

文章编号: 1001- 2486(2008) 02- 0112- 06

C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型*

余 滨, 段采宇, 饶德虎

(国防科技大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型在 C⁴ISR 需求建模中具有重要地位。概要分析了 C² 过程模型, 提出 C⁴ISR 系统军事需求描述的概念模型——分为“客体”、“主体”和“建模”三个部分, 给出了军事需求描述常用概念、术语的定义, 通过 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型说明了这些概念和术语的相互关系, 给出了 C⁴ISR 系统军事需求描述的基本要求; 示例说明了概念模型的合理性。

关键词: C⁴ISR 系统; 需求描述; 概念模型

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

A Conceptual Model for Describing C⁴ISR Military Requirements

YU Bin, DUAN Cai-yu, RAO De-hu

(College of Information System and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Conceptual model for describing military requirements of C⁴ISR plays an important role for modeling C4ISR requirements. Based on the analysis of the model for C² process, a conceptual model for C⁴ISR military requirements description is put forward. On the whole, the conceptual model comprises object, subject and modeling. At the same time, the common concepts and terminologies, which are often used to describe C⁴ISR requirements, are defined. With the help of the conceptual model for describing C4ISR military requirements, relations among these common concepts and terminologies are explained and clarified. Therefore, constraints and fundamentals for describing C⁴ISR military requirements are presented. Finally, an example about anti-air system is presented, which shows that the conceptual model is highly feasible and promising.

Key words: C⁴ISR; requirements description; conceptual model

C⁴ISR (Command、Control、Communication、Computer、Intelligence、Surveillance and Reconnaissance) 系统在我国被称为指挥自动化系统。在 C⁴ISR 系统中, 指挥和控制是基本功能, 计算机是核心技术设备, 情报信息是指挥控制的依据, 监视和侦察是获取情报信息的主要手段, 而通信则是它们的纽带。

IEEE 从用户角度(系统的外部行为)和开发者角度(一些内部特性)定义需求^[1]: (1) 用户解决问题或达到系统目标所需要的条件; (2) 为满足一个协约、标准、规格或其他正式制定的文档, 系统或系统构件所需要满足和具有的条件或能力; (3) 对上述条件的文档化的描述。从用户角度来说, 需求是“从系统外部能发现系统所具有的满足于用户的特点、功能及属性等”, 强调产品是什么样的, 而并非产品是怎样设计、构造的。从开发者角度来说, 需求是“指明必须实现什么的规格说明。它描述了系统的行为、特性或属性, 是对待开发系统的约束”。

IEEE 于 1996 年成立了体系结构工作组, 在综合已有的体系结构描述实践工作基础上, 制定了软件密集系统的体系结构描述标准^[2] (即 IEEE 标准 P1471- 2000), 提出了体系结构描述概念模型。

在深入研究 IEEE 提出的体系结构描述概念模型的基础上, 根据 C⁴ISR 系统的基本功能与特征, 本文提出了 C⁴ISR 系统军事需求描述的概念模型, 明确了 C⁴ISR 系统军事需求描述常用的概念和术语, 并说明这些概念和术语的相互关系, 提出对 C⁴ISR 系统军事需求描述的基本要求。

* 收稿日期: 2007- 07- 12

基金项目: 国家部委基金资助项目

作者简介: 余滨(1957-), 男, 副教授。

1 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型的基本结构

任何系统必定有其系统目标,具体的指挥控制过程(C²过程)就是C⁴ISR系统目标的体现。C²的实现过程,就是C⁴ISR系统的运行过程。因此,分析、评价、设计C⁴ISR系统都必须从C²过程开始。然而,对C²过程的认识和表述是困难的。人们构造了许多模型来说明和分析C²过程,但效果都不甚理想。目前,还没有被普遍接受的规范化、标准化的C²过程模型。

Joel S. Lawson 于 20 世纪 70 年代中期提出了 C² 过程的一种概念模型,至今仍被广为接受。该 C² 过程模型中,用“探测(Sense)、处理(Process)、比较(Compare)、决策(Decide)、行动(Action)”^[3]来刻画 C² 过程,如图 1 所示。

