

SOA 全生命周期建模方法综述

汪林林<sup>1</sup>, 张 春<sup>1</sup>, 刘 歆<sup>2a</sup>, 刘 川<sup>2b</sup>  
(1. 重庆邮电大学 计算机科学与技术学院, 重庆 400065; 2. 重庆大学 a. 计算机学院; b. 自动化学院, 重庆 400044)

摘 要: 在介绍 SOA(面向服务的架构)项目实施过程的基础上,从 SOA 全生命周期的视角,着重从方法论上对实施 SOA 项目所涉及到的业务流程建模、服务建模、数据建模、服务集成建模和业务监控建模进行了分析与评述,并提供了一些新的解决思路,同时指出了 SOA 建模领域的一些研究热点及趋势。  
关键词: 面向服务架构建模; 业务流程建模; 服务建模; 数据建模; 服务集成建模; 业务监控建模  
中图分类号: TP311 文献标志码: A 文章编号: 1001-3695(2011)01-0037-05  
doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2011.01.008

Survey of SOA modeling in whole lifecycle

WANG Lin-lin<sup>1</sup>, ZHANG Chun<sup>1</sup>, LIU Xin<sup>2a</sup>, LIU Chuan<sup>2b</sup>  
(1. College of Computer Science & Technology, Chongqing University of Posts & Telecommunications, Chongqing 400065, China; 2. a. College of Computer Science, b. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** First this paper introduced the main steps for developing a SOA project. Then analyzed and viewed the crucial modeling dimensions related each step in which including business process modeling, service modeling, data modeling, service integration modeling and business monitor modeling. Also mentioned some of new methods for SOA modeling. Finally pointed out some promising directions and hotspot in SOA modeling.  
**Key words:** SOA(service oriented architecture) modeling; business process modeling; service modeling; data modeling; service integration modeling; business monitor modeling

0 引言

SOA 是一种能按需对信息资源进行关联的企业级 IT 架构<sup>[1]</sup>,它能增强业务随需应变的灵活性,此架构的核心是与业务高度一致的服务,服务实现了企业资源的虚拟化。采用 SOA 构建的面向服务的企业计算环境能高效且低成本地支持企业业务变革与快速发展,是企业提升其核心竞争力的重要手段<sup>[2]</sup>。SOA 项目的成功实施需要在 SOA 相关方法论的指导下进行<sup>[3]</sup>,这是一个以服务为中心的包括服务的建模、开发、部署、运维和监控等阶段的迭代过程。其中,建模工作是连接业务需求到基于服务的解决方案的桥梁,为实现 IT 与业务的高度一致性提供最重要的保证,其结果将直接影响到 SOA 优良特性的实现程度<sup>[4]</sup>。

SOA 体现了一种新的企业级应用系统开发理念、方法与技术<sup>[5]</sup>,因此,传统的面向对象分析与设计(object oriented analysis and design, OOAD)和基于组件的开发(component based development, CBD)等建模技术不能完全满足 SOA 的建模需求,需要综合使用它们并根据 SOA 的新特性予以创新性的补充。SOA 要实现的目标决定了其建模工作需要在更大的范围和更高的抽象层次上进行。服务建模作为其整个建模工作的核心,所得到的服务模型将成为业务与 IT 高效协调一致

的媒介;SOA 通过服务的组合实现业务流程的自动化,服务应用于流程,反过来服务也来源于流程,因而,需要在业务层面上进行业务流程建模,其建模结果一方面服务于业务流程的自动化目标,另一方面将作为服务建模的最重要输入。为及时掌握业务运行情况以实现实时企业,建立适当的 SOA 业务监控模型也是必需的;企业级的数据建模工作将为 SOA 解决方案中使用的数据建立统一的视图;SOA 解决方案主要是通过服务的组合来实现复合应用,通过建立服务集成模型将显著提高服务集成的质量和效率。本文将以 SOA 项目的实施过程为线索研究其各阶段的建模问题。

