

基于知识融合的多平台协同指控方法研究

关欣, 郭强, 张杨, 何友

(海军航空工程学院, 烟台, 264001)

摘要: 针对信息化战场“信息冗余”、“信息泛滥”、多平台之间协同作战指控效率低等问题, 研究了一种基于知识融合的多平台协同指挥控制方法。在建立基于本体的多平台协同语义模型, 实现战场多平台之间语义层面信息和知识共享的前提下, 使计算机能够自动对战场上接收到的异构、异类的多源信息进行推理, 并实时的进行多平台之间的协同和互操作。最后通过实例, 说明了基于知识融合的多平台协同指挥控制方法的可行性。

关键词: 知识融合; 本体; 协同指控

0 引言

随着信息技术的不断发展以及在军事领域的广泛应用, 信息优势成为战场胜败的关键要素。利用网络让传感单元、决策单元以及作战执行单元实现信息共享, 实时掌握战场态势, 可有效缩短指挥员的决策时间, 提高作战执行单元的打击速度和精度, 优化传感器单元的部署和运行。而战场信息的获取、处理以及高效共享是顺利展开和实施这些活动的前提和基础, 战场信息的高效共享是获取信息优势的基本途径。

而伴随着信息技术的发展与信息化建设的推进, 各领域根据不同历史时期、不同的应用需求、业务流程、信息结构和软硬件环境等特点, 分别建立适用于特定条件、特定环境下的各式信息系统, 众多的信息系统绝大部分都是采用各自不同的硬件平台、操作系统、网络协议等, 其所承载的海量信息绝大部分都是采用各自不同的数据结构、编码方式、表示形式等, 使得战场信息描述不规范, 各种体系中的信息格式互不兼容, 信息存储缺乏统一的索引和管理, 这给各种信息系统之间的信息共享造成了困难。同时, 未来作战样式是一体化的联合, 需要各个作战实体的协同行动, 各个作战实体需要同时访问和处理不同网络节点的异构数据, 从而希望屏蔽各个层次的异构性。此外, 不同实体的信息系统环境和作战应用不同对战场信息共享在应对用户信息需求上提出了更高的要求。最后, 由于战场环境的复杂性, 战场信息种类繁多, 且不同类别的信息之间还存在各种逻辑关系, 这使得战场信息的生成和处理变得非常复杂, 造成信息共享中需要维护各类数据之间数量巨大的关联关系。

针对上述问题, 本文提出一种基于知识融合的多平台协同指挥控制方法。在建立基于本体的多平台协同语义模型, 实现战场多平台之间语义层面信息和知识共享的前提下, 使计算机能够自动对战场上接收到的异构、异类的多源信息进行推理, 并实时的进行多平台之间的协同和互操作。首先建立基于本体的战场多平台协同语义模型, 来融合各特定战场空间领域本体, 实现战场空间内的唯一的信息表示, 使战场多源信息语义层面得到了高度共享, 屏蔽了战场上各类不同平台各异信息系统之间信息表示的差异性, 并通过建立好的逻辑规则, 可以使指挥控制中心对接收到的信息进行自动的推理, 根据战场上瞬息万变的态势, 可以有效的实现多平台之间的语义协同、互操作。

1 基于本体的多平台协同语义模型本体的基本概念

本体(ontology)的概念最初起源于哲学领域, 可以追溯到公元前古希腊哲学家亚里士多德尝试对世界上的事物分类。在哲学中把 ontology 定义为“对世界上客观存在物的系统地描述, 即“存在论”, 是指关于存在及其本质和规律的学说, 是对物质存在不依赖任何语言的系统解说。

在知识工程中本体的概念与哲学上本体的定义是不同的。1991年, 美国 Stanford 大学的 Gruber 和 Neches 等人最早把本体定义为“构成相关领域词汇的基本术语和关系, 以及利用这些术语和关系构成的规定该词汇外延的规则”。1994年, Gruber 在原有的基础上提出“本体是概念模型的明确的规范说明”。这是我们认为最准确, 也被引用最多的本体定义。后来, Studer 等总结认为“本体是共享概念模型的明确的形式化的规

范说明。”这包含 4 层含义：

共享(share)：指本体中体现的是共同认可的知识，反映的是相关领域中公认的概念集，即本体是对相关领域中的概念进行一致性约定。

概念模型(conceptualization)：概念是指现实对象在某一或某些属性空间上的投影，本体不可能包括现实对象的全部属性，只能限定到所研究的领域范围内；概念模型指通过抽象并标识客观世界中一些现象的相关概念而得到的模型。它所表现的含义是：独立于具体的环境状态。

明确(explicit)：指所使用的概念及类型，约束条件都有明确的定义。

形式化(formal)：指本体是计算机可读的（即能被计算机处理）。

本体的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（术语）和词汇相互关系的明确定义。

2 基于本体的多平台协同语义模型

基于本体的战场信息共享和互操作，是通过建立本体语义模型使多平台间的数据源合理的融合为单一的信息整体，即通过本体技术确认该领域内的共同认可的术语，并在不同层次上形式化给出这些词汇（术语）和词汇间相互关系的明确定义，以描述、表达和获取战场信息资源领域的知识，实现不同战斗人员、军事部门之间对战场信息资源的共同理解，在此基础上实现战场信息的共享与互操作。通过本体对战场信息进行比较全面和细致的分析，使之成为战场多平台各异的系统之间语法格式的唯一整合，而不是 n 种格式之间的 n^2 对两两映射，这样使战场多平台信息系统更加全面和深入地发展，使技术优势转化为信息优势。

