

面向服务的 建模与仿真技术



MIANXIANG FUWU DE JIANMO
YU FANGZHEN JISHU

邸彦强 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

面向服务的建模与仿真技术

邸彦强 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

在网络化应用需求牵引和面向服务、网格计算、云计算等新技术的推动下,新一代的网络化建模与仿真技术成为一个研究热点,本书则是该领域的一项基础性研究。

作者结合多年来在航空、航天、船舶、军事训练与保障等领域的科研实践,提出了面向服务的建模与仿真方法。首先剖析了面向服务建模与仿真的概念内涵,建立了其技术体系,并对面向服务仿真工程的实施体系、基础架构等内容进行了阐述;然后,从面向服务的分析与建模、面向服务的应用架构模型、面向服务的仿真运行支撑和面向服务的应用系统开发与 VV&A(Verification Validation and Accreditation)等方面对其中的关键技术进行了系统研究;最后,对面向服务的建模与仿真技术在科研实践中的应用情况进行了介绍。

本书适合于计算机仿真专业研究及应用人员、高校相关专业建模与仿真研究方向的教师 and 研究生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

面向服务的建模与仿真技术 / 邸彦强编著. —北京:
国防工业出版社, 2011. 10
ISBN 978-7-118-07470-3

I. ①面… II. ①邸… III. ①计算机网络—系统建模
②计算机网络—系统仿真 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 110286 号

※

国防工业出版社 出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
涿中印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13½ 字数 308 千字
2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 34.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474
发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

序

由算法与建模仿真软件、计算机与信息科学以及计算基础设施等三大元素构成的计算科学,已经逐步成为继理论研究和实验研究之后认识、改造客观世界的第三种重要手段。随着建模仿真技术在工程与非工程领域应用的不断深入,出现了两类新的需求:(1)被仿真系统的规模和结构日益扩大和复杂,迫切需要具有分布、异构、协同、互操作、重用等性能的新型的分布建模仿真系统;(2)人们希望能够通过网络随时随地无障碍地获取所需的建模仿真服务。因此,以现代网络技术为支撑的“网络化建模与仿真技术”应运而生,如扩展建模与仿真框架 XMSF、仿真网格、云仿真等。

这些新一代的网络化建模与仿真技术以 Web 服务、SOA、网格计算和云计算等技术和思想为支撑,以面向服务为特征。本书的作者以此为出发点,将面向服务的理念与仿真技术相结合,提出了面向服务的建模与仿真方法,并按照“服务建模-仿真支撑-应用技术(VV&A)”的思路进行了系统研究,包括:提出了基于本体的面向领域仿真服务分析方法,并构建了多元化的仿真服务技术体系;建立了仿真服务组件模型,提供了面向服务的仿真应用构建模型;研究了基于混合自动机 HIOA 理论的行为调度和时间管理算法,并基于此建立了仿真服务组合引擎;最后,针对面向服务的建模与仿真的 VV&A 问题,进行了针对性的研究,提出了相应的校核与验证方法。

本书紧密结合科研实践和学术研究,一方面研究成果在虚拟样机工程、作战仿真、训练仿真等多个领域的仿真项目中进行了应用;另一方面,本书在撰写上将建模与仿真在抽象描述高度上进行了深入分析,理论性强。本书的研究成果为新一代的网络化建模与仿真研究提供了技术、方法和理论基础。

李伯虎 院士

2011 年 6 月 7 日

前 言

在应用需求的牵引和支撑技术的推动下,建模与仿真技术始终处于一个不断发展的动态过程之中。随着建模与仿真技术在众多领域的深入应用,模型的共享与重用、仿真复杂性等问题更加突出,复杂系统仿真中混合异构模型的互操作、组合式仿真等新问题不断涌现;同时,自 20 世纪末 IT 领域进入一个迅猛发展时期,新技术、新理念不断出现,如 Web 服务、网格计算(Grid Computing)、SOA(Service-Oriented Architecture)、云计算(Cloud Computing)等,如何将它们应用于建模与仿真是当前的一个研究热点。在这种背景下,结合作者近几年在航空、航天、船舶、军事训练与装备保障等领域的科研实践,本书提出了面向服务的建模与仿真方法。首先剖析了面向服务建模与仿真的概念内涵,建立了其技术体系,并对面向服务仿真工程的实施体系、基础架构等内容进行了阐述;然后,从面向服务的分析与建模、面向服务的应用架构模型、面向服务的仿真运行支撑和面向服务的应用系统开发与 VV&A(Verification, Validation and Accreditation)等方面对其中的关键技术进行了系统研究;最后,对面向服务的建模与仿真技术在科研实践中的应用情况进行了介绍。