SOA 项目的实施过程随企业采纳 SOA 的策略而异。通常,在不考虑建立 SOA 战略规划和 SOA 治理的情况下,可以把实施过程大体分为业务分析、服务的规划与设计、服务的开发与集成以及运维与监控几个阶段<sup>[6]</sup>,在每一个阶段都对应着特定的建模工作。在业务分析阶段需要建立业务模型,其中,主要包括业务组件模型和业务流程模型;在服务的规划与设计阶段需要建立服务模型,涉及的工作主要包括服务的发现、规约和实现决策等;在服务的开发与集成阶段需要建立服务集成模型,同时也需进行服务实现层面的建模;在运维和监控阶段,需要建立业务监控模型以完成对业务流程及服务的实时监控和统计分析。下面将侧重从方法角度对几个主要的建模工作进行分析与评述。

1 业务流程建模

业务流程建模(或业务建模)是定义和概括业务实践、流程、信息流、数据存储和系统的学科<sup>[7]</sup>。通常,可以将执行业务流程建模的驱动因素概括为三个方面<sup>[8]</sup>:为文档化流程而建模、为重新设计流程而建模以及为自动化流程而建模。在实施一个 SOA 项目时,除了兼有这三个方面的驱动需求外,执行业务流程建模还有一个很重要的目的:促使 IT 与业务保持根本上的一致,因为从业务出发分析服务,得到的才是业务服务,这样的服务才能成为业务与 IT 之间互动的桥梁。

业务流程建模工作通常由业务分析师执行,其基本过程如下<sup>[9]</sup>:

- a) 业务分析师需要理解执行业务流程建模的驱动需求以及由高层管理人员提出的业务目标和相关约束等。
- b) 在业务流程建模工具的辅助下捕获当前的业务流程模型,此模型除了要体现出基本的过程流之外,还应包括相应的数据流、流程使用的资源、流程涉及的角色和相关的业务规则等。
- c) 对当前的业务流程模型进行静态的和动态的综合分析,从而找出流程中耗费时间和成本的位置以及流程中的瓶颈所在。
- d) 提出改进的业务流程模型,即目标业务流程模型,可将其进一步转换为在技术环境中的可执行模型。

在业务流程建模领域有以下两个重要的业界标准:

- a) Web 服务业务流程执行语言(Web services business process execution language,WSBP EL),它由 OASIS 发布,适合于建模可执行的流程模型<sup>[10]</sup>。
- b) 业务流程建模符号(business process model and notation,BPMN),它由 OMG 发布,用它表示的业务流程适合于业务或管理人员使用,它提供了易于人工理解的建模符号以及到 WSBP EL 标准的映射规则,它与 WSBP EL 标准互为补充<sup>[11]</sup>。

在 SOA 概念提出之前,针对业务流程建模已有了大量的研究和实践,但用这些传统的方法和技术创建的业务流程存在诸多问题,如创建的模型规模庞大、模块化程度低、缺乏足够的灵活性、可重用价值低、可跟踪性差、可测试性差、不支持动态流程选择以及难以支持业务流程管理等。而在 SOA 项目中所需要的业务流程模型恰好在这些方面有着较高的要求。例如,SOA 的目标之一是要实现业务的灵活性,从而要求流程模型应具备足够的灵活性,这也进一步对模型的模块化程度提出了要求。因此,传统的业务流程建模方法不能满足 SOA 项目的需要,为了解决上述这些问题,以及提高业务流程模型与 SOA 解决方案的内在一致性,业内提出了一些新的适合于 SOA 的业务流程建模方法,大体上可分为基于框架和基于组件两类方法。

基于框架的流程建模方法将各流程组织在特定的流程建模框架中,这样能较好地解决流程模型的模块化、松耦合和灵活性等问题,提高流程模型的可跟踪性以及 SOA 解决方案的一致性。可以考虑根据 SOA 参考体系结构来设计用于组织各流程的流程建模框架<sup>[12]</sup>。在 SOA 参考体系结构中,与流程建模人员最相关的三个层是使用者层、业务流程层和服务层,相应的流程建模框架大体上也与之对应,如图 1 所示。其中,使用者流程与 SOA 参考体系结构中的使用者层对应;长时间

