

doi: 10.7690/bgzd.2024.11.015

C2SIM 互操作标准发展关键问题研究

赵鑫业¹, 王 数², 苑 博¹, 孙光明¹

(1. 海军大连舰艇学院作战软件与仿真研究所, 辽宁 大连 116018;

2. 军事科学院系统工程研究院, 北京 100141)

摘要: 针对联合作战信息交换需求和多军兵种作战数据互联互通问题, 采用指挥控制系统与仿真系统之间交互性标准 (command and control systems-simulation systems interoperation, C2SIM) 标准指导实现指挥控制系统、仿真系统和无人系统之间的高效互操作。概述 C2SIM 的地位、作用和开发概况; 介绍 C2SIM 逻辑数据模型开发方法; 从 C2SIM 核心本体、领域本体扩展、本体到 XML Schema 的转换和参考实现等方面, 分析 C2SIM 的关键技术问题; 探讨 C2SIM 标准在北约近年中实兵演习中的应用情况; 总结 C2SIM 的发展和影响, 为我军标准化互操作技术的构建提供方法和技术上的启发和借鉴。结果表明, 该研究可有效提高军事信息系统的开发能力和质量。

关键词: C2SIM; 指挥控制系统; 作战仿真系统; 互操作性; 标准化

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Research on Key Issues of C2SIM Interoperability Standard Development

Zhao Xinye¹, Wang Shu², Yuan Bo¹, Sun Guangming¹

(1. Operational Software and Simulation Institute, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China;

2. System Engineering Institute, Military Scientific Academy, Beijing 100141, China)

Abstract: Aiming at the information exchange requirements of joint operations and the interoperability of multi-service operational data, this paper explores how the C2SIM standard guides the efficient interoperability among command and control systems, simulation systems and unmanned systems. This paper summarizes the status, function and development of C2SIM, introduces the development method of C2SIM logical data model, and analyzes the key technical problems of C2SIM from the aspects of C2SIM core ontology, domain ontology extension, transformation from ontology to XML Schema and reference implementation; This paper discusses the application of C2SIM standard in NATO military exercises in recent years, summarizes the development and influence of C2SIM, and provides inspiration and reference for the construction of standardized interoperability technology in our army. The results show that the research can effectively improve the development ability and quality of military information system.

Keywords: C2SIM; command and control system; combat simulation system; interoperability; standardization

0 引言

在当今日益增长的联合作战需求和军兵种作战相互依赖的前提下, 在系统之间实现高效率的信息交互非常重要。不同国家或组织以及同一国家的不同军事部门有许多不同类型的军事信息系统, 包括指挥控制信息系统 (简称指控系统)、作战仿真系统 (简称仿真系统) 和自主无人系统等, 多数系统不具备和其他系统直接连通的能力, 很难以一种相互理解的方式协同工作 (如清晰无异地表达、传递军事计划和命令)。

为正确理解、准确评测和加速实现异构军事信息系统之间的互操作, 在联合作战管理语言 (coalition battle management language, C-BML)、想定标准定义语言 (military standard definition language, MSDL) 等已有标准的基础上, 仿真互操

作标准化组织 (simulation interoperability standards organization, SISO) 于 2020 年发布了指挥控制系统与仿真系统之间交互性标准 (C2SIM)^[1]。C2SIM 旨在为指控系统、仿真系统和自主无人系统之间的标准化信息交换提供支持, 将多国的指控系统和仿真系统组成一个共同的网络并使用开放的、公共的标准来统一训练。C2SIM 作为一个互操作性标准, 可以极大地方便军事想定的准备和执行, 并支持相关军事活动。

随着我军多军兵种联合作战乃至参与区域多国联合作战的需要, 支持多军兵种乃至多国包括指控系统、仿真系统和无人系统在内的军用信息系统之间的互操作是迫切需要解决的问题。在军用信息系统进行交换数据过程中, 面向作战复杂多变的环境描述、作战力量的组成、作战筹划、态势分析和指挥行动的过程进行数字化描述, 建立互操作标准是

收稿日期: 2024-06-11; 修回日期: 2024-07-22

第一作者: 赵鑫业 (1984—), 男, 辽宁人, 博士。

其关键。

1 C2SIM 标准的开发过程

1.1 C2SIM 开发背景

过去数十年中, 北约(NATO)制定了一系列互操作标准用于各个盟国指控系统和仿真系统之间的互联互通, 并最终采纳 C2SIM 作为集大成的互操作标准。北约各个盟国都有不同的条令、装备、编成、军事信息系统, C2SIM 标准的目的在于多国联合作战的条件下, 支持每个盟国使用本国的指控系统和仿真系统, 各国之间的指控系统可以无歧义地交换作战信息; 同时, 各国也可以使用本国的仿真系统模拟联军军事力量及其行动。C2SIM 标准的开发愿景为: 在共享网络上, 各国的指控系统和仿真系统可以即插即用并快速无缝地协同工作, 支持联合作战训练、任务演习及联合作战方案分析^[2-3]。北约建模与仿真组(modelling and simulation group, MSG)负责具体开发 C2SIM 标准, 并由 SISO 发布该标准。MSG 组织了一系列技术小组以实现这一愿景, 按照时间顺序分为 MSG-048、MSG-085 和 MSG-145: MSG-048 旨在评估 C-BML 的作战相关性并协助将 C-BML 技术的技术可读水平(technology readiness level, TRL), 使用 MSDL 进行想定初始化, 及促进 C2SIM 标准化; MSG-085 旨在对 C2SIM 系统架构进行可行性测试; MSG-145 旨在巩固 C2SIM 的作战应用基础。

