

无人化指挥控制作战命令语言研究思路和方法

罗晨, 鲍广宇, 刘勇, 杨飞

(解放军理工大学指挥信息系统学院)

摘要: 针对未来无人化指挥控制与协同作战这一新兴研究领域需解决的人—机智能融合、机器人协同指挥等问题, 在分析国内外相关领域研究现状的基础上, 重点围绕基于机器自动理解的作战命令的标准化和自动化处理, 研究提出无人化指挥控制条件下作战命令语言的关键技术, 从本体概念模型、体系结构框架、形式化语法和语义标注方法、命令自动生成与理解等方面提出研究思路和方法。

关键词: 无人化指挥控制、机器人部队、作战命令语言、作战命令

0 引言

当前, 战争形态正逐步由机械化战争向信息化、智能化战争转变, 以无人机、无人战车等为典型装备的机器人部队正逐步成为信息时代一种重要的作战力量。未来无人化指挥控制条件下的机器人部队是由人、武器平台以及机器人组成的人机混合部队, 其作战与指挥控制从传感能力、通信能力、行动能力直到认知能力, 将会更多地体现机器人的自主性和智能性, 其体系结构、行为特性、使命任务以及指挥控制方式都发生了本质变化。作为这一本质变化的主要表现特征之一, 未来战场环境下信息流动与处理速度方面的能力需求将远远超出目前的反应与处理能力范围。

为了实现无人化指挥控制条件下机器人部队的高效作战指挥, 可以从作战意图中抽取无歧义数据元素, 利用形式化语法规则进行组织, 传递给机器系统, 即为作战平台(机器人)之间、人(指挥员)和机器之间提供一种描述作战命令的无歧义语言, 实现作战命令的标准化和机器自动理解, 更大限度地支持机器人部队的自主协同、判断与行动。

1 国内外研究现状

针对上述问题, 外军进行了相关领域的理论与技术研究。美军先后提出了 BML (Battle Management Language)、可扩展作战管理语言 (Extensible BML, XBML)、联盟作战管理语言 (Coalition BML, C-BML)^[1]和联合作战管理语言 (Joint BML, JBML)^[2], 以实现作战计划与命令等的标准化与自动化; 在理论与方法验证方面, 美军开发了基于 BML 的演示原型系统, 显示了一个营作战命令如何通过 BML 建立, 并如何传送给一个仿真系统执行的过程, 以演示证明该方法的一般可行性。目前, 外军在以 BML 为核心的机器人与指挥控制系统互操作理论与技术方面已经进行了大量工作, 提出了一些代表性的理论、方法和产品, 但是均与其军队特有的作战理论和指挥体系紧密绑定。

国内在相关领域基础理论方面也开展了一定的研究工作。国防科学技术大学黄柯棣教授、海军航空工程学院唐金国教授等对近年来外军在 BML 方面的研究成果进行了总结分析, 研究了 BML 的含义和体系结构, 明确指出构建我军 BML 的必要性。课题组联合中电集团第二十八研究所对 BML 理论与技术、基于 Web 服务的仿真可组合性技术、基于元数据的仿真数据共享与发现技术等也开展了持续不断的研究^{[3][4]}。目前该领域的研究成果主要基于外军的作战理论与指挥体制, 特别缺乏结合我军作战理论、作战条令和指挥体制的针对性研究, 既没有形成适合我军特点的 BML 完整理论与技术体系, 在本体、视图、产品、模型等具体方法和关键技术方面也缺乏深入的研究成果。

因此, 十分有必要研究提出能够与我军作战理论和指挥体系相适应的“另一版本 BML”, 研究无人化指挥控制作战命令语言的基础理论与关键技术, 将可对未来战场环境下指控系统、仿真应用乃至机器人部队之间互操作能力的提升提供理论指导和关键技术支撑, 具有重要的理论意义和应用价值。

2 无人化指挥控制作战命令语言关键技术

2.1 指挥控制语言本体概念模型与体系结构研究

可用于无人化指挥控制的作战命令语言与特定军队的作战理论、作战样式以及条令条例密切相关，必须首先研究能够适用于我军作战理论、作战条令和指挥体制的作战命令语言本体概念模型，提出基于机器自动理解的作战命令语言体系结构框架，并在该概念模型和体系结构框架的约束下研究相关基础理论，具体包括：

(1) 作战命令语言本体概念模型研究

以对机器人部队作战理论的研究为背景，分析我军的作战条令条例和军事术语词典，研究对领域知识的抽象表示和领域术语的形式化方法，系统地描述军事术语和术语间的关系，建立军事领域术语的数据模型。在此基础上，研究基于机器自动理解的作战命令语言领域本体构建方法，自顶向下地建立作战命令语言本体概念模型。

(2) 作战命令语言体系结构框架研究

从顶层设计角度出发，研究作战命令语言的体系结构框架和主要建模方法，建立作战命令语言的顶层作战视图、系统视图和技术视图，分别从条令、语法、语义、协议、表示等多个角度建立作战命令语言多维视图，研究各个视图的特有产品和应用模式，提出适应我军特点的作战命令语言完整体系结构框架。

