

C4ISR 系统概念模型元素研究

丁晓剑, 孙丰鑫

(信息系统工程重点实验室, 江苏 南京 210007)

摘 要: 概念模型是 C4ISR 系统建模过程中的一个重要环节, 目前 C4ISR 系统概念模型的研究对模型元素的描述不够细化. 由此将 C4ISR 概念模型的 5 个核心元素扩展为 14 个元素, 并分析了它们的特性, 包括属性、特征等要素. 给出了从规范化文档中抽取模型元素的方法, 实例表明该方法是可行的.

关键词: 概念模型; 模型元素; C4ISR; 抽取

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)05-0079-04

Research of Conceptual Model Elements of C4ISR System

DING Xiao-jian, SUN Feng-xin

(Science and Technology on Information Systems Engineering Laboratory, Nanjing 210007, China)

Abstract: Conceptual model is an essential part of the process of C4ISR system modeling, and less detailed description of model elements is available for conceptual model so far. Five core elements of conceptual model are decomposed into fourteen elements, and their properties, including attribute, feature, etc., are analyzed. Extraction method of model elements from standardized document is presented, and the examples show that the method is feasible.

Key words: conceptual model; model elements; C4ISR; extraction

1 引言

C4ISR 系统 (Command、Control、Communication、Computer、Intelligence、Surveillance and Reconnaissance) 是全军一体化指挥自动化系统, 能在各种范围军事作战中支持指挥员进行计划、指挥和控制部队而设计的一体化的信息系统^[1]. C4ISR 系统的需求获取和开发过程是复杂的系统工程, 需要借助仿真模拟技术来提高开发效率和减少开发风险.

概念建模被认为是在仿真开发过程的最重要的阶段之一, 是需求的规划化表示过程^[2]. 概念模型可以作为指引, 用在仿真开发的分析和需求阶段, 能够使领域专家和仿真人员对仿真系统开发过程需求和表示等重要性的认识进一步深化. 然而在现有的研究中, 军事概念模型技术发展较慢, 在效率和效果上

均难以满足现代作战仿真的需求. 对建模仿真的不同理解会建立不同定义的概念模型, 这些不同定义的模型为一致理解和重用造成了困难. 所以, 在 C4ISR 领域概念模型的研究至关重要.

2 概念模型研究现状

概念建模过程包括了知识获取、知识在不同形式下的表示、知识的验证和利用这种知识作为模型细化的基础. 文献[3-6]给出了概念模型开发的四个步骤: (1) 收集权威信息; (2) 分解任务空间; (3) 描述仿真元素; (4) 确定仿真元素之间的关系. 文献[3]主要介绍了概念模型的三部分内容: 仿真背景、任务空间和仿真空间, 并简要地描述了任务空间的组成元素: 实体、动作、活动、作业、交互; 文献[4-6]描述了仿真的内容 (实体、行动、任务、过程、交互等); 文献[7]建立的军事概念模型从系统外部宏观地描述系

收稿日期: 2013-07-03; 修回日期: 2013-08-30

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61173040)

统组成元素之间信息的交换,包括实体、任务、动作序列等元素.

上述文献对军事概念模型的开发过程和开发方法做了详细研究,但对仿真元素的描述比较笼统,没有给出系统的分析.本文对在 C4ISR 系统的领域特性的基础上,研究了军事领域概念模型元素的特点、属性以及特性,并给出了 C4ISR 仿真概念模型中通用模型元素及其属性特征的定义.

3 军事概念模型元素

C4ISR 系统的概念模型描述内容主要包括任务、实体、目标、状态和行为五个核心要素,如图 1 所示.其核心思想在于“一个作战实体(Entity)根据高层使命(Mission)完成多个作战任务(Task)”.对于实体,像使用者、角色和对象都是特殊的实体要素,所以将这三种元素作为扩展单独列出.同样,使命和输入/输出要素由任务要素扩展得到,状态转移和事件要素由状态要素扩展得到,算法要素由行为要素扩展得到.模型元素主要有实体、使用者、角色、对象、状态、状态转移、事件、使命、任务、目标、手段、输入/输出、算法.

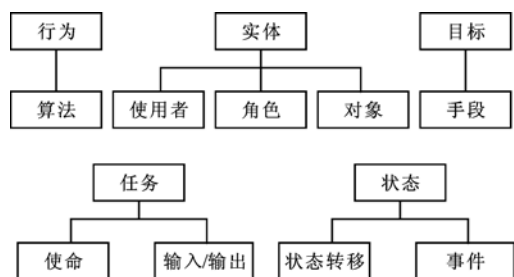


图 1 概念模型元素

4 模型核心元素解析

4.1 实体核心元素

实体是在使命空间中拥有自身特性的任意存在.一个实体可能是一个使用者,机构,设施,物资,装备或对象.实体的一些类别会被定义为特殊的元素,例如使用者.实体的特性如表 1 所示.