(1)在归纳总结建模与仿真面临的问题,以及系统地分析当前 IT 新技术及其在建模与仿真中的应用情况的基础上,提出了面向服务的建模与仿真方法,它以 SOA、混合系统理论和系统工程方法等为基础,以广义的 Web 服务技术为手段,按照面向服务的原则进行系统分析与建模,通过服务组合方式构建仿真应用。该方法从技术层面内在地支持模型资源跨部门/跨领域/跨项目的重用与共享、组合式仿真、多学科混合异构模型的互操作等,是仿真网格、仿真云等当前网络化建模与仿真技术研究与应用的基础。

(2)针对面向领域的仿真服务分析,提出了一种基于本体的方法:首先在剖析模型资源的概念、分类与特征的基础上,建立了模型资源的元本体;然后,探讨了基于元本体进行面向领域的本体建设问题,包括领域本体的构造和本体实例的捕获;最后,对基于描述逻辑(DL)从领域知识库 ABox(本体实例集合)中推理候选出服务的方法进行了研究,并采用模式映射的方法将选出的本体实例的信息映射为 Web 服务描述语言(WSDL),作为进一步服务建模的基础。与同类建模方法(SOAD、领域工程方法、ODM 等)相比,该方法具有描述精确、信息全面(静态结构、动态行为)和信息转换自动化等特征。

(3)为了满足不同类型的仿真应用对模型性能的不同要求,建立了多元化的仿真服务技术体系。该体系涵盖了当前的多种服务技术,并囊括了基于 WSDL 扩展的 Web 服务概念;研究了各类服务技术在状态保持、单实例/多实例、持久性、实时性等方面的特性,并进行了对比与实验;最后,探讨了一种 WSDL 驱动的统一服务调用机制,以实现仿真服务技术体系下不同类型服务的统一调用方法。

(4)基于组件技术建立了面向服务的仿真应用架构模型:仿真服务组件模型 Cosim-

Model,一方面作为面向服务的仿真应用开发的一种规范和指导,弥补了当前 Web 服务研究领域在这方面的不足;同时该模型以混合输入/输出自动机(HIOA)为理论基础,为连续系统、离散系统和混合系统的建模提供了一种统一的形式化描述规范。从接口层、架构层和实现层三个层面对 CosimModel 进行了描述,并列举了它在组合式仿真中的应用模式。

(5)针对仿真服务组合提出了基于 HIOA 扩展模型的行为调度算法和时间管理算法,并建立了相应的仿真服务组合引擎——Cosim 仿真引擎,兼具了服务组合中信息传递、行为调度等基本功能和仿真特有的时间管理功能,并且能够适应比例时钟推进、步长推进、协商推进,以及实时、欠实时、超实时、AFAP(As Fast As Possible)等多种仿真演进模式;而且,其行为调度功能采用形式化计算的方法实现,具有很强的实时性。

(6)建立了按照 CosimModel 规范进行面向服务的仿真应用开发的过程模型,规划了应用开发中必需的活动和过程,以及每个活动或过程的前提和输出结果。该过程模型具有并行、协同和一致等特征,支持并行工程中的“V”型开发模式、自顶向下和自底向上的实施方法,以及概念空间人员和仿真空间人员的协同工作。

(7)建立了面向服务的建模与仿真中的 VV&A 过程模型,并提出了具有针对性的校核与验证方法:基于状态空间 State Space 的形式化验证法、基于可执行概念模型组件的动态推演法和基于白盒/黑盒测试的校核与验证法等,它们具有与开发过程结合紧密、问题针对性强等特征。

作者

2010 年 12 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 仿真应用发展中的几个问题	1
1.1.2 技术推动	5
1.2 相关研究	11
1.2.1 扩展建模与仿真框架 XMSF	12
1.2.2 仿真网格与基于网格的仿真	13
1.2.3 SOA 的仿真应用研究	15
1.2.4 知识工程 KE 中的 PSM	15
1.3 面向服务的建模与仿真技术	16
1.3.1 基本概念	17
1.3.2 面向服务的建模与仿真的基础架构	21
1.3.3 面向服务的建模与仿真工程实施体系	24
1.3.4 面向服务的建模与仿真的技术体系	25
1.4 内容与结构	26
本章小结	28
第2章 基于本体的仿真服务分析方法	29
2.1 仿真服务的概念	29
2.2 模型资源及其特征	29
2.2.1 模型:仿真资源的核心	29
2.2.2 模型资源的网络特征	30
2.2.3 模型资源的共享方式	30
2.3 以模型资源为核心的仿真服务体系	31
2.3.1 应用服务层	31
2.3.2 领域服务层	31
2.3.3 元服务层	34
2.3.4 服务组合	35
2.4 基于本体的仿真服务分析方法	35
2.4.1 面向服务的分析方法概述	35
2.4.2 基于本体的仿真服务分析	36
2.5 高炮防空武器系统仿真服务分析实例	47
2.5.1 高炮防空武器系统的本体建模	47