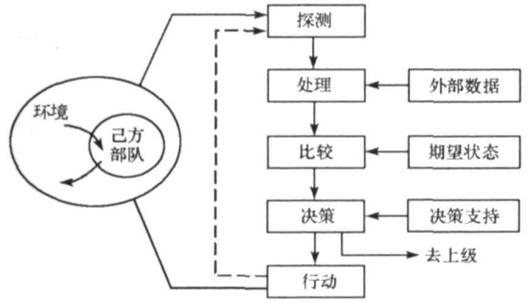


图 1 Lawson C² 过程模型

Fig. 1 Lawson's model for C² process

从 Lawson C² 过程模型可以看出, C² 过程的实施涉及两个关键因素:一是环境,二是作战任务。因为作战与其紧密相关的 C⁴ISR 系统是一个双边的问题, C⁴ISR 系统存在于作战环境中。在设计系统时,要考虑对方的干扰和破坏,在应用时要考虑对方是智能的敌人,会采取各种对策。这一点是 C⁴ISR 系统不同于一般系统,也是把环境作为基本概念集的基本原因。另一方面,作战任务是 C² 过程实施的目标, C² 过程的每个活动,包括“比较”、“决策”,都是围绕作战任务展开的。

分析 C² 过程以及 IEEE 提出的体系结构描述概念模型,提出图 2 所示的 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型。图 2 中,矩形框表示一类事物,如“使命”、“关注点”等;矩形框之间的连线表示两类事物之间的关联关系。关联可以是单向的,也可以是双向的;关联的每个方向上有一个关联名,以及该方向上的关联重数,关联名及其重数标识在该方向上直线的末端;二者均可缺省,缺省的关联的重数均为 1。直线末端有一个菱形的是特殊的关联关系,表示“整体一部分”关系,菱形紧挨着具有整体性质的一类事物。

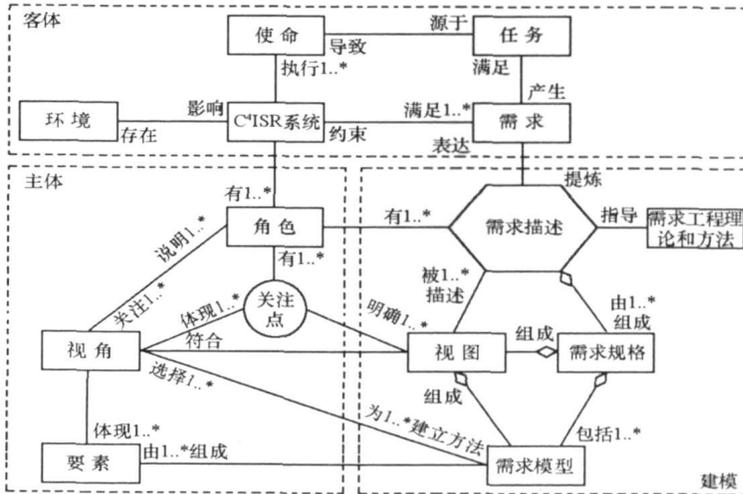


图 2 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型

Fig. 2 Conceptual model for C⁴ISR military requirements description

C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型大体上分成三个部分:“客体”、“主体”和“建模”。以下将就这三部分作具体说明。

2 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型“客体”

C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型“客体”是指所涉及的客观事物部分,包括“任务”、“使命”、“环境”、“需求”、“C⁴ISR 系统”和它们之间的关联关系(如图 2 所示)。“客体”分析的主要目的是产生、识别 C⁴ISR 需求。