在表 1 中,给出了实体的十种特性,其中“种类”特性用来说明实体是设施、信息、武装、传感器、物资或特征的一种.该列表是可扩展的,并非强制将实体划分到某种类中,因为有些实体是没有实际意义的.

实体的属性可能属于真实世界,也可能是属于仿真系统中特有的一种属性.例如,战斗机在真实世界中存在加速度且可以度量,但在真实世界中并没有指定该实体的缺省加速度值.它仅用来定义实体

在仿真建模中的行为.所以,有必要将属性分为在仿真中或现实中,以区分是在使命空间或仿真空间中.

表 1 实体的特性

实体特性	说明
名称	实体的专门名称
代号	实体的唯一标识
类型	用来表示实体的来源,例如它是从哪个元素继承而来
种类	设施
	物理设施,如建筑,军事工事
	信息
	没有任何功能或实际不存在的实体,如数据库记录
	武装
传感器	有攻击能力的实体,如战斗机,士兵,军队
	在战场上有特殊能力的实体,如电子战设备,雷达
	物资
特征	在战场上有专门能力的,可消耗的实体,如子弹
	地形上点、线状实体,如桥
假定	关于实体的任意假定(对真实或仿真系统)
限制	关于实体的任意限制(对真实或仿真系统)
属性	列举实体的所有属性
行为	列出实体的所有行为和能力
状态	表示实体当前所处的状态
关系	列出实体与模型其他元素的关系

属性可以是固定的,在数据库中初始化,系统运行时不改变它的值,例如实体的物理特性.其它的属性可能开始赋予一个初始值,然后在运行不断更新,例如实体的位置和速度.

4.1.1 使用者

使用者元素表示种类为“使用者”的实体.使用者为负责执行任务的实体.一个使用者在使命空间中可能含有多个角色.使用者继承了一个普通实体的所有特性.

4.1.2 角色

角色表示不同使命中的使用者在不同任务中的定义.不同使命中的不同角色可能还有相同的使用者.这样,使用者的定义一旦加入系统,就尽量不去变动;角色根据不同需要动态地创造.角色执行或负责不同的任务.

4.1.3 对象

对象是在剧情执行时实时存在的特殊的实体.在概念建模过程中,它用来表示实体的可能的指定类型.例如“空中武装”有许多对象,如苏-27,米-26.通常有行为的实体和种类为“武装”、“物资”或“传感器”的实体才会创造对象.

4.2 任务核心元素

任务与使命有着相同的特性.相比使命,它用于更细节的活动的描述.

4.2.1 使命

使命为仿真系统期望完成的高层任务.系统的

使命可以认为是系统建立的目标,与美国任务空间概念模型(Conceptual Model of the Mission Space, CMMS)^[8]中的 EATI(Entity、Action、Task、Interaction)方法中定义的任务类似.使命包括两个或多个实体与这些实体的任务的协作,使命的特性如表 2 所示.

表 2 使命的特性

使命特性	说明
名称	使命的专门名称
代号	使命的唯一标识
说明	使命的详细解释
前置条件	执行使命前的必须条件
后置条件	使命结束前需要执行的条件
假定	关于使命的任意假定(对真实或仿真系统)
约束	关于使命的任意限制(对真实或仿真系统)
地理特性	执行使命时所处的地形或位置

在表 2 中,前置条件可以用下面定语表示:“如果”或“当”某条件发生,“开始”该使命.同理,前置条件可以用下面定语表示:“如果”或“当”某条件发生,“暂停”、“终止”或“完成”该使命.在地理特性中,通常会定义一个与使命相关联的实体“地形”,以表示使命执行时的地理条件.

4.2.2 输入/输出

输入是执行任务所需信息,输出是执行完任务产生的结果.为方便介绍,将两者通常为任务流.任务流的特性如表 3 所示.

表 3 任务流的特性

任务流特性	说明
名称	任务流的专门名称
代号	任务流的唯一标识
说明	任务流的详细解释
属性	列出任务流的所有属性
假定	关于使命的任意假定(对真实或仿真系统)
约束	关于使命的任意限制(对真实或仿真系统)
关系	列出任务流与其他任务流和使命和任务的关系.

4.3 状态核心元素

状态是一个实体可能存在的或在一时间点执行某操作时所处的条件.一个实体在其生命期中有一系列的状态.从状态衍生的元素有“状态转移”和“事件”.

