

# 基于顶层本体的电子对抗领域本体构建方法

施毅<sup>1</sup>, 汪新林<sup>2</sup>, 陆廷金<sup>3</sup>

(1. 空军工程大学工程学院航空装备管理工程系, 西安 710038; 2. 徐州空军学院训练部, 徐州 221000;  
3. 徐州空军学院航空弹药系, 徐州 221000)

**摘要:** 针对大型领域本体的可扩展问题, 提出一种基于顶层本体的领域本体构建方法 MBECO。通过最大范围地继承顶层本体框架, 构建规范化的传感器领域、信息对抗领域、指挥控制领域等子领域本体模型, 并将其嫁接入顶层本体, 在顶层本体框架下进行子领域本体的集成, 构建语义本体 ECSON。实例表明, 该方法将为系统级的分布式电子对抗仿真提供完善的战场空间本体。

**关键词:** 电子对抗; 顶层本体; 语义集成

## Method of Building Electronic Countermeasure Domain Ontology Based on Upper Ontology

SHI Yi<sup>1</sup>, WANG Xin-lin<sup>2</sup>, LU Ting-jin<sup>3</sup>

(1. Department of Equipment Administration Engineering, School of Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710038;  
2. Department of Training, Xuzhou Airforce College, Xuzhou 221000; 3. Department of Missile, Xuzhou Airforce College, Xuzhou 221000)

**【Abstract】** Aiming at improving the extensibility of huge domain ontology, a domain ontology building method named MBECO is put forward. Through inheriting the framework of upper-ontology, formal sub-domain ontology models such as sensor ontology, EC ontology, command and control ontology can be constructed. Then integrating them under the rule of upper-ontology to get ECSON. Example indicates that, based on the method, the perfect warfare domain ontology for systemic distributed EC simulation can be achieved.

**【Key words】** electronic countermeasure; upper-ontology; semantics integration

空间电子对抗是一种典型的网络中心战样式, 在广域的作战空间里, 武器数量众多、平台位置分散、信息交互频繁、作战模式多样。如何在仿真系统中实现各作战单元之间的互通互联, 有效地集成各仿真实体, 最大限度地发挥全系统的作战效能, 是军事科技工作者着力研究的重要课题。本体是概念化的明确的规范说明, 其目标是捕获相关领域的知识, 提供对该领域知识的共同理解, 确定该领域内共同认可的词汇, 并从不同层次的形式化模式上给出这些词汇与词汇之间相互关系的明确定义, 它被认为是信息系统和信息处理的重要成分<sup>[1]</sup>。

目前, 从信息认知的角度开展的电子对抗的研究主要集中在网络中心战的信息基础设施<sup>[2]</sup>、网络中心战的基本概念和信息优势<sup>[3]</sup>等方面, 缺乏如何构建网络中心战的知识基础设施和有效利用知识的研究。

### 1 本体模型的概念

从哲学范畴来说, 本体是有关存在的本质。将它应用于计算机科学中体现为一种知识表示方法, 即用统一、规范化的形式对客观世界或领域范围内的事务进行形式化刻画, 以保证在此本体论的基础上, 所有参与交互的个体间能无二性地共享与交互知识。这种概念模型就是本体论模型, 相应的建模方法称为本体论方法。目前被大部分人公认的本体定义是 Tom Gruber 提出的: “本体是关于共享概念的一致约定。共享概念包括用来对领域知识进行建模的概念框架, 需要互操作的主体之间用于交互的与内容相关的协议和用于表示特定领域的理论的共同约定。在知识共享的情况下, 本体的形

式特化为具有代表性的词汇的定义, 一种最简单的形式是一种层次结构, 用来详细描述类和它们之间的包含关系”。

**定义 1** 本体定义为一个六元组 $(N, F, A, B, R, S)$ , 其中,  $N$ 是本体的名字;  $F$ 是 $N$ 的父本体名;  $A$ 是本体的属性集合;  $B$ 是组成该本体的对象集合;  $R$ 是本体网格, 由 $B$ 中元素之间的关系组成;  $S$ 是附加到该本体的方法集。

顶层本体是实现多领域本体间语义理解的基础。它定义了系统中顶层的类的概念, 这些概念几乎适用于系统的每个层次, 其和任何一个给定的领域都没有紧密的依附关系。顶层本体的作用在于, 使“同一领域内的不同本体概念”以及“不同领域的相同本体概念”可以得到更好的集成和维护。

### 2 一种信息对抗领域本体的构建方法 MBECO

目前比较著名的领域本体构建方法有: IDEF5, 骨架法, TOVE法, 七步法, METHONTOLOGY法等<sup>[4]</sup>。将本体论引入军事系统的工作尚不多见, 文献[4-5]仅仅从元数据的层面规划领域概念集, 不具备领域间交互的语义能力。