运行流程、人工任务和短时间运行流程与 SOA 参考体系结构中的业务流程层对应;自动活动则与 SOA 服务层相对应,这能从根本上增强业务流程模型与 SOA 解决方案的内在一致性。此流程建模框架中位于上面的层通过公开的接口使用位于下面的层,不能反向直接调用,但可通过触发机制来实现<sup>[13,14]</sup>;位于下面的层并不是位于上面的层的组成部分,它们是相互独立的,只有调用的关系,这提高了流程的模块化和灵活性,使其能有效支持业务的快速变化,从而支持 SOA 目标特性的实现。

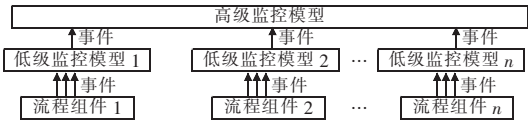


图 1 一种流程框架结构

基于组件的业务流程建模方法将流程视为组件,组件应满足内聚性,且需公开其提供的服务和依赖关系,然后将这样的流程组件通过一定的方法动态组装到业务流程中。通常,将业务规则作为动态组装流程的条件<sup>[15]</sup>。这种方法能提高流程模型的模块化程度,并能通过动态选择增加其灵活性,有效控制模型的规模,从而为 SOA 随需应变的业务环境提供有效支持。

在 SOA 和业务流程管理(business process management,BPM)背景下,对业务流程建模方法的研究主要集中于如何解决流程的灵活性、可重用性以及可管理性等问题,以支持 SOA 的目标和适合于业务流程管理的需要。模式是提高 IT 解决方案重用率和质量的有效方法,同样,为了提高流程建模的效率和质量,也有必要对 SOA 下的流程模式<sup>[16]</sup>进行研究,从而为一些典型场景提供抽象的流程建模解决方案。另外,在 SOA 项目中,要进行多方面的建模,如流程建模、服务建模和数据建模等,而流程、服务、数据等之间本身就存在内在联系,如流程和服务都需要使用数据,流程是服务识别的重要输入等,因而,如何将多方面的建模进行协同是一个重要的研究方向。

2 服务建模

服务建模的目标是建立企业的服务模型,该服务模型作为业务与 IT 之间的桥梁,是实现 SOA 对业务随需应变灵活性支持的关键因素<sup>[17]</sup>。广义上的服务建模指的是整个面向服务的分析和设计(service-oriented analysis and design,SOAD)过程,狭义上的服务建模被作为面向服务分析过程的子过程<sup>[18]</sup>。由于引入了服务这一新的概念,SOA 需要新的方法去解决诸如服务的发现、规约和设计等新问题,SOAD(或服务建模)正是解决此类问题的方法论;同时,SOA 也与传统的信息系统开发理念、方法和技术有着千丝万缕的联系,因而,传统的方法,如面向对象的分析与设计(object-oriented analysis and design,OOAD)、企业架构(enterprise architecture,EA)、业务流程建模(business process modeling,BPM)等,仍有在 SOAD(或服务建模)中应用的潜力<sup>[19]</sup>。

有两种典型的面向服务的分析与设计方法论:a)由 Erl 等人提出的主流 SOA 方法论(mainstream SOA methodology,MSOAM),它为面向服务的分析与设计提供了一套通用的方法、过程和实践指导,通常需要根据具体情况进一步定制;b)由 IBM 公司开发的面向服务的建模和架构(service-oriented modeling and architecture,SOMA)方法,该方法特别适合于以流程驱动的 SOA 项目。以下是对这两种方法论的详细介绍。

1) MSOAM

MSOAM 涉及三个方面的主要内容: SOA 交付策略、面向服务的分析过程和面向服务的设计过程。

交付策略围绕着是否开始一个具体的 SOA 项目之前事先建立一个完整的服务库存而区分为三种: a) 自上而下的交付策略需要通过先期的库存分析建立一个企业范围的完善的服务库存,库存分析过程如图 2 所示,它由一个包含定义企业业务模型、定义技术架构、定义服务库存蓝图和执行面向服务分析四个阶段的迭代周期组成,每次执行面向服务分析,将产生服务候选并将其添加到服务库存蓝图中去,满足近期需求的 SOA 项目将在服务库存的基础上进行; b) 自底向上的交付策略不事先进行服务库存建设,直接从只满足近期业务需求的 SOA 项目入手,进行服务的规划与开发; c) 中间相遇的交付策略是前面两种策略的折中考虑,能兼顾长远需求和近期需求。