任务(task)是“作战任务”的简称,是指武装力量(作战实体)在作战中所要达到的目标及承担的责任^[4]。图 2 中的作战任务是指 C⁴ISR 系统的用户可能承担的作战任务。作战任务明确了 C⁴ISR 系统的用户的作战活动范畴,规定了系统用户的职责范围,提出了用户遂行作战活动的具体要求。由于 C² 过程是 C⁴ISR 系统目标的体现,而作战任务是 C² 过程实施的根本目标,因此,C⁴ISR 系统军事需求描述也必然从作战任务开始。作战任务是产生 C⁴ISR 系统军事需求的根本源泉,是开发 C⁴ISR 系统军事需求的基础。任务决定系统使命,任务产生作战需求。

使命(mission)是“系统使命”的简称,是指将来使用 C⁴ISR 系统的用户为实现某些作战目标而对 C⁴ISR 系统的预期使用或操作的基本要求。由于作战任务是 C² 过程实施的根本目标,作战实体为了达成作战任务所制定的作战目标,必然或可能实施一系列作战活动(如图 1 所示的“探测”、“处理”、“比较”、“决策”等)。作战实体在实施作战活动的过程中,必然会对支持其作战活动的 C⁴ISR 系统提出一系列的期望或操作要求,从而导致系统使命的产生。因此使命源于作战任务。从图 2 可以看出,C⁴ISR 系统在一定环境中执行一个或多个使命。

环境(environment)是与系统使命相关的另外一个要素,决定 C⁴ISR 系统的范围、边界。系统存在于一定环境中,C⁴ISR 系统在一定环境中执行一个或多个使命;环境会对这个系统造成影响。任何 C⁴ISR 系统都有其生存与服务的大环境(具有强烈的对抗性和不确定性),用户要想“从系统外部能发现系统所具有的满足于用户的特点、功能及属性等”,就必须对 C⁴ISR 系统的环境有一个深入思考与准确定位。准确分析、定位与描述环境,是整个 C⁴ISR 系统军事需求开发的前提。环境中包括与 C⁴ISR 系统发生交互的其他系统,如保障装备、武器平台等。

需求是“作战需求(operational requirement)”的简称,是指为达到军事目的或完成军事任务,用户(作战实体)对 C⁴ISR 系统应具备的条件或能力的期望。值得注意的是,在这里之所以将需求表述为“期望”,是因为此处的需求并未被描述成需求规格,仅仅是用户脑海里对系统的一种“期望”。这种“期望”是客观存在的,往往是漫无边际的,用户面对所赋予的作战任务,总是期望 C⁴ISR 系统能解决 C² 过程中的所有问题。由于“期望”属于主观意识形态,常常具有浓厚的“只可意会,不可言传”的色彩。这也是 C⁴ISR 系统军事需求获取困难的主要原因之一。

任务、使命和环境构成了 C⁴ISR 系统必须满足的客观条件;“客体”是产生 C⁴ISR 需求的根本原因。

3 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型“主体”

C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型“主体”是指所涉及的“人为”的部分,包括“视角”、“角色”、“关注点”、“要素”和它们之间的关联关系(如图 2 所示)。“主体”分析的主要目的是归纳、提炼 C⁴ISR 需求的范围、内容。

视角(Visual Angle)是指风险承担者对 C⁴ISR 系统的认识角度。视角是一个抽象的概念,它与风险承担者集合及其关注点相关,而与具体的 C⁴ISR 系统无关;视角体现了风险承担者对 C⁴ISR 系统的关注点,例如:用户往往从应用角度,即“系统能干什么”来看 C⁴ISR 系统;系统设计人员往往从设计角度,即“系统的基本结构、基本功能是什么”来看 C⁴ISR 系统;系统实现人员往往从实现角度,即“系统将采用什么技术”来看 C⁴ISR 系统。

角色(Character)指对 C⁴ISR 系统有利益关系或关注点的人员、团队或组织。对一个 C⁴ISR 系统来说,一般有多个角色,包括使用 C⁴ISR 系统的各类军事人员(直接用户、间接用户)、系统分析人员、C⁴ISR 体系结构设计人员、系统研制人员、关键技术研究人员、装备采办人员、项目管理人员、决策管理机关,等。