当某条件满足时,一个实体从一个状态变到另一个状态,这种变化过程称为状态转移.描述一个转

移需提供下面的信息:源端,目标端,转移条件和引发转移的事件.

事件是对一个在时间和空间上占有一定位置的有意义的事情的详细说明,事件产生的原因有调用、满足条件的状态的出现、到达时间点或经历某一段时间段等.

4.4 行为核心元素

实体的行为一般可由它的能力得出,如果实体的某一能力代表一种复杂行为,并要求进一步解释,那么就要定义算法元素.

用来决定在系统中和关联的实体中使用的算法,是实体的一种类型.在这种层次上无需列出在系统中使用的所有算法;算法不提供任何的执行知识.算法实体实际上是系统行为的详细说明,用于一个或多个实体.算法本身不含有任意属性,它利用其他实体的属性作为输入.

4.5 目标核心元素

目标核心元素表示使命或任务期望完成的目标.目标与手段相连,用来任务是否达到了目标.目标有如下特性,见表 4.

表 4 目标的特性

目标特性	说明
名称	实体的专门名称
说明	任务流的详细解释
手段	列出如果达到目标时需要评估的手段
完成状态	列出目标是否成功的手段的条件

手段是一种度量信息,来决定目标是否完成.有如下特性,见表 5.

表 5 手段的特性

手段特性	说明
名称	手段的标识
单位	手段的单位
值	评估手段的值

5 模型元素抽取规则

在概念建模过程,模型元素识别活动是无序的,它是一个迭代的过程.为了加快迭代,有必要尽快地定义这些元素.一般情况开发者根据元素的定义利用需求文档抽取元素.

需求的定义包括从用户角度(系统的外部行为)和开发者角度(内部特性)来阐述需求.需求不仅要包括系统要完成的目标,还描述了系统的行为、特性

或属性. 如在 IEEE 标准所述^[9], 需求说明应该是“完备的, 一致的, 可修改的和可追踪的”. 虽然在需求说明不完美的情况可以开发概念模型, 但是需求的质量直接影响到模型的质量.

5.1 抽取方法

首先, 应该从需求中抽取主要的模型元素, 然后其他的元素和细节再在以后的步骤中迭代的产生. 下列重要的模型元素应该首先识别: 实体、使用者、

角色、属性、行为、使命、任务、目标和输入/输出. 本文对从需求文档中如何抽取模型元素给出了初步的探讨. 所做的工作不一定适用于 C4ISR 系统所有可能存在的情况, 但是对抽取的过程有所帮助.

利用需求文档中的简单的陈述句来说明. 陈述句由主语, 动词和语句间连接词如介词, 名词, 代名词, 副词和前置词组成. 根据语句元素的结构来抽取出相关的模型元素, 如表 6 所示.

表 6 模型元素抽取方法

语句元素	模型元素	描述
主语	实体	主语通常为一个实体, 或者提供一个实体的更多信息. 该实体同样可能为一个使用者或者一个角色.
名词	实体	名词通常代表一个实体. 它同样可能为一个使用者或者一个角色. 如果在语句中存在使命或任务信息, 名词可能为输入, 输出, 目标或方法中的任一种.
人物代名词	使用者, 角色	当语句中出现人物代名词(我, 我的, 我们的)时, 为使用者或者角色元素.
形容词	实体的属性	形容词通常为名词所修饰的属性.
副词	关系或者属性的信息	当副词用来修饰动词时, 它通常会给一个关系提供信息. 当副词用来修饰形容词时, 它通常会给实体的属性提供信息.
(及物)动词	任务/使命	当及物动词是作用动词时, 需要一个直接的对象, 表明一个任务(作战飞机以及锁定目标). 如果主语是一个使用者, 动词可能为该使用者的角色, 或者使用者需要完成的任务. 如果是非作用动词, 它可能为实体的相关行为.
前置词	关系	与动词相连, 定义了任务与实体的关系.

5.2 文档抽取实例

根据表 6 给出的模型元素抽取方法, 本节给出几个实例来试验模型元素抽取的过程.

5.2.1 实例 1

例如: “战场环境由自然环境和军事环境构成”. 在该句中“战场环境”是主语. 它是一个实体, 表示用户需要仿真的目标. “自然环境”和“军事环境”是该句的名词, 表示两个实体. “构成”为该句的动词, 但它不代表一个任务. 前置“由”, 可以理解为主语和名词间的部分/全部关系.