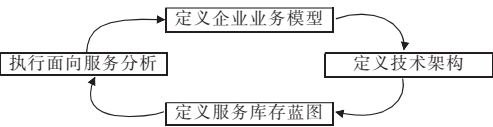


图 2 MSOAM 库存分析过程

MSOAM 的面向服务的分析过程分为三个环节: 定义分析范围、识别受影响的系统和执行服务建模。其中前两个环节为执行服务建模收集必要的信息,执行服务建模又进一步分为如下几个主要步骤<sup>[20]</sup>: 分解业务流程; 过滤掉不合适的步骤; 识别无关服务候选者; 识别相关服务候选者; 识别组合服务; 分析处理需求; 识别工具服务; 应用面向服务原则进行服务的定型与修订。

MSOAM 的面向服务的设计过程以分析阶段得到的服务候选者作为输入,对其进行服务技术合约的设计以及服务逻辑的设计。按照优先设计独立性高的服务这一原则,MSOAM 给出如下的各类候选服务的一个参考设计顺序: 设计实体服务,设计工具服务,设计任务服务,设计编排服务。MSOAM 特别强调面向服务设计原则的应用,并提出了如下几个设计原则<sup>[21]</sup>: 服务合约标准化、服务松耦合、服务抽象、服务可复用性、服务自治、服务无状态性、服务可发现性、服务可组合性。MSOAM 也指出该分析和设计过程需要进一步定制,使其能与组织范围内存在的交付过程和方法学相融合。

2) SOMA

SOMA 方法将面向服务的分析和设计分为服务发现、服务规约和服务实现三个前后相继的阶段,如图 3 所示。

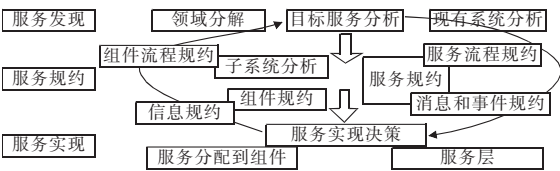


图 3 SOMA 方法论

服务发现阶段的主要任务是获得服务候选者列表。SOMA 提供了三种方式用于发现服务候选者:

- a) 领域分解方式,也称为自上而下方式。它将业务流程分解成子流程,并进一步分解为业务活动,将业务活动作为服务候选者,然后根据业务范围对服务候选者进行分组。针对业务领域的变化分析剥离出易变的业务逻辑,这有助于提高架构的生命力,并可能发现一些新的服务候选者。
- b) 已有资产分析,也称为自下而上方式。它将对已有资

产的业务功能、技术平台、架构以及实现方式等方面进行分析,其结果除了可用来发现新的服务候选者外,还可用于验证已发现的服务候选者,并可为决策服务实现方式提供依据。

- c) 业务目标建模方式,也称为中间对齐方式。它将业务目标分解成子目标,然后考察支持子目标的服务候选者,从而发现由前两种发现方式所遗漏的服务候选者。

服务规约阶段的主要任务是采用规范的方式描述服务各方面的属性,包括两个基本的步骤: a) 对服务进行暴露决策,只有符合一定条件的服务候选者才将之暴露为服务,有如下几个常用的暴露规则,即与业务对齐、可组装、可重用; b) 对已暴露的服务进行规约,需要规约的属性除了功能和质量方面外,还涉及业务层面的诸多属性,如业务规则和业务事件等。

服务实现阶段的主要任务是将服务分配到服务组件,并决定服务的实现方式。服务组件体现了一组功能相关的服务,它从业务范围映射而来,从而实现业务与 IT 的一致性。服务的实现方式有两种基本策略: 全新构建和包装现有系统。全新构建的方式又包括采用 Java 组件、采用 Web 服务、采用业务规则以及状态机等方法,包装现有系统可使用 Web 服务或 Adapter 等方式。完成服务实现决策后,可进一步完成架构设计,其中包含了服务基础设施的设计<sup>[22]</sup>。