在战场环境中，处在不同层次的实体对于战场所要求的态势信息是不同的，各自有不同的观察尺度，这就需要各自层次上的实体构建自己所需要的态势约束，以便更好地监视、跟踪态势感知中与自己相关的关系，来完成作战任务中的每一个决策。在战场众多的应用中，由于战场信息的增大，需要依靠军事规则和知识来进行自动信息处理，即计算机可理解的信息处理服务，如多平台协同指挥控制中，需要对敌方多目标进行威胁估计，并结合战场环境和专家知识，实现自动、半自动的推理出最佳的多平台协同的防御方案，甚至自动将多平台之间的动作进行匹配。

多平台协同指挥控制是一个非常复杂的问题，尤其是针对现代“信息泛滥”、“信息冗余”的战场环境，决策者往往无法及时分析海量的战场信息以及它们之间的联系而做出及时准确的判断，往往会将战机延误，无法将信息优势转化为知识优势和技术优势。为了解决多平台协同中互操作以及指挥控制应用的要求，本文建立了基于本体的多平台协同语义模型。通过建立通用本体模型，构建各个战场空间的子本体，增加各个战场空间的领域知识，最后在通用本体模型与各个子空间本体的基础上建立映射，实现各个子本体的集成，实现整个战场空间的语义信息共享。

2.1 多平台协同上层本体模型

多平台协同指挥控制是建立在战场信息共享的前提下，而战场信息共享需要融合多个战场子空间领域的知识。本文提出的多平台协同上层本体模型，接收的数据源模型统一来自于态势感知本体模型，而态势感知本体包含航迹本体和目标判别本体；并且对瞬时信息进行模型化的表示，构建一个动态的实体类来表述战场动态的变化，对态势信息对应的属性上，增加时间属性，这样可以通过构建的规则根据战场环境下态势信息的动态变化进行推理，实时的进行多平台的互操作与指挥控制。本体模型的树结构如图 1 所示。

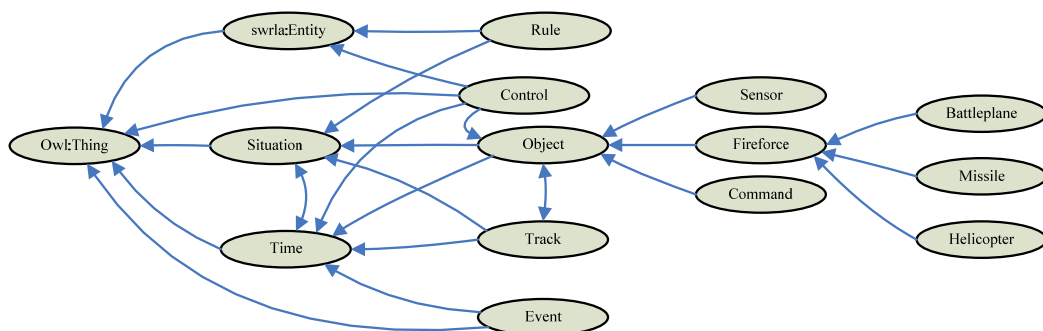


图1 多平台协同上层本体模型

从图中可以看出，多平台协同通用本体，作为多平台协同指挥控制系统的上层本体，拥有 Event, swrla:Entity, Time, Control, Situation 5 个子类，Situation 代表战场上的敌我双方的态势信息，Event 代表系统接收的外界多源动态信息，swrla:Entity 代表相关的规则知识，Time 表示在动态的态势信息上加入了时间的属性，Control 表示的是系统根据规则知识和动态的态势信息对战场的情况进行分析，判断出最佳的决策方案，并将动作命令直接下达到某平台中。

2.2 战场领域子本体模型

从多平台协同上层本体模型中可以看出，多平台协同指挥控制的基础是对态势信息的正确、实时的感知，对于战场目标判别子本体和目标航迹子本体的构建也非常重要。在构建好领域子本体后，通过上层本体构建的关系实现子本体与上层本体的融合，而融合后的本体就成为各平台子系统之间信息交互的基础，使得各子系统对战场信息有了共同的理解，从而可以使指挥决策系统自动的判别态势信息并根据规则实时执行最佳的指控方案。子本体模型与上层本体以及战场各系统间的逻辑关系如图 2 所示。

