

利用 XMI 实现基于 BOM 的仿真模型组件的交换*

龚建兴,张新宇,黄健,李革,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 :BOM(Base Object Model)是快速构建仿真系统或联邦的可重用信息交互包,基于 BOM 的仿真模型组件是 BOM 信息描述的实现体,作为构建仿真系统或联邦的可重用模块。通过应用模型驱动体系结构(MDA, Model-Driven Architecture)提出的实现模型交换标准 XMI(XML-based Metadata Interchange),HLA(High Level Architecture)仿真模型组件的建模和实现在两个不同层次上实现跨平台、跨语言和跨领域间的交换,而且 HLA 的重用性和互操作性思想能够在除分布式仿真领域外的其他应用领域中得到推广。

关键词 :基本对象模型,仿真模型组件,模型驱动系统结构,XML 元数据交换,高层体系结构
中图分类号 :TP391.9 文献标识码 :A

Using XMI to Realize the Interchange of Simulation Model Components Based on BOM

GONG Jian-xing, ZHANG Xin-yu, HUANG Jian, LI Ge, HUANG Ke-di

(College of Mechatronics Engineering and Automation, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract :The BOM-based simulation model component is the implementation of the description of BOM, which is regarded as the reusable interplay information package for rapidly building simulations or federation. With the introduction of XMI standard provided by MDA to interchange models, it is possible for the interchange of HLA simulation model components to be applied to different platforms, different programming languages and various domains on the two levels of simulation components modeling and implementation. So the reusability and interoperability of HLA can be expanded into other domains besides the distributed simulation domain.

Key words :BOM(base object model); simulation model component; MDA(model-driven architecture); XMI-based metadata interchange; HLA(high level architecture)

HLA 是一个开放的、支持面向对象的体系结构,通过定义对象模型(FOM, Federation Object Model)仿真系统之间的编程接口(RTI-API)来实现组件的装配,目的是将各类异构的仿真系统集成成为一个分布交互的综合仿真系统,其核心思想是互操作和重用。为了促进在世界范围内政府部门和非政府部门的仿真互操作能力,仿真互操作标准化组织(SISO, Simulation Interoperability Standards Organization)引进 BOM 支持和提高仿真组件的重用性,希望能够为各种仿真系统 FOM 的设计提供一套基础的标准,以促进 FOM 的重用性,把 BOM 作为一种促进互操作性、重用性和可组合性的实现机制,鼓励灵活、快速、有效地开发和管理模型。

1 MDA 与 HLA 的结合

MDA 的概念通过 OMG 构建模型的标准对系统的交互性提供了一种开放的、供应商中立的方法(如图 1 所示):统一建模语言(UML)、元对象设施(Meta Object Facility, MOF)、XML 元数据交换(XML-based Metadata Interchange, XMI)和公共仓库元模型(Common Warehouse Meta-model, CWM),分别解决了 MDA 的模型建立、模型扩展、模型交换、模型变换这几个方面的问题。MDA 核心技术思想

* 收稿日期:2006-06-06
基金项目:国家自然科学基金资助项目(60374065)
作者简介:龚建兴(1977—),男,博士生。

就是元建模 (meta-modeling) 技术,即通过对 OMG 中不同的标准采用一个统一的元模型来将它们融合到一个统一的视角,采用了—个公共的稳定模型,它独立于语言、提供商和中间件。以这样一个模型为中心,用户可以利用 MDA 来派生针对不同平台的代码,即使底层的支撑环境发生了改变,这一元模型也是保持不变的,并能够移植到不同的中间件和平台环境下。MDA 是一种组织和管理自动化工具支持的企业系统结构以及用于定义模型和推动不同模型类型之间转化的方法。