MSOAM 和 SOMA 都为 SOA 项目中的服务建模提供了系统的方法和实践指导,它们有着共同的目标: **建立可作为业务与 IT 之间桥梁的企业服务模型**。它们也有着各自鲜明的特色: SOMA 提供了更加详细的服务发现方法以及筛选服务的规则,MSOAM 则更加重视服务规约的设计,高度强调面向服务设计原则的应用,并提供了详细的应用指导; SOMA 是与厂商关联的方法论,提供了更加详细的操作步骤以及工具使用指导,MSOAM 是与厂商无关的方法论,提供了更大的定制空间。

**服务建模是 SOA 中的核心建模工作,围绕着如何得到高质量的服务模型,业界已进行了广泛的研究**。在服务建模的表示法方面,已有了 OMG 的相关标准: 面向服务架构建模语言 (service-oriented architecture modeling language, SoaML)<sup>[23]</sup>,它是对 UML 的小型扩展。在服务建模方法方面的研究,已有了两种主要的服务建模方法论,即 MSOAM 和 SOMA。在服务建模领域,进一步的研究将体现在对主流的服务建模方法论的具体化以及改进方面,如特定于行业的建模方法的研究以及如何与传统方法更好地融合等。**服务合约的标准化设计也是一个重要的研究方面,因为它关系到面向服务设计原则的落实**<sup>[24]</sup>。

3 数据建模

数据建模为数据的有效收集、使用和管理提供支持。传统的数据建模只关注单个应用中使用的数据,这样就造成了在不同时期构建的系统中存在大量分散、异构和冗余的数据,难以支持 IT 和业务的改进<sup>[25]</sup>。为此,新的数据建模思想强调从企业视角建立全局数据视图,一种建立全局数据视图的方法是**企业数据架构建模**<sup>[26]</sup>。企业数据架构覆盖了企业的各数据领域,并包含一系列分层次的模型,各层次的模型详尽程度不同,对应着不同的用途。SOA 项目常常是以流程(或应用集成)驱动的,而流程(或应用集成)又常常是跨部门的,甚至是跨企业的,这就需要**一个企业范围的逻辑数据模型(logical data models, LDM)**为其提供支持,因此,全局 LDM 在 SOA 中的地位就变得更加重要,它不仅能降低数据冗余、改善数据质量,更能



加速 SOA 项目的实施,建立的全局 LDM 能应用于所有的 SOA 项目。

在 SOA 中的数据建模将体现在两个方面:全局(或企业级)数据建模和流程(或服务)数据建模。对流程数据建模常作为业务流程建模的一部分,主要是对流程的输入、输出以及在流程任务之间流动的数据进行抽象,这些数据可能是简单类型的数据,也可能是业务文档、工作产品或商品等。对服务数据的建模也常作为服务建模的一部分,体现在对服务消息的规约,服务消息可进一步转换为技术层面的服务数据对象(service data object, SDO)。SDO 是受业界广泛遵循的 SOA 数据访问规范<sup>[27]</sup>。由于全局 LDM、流程数据和服务数据存在着内在的相关性,可考虑将它们的两者或者三者进行协同建模,主要有如下几种方法:

a) 自下而上方法。该方法首先建模全局 LDM,然后再从全局 LDM 导出所需的流程数据模型和服务数据模型。它能有效地分离流程(或服务)建模师和数据建模师的工作,能最大限度地保证企业范围内数据的一致性,但这种方法需要预先做全面的数据规划工作,前期投入大,投资回收期长。此方法特别适合于以数据为中心的应用开发。

b) 自上而下方法。该方法首先进行流程数据和服务数据的建模工作,然后从流程数据模型和服务数据模型导出局部 LDM,最终,全局 LDM 由若干局部 LDM 合并而成。这种方法能将开发全局 LDM 的成本和风险分摊到各 SOA 开发项目中,但建模得到的全局 LDM 的质量通常不高,数据变更控制也很复杂。此方法适合于以流程驱动的应用开发。

c) 中间相遇方法。该方法对前两种方法进行折中考虑,在开发全局 LDM 时,可同时进行流程数据和服务数据的建模工作,这种方法能兼顾长远战略和短期项目需求,但数据的变更更难控制。此方法适合于数据非常稳定的场合。