本文通过对电子对抗领域的分析, 提出一种面向仿真系统设计的电子对抗领域本体构建方法(Methodology of Building Electronic Countermeasure Ontology, MBECO), 依据该方法构建的空间电子对抗领域本体模型(Electronic Countermeasure Semantics Ontology, ECSON)不仅从元数据层面, 更能从“语义”层面反映领域的抽象模型。MBECO

**作者简介:** 施毅(1980-), 男, 博士, 主研方向: 分布式仿真, 多属性决策; 汪新林, 副教授、硕士; 陆廷金, 教授、博士生导师  
**收稿日期:** 2008-01-24      **E-mail:** military\_sy@163.com

方法的核心思路是：从知识工程的基本思想出发，通过最大范围地继承顶层本体框架，构建规范化的电子对抗子领域本体(sub-domain ontology)，再将这些子领域本体嫁接入顶层本体，进行子领域本体的集成，构建语义本体 ECSON。MBECO 框架如图 1 所示。

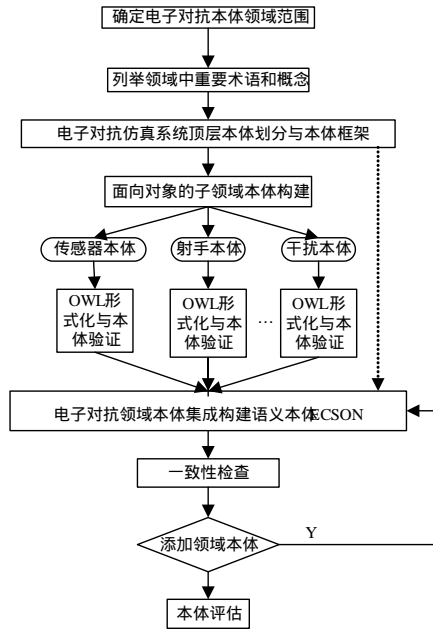


图 1 电子对抗领域本体构建方法 MBECO

因篇幅所限，这里着重论述以下 3 个关键环节：

(1)信息对抗顶层本体划分与本体框架

顶层本体划分的主要工作是列举系统生命周期中涉及的主要对象类型，并理清这些对象类的横向逻辑和拓扑关系，搭建系统静态连接和动态运行中各元素的关系框架。定义电子对抗仿真系统中存在如下 7 种基本类型的对象：Agent 主体对象，平台对象，活动对象，目标对象，数据对象，状态对象，事件对象。这 7 种对象的交互作用构成电子对抗所有行为的集合，它们之间的作用关系如图 2 所示。

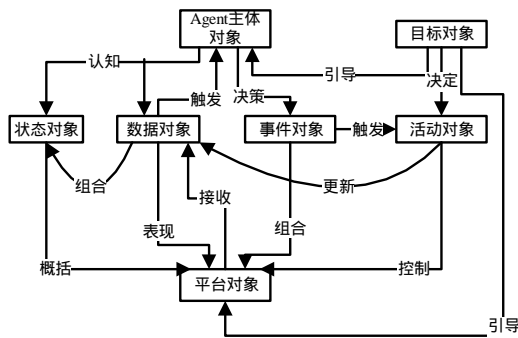


图 2 对象关系框架

(2)面向对象的领域本体构建

顶层本体的关系框架主要解决了横向元素之间的关系搭建，在这个基础上，还必须细化系统内不同对象类、属性类的纵向层次划分，才能搭建起完整的本体模型<sup>[5]</sup>。领域本体模型详尽地描述了层与层、类与类、元素与元素之间的逻辑关系。可采用自上而下法或自下而上法构建领域本体。归纳起来，建模过程主要有 7 步：

- 1)确定应用领域中的对象。
- 2)分析对象的操作和属性，将具有相同属性和相同操作

的对象抽象为对象类。

3)确定应用领域中对象类之间的关系，从而获得一个对象的关系集合  $R$ 。

4)将领域中的所有对象名构成一个对象术语集合，将所有对象属性构成属性术语集合。

5)删除词汇集中重复出现的词汇。

6)扩充关系集合  $R$ ，并确定词汇集中术语之间的语义联系。

7)确定领域中的约束规则。

(3)领域本体语义集成

1)多领域本体集成的形式化表达

定义 2 有  $n$  个领域，已经为这  $n$  个领域逐个建立了领域本体。设需要集成这  $n$  个已经构建好了的领域本体： $Onto_1, Onto_2, \dots, Onto_n$ ；当  $i \in [1, n]$ ， $Onto_i = \{Con_i, Kno_i\}$ ，其中， $Con_i$  是  $Onto_i$  的领域概念集； $Kno_i$  是  $Onto_i$  的领域知识集。