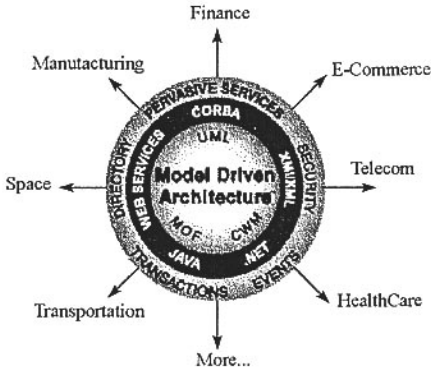


图 1 模型驱动体系结构
Fig. 1 Model driven architecture



图 2 BOM 模板结构
Fig. 2 BOM composition

从技术的角度而言,MDA 与 HLA 技术都致力于系统互操作的实现,但前者重点解决模型的重用问题,而后者则从通讯互联的角度出发。因此,本文通过 MDA 提出的 XMI 标准实现基于 BOM 的仿真模型组件跨平台、跨语言和跨领域间的交换,使 HLA 的重用性和互操作性思想不仅在分布式仿真领域内得到实现,而且能够在更广泛领域中得到推广。

2 基本对象模型 BOM 和 XMI

BOM 可以视为—组可重用的信息包,用来表示仿真内部交互活动的各种模式(见图 2),其概念是基于这样的假设:仿真系统和联邦的各组成部分能够被抽取出来,并作为建模的基本模块或者组件来进行使用。仿真模型组件的相互作用可以用可重用的模式来进行描述,这些模式以仿真元素间的事件序列方式出现,并采用 BOM 内提供的 HLA 对象模型结构来进行实现。BOM 的内容本身就是采用 XML 和 XML Schema 的方法来定义和校验所描述的内容,有利于增强数据的交换和理解能力。

在 MDA 中,MOF 是 OMG 的元数据接口标准,定义和管理—系列可互操作的元模型及其实例(模型),通过定义简单但具有充分语义的元—元数据描述了不同领域的对象分析和设计初始阶段的元模型,作为定义 CWM 和 UML 元模型的更通用的模型。XMI 将 MOF 映射到 W3C 的 XML 语言上,基于 MOF 的元模型被转换为 DTDs 或者 XML Schema,模型根据其对应的 DTD 或者 XML Schema 被转换为 XML 文档。因此,任何实现基于 MOF 的模型工具都能通过 XMI 实现模型的相互交换。

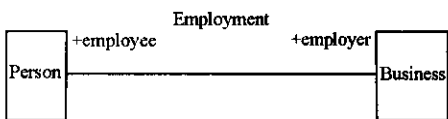


图 3 简单的雇佣 UML 模型
Fig. 3 Example : employment model

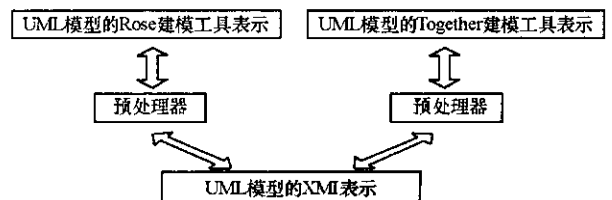


图 4 UML 模型交换
Fig. 4 Interchange of UML models

图 3 描述了非常简单的企业雇佣的 UML 模型,存在 Person 和 Business 两个简单类,它们之间的关

联关系是雇佣与被雇佣关系。以上 UML 模型,我们可以通过任何 UML 建模工具进行描述,但是在 MDA 之前,每个 UML 建模工具对 UML 模型都是基于不同开发商提出的格式,因此,即使是简单的 UML 模型,都无法在不同的 UML 建模工具间进行交换。MDA 提出的 XMI 规范标准有一个很重要的目标就是使 UML 模型描述采用统一的格式,实现 UML 模型之间的无缝交换。图 4 表示不同的建模工具通过统一标准 XMI 实现 UML 模型相互间的交换,基于 XMI 表示的 UML 模型可以被支持 MDA 规范的各种建模工具读取,实现 UML 模型表示与开发商相独立,XMI 又使 UML 模型的跨平台和跨语言的交换成为可能。

