

战场环境元模型层次体系研究

孙国兵 黄金杰 高雅娟

(哈尔滨理工大学自动化学院 哈尔滨 150080)

摘要 现有的元模型层次体系使用势值和层值来表示元模型元素,没有考虑到相同概念在不同元模型层的重复定义。为了解决这一问题,在战场环境仿真领域提出了基于势值和空间值的元模型层次体系。势值指各层中元素可以实例化的次数,而空间值用来表示元模型层的元素是否可以进行隔层的实例化。

关键词 战场环境,元模型层次,势值,空间值

中图分类号 TP391.9 **文献标识码** A

Research on Battlefield Environment Metamodel Hierarchy

SUN Guo-bing HUANG Jin-jie GAO Ya-juan

(School of Automation, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract Currently potency and level values are used to present the metamodel hierarchy, but the problem that the same concepts could be defined in the different levels is not taken into account. In order to solve the problem, potency and domain field values were proposed to present the metamodel elements in the domain of Battlefield Environment (BE) simulation. The potency values are the instance times of level factors and the domain field values present whether the factors can be instanced between different level.

Keywords Battlefield environment, Metamodel hierarchy, Potency value, Domain field value

目前,人们越来越重视所开发模型的重用性,这是软件工程发展的结果,也是仿真系统发展的要求。模型重用是以避免重复建模为主导思想,以尽可能使用成熟的模型为手段实现降低仿真系统开发成本的系统化过程^[1,2]。提高模型的可重用性,可以从两个方面入手:一方面是提高系统开发人员的模型重用意识,另一方面则是提供支持重用的建模方法。对战场环境仿真系统而言,由于其本身的复杂性和仿真需求的不同,都可能要求建立不同的环境模型,这样更加要求提高战场环境模型的可重用性,并且应该是更高层面上的可重用性^[3]。另外,战场环境仿真用户对于多分辨率环境模型的需求也越来越多,甚至相同的仿真系统对同样的环境要素也提出不同的分辨率需求。因此就必须提出一种既可以提高环境模型重用性同时也可以兼顾到多分辨率需求的方法,这种方法关心的重点不再是代码实现的细节和复杂性,而是模型本身的逻辑及其可重用性。现有的战场环境建模方法都是针对特定问题而提出的^[4,5],很少对模型的可移植性和重用性进行深层的分析。一些研究人员针对这一问题,从数据的角度提出了使用环境数据库及数据转换来提高数据的重用性^[6-8],并取得了很好的效果。然而很少有研究人员从建模方法的角度,给出支持重用的战场环境建模方法。

基于元模型的建模方法是从更高的层面上支持模型的重用。为了从模型角度研究环境模型的重用性,本文研究了战场环境的元模型体系,旨在为基于元模型的战场环境建模方

法奠定基础。首先对元模型进行了简单的分类,确定所研究的元模型类别;然后通过现有元模型的定义,给出战场环境元模型层次体系的定义及附加属性,并提出战场环境元模型四层体系;最后针对现有元模型元素表示方法的不足,提出使用势值和空间值来具体表示战场环境元模型元素——大气密度,并给出使用此大气密度元模型实现环境模型的过程。

1 元模型分类

元模型技术的发展适应了MDA(Model Driven Architecture)发展的需求。MDA是由对象管理小组OMG(Object Management Group)提出的软件开发框架,此框架通过提高模型的层次表达和抽象能力来提高软件的设计和开发水平,并通过在模型上利用转换规则来最终生成代码。这样,开发人员关注的重点就可以转到逻辑设计上来,不用过多地考虑实现的代码细节和复杂性。为此元模型研究人员对元模型进行了更加具体的分类。

软件工程中的元模型可以具体分成两个类别^[9-11]。

(1)语言(Linguistic)元模型:使用元模型来描述建立模型所使用的语言语法。这类元模型不需要具体与真实世界的映射关系。语言元模型的实例化关系使用instance_of来表示,它是建元和建模中的语言的实例化,例如画家是对象(Object)的一个实例。

