

基于上下文的综合战场环境本体建模

陆筱霞^{1,2}, 李思昆¹, 马千里¹

(1. 国防科学技术大学计算机学院, 长沙 410073; 2. 中原工学院计算机学院, 郑州 450007)

摘要: 为满足综合战场环境建模的需求, 提出一种基于上下文的综合战场环境本体建模方法。针对模型各种应用领域, 分别抽取不同处理过程中共有的以及关键处理过程中特有的视角, 形成上下文。对概念进行上下文限定, 并在各自上下文中确定概念间的关系, 构建上下文限定本体模型。应用结果表明, 该模型检索效率较高, 能够表述复杂关系。

关键词: 综合战场环境建模; 本体; 上下文限定; 空间映射; 拓扑分析

Ontology Modeling of Synthetic Battlefield Environment Based on Context

LU Xiao-xia^{1,2}, LI Si-kun¹, MA Qian-li¹

(1. College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. School of Computer, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

【Abstract】Based on the requirement of modeling a synthetic battlefield environment, a new ontology-based method is presented. To clearly lay out the relations between the conceptions, contexts are made from extracting the common views through the domain and views special views for some key processes. Relations are specialized in context, and context restriction ontology are constructed. Application result shows that the model has highly efficient retrieval and complex-relation-express ability.

【Key words】 modeling of synthetic battlefield environment; ontology; context restriction; space mapping; topologic analysis

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.04.089

1 概述

综合战场环境是在计算机中构建的新一代虚拟战场环境, 其组成涵盖了综合集成作战空间中的合成自然环境、合成作战系统、战场特效和效应等。目前, 大多虚拟战场环境将作战实体仿真和场景绘制分成 2 个独立部分。前者主要关注仿真实体行为及实体之间的协同操作; 后者往往设计与绘制算法紧密结合的组织结构, 以保证实时性需求^[1]。这种仿真、绘制相互独立, 数据管理分离的现象, 会引起对象数据存储冗余和维护不便^[2], 绘制过程也难以从仿真计算获得感兴趣信息。数据组织模型与绘制算法紧密结合, 则会对系统的扩展性造成障碍。如何构建表示复杂元素、关系和概念的系统模型, 支持环境数据的交换、重用和共享, 提高处理效率, 成为构建综合战场环境需解决的首要问题。

本体论作为共享知识的表达基础, 是解决复杂虚拟环境建模问题的有效技术途径。在虚拟战场环境建模领域, 研究者们对本体建模方法进行了有益的探索^[3-4]。其中, 文献[4]利用 OWL 对战场本体进行了构建, 但在其战场对象本体的分类中, 没有明确概念间的关系, 对系统的扩展造成一定的障碍。此外, 本体表达的范围一定要明确才能够使得定义更加清晰、无误^[5]。事实上, 不同的处理过程所需要的本体库的视角是有差异的。

本文提出一种基于上下文的综合战场环境本体建模方法。在对领域本体概念进行明确定义并建立顶层概念层次模型的基础上, 针对应用领域特征, 抽取不同处理过程中共有的、以及各个处理中特有的视角, 形成不同上下文; 在各自上下文中明确概念间的关系、公理和推论, 建立综合战场环境本体模型。本文着重分析上下文相关本体模型构建及其对

复杂关系扩展和高效检索的支持。

2 综合战场环境本体论

基于综合战场环境中多任务处理的特点以及本体模型构建要求, 本文将本体设计为上下文限定的形式。这种对上下文的清晰划分, 避免了将不同类型公理、规则一起构建时可能造成的混乱。

上下文相关的本体 context: $\langle C, R, S, A, r \rangle$ 表示在上下文 context 限定下, 包含概念 C、关系 R、状态 S、公理 A 以及规则 r。其中, 概念、关系、公理和规则的说明是传统本体定义中包含的内容。状态集合 S 的加入, 能对虚拟战场中随着时间而改变属性、行为等特性的对象进行描述。公理和规则集合需要在不同的处理上下文中, 按要求选择适当的理论和工具形成。顶层本体抽象如图 1 所示。

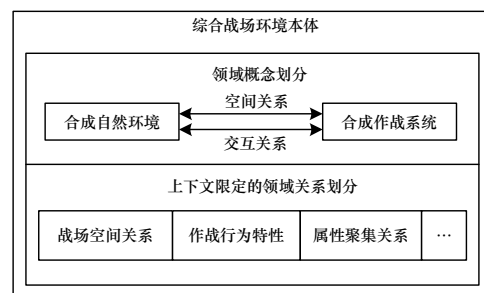


图 1 综合战场环境本体

作者简介: 陆筱霞(1977—), 女, 博士研究生, 主研方向: 虚拟现实; 李思昆, 教授、博士生导师; 马千里, 博士研究生

收稿日期: 2011-09-05 **E-mail:** xiaoxialu@nudt.edu.cn

领域概念划分主要关注模型中所有领域概念的识别, 不进行上下文划分。合成自然环境与合成作战系统是顶层模型中包含的概念, 这 2 个概念间的关系主要可以抽象为空间关系与交互关系。这些关系根据处理需要, 可以进一步划分为不同上下文中的关系。