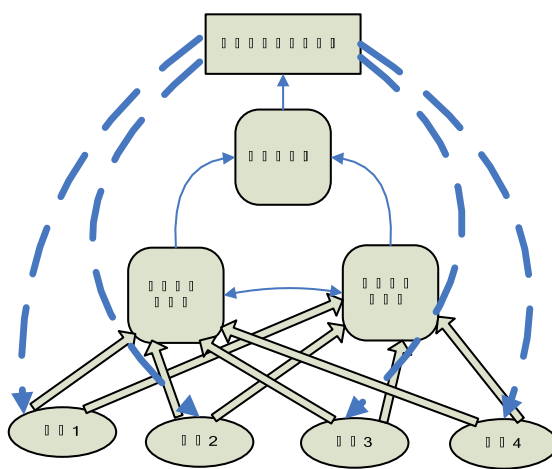


图2 融合后的战场多平台协同本体与各平台间的逻辑关系图

3 实例分析

以水面舰艇编队防空作战为例，这种情况下，敌方目标较多，且机动性能较强，需要通过基于知识融合的指挥控制系统对态势信息进行实时的分析，根据相关的军事规则进行判断，得到合理的指控决策，实时传输给相关的平台单元。

通过融合协同本体的形式化推理，指控系统会生成决策信息给可以完成任务的平台单元。根据协同指控的应用需求，即根据敌方目标的战斗威胁等级以及与我方的动态的关系，定义优先打击，适合指派两条 swrl 规则如下：

(1) First-fire

$$\text{Object} (? a) \wedge \text{Object} (? b) \wedge \text{Object} (? c) \wedge \text{hasOwnerRole} (? a, ? \text{role_a}) \wedge \text{hasOwnerRole} (? b, ? \text{role_b}) \wedge \text{hasOwnerRole} (? c, \text{"Friend"}) \wedge \text{hasDangerLevel} (? a, ? \text{level_a}) \wedge \text{hasDangerLevel} (? b, ? \text{level_b}) \wedge \text{swrlb:Equal}(? \text{role_a}, ? \text{role_b}) \wedge \text{swrlb:notEqual}(? \text{role_b}, ? \text{role_c}) \wedge \text{inFireRange}(? c, ? a) \wedge \text{inFireRange}(? c, ? b) \wedge \text{swrlb:lessThan}(? \text{level_b}, ? \text{level_a}) \rightarrow \text{First-fire}(? a, ? b)$$

(2) First-assign

$$\text{Object} (? a) \wedge \text{Object} (? b) \wedge \text{Object} (? c) \wedge \text{hasOwnerRole} (? a, \text{"Friend"}) \wedge \text{hasOwnerRole} (? b, ? \text{role_b}) \wedge \text{hasOwnerRole} (? c, ? \text{role_c}) \wedge \text{hasFightLevel} (? a, ? \text{level_a}) \wedge \text{hasFightLevel} (? b, ? \text{level_b}) \wedge \text{swrlb:Equal}(? \text{role_a}, ? \text{role_b}) \wedge \text{swrlb:notEqual}(? \text{role_b}, ? \text{role_c}) \wedge \text{swrlb:lessThan}(? \text{level_b}, ? \text{level_a}) \rightarrow \text{First-assign}(? a, ? b)$$

因为在多平台协同作战中，希望能优先使用性能最优且在敌方目标在其火力范围之内内的装备平台去对战需要最先火力打击的敌方目标，在定义了以上两个规则关系并进行推理存储的前提下，其形式化表示的语句可表示为：

FightDecision:

$$\text{Object} (? a) \wedge \text{Object} (? b) \wedge \text{Object} (? c) \wedge \text{Object} (? d) \wedge \text{inFireRange}(? a, ? c) \wedge \text{inFireRange}(? a, ? d) \wedge \text{inFireRange}(? b, ? c) \wedge \text{inFireRange}(? b, ? d) \wedge \text{First-fire}(? a, ? b) \wedge \text{First-assign}(? d, ? e) \rightarrow \text{swrl:select}(? a, ? e)$$

然而在动态更新的过程中，协同指控系统都会自动对应我方平台目标与敌方平台目标的最佳接敌方案，并向相应的单元报告。假设敌方飞机与导弹出现在距我方平台目标相近的位置，敌方飞机 1 的机动性能高且挂载重型导弹，威胁系数高于普通导弹和敌方飞机 2，经过基于知识融合的协同作战指控系统的判断，得到的结果为<敌方飞机 1，我方飞机 1>，即我方指控系统将优先派出我方飞机 1 去首先接敌敌方飞机 1，并再实时的更新中指控其他平台去接敌余下的目标。

4 结束语

本文基于知识融合的理论，研究了一种将本体与规则相结合的多平台协同作战指挥控制方法，该方法通过统一的语义模型形成对战场上多源信息统一的态势认知，以便系统能够对海量的战场信息进行自动的推理和决策，使战场信息优势更好地转化为知识优势和技术优势，是提升战场效能的重要途径。接下来，将就基于多平台协同作战的实际本体构建以及开发更适合实战的战场规则以及如何处理不确定性的知识做深入的研究。

参考文献：

- [1] 汤大圈. 战场信息空间中信息共享技术研究[D]. 长沙：国防科学技术大学，2002.
- [2] 光成, 李臻, 尹浩等. 基于本体的战场航迹信息共享研究[J]. 计算机科学, 2012,39(2).
- [3] 伍方明, 赵晓哲, 郭锐. 本体及其在战场信息共享中的应用[C]. 作战辅助决策与军事系统工程, 2012, 大连.