这三类方法都不可避免地涉及到模型间的相互转换,可以考虑使用模型驱动开发(model-driven development)方法提高转换的效率<sup>[28]</sup>。通常使用基于 XML 的文档作为数据模型转换的中介<sup>[29]</sup>。适合于 SOA 的企业数据架构建模是一个重要的研究内容。

4 服务集成建模

完成服务建模阶段的工作后,将进入服务的开发与集成阶段,在该阶段首先要建立服务的集成模型,它为服务的开发与集成提供总路线。由于 SOA 是通过服务的装配(或称为集成)来实现应用的,这样的集成工作量相对于传统项目来说非常繁重,建立适当的服务集成模型将能极大地提高集成的质量和效率,并有效降低集成的风险。**服务模型中体现的服务之间的依赖关系将作为建立服务集成模型的最主要输入**,设计的 SOA 架构是另一个重要输入。通常,**被调用越多的服务和架构关键路径上的服务应优先实现,优先集成**。

有两种基本的服务集成方式: a) 在流程层中直接对服务进行集成; b) 增加一个中间层次,由它组装服务,并在流程层中对该层次中的单元进行集成。由于服务可以采用不同的方式实现,如 Java 组件、Web 服务和业务规则等,为了能向上层屏蔽下层的变化,可以采用第二种方式增加一个标准层来实现隔离,如采用标准的 SCA 模块包装一个或多个服务,再在流程层中集成 SCA 模块,这样做也将减少部署单元,有利于开发部

署<sup>[30]</sup>。相应地,服务集成模型将分为两个层次:模块组装和系统组装。模块组装将建模一个模块内的一个或多个服务的集成关系;系统组装主要采用 WSBPEL 等方式组织编排各模块以完成特定的业务流程。服务组件体系结构(service component architecture, SCA)<sup>[31]</sup>和 WSBPEL 是两种主要的集成手段。

建立服务集成模型的困难之处在于,一方面要考虑服务之间的依赖关系,另一方面还要从有利于开发的角度考虑问题。如何权衡各方面以实现服务模块的合理划分与装配是一个重要的研究内容。

5 业务监控建模

以服务为中心的业务流程管理(business process management, BPM)能帮助企业管理人员获得企业实时运营情况并快速响应<sup>[32]</sup>。业务监控模型是实现 BPM 的一个重要基础,流程监控软件根据此模型收集业务事件等信息,加以分析处理并展示。建立业务监控模型与建立业务流程模型是紧密相关的,甚至可以将它作为业务流程建模的一个方面,这涉及到两者如何融合的问题。

通常,完成业务监控管理建模需要定义三个方面的模型,即业务指标模型、数据分析模型和预警消息模型。其基本过程如下: a) 识别业务目标,对其进行细化分解并量化。例如,采用关键业务绩效指标(key performance indicator, KPI)<sup>[33]</sup>对业务子目标进行量化; b) 对已量化的目标建立维度分析模型,如利用各个独立的业务处理时间分析流程的平均处理时间; c) 建立预警规则,确定触发条件及相应的处理措施。

在 SOA 中,需要提高业务流程的组件化,使之能快速地响应业务变化,这样的流程模型通常包含一系列的流程组件,端到端的业务流程由流程组件动态组装而成。相应地,对业务流程的监控包括了对流程组件的监控和对端到端流程的监控两个层面,从而产生了一个重要的研究内容:如何建立适当的监控模型以同时满足这两种监控需求?图 4 示意了一种解决思路,它将监控模型分为两种独立的监控级别:低级监控模型和高级监控模型。各低级监控模型对应于各流程组件,它们接收来自对应的流程组件所产生的事件,除了将其用于完成对流程组件的监控外,还需要将高级监控模型感兴趣的事件传播到高级监控模型,高级监控模型与端到端的流程对应,从而完成对端到端流程的监控。业务的变化以及业务关注点的变化需要灵活地监控模型的支持,一个层次化的、组件化的以及流程模型保持适当耦合度的监控模型就是一个灵活的监控模型,这也是一个重要的研究内容。