3 综合战场环境本体模型的构建

对复杂的大规模系统, 本体模型构建中必须支持扩展性。本文采用自顶向下的方法进行概念生成和层次模型的构造。所构建的概念层次不仅使用传统的继承关系, 还结合概念间部分-整体的“has-part”关系构造。针对综合战场环境构建的部分领域概念层次模型如图 2 所示。

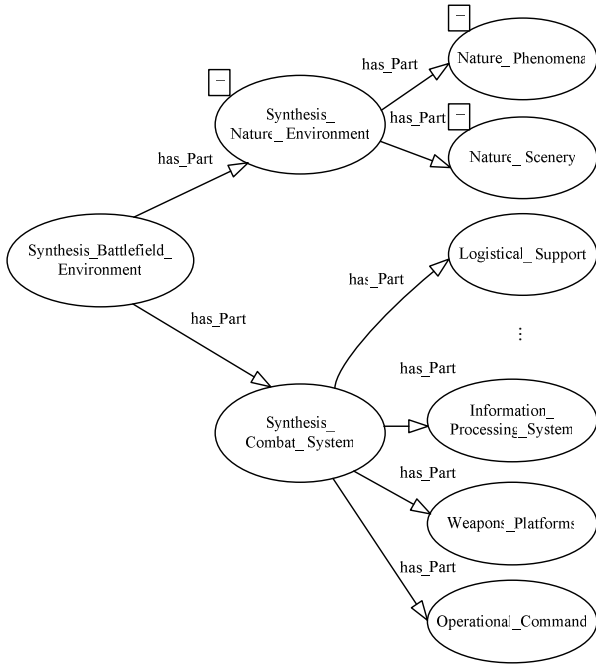


图 2 部分顶层领域概念层次模型

由于本文着重讨论上下文相关本体的构建, 关于顶层概念层次的定义、关系分析以及扩展支持、概念添加层次判定算法等另文详述。关系构造中同样适用自顶向下逐步求精的方法, 而且基于视角的观点, 本文先找出不同关系作用的上下文, 然后再在这些上下文中对关系进行描述来构建本体。

3.1 战场空间映射

在综合战场环境的虚拟演练中, 很多处理都只针对某个区域或某个对象周边部分对象进行。因此, 可以根据空间位置来进行数据集的缩减, 对处理过程的目标数据进行空间聚焦、提高处理效率。如在仿真计算中, 作战实体空间位置的计算, 需要其所在区域地理信息支持, 可以通过空间位置推理加速这些地理信息的获取; 绘制过程中进行的视域剪裁、遮挡剔除等操作, 也可以利用空间位置关系, 尽快找到需要处理的数据集, 加快整体处理速度和效率。

在战场空间上下文中, 为支持这些空间位置依赖的处理, 加入空间位置域辅助概念。与空间位置相关处理可以利用位置理论(location theory)和拓扑学(topology)理论工具^[6]。位置理论能够对对象之间存在的一些绝对位置信息表达和推理。而拓扑关系的应用, 则可以通过拓扑关系分析, 收缩处理中需要考察的对象范围。领域概念本体到空间本体的映射为:

$$C|_{\text{domain}} \rightarrow C'|_{\text{spatial}} \text{ [location theory, topology]}$$

$$R|_{\text{domain}} \rightarrow R'|_{\text{spatial}} \text{ [location theory, topology]}$$

图 3 描述了综合战场环境模型中, 通过加入辅助概念 Location_Area, 对部分概念间可能存在的位置关系的管理, 即上下文 Contextual: 空间关系处理中的辅助概念。

