

基于本体的战场环境仿真概念模型

孙国兵¹ 黄金杰¹ 刘 飞²

(哈尔滨理工大学自动化学院 哈尔滨 150080)¹ (哈尔滨工业大学航天学院 哈尔滨 150001)²

摘 要 为了能够更加全面而明确地表示战场环境仿真概念模型,考虑到本体可以明确地表示概念和关系的特点,提出了使用本体来表示战场环境仿真的概念模型。在战场环境仿真概念模型研究的基础上,给出了战场环境仿真的主要实体和交互关系,提出使用 OWL(Web Ontology Language)语言实现战场环境仿真概念模型的本体表示,并针对现有本体建模元语的不足,提出了使用 8 种本体建模元语建立战场环境仿真概念模型的本体。

关键词 战场环境,概念模型,本体,实体,交互关系

中图法分类号 TP391.9 **文献标识码** A

Conceptual Model of Battlefield Environmental(BE) Simulation Based on Ontology

SUN Guo-bing¹ HUANG Jin-jie¹ LIU Fei²

(School of Automation, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)¹

(School of Astronautic, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)²

Abstract In order to describe BE simulation conceptual models sufficiently and explicitly, a method based on ontology was proposed considering the function of ontology. Based on the study of BE simulation conceptual models, entities and interaction relationship were given in detail, then BE simulation conceptual models were presented by OWL, and eight meta-ontology terms were proposed to implement the illustration of BE simulation ontology.

Keywords BE, Conceptual model, Ontology, Entity, Interaction relationship

1 引言

Ontology 是近年 MDA 领域最热门的词汇之一,国内一般将其译为“本体”或者“本体论”。本体是一个哲学概念,用于描述事物的本质。在计算机及相关领域,本体指应用本体的基本方法,即通过概念分析、建模,把现实世界中的实体抽象为一组概念与概念之间的关系的理论和方法。自 20 世纪 90 年代以来,本体成为计算机领域重要的研究方向之一,现已广泛应用于知识工程、多智能体系统、系统建模、语义 Web、异构信息集成等众多领域^[1,2]。

现有的概念模型表示方法比较多,如 E-R 概念模型、基于 XML 的概念模型等^[3,4],然而这些方法都存在各自的缺点,如容易产出概念冗余、关系表示不清晰或者扩展性较差等,因此使用这些方法往往不能明确而充分地表示战场环境仿真概念模型的概念实体与交互关系。

为了弥补现有表示方法存在的不足,本文提出基于本体的战场环境仿真概念模型表示方法。通过对战场环境仿真概念模型的研究,明确给出了战场环境仿真的相关实体和交互关系;通过军用系统实体的分类,具体列出了概念模型中的主要交互关系;在此基础上提出了使用 OWL 及本体建模元语来表示战场环境概念模型,并在此过程中修正了现有本体建模元语的不足,提出了适用于战场环境仿真概念模型的本体

建模元语。

2 战场环境仿真简单概念模型

在仿真领域中,概念模型是在特定的问题空间对实体和关系的一种抽象模型。简单地说,概念模型就是一种表示实体和关系的简单模型^[5-8]。概念模型的开发为问题空间具体模型的开发提供了基本的参考,为特定领域的模型开发提供了简单的开发模板。战场环境仿真简单概念模型能够表述战场环境仿真实体与仿真系统中其他实体之间的关系,同时能够简单地表示含战场环境实体在内的仿真系统的构成,如图 1 所示。

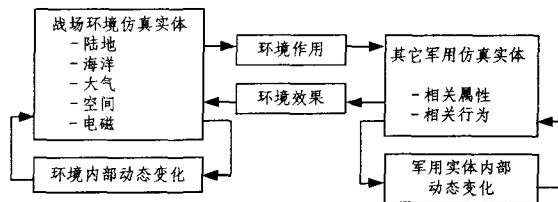


图 1 战场环境仿真简单概念模型

可以看出,整个军用仿真系统的实体主要分为两部分:

(1) 战场环境仿真实体;

(2) 其他军用仿真实体。

其中战场环境仿真实体是本文研究的重点,主要存在于

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;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。

战场环境的5个领域,即陆地、海洋、大气、空间和电磁领域。

而另外对于战场环境实体而言,存在3种主要的交互关系:

- (1)环境实体之间的影响,称为内部动态变化;
- (2)环境实体对其他仿真实体的影响,称为环境作用;
- (3)其他仿真实体对环境实体的影响,称为环境效果。

由此可以看出,战场环境简单概念模型是在仿真概念模型开发前对整个系统的一种简单描述,为战场环境概念模型的深入研究提供了一个粗略的认识,同时为整个仿真概念模型描述和表示提供了简单的实体/关系模板。

3 战场环境仿真概念模型实体交互关系

战场环境仿真概念模型当中的环境影响和环境效果是用来表示战场环境仿真实体和军用仿真系统实体的相互作用的。为了具体地表示战场环境仿真概念模型中的交互关系,有必要对军用仿真的实体进行分类。

通过对军用仿真及其与战场环境仿真之间关系的研究^[9],按军用仿真的实体功能把实体分为5个类别(见图2中的军用仿真实体部分)。按照这些类别,剧情需要的军事行动的实体就会被分开,这样环境和任务空间实体的交互就会渐渐地被识别、考虑和开发,从而具体给出战场环境实体与军用实体交互关系,如图2所示。这一框架为在军用仿真中研究战场环境仿真概念模型提供了一个通用的交互关系。

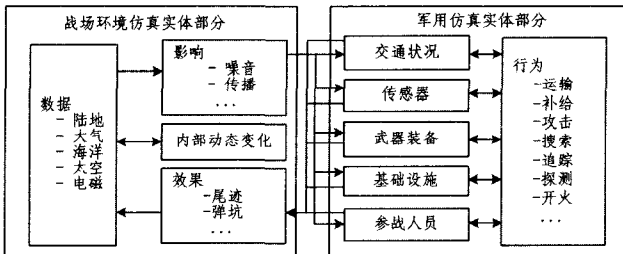


图2 战场环境仿真实体与军用仿真实体交互关系

由图2可以看出战场环境实体与军用实体可能存在的交互关系。下面从军用实体类别的角度对这些交互关系进行描述。

(1)交通状况

交通状况包括所有与通行能力相关的类,用来运输或者强调本身通行状况的实体,如用于后勤运输的车队、要求通报运动状况的兵力等。

环境影响主要指的是战场环境对兵力和武器装备移动能力的影响。

环境对军队兵力和装备运动的作用包括任务空间实体与提供运输的环境领域的交互,还包括由于大气与陆地、海洋和太空发生交互而使运输能力发生变化。

环境效果主要指的是军事实体对运输空间的战场环境的改变。

主要包括由于任务空间实体和运输领域的交互而使运输领域发生的变化,还包括大气和运输空间的交互而使大气环境发生的变化。

(2)传感装置

传感装置包括所有为其他军用仿真系统实体提供相关实体的相关数据的传感设备,如卫星、雷达等。

环境影响主要指的是战场环境对主动和被动传感器信号传输的影响。

环境对任务空间实体传感元件的作用包括任务空间实体与主动和被动传感器之间的交互。下面是环境对传感器可能发生作用的一些主要方面:

- a)发射的能量的种类(电磁或者声波);
- b)能量发射的频率;
- c)发射的能量是以何种方式从目标反射的以及主动和被动的传感器是以何种方式获取这些能量的。

环境效果主要指的是传感器的信号传输对战场环境空间属性的改变。

由任务空间实体发射的能量和由实体传感器反射的能量引起的环境效果可能会引起环境参数的变化。当传播的能量通过环境媒介时,这些变化的环境特征将可能改变环境的构造情况,以至于改变能量的传输路径。

(3)武器装备

武器装备包括所有参与到战场环境交互的武器装备(不包括参战人员),如舰艇、坦克等。

环境影响主要指的是战场环境对武器性能和轨道的影响。

不同的环境条件可能影响到武器本身的使用性能,甚至影响到武器的辅助装置以及弹头的发射装置(环境可能改变偏移量,改变导弹的发射路径)。

环境效果主要指的是武器使用过程中对与其发生交互的战场环境状态的改变。

由于武器的使用而导致环境的4个领域发生变化。

(4)基础设施

基础设施包括所有的军用以及民用基础设施。军用设施如战斗障碍物、军用工程等,民用设施如建筑物、网络等。

环境影响主要指的是环境发生变化时对基础设施的影响。

环境和军用(战斗障碍物、军用工程、后勤)以及民用基础设施(各种设备、建筑物、网络以及一些与军事行动无关的特征)的交互,而且包括在这4个环境领域中的环境现象(飓风、龙卷风和一些剧烈的暴风雨)与基础设施(建筑物、桥以及海港)的交互。