2.2 作战命令语言形式化语法与语义标注方法研究

为建立便于机器自动处理和自动理解的作战命令语言基本语法，需研究符合特定语法等级的作战命令语言形式化语法和作战命令语言语义标注方法，具体包括：

(1) 作战命令语言形式化语法研究

在乔姆斯基体系 (Chomsky Hierarchy) [5] 下，分析作战命令语言的语法结构特点，比较研究正则语法、上下文无关语法、上下文相关语法和自由语法，研究作战命令语言的形式化语法表示方法，并运用该语法，对用于机器人部队指挥控制的命令、请示和报告等主要作战命令进行形式化描述。

(2) 作战命令语言语义标注方法研究

基于作战命令语言本体概念模型，研究基于分层领域本体对作战命令语言注入语义的过程模型与形式化表示方法，设计从作战命令语言公共基础元素到本体中概念的映射机制，研究各类语言元素与本体中关系及属性的关联机制，提出作战命令语言的语义标注与机器自动理解完整方法。

2.3 作战命令语言表示模型与通信协议研究

为使作战命令语言应用于人一机之间以及机—机之间作战命令的自动翻译与理解，必须研究信息交换共享模型和公共通信协议等问题，具体包括：

(1) 作战命令语言表示模型与接口规范研究

围绕作战命令语言的协议视图和表示视图，研究作战命令语言的表示模型与信息交换数据共享模型，研究基于认知的人-机系统间信息交换接口和规范。

(2) 作战命令语言通信协议研究

研究基于作战命令语言的分布式环境下多智能主体间通信协议，提出基于机器自动理解和协议解析方法，研究基于元符号解析和分层思想的映射方法，研究作战命令语言语法形式化表达式到公共信息交换模式的转换方法。

3 研究思路与方法

3.1 以多维视图的方式描述作战命令语言的体系结构框架

结合概念互操作性层次模型 (Levels of Conceptual Interoperability Model, LCIM) [6]，作战命令语言的核心方法与关键技术整体体系结构由多维视图及相应产品构成。为了在条令本体、数据模型、作战术语、作战行动语法语义等方面为指控系统、仿真应用及机器人兵力之间的互操作提供公共描述语言，适用于我军

作战条令和指挥体制的作战命令语言将至少包括条令、语法、语义、协议、表示等五维视图。多维视图与互操作性层次模型的对应关系如图 1 所示。

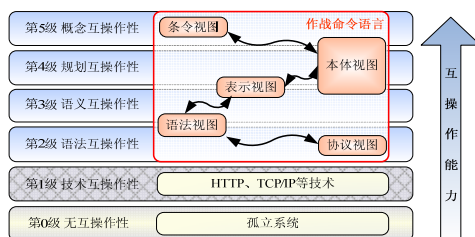


图 1 多维视图与互操作性层次模型的对应关系图

3.2 采取基于条令视图领域本体构建方法建立作战命令语言本体概念模型

对客观世界某一领域中的知识进行描述和建模，分析领域知识，确定领域内公认的知识，对领域中的概念和概念间关系进行建模，构建领域模型，这种领域模型即是本体。本体从根本上保证了人们对领域知识的共同理解。本体经本体描述语言形式化表示后，能够使计算机理解其中的语义信息，继而按照本体内部规则对数据进行处理。本体描述语言是形式化描述本体的工具，为了保证足够的表达能力和可计算性，选取 OWL DL 作为作战命令语言领域本体的描述语言。

对于作战命令领域，目前几种典型的构建本体的方法中，基于词典和通过关系数据库模式生成本体是两种可行的手段，但都有各自的不足。基于词典的方法能够获取领域术语和术语的权威性定义，但在术语关系的表达能力上十分有限；基于数据模型的方法能够获取概念的属性和关系，但缺乏术语的来源和无歧义定义。为此，可以结合两种方法的优势，提出一种在条令视图术语组织基础上构建领域本体的方法。领域本体构建步骤如图 2 所示。

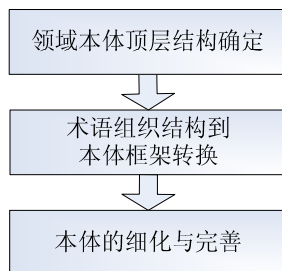


图 2 领域本体构建步骤

3.3 采用基于 BNF 的方法研究作战命令语言形式化语法

为了确定语言的形式化语法，我们用四元组 G 来表示： $G=(S,N,\Sigma,P)$ ，其中 S 是开始符号、 Σ 是终结符集（也就是词典）、 N 是非终结符集， P 为产生式规则集。数据模型（如外军使用的 JC3IEDM）可以很好地满足作为指控领域标准化词典的需求。因此，形式化语法的目标是确定产生式规则，通过确定产生式规则，同时也就确定了非终结符集。