关注点(Attentional Point)^[2]是那些与 C⁴ISR 系统开发、运行及其他方面有关的利益,它们对系统的角色是至关重要的。C⁴ISR 系统的关注点包括:系统的目标、使命、功能,开发风险、可行性,系统的性能、可靠性、安全性、分布性和可演化性等。不同的角色对 C⁴ISR 系统的关注点有相同的地方,也有不同的地方。一个角色可以有一个或多个关注点,多个角色可能都对某一个关注点感兴趣,如图 3 所示。图 3 中,三个不同角色集合各自拥有不同的视角,在这三个视角的投影下得到三个不同视图。其中,视图 1 与视图 2 有重叠的部分,这说明角色集合 1 和角色集合 2 的关注点集合有一定的联系,例如决策管理机关(投资者)与系统用户,他们可能对 C⁴ISR 系统的能力均非常关心。

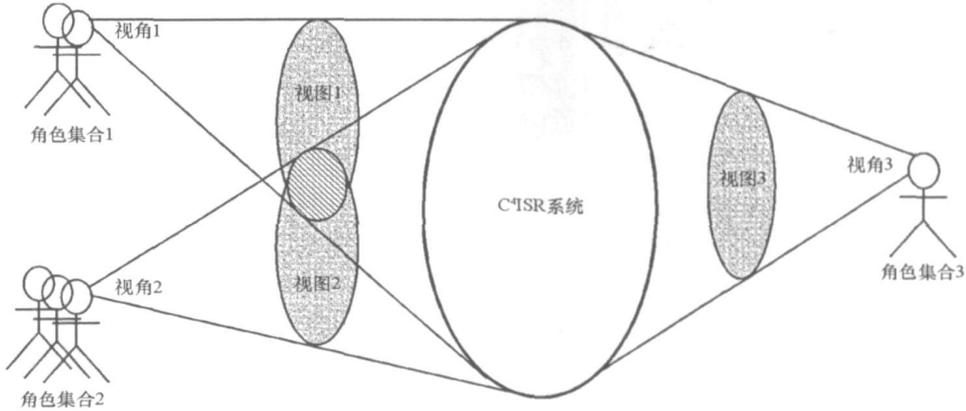


图 3 视角与视图的关系

Fig. 3 Relation between visual angle and view

要素(Element)是指人们描述需求时所考虑的主要因素。它与角色的视角相关,是视角的具体体现。C⁴ISR 系统军事需求描述必须考虑的基本要素有:

- (1) 作战要素:包括作战概念、作战空间等;
- (2) 系统要素:包括系统使命、功能、性能等;
- (3) 信息要素:包括信源、信宿、信息属性等;
- (4) 关系要素:包括任务与活动的关系、活动与信息的关系、活动与功能的关系等。

角色、视角、关注点和要素构成了 C⁴ISR 系统军事需求描述所必须考虑的“人为”的因素。由于角色包括用户方(军事人员)与开发方(技术人员),在研究领域、考虑问题的方式和角度,以及专业知识结构等方面存在差异,因此如何使他们对 C⁴ISR 系统的需求的理解达成共识,是 C⁴ISR 系统军事需求描述需要解决的根本问题。

4 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型“建模”

C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型“建模”是指所涉及的模型构建部分,包括“需求描述”、“视图”、“需求规格”、“需求模型”、“需求工程理论和方法”和它们之间的关联关系(如图 2 所示)。“建模”分析的主要目的是确定 C⁴ISR 需求描述的过程、技术、形式等。实际上,没有一个清晰、毫无二义性的“需求”术语存在;“需求”是人们对 C⁴ISR 系统的一种主观期望,真正的“需求”存在于人们的脑海中,任何文档形式的需求仅仅是一个模型、一种叙述或描述;关键是角色能对需求有一致的理解。正因为如此,在某种意义上可以将需求描述视为一个建模过程。