1.2 C2SIM 开发组织分工及设计方式

2014 年 9 月, C2SIM 产品开发小组(product development team, PDG)成立, 并启动 C2SIM 标准开发^[4-6]。产品开发包括 3 个小组, 分别负责开发逻辑数据模型、初始化和任务报告 3 方面的内容。另外, 产品开发小组收集了指挥控制和作战建模与仿真的一系列用例, 用于约定 C2SIM 和核心数据模型的范围。逐步发展核心数据模型, 以涵盖 C2SIM 应用程序所需的所有通用类。初始化和任务报告小组分别致力于 MSDL 和 C-BML, 并使其与 C2SIM 的目标、进展和愿景保持一致。此外, C2SIM 产品开发小组和 NATO MSG 定期审查核心数据模型的评估和标准文件的制定工作。

1.3 C2SIM 开发活动

SISO 的使命是开发、管理、维护和发布用户驱动的建模与仿真标准, 以提高全球建模与仿真实施的技术质量和成本效率。SISO 致力于促进信息和技

术的公开交流, 支持建模与仿真相关技术和实践的进步和标准化。其工作由公司、组织及个体志愿者驱动。面向指控系统和仿真系统的互操作, SISO 先后发布以下 2 代标准。

第 1 代标准: MSDL^[7]和 C-BML^[8]。SISO 开发的 C2SIM 标准始于 2 个松散耦合的语言—MSDL 和 C-BML。MSDL 提供了用于盟国指控系统和仿真系统之间一致性的初始化数据。MSDL 是想定文件, 它提供了对想定和行动过程的具体描述。C-BML 源自美国陆军的一项实验, 用一种可以明确输入软件的语言来取代战场指挥控制的自然语言。

第 2 代标准: C2SIM。北约 MSG-085 成功地展示了技术和作战的相关性, 该活动为完成 C-BML 第 1 阶段标准建设积累了丰富的经验^[9-11]。不过, MSG-085 也证明 MSDL 和 C-BML 不太适合一起应用, 需将两者综合为统一的一个标准。负责这 2 个标准的产品开发小组提出了一项新的提议来取代第 2 阶段的 MSDL 和 C-BML^[12-13] C2SIM, 其标准规范包括以下 4 个文件: 1) C2SIM 标准, 包括用于初始化和任务/报告的程序和消息流的整体标准结构; 2) C2SIM 核心本体, 包含一组定义所有或几乎所有域都需要的逻辑数据模型(logical data model, LDM)的数据类; 3) 实施 C2SIM 的指南文件; 4) 由核心扩展出来的一个作战示例, 提供类似于 MSDL 和 C-BML 中体现的互操作性。采用 SISO C2SIM 标准后, 可能会考虑各种额外的扩展, 如将 C2SIM 扩展到自治系统。

1.4 C2SIM 规范

表 1 和 2 中引用的文献是 SISO 发布 C2SIM 相关的标准文档^[14-21]。

2 C2SIM 逻辑数据模型

C2SIM 逻辑数据模型目的是创建一个包含核心数据元素、元素定义及其关系的逻辑的、中心的数据模型。数据元素被合并为类、类层次结构和关系。每个数据元素都与一个预定义的数据类型相关联。LDM 被设计为具有最小类的复杂性, 并捕获 C2SIM 中基本核心数据元素和关系。LDM 规范包含扩展方法学, 支持扩展 LDM, 且在 C2SIM 实现之间保持互操作性^[12-13]。

2.1 设计方法

根据对以往标准化工作的评估, LDM 的设计更加紧凑、鲁棒性更强, 更易于实现。使用模型驱动

框架(model driven architecture, MDA)方法设计,LDM 被设计为包含层次结构和关系的数据元素的类,每个元素具有明确的数据类型定义以及与其他元素的关系。LDM 设计始于一系列约束 C2SIM 范围和想定的用例。

表 1 C2SIM 相关标准文档

序号	文档编号	名称	时间
1	SISO-STD-011-2014	C-BML 标准	2014 年 4 月 14 日
2	SISO-STD-007-2008	MSDL 标准	2015 年 5 月 11 日
3	SISO-STD-019-2020	C2SIM 标准(包括 C2SIM 核心本体和标准军事扩展本体)	2020 年 4 月
4	SISO-STD-020-2020	C2SIM 陆军作战扩展	2020 年
5	SISO-GUIDE-010-2020	C2SIM 指南	2020 年

C2SIM 产品开发小组中的 LDM 开发小组主要关注 2 方面的设计:

