以系统开发方法论为指导, 最后得到符合该框架的体系结构描述的过程。目前, 比较主流的体系结构开发方法主要有基于产品的开发方法和以数据为中心的开发方法。基于产品的开发方法主要强调开发各体系结构产品的过程。针对美军C⁴ISR体系结构产品, 美国乔治·梅森大学从方法论的角度, 提出了结构化分析方法和面向对象的开发方法。但是这2种方法都只关心产品数据的外部表现, 并不关心产品数据的内部关系。以数据为中心的开发方法虽然提出了在体系结构开发过程中, 要强调产品数据之间的相关性, 要保持位于不同产品中相同数据的一致性, 但是没有提供具体方法来保证这些数据的相关性, 也没有明确定义产品数据的地位和作用。

因此, 笔者提出一种开发一体化体系结构产品的新方法——基于核心实体的开发方法 (core

entity-based methodology, CEBM), 并结合实例介绍其在 System Architect 中的应用。

1 美军的C⁴ISR体系结构

表1 体系结构产品组成

视图	产品名称与代号
概要视图 (AV)	概述和摘要信息 (AV-1) 综合词典 (AV-2)
作战视图 (OV)	高级作战概念图 (OV-1)、作战节点连接描述 (OV-2)、作战信息交换矩阵 (OV-3)、组织关系图 (OV-4)、作战活动模型 (OV-5)、作战规则模型 (OV-6a)、作战状态转变描述 (OV-6b)、作战事件跟踪描述 (OV-6c)、逻辑数据模型 (OV-7)
系统视图 (SV)	系统组成与接口描述 (SV-1)、系统通信描述 (SV-2)、系统关联矩阵 (SV-3)、系统功能描述 (SV-4)、系统功能与作战活动映射矩阵 (SV-5)、系统数据交换矩阵 (SV-6)、系统性能参数矩阵 (SV-7)、系统发展描述 (SV-8)、系统关键技术预测 (SV-9)、系统规则模型 (SV-10a)、系统状态转变描述 (SV-10b)、系统事件跟踪描述 (SV-10c)、物理数据模型 (SV-11)
技术标准视图 (TV)	技术标准配置 (TV-1) 技术标准预测 (TV-2)

美国国防部 (department of defense, DoD) 自1996年开始先后发布了《C⁴ISR体系结构框架2.0》、《DoD体系结构框架1.0》、《DoD体系结构框架1.5》和《DoD体系结构框架2.0》等数个体系结构框架以指导C⁴ISR系统以及国防部系统的采办与建设^[1-4]。

收稿日期: 2011-05-24; 修回日期: 2011-06-15

作者简介: 徐斌(1984—), 男, 江苏人, 硕士, 助理工程师, 从事 C⁴ISR 系统体系结构技术和 C⁴ISR 系统分析设计技术研究。

主要理论是体系结构应该从作战需求、系统总体方案和技术标准三个视角进行描述，分别称为作战视图(operational view, OV)、系统视图(systems view, SV)和技术标准视图(technical standards view, TV)^[1]。目前，国内外关于C⁴ISR体系结构方面的研究与应用都是以比较成熟的《DoD体系结构框架1.0》为基础，具体内容见文献[1]，该框架定义的产品如表 1。

2 一体化体系结构

2.1 一体化体系结构的概念

在开发体系结构产品和构成产品的体系结构数据元素的过程中，若能保证一个视图中定义的数据元素与另一个视图中被引用的数据元素一致(即具有相同的名称、定义和取值)，则该体系结构描述就被定义为一个一体化体系结构^[5]。

因此，一体化体系结构可以将开发的作战视图、系统视图和技术标准视图产品形成一个紧密衔接的、相互配合的完整的体系结构。在一体化体系结构中，存在一些将 OV 与 SV、SV 与 TV 连接起来的公共的基准点，使 OV、SV 与 TV 产品之间不会相互脱节，而是环环相扣、紧密相连。例如，SV-5 将 OV-5 的作战活动与 SV-4 的系统功能相互关联起来。而 SV-4 的系统功能又与 SV-1 中的系统相互关联起来。依照这种方式生成的体系结构就是一体化体系结构。

2.2 需要开发的产品

在运用体系结构描述进行各种分析的前提是有一个一体化、无二义和一致的体系结构。一体化体系结构是从 3 个视图的角度来描述领域的一个体系结构。开发每个视图的一些产品是构建一体化体系结构的基础。

