文章编号: 1001- 2486(2010) 02- 0146- 06

# XMSF 下新兴开放标准的集成和验证*

钟 蔚, 郝建国, 黄 健, 黄柯棣
(国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 建模与仿真领域中实现资源重用、共享和互操作的基本途径是标准化。诸多开放互操作标准的提出和应用成功解决了各自领域的互操作问题, 推动了仿真技术的发展。关于这些开放标准的讨论及应用情况都已有相当数量的文献予以介绍, 但具体涉及同一框架下各标准之间相互作用或影响情况却鲜有提及。依托 XMSF 框架, 选取了 MDA、BOM、SRML、MSDL、G-BML 五种主流的新兴开放标准, 通过 XMSF 案例对这些标准在 XMSF 中的集成应用进行了详细研究, 评估它们在一起时可能为仿真领域带来的影响和能力。

关键词: 重用性; 互操作性; 开放标准; 可扩展仿真框架
中图分类号: TP391.9 文献标识码: B

# The Integration and Demonstration of Emerging Open Standards on XMSF

ZHONG Wei, HAO Jian-guo, HUANG Jian, HUANG Ke-di
(College of Mechatronics Engineering and Automation, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract**: The basic way to realize reusability, share and interoperability in M&S is standardization. A number of open standards have been proposed to solve interoperable problems in their own domain, which promotes the development of simulation technology. Many researches have been done about the specification and application of the standards themselves. What has rarely done is the establishment of a wide-reaching demonstration or test environment within which the mutually supporting (and possibly conflicting) capabilities of the various standards can be put on display for evaluation and education. First, five emerging open standards (MDA, BOM, SRML, MSDL, G-BML) were selected and described, then an XMSF case was given and the integration and analysis of the five standards were elaborated. Finally, the effect of "taking open standards together" was deduced and summarized, which might benefit the present simulation industry.

**Key words**: reusability; interoperability; open standards; Extensible Modeling and Simulation Framework(XMSF)

建模与仿真领域中实现资源重用、共享和互操作的基本途径是标准化, 大规模分布式仿真系统的开发过程通常也是一个不同领域标准融合的过程。传统私有标准的发展和应用受专利技术制约, 新标准的产生在解决某领域互操作问题的同时, 往往与其它领域标准互不兼容, 给系统开发带来不必要的开销。开放标准相对专有标准而言具有更好的互操作性、更大的灵活性、更低的成本以及公平竞争等优势, 从本质上消除了私有专利技术对标准应用的约束, 因而受到越来越多的关注。然而, 值得深思的是, 虽然众多开放标准组织或机构(如 OMG 等) 提出了诸多的新兴开放标准, 解决了一定程度上的互操作问题, 但缺乏一个规范的验证体系来评估它们在一起时的相互作用和影响。人们在开放标准的选择和使用上依然存在着迷惑: 现有的开放标准足够合理吗? 是否还适用于其它领域类似问题的解决? 不同领域开放标准在同一框架下集成使用时应该注意什么问题, 新的开放标准之间是否会形成新的"烟囱"问题呢?

2002 年, 在 DMSO 资助下, 美国海军研究生院、乔治- 梅森大学以及 SAIC 公司等组织机构的研究人员提出并启动了可扩展建模与仿真框架[1] (XMSF) 。XMSF 定义为一组基于 Web 的建模与仿真的标准、描述(Profiles) 以及推荐准则的集合。XMSF 的核心是使用通用的技术、标准和开放的体系结构促进建模

* 收稿日期: 2009- 09- 12
作者简介: 钟蔚(1979—) , 男, 博士生。

与仿真应用在更大范围的互操作性和重用性。通过采用 Web 技术作为一个唯一全球化共享的通信平台, XMSF 为未来的建模与仿真应用创造了一个可扩展的仿真框架。

本文从建模仿真领域、指挥控制领域和软件工程领域选取了 MDA、BOM、SRML、G-BML、MSDL 五种基于 XML 描述的主流新兴开放标准为代表, 依托 XMSF 案例对这些开放标准在同一框架下的相互作用进行了详细研究, 评估它们集成后为整个仿真领域可能带来的影响和能力。