5.2.2 实例 2

例如: “最多一百架作战飞机能够被模型所模拟”. 在该句中“作战飞机”是主语, 同时也是一个实体, 表示用户需要仿真的目标. “一百”是修饰实体的形容词, 描述了实体的属性. “最多”是形容词“一百”的副词, 用来修饰形容词. 所以, “最多一百”是“作战飞机”的一个属性, 值为“一百”.

6 结束语

本文探讨了 C4ISR 领域概念模型所要建模的

元素, 并分析这些元素的特性, 包括属性、要素和特征等. 最后从需求文档的角度给出了初步抽取概念模型的方法. 这些工作对将来进一步研究概念模型中元素之间的关系, 进一步完善 C4ISR 领域完整概念模型的建立奠定了基础.

参考文献:

- [1] 柏晓莉, 柏晓辉, 张耀鸿, 等. C4ISR 系统开发的仿真支持集成框架研究[J]. 微计算机信息, 2008(34): 226-228.
- [2] 张向波, 孙文波. 仿真概念模型的需求获取[J]. 航空计算技术, 2005, 35(4): 88-93.
- [3] 王勇, 马萍, 杨明, 等. 仿真概念模型的开发过程研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(s2): 17-23.
- [4] 黄俊领, 谭东风, 张向波. 军事仿真概念模型开发研究[J]. 计算机仿真, 2005, 22(2): 15-18.
- [5] 张向波, 黄俊领. 军事仿真概念模型及其开发过程研究[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2004, 26(2): 29-32.
- [6] 胡军, 陈新. 军事仿真概念模型的开发方法研究[J]. 实验科学与技术, 2006(5): 14-17.

(下转第 86 页)

表 2 读写数据对比

SRAM_to_FLASH		FLASH_to_SRAM	
地址	写	地址	读
0xFFFE_0000	0x12	0xFFFE_1000	0x12
0xFFFE_0001	0x34	0xFFFE_1001	0x34
0xFFFE_0002	0x7C	0xFFFE_1002	0x7C
0xFFFE_0003	0x85	0xFFFE_1003	0x85
0xFFFE_0004	0x0F	0xFFFE_1004	0x0F
0xFFFE_0005	0Xac	0xFFFE_1005	0xAC
0xFFFE_0006	0x6B	0xFFFE_1006	0x6B
0xFFFE_0007	0x2E	0xFFFE_1007	0x2E

5 结束语

为了使所设计的 NOR FLASH 控制器具有良好的兼容性和高效率,本文提出了一种采用软硬件相结合的方案实现控制器.实验验证表明,该控制器不仅适用于高速通信系统中,而且对于不同型号的 NOR FLASH,只需要修改硬件中的配置寄存器和软件中的命令参数即可实现移植,控制器具有良好的复用性.

参考文献:

[1] 梁宏明,胡东伟,陈杰. SOC 中 NAND Flash 控制器的

一种新型结构和实现方法研究[J]. 微电子学与计算机,2009,26(6):89-92.

[2] Eyee Hyun Nam, Bryan Suk Joon Kim, Hyeonsang Eom, et al. An Out-of-Order Flash Memory Controller Architecture[J]. IEEE Transactions on Computers, 2011,60(5):653-666.

[3] 王顺. 基于 OPB 总线的 NAND FLASH 控制器设计与验证[D]. 长沙:湖南大学,2009.

[4] 彭维. 基于 PLB 总线的用户 IP 核接口技术研究[D]. 安徽:合肥工业大学,2011.

[5] 夏宇闻. Verilog 数字系统设计[M]. 第 2 版. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.

[6] HARRIS David Money, HARRIS Sarah L. Digital design and computer architecture[M]. USA: Morgan Kaufmann, 2007.

[7] 王彬,任艳颖. 数字 IC 系统设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2005.

[8] 肖鹏,刘新宁,杜洪华. 基于 AMBA 总线的 NAND FLASH 控制器软硬件划分设计[J]. 现代电子技术, 2008, 31(2):1-3.

作者简介:

陈超文 男,(1989—),硕士研究生. 研究方向为 SOC/SIP 系统芯片技术.

(上接第 82 页)

[7] 郑娟,冯书兴,曹裕华. 军事概念模型分阶段分层次开发过程研究[J]. 计算机仿真,2007,24(7):9-12.

[8] Dms0. Conceptual models of the mission space (CMMS) technical framework[R]. USA: Defense Modeling and Simulation Office,1997.

[9] IEEE Computer Society. IEEE Recommended Practice

for Software Requirements Specifications[S]. IEEE Std 830-1998: Los Alamitos, CA, 1998.

作者简介:

丁晓剑 男,(1982—),工程师. 研究方向为概念模型、系统仿真技术.