表 3 C2SIM LDM 核心数据元素

C2SIM 类名	定义	数据格式	对应 C-BML 类 (完整格式)	对应 C-BML 类 (轻量级格式)	对应 MSDL 类	对应 MIM 类
Affiliation	一个国家...等	MIM 数据类型	未发现	未发现	Affiliation	Affiliation
Allegiance	引用到...等	patternUUID32	未发现	未发现	AllegianceHandle	未发现
AreaOfInterest	区域...等	RectangleArea	未发现	未发现	AreaOfInterest	未发现
AreaSymbolModifiers	修饰语...等	AreaSymbolModifiersType	未发现	未发现	AreaSymbolModifiers	未发现
AssociatedOverlays	覆盖层...等	AssociatedOverlayType	未发现	未发现	AssociatedOverlays	未发现
CommunicationNetInstances	通信网...等	CommunicationNetInstancesType	未发现	未发现	CommunicationNetInstances	未发现
CountryCode	ISO 3166 国家代码	affiliationGeopoliticalCode	未发现	未发现	CountryCode	未发现
DateTime	日期时间组...等	datetimeTypeFix18	StartWhenAbsoluteTimeType	StartWhenAbsoluteTimeType	DateTimeGroup	未发现
DirectionOfMovement	运动方向...等	floatCompassDegrees3_3	DirectionCode	DirectionCode	DirectionOfMovement	未发现
Disposition	包含位置的分解...等	METOCDispositionType	AbstractFacilityType	AbstractFacilityType	Disposition	未发现
Echelon	修饰语	enumEchelon	未发现	未发现	Echelon	未发现
Entity	一个个体...等	OID + name	ObjectItem	ObjectItem	Unit	未发现
EquipmentItem	有关信息...等	EquipmentItemType	未发现	未发现	EquipmentItem	Equipment
Facility	一个对象...等	Facility	AbstractFacility	未发现	未发现	Facility
GeoCoordinateValue	描述位置...等	PointLightType	AbstractLocation	PointLightType	Location	Location
GeographicFeature	永久或持久自然功能...等	GeographicFeature	GeographicFeatureType	AtWhereLightType+RouteWhereLightType	未发现	GeographicFeature
IFF	文本修饰符...等	textIFF5	未发现	未发现	IFF	未发现
Image	图像产品...等	Image	未发现	未发现	未发现	Image
RelativeLocation	引用...等	OID	LocationRef	LocationRef	未发现	未发现
METOCGraphic	METOC 图...等	METOCGraphicType	未发现	未发现	METOCGraphic	未发现
MOOTWGraphics	集合...等	MOOTWGraphicsType	未发现	未发现	MOOTWGraphics	未发现
MOOTWSymbolModifiers	MOOTW 的修饰符...等	MOOTWSymbolModifiersType	未发现	未发现	MOOTWSymbolModifiers	未发现
Materiel	器械...等	Materiel	AbstractMaterielType	未发现	未发现	Materiel

2.2 设计架构

受到 ANSI-SPARC 架构、数据库管理系统的抽

1) 需求清单: 根据用例提取出一系列 C2SIM 需求描述文档。需求表包含对需求的描述, 及其对初始化的适用性或任务-报告以及用例支持者。

2) 核心数据元素列表: 根据用例描述文档, 确定大多数或所有域中所需的 C2SIM 数据元素。核心数据元素表包含类名、定义、格式与 C-BML(包括轻量级与完整)、MSDL 和 MIM 数据元素的映射, 具体如表 3 所示。

表 2 C2SIM 其他参考

序号	文档编号	名称	时间
1	NIMA TM 8358.1	美国国家图像和地图局(NIMA)数据、椭圆、网格和网格参考系统(第一版)	1990 年 9 月 20 日
2	MIL-STD-2525B	美国国防部国防信息系统局通用军标	2005 年 7 月 1 日
3	NATO APP-6	北约陆军系统军标	2011 年 5 月
4	MIP JC3IEDM	JC3IEDM 附录	
5	NIEM	美国国家信息交换模型	

象设计标准以及设计范式的启发,C2SIM 借鉴一种数据库管理的思路,从 3 个级别(概念的、逻辑的、

物理的)构建数据(如表 4 所示)。

1) 概念的: 从 C2SIM 标准用户的角度探索高层次作战的结构和概念; 它建立在一组实体类型及其关系之上, 格式范围从自由文本到结构化类关系图, 与需求定义相关联的是组织、范围和定义业务概念和规则。

2) 逻辑的: 定义如何从逻辑的角度, 在业务/操作视图和技术视图之间组织信息。目的是开发与概念模型一致的、可行的相关规则和数据结构图, 而不关注具体部署方式、数据库管理系统或任何其他物理层面的考虑。

3) 物理的: 考虑到部署方式的限制以及真实的系统和技术, 描述数据结构的具体实现方式。

表 4 C2SIM 构建数据的 3 个层次

特征	概念的	逻辑的	物理的
实体名称	√	√	
实体关系	√	√	
属性		√	
主键		√	√
外键		√	√
表名称			√
列名称			√
列数据类型			√

具有数据建模对象的表, 将实体、属性和关系作为行, 数据模型级作为列。对于概念级别, “实体名称”是用户可理解的非技术名称; 对于逻辑级别, “实体名称”是属于字典并符合给定的术语的业务名称; 对于物理级别, “实体名称”需要符合技术限制(符合编码和命名规则等)。

这里仅考虑逻辑和物理级别, 但具有明显的语义含义: 逻辑模型是“观点中立”(没有关于谁来开发或定义模型的建议), 该逻辑模型以本体形式(OWL 文件)表示。物理模型由技术人员和软件开发人员使用, 例如以 XML Schema 形式轻松地生成类和属性。