## 1　五种新兴开放标准概念分析

MDA[2] (Model Driven Architecture): MDA 是国际对象管理组织 OMG 提出的一种描述和建立系统的新方法, 其基本思想是利用元建模技术(UML、MOF、XMI、CWM) 抽象出系统中与实现技术无关、完整描述业务功能的 PIM(Platform Independent Model), 然后针对不同实现技术, 借助转换规则及辅助工具将 PIM 映射到与具体实现技术相关(CORBA、XML 等) 的 PSM(Platform Specific Model), 最后将经过充实的 PSM 转换成代码实现 PSI(Platform Specific Implementation)。通过 PIM 和 PSM, MDA 把平台无关的功能描述和特定平台上的实现细节相分离, 从而实现广泛的重用、互操作。

BOM[3] (Based Object Model): BOM 的概念起始于 HLA FOM 的开发需求, 希望通过开发和重用 BOM 来开发 FOM。但随着仿真体系结构的发展, 其定义和作用也在逐渐演变, 不再局限于 HLA 的应用中。SISO 给出 BOM 概念的最新定义为: BOM 是概念模型、仿真对象模型或联邦对象模型的模块化表示, 作为仿真系统或联邦开发和扩展所需的构建模块[3]。BOM 是基于 XML 标准描述的开放性研究项目, 将接口和实现进行了分离; 它在向后兼容 HLA 的同时, 提供一种独特的方法描述仿真系统中组合构建、修改或扩展成员或功能所需的相互作用模式和组件, 减少了成员、模型的开发和修改的工作量, 从模型层次上提高了仿真的可重用性和互操作性。2006 年, SISO 给出了 BOM 的标准规范草案[3-4]。

SRML[5] (Simulation Reference Markup Language): SRML 是一种基于 XML 的用于表示仿真模型的参考标记语言, 它试图确定一个灵活的表示仿真模型的参考标准, 以加快模型的开发速度, 支持模型的重用。SRML 声明了一组数量较少但相对完备的 XML 元素和元素属性如 ItemClass、Item、EventClass、ItemEvent、EventSink、Simulation 等来描述实体、实体间的关系、事件以支持仿真; 它可最大限度地利用 XML 用户模式定义的元素来描述仿真实体。

MSDL[9] (Military Scenario Definition Language): 很长一段时间以来, 仿真想定及相关开发工具往往都依赖于各自支持的仿真应用而未有统一的标准。仿真想定与仿真应用的这种依赖耦合限制了仿真系统与 C4I 系统间想定内容的共享和重用, 也为第三方想定工具的开发带来了诸多不便。2005 年, SISO 成立了 MSDL SG, 研究使用一种通用的军事想定描述语言 MSDL 来准确述仿真中战场初始态势及作战计划, 约束想定的生成格式, 为系统提供可重用的军事想定。MSDL 最初起源于 OneSAF 的目标系统(OOS) 计划, 是一个基于 XML 的开放性想定描述机制, 其涵盖的军事想定和任务数据描述范围包括选项、环境、兵力结构、作业构成、装置、图层、覆盖图/战术图、威胁、作战计划等几乎所有与作战想定相关的实体元素, 每个实体元素中还可包括多个子元素。通过定义的 XML 模式, MSDL 可以对想定描述内容添加语法和语义约束。

G-BML: $C^4I$ 的"自由文本"与仿真系统的互操作问题是建模仿真领域一直致力解决的主要问题之一。传统的解决方法往往局限于各自系统应用环境, 互操作性和可重用性差。为此, 2004 年, SISO 在 BML[7] 研究的基础上成立了 G-BML SG, 开始讨论确立一种可用于多国协同作战中命令和报告表示的公共 BML 语言——G-BML。G-BML 被定义为一种用于描述指挥控制兵力/装备军事行动, 提供战场态势共享和感知的开放性规范和方法集。它的核心思想是基于通用的数据交换模型(如 $C^2$IEDM/JC3IEDM), 通过规则、协议、语法、表达、本体五方面规范化描述 $C^4I$ 与其它应用之间的任务或报告信息流, 从而实现 $C^4I$ 与其它系统间在概念层次上的互操作。从本质上说, G-BML 是 BML 语言不同实现的一个子集, 它并不是简单的军事规则标准化, 而是一组关于军事规则如何描述的规范和方法集。2006 年 SISO 成立了 G-BML PDG, 进一步规范明确了 G-BML 的定义、目的、需求和发展方向[6]。