2.5.2 基于逻辑推理的服务候选	49
2.5.3 仿真服务描述信息的获取	49
本章小结	53
第3章 多元化的仿真服务建模技术	54
3.1 仿真服务技术体系	54
3.1.1 基于 SOAP 的 Web 服务	54
3.1.2 网格服务	55
3.1.3 WSRF	55
3.1.4 扩展服务	56
3.2 服务实现技术的应用特征与选择	57
3.2.1 模型的状态与服务技术的支持	57
3.2.2 模型实例与服务技术的支持	58
3.2.3 模型持久性与服务技术的支持	58
3.2.4 仿真实时性与服务技术的支持	58
3.3 仿真服务的开发	59
3.4 WSDL 驱动的统一服务调用机制	59
3.4.1 WSDL 驱动的服务调用机制原理	60
3.4.2 WSDL 驱动的服务调用机制应用模型	62
3.5 仿真服务扩展及应用实例	64
3.5.1 自动化对象的应用模型	64
3.5.2 基于 COM 自动化对象的 WSDL 扩展	64
3.5.3 基于 COM 绑定的 Web 服务的 WSDL 文件样例	67
本章小结	68
第4章 面向服务的仿真应用架构与仿真服务组件模型 (CosimModel)	70
4.1 相关研究	70
4.1.1 SODA	70
4.1.2 SCA	70
4.2 Cosim 仿真服务组件概述	71
4.2.1 地位与作用	71
4.2.2 仿真服务组件的分类与体系	72
4.3 Cosim 仿真服务组件规范	73
4.3.1 模型接口层规范	74
4.3.2 模型架构层规范	77
4.3.3 模型实现层规范	83
4.3.4 仿真服务组件的形式化描述	88
4.4 Cosim 仿真服务组件的 3H 特性	90
4.4.1 混合性	90
4.4.2 异构性	90
4.4.3 层次性	90

4.5 CBD 模式的面向服务仿真应用开发	93
4.5.1 基于 CosimModel 的 CBD 开发模式	93
4.5.2 服务组件——基于 WSIF 的服务插座	94
4.5.3 Cosim 仿真组件的服务化	97
4.5.4 基于 CosimModel 的面向服务的仿真应用开发	101
本章小结	102
第 5 章 Cosim 仿真引擎行为调度算法研究与设计	103
5.1 HIOA 中的行为概念与执行语义	103
5.1.1 HIOA 中的行为定义	103
5.1.2 HIOA 中行为的执行语义	104
5.2 HIOA 行为调度原理	104
5.2.1 HIOA 行为调度模型	104
5.2.2 HIOA 行为的形式化解析算法	105
5.3 HIOA 的层次化调度与并行机制扩展	108
5.3.1 层次化与并发混合自动机的概念	108
5.3.2 层次化与并发混合自动机的执行语义	109
5.3.3 关于并发混合自动机的死锁问题	112
5.4 Cosim 行为调度器的设计与实现	114
5.4.1 基本概念	114
5.4.2 软件设计	116
本章小结	123
第 6 章 Cosim 仿真引擎时间管理算法研究与设计	124
6.1 Cosim 协同仿真应用模式与时间管理对象分析	124
6.1.1 Cosim 协同仿真应用架构模式	124
6.1.2 Cosim 协同仿真的运行逻辑控制结构	125
6.1.3 以时管自动机为中心的时间管理	126
6.2 Cosim 协同仿真演进的特征与方式	129
6.2.1 协同仿真演进的驱动	129
6.2.2 协同仿真演进的约束	130
6.2.3 同步演进与异步演进	131
6.2.4 Cosim 协同仿真的演进方式	131
6.3 Cosim 协同仿真时间管理算法	132
6.3.1 时管自动机的功能基础	133
6.3.2 SLP 中模型同步算法原理与过程	134
6.3.3 并发 SLP 的同步算法原理与过程	136
6.3.4 Cosim 分布式协同仿真中的时间管理问题	141
6.4 Cosim 时间管理器的设计与实现	144
6.4.1 Cosim 时间管理上下文	144
6.4.2 Cosim 时间管理器的功能结构	145

6.4.3 Cosim 时间管理器的软件设计	148
本章小结	151
第7章 基于 Cosim 的面向服务仿真应用开发与 VV&A	152
7.1 基于 Cosim 的面向服务的仿真工程	152
7.2 基于 Cosim 的面向服务的仿真应用开发过程模型	153
7.2.1 基于 Cosim 的仿真应用开发过程	153
7.2.2 基于 Cosim 的仿真应用开发过程模型的特征	159
7.3 Cosim 建模与仿真中的 VV&A	161
7.3.1 Cosim 建模与仿真的 VV&A 过程模型	161
7.3.2 Cosim 建模与仿真中 VV&A 中的几种特殊方法	163
本章小结	172
第8章 SOMS 的工程应用实例	173
8.1 SOMS 在虚拟样机工程中的应用——协同仿真平台 Cosim-Platform	173
8.1.1 Cosim-Platform 技术架构	174
8.1.2 Cosim-Platform 系统结构	175
8.1.3 Cosim-Platform 在不同领域的应用	177
8.2 SOMS 与仿真应用网格 Cosim-Grid	177
8.2.1 面向服务的仿真网格 Cosim-Grid 的体系结构	178
8.2.2 仿真资源服务化与服务管理中间件	179
8.2.3 基于 Cosim-Grid 的仿真应用模式	180
8.2.4 Cosim-Grid 的实施与应用	181
8.3 SOMS 与武器装备网上训练系统 WET-Grid	182
8.3.1 装备网上训练支撑环境的技术体系	182
8.3.2 装备网上训练系统体系结构	183
8.3.3 面向网络的训练模式	184
8.3.4 装备网上训练系统的实施与应用	185
本章小结	185
附录1 仿真服务技术实时性测试与对比分析实验	186
附录2 基于 OWL 表述的任务空间概念模型元本体	191
附录3 主要符号表	196
参考文献	201
后记	205