3 通过 XMI 实现仿真模型组件的交换

3.1 仿真模型组件在建模层次上的交换

在分布式仿真的 HLA 体系结构应用中,开发一个仿真系统通常遵循 FEDEP(Federation Development and Execution Process, IEEE Std1516.3 联邦开发和运行过程)规范,首先就是需求分析,定义联邦开发目标,接着就是开发描述系统的概念模型,通常借助面向对象的 UML 建模工具(如 IBM 的 Rose 建模工具、Borland 的 Together 建模工具、Microsoft 的 Visio 绘图工具等),然后把模型表示为 HLA 所需的对象模型(如联邦对象模型 FOM)。但是,目前在 UML 模型与 HLA 对象模型之间存在断层,即两者之间不能直接转换,因此 UML 模型只能存在图纸层次上,无法在 HLA 仿真系统开发中应用。其中,有一个解决方案就是开发建模工具的插件,利用建模工具 IDE 强大的建模能力,通过映射转换为 HLA 兼容的对象模型。但是不同的建模工具定义的文件格式根据不同的开发商有所不同,造成不同的工具需要开发不同的插件,工作量大而且不通用。

目前 HLA 对象模型只能描述概念模型的静态关系(如采用类的静态关系),无法描述概念模型间的动态关系(如仿真对象之间的消息传递、仿真系统内部的状态变化等),而 SISO 提出的 BOM 基本对象模型丰富了 HLA 的对象模型信息,正如第 2 节所论述。同时 BOM 采用 XML 文件格式目的是便于仿真模型组件交换和共享,但是出发点主要还是关注整个分布仿真领域内实现仿真模型的交换和共享,要推广到其他领域还需要一定的努力。如何精确描述 BOM 提出的对象模型的动态关系,是开发 HLA 建模工具的一个重要难点。

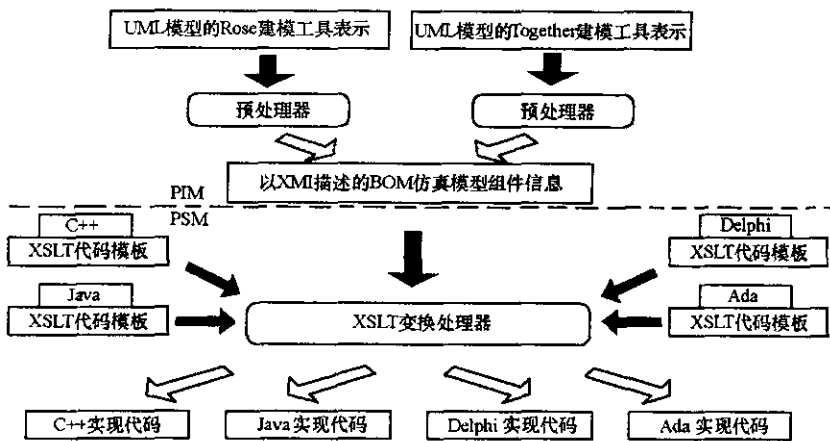


图 5 仿真模型组件在建模和实现层次上的交换

Fig.5 Interchange of SMC at the level of modeling and implementation

为解决以上 HLA 建模方面遇到的几个问题,本文利用 MDA 思想提出采用如图 5 的方案。仿真模型组件从抽象层次上,可以分为 PIM 和 PSM 两个不同的视点。在 PIM 层次上,仿真模型组件的描述信息 BOM 采用 XMI 标准格式,这样 BOM 可以被任何兼容 MOF 的模型工具如 Rose 建模工具和 Together 建模工具所导入,得到众多的商业化和开源建模工具的支持,充分利用这些成熟的建模技术开