综上所述, MDA、BOM、SRML、G-BML、MSDL 这五种开放标准分别面向各自的应用领域提出, 以解决

相应的互操作问题。关于这些标准自身规范的讨论以及在各自领域的应用情况都已有相当数量的文献予以介绍,但具体涉及同一框架下各标准之间相互作用以及影响却鲜有提及,这种弊端不仅影响到标准自身的发展和完善,也为大规模分布式仿真系统的开发带来许多意想不到的问题和隐患。幸运的是,越来越多的研究人员已经开始意识到这点,对其中一些标准间的联系和作用加以了关注和研究,如:文献[8]研究总结了BOM和SRML的内在联系;文献[4]对SRML在面向过程仿真应用中与BOM的紧密配合使用做了详细的研究验证;文献[6,9]对比了G-BML和MSDL在作战任务表示方面的异同点,指出了MSDL和G-BML在各自标准的分阶段发展过程中相互协调的必要性等等。这些先期的研究工作构成了我们在XMSF下集成验证这些开放标准的基础。

## 2 XMSF下开放标准的集成和验证

可扩展建模与仿真框架(XMSF)基于Web技术和开放标准,为跨平台异构系统互联和组建提供了最有力的解决方案,代表了先进仿真的发展方向。XMSF并不是单一的体系结构,而是诸多Profiles的集合。SISO在2003年9月建立了XMSF Profiles研究小组(XMSF Profiles SG),讨论确立了XMSF Profiles的需求范围、定义、目标等。XMSF Profiles的主要内容包括[13]:技术规范(包括协议、数据、元数据标准)、方法规范和应用指导。由此可见,开放标准是XMSF Profiles重要的组成内容,XMSF有能力为我们应用和集成MDA、BOM、SRML、G-BML、MSDL这五种开放标准提供一个综合的集成验证环境。

### 2.1 XMSF范例

选择XMSF下某联合登陆作战模拟系统(Joint Landing Operation Simulation System, JLOSS)的设计和开发为背景来研究上述开放标准的具体应用和集成情况。JLOSS的主要目的是利用先进分布仿真技术在虚拟作战环境下模拟敌我双方的联合登陆对抗军事行动,为指挥人员制定和评估作战计划/作战条令,实施任务演练提供支持。为有效满足现有和将来的训练作战需求,JLOSS要求具备以下基本能力:

(1)覆盖主要的军事操作领域(陆、海、空、二炮)。

(2)采用统一开放的技术标准和体系结构,使得系统具备良好的可扩展性和伸缩性。

(3)兼容已有的HLA仿真系统,支持异构系统的集成。

(4)不受专利和私有技术的限制。

(5)能够和实际$C^4I$系统连接。

(6)想定可裁减、重用。

(7)支持实兵演习、结构模拟、虚拟部队甚至机械智能平台的无缝连接。

(8)具备可组合性,支持基于模型快速组合开发新的仿真系统。

### 2.2 开放标准的应用集成

综合前面相关标准的概念分析和JLOSS的要求,可以初步明确上述五种开放标准在JLOSS中相应的应用形式和能力支持,并规划设计出系统原型的标准应用体系结构(图1):

ъMDA作为为先进的软件开发思想,它首次将开发人员从代码中解脱出来,而能够专注于应用问题本身(PIM)。XMSF亦可看作是系统PIM一种基于Web的PSM实现。在JLOSS系统设计开发过程中,一方面,可以使用MDA思想抽象分离出系统的PIM模型,剥离功能模型与平台实现之间的耦合,确保系统在概念层次上的可组合能力;另一方面,合理利用MDA的映射机制和自动代码生成工具将有效地减轻程序员的负担。