第1章 绪 论

当前建模与仿真领域一些迫切需要解决的问题和网络、计算等方面的新技术正在催生着新的建模与仿真技术,相关研究已成为一个热点;如扩展建模与仿真框架(XMSF)、仿真网格和基于网格的仿真等。它们以新的思路和手段解决了大量实际问题,但这些研究仅停留在具体的技术层面,仍需在理论和方法上进一步深入研究。本章在综述相关背景的基础上提出了面向服务的建模与仿真的概念,并且从基础支撑架构、技术内涵和实施过程等方面进行了阐述。

1.1 研究背景

1.1.1 仿真应用发展中的几个问题

1.1.1.1 多学科虚拟样机中的协同仿真问题

仿真技术与工程设计结合越来越紧密,基于仿真的设计(SBD)在许多领域得到了广泛应用,经过几年的发展已成为一项专项技术,即多学科虚拟样机技术(VP)。多学科虚拟样机涉及的仿真类型多、范围广,其中包括:虚拟仿真、构造仿真、人在回路仿真、硬件在回路仿真、软件在回路仿真等。此外,对于军事仿真还涉及工程仿真、交战仿真、任务仿真和体系对抗仿真等多个层次。实际上,多学科虚拟样机在先进制造和现代采办等背景下已成为一项复杂的系统工程,并由此带来了诸多的技术、工程和管理方面的问题:多学科混合异构模型规范;跨组织、跨部门、跨项目的模型共享和重用;仿真应用的快速开发问题;大规模复杂仿真系统的组织管理问题等。由虚拟样机固有的“多学科”特征带来的虚拟样机仿真的“多领域”问题,以及多学科多领域混合异构模型的互联互通是其中的核心问题,我们称之为协同仿真问题。

目前,一般采用两种方法解决多学科虚拟样机中的协同仿真问题:基于专用工具软件进行仿真,如 Adams、Plug&Sim 等;基于仿真语言的方法。其中,前者问题针对性强、效率高,但范围有限,一般只能实现少数几个领域模型的互操作问题,而且没有从方法角度提供解决方案。仿真语言通过屏蔽专业算法的设计,使建模与仿真工作效率大大提高,降低了建模仿真工作量。但是仿真语言仍然要求建模仿真人员具备问题领域相当深入的专业知识,而且由于多学科虚拟样机在原理、技术、结构等方面的复杂性,很少有人能够完全、透彻理解全部问题,基于仿真语言实现虚拟样机技术仍有一定难度。因此,实施多学科虚拟样机工程需要寻求仿真与建模的新途径。在文献[1]中提出了“基于系统观点”和“面向模型”的方法,基于该方法开发的虚拟样机支撑环境已在航空航天、船舶等领域内的工业部门中成功应用,该方法体现了面向服务的理念,并以面向服务的思想解决了模型规范、模型互操作等方面的问题。

1.1.1.2 组合式仿真问题

组合式仿真是当前建模与仿真领域正在研究的一种通过组合已有模型(组件)开发仿真应用的新方法,组合性是其中的核心概念。组合性(Composability)是指选择仿真组件并以多种方式组合为有效的仿真系统来满足特定用户需求的能力^[2-4],它具有如下特征:不同的仿真系统在配置阶段可以以多种方式组合在一起,每种组合适合于一些特定目标,并且这些不同的组合都是有效的仿真系统,图 1-1 是仿真组合的概念示意图。另外,还存在从其他角度对组合性概念的阐述^[5],但本质上与此类似。