构成一体化体系结构的基础，至少需要包括以下产品：AV-1、AV-2、OV-2、OV-3、OV-5、SV-1 和 TV-1。

另外，一体化体系结构也可以在多个体系结构之间定义，只要确保每个体系结构都是基于同一套集成体系结构产品和匹配的体系结构组成元素。

3 基于核心实体的开发方法

基于核心实体的开发方法突出作战活动和系统功能是体系结构产品开发的基础和关键，但是在设计内容上仍然要坚持以产品为中心，严格按照体系结构框架定义的产品形式设计。同时，基于核心实

体的开发方法也要遵循体系结构开发要以数据为中心的原则，强调产品数据之间的相关性。因此，基于核心实体的开发方法综合了上述 2 种开发方法的优点并进行了完善。

3.1 核心实体

基于核心实体的开发方法更加强调体系结构开发的核心内容，即作战活动和系统功能。明确在体系结构设计中，作战活动和系统功能数据是整个设计数据的核心，是其它产品设计的基础。

在作战视图中，信息、作战活动、作战节点、角色是体系结构核心实体；在系统视图中，数据、系统功能、系统节点、系统是体系结构核心实体。作战节点—作战活动—角色、系统功能—系统节点—系统、组织单元—角色—系统形成体系结构设计的主线，其他体系结构设计内容都必须和它们相对应^[3]。

这些核心实体是对同一体系结构不同侧面的描述，彼此之间是相互关联的，具体关系见图 1。

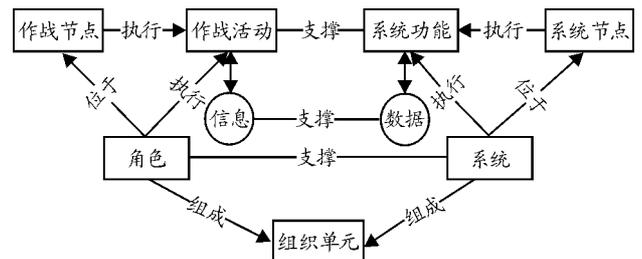


图 1 核心实体之间的关系

- 1) 每个作战活动(系统功能)通过角色(系统)在作战(系统)节点产生和消耗信息(数据)。
- 2) 每个作战(系统)节点包含一个或多个角色(系统)执行多个作战活动(系统功能)，产生和消耗信息(数据)。
- 3) 在作战(系统)节点中的每个角色(系统)执行作战活动(系统功能)，同时产生和消耗信息(数据)。
- 4) 信息(数据)由位于作战(系统)节点中的角色(系统)执行作战活动(系统功能)来产生或消耗。

利用 CEBM 中定义的核心实体以及它们之间的关系，可以对体系结构进行分析，包括功能、节点、时间和费用等分析。此外，CEBM 也可以通过将活动模型或系统功能模型转换为可执行模型为投资决策提供支持^[3]。

3.2 产品开发原则

CEBM 方法基于以下 5 个原则：

- 1) 作战与系统体系结构对象是相互关联的，通

常可分为实体、关系和属性 3 类。

其中, 实体是体系结构设计对象; 关系是实体之间的关系; 属性是实体和关系的特性。具体关系见图 2。

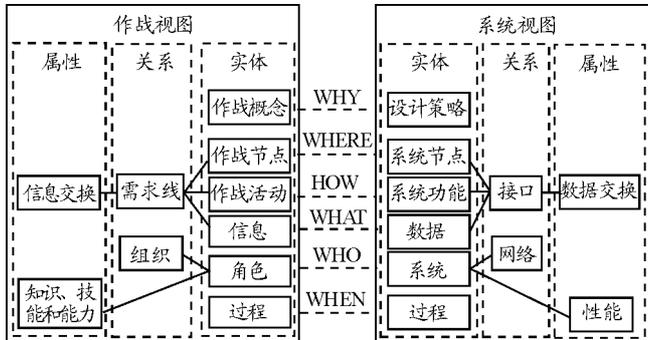


图 2 作战与系统体系结构对象之间的关系

在作战视图中, 信息、作战活动、作战节点、角色、过程等是体系结构实体, 需求线表示信息、作战活动和节点实体之间的关系, 信息交换提供需求线属性。组织表示角色实体对象之间的关系, 知识、技能和能力是角色的属性。

在系统视图中, 数据、系统功能、系统节点、系统等是体系结构实体, 接口表示数据、系统功能、系统节点、系统实体之间的关系, 数据交换提供接口的属性, 网络是系统实体之间的关系, 系统的性能描述了系统的属性。