ъBOMs是XMSF实现基于组件重用系统的基本技术手段之一,它负责对系统中的实体对象和交互建立概念模型,为系统基于模型的开发和扩展提供可重用的模型片段。

ъSRML用于完善BOM模型中动态时变行为的描述。

ъMSDL基于XML描述系统所有的仿真初始化信息,支持未来仿真初始化信息的合并、裁减和重用。

ъG-BML是XMSF实现仿真系统和$C^4ISR$互操作目标的重要技术途径。将XMSF原理应用于

CBML 中, 也就是将 CBML 作为 XMSF 的集成部分开发, 以 Web 服务方式为仿真系统和 $C^4I$ 系统提供公共的语言表示方法, 使得各种应用(真实仿真、构造仿真、虚拟仿真、机械智能体)均可准确地理解指挥控制人员的作战意图[15-16]。

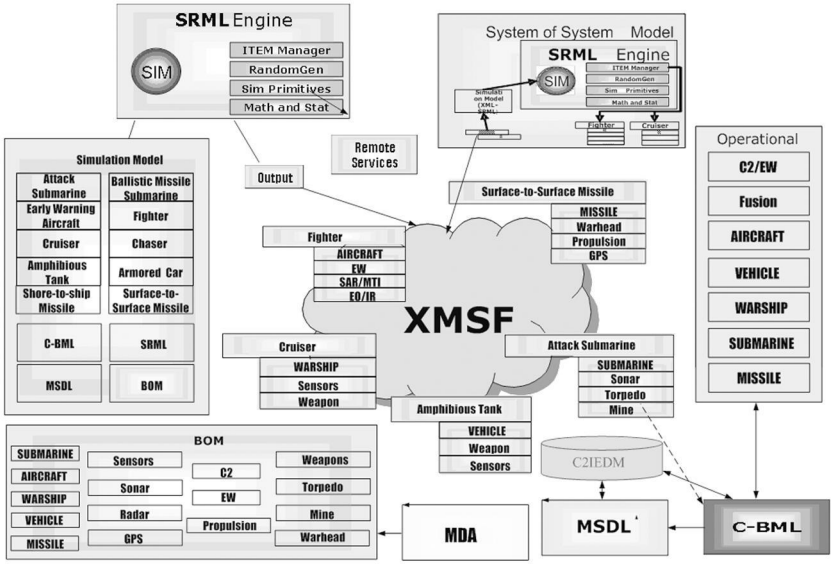


图 1　JLOSS 标准集成验证体系结构

Fig. 1　Demonstration architecture of emerging open standards in JLOOS

## 2.3　JLOSS Profiles 分析

JLOOS Profiles 不仅是 XMSF 下 JLOSS 系统开发的正式技术规范, 也是分析评估 JLOOS 中标准集成作用情况的可靠依据。图 2 显示了部分 JLOOS Profiles 的组成结构。在这里引入互操作层次模型 LCIM[17] 对 JLOSS Profiles 进行分析, 通过划分对齐五种开放标准的互操作层次(图3), 研究评估他们集成后给予系统的互操作能力。

