

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.01.009

作战仿真系统中的模型管理方法

刘宏芳, 彭浩, 郭连义

(湖南涉外经济学院 计算机学部, 湖南 长沙 410205)

摘要: 针对传统模型管理方法的不足, 对作战仿真系统的模型管理方法进行研究。把仿真系统中的模型分解为逻辑模型和实体模型两大类型, 利用关系数据库和 XML 相结合的方法存储模型, 探讨了仿真系统中模型的分类方法、模型的注册与存储、模型编码、模型的一致性检查, 以及基于面向对象方法的模型的建立等关键技术, 构建了一个管理平台并进行了实际应用, 证明了该方法的有效性。

关键词: 作战仿真; 模型; 分类; 编码; 一致性检查

中图分类号: TP391.9; C934 **文献标志码:** A

Method of Model Management in Battle Simulation System

Liu Hongfang, Peng Hao, Guo Lianyi

(Computer Department, Hunan International Economics University, Changsha 410205, China)

Abstract: Researched the model management of battle simulation system that aimed at the deficiency of traditional model management. It has divided the model of simulation systems to two main types which are logical model and entity model. It's discussed the classification method, registration and storage, coding, examination of coherence of model. It has proved the validity of this method, which based on the key technique of oriented object model, by constructing a management platform which applies into the practical situation.

Keywords: battle simulation; model; classify; code; check of coherence

0 引言

作战仿真系统中存在大量的模型, 包括武器装备的实体模型, 军事规则的逻辑模型, 以及他们之间的组合模型, 对这些模型进行有效管理和直观显示, 对于提高作战指挥人员的快速决策快速行动有着很重要的作用。建立模型管理就是利用最新的技术描述、分析、管理模型, 控制和解决模型的复杂性, 提高模型可集成性, 并提供一个可视化的平台, 使用户能比较清晰地了解战场中各个模型的情况, 直观方便地对各个模型进行编辑修改组合。目前, 国内的作战模拟系统已经有很多成功的例子, 如国防大学、南京陆军指挥学院等单位开发的作战模拟系统已在教学中得到使用, 但这些系统都还没有统一的模型描述方法和模型管理工具, 而大多数作战仿真中的模型管理主要采用的是基于关系数据库的, 将一个系统模型组成树与模型库中的模型相结合构造成系统仿真模型, 或者采用将关系模式到 XML 模式进行转换的方法^[1]先转换, 再使用基于 XML 方法, 使得用户对模型的修改非常不便。故把仿真系统中的模型分解为逻辑模型和实体模型两大类型, 利用关系数据库和 XML 相结合的方法存储

模型, 并给出应用实例。

1 作战仿真中的模型

1.1 作战仿真中模型的特点

模型是对现实世界中对象的一种抽象或仿真。作战仿真中的模型是对战场中各种情况的描述, 具有以下性质^[2]:

1) 可构造性: 模型一定可以通过方法与数据构造而成;

2) 语义性: 模型具有一定的抽象形式, 但一般都具有语义背景, 如导弹击中飞机模型就必须作出约束性描述等;

3) 表示多样性: 模型的抽象形式可以是数学的, 也可以是非数学的, 且它们在用户眼中和在计算机内部所表现的形式是不同的;

4) 可编程性: 作战仿真系统是一种计算机应用系统, 其模型一定能用程序形式表示。

1.2 作战仿真中的建模内容

根据模型在仿真系统的作用可分为: 逻辑模型和实体模型。逻辑模型是指在抽象的概念模型基础上构造的、在原理上是可行的, 它考虑了模型总体

收稿日期: 2010-07-18; 修回日期: 2010-08-16

基金项目: 湖南省教育厅资助科研项目 (09C597)

作者简介: 刘宏芳 (1966-), 女, 湖南人, 博士, 副教授, 从事作战仿真、信息管理与智能决策研究。

的合理性、结构的合理性和实现的可行性;而实体模型是指一个完全确定了模型,一个可实现的实在模型,有具体的细节。作战仿真中的模型也划分为这两类。

作战仿真中的逻辑建模内容包括:

1) 运动计算模型:飞行航迹计算模型、毁伤程度计算模型,如导弹命中飞机,则必须根据导弹的轨道与飞机的轨道进行计算,以及命中概率等进行交互计算;2) 军事规则模型:军事规则模型具有一定的推理能力。军事规则模型的推理能力来源于推理机与军事规则。军事规则模型一方面在运行时可以动态增加军事规则,也可以把运行时得到的实体模型的属性值或者值与值的关系作为军事事实。推理的触发是由事件引起的。在笔者建立的系统中,军事规则的表达采用产生式规则,推理采用逆向推理;3) 效能计算与分析模型:如群的作战效能计算模型,作战效能分析模型;4) 表现模型:地理信息显示、雷达干扰范围显示等;5) 其他模型:组合模型是由一个个子模型根据实际问题和决策者的要求有机地结合起来,并控制模型运行的过程,生成用以解决实际问题的大模型。模型组合生成的核心思想就是经过一系列特定的操作,把一些规范的模块组合生成满足一定规范的组合模型。模型组合生成是按照建模任务,使用建模规则,不断地将子模型组合、调整,直至最后生成符合最终目标的组合模型。

实体模型是对实际作战单位的抽象模型。实体模型具有属性、方法与事件。实体模型之间具有继承关系、聚集和组合关系、交互关系。

作战仿真中的实体建模内容包括:雷达类、飞机类、导弹类、通信类、舰艇类等。先将它们作为通用类,然后根据类继承关系对其化分,如飞机包括各种机型(侦察机、歼击机、轰炸机、强击机、预警机等),雷达包括型号雷达(侦察雷达、搜索雷达、预警雷达等)。

1.3 模型的描述与存储

采用文件的形式来对模型进行描述,即为每个模型定义一个文本式的模型说明文件(.MIF),用以说明模型所解决的问题、参数的设置、数据库的来源等问题。此文件为客户在使用模型时提供参考。对模型的描述包括:1) 模型标识特性,如模型名称、版本号、代号、登记号、模型级别、模型类别、用途等;2) 模型技术特性如模拟单位、命令接收单位、地形量化面积、位置精度、时间精度、描述方法、

仿真时间与作战时间之比等;3) 模型间的交互关系和信息流向以及其他逻辑或数量的关系。

模型在计算机中的存储方式主要有3种^[2]:

1) 数据方式。即把模型视为从输入集到输出集的一种影射关系。模型可描述为由一组参数集合和表示模型特征结构特征的数据集合的框架。输入数据集在框架下进行运算,得到输出数据集。如作战仿真评估系统中叶结点(某指标值)数据的获得,采用的是“数据获取模型”,此数据获取模型就是数据集 $A=\{\text{ODBCName, TabeName, ScriptName, ZBName, Duration, ZBDataValue}\}$ 到 $B=\{\text{data}\}$ 的一个映射。其中,ODBCName 是数据源名, TabeName 是数据库名, ScriptName 是想定脚本名, ZBName 是指标名称, Duration 是仿真时段, ZBDataValue 是指标值。

2) 逻辑方式。它采用谓词逻辑、语义网络、逻辑树和关系框架等几种表示方式。如我们开发的作战仿真评估系统中使用的“组合模型”,就是按照建模任务,使用基于逻辑树和关系框架,如条件判断、循环控制、分支选择等不断地将简单模型组合、调整而生成的。

3) 程序方式。包括输入、输出格式和算法在内的完整子程序就可以表示一个模型。例如,“火力参数模型”,就是通过子过程实现的。如:

```
Public Sub 火力参数(pVar1 As Double, dVar2
As Double, hlcsVar3 As Double)
hlcsVar3 = pVar1 + dVar2
End Sub
```

2 模型管理中的关键技术

系统模型管理完成各类逻辑模型、实体模型的分类、建立、添加、删除等功能,并提供对模型、参数、属性、方法、交互的编辑和实体模型对逻辑模型的调用。

模型管理从想定或数据库中获取模型参数,提供界面让用户进行编辑操作。从模型数据接口获取模型状态变量数据、仿真结果数据,并向其它模块提供需要的数据。

2.1 模型注册

为了更好地对模型进行管理,只有当所建立的模型进行了有效注册后,才能使用该模型。利用操作系统注册表的管理功能和数据库的管理功能,可以简化人工管理,也可避免可能出现的模型不一致性等问题。在笔者开的发综合集成决策模拟环境中,

一方面，对实体模型的注册就是将模型按正确的方式存储到数据库中，而对于逻辑模型的注册，由于逻辑模型都封装成了 COM 组件，即在注册表中对 COM 组件进行注册。

2.2 模型存储实现

采用 SQL Server 数据库和 XML 相结合的方式来存储作战仿真系统中的模型。模型结构树的结点属性用 XML 来存储，结构树的结构用层次编码来标识。XML 存储方式引入了面向对象数据库技术^[3]，将对象模型按一定的结构在 OODB 中存储并管理，有利于仿真模型的重用和仿真结构的查询、分析，有利于仿真建模的效率和模型管理。