定理 1  $n$  个领域本体的集成

$$Alignment(Onto_i) = \left\{ \sum_{i=1}^n Con_i, \left[ \bigcup_{i=1}^n Kno_i \right] \cup RK \right\}$$

其中， $RK$  是将本体合并； $n$  个领域之间发生联系后产生的新知识集，该知识集可用 OWL 形式化表述， $RK$  产生在原有知识基础上，必须与  $\left[ \bigcup_{i=1}^n Kno_i \right]$  保持一致。

定理 2  $\bigcup_{i=1}^n Kno_i = \sum_{i=1}^n Kno_i$

证明：因为本体采用 URI 命名机制，所以每个术语都是惟一的，不难理解

$$\bigcup_{i=1}^m Con_i = \sum_{i=1}^m Con_i$$

不同领域中相同的内容存在不同概念表示，在本体集成后，仍可用多个概念表示同一内容，即可直接利用已定义好的  $n$  个领域本体中的概念集作为  $Alignment(Onto_i)$  的概念集，在形式化后，概念转化为知识。不同领域之间存在语义映射，即， $\bigcap_{i=1}^n Kno_i \neq \emptyset$ ，所以  $\bigcup_{i=1}^n Kno_i = \sum_{i=1}^n Kno_i - \bigcap_{i=1}^n Kno_i$ 。

综上，多领域集成后  $Alignment(Onto_i) \in Onto$ ，集成本体仍由 2 部分组成，概念集部分为多领域概念集的和集，知识集为多领域知识集的并集加  $RK$ 。命题得证。

2)多领域间对象的关联方法

定义 3 存在非继承关系的对象  $C(\cup P_{C_i}, \cup f_{C_j})$ ， $D(\cup P_{D_i}, \cup f_{D_j})$ ； $\cup P_i$  为属性集； $\cup f_j$  为函数关系集； $\infty$  表关联；则  $[(\cup P_{C_i}) \cap (\cup P_{D_i})] \in (C \infty D)$ 。该式表示，在多领域本体集成时，2 个领域的对象通过相同或相关的属性发生关联。

定义 4

存在对象  $Activity1(t_1, t_2, m, n)$ ， $t_1, t_2, m, n$  分别表示活动开始结束时间和触发结束条件； $Event1(t_2, m)$ ， $Event2(t_2, n)$ ， $t_1, t_2, m, n$  分别表示两事件的发生时间和动作。

$Initiates(a, f, t)$  意味着在时间点  $t$  发生的事件  $a$  后，触发活动  $f$ 。

$Terminates(a, f, t)$  意味着在时间点  $t$  发生事件  $a$  后，活动  $f$  终止。

由定义 3 可推导出 3 个对象之间逻辑关系为  $Event1(Activity1)Event2$ ，即事件 1、事件 2 是活动 1 的触发与终止条件。图 3 反映了在电子对抗仿真系统中，将传感器本

体、指挥中心本体、导弹本体集成后，预警卫星探测活动与弹载干扰机干扰活动之间的关联关系。

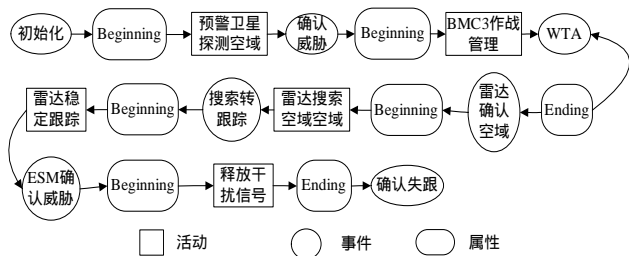


图3 事件和活动对象之间的属性关联

### 3)多领域本体语义集成

根据对顶层本体中7类基本对象的分析，发现 Agent 主体对象、平台对象、目标对象在系统中发挥着“主动”改变系统状态的作用；活动对象和事件对象是一致的，即活动是由事件与事件间的关联组成，反映了系统状态改变的过程；状态对象和数据对象的本质都是一组结构化的数据，反映了系统内的资源分布状况。因此，电子对抗系统可以分成3个基本成分：实体 Entity(如决策 Agent、ESM 干扰机、突防时间等)、实体执行的活动 Activity(如探测、干扰等)和活动作用的数据或资源 Data(如目标 RCS 等)。