C2SIM 标准采用以下灵活性策略: 在系统之间传输数据时使用这些数据模型定义的元素。因为 C2SIM 标准集包括逻辑数据模型和依据逻辑数据模型的物理数据模型的实例化, 所以该策略受益于在相同的概念基础上支持逻辑数据模型和物理数据模型构造。支持互操作性的基本原则是在数据模型元素级别建立 C2SIM 灵活性策略。

3 C2SIM 本体

系统之间的语义理解, 不仅仅是数据互操作性, 而是信息互操作性。系统必须能够将包含语义的语

言进行翻译, 或者通过参考系统实现。由一个中心参考模型(即一个认证的核心本体)实现语义理解, 将是一种超越技术级的互操作性方法。核心本体的意义在于: 完整且可扩展的本体支持跨领域基本概念的统一表示, 并涵盖专业化到特定领域的概念和词汇, 对于特定领域的知识表示(即元数据词汇)和随后建立各种服务(例如跨域搜索、浏览、数据挖掘和知识提取)之间的映射至关重要。

3.1 C2SIM 逻辑数据模型核心本体

C2SIM 核心数据模型支持在任何指控系统和仿真系统之间发送的消息内容。这些消息内容包括初始化仿真和 C2 信息, 因此核心数据模型必须包含战场对象、任务和态势元素的定义。另外, 数据模型定义了为初始化仿真和 C2 发送消息的结构[22-23]。产品开发小组使用 Protégé 本体编辑工具构建本体, 该工具支持图形编辑和多种输出格式, 包括资源描述框架(rdf/xml)格式。C2SIM 核心数据模型包括以下 3 部分(图 1): 1) C2SIM 内容(C2SIMContent): 定义 C2SIM 域中的信息元素, 包括对象、行为和物理属性; 2) 初始化概念(InitializationConcept): 定义初始化消息中包含的复杂信息元素; 3) 消息概念(MessageConcept): 定义所有 C2SIM 消息的结构和 C2 域中消息的子结构(如命令和报告)。

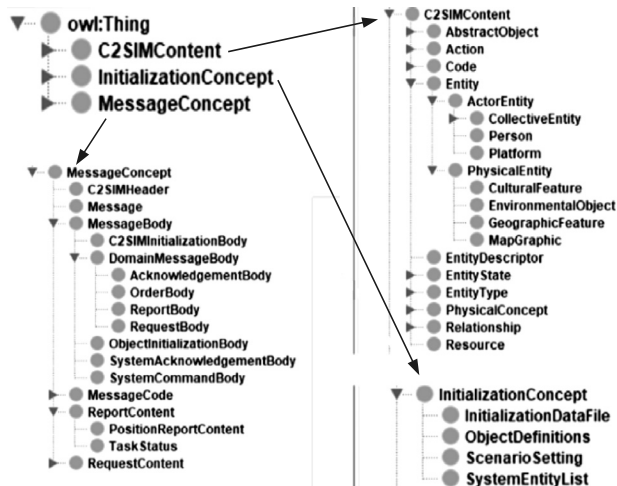


图 1 C2SIM 核心逻辑数据模型本体类架构的顶层概念

C2SIM 核心本体是规范化的 C2SIM 逻辑数据模型标准。OWL 作为 C2SIM 逻辑数据模型指定本体的表达形式, 其可用工具(如 Protégé)能够组装多层本体, 其中核心本体作为最低层。另外, 可以在更高层中添加其他数据类和类的属性, 从而创建复合本体。C2SIM 体系结构的一个重要构建目标是:

在核心逻辑数据模型中仅包含几乎所有 C2SIM 扩展中都使用的类和属性,这使得开发人员可以通过扩展核心来自定义本体。本体的使用为数据模型提供了层次化的类结构,并将支持未来知识交换和推理的能力。

3.1.1 C2SIMConcept

因为大部分与指控系统互操作的仿真系统都是基于 Agent 的仿真系统,因此将实体(Entity)和行为(Action)作为 C2SIMConcept 类的子类。基于 Agent 的模型通过模拟各个 Agent 自主的动作、交互和效果来构建复杂的系统和组织,从而获得整个系统的状态。Agent 模型包含实体、感知、动作和环境 4 个基本概念。实体获得对其环境的感知,根据其目标和动机对其进行处理,并采取行动作为此过程的结果,从而影响其他实体或对象。

C2SIMConcept 类包含图 1 右上):抽象对象(AbstractObject)、行动(Action)、代码(Code)、实体(Entity)、实体描述符(EntityDescriptor)、实体状态(EntityState)、实体类型(EntityType)、物理概念(PhysicalConcept)和资源(Resource)等。Action 包括事件(Event)和任务(Task),Event 可由其他元素引用,Task 是命令的关键部分。Entity 包括可以执行任务、发布命令和发送报告的执行者实体(ActorEntity),和包括位置、范围和可能的其他物理属性的非参与者物理实体(PhysicalEntities)。

3.1.2 MessageConcept

MessageConcept 类主要用于描述消息(图 1 右下)。C2SIMHeader 子类定义消息头,它由智能物理智能体联盟(the foundation for intelligent physical agents, FIPA)提出的智能体通信语言(agent communication language, ACL)消息结构规范定义。MessageBody 子类定义 Message 的内容。MessageBody 包含:消息确认体 AcknowledgementBody 子类,系统初始化体 C2SIMInitializationBody 子类,指挥控制域消息体 DomainMessageBody 子类,对象初始化 ObjectInitialization 子类和系统命令体 SystemCommandBody 子类。