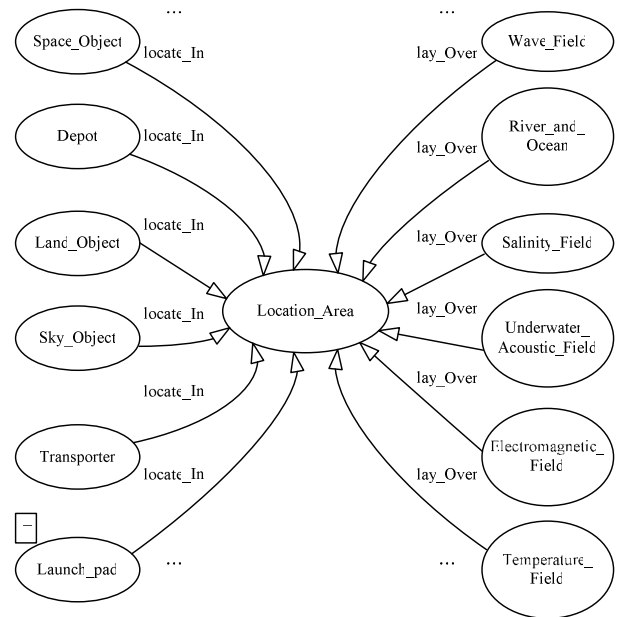


图 3 加入辅助概念 Location_Area 后的位置管理

概念在进行空间关系上下文映射后, 被转换成只有位置信息、邻接信息等空间位置相关属性的空间概念。空间概念的状态主要用于辅助空间关系处理和数据管理, 如运动状态和分辨率状态。运动状态说明空间概念实例对象是否能够发生位置的改变, 而分辨率则说明空间对象能够被处理的级别, 有助不同分辨率下快速判定需要处理的对象集合, 对处理过程实现简化。

3.2 作战行为映射

针对作战过程中的行为, 实体状态会从根本上影响到概念间的关联。概念间的关系会随着状态的变化而变化, 进而影响到系统运行中的处理过程。作战行为映射将概念转换为时变的行为主体概念, 关注其在运行中可能发生的状态变化及引起状态变化的条件。由于各种作战行为的复杂性, 限于篇幅, 对作战行为映射参见文献[7]。

建立了概念和上下文以及各上下文中包含的关系, 并通过 Protégé 的推理机制确认本体模型的正确性后, 对综合战场环境中的动态知识进行建模, 可以构建任务本体, 为模型添加实例, 并利用选择的软件工具实现。

4 综合战场环境本体模型的应用

基于上下文的本体通过本体映射合成运算和拓扑分析提供对复杂关系表述和快速检索的支持。

4.1 本体模型对复杂关系表述的支持

本体模型可以表示成图(Diagram)的形式: 概念和状态组合抽象成图中节点, 概念间的关联则抽象为图中节点的态射关系。因此, 可利用图的合成运算“o”进行本体映射的合成运算。

图 4 给出了本体概念经空间映射后再进行属性聚集的映射。两步映射的结果就是合成映射的结果, 它表示既满足某个空间限制条件, 同时又满足某个属性约束的概念实例集合。

以往虚拟环境组织模型通常只能按某一固定的关系对概念进行组织和管理。采用本体模型, 通过将多次映射的本体进行合成操作, 能够对更为复杂的关系进行表述和推导。

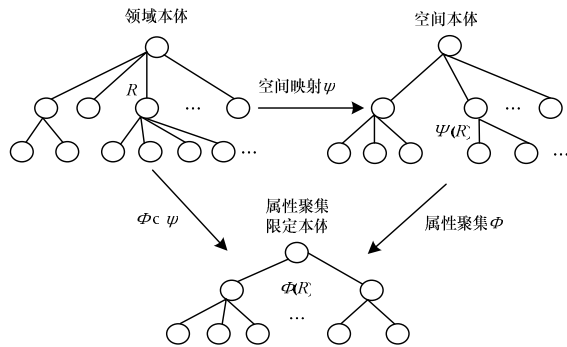


图4 通过本体模型复合操作形成复杂关系的过程

4.2 地形数据管理的快速信息检索

映射的合成操作使得本体模型能够在初始数据集上进行多次逻辑推理和聚集限定。在虚拟战场场景绘制实验中,通过空间位置判定进行高效的视域剪裁后,形成的数据集是整个模型中一小部分。其后的漫游操作处理可以直接通过现有集合对象的拓扑相关集形成,而不需再对整个场景数据集进行视域剪裁。最后再增加绘制状态映射,使相同绘制状态数据聚集,减少绘制流水线切换开销。

实验机器配置为 1.6 GB Intel P4, 1 GB RAM, GF6600 显卡。本文着重针对地形数据,并与场景图中的树型组织方式进行对比和分析。实验采用的地形区域包括 16 385×16 385 个高程数据点,概要信息(高程数据元信息)为 21.2 MB,地形原始数据共 256 MB,经过层次细节处理后的地形数据有 1.50 GB。

本文方法的地形绘制效果如图 5 所示,该方法与场景图地形组织方法的绘制速度比较如图 6 所示。可见,在相同环境下,采用上下文本体的组织方式对大规模地形场景的绘制速度约能达到场景图组织方法的 2 倍。