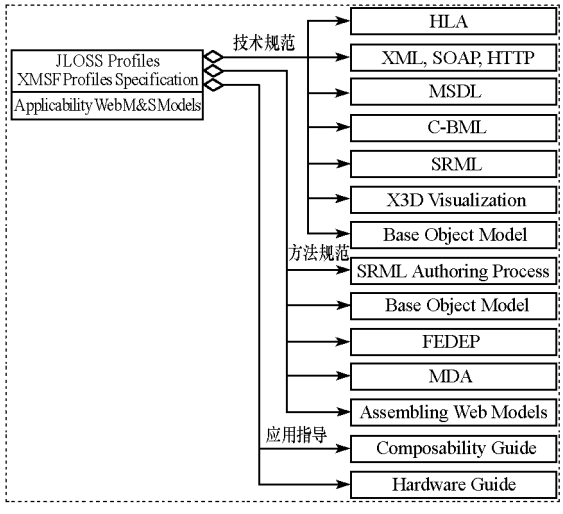


图 2　JLOOS Profiles 结构

Fig. 2　Structure of JLOOS profiles

从图 3 中可以看出, Web 及相关开放技术标准(HTTP、XML、SOAP)为 XMSF 下 JLOSS 系统间或组件间技术层和语法层上互操作性的实现创造了充分条件, 但更高层次上的互操作能力, 还必须依赖于更高层次上(语义层、动态层、概念层)相关开放标准提供相应的能力。实质有意义的互操作, 仅仅依靠实现层次上的各种标准是无法实现的, 还需要在概念模型层次的可组合能力[17]。MDA、BOM、SRML、MSDL、CBML 这五种新兴开放标准涵盖了从概念到技术层次的互操作能力, 为系统或组件间有意义的互操作

的实现提供了一种可选择的标准体系。

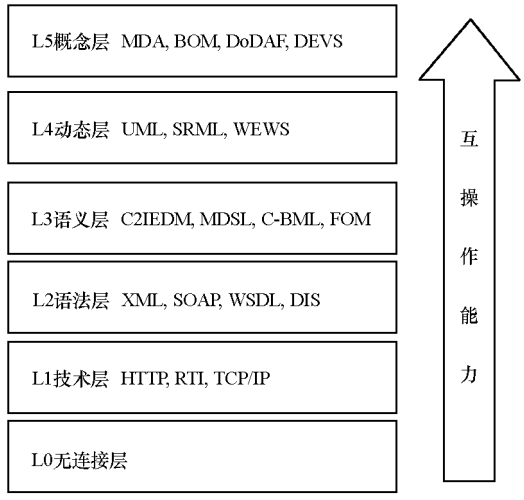


图 3 开放标准的互操作层次模型

Fig. 3 LCIM of the emerging open standards

### 2.4 JLOOS 概念模型开发

目前 JLOOS 先期的开发工作主要集中在概念模型开发阶段。MDA、BOM 和 SRML 都具有在概念层次描述模型的能力, 但着重点各有不同( 表 1) 。总的来说, MDA 的优势在于为概念模型描述提供了更加丰富的手段和更加细化的模型表示; 而 BOM 侧重于针对基于模型的仿真特别是 HLA 下基于模型的可组合仿真系统提供了一套快速有效的构建机制。SRML 则从仿真应用的角度强调了概念模型中的动态时变行为的描述, SRML 标记可集成应用于任何基于 XML 描述的文档中, 增强和完善相关标准在语义和动态层的互操作能力。在 JLOOS 概念模型开发过程中, 我们取长补短地应用了这三种开放标准( 图 4) 。

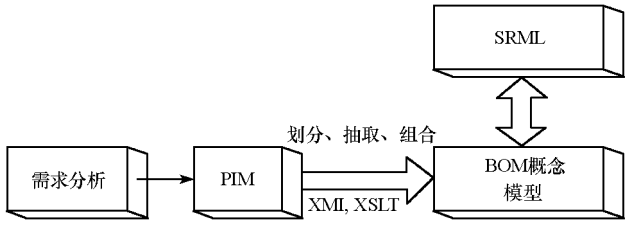


图 4 JLOOS 概念模型开发

Fig. 4 Conceptual model development of JLOOS

## 3 总结及下一步验证计划

开放标准的发展到了日新月异的时代, 每一个开放标准都可以独立解决互操作领域的某个特定问题, 然而面对这些标准在各自领域的成功应用, 我们还需要在复杂综合的环境中考虑这些标准同时使用时的相互作用, 以及为整个仿真系统可能带来的能力。本文选取了 MDA、BOM、MSDL、CBML、SRML 这五种新兴开放标准为代表, 结合 JLOOS 案例, 深入研究了这些标准在 XMSF 这一集成框架下的相互作用, 通过 JLOOS 概念模型的开发, 初步展现了标准间相互补充完善的能力。

下一步的验证计划中, 我们需要研究的内容主要有:

( 1) 完善 JLOSS 系统原型, 进一步研究验证各开放标准在系统实现中的相互作用和影响。

( 2) 引入更多的开放标准如 HLA、DIS、DEVS 等在系统中进行验证。

( 3) 考虑建立一个 XMSF 下足够完善的标准验证体系, 用以评估新兴开放标准的使用, 促进标准的发展。

表 1　MDA,BOM,SRML 对比

Tab. 1　Comparison of MDA, BOM, SRML

| | MDA | BOM | SRML |
|---|---|---|---|
| 概念描述 | 通过 PIM 描述 | 通过模式/状态机描述 | 通过动态行为标记描述 |
| 描述方式 | Diagram/Text/UMI-xml | Text/BOM-xml | Text/SRML-xml |
| 执行语义 | 抽象 | 抽象/具体 | 具体 |
| 元数据 | 支持 | 支持 | 支持 |
| 基于 XML 的行为表示 | 支持 | 支持 | 实现 |
| 平台无关 | PIM | ECAP | XML |
| 基于 XML | 是 | 是 | 是 |
| 支持 XMSF | 是 | 是 | 是 |
| 面向对象 | 是 | 是 | 是 |
| 图形标记定义 | 是(UML) | 否 | 否 |
| 支持 MDA | 是 | 是 | 实现层次支持 |
| 可组合 | 支持 | 支持 | 支持 |
| HLA | PSM 支持 | 直接支持 | 插件支持 |

## 参 考 文 献:


[1] Brutzman D, Zyda M, et al. Extensible Modeling and Simulation Framework (XMSF) Challenges for Web-based Modeling and Simulation[R]. Findings and Recommendations Report, 2002.

[2] Mellor S J, Scott K, Uhl A, et al. MDA Distilled: Principles of Model-driven Architecture[M]. Addison Wesley, 2004.

[3] Base Object Model (BOM) Template Specification[S]. SISO-STD-003.1- DRAFT-V0.11.2005, 2005.

[4] Gustavson P L. BOM Study Group Final Report[R]. Simulation Interoperability Workshop, 2001.

[5] SRML Study Group Final Report[R]. SISO-REF-013.2005, 2005.

[6] Blais C, Galvin K, Hieb M. Coalition Battle Management Language (C-BML) Study Group Report[R]. 05F-SIW-041, 2005.

[7] Carey S, Kleiner M, Hieb M R, et al. Standardizing Battle Management Language-A Vital Move Towards the Army Transformation[Z]. 01F-SIW-097, 2001.

[8] Reichenthal S W, Gustavson P L. Manufacturing BOMs with SRML for Process-oriented Federations[R]. 03F-SIW-109, 2003.

[9] MSDL Study Group Interim Report[R]. 2005.

[10] OMG Unified Modeling Language Specification v1.5[S]. www.org.mda/formal/03-03-01, 2007.

[11] Simulation Reference Markup Language[S]. www.w3.org/TR/SRML/, 2007.

[12] Gustavson P, Chase T. Using XML and BOMs to Rapidly Compose Simulations and Simulation Environment[C]//Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004: 1467-1475.

[13] Morse K L. XMSF Profile Study Group Final Report[R]. 05F-SIW-013, 2005.

[14] Brutzman D, Tolk A. JSB Composability and Web Services Interoperability via Extensible Modeling & Simulation Framework (XMSF), Model Driven Architecture (MDA), Component Repositories, and Web-based Visualization[R]. 2003.

[15] De Reus N, De Krom P. BML-enabling National C2 Systems for Coupling to Simulation[Z]. 08S-SIW-095, 2008.

[16] Hieb M R, Sudnikovich W. Developing Battle Management Language into a Web Service[Z]. 04S-SIW-113, 2004.

[17] Tolk A, Muguira J. The Levels of Conceptual Interoperability Model (LCIM)[C]//Proceedings IEEE Fall Simulation Interoperability Workshop, IEEE CS Press, 2003.

[18] Blais C, Gustavson P, Reichentha S. An Architecture for Demonstrating the Interplay of Emerging SISO Standards[Z]. 06F-SIW-069, 2006.