3.1.3 InitializationContent

InitializationConcept 类描述初始化消息(图 2),包含 ScenarioState 类。ScenarioState 类包括: ObjectDefinitions 类包括不限数量的 Action、Entity 或 AbstractObject 个体,是容纳初始化想定所需的所有单元、图形和其他信息的容器(与使用 MSDL

类似); ScenarioSetting 类提供想定的开始时间、想定版本和地理范围等信息的属性定义; SystemEntityList 是 Actors 到其系统位置的映射; InitializationDataFile 类具有文件名和系统名称,并支持使用特定于系统的初始化文件作为想定的一部分。

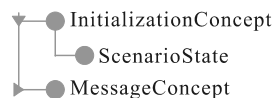


图 2 InitializationConcept 结构

3.2 C2SIM 标准军事扩展

C2SIM 核心数据模型通常适用于使用指挥控制过程或指控系统的各种域,例如军事行动或应急管理。C2SIM 的初始用户主要来自于军事领域,为支持不同的军事用户而不必重新设计所有这些用户共同的数据元素,C2SIM 产品开发小组面向军事的信息元素,开发了标准军事扩展(standard military extension, SMX)本体用于扩展核心本体。例如陆军行动扩展(land operations extension, LOX)即包含于标准军事扩展。这些分层本体被集成到一个单独的、整体的本体中,提供了一种非常实用的方法来实现 C2SIM 所需的可扩展性。通过对 C2SIM 核心本体定义的一些基本概念进行扩展,产生标准军事扩展本体,标准军事扩展通过向 C2SIM 核心本体附加概念和关系进行扩展相关的军事行动,如图 3 所示。

图 4 显示了 Protégé 表示的标准军事扩展本体部分内容,里面列举了部分标准军事扩展更改或添加到核心类层次结构的位置。例如,标准军事扩展将 ForceSide 的概念添加到 AbstractObject 类。在核心模型的 EntityType 类中,ForceSide 是一个简单字符串;标准军事扩展使用 DIS 类型或 NATO APP6 代码添加子类以支持实体类型的表示。

3.3 C2SIM 其他领域扩展

C2SIM 其他领域扩展面向没有 C2SIM 互操作能力的域,并定义该扩展领域。这些过程旨在产生一系列兼容的扩展,并可以根据需要进行组合,以同时处理其用户所需的任何域组合。虽然 C2SIM 逻辑数据模型定义了核心数据元素,但 C2SIM 应用过程中仍可能使用到逻辑数据模型中没有包含的元素。标准化扩展的方法使 C2SIM 在扩展后能够支持互操作^[24-26]。

3.4 C2SIM 本体到 XML Schema 的转换

由于当前众多信息交换机制都采用 XML

Schema 作为具体的实现方式,因此指控系统与仿真系统内部的信息交换也较适于采用与 C2SIM 本体兼容的 XML Schema^[27-28]。通过对转换过程生成的 XML Schema 格式构造施加某些限制,以便使读取 C2SIM 核心本体的主要概念



图 3 C2SIM 核心本体的标准军事扩展示例

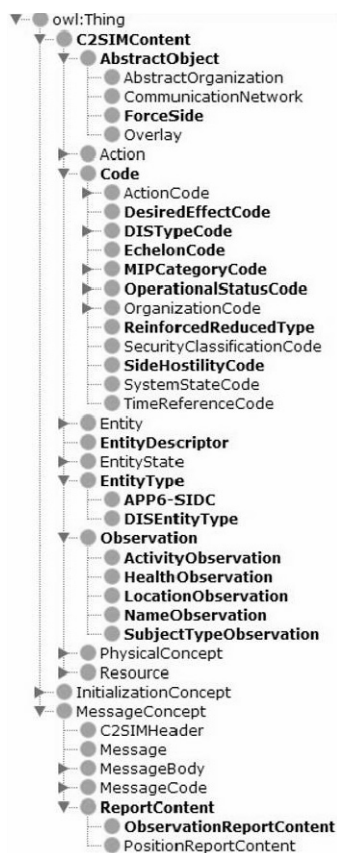


图 4 C2SIM 标准军事扩展本体架构部分 Protégé 示例

将 C2SIM 本体转换为 XML Schema 的目标为:

和写入 XML Schema 的软件实现尽可能简单。由 C2SIM 本体的特定模式—RDF 进行转换。RDF 是万维网联盟(W3C)建议在 Web 上进行主题-谓词-对象断言(subject-predicate-object assertions)的格式。

从 C2SIM 本体(核心加任何扩展)开始,生成适合各个领域扩展使用的 XML Schema 文档。作为长期维护考虑,尝试建立一个转换过程/机制:当本体发生变化时,转换过程无需修改,只需重新执行转换即可生成 XML Schema 文档。将可扩展样式表语言转换(XSLT)文档应用于 C2SIM 本体文件(源)进行转换生成 XML 模式文件(输出),如图 5 所示。转换的源是以 XML 形式存储的 C2SIM 本体文档。