需求描述(Requirements Description)就是用规范的文档形式描述所获取的需求,建立需求规格说明书。在 C⁴ISR 系统军事需求开发过程中,需求描述将贯穿于整个需求开发过程。由于角色在各自的研究领域、考虑问题的方式和角度以及关注点的差异,不同知识背景人员(如军事人员、技术人员等)之间在传达与理解 C⁴ISR 系统军事需求方面一直面临着准确性和效率问题,如果缺乏恰当交流方式,必然导致角色之间难以达成共识。

视图(View)是 C⁴ISR 系统军事需求在某个特定视角的表示,回答角色的一个或多个关注点。视图

是根据视角开发得到的;角色的视角体现了角色对 C^4 ISR系统的关注点,是建立、描述和分析视图的准则和规范,规定了描述 C^4 ISR系统军事需求的视图的语言(包括概念、术语集合、模型等)、建模方法以及对视图的分析技术。可以选择一个或多个视图描述 C^4 ISR系统军事需求,视图的选择应以需求描述支持的角色及其关注点为依据。

需求规格(Requirement Specification, RS)是军事需求工程的主要结果(产品),即IEEE定义中第三条“文档化的描述”,它通常包括一系列视图。需求规格定义系统所有必须具备的特性,对具体实现不做限制;需求规格实现角色之间的通信,为系统设计提供基础,并支持系统演示验证;同时,它也可以作为角色之间的协议的基础。

需求模型(Requirement Model)是为使角色对 C^4 ISR需求形成一致理解,用适当的形式或规则把存在于角色的脑海中的 C^4 ISR系统的需求的主要特征描述出来所得到的模仿品。需求模型依据建模要素,按照视角定义的方法建立,一个需求模型可以用于描述一个或多个视图。一个视图包括一个或多个需求模型。需求模型可以分为面向实体和面向任务两部分,面向实体的部分包括实体和关系,面向任务的部分包括任务序列、任务、动作和交互等。通过面向实体的部分可以对事物的静态关系和结构进行基本描述,而通过面向任务的部分则可以对事物的动态行为和过程进行基本描述。通过静态与动态的有机结合,则达到完整地描述需求的目的。

需求工程理论和方法主要用于指导 C^4 ISR系统军事需求描述的过程。由于需求描述的基本目的就是建立需求规格说明书,因此关于 C^4 ISR系统的需求工程理论、方法研究的核心也是围绕需求规格展开的,它致力于寻求以下几点支持:需求规格的表达、获取机制;需求规格文档制作及品质保证机制;需求规格的演示验证机制。

需求模型、视图、需求规格以及需求描述构成了 C^4 ISR系统军事需求描述概念模型“建模”的基本框架。它表明 C^4 ISR系统军事需求描述必须针对角色展开,通过视图回答角色的一个或多个关注点。需求描述的产品是需求规格;视图是需求规格的组成部分,但不是需求规格的全部,需求规格还应说明视图之间关系以及其他内容。

5 应用示例

下面,以野战防空旅的 C^4 ISR系统^[6]对本文研究做出说明。

野战防空旅的作战任务是保护防御区域内的重点目标,对敌空袭兵器进行打击。防空作战的原则可以用“尽早发现,快速反应,准确判断,精确打击”来概括。该任务和原则导致了野战防空旅提出建立 C^4 ISR系统的需求。

防空作战过程本质上是外部环境(如:敌情)与传感器、指挥控制中心、射手之间的一个物质、信息、能量交换的过程。野战防空旅的作战任务导致了系统使命,即有效支持这一过程并提高这一交换过程的效率。

基于作战任务,野战防空旅提出了 C^4 ISR系统的军事需求,其中包括:空中情报信息的获取;旅指挥部和下属三个营指挥部各自对空情进行处理与态势评价;及时准确地传递信息;产生目标分配方案等。该需求是 C^4 ISR系统的用户(野战防空旅)对 C^4 ISR系统应具备的条件或能力的期望。

野战防空 C^4 ISR系统在一定的环境中执行使命。环境包括野战防空旅防御的主要目标(飞机、导弹等),防空武器系统(地空导弹、高射炮等),地理环境等。环境影响系统,例如目标的属性(包括目标体积、形状、表面材料等)直接影响探测系统的类型、功能、性能等方面,目标的属性对探测系统提出要求。