(2)本体(Ontological)元模型:使用元模型来描述特定的

到稿日期:2010-03-29 返修日期:2010-06-27 本文受国家自然科学基金(60575036),黑龙江省自然科学基金(F0316)资助。

孙国兵(1979-),男,博士,讲师,主要研究方向为系统仿真、飞行器动力学等,E-mail:sunguobing@yahoo.cn;黄金杰(1967-),男,博士,教授,主要研究方向为最优控制、计算机控制、计算机网络工程等;高雅娟(1986-),女,硕士生,主要研究方向为系统工程、计算机仿真等。

领域。这类元模型中的元素必须和真实世界相对应,并且是对真实世界中的实体和关系进行的进一步抽象。本体元模型的实例化关系使用 instanceOf 来表示,它是特定领域的实例化关系,例如画家是艺术家的一个实例。

语言元模型的技术已经相当成熟,而本体元模型的实现却比较困难,主要是因为 MDA 是对单个应用系统的建模,缺乏对特定领域建模的支持。针对这一现象,本文主要研究战场环境仿真领域中的本体元模型。

2 战场环境元模型层次体系

通过研究严格元模型及宽松元模型层次体系^[9-11],下面提出战场环境的四层元模型层次的定义,并且给出其附加的属性值。

在由 M_0, M_1, \dots, M_3 构成的四层元模型体系层次中, M_m ($0 \leq m \leq 2$) 中的任意元素必须是 M_x ($m < x \leq 3$) 层对应元素的实例,而且不同层元素 X, Y 之间只能存在一种关系,即 instanceOf 关系。如果存在其他关系,则这两个元素必须在同一层,即 $level(X) = level(Y)$ 。另外,同层元素之间可能存在另外一种实例化关系 instance_of,这是语言元模型的实例化关系。

而此元模型层次体系定义中元模型层的元素有 3 个附加属性值。

(1)元素层值:指的是元素在元模型层次体系中所处的层 l ($0 \leq l \leq 3$)。

(2)元素势值:指层中元素可以实例化的次数 p ($0 \leq p \leq l$)。进行一次 instanceOf 实例化势值减 1,而 instance_of 操作不影响势值。当元素的势值 $p=0$ 时,表示此元素不能再进行实例化操作,且此实例化结果必须在 M_0 层。

(3)元素空间值:指的是元素实例化方式的类别。这一属性只针对元模型层,即 M_2 层,其他层不用表示此值,它的取值范围为 0 和 1,用 d 表示。当元素空间值 d 为 1 时,表示该元素既可以只进行单次实例,得到 M_0 层的实例,也可以进行两次实例。当元素空间值 d 为 0 时,表示该元素只能进行一次实例化操作,其实例化的结果必须在 M_0 层。

当对战场环境元模型进行建模时,研究的主要对象位于四层结构中的 M_2 层,其元素的层值始终为 2,不需要进行表示。因此这里只使用空间值和势值来表示 M_2 层的元素,上标表示空间值,下标表示势值。例如, M_2 层元素 $Climate_2^2$,这里的 $Climate$ 元素的势值为 $p=2$,表示此气候元素最多可以实例化两次:它可以首先实例化成 M_1 层元素 $rainfall_1$,或者直接表示成 $rainfall$,再次实例化成 M_0 层的元素,如具体的降雨量的值;而气候元素空间值 $d=1$,表示此元素可以只实例化一次成为 M_0 层元素,如天气情况中等。

这样的表示方法可以更好地支持元素在非相邻层之间的实例化操作,避免了概念在相邻层的重复定义,同时提高了元模型层次体系的可扩展性。这两个值在具体表示战场环境元模型要素时才能确定。而当元模型层次体系不是具体表示环境元模型要素时,此值并不确定,可以不表示。在使用本体元模型对战场环境仿真这一领域中的概念和关系进行抽象时,其层次结构中的实例化关系一律使用 instanceOf 来表示。