2) 作战视图中, 作战活动、作战节点、信息、角色 4 个实体和系统视图中的系统功能、系统节点、系统、数据 4 个实体是核心实体, 是一体化体系结构设计的核心。

3) 体系结构核心实体只是在开发某个特定的体系结构产品时手动输入一次。

例如, 作战活动只是在开发 OV-5 活动模型时手动输入一次就不需要再输入了。

4) 部分关系和属性可以从核心实体中自动生成。

例如, 自动生成信息交换需求; 自动生成和维护 OV-2 图上的需求线; 自动生成系统数据交换需求、系统接口和系统节点接口定义。

5) 部分产品可以自动生成。

例如, OV-3 和 SV-6 的形式是表格, 可根据已有数据完全自动生成。SV-1 也可以不需要手动再输入任何数据。

3.3 产品开发流程

在基于核心实体的开发方法当中, 一体化体系结构需要额外增加 OV-4、SV-4 和 SV-5。SV-5 通

过映射 OV-5 作战活动到 SV-4 系统功能, 把作战与系统视图集成在一个体系结构当中。作战活动从 OV-5 导出, 系统功能从 SV-4 导出, 所以在创建 OV-5 和 SV-4 之后就可以创建 SV-5。

除了 SV-5, 其它的作战与系统体系结构产品开发流程各包括 7 个步骤, 如图 3。其中前 4 步是手动输入进行创建的, 后 3 步是可以自动生成的。



图 3 基于核心实体的产品开发流程

3.4 CEBM 方法的优点

CEBM 方法使核心体系结构数据实现信息交换和系统数据交换, 而信息交换与系统数据交换用来生成作战视图与系统视图产品。同时, 保证作战视图产品与系统视图产品数据的相关性与一致性, 大大简化了整个体系结构的开发过程。另外, CEBM 方法允许一个产品多次完成, 通过不同的方法(如手动输入、自动生成等)完成整个产品的开发。

4 System Architect 中 CEBM 的应用

System Architect 是目前比较主流的体系结构开发工具之一, 最新的版本是 IBM Rational System Architect 11.3, 强调以数据为中心, 产品描述中有较规范的语法定义, 并提供一些平衡检查机制, 以保持产品设计数据的一致性。该工具提供了支持 CEBM 方法的产品开发框架。下面将结合实例阐述在 System Architect 中使用 CEBM 方法进行产品开发的基本步骤。

4.1 实例应用

笔者选用的实例是无人机 (unmanned aerial vehicle, UAV) 战场侦察系统: 战场侦察人员向目标控制中心检索目标数据; UAV 控制中心根据需要向 UAV 请求侦察数据; UAV 在 GPS 卫星的辅助下获

取目标的图像与位置信息。

由于作战与系统视图产品开发步骤相似，笔者只对作战视图产品进行讨论。

表 2 活动、节点、角色的三维关系

作战活动	作战节点	角色
管理摄像机操作	GPS 卫星	
管理摄像机操作	UAV 控制中心	侦察员、服务提供者
管理存储的目标数据	目标控制中心	应用数学专家
管理 UAV	UAV 控制中心	GPS 技术人员
管理 UAV 使命调度	侦察员	操作员

本系统的作战活动为管理 UAV 数据获取、管理 UAV 使命调度、管理 UAV、管理摄像机操作、管理存储的目标数据。作战节点有 GPS 卫星、UAV 控制中心、目标控制中心、侦察员、侦察目标。角色主要有侦察员、服务提供者、应用数学专家、GPS 技术人员、操作员等。活动、节点、角色的三维关