信息对抗仿真系统概念类的抽象层次结构可以由树来表示，如图4所示。

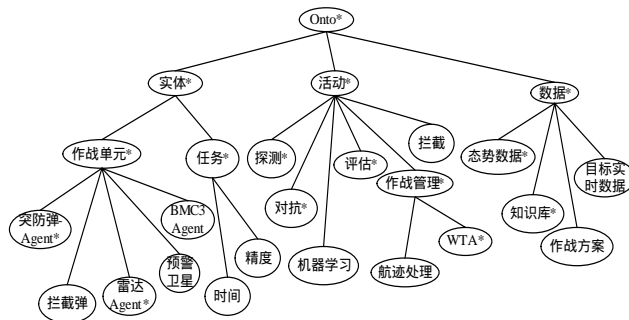


图4 电子对抗本体顶层概念类层次

本文仅用对象关系图表示导弹和雷达2个领域的语义集成模型，见图5。在此基础上使用 OWL DL 进一步描述，就成为计算机可读的文档。

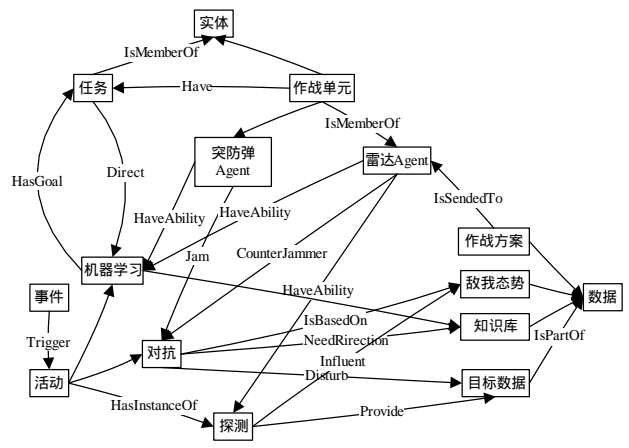


图5 ECSON 部分本体概念

## 3 结束语

面向知识工程，本文提出了电子对抗领域本体的构建方法，该方法在顶层本体的约束下，综合了自顶而下和自下而上思路，对于其他领域的本体构建具有一定指导意义。

### 参考文献

- [1] 向阳, 王敏, 马强. 基于 Jena 的本体构建方法研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(14): 59-61.
- [2] USA Department of Defense. Global Information Grid Capstone Requirements Document[EB/OL]. (2001-10-12). <http://www.e2-mapsys.com PGIGCRD.pdf>.
- [3] Moffat J. Complexity Theory and Network Centric Warfare[M]. Washington D. C. : [s. n.], 2003.
- [4] 程红斌. C4ISR 传感器管理技术研究[D]. 西安: 空军工程大学, 2006-03.
- [5] Song Junfeng, Zhang Weiming. Study on Construction and Integration of Military Domain Ontology, Situation Otology and Military Rule Ontology for Network Centric Warfare[C]//Proc. of the 2005 IEEE International Conference on E-technology, E-commerce and E-service. [S. l.]: IEEE Press, 2005: 368-373.
- [6] 杨保明. 基于本体论的农业知识的 OWL 描述[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(5): 58-60.

(上接第 21 页)

### 参考文献

- [1] Crrea R C. Scheduling Multiprocessor Tasks with Genetic Algorithms[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 1999, 10(8): 825-837.
- [2] Ibarra O H, Kim C E. Heuristic Algorithms for Scheduling Independent Tasks on Nonidentical Processors[J]. Journal of ACM, 1997, 24(2): 280-289.
- [3] Freund R F, Gherrity M, Ambrosius S, et al. Scheduling Resources in Multi-user, Heterogeneous, Computing Environments with SmartNet[C]//Proceedings of the 7th IEEE Heterogeneous Computing Workshop. Orlando, Florida, USA: IEEE Computer Society Press, 1998: 184-199.

- [4] Hou E S H, Ansari N, Ren H. A Genetic Algorithm for Multiprocessor Scheduling[J]. IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, 1994, 5(2): 113-120.
- [5] Holland J H. Adaptation in Natural and Artificial Systems[M]. Michigan, USA: Ann Arbor. University of Michigan Press, 1975: 228-234.
- [6] Du Xiaoli, Jiang Changjun, Xu Guorong. A Grid DAG Scheduling Algorithm Based on Fuzzy Clustering[J]. Journal of Software, 2006, 17(11): 2277-2288.
- [7] 鄢丹, 刘杰. 基于模糊数学的网格资源分析[J]. 计算机工程, 2005, 31(10): 106-107, 124.
- [8] 胡军军, 李成刚, 周济. 改进编网法聚类及其实现[J]. 计算机应用研究, 1999, 16(5): 10-12.