在对模型存储的具体实现中，利用 2 个表来存储各类模型，一个表存储作为叶结点的模型，一个表存储作为根根结点和分枝结点的模型。表中每个记录的 BLOB 字段存储为 XML 文件，此表中的 BLOB 字段存储叶结点各种装备(或者说武器平台)的属性值，如装备型号、装备实体的 ID、装备实体的名称、数量、作战效能、毁伤程度等；表的 ID 用层次码来标识，存储每个树的结构。

两表的关联通过结点的层次编码 ID 来判断，同时也通过 ID 来关联 2 个表中的结点的层次关系。

2.3 模型的编码方案

为了使模型的分类更直观，采用了树形结构来显示模型之间的关系，树中各结点采用的编码方式是“层次编码法”。即根据结点在树中的位置和层次，用类似 Huffman 编码方法^[4]对树中各结点编码，如图 1。例如，第一个根结点为 00，第二个为 01，……，第一个根结点下的第一个子结点为 0000，第二个子结点为 0001，……，依次类推。各结点存储在数据库中，读出后存放在数组中，为了正确显示各结点在树型结构中的位置，笔者采取了对树中结点按层次编码操作的算法：

$$T_0 = \Phi;$$

$T_1 = \{x | x \text{ 为长度等于 } 2 \text{ 的结点并排序后生成的根结点}\}。$

$$T_k = T_{k-1} + A \quad k=2,3,\dots$$

其中，A 中的元素是那些长度为 2^k ，且去掉末 2 两位后属于 T_{k-1} ，即：

$$A = \cup A_y$$

$A_y = \{x | \text{len}(x) - 2 = y, A_y \text{ 中的接点排序后作为 } y \text{ 的叶接点}\}。$

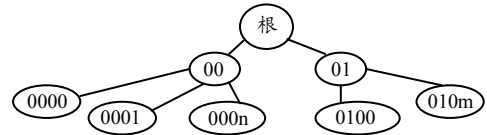


图 1 模型的编码方式

2.4 模型一致性检查

由于模型采用不同的描述方式，模型间的协作关系错综复杂，模型的一致性包括每个模型内部的一致性和各个模型之间的一致性。模型内部的一致性是指模型各组成部分之间的一致性，如存在的某种约束关系；模型之间的一致性表现出来的约束关系更强，导弹打飞机，导弹的运动模型与飞机爆炸之间的时间约束。为保证不同模型组合在一起得到的模型系统不存在冲突，一般从 4 个方面考虑：功能一致性、结构一致性、行为一致性、标识一致性。

模型的一致性检查包括以下 6 个方面：

1) 在建模的过程中分析。在建模过程中，实施何种操作可能产生不一致；建模系统如何避免不一致的出现；用什么方法有利于消除已出现的不一致；

2) 建模系统对模型检测。检测可能导致模型不一致的操作以及已经存在于系统的模型不一致；一定程度的自动修正能力，检查到不一致后，开始搜索它所涉及到的所有地方，进行一致性修正，如检测到类中的操作被修改时，开始搜索所有引用该操作的地方，对其修改；对错误进行定位并提供指导性修正建议的能力，如果自动操作仍不能满足一致性要求，可进行手动修正；

3) 强制约束。提供正确的、一致的信息进行选择，避免用户输入的随意性；如从数据库中调出信息，用 listbox 显示，给用户选择；

4) 自动维护。如修改某个类名时，引用该类的地方也做相应修改；

5) 动态检查。实时捕获引起模型不一致的操作，如输入的属性名与该类种已有属性名是否冲突，通过 msgbox 报错，并给出出错原因及修改意见；

6) 静态检查。对不能实时检测到的，提供菜单，由建模者在他认为合适的时候进行一致性检查，并对错误进行精确定位并给出修改意见。

2.5 基于面向对象方法的模型管理

在面向对象的模型管理中，模型是作为一个对象来处理，共享同一属性集合和方法集合的一组模型构成一个模型类，这样一个模型对象类可以定义成一个四元组的形式：

$$\text{Model} ::= \langle \text{ID}, S_{\text{Attribute}}, S_{\text{Method}}, \text{Condition} \rangle$$

式中, ID 表示一个模型类作为面向对象中的一个类所具有的唯一标识符; $S_{\text{Attribute}}$ 表示一个模型类的属性集合; S_{method} 表示模型类的操作集合; Condition 表示模型的约束条件。