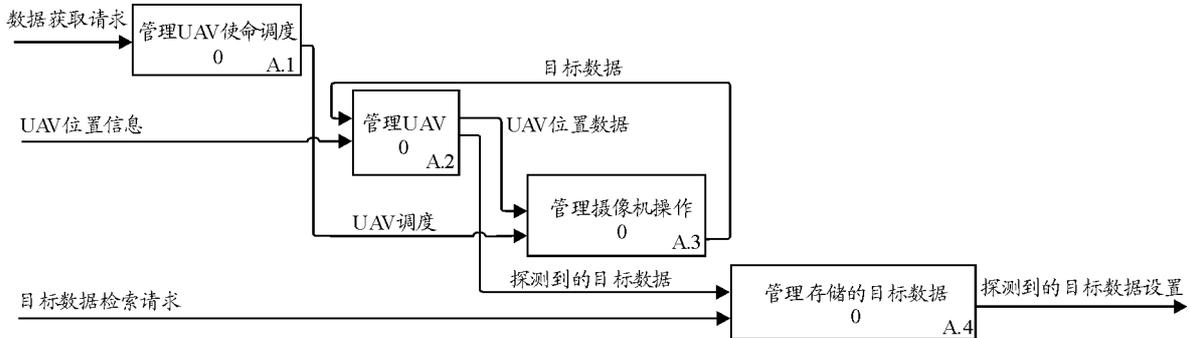


图 5 OV-5 活动图

2) 创建 OV-2 作战节点。

3) 创建 OV-4 组织单元以及组成组织单元的角色。OV-4 如图 6。

4) 按照表 2 建立作战活动、作战节点、角色的三维关系。

5) 重新打开 OV-2，将会自动出现相应作战节点执行的作战活动以及执行该活动的角色，如图 7；重新打开 OV-4，将会出现角色所位于的节点以及所执行的活动，如图 8；重新打开 OV-5，将会出现执行相应作战活动的作战节点与角色，如图 9、图 10。

系如表 2。

4.2 开发作战视图产品的步骤

System Architect 使用 CEBM 方法可以开发以下作战视图产品：OV-2、OV-3、OV-4 和 OV-5，符合一体化体系结构开发的需求。具体步骤如下：

1) 创建 OV-5 节点树、自动生成 OV-5 活动图的层次结构、添加输入输出箭头，完成整个 OV-5。完成此步后，OV-5 节点树、OV-5 活动图分别如图 4、图 5。