通过上面对战场环境元模型层次体系的定义,下面给出

战场环境的四层元模型体系(见图 1)。

由战场环境的元模型层次体系可以看出,战场环境元模型主要有 5 部分要素:元类、元属性、元行为、元关系和元交互。

(1)元类:战场环境元类是对某种类型的战场环境元对象定义变量和方法的原型,它包含有关对象动作方式的信息,包括它的名称、方法、属性和事件,也是对模型中的类进行进一步抽象的结果。对于战场环境,我们需要对不同的环境对象(如陆地、大气、海洋等)以及各种交互建立有效的元类。

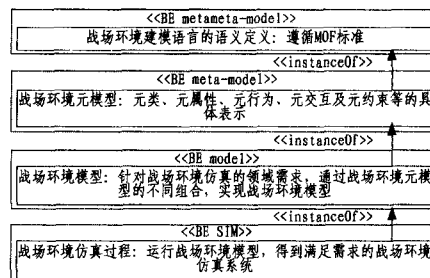


图 1 战场元模型四层体系结构

(2)元属性:为了突出属性的重要性,在元模型中单独列出了元属性。战场环境元属性主要是指元对象不可缺少的属性,可以通过进一步抽象模型的属性获得。例如对陆地进行建模时,其中一些必不可少的属性如地貌、地质特征等。这些属性需要抽象为元属性,可以通过元类来表示。

(3)元行为:战场环境元行为是指当战场环境内部发生动态变化时元模型对应的行为变化,而由于外部影响而产生的动态变化,是在元交互中加以描述的。例如对地貌内部动态变化进行建模,一些必不可少的行为特征,如由于地表风力的影响,导致地貌的变化等,这些行为需要抽象为元行为,可以通过元关系来表示。

(4)元交互:战场环境元交互是战场环境和军用仿真系统实体相互作用的高度抽象,也是战场环境元建模的一个重点。例如对陆地和运输部交互进行建模,一些必不可少的交互特征,如地表湿度对运输部队运输能力的影响等,这些交互需要抽象为元交互,可以通过元关系来表示。

(5)元约束:约束问题现在是建模与仿真研究的一个热点。战场环境约束是当发生行为和交互时,战场环境模型必须满足的限制条件,可以通过改变其他变量或者驳回来满足约束条件。而战场环境元约束是对战场环境约束的进一步抽象,例如对太空进行建模时一些必不可少的约束条件。如在太空中发生交互的位置不能位于水平面以下、太空武器不会受气流影响等,这些约束需要抽象为元约束。

3 战场环境元模型实例化过程

为了更好地说明战场环境元模型层次体系的作用,下面以战场环境大气密度元模型的实例化过程为例,使用元模型的层次体系结构直观地说明战场环境元模型到战场环境模型,再到战场环境仿真实例的一个转化过程。

(1)建立战场环境大气密度元模型。

战场环境模型是战场环境仿真相关概念和关系的一种表示,战场环境元模型是对战场环境模型的抽象。下面使用元模型层次体系结构来表示战场环境元模型(见图 2)。

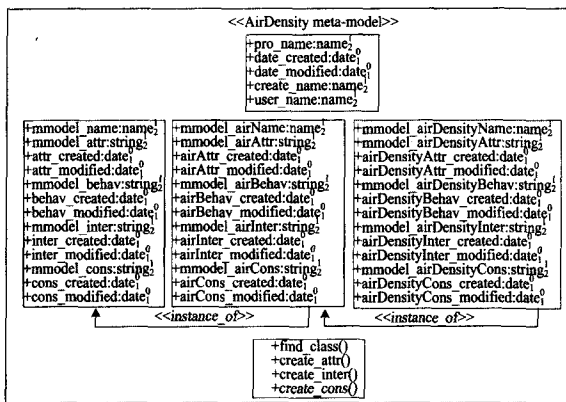


图2 战场环境大气密度元模型

根据上述战场环境元模型的基本组成,下面给出战场环境大气密度元模型5个基本组成要素:(a)元类,如 mmodel_airDensityName:name₂; (b)元属性,如 mmodel_airDensityAttr:string₂; (c)元行为,如: mmodel_airDensityBehav:string₂; (d)元交互,如: mmodel_airDensityInter:string₂; (e)元约束,如: mmodel_airDensityCons:string₂。