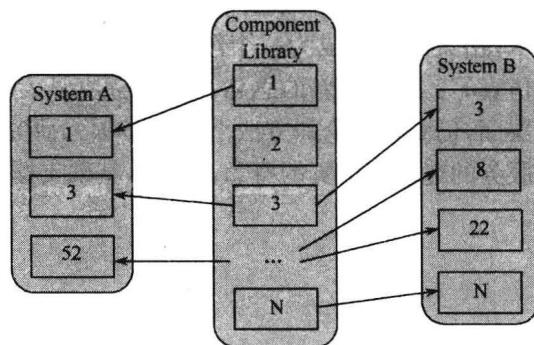


图 1-1 仿真组合的概念示意图

在军事仿真环境中最早使用术语“组合性”的是 20 世纪 90 年代中期的组合行为技术(CBT)项目,其目标是为 ModSAF 用户提供一种方便的方法开发新的实体行为,而无需诉求于 SAF 源代码。CBT 项目之后不久,在 JSIMS 任务需求声明中“组合性”作为一项系统目标出现。在 OneSAF 中“组合性”同样也被指定为一项系统目标,而且设计了 OneSAF 产品线体系结构框架来适应用户灵活的裁减。1998 年,美国国防高级研究计划局(DARPA)的 ASTT(为 JSIMS 开发技术支持的机构)资助了两项关于仿真组合性的独立研究:①基于模型的仿真组合 MBSC 项目,该项目开发了 JSIMS 组合环境的原型;②Page 和 Oppen 从计算性和复杂性理论观点对组合性问题调查的一项研究^[6]。在 2000 年的冬季仿真会议 WSC'2000 中,关于建模与仿真组合性的研究是其中的一个核心议题。在扩展建模与仿真框架 XMSF 的研究中将可组合能力作为建模与仿真中的重要问题,组合式仿真被认为是未来仿真系统的发展方向。美国建模与仿真办公室(DMSO)甚至把“组合性发展成为一个实践性的系统工程学科”作为目标,并且开发相应的基础设施来支持它,启动了组合任务空间环境(CMSE)专项研究。

组合性已成为建模与仿真中与互操作性同等重要的一个概念,并且经常作为新的仿真系统开发中的官方需求而被提出。目前关于组合技术的研究可分为两个层面、9 个级别和 5 类方法。两个层面是指语义层面的组合和语法层面的组合。9 个级别包括应用级、联邦成员级、包级别、参数级别、模块级别、模型级别、数据级别、实体级别和行为级别。5 类方法是指当前实现组合的典型途径:公共库方法主要用于处理包、模块和模型级别的组合;产品线方法主要用于处理模块、模型、参数和实体级别的组合;互操作协议方法主要用于联邦成员和应用级别的组合;对象模型方法主要用于模型级别的组合;形式化方法主要用于模型级别的组合。

经过十多年的研究,组合式建模与仿真技术取得了较大的进展,尤其是在应用级别、

联邦成员级别、参数级别和行为级别,但仍有大量问题尚未解决:当前的组合方法大多是语法层面的组合,对于语义层面的研究较少;组合单元的即插即用能力较差,难于实现动态组合;组合单元大多未实现语境分离,可重用性不够强。这些导致了目前组合式的仿真系统开发效率不够高、方法不够成熟。对组合式的仿真系统仍需进一步研究。目前,Web 服务、本体等领域的一些新方法、新技术(如服务的组合等)与组合式仿真的概念非常相似,可供借鉴。

1.1.1.3 模型的共享与重用问题

模型的重用与共享是建模与仿真领域中的经典话题,随着仿真应用的深入,它们的内涵也在不断变化,跨部门、跨领域、跨项目的重用是新特征。尤其是基于仿真的采办(SBA)的出现对建模与仿真技术提出了许多新挑战,其中重要的一项内容就是要求建模与仿真工具和资源能够在美国国防部(DoD)范围内跨功能领域、跨采办阶段、跨采办项目的重用。实现这些有很大难度,一方面是管理和文化方面的问题;另一方面也存在技术方面的问题,需要新的技术手段来支持。

近几年软件技术、知识工程、软件工程和计算技术等领域在“共享与重用”方面取得了许多成果,可以引入建模与仿真领域,用于解决模型的共享与重用问题:

1) 面向领域的研究方法

面向领域的研究是指针对一个领域或一个产品族、应用族,而不是针对具体的单个应用或产品展开的研究,它以实现有计划、有策略的重用为特征。面向领域研究方法的出发点是一个领域内单个应用或产品虽然在特殊功能或操作细节等方面有差别,但是它们具有相同的体系结构,可共享公共的可重用资源库。面向领域的研究包括三个部分:领域工程、组件工程和应用工程。领域工程主要目的就是确定领域适用的体系结构和可重用资产;组件工程则是开发可重用资产;应用工程是通过可重用资产开发具体的应用系统或产品。产品线工程(PLE)是一种典型的面向领域的研究方法。

2) 知识工程(KE)中跨领域的重用机制

与一般的软件系统不同,基于知识的系统(KBS)的基础是 KE,它从一开始就着眼于领域甚至跨领域的重用。从实现技术和方法上经历了从 Rule Based System 到 Component Based System 的转变,其中 Component Based Knowledge System 中的核心是问题解决方法 PSM,通过重用 PSM 构建不同的知识系统。将 PSM 从系统中分离,并形成可跨领域重用的独立组件是该方法的核心思想,如何实现库存 PSM 与具体应用间的映射是当前该领域的一个研究热点。KE 中 Component Based Knowledge System 方法学提供了一种实现跨领域重用的机制,但是在组件的实现方法、开发过程方面的研究较欠缺,需要引入其他领域的研究方法。这种机制的实现涉及到大量的领域之间概念的映射和转换,本体是一种重要的技术手段。