与野战防空 C^4 ISR系统有利益关系的角色包括装备主管部门、用户(旅、营指挥部)以及系统开发部门。不同角色集合各自拥有不同的视角,用户比较关注系统对野战防空作战的影响;装备主管部门比较关注 C^4 ISR系统对整体作战能力的影响以及系统的成本;系统开发部门则比较关注系统的各项战技指标。用户和装备主管部门更多地是从具体的野战防空作战角度看 C^4 ISR系统;系统开发部门则更多地是从系统实现角度看 C^4 ISR系统。

需求模型将根据不同视角,回答角色的一个或多个关注点,建立视图。例如,用户和系统开发者同

时关心 C⁴ISR 系统对作战活动的支持,用户关心系统能支持我哪些活动,支持到什么程度;系统开发者则关心你有哪些活动我能够支持。通过 IDEF0 方法建立作战活动模型,双方可以基于作战活动模型进行交互:防空旅指控中心从雷达站获得空中情报信息,评估空情;各营指挥部依靠各营配备的雷达获得空中情报信息,将态势上报给旅指控中心;旅指控中心综合考虑自身的态势评价与营指挥部上报的态势,得到一个新的更全面的态势,产生目标精确信息、作战命令,下达到各防空营。图 4 是该系统顶层活动模型。

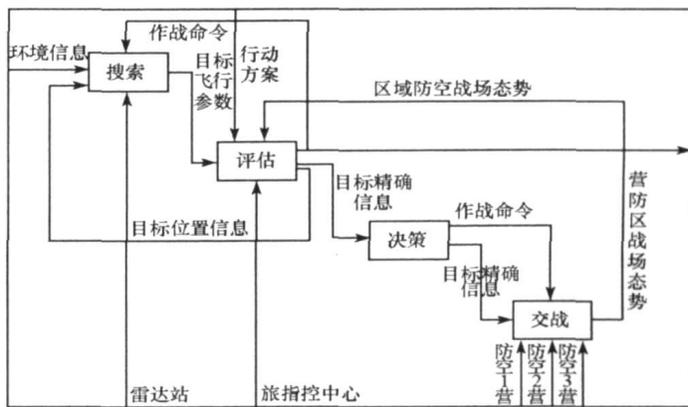


图 4 旅防空系统顶层活动模型

Fig. 4 Top active model of brigade anti-air system

6 结束语

本文提出的 C⁴ISR 系统军事需求描述的概念模型,给出了军事需求描述常用概念、术语的定义,通过建立 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型说明了这些概念和术语的相互关系,并提出了军事需求描述的基本要求。值得说明的是,本文只对 C⁴ISR 系统军事需求描述的概念与内涵作了高度抽象,未涉及需求描述的具体方法;另一方面,对 C⁴ISR 系统军事需求描述概念模型的讨论仅限于概念和结构方面,其应用研究将另行详细叙述。

参考文献:

- [1] Dorfman M, Thayer R H. Standards, Guidelines and Examples on system and Software Requirements Engineer[M]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1990.
- [2] IEEE Std. 1471- 2000, IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-intensive Systems [S]. 2000.
- [3] Lawson J S. Command and Control As a Process [J]. IEEE Control Systems Magazine, March 1981: 5- 12.
- [4] 总参谋部. 中国人民解放军军语[S]. 北京: 军事科学出版社, 1997.
- [5] 希金斯 D K. 指挥控制概论[R]. 电子工业部第 28 所情报部, 1996.
- [6] 罗雪山, 朱德成, 沈雪石. IDEF0 方法在军事综合电子信息系统设计中的应用[J]. 国防科技大学学报, 2001, 23(3): 88- 92.
- [7] Andrade J, Ares J, Garcia R, et al. A Methodological Framework for Viewpoint-oriented Conceptual Modeling[J]. IEEE Trans. Software Eng., 2004, 30(25): 282- 294.
- [8] DoD Architectures Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.0 [R]. Department of Defense, 2004.