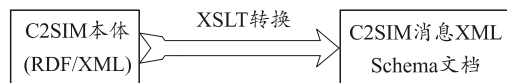


图 5 C2SIM 本体到 XML Schema 的转换过程

3.5 C2SIM 参考实现

C2SIM 标准旨在支持信息系统的互操作以满足特定的需求。一个参考实现的示例如下^[22]:存在一个主控制器用于同步所有互联系统想定的初始化。主控制器实现初始化功能,也可以作为全局想定初始化数据的源,例如地形数据库配置信息或模拟对象的映射及其主机系统。联网的系统至少包含 1 个指控系统、1 个仿真系统和 1 个服务器,服务器接受来自任何系统的信息并在其他系统订阅的基础上将其分发给其他系统。初始化时,主控制器向其他系统发出 C2SIM 初始化消息。C2SIM 同样支持

编组系统或服务器的概念, 故所有系统都可以向其发送部分想定初始化数据, 并将其组合成完整的想定描述并以 C2SIM 初始化消息的方式广播出去。

4 C2SIM 标准的应用

4.1 NATO 互操作需求

对于 C2SIM 标准而言, 北约 MSG 依赖于 SISO 牵头制定该公开的、工业级的互操作标准。北约对 C2SIM 互操作的需求尤为迫切; 因此, 北约各个盟国积极参与到 C2SIM 的标准建设中。盟国之间的差异导致几乎不可能使用同一指控系统或建模与仿真系统, 而组织、设备和条令的差异导致每个盟国的仿真系统只能代表本国的军事力量。而 SISO 既没有足够的技术开发能力, 也没有能够评估技术的军事力量, SISO 又依赖北约的技术活动用于验证 C2SIM 标准的技术可行性和适用性。

在北约内部军事联盟中, 自 2005 年以来, MSG 的团队一直在努力实现以下这一共同愿景^[9-11]: 2025 年, 北大西洋附近的某个区域需要军事力量执行维和任务。北约准备部署一支多国联合部队执行这项任务, 多国联合部队由 3 个盟国部队组成。联合部队迅速将 3 国的 C2 和仿真系统连接为一个安全的网络, 并开始一起演习研练, 以实现新的、共同的使命。每个国家的部队都由本国的指控系统指挥; 各国的部队也可以通过本国的仿真系统在仿真系统中得到体现, 仿真可以准确地表示其人员、设备和条令。C2SIM 采用的体系结构继承于 BML(基于 Web 架构), 如图 6 所示。

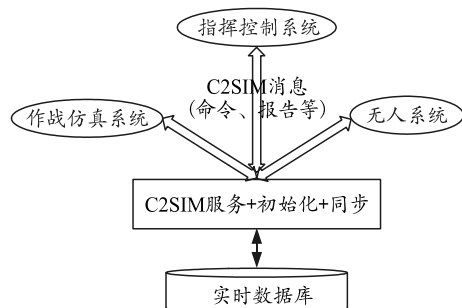


图 6 C2SIM 体系结构

4.2 NATO C2SIM 开发

MSG 在 C2SIM 的活动从一开始就面临着如下问题: 整合和测试由几个国家的团队共同开发的软件, 并形成一个可以支持系统级系统的实验和示范。虽然采用 Web 服务架构和良好定义的 XML Schema 文件, 但由于软件系统及其开发人员以前没有合作过, 多国的技术和文化适应性问题仍然存在。对这

些问题的初步解决方案是定期组织团队集中办公进行集成和测试。但是该方法由于需要跨地域集结, 成本很高。另外, 紧凑的时间计划表限制了用于集成和测试的时间。即使如此, MSG-048 最终实验中也出现了部分系统无法互操作的情况。事实上, 整个系统级系统仅在最后一天才完全实现了正常的功能实验, 但参与实验的人员看到了 C2SIM 的巨大潜力并支持其继续发展。

4.3 C2SIM 集成和测试

C2SIM 的集成和测试过程, 最初为一个 XML Schema 文件在盟国团队之间共享, 并由初期的定期集中办公进行集成和测试。但随着架构的发展, 标准化过程的成本增加变得越来越快。如上所述, MSG-085 是基于 Internet 进行开发和测试的, 预期产品是基于网络环境中的分布式操作。任何国家的团队都可以通过 VPN 在同一台服务器上测试和演示 C2SIM 功能。通过 VPN 由远程桌面技术实现指控系统和仿真系统的测试和演示。

4.4 CWIX 演习

C2SIM 所展示的能力已经日臻成熟, 通过提供解决核心模型扩展的用例, 展示各个国家如何在盟军力量中使用本国指控系统和仿真系统。MSG-145 的具体目标包括: 通过可操作性、概念化和想定开发过程探索 C2SIM; 开发统一 C2SIM 核心数据模型的扩展; 通知标准制定流程; 培训 C2SIM 技术的实践社区; 提出使用北约标准化协议覆盖 C2SIM 标准的建议等。CWIX2018 测试具体包括如下系统(图 7): 挪威指控系统 NORCCIS/SWAP; 德国仿真系统 KORA; 英国仿真系统 JSAF; 美国仿真系统 VR-Forces 等, 如图 7 所示。