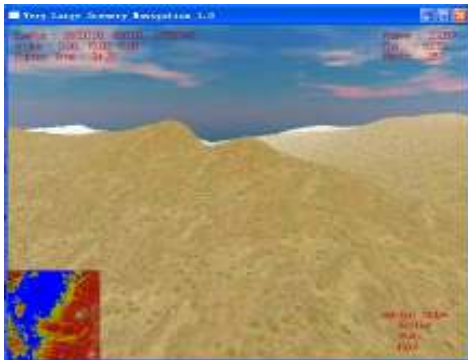


图5 大规模地形绘制效果

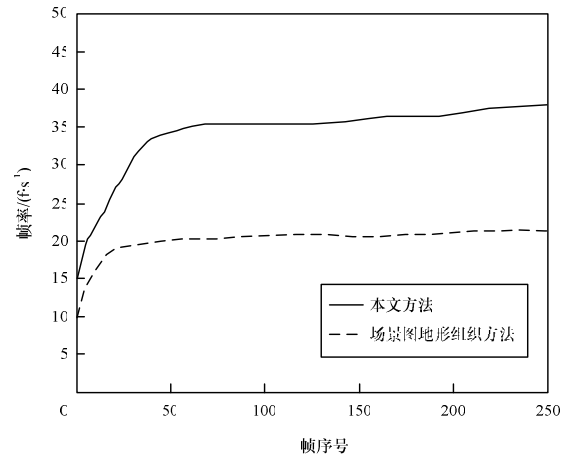


图6 2种组织方法对地形场景绘制帧率影响的比较

5 结束语

本文构造一种上下文限定的综合战场环境本体模型。给出上下文相关本体的定义,并讨论了上下文相关本体及概念间关系的构建。应用与分析结果表明,该本体模型能够满足综合战场环境的复杂关系描述、快速检索等需求。后续工作将进一步完善本体库的实例化,以便在更多虚拟综合战场仿真系统任务中发挥重要作用。

参考文献

- [1] 曾鹏,陈长征,李苏军.基于数字地球的虚拟海战场环境仿真[J].计算机工程,2009,35(8):269-270.
- [2] 王总辉.高可扩展分布式交互仿真支撑平台的研究与实现[D].杭州:浙江大学,2007.
- [3] Ustymenko S. Ontology-supported Sharing and Reuse of Knowledge in Diverse Environments[C]//Proc. of the 43rd Annual Southeast Regional Conference. Kennesaw, Georgia: [s. n.], 2005.
- [4] 修佳鹏,熊燕,张雷,等.基于OWL的战场本体构建方法[J].郑州大学学报:理学版,2007,39(2):136-141.
- [5] de Leenheer P, de Moor A, Meersman R. Context Dependency Management in Ontology Engineering: A Formal Approach[C]//Proc. of C&O'05. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 2005.
- [6] Casati R, Smith B, Varzi C. Ontological Tools for Geographic Representation[M]//Guarino N. Formal Ontology in Information Systems. Amsterdam, Holland: IOS Press, 1998: 77-85.
- [7] 戴静波,曾亮,张巍.虚拟战场环境中群体组织结构本体建模方法研究[J].系统仿真学报,2008,20(z1):128-131.

编辑 金胡考

(上接第 271 页)

参考文献

- [1] 孟庆端,吕东伟,梁祖华.入侵检测系统中改进的 AC_BMH 算法[J].计算机工程,2010,36(22):160-162.
- [2] 周燕,侯整风,何玲.基于有序二叉树的快速多模式字符串匹配算法[J].计算机工程,2010,36(17):42-44.
- [3] Yu Fang, Katz R H, Lakshman T V. Gigabit Rate Packet Pattern-matching Using TCAM[C]//Proc. of the 12th IEEE International Conference on Network Protocols. Berlin, Germany: IEEE Press, 2004.
- [4] Sung J, Kang S, Lee Y. A Multi-gigabit Rate Deep Packet Inspection Algorithm Using TCAM[C]//Proc. of GLOBECOM'05. [S. l.]: IEEE Press, 2005.

- [5] Taylor D E. Survey Taxonomy of Packet Classification Techniques[J]. ACM Computing Surveys, 2005, 37(3): 238-275.
- [6] Meiners C R, Liu A X, Torng E. Bit Weaving: A Non-prefix Approach to Compressing Packet Classifiers in TCAMs[C]//Proc. of ICNP'09. Princeton, USA: [s. n.], 2009.
- [7] Liu A X, Gouda M G. Complete Redundancy Removal for Packet Classifiers in TCAMs[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2010, 21(4): 424-437.
- [8] Dharmapurikar S, Krishnamurthy P, Sproull T S, et al. Deep Packet Inspection Using Parallel Bloom Filters[J]. IEEE Micro, 2004, 24(1): 52-61.

编辑 金胡考