3) 基于模型驱动结构(MDA)的业务模型重用

MDA 是由对象管理组织(OMG)提出的一种软件开发方法学。它通过分离业务设计和实现技术之间的紧耦合关系,使技术变化对系统的影响达到最小化,从而实现业务层模型的高度重用。MDA 是从技术实现角度对企业内部系统开发的全生命周期展开的研究,按照 MDA 软件开发包括平台独立模型(PIM)、PSM 和 Code 三个阶段。其中,PIM 是与具体实现技术和基础设施无关的业务描述,是被重用的内容。关于在 PSM 和 Code 阶段,

MDA 强调采用基于组件的系统开发手段,即基于组件的开发(CBD)。

4) 软件技术层面的重用

软件技术领域对软件重用的研究重点是尽可能实现代码最大程度的重用,面向对象技术(OO)和组件(Component)技术是其中的两项重要成果。面向对象技术以封装、继承、多态等特性,在程序设计层面实现了很强的重用性;而组件技术则以更严格的规范实现了软件模块在二进制层面的重用,并由此出现了基于组件的系统开发和基于组件的软件工程等概念,力图实现组合式的系统构建方式。基于面向对象技术的重用在很大程度上依赖于程序设计人员,带有很强的艺术性;基于组件技术实现软件重用在组件规范上就排除了人的因素,更便于工程化。

5) 基于网格和服务的共享新概念

共享是指资源被不同的人员、组织、部门等使用来构建不同的应用系统。传统的共享方式是对资源实体的共享,使用方需获取资源并为其提供本地运行环境,这种方式的优点是运行效率高,但资源的所有权益不易保障,从而也导致了许多资源共享困难。服务(Web 服务、网格服务、WSRF 等)的出现提供了新形式的共享概念,使用方无需再拥有资源并在本地运行,而是通过网络使用资源所提供的能力(服务),从而能够较为方便地保护资源所有者的权益,这使得资源所有者乐于对其资源进行共享。网格技术则进一步对资源实现了虚拟化,将它们有机地组织起来,向用户屏蔽了物理细节,实现了资源的深度共享。

1.1.1.4 仿真实施的复杂性问题

随着建模与仿真技术应用范围的扩大和深化,建模与仿真方法不仅要做到“有效”——能够解决问题,而且要做到“易用”——降低对从事建模与仿真一般工作人员的要求。后者就是仿真实施的复杂性问题,具体而言它包括两方面的含义:

①技术复杂性:面向领域的仿真技术能够有效解决领域内的共性问题,实现了“有效性”。但是暴露给用户的接口/使用方法又往往直接影响到相应技术的易用性问题,导致仿真的复杂性。比如,高层体系架构/运行支撑环境(HLA/RTI)的6大类服务100多个接口表现出过多的技术层面的特征,涉及到大量的分布仿真专业知识,导致该技术出现很长时间后才被普及。

②开发复杂性:早期以“数值计算(计算方法)”为基础的数字仿真与计算非常接近,仿真的复杂性基本等同于计算复杂性。随着仿真技术逐步成熟并形成完整体系,出现了一些区别于计算的概念,如:模型、时间管理等。它们一方面导致仿真应用的开发开始变得较为复杂,另一方面也使得仿真应用呈现出一定的“模式”,这使得研究形式化的仿真方法、简化仿真应用开发成为可能。

从目前情况来看,能够解决这两个方面复杂性问题的建模与仿真方法尚不多见,仍需进一步深入研究。

1.1.1.5 仿真语言的发展

仿真语言是在仿真算法和高级程序设计语言的基础上发展而来的,其典型特征就是实现仿真问题与仿真算法的分离,支持仿真人员以面向问题的方式构建仿真模型,从而避免了算法设计的繁杂工作。面向问题的模型描述和仿真算法库是仿真语言的核心内容,如图1-2所示。

仿真语言屏蔽了算法实现,从而降低了对仿真人员计算机能力的要求,简化了系统开发。但是,基于仿真语言构建仿真应用系统,仍需仿真人员对专业知识(被仿真领域知识)有深刻的理解。而复杂系统一般会涉及多个领域、专业的内容,很难有人能够掌握足够全面和深入的知识,这导致面向问题的仿真语言难于适应这类系统的仿真。面向领域问题解决方法是发展仿真语言的一种新思路,问题解决方法就是仿真模型,即解决某个或某类仿真问题的可执行代码模块。与面向问题的仿真语言不同,它不需要关心如何解决问题,仅需描述出问题的目标、输入/输出(I/O)类型特征等外部接口信息即可,支撑工具根据问题描述在问题解决方法库中选择、重用现有的问题解决方法。问题的描述、问题与解决方法间的匹配,以及问题解决方法库是面向问题解决方法的核心内容,如图1-3所示。这种方法已经具备了面向服务的特征。