环境效果主要指的是基础设施被毁坏对整个战场环境仿真空间的改变。

基础设施的损坏会导致仿真显示中的特征的变化和仿真任务空间表示数据库的变化。

(5)参战人员

参战人员包括所有与环境系统有交互作用的参战人员,如决策层、现场指挥人员等。

环境影响主要指的是战场环境状态对参战人员的判断和决策的影响。

不同的环境要素可能对参战人员的判断和决策起到决定作用,从而影响整个仿真的结果。

环境效果主要指的是参战人员的行为对战场环境状态的改变。

参战人员的决策行为对仿真的进一步进行以及仿真的发展对战场环境状态都会有不同程度的影响。

战场环境仿真概念模型所需求的实体和交互关系是概念

模型研究的基础,这也为概念模型本体的实现奠定了基础。

4 基于本体的战场环境仿真概念模型

为了能够更加直观地表示战场环境仿真概念模型,这里考虑到本体可以用来明确描述一个领域的相关概念和关系的特点,下面使用本体对上面的战场环境的相关概念和关系进行更加规范的描述和表示,从而在一定程度上实现这些概念和关系的共享和重用,达到对战场环境仿真概念模型进行描述与表示的目的。首先提出适用于战场环境仿真概念模型本体的概念并明确其具有的特点。

4.1 战场环境仿真概念模型本体

战场环境概念模型本体是战场环境仿真这一特定领域中基本概念及关系的明确的形式化规范说明。它应该具备以下4个基本特点:

(1)明确性。战场环境的概念和关系必须有明确内涵和外延,也就是说不能使用同一概念和关系来表示不同的含义。

(2)规范性。概念和关系的表示使用统一的形式化表示方法,确保是机器可读的。

(3)共享性。不同的战场环境仿真都可以共享地使用此规范说明,也就是说此规范说明必须是对战场环境仿真这一领域的共同理解。

(4)重用性。在不同的战场环境仿真中可重复地使用此规范说明,而不能出现在每个仿真过程中都必须建立不同的战场环境仿真本体的情况。

综合考虑战场环境仿真概念模型本体的特点及战场环境仿真中的约束问题,本文对已有的建模元语进行了补充^[10,11],提出了8种元语用来构建战场环境仿真概念模型本体:概念的表示使用 Class、关系的表示主要使用 Attribute_of, Kind_of, Part_of, Instance_of, Behavior_of, Interaction_of 和 Constraint_of。

Class 主要用来表示战场环境仿真的相关概念,这里主要用来表示战场环境仿真实体;

Kind_of 用来表示战场环境仿真本体中的类和子类的关系,是概念(Class)的继承关系;

Part_of 用来表示战场环境仿真概念模型本体中的整体和部分的的关系;

Instance_of 用来表示战场环境仿真本体中类和实例的关系;

Attribute_of 用来表示战场环境仿真概念模型本体中实体和属性的关系;

Behavior_of 用来表示战场环境仿真概念模型本体中实体内部的行为关系;

Interaction_of 用来表示战场环境仿真概念模型本体中实体与外部的交互关系;

Constraint_of 用来表示战场环境仿真概念模型中实体应该满足的各种约束关系。

确定了战场环境仿真概念模型本体这些建模元语后,就可以使用这些元语来实现战场环境仿真的本体,从而实现战场环境仿真的描述与表示。

4.2 基于本体的战场环境仿真概念模型

战场环境仿真概念模型本体是战场环境概念模型中的实体概念和关系更加明确的表示。这里以战场环境仿真中的大

气密度为例,给出其实现的主要步骤:

(1)声明大气领域本体的命名空间

在使用一组术语之前,需要精确地指出将用到哪些具体的词汇表,也就是说要确定其命名空间。这些命名空间声明提供了一种无歧义地解释标识符的方式,并使得剩余的本体表示具有更强的可读性。下面给出战场环境仿真概念模型本体的命名空间。

```
<rdf:RDF
  xmlns="192.168.0.1/BE#"
  xmlns:air="192.168.0.1/BE#"
  xmlns:base="192.168.0.1/BE#"
  xmlns:owl="192.168.0.1/owl#"
  xmlns:rdf="192.168.0.1/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="192.168.0.1/rdf-schema#"
  xmlns:xsd="192.168.0.1/XMLSchema#"
```

前两个声明标识了与该本体相关的命名空间。第一个声明指定了缺省命名空间,即表明所有无前缀的限定名(qualified names)都出自当前本体。第二个声明为当前本体指定了前缀 air:。第三个声明为当前文档指定了基准 URI(Base URI)。第四个命名空间声明指出,在当前文档中,前缀为 owl: 的元素应被理解是对出自 "192.168.0.1/owl#" 中的事物的引用。这是引入 OWL 词汇表的惯例用法。OWL 要依赖 RDF(Resource Description Framework)、RDFS(RDF Schema)以及 XML(Extensible Markup Language) Schema 数据类型中的构词(constructs)。在本文档中, rdf: 前缀表明事物出自命名空间 xmlns:rdf="192.168.0.1/22-rdf-syntax-ns#",接下来的两个命名空间声明分别为 RDF Schema 和 XML Schema 数据类型指定前缀 rdfs: 和 xsd:。

(2)确定战场环境仿真概念模型本体的类及个体

首先确定战场环境仿真概念模型本体建模过程中可能使用到的相关元素,是否完全地使用 OWL 的基本元素:类(Class)、属性(Property)和个体(Individual)等根据所建立本体的实际情况而定,本文主要使用了这三类要素。下面以战场环境仿真领域中的大气要素为例,其本体的类、子类及个体的具体定义如下:

(a)基本的类及子类

这里表示战场环境仿真本体中的气候(Climate)类是大气(Air)类的子类,而 AirDensity 类是 Climate 类的子类。

```
<owl:Class rdf:ID="Air"/>
<owl:Class rdf:ID="Climate"/>
<rdf:subClassOf rdf:resource="# Air"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Region"/>
<rdf:subClassOf rdf:resource="# Air"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="AirDensity"/>
<rdf:subClassOf rdf:resource="# Climate"/>
</owl:Class>
```

(b)相关个体

下面的代码明确地表示了战场环境仿真本体在实现过程中应该具有的类、子类以及各个个体。其中<Climate rdf:ID="AirDensityDes"/>表示大气密度个体 AirDensityDes 是由气候类继承而来,是气候 Climate 的个体。

```
<Region rdf:ID="Place"/>
```

```

<Region rdf:ID="ElevationDes"/>
<Region rdf:ID="VisibilityDes"/>
<Climate rdf:ID="SeasoDesn"/>
<Climate rdf:ID="AirTempDes"/>
<Climate rdf:ID="AirWetDes"/>
<Climate rdf:ID="RainfallDes"/>
<Climate rdf:ID="SnowfallDes"/>
<Climate rdf:ID="WindPowerDes"/>
<Climate rdf:ID="AtmosPreDes"/>
<Climate rdf:ID="AirDensityDes"/>