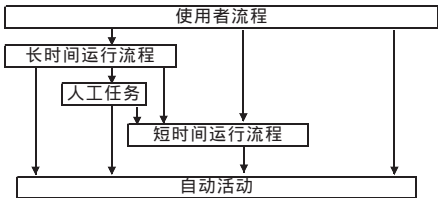


图 4 一种层次化的监控模型

6 结束语

SOA 建模覆盖了 SOA 的整个生命周期,它是衔接业务需求和 SOA 解决方案的桥梁。本文对 SOA 建模中的业务流程建模、服务建模、数据建模、服务集成建模和服务监控建模进行了

分析与评述。从分析可见,业务流程建模不仅是实现流程优化与自动化的重要基础,也是服务建模的重要基础。另外,它与服务监控建模共同支持业务流程管理。基于框架和基于组件的业务流程建模方法能改善业务流程模型的特性,使之满足 SOA 的需要;服务建模是 SOA 建模的核心,所建立的服务模型是实现 SOA 业务灵活性目标的关键所在,ErI 等人提出的 MSOAM 和 IBM 提出的 SOMA 是两种典型的服务建模方法论;数据建模为流程和服务提供企业级的一致数据视图,将传统的企业数据架构建模与 SOA 中的数据建模相互关联,能提高数据的一致性以及建模的效率;服务集成建模为服务的具体开发和集成提供统一的路线图,服务模块内部的集成路线和模块之间的集成路线是两个主要的建模方面。

尽管目前已经提出了一些通用的 SOA 建模方法论,但 SOA 对行业的敏感特性使得需要进一步研究在特定行业中的 SOA 建模方法。另外,传统的建模方法仍有极大的应用价值,围绕如何改造传统建模方法以满足 SOA 的建模需求,以及各方面建模技术的相互融合问题也是需要进一步研究的内容。

参考文献:

- [1] SANDY C. The new language of business: SOA & Web 2.0[M]. Boston: IBM Press, 2007: 42-50.
- [2] 中国电子技术标准化研究所. SOA 用户指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 2-18.
- [3] 毛新生. SOA 原理·方法·实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 53-62.
- [4] AMSDEN J. Modeling SOA [EB/OL]. (2007-10-02). [http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/07/1002\\_amsden/](http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/07/1002_amsden/).
- [5] MICHAEL P P. Service-oriented computing: a research roadmap [J]. International Journal of Cooperative Information Systems, 2008, 17(2): 223-255.
- [6] ERL T. Service-oriented architecture: concepts, technology, and design [M]. New York: Prentice Hall/Pearson PTR, 2005: 198-206.
- [7] IYENGAR A, JESSANI V, CHILANTI M. WebSphere business integration primer process server, BPEL, SCA, and SOA [M]. Upper Saddle River: Pearson Education, 2008: 202-216.
- [8] FASBINDER M. Why model business processes [EB/OL]. (2007-03-30). [http://www.ibm.com/developerworks/websphere/library/techarticles/0705\\_fasbinder/0705\\_fasbinder.html](http://www.ibm.com/developerworks/websphere/library/techarticles/0705_fasbinder/0705_fasbinder.html).
- [9] KHATTAK W. Business process analysis with SOA: a case study [EB/OL]. (2008-11-17). <http://www.soamag.com/I23/1108-4.php>.
- [10] OASIS. Web services business process execution language version 2.0 [EB/OL]. (2007-04-11). <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.pdf>.
- [11] OMG. Business process model and notation 2.0 [EB/OL]. (2009-10-05). <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>.
- [12] SCHOONDERWOERD R. Process-oriented modeling for SOA [EB/OL]. (2008-11-04). <http://www.ibm.com/developerworks/architecture/library/ar-procmod1/index.html>.
- [13] UTSCHIG U C. Architecting event-driven SOA: a primer [EB/OL]. (2008-09). [http://www.oracle.com/technetwork/articles/oraclesoa\\_eventarch-097519.html](http://www.oracle.com/technetwork/articles/oraclesoa_eventarch-097519.html).
- [14] 张辉, 于建江, 汤克明. 用于整合 SOA 与 EDA 的智能化事件驱动模型 [J]. 计算机应用研究, 2009, 26(9): 3354-3357.
- [15] De FREITAS J. Model business processes for flexibility and reuse: a component-oriented approach [EB/OL]. (2009-04-22). [http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/wes/0904\\_defreitas/0904\\_defreitas.html](http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/wes/0904_defreitas/0904_defreitas.html).
- [16] SCHMIDT D C, STAL M, ROHNERT H *et al.* Pattern-oriented software architecture volume 2: patterns for concurrent and networked objects (POSA2) [M]. New York: Wiley, 2000.
- [17] Jr High R, KINDER S, GRAHAM S. IBM's SOA foundation: an architectural introduction and overview [EB/OL]. (2005-11). <http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/webservices/ws-soa-whitepaper.pdf>.
- [18] ERL T. SOA methodology [EB/OL]. <http://www.soamethodology.com>.
- [19] ZIMMERMANN O, KROQDAHL P, GEE C. Elements of service-oriented analysis and design [EB/OL]. (2004-06-02). <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soad1/>.
- [20] MSOAM. The service-oriented analysis process [EB/OL]. <http://www.soamethodology.com/p16.asp>.
- [21] ERL T. SOA: principles of service design [M]. Upper Saddle River: Pearson Education, 2009: 335-344.
- [22] ARSANJANI A. Service-oriented modeling and architecture [EB/OL]. (2004-11-09). <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-design1/>.
- [23] OMG. Service oriented architecture modeling language (SoaML): specification for the UML profile and metamodel for the services (UPMS) [EB/OL]. (2009-12-09). <http://www.omg.org/spec/SoaML/1.0/Beta2/PDF>.
- [24] ERL T, KARMARKAR A, WALMSLEY P. Web service contract design and versioning for SOA [M]. Upper Saddle River: Pearson Education, 2009.
- [25] HANSEN D. Demystifying data federation for SOA [EB/OL]. (2008-09-22). <http://www.soamag.com/I22/0908-1.php>.
- [26] JOHNSTON A K, WIGGINS R. Modeling the enterprise data architecture [EB/OL]. (2003-02-15). <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/754.html>.
- [27] IBM, BEA. Next-generation data programming: service data objects [EB/OL]. (2005-05-23). <http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/library/j-commonjs-dowmt/Next-Gen-Data-Programming-Whitepaper.doc>.
- [28] GARDNER T, YUSUF L. Explore model-driven development (MDD) and related approaches: a closer look at model-driven development and other industry initiatives [EB/OL]. (2006-01-24). <http://www.ibm.com/developerworks/library/ar-mdd1/>.
- [29] W3C. Extensible markup language (XML) 1.0, 5th ed [EB/OL]. (2008-11-26). <http://www.w3.org/TR/REC-xml/>.
- [30] 金戈, 姚辉, 赵勇. SOA 快速指南 1 2 3 [EB/OL]. (2006-12-26). [http://www.ibm.com/developerworks/cn/webservices/0610\\_jinge/index1.html](http://www.ibm.com/developerworks/cn/webservices/0610_jinge/index1.html).
- [31] BEA, IBM, Oracle. Service component architecture: building systems using a service oriented architecture [EB/OL]. (2005-11). [http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-sca/SCA\\_White\\_Paper1\\_09.pdf](http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-sca/SCA_White_Paper1_09.pdf).
- [32] Oracle Data Sheet. Oracle BPEL process manager [EB/OL]. (2009). <http://www.oracle.com/us/products/middleware/application-server/bpel-process-manager-ds-066554.pdf>.
- [33] LUCKHAM D. The beginning of IT insight: business activity monitoring [EB/OL]. (2004-06-21). <http://www.ebizq.net/topics/cep/features/4689.html>.