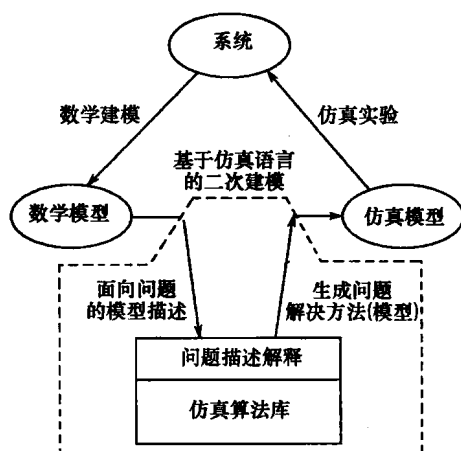


图 1-2 面向问题的仿真语言

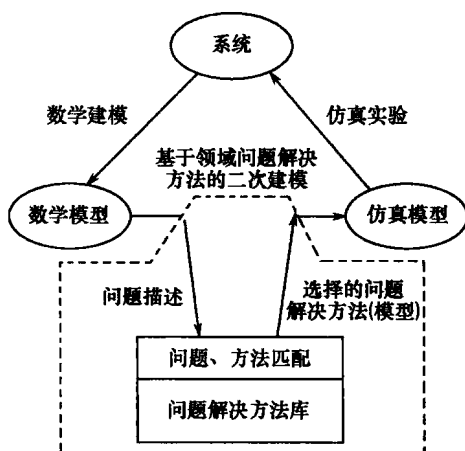


图 1-3 面向领域问题解决方法的仿真语言

1.1.2 技术推动

从上世纪末至今是建模与仿真技术迅速发展的时期,其中信息技术尤其是网络技术、计算技术的发展起到了关键的作用,如网络技术的发展产生了先进分布仿真技术(ADS),而之后 Web 技术、Web service 技术、Grid 技术以及普适计算技术则对建模与仿真带来了更为深远的影响。目前建模与仿真正在与它们深入结合,进入观念和模式上的变革时期。

1.1.2.1 Web 技术及其对建模与仿真的影响

WWW(World Wide Web)技术出现于1989年,1993年Mosaic浏览器出现后开始进入迅速发展时期,在商业、工业、学术界等领域广泛应用,由于其在体系结构模式、信息共享模式等方面的特点与优势,Web技术一经应用,每个领域都对自己传统的方法、技术和理念进行了重新审视。建模与仿真领域也不例外,伴随着Web技术的发展相继出现了基于Web的仿真(WBS)、扩展建模与仿真框架(XMSF)等概念。自2004年起Web技术开始进入2.0时代,它以“主动性”、“互动性”和“异步更新”为典型特征,借助于新的理念、思想和技术手段对包括建模与仿真在内的诸多领域带来了更为深远的影响。

基于Web的仿真可追溯到WWW的产生,但是该概念的正式提出是在1996年的冬季仿真会议WSC'96,在WSC'97和SCS'98继续进行了专题讨论,之后几年间相关研究

仍未停止。此期间的研究主要是针对 Web1.0 相关技术对仿真领域的影响,以及基于 Web 的仿真的研究内容,他们认为 Web 技术将在以下几个方面对仿真有较大影响:

①教育和训练:以音频、视频等作为传输媒介,其信息量远远超过教科书、光盘,并且提供高度交互的学习环境。

②公布:以新的和更方便的机制提交、仲裁和传播仿真研究成果;如建模组件的文档、仿真输出结果的分析文档,以及对仿真建模的动画展示等。

③仿真程序:通过 Web 浏览器远程访问仿真程序,并在服务器端平台上运行;或者通过 applet 或控件等技术使模型运行在客户端桌面,并通过 Web 界面输入参数运行控制程序。

④基于 Web 的分布交互仿真:多个用户通过 Web 浏览器在不同地点与同一套底层仿真模型进行交互。这些模型全部运行于 server 端,但是根据不同的抽象程度或兴趣点,不同的用户界面显示内容不同。

早期的 Web 技术并不能很好地解决以上问题(尤其是③和④),主要表现为页面刷新效率低、网站程序对仿真模型的调用困难、B/S 体系结构的交互实时性差等。随着 Web 技术及其应用的发展,尤其是 Web2.0、扩展性标志语言(XML)、Web Service 的出现,Web 技术和建模与仿真有更多的结合点,如 XMSF 综合应用上述相关技术解决一系列的建模与仿真问题(在后面专门介绍),但仅就 Web 技术自身而言,它在建模与仿真中的应用主要表现在以下几个方面:

①建模与仿真的信息交流平台:在 Web2.0 时代,人们除以传统的方式从网上阅读信息外,还可以以 Blog、RSS、WIKI、Bookmark、SNS、P2P、IM、Podcast 等方式主动丰富网络内容,使 Web 成为互动式的信息交流平台。