```

(3) 建立战场环境仿真概念模型的属性

这里同样以战场环境领域的大气环境为例,说明大气环境中大气密度的属性,并通过语言部分实现战场环境概念模型本体。

```

<owl:Class rdf:ID="Air"/>
<owl:Class rdf:ID="Climate"/>
  <rdf:subClassOf rdf:resource="# Air"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="AirDensity"/>
  <rdf:subClassOf rdf:resource="# Climate"/>
</owl:Class>
<AirDensity rdf:ID="AirDensityDes"/>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasAirDensity">
  <rdfs:range rdf:resource="# Air"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="# AirDensityDes"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="AirDensity">
  <rdfs:domain rdf:resource="# AirDensityDes"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#xsd:positivefloat"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

这里只以大气密度的两个属性为例:大气密度的定义域 # Air 及值域 # AirDensityDes 和大气密度的数据类型,其取值范围为正实数。

战场环境仿真领域本体的建立,是对自然语言所描述的实体要素和交互关系的进一步抽象,更加明确地表示了战场环境仿真的相关实体和交互关系。为了能够更直观地表示本体,达到对战场环境仿真概念模型描述与表示的目的,下面使用上面提出的本体建模元语来表示战场环境概念模型实体及其内部关系(见图 3)。

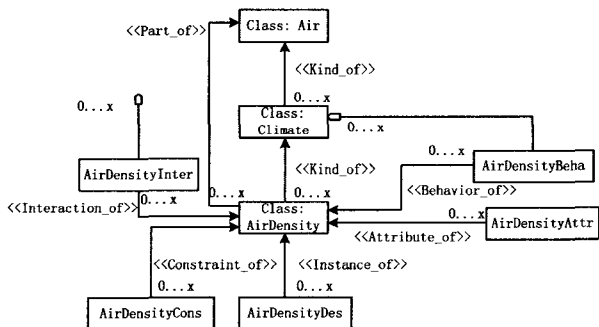


图 3 战场环境仿真概念模型本体图形表示

从图 3 可以看出,Climate 是 Air 的子类,而 AirDensity

是 Climate 的子类,而 AirDensityDes, AirDensityAttr, AirDensityBeha, AirDensityInter, AirDensityCons 和 AirDensity 的关系分别是 Instance_of, Attribute_of, Behavior_of, Interaction_of 及 Constraint_of, 另外 AirDensity 可能会通过 AirDensityBeha 与 Class 类中的其它(0...x 个)实体存在相互作用。另外 AirDensityInter 的另外一部分是军用仿真系统的其它实体。

使用本体语言和图形来描述和表示战场环境仿真概念模型的实体和交互关系,使得战场环境仿真概念模型的描述和表示更加明确和充分,也为战场环境仿真系统的进一步研究奠定了基础。

结束语 为了弥补战场环境仿真概念模型表示方法的不足,本文提出了使用 OWL 及本体建模元语来明确表示战场环境仿真的概念模型。在此过程中修正了现有本体建模元语的不足,给出了适用于战场环境仿真概念模型的 8 种本体建模元语。这一方法明确表示了战场环境仿真概念模型的实体和交互关系,为战场环境仿真人员提供了交流平台,并为战场环境仿真的进一步研究提供了理论参考。

参考文献

- [1] 陈宏. 基于本体的知识表示研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2006
- [2] 吕燕辉,马宗民,张富. 基于模糊概念的模糊本体构建方法[J]. 2009,30(9):1262-1265
- [3] 唐忠,汪连栋,刘东玉. 雷达有源干扰设备数据库 ER 概念模型[J]. 航天电子对抗,2006,22(6):51-53
- [4] 易锋. 概念模型的结构化表示[D]. 武汉:华中科技大学,2006
- [5] Malinowski E, Zimanyi E. A Conceptual Model for Temporal Data Warehouses and Its Transformation to the ER and the Object-relational Models [J]. Data & Knowledge Engineering, 2008,64(1):101-33
- [6] 蒋旭,邸彦强,朱元昌. 基于本体的概念模型应用研究[J]. 微计算机信息,2007,23(10):55-57
- [7] Kotiadis K, Robinson S. Conceptual Modelling; Knowledge Acquisition and Model Abstraction[C]//Proc. of the 2008 Winter Simulation Conference. 2008:951-958
- [8] Robinson S. Conceptual Modelling for Simulation; Issues and Research Requirement[C]//Proc. of the 2008 Winter Simulation Conference. 2006:792-800
- [9] Paul A B. SNE Conceptual Reference Model[C]//Proc. of the Fall 1998 Simulation Interoperability Workshop. 1998: 98F-SIW-018
- [10] Perez A G, Benjamins V R. Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components; Ontologies and Problem-Solving Methods [C]//Proceedings of the IJCAI'99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods. Stockholm, Sweden, 1999
- [11] Dale DM, Annette CJ, Melissa EN. Environmental Data Modeling; REDM, DREDM, Ontology and Metrics[C]//Proc. of the Spring 2003 Simulation Interoperability Workshop. 2003: 03S-SIW-132