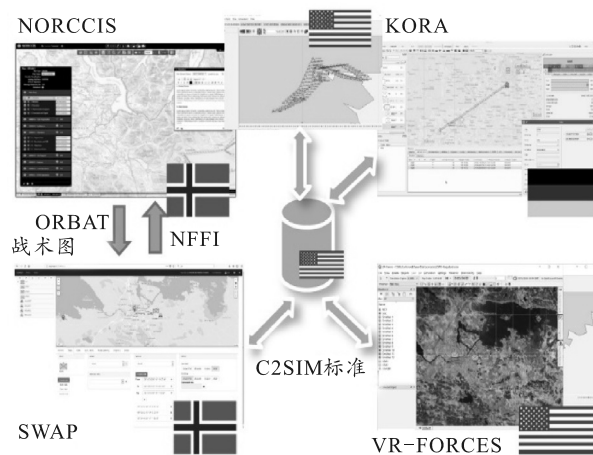


图 7 CWIX2018 系统级配置

5 C2SIM 对我军互操作标准建设的启发

5.1 C2SIM 的特点

C2SIM 在 C-BML、MSDL、MIM 等标准的基础上, 历时多年的时间共同研究和建立, 用于规范指挥控制系统和作战仿真系统交互性, 是当前军事信息系统领域中最受认可和最有影响力的互操作标准之一, 已经在很大程度上影响了其他解决方案。经过多年建设, C2SIM 标准贯穿北约盟军规划、作战、训练以及信息系统建设各个环节, 相互支撑形成闭环, 为北约盟军实施一体化联合作战奠定了坚实基础^[29]: 1) 建立一套统一的系统级互操作标准。美军为军事信息系统建设建立了一套统一的系统级互操作标准体系用于规范军事信息系统建设, 确保系统互联互通互操作, 为网络中心赋能的信息技术与国家安全系统打下基础。并且, 支持北约盟国作战指挥信息系统融入联合作战指挥网络, 提供各类战略、战场态势, 拓展指挥员与参谋人员的认知与指挥能力, 提高作战指挥效率。2) 建立动态发展的工作机制。结合 CWIX 等年度试验, 北约基于新的战略环境、战争经验、联合作战训练实践与理论研究成果, 不断试用及修改 C2SIM 标准规范, 定期更新版本, 滚动发展互操作标准体系, 建立了滚动循环发展机制, 推动了北约盟军作战思想的不断更新发展, 以适应未来信息化联合战争。3) 强力推行 C2SIM 标准。由于作战领域的特殊性与西方注重法制的传统, 北约盟国积极推进 C2SIM 标准在已有军用信息系统的使用, 北约负责统一组织各类标准的需求论证、立项、编修、宣贯及监督执行^[30]。此外, C2SIM 标准还为发展智能化战争提供了坚实的军事理论与技术储备。

5.2 C2SIM 启示意义

我国军用信息系统互操作标准体系建设虽然取得了较大成绩, 但仍需进一步发展和完善。C2SIM 是 SISO 公开发布的标准, 建议在深度剖析 C2SIM 的基础上, 进行我军特色的适应性修改, 制定符合我军实际情况的指挥控制系统与仿真系统互操作标准, 以适用于包括指挥控制系统、建模与仿真系统、无人系统在内的我军信息系统之间的互操作。统一各军兵种面向联合作战信息交换的数据含义和上下文定义, 并进一步规范对系统概念模型的同一理解(包括信息、进程、状态和行为)^[31]。制定面向我军特色的军事领域的信息系统互操作标准, 支持协调

我军各军兵种指控系统和仿真系统间的集成和互操作, 对圆满完成新一代部队嵌入式仿真系统、无人系统的研制建设任务, 进而提高部队各级指挥员的指挥谋略训练水平, 具有重大的理论和实践意义。

6 结论

指挥信息系统与作战仿真系统互操作是 2 个系统能够交换信息, 并按照共同的语义标准对信息或服务进行操作, 协同完成特定的任务。这是实战化训练环境建设的重难点问题, 具有迫切的军事需求。C2SIM 的早期使用者将向 SISO 开发组提供有价值的反馈, 以完善和扩展标准。目前, 正在探索使用更强的语义结构来规范和应用 SISO 标准的可能性和机会。未来, C2SIM 标准规范的应用将带来新功能, 导致更强的互操作性, 并引发标准之间新概念的交互。

参考文献:

- [1] A Robotics and Autonomous System Use Case to Guide Specification of the Command and Control Systems[S]. Simulation Systems Interoperation (C2SIM) Standard, 2020.
- [2] PULLEN J, CLARK K. A Distributed Development Environment for a C2SIM System of Systems[C]//22th International Command and Control Research and Technology Symposium. USA, 2017.
- [3] PULLEN J, PATEL B, KHIMECHE L. C2-Simulation Interoperability for Operational Hybrid Environments[C]//2016 NATO Modelling and Simulation Symposium. Bucharest, Romania, 2016.
- [4] PULLEN J. Developing Effective Standards for C2-Simulation Interoperability[C]//2015 NATO Modelling and Simulation Symposium. Munich, Germany, 2015.
- [5] PULLEN J, GALVIN K. New Directions for C2-Simulation Interoperability Standards[C]//21th International Command and Control Research and Technology Symposium. London, UK, 2016.
- [6] BURLAND B, HYNDØY J. Services into an Operational Command Post[C]//19th International Command and Control Research and Technology Symposium. Alexandria, VA, 2014.
- [7] SULRDU J, WITTMAN R, ABBOTT J. Military Scenario Definition Language Study Group Final Report[S]. Fall Simulation Interoperability Workshop, 2005.
- [8] CURTIS B. Application of coalition battle management Language (C-BML) and C-BML services to live, virtual, and constructive (LVC) simulation environments[C]//2011 Winter Simulation Conference. Phoenix, USA, 2011.
- [9] KHIMECHE L, PULLEN M, WITTMAN R, et al. Coalition C2-Simulation History and Status[C]//2014