一个模型也可以被表示成一个复合类, 该复合类的一些属性变量又被另外的复合类或基本类定义, 最终可得出一个由复合类表示的面向对象的模

型结构树。其中每一个树叶表示模型中一个最基本的类, 每一个结点表示一个复合类, 这些结点在特定的模型中被实例化, 模型库中的每一个模型就是这样一些抽象模型类的实例^[5]。

模型库由模型字典库(数据库存储)和相应的文件组成。表 1 是在实际开发过程中所使用的字典结构。

表 1 实际使用的字典结构

字段名	字段说明	类型	大小
ModelID	模型标识, 唯一标识模型	数字	10
ModelName	模型名, 唯一标识模型	文本	255
ClassName	模型分类码	数字	10
AlgoName	算法名称, 模型指定的算法	文本	255
MDF	模型数据文件名, 模型所需要数据的具体内容(输入输出的参数、文件、数据库等)。它与算法共同构成模型	文本	255
MIF	模型说明文件名, 模型应用于具体的问题的说明	文本	255
Author	模型的创建者	文本	20

3 模型管理的实现

针对上述技术, 笔者利用 Visual Studio.net 开发环境^[6]开发了一个模型管理子系统。根据应用要求, 将模型划分为 2 种: 一是逻辑模型, 即仿真过程中所涉及到的各种行为描述、作战规则描述, 如导弹飞行的动力学方程、无干扰情况下单个警戒雷达对目标的探测距离方程; 另一种是实体模型, 仿真应用中所包含的各种武器装备, 如雷达、预警机。

模型管理字系统的功能包括: 完成逻辑模型、实体模型的索引、添加、删除、检索以及存储服务等功能; 建立相应的模型库/实体库的结构定义; 设计相应的管理对象类及相应接口; 完成对两类模型的支撑框架, 包括模型/实体的外部定义支持类; 完成模型对外的属性、方法、事件、公布、订购、交互、位等定义格式的存储和管理; 驱动模型的运行对象类; 构造驱动模型运行的引擎等功能。

模型管理子系统在程序实现上是模型/实体与数据封装在一起, 在模型实体库中通过实体/模型的 ID 调用对应的模型/实体, 并用可视化的方法对模型构件的各种组成元素和内外关系进行定义, 然后生成构件代码, 代码经过编译可测试、注册和存储, 并最后发布。模型管理子系统已成功的应用于笔者开发的“电子战模拟评估开发平台”中。

4 结束语

实际应用证明了该模型管理方法是有效的。下一步将研究的问题包括: 基于网络的模型管理、模型描述的标准化、模型重用、仿真应用目标的一体化、环境模型在仿真中的应用等。

参考文献:

- [1] 柴晓路, 曹晶, 高永勤, 等. XML Arouse the Web Architecture Revolution[J]. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Volume 1749, 1999.
- [2] 王桥 吴纪桃. 空间决策支持系统中的模型标准化问题研究[J]. 测绘学报, 1999.
- [3] Meilir Page Jones. UML 面向对象设计基础[M]. 包晓露, 等, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [4] 唐发根. 数据结构教程(第 2 版)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [5] 谢卫平, 等. 模型体系开发管理支持工具的系统分析与设计[D]. 国防科技大学研究生学术论文集, 2002.
- [6] Tefrey Richter. Microsoft.NET 框架程序设计(修订版)[M]. 李建忠, 译. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [7] 李剑. 基于 DoDAF 的作战体系结构建模方法[J]. 四川兵工学报, 2009(7): 14-16.

(上接第 15 页)

- [4] 刘宁, 张福利, 贾岩. 防空兵群兵力分配的动态规划[J]. 兵工自动化, 2007, 26(3): 39-41.
- [5] 金鑫, 陈建虎, 李德忠. 地空导弹发射阵地选择与分配的定量分析[J]. 地空防空武器, 2008, 39(1): 35-39.
- [6] 杨继君, 许维胜, 吴启迪, 等. AHP 的改进算法及其在供应链中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(10): 205-208.
- [7] 李传哲, 于福亮, 鲍卫锋, 等. 改进层次分析法在影响因素分析中的应用[J]. 节水灌溉, 2006(5): 47-49.
- [8] 张肃. 空中目标威胁评估技术[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2005, 27(1): 41-45.
- [9] 徐伟, 智军, 陈亮, 等. 基于灰色综合关联度的空中目标威胁度评估[J]. 软件开发与应用, 2008, 27(8): 86-87.
- [10] 卢雪燕, 周永权. 一种基于蜜蜂双种群进化的遗传算法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(11): 71-74.
- [11] 陆忠实, 沈军, 罗护. 弹炮混合部署抗击武装直升机效率模型[J]. 四川兵工学报, 2009(12): 61-64.