这里元模型具体元素的势值 p 均为 2,而空间值 d 均为 1,表示这些元素最多可以实例化两次。可以首先实例化成 M_1 层元素,再次实例化成 M_0 层的元素;而空间值 $d=1$,表示此元素也可以只实例化一次成为 M_0 层元素。

另外在元模型层存在一种关系 instance_of,表示的是语言元模型的实例化关系,说明了大气元模型是环境元模型的语言实例,而大气密度元模型是大气元模型的语言实例。

(2)实例化获取的大气密度元模型,得到战场环境大气密度的模型。

在模型实现阶段,只能对战场环境大气密度元模型中势值为 2 的元素进行实例化,而势值为 1 的元素只能在仿真实现层进行实例化操作(见图 3)。

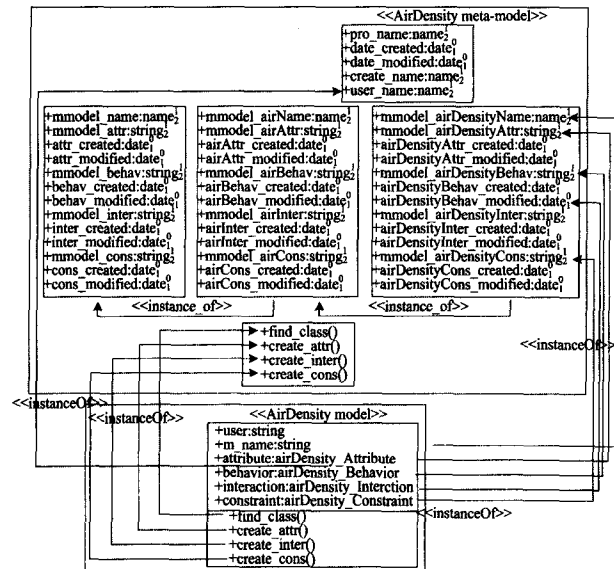


图3 战场环境大气密度模型

(3)运行已经建立的战场环境大气密度模型,得到战场环境大气密度的仿真实例。

战场环境仿真实例层的实例化对象由两部分组成,即元模型层势值为 1 的元素和模型层的各个元素(见图 4)。

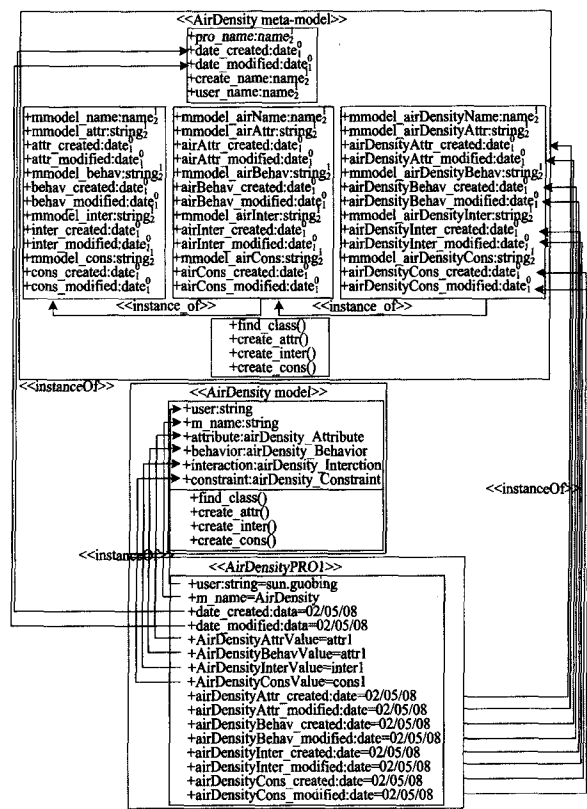


图4 战场环境大气密度仿真实例

通过这个例子可以看出使用战场环境元模型层次体系是可以实现战场环境仿真实例的,而具体实例化操作过程根据元模型中要素的属性来决定。

结束语 通过对战场环境仿真领域的研究,本文提出了战场环境的元模型层次体系,并提出了使用势值和空间值来表示战场环境元模型要素的方法。

首先确定了本文研究的战场环境元模型类别——本体元模型;然后通过对元模型层次体系的研究,提出了战场环境元模型层次体系的定义及附加属性;在此基础上提出了使用势值和空间值来表示战场环境元模型元素的方法,并通过此方法建立战场环境元模型层次体系,从而解决了以往的元模型不支持隔层实例化的缺陷;最后使用战场环境元模型层次体系来实现战场环境仿真实例。战场环境元模型是战场环境模型的抽象,因此战场环境元模型层次体系的研究为战场环境模型的重用及基于元模型的战场环境建模方法的研究奠定了基础。

参考文献

- [1] OMG. Model Driven Architecture, A Technical Perspective[EB/OL]. <http://www.omg.org>
- [2] 雷永林,赵雯,王维平,等.支持虚拟样机的仿真模型重用方法研究[J].计算机集成制造系统,2007,13(2):287-289
- [3] Kaupp T, Douillard B, Upcroft B, et al. Hierarchical Environment Model for Fusing Information from Human Operators and Robots[C]//Proc. of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2006:5837-5842
- [4] Martin R S, Sheila B B. The Dynamic Adaptive Threat Environment Architecture[C]//Proc. of the Spring 2002 Simulation Interoperability Workshop, 2002:02S-SIW-115