- NATO Modelling and Simulation Symposium. Washington, DC, 2014.
- [10] Standardization for Command and Control-Simulation interoperability: MSG-085[S]. NATO Collaboration Support office, Final Report, 2015.
- [11] Technical Activity Proposal: Standardization for C2-Simulation Interoperation: MSG-145[S]. NATO Collaboration Support Office, 2015.
- [12] CAREY S, KLEINER M, HIEB M, et al. Standardizing Battle Management Language-Facilitating Coalition Interoperability[C]//Fall Simulation Interoperability Workshop. Orlando, USA, 2001.
- [13] REMMERSMANN T, SCHADE U, KHIMECHE L, et al. Lessons Recognized: How to Combine BML and MSDL[C]//SISO Spring Simulation Interoperability Workshop. Orlando, USA, 2012.
- [14] HEFFNER, BLAIS C K, GUPTON K. Strategies for Alignment and Convergence of C-BML and MSDL[C]//SISO Fall 2012 Simulation Interoperability Workshop. Orlando, USA, 2012.
- [15] PULLEN J, CORNER D, WITTMAN R. Next Steps in MSDL and C-BML Alignment for Convergence[C]//SISO Spring 2013 Simulation Interoperability Workshop. San Diego, USA, 2013.
- [16] Standardization for Command and Control -Simulation interoperability: MSG-085[S]. Final Report. NATO Collaboration Support office, 2015.
- [17] Simulation Interoperability Standards Organization. Standard for Command and Control Systems- Simulation Systems Interoperation: SISO-STD-019-2020[S]. 2020.
- [18] Simulation Interoperability Standards Organization: Standard for Military Scenario Definition Language (MSDL): SISO-STD-007-2008[S]. 2008.
- [19] TOLK A, GALVIN K, HIEB M, et al. Coalition Battle Management Language[C]//Fall Simulation Interoperability Workshop. Orlando, USA, 2004.
- [20] Simulation Interoperability Standards Organization. Standard Land Operations Extension to Command and Control Systems: SISO-STD-020-2020[S]. Simulation Systems Interoperation(C2SIM), 2020.
- [21] Simulation Interoperability Standards Organization. Guide for Command and Control Systems: SISO-GUIDE-010-2020[S]. Simulation Systems Interoperation (C2SIM), 2020.
- [22] BLAIS C L. Rich Semantic Track (RST)Ontology: Unified Semantics and Pragmatics for Track Data Interchange[D]. Monterey, USA: Naval Postgraduate School, 2018.
- [23] Simulation Interoperability Standards Organization. Terms of Reference for the Cyber Modeling and Simulation Modeling and Simulation Study Group: SISO-TOR-026-2018[S]. version 1.0, 2018.
- [24] Simulation Interoperability Standards Organization. Reference for Cyber Modeling and Simulation Modeling and Simulation Study Group Cyber Data Exchange Model (DEM) Base Objects, Networks, Effects, & Specifications (BONES): SISO-REF-072-2020[R]. Version 1, 2019.
- [25] Simulation Interoperability Standards Organization: Cyber DEM PDG-Cyber Data Exchange Model[EB/OL]. <https://www.sisostds.org/StandardsActivities/DevelopmentGroups/CyberDEMPDG.aspx>[2022-1-13].
- [26] BLAIS C. Extending the Command and Control System to Simulation System Interoperation (C2SIM) Standard to Address Exchange of Cybersecurity Information[C]//2021 Simulation Innovation Workshop. USA, 2021.
- [27] BLAIS C. Reconciling the Command and Control Systems-Simulation Systems Interoperation (C2SIM) Standard with the NATO Education and Training Network (NETN) Federation Object Model[C]//2022 Simulation Innovation Workshop, Simulation Interoperability Standards Organization. USA, 2022.
- [28] BLAIS C, SCHADE U, SIKORSKI L, et al. A Transformation Process for Generating an Extensible Markup Language (XML) Schema from a Formal Ontology for Practical Application in C2SIM Implementations[C]//2019 Winter Simulation Innovation Workshop. USA, 2019.
- [29] DEMBACH M, BLAIS C, DECHAND M. A Java Application using the OWL API for Transforming C2SIM Ontologies to XML Schemas[C]//2022 Simulation Innovation Workshop, Simulation Interoperability Standards Organization. USA, 2022.
- [30] CHARLES T, ANDREAS T. Evaluation of the C2IEDM as an Interoperability-Enabling Ontology[C]//European Simulation Interoperability Workshop, Toulouse. France, 2005.
- [31] 汤再江, 徐享忠, 薛青, 等. 指挥信息系统与作战仿真系统互操作研究综述[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(8): 1659-1664.