发更加精确和更加丰富的 HLA 对象模型,使仿真模型组件不但可以在分布式仿真领域内而且在更广泛的其他领域(如制造业、教育等)共享和交换。

3.2 仿真模型组件在实现层次上的交换

以上从仿真模型组件的建模层次上论述了采用 XMI 标准格式描述,使仿真模型组件为各种支持 XMI 的 UML 建模工具所交换和共享,更重要的是便于在不同领域中交换和共享。如图 5,同样如第 2 节所论述,在仿真模型组件的实现层次上(即 PSM 层次)采用 XMI 标准格式描述的仿真模型组件信息可以很容易地获取不同平台的特定实现。

XSLT(Extensible Stylesheet Language Transformations,可扩展样式语言转换)是一种功能强大的声明性计算机语言,提供一套规则,用于将一组元素描述的 XML 数据转换为另一组描述文档,或者甚至是将该数据转换为一种自定义的文本格式。XSLT 把模板文件作为 XSLT 变换处理器的变换语法规则的集合,通过这些规则把源文件变换为所需的目的文件。

如图 5,我们利用 XSLT 这种变换机制,根据不同平台和不同实现语言的特点编写相应的仿真模型组件的变换模板文件,把建模层次上获取到仿真模型组件描述信息(即 BOM)作为 XSLT 变换的源文件,同时根据这些模板提供的语法规则,XSLT 变换处理器自动生成特定平台(如 Windows 和 Linux 等)和特点编程语言(如 C++、Java 和 Ada 等)所需的仿真模型组件实现代码。这种变换机制使仿真模型组件的模型描述信息与具体的实现平台和编程语言相隔离,同时在需求可能不断变化情况下,只需要修改相应的模板,通过 XSLT 可以很方便转换新的仿真模型组件实现代码文件,在实现层上使仿真模型组件描述文件在不同平台和不同编程语言上进行交换和共享。

4 结论

为了促进在世界范围内政府部门和非政府部门的仿真互操作能力,仿真互操作标准组织引进 BOM 支持和提高仿真组件的重用性。BOM 作为一种促进互操作性、重用性和可组合性的实现机制,鼓励灵活、快速、有效地开发和管理模型。在 FEDEP 中,BOM 为快速构建和修改仿真系统和联邦提供了可重用的 HLA 仿真组件。MDA 的 XMI 标准使基于 BOM 仿真模型组件实现跨平台、跨语言和跨领域间的交换成为可能,而且 MDA 的优势使 HLA 的重用性和互操作性思想不仅在分布式仿真领域内得到实现,而且能够在更广泛领域中得到推广,这也是分布式仿真技术未来发展的方向和目标。

参考文献:

- [1] Mellor S J, Scott K, Uhl A, et al. MDA Distilled: Principles of Model-driven Architecture[M]. Addison Wesley, 2004.
- [2] Base Object Model(BOM)Template Specification[Z]. SISO-STD-003.1-DRAFT-V0.11. 2005. 6.
- [3] OMG Unified Modeling Language Specification v1.5[Z]. www.omg.org/mda/formal/2003-03-01.
- [4] White C. Mastering XSLT[M]. SYBEX Inc. 2003. 1.
- [5] Sarkar S. Model-driven Programming Using XSLT[Z]. www.XML-JOURNAL.com/2002-08.
- [6] Gustavson P, Chase T. Using XML and BOMs to Rapidly Compose Simulations and Simulation Environment[A]. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference[C]. 2004:1467-1475.
- [7] Frankel D S. Applying MDA to Enterprise Computing[M]. John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [8] Eriksson H E, Penker M, Lyons B, et al. UML 2 Tool Kit[M]. John Wiley & Sons Inc. 2004.
- [9] 龚建兴,王达,邱晓刚,等. HLA 联邦成员中模型的重用性研究[J]. 系统仿真学报. 2005, 17(11):2652-2655.
- [10] 刘秀罗. 可结构性建模与仿真技术研究及应用[R]. 国防大学, 2005.