②建模与仿真服务门户:服务技术的发展使得 Web 不仅仅是信息交流平台,而且成为一个服务交流平台——建模与仿真的服务门户,用户登录该门户后根据其拥有的权限可以访问当前的服务,如:软件服务、计算服务、存储服务、模型服务等,甚至在门户中合法注册新服务以供其他用户使用。

③仿真应用架构:Web2.0 发展了更为丰富的应用程序接口技术(如 Ajax),以及 XML Web 服务 API 等。它们一方面增强了网站对仿真模型的访问能力,另一方面使得 Web 形式的仿真应用界面能够达到桌面形式的效果。这些大大扩展了 B/S 体系结构模式在建模与仿真领域中的应用范围,增强了这种仿真应用架构的实用性。

综上所述,Web 不再是当初布署于互联网上的文档系统,已经跃升为包括信息、应用和服务在内的互联网内容的展示平台。目前,“Web2.0 + SOA”已成为企业应用模式的发展方向^[7],Web2.0 代表了前端展示层面的变革,面向服务的架构(SOA)代表了基础架构层面的变革。

1.1.2.2 Web 服务技术及其对建模与仿真的影响

简单地说,Web 服务是分布计算技术发展的结果,形式上是一种布署在 Web 上的对象,并通过 Web 服务描述语言(WSDL)来描述功能接口。Web 服务建立在以 XML 为主的、开放的 Web 规范技术基础上,具有良好的封装性、松散耦合性、协议规范标准化和集成能力强等特性,XML、SOAP、WSDL 和 UDDI 是它的支撑技术。相对于传统的分布对象 CORBA、DCOM、EJB、RMI 等,Web 服务突破了它们在平台相关性、紧密耦合性、互操作性

等方面的限制,成为创建可互操作的分布式应用的新一代平台。Web 服务是伴随着企业应用集成而出现和发展的,目前 Web 服务与 SOA 相辅相成使现代企业正在发生翻天覆地的变革,其中 Web 服务在以下几个方面发挥着巨大作用:

①畅通的远程调用:鉴于互联网上的安全防护(防火墙或代理服务器),传统的分布对象技术难以保障客户端和服务端间的通信;Web 服务采用了标准的 Web 技术,因此 Web 服务的调用请求和结果返回一般都会被“安全放行”。

②应用程序的集成:以 Web 服务形式暴露不同语言、不同平台下开发的应用程序的功能和数据,利用 Web 服务的语言无关性和平台无关性可方便地实现它们的集成。

③B2B 的集成:把关键的商务逻辑以 Web 服务形式暴露出来,合作伙伴可以通过互联网对其调用,并且容易实现业务过程的重组。相对于传统集成方法(如 EDI),这种方式可行性强、受平台语言等约束小、运行成本低。

④软件和数据的重用:Web 服务运行在服务器端,用户无需像传统软件那样事先购买并在本地安装。并且,这种架构允许用户在重用软件的同时,还可以重用软件背后的数据。

Web 服务在模型重用、互操作性、系统集成等多个方面的特性和建模与仿真领域的需求非常吻合,是解决相关公共问题的一条技术途径。

1) 新的仿真模型规范

Web 服务形式的仿真模型是一种新的仿真模型规范,即代码实现后的仿真模型以 Web 服务形式存在、发布和使用。与传统的实现规范如组件、对象等相比,Web Service 形式的仿真模型具有如下特点:

①自包含性:即模型内部不含有对其他模型的引用和依赖,模型的实现完全是模型接口输入输出参数的函数,而且这些参数必须是值传递模式,不允许使用引用模式或者指针模式。

②服务绑定:对象和组件等传统模式的仿真模型根据模型与应用程序的绑定时机分为“静态绑定”(编译时绑定)和“动态绑定”(运行时绑定),其中动态绑定又细分为“程序启动时绑定”和“模型调用时绑定”。但是这些绑定模式都有一个共同的特征:是与运行在本地的模型进行绑定。Web 服务的绑定与此不同,它是一种松耦合的绑定,通过 SOAP 绑定异地对象(服务的实现)。

另外,这种新模式在模型的重用和共享方面也带来了非常积极的促进作用,它避免了模型代码的传播,并且模型的所有权方能够控制客户对模型的使用。

Web 服务形式的仿真模型规范具有上述优点,但是有两点由 Web 服务的内在特征引起的影响也需要注意:

①实时性问题:一般而言,仿真应用属于紧耦合应用,尤其是模型之间在仿真运行中存在非常频繁的交互,而 Web 服务模式的仿真模型在运行时额外引入了不可忽略的通信时间:调用请求传输时间和结果回送时间。针对这些的衡量指标有两个:是否在实时性允许范围内;在高性能计算服务端进行计算节省的时间是否可以弥补通信时间。

②模型状态的持久性问题:Web 服务具有“无状态”的特征,即在多次调用之间不会维持状态。在商业应用中大部分业务具有“交易性(Transaction)”,非常适合于使用 Web 服务。大部分的仿真应用与此不同,仿真模型在仿真运行期间需要维持面向用户的实例,