- [5] Robert R. Architectures for Modeling the Space Environment

[C] // Proc. of the Spring 2004 Simulation Interoperability Workshop. 2004;04S-SIW-043

- [6] Hembree L A, Kunitani C. Master Environmental Library and Secure[C] // Proc. of the Spring 2004 Simulation Interoperability Workshop. 2004;04S-SIW-123
- [7] Boyd J D. Contemporary Metadata Standards for Environmental Information and Implementation by the Master Environmental Library Project[C] // Proc. of the Spring 1998 Simulation Interoperability Workshop. 1998;98S-SIW-074
- [8] Donaldson B J. Stanards and the Master Environmental Library [C] // Proc. of the Spring 1999 Simulation Interoperability

Workshop. 1999;99S-SIW-024

- [9] Atkinson C, Kühne H. The Essence of Multilevel Metamodeling [C] // Lecture Notes in Computer Science, Volume 2185. New York: Springer, 2001; 19-33
- [10] Atkinson C. Model-modeling for Distributed Object Environments[J]. IEEE Computer Society, 1997; 90-101
- [11] Gitzel A R. The Role of Metamodeling in Model-driven Development[C] // Proc. of the 8th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2004). Orlando, USA, International Institute of Informatics and Systemics (IIS), July, 2004; 19-21

(上接第 161 页)

务中心,通过仿真资源管理服务中的发现功能,查找、定位仿真训练所需资源并将接口地址返回给客户端;在获取满足需求的服务资源接口之后,调用仿真资源接入服务,它提供了资源接入的端口,以接入散布在广域网上的所需资源;同时通过仿真资源调度服务以及仿真交互服务的配合,对服务接口进行统一格式转换、资源调度,最终按需组成仿真训练应用服务。