根据乔姆斯基体系（Chomsky Hierarchy），语法包括自由语法、上下文相关语法、上下文无关语法和正规语法四个层次。其中，上下文无关语法的形式简单，方便人和机器处理，而且具有多项式时间复杂度，是使用最广泛的一种语法形式。而巴科斯范式（Backus-Naur Form, BNF）是上下文无关语法中最重要的一种形式化表示形式，它是一种表示上下文无关语法的元语言，一种用于形式化定义语言语法的数学方法。与其他形式化方法相比，BNF 有很多优势。BNF 非常精确，在语法上没有歧义；用 BNF 表示的语法是数学产物，可以被计算机理解；此外，BNF 可以与 XML 很好地配合使用。因此，基于 BNF 来形式化定义作战命令语言语法是一种理想选择。同时，在描述过程中，结合我军现行指控特点，对 BNF 进行适当扩展，以适应我军应用需求。

3.4 通过语义标注实现作战命令的自动理解

语义标注的概念来源于语义网，是利用本体库的知识对 Web 中的文本、图片、视频等资源进行语义注入的过程。在本体建模阶段，大部分的工作集中在对领域知识的抽象表示上，主要任务是将具体应用中涉

及的实例与本体中的概念、关系、属性联系起来。语义标注是指从资源库和知识库到标注结果的映射，通过语义标注，将资源的状态从机器可读提高到机器可理解。用本体对资源进行语义标注，需要以下三个基本要素：

(1)标注对象。即各种待标注的信息资源。

(2)标注知识。即领域本体描述的概念、关系和实例。这些概念、实例和关系也是信息资源中描述的内容。

(3)标注方式。按照标注保存形式可将标注方式划分为内嵌式和非内嵌式。内嵌式标注将标注作为本体内容的一部分，增加了本体的内容，非内嵌式标注则将标注结果存放在数据库或其他位置，并不创建新的本体。

3.5 采用 XML/RDF 协议描述实现异构环境下的信息交互

XML 具有简单、自定义、易于理解等优点，具有良好的表达能力和可扩充性，易于扩展以满足所有可能的数据需求。它的结构特点和基于简单 ASCII 字符的特性使其可用于实现异构环境下的信息交互。然而，XML 除了给我们提供了一个可以被应用自动化读取的格式外，并不能进一步促进数据语义的交换，因此，仅仅采用 XML 格式描述 BML 并不能实现真正意义上得信息交互。为了解决 XML 不具备语义描述能力的问题，还需要在 XML 中引入 RDF (Resource Description Framework)。

RDF 是一个描述资源的标准。用于表达资源的元数据。提出了一个简单的模型用来表示任意类型的数据。这个数据类型由节点和节点之间带有标记的连接弧所组成。节点用来表示 Web 上的资源，弧用来表示这些资源的属性。因此，这个数据模型可以方便的描述对象（或者资源）以及它们之间关系。从而解决了 XML 缺乏语义的缺点。

通过在 XML 中引用 RDF，可以将 XML 的解析过程与解释过程相结合。也就是说，RDF 可以帮助解析器在阅读 XML 的同时，获得 XML 所要表达的主题和对象，并可以根据它们的关系进行推理，从而做出基于语义的判断。因此，采用 XML/RDF 协议能够实现异构信息在语法和语义层次上的交互。

4 总结

无人化指挥控制理论与技术的研究已成为一个重要的研究领域和方向。研究无人化指挥控制条件下作战命令语言关键技术，不仅能解决机器人之间的信息交互与协同作战问题，面向未来的指挥控制系统，还能满足指控系统与机器人部队、机器部队之间的互操作性需求。论文针对该领域涉及的关键技术提出了相应的研究思路与方法，为形成适合我军特点的作战命令语言完整理论与技术体系提供了研究思路和理论指导。

参考文献：

- [1] J. M. Pullen, L. Topor, T Troccola, and S. Levine. A Practical Example of the Integration of Simulations, Battle Command, and Modern Technology[C]. International European Multi Conference and Simulation Interoperability Workshop, 2009.
- [2] J. Mark Pullen, Michael R. Hieb, Stan Levine, Andreas Tolk, Curtis Blais. Joint Battle Management Language (JBML) - US Contribution to the C-BML PDG and NATO MSG-048 TA[C]. 07E-SIW-029, 2007.
- [3] Bao GuangYu, Mao ShaoJie, Ju ZhenQi, Liu XiaoMing. A Research on Service-Integrating-Based C4ISR System Simulation Environment[C], Journal of System Simulation. 2008 Vol.20 No.19(5086-5088).
- [4] Mao ShaoJie, Bao GuangYu, et al. A Study of Simulation and Evaluation Experimental Method of C4ISR System, 7th International Conference on System Simulation and Scientific Computing (ICSC'2008), 2008.10.
- [5] U. Schade, M. R. Hieb. Linguistic Principles of C2 Languages and Grammars[C]. Spring Simulation Interoperability Workshop, 2010.
- [6] Andreas T and Muguira J.A. The Levels of Conceptual Interoperability Model (LCIM) [C]. Fall Simulation Interoperability Workshop, Orlando, FL, September 2003. P Proceedings IEEE Fall Simulation Interoperability Workshop, IEEE CS Press, 2003