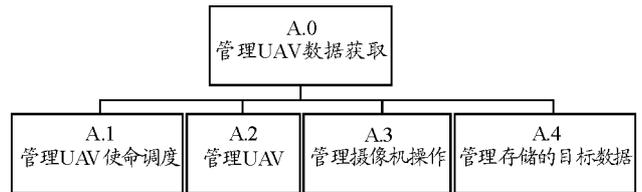


图 4 OV-5 节点树

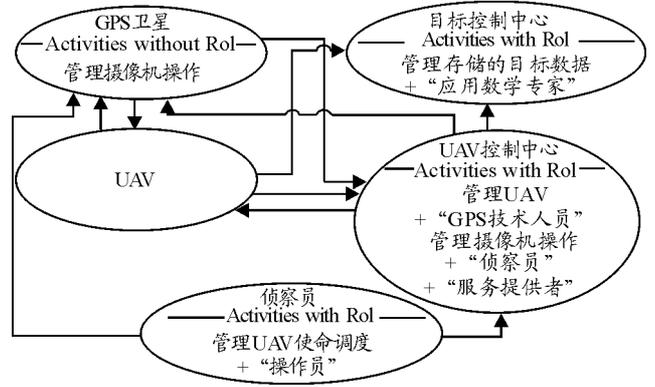


图 7 OV-2

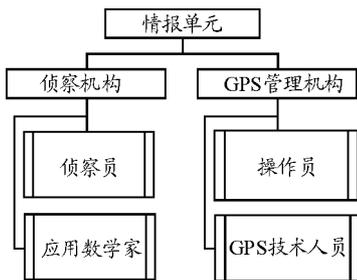


图 6 OV-4

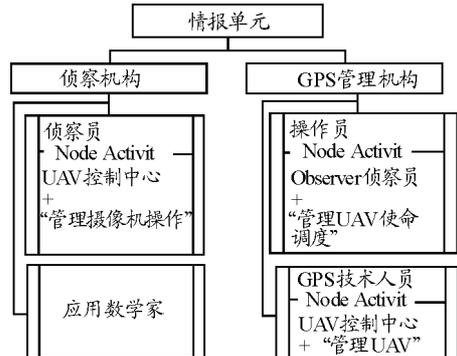


图 8 OV-4

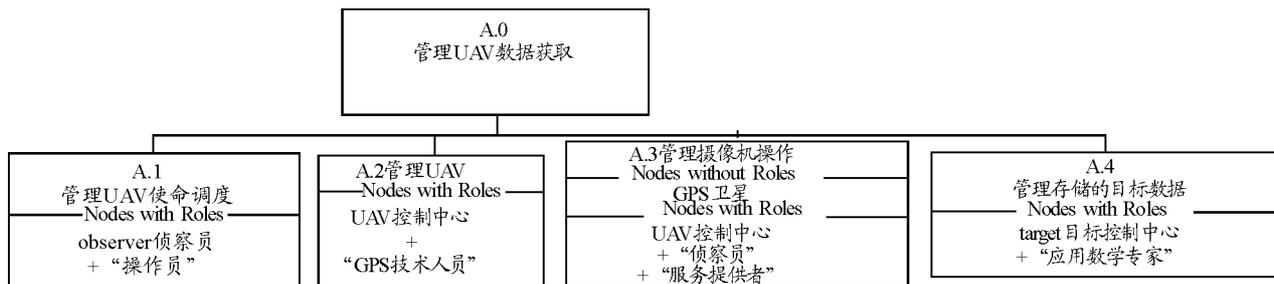


图 9 OV-5 节点树

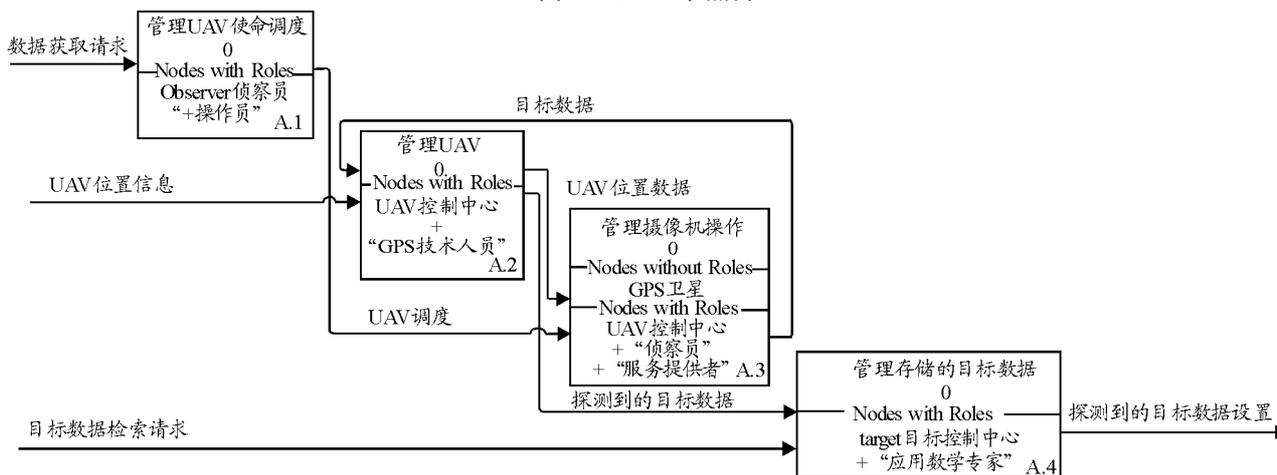


图 10 OV-5 活动图

6) 自动生成信息交换需求和需求线。

7) 返回 OV-2 图中, 自动生成相应作战节点之间的需求线, 如图 7。

8) 自动生成 OV-3。

4.3 开发系统视图产品的步骤

System Architect 使用 CEBM 方法可以开发以下系统视图产品: SV-1、SV-3、SV-4、SV-5 和 SV-6。其中 SV-3 和 SV-6 虽然不是构建一体化体系结构必须的产品, 但是完全可以自动生成。具体步骤如下:

1) 创建 SV-4 功能分解图, 自动生成 SV-4 数据流图的所有系统功能, 在系统功能之间添加数据流箭头, 完成整个 SV-4。

2) 建立功能、系统节点、系统三维关系。

3) 自动创建 SV-5。

4) 自动生成系统数据交换需求、系统接口和系统节点接口定义。

5) 自动生成 SV-1 系统接口图, 以便分析系统数据交换。

6) 自动生成 SV-3。

7) 自动生成 SV-6。

5 结语

应用结果证明: 基于核心实体的开发方法是解决综合电子信息系统一体化体系结构设计的有效方法, 是对以数据为中心的体系结构开发方法的发展与完善, 该方法除了强调体系结构设计数据的相关性、一致性外, 突出了作战活动和系统功能在体系结构设计中的重要地位和作用。而体系结构开发工具——System Architect 使该方法得到了充分利用。

参考文献:

- [1] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.0[R]. The United States: Department of Defense, 2004.
- [2] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.5[R]. The United States: Department of Defense, 2007.
- [3] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 2.0[R]. The United States: Department of Defense, 2009.
- [4] 徐斌, 许建峰, 沈艳丽. 美国国防部体系结构框架新发展[J]. 兵工自动化, 2010, 29(6): 54-56.
- [5] Steven J. Ring. An Activity-Based Methodology for Development and Analysis of Integrated DoD Architectures[C]. USA: 2004 Command and Control Research and Technology Symposium The Power of Information Age Concepts and Technologies, 2004.