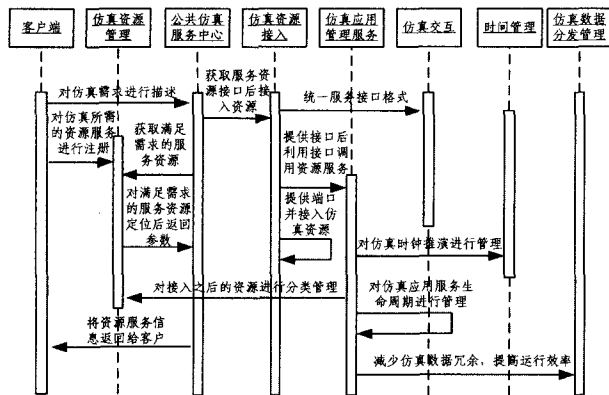


图 4 仿真训练应用服务运行模式

在构建仿真训练应用服务之后,体系结构中相关核心服务将会对仿真应用服务的运作提供保证。首先仿真服务管治将监控仿真应用服务。该功能提供系统资源负载信息,将过载节点上的资源迁移到其他合适的节点上运行,确保了系统具备负载平衡能力。其次,仿真应用服务管理将对仿真训练应用服务的创建、动态控制、修改和删除等生命周期过程进行管理。除此之外,仿真训练应用服务调用时间管理服务对其仿真推演进行管理,调用仿真数据分发管理减少仿真中数据冗余,提高仿真运行效率。

结束语 分布式仿真技术正在向新的方向发展,本文结合面向服务技术,提出了网络化仿真概念及特征,并对网络化仿真运行支撑平台进行了相关研究,提出了运行支撑平台的体系结构并进行了研究。仿真了应用服务的构建与运行机制。文末给出了设计的原型系统开发案例。采用面向服务的网络化仿真运行支撑平台,可以逐步克服当前仿真局限问题。解决网络化环境下分布式仿真的发展问题,网络化仿真还需大量深入研究,下一步将对文中提出的体系结构及相关技术进行深一步研究,使面向服务分布式仿真更加完善、成熟。

参考文献

- [1] The Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard 1516 for Modeling and Simulation(M&S) High Level Architecture(HLA) —Framework and Rules[EB/OL]. <http://www.ieee.org>, 2000
- [2] Brutzman D, Morse Z M. Extensible Modeling and Simulation Framework(XMSF) Challenges for Web-Based Modeling and Simulation[R]. Technical Challenges Workshop, Strategic Opportunities Symposium. Monterey, CA; Findings and Recommendations Report. 2002
- [3] Brutzman D, Tolka A. JSB Composability and Web Services Interoperability via Extensible Modeling & Simulation Framework(XMSF) Model Driven Architecture(MDA), Component Repositories, and Web-based Visualization [EB/OL]. <http://www.movesinstitute.org/xmsf/xmsf.html>, 2003-09
- [4] 徐丽娟,彭晓源. 基于网络的 RTI 资源管理系统[J]. 系统仿真学报, 2005, 8(17): 2012-2014
- [5] Web Servicece. <http://www.w3.org/2002/Ws/>
- [6] Xie Y, Teo Y M, Cai W T. A Distributed Simulation Backbone for Executing HLA-based Simulation over the Internet [EB/OL]
- [7] Zajac K, Bubak M, Malawski M, et al. Towards a grid management system for HLA-based interactive simulations [A] // Proceedings of Seventh IEEE International Symposiums on Distributed Simulation and Real-Time Applications[C]. Oct 2003; 23-25
- [8] Zajac K, Tirado R A, Zhao Z, et al. Grid Services for HLA-based Distributed Simulation Frameworks [A] // Proceedings of 1st European AcrossGrids Conference[C]. Spain, Feb. 2003
- [9] 李伯虎,等. 一种新型的分布协同仿真系统——“仿真网格”[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(20): 5423-5430
- [10] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing[DB/OL]. <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechPrts/2009/EECS-2009-28.pdf>
- [11] Krafzig D, Banke K, Slama D. Enterprise SOA Service—Oriented Architecture Best Practices[M]. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR
- [12] 李伯虎,等. 一种基于云计算理念的网络化建模与仿真平台——“云仿真平台”[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(17): 5292-5299
- [13] Kesselman F C, Tuecke S. The Anatomy of the Grid; Enabling Scalable Virtual Organizations [J]. International Journal of Supercomputer Application, 2001, 15(3): 200-222