

# 面向业务领域的服务建模方法及支撑框架

## 林海略、刘晨、王建武、房俊、李厚福

**摘要** 最终用户编程是一种通过支持业务用户按需即时构造和调整应用来实现业务敏捷性的新型业务构建方法，实现该方法的关键是解决业务层面的业务活动与软件实施层面的平滑过度问题。本文提出一种面向业务领域的业务服务支撑框架，通过提供反映用户需求且易于业务人员使用的服务模型及其建模、组织、服务虚拟化以及使用机制，来跨越业务层面和软件层面的鸿沟，从而支持最终用户编程。该支撑框架已在实际项目中得以应用和验证。

**关键词** 业务规范、业务服务、服务虚拟化、业务服务支撑框架

## 1 引言

城市综合信息服务、电子政务、网络化制造等许多应用领域的企业和组织都渴望能实现业务敏捷性，即能根据生存环境（如政策、合作关系、突发事件等因素）的变化，即时快速地调整业务的运作行为。然而，传统应用开发所采用的“需求→分析→设计→实现”范式使得应用的开发周期长且难以调整。因此，有必要为用户提供一套合理的语言和工具，使得应用的使用者（业务人员）能够自行即时构造和调整应用。这不仅能节约开发的时间，还可以避免需求理解不一致等交流问题。我们把业务人员自行构造和调整应用的行为称为最终用户编程。

面向服务计算的出现，允许各种业务应用资源统一地以服务的形式呈现。基于这些可复用的服务，应用系统可以通过服务组合的方式来快速构造及方便地调整，这为最终用户编程打下了良好的基础。Web服务是目前一种流行的服务实现方式，它所具有的良好互操作性使其非常适合成为最终用户编程语言的基本元素。但是Web服务实现者（软件人员）和使用（业务人员）对于服务理解上还存在着鸿沟<sup>[1]</sup>：对于业务人员来说，他关注的是服务能够完成什么样的功能以及以多大代价来完成这些功能。而软件人员关注的则是服务的接口设计、编码实现以及调用的方法。这给最终用户编程带来了以下阻碍：

1. **Web 服务难以理解**：软件人员实现的服务往往只有接口级的描述，这对于并不了解 IT 技术的业务人员来说是难以理解的。因此，需要为业务人员提供一种更好的服务呈现形式，只将业务人员最关心的内容呈现给他们，而将服务实现的技术细节隐藏起来。
2. **Web服务难以使用**：业务人员为了使用服务来完成某项业务功能，必须要编写代码来调用这个服务。这就要求他了解服务的细节，比如WSDL<sup>1</sup>地址，输入输出的数据类型等。而且，为了适应业务的调整，业务人员必须要修改代码才能完成服务的替换。
3. **Web 服务难以组合**：业务应用往往需要将多个服务按某种方式组合起来，以实现业务目标。但是编写服务的软件人员往往来自不同的组织，他们会按照自身的规范和认识来设计服务。这使得不同组织提供的服务有着不兼容的业务语义。这给业务用户构建和调整应用带来了极大的困难。

综上所述，为实现最终用户编程需要首先跨越这种业务层面和软件层面之间的“鸿沟”，向业务人员提供可理解、可执行、可组合的业务级服务。因此本文提出一种业务服务支撑框架，该框架提供一种业务层面、反映用户需求且易于业务人员使用的业务服务模型及其建模、组织和使用机制，实现业务级服务资源重用，从而支持最终用户编程。

本文安排如下：第 2 节将首先从整体上介绍业务服务支撑框架的体系结构。第 3 节将详细介绍支撑框架各组成元素及整个框架的构建过程。而框架的使用过程将结合具体应用场景在第 4 节中加以介绍。随后，第 5 节将和现有的相关工作进行比较。最后第 6 节将给出结论。

---

<sup>1</sup> Web Services Description Language Web 服务描述语言

## 2 业务服务支撑框架体系结构

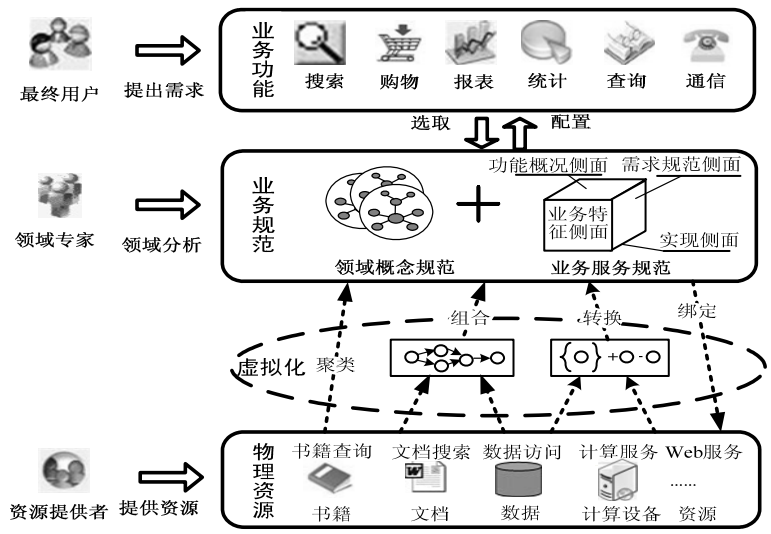


图 1 业务服务支撑框架体系结构图

业务服务支撑框架体系结构如图 1 所示，它主要由两个部分构成：业务规范及服务虚拟化机制。业务规范由领域概念规范和业务服务规范构成。其中领域概念规范就是通过对于概念、术语及其相互关系的规范化描述，勾画出某一领域概念的基本知识体系。领域概念规范的基本组成元素是领域概念。它的引入可为业务服务提供业务语义支撑，使业务服务易于理解。此外，它还还为虚拟化机制提供语义方面的支持和依据。业务服务规范则是通过对领域业务活动及其之间关系的规范化描述，勾画出领域业务功能的基本知识体系。业务服务规范的基本组成元素是业务服务，其中每个业务服务代表一个易理解、可复用、可组合的业务功能。在业务规范的支持下，业务人员可以根据自己的业务需求，选取适当的业务服务，并对其进行个性化的配置，然后以拖拽的方式将其组合在一起，从而实现更为复杂的业务功能。而服务虚拟化机制则致力于实现业务服务与 Web 服务之间的映射。它通过聚类、组合以及转换等操作将 Web 服务提供者所提供的具体 Web 服务关联到业务服务上，并支持业务服务在运行时动态绑定到最优的 Web 服务去执行。

## 3 业务服务框架的工作原理

### 3.1. 基本模型

业务服务支撑框架的基本模型主要包含领域概念规范、业务服务规范以及服务虚拟化机制等三个组成元素。其中业务服务规范是领域专家通过领域分析所得到的可为最终用户直接重用的业务活动，而领域概念规范则为这些业务活动提供语义支撑。服务虚拟化机制则保证了这些业务活动最终会落实到具体的 Web 服务并加以执行。

#### 3.1.1. 领域概念规范

领域概念规范是指通过领域分析所得到的应用领域概念的基本知识体系。领域概念又可细化为动作概念和实体概念。动作概念是对领域中一个动作的描述，如查询、搜索等。而实体概念则是对领域中某一个实体进行描述，如赛事、餐馆、食品等等。这些概念相互交织、相互联系，共同构筑了业务服务的语义基础。

本体是被共享的概念化的一个显式的规格说明<sup>[2]</sup>，用于描述领域知识体系。使用本体的

好处在于：（1）它澄清了领域知识的结构，从而为知识表示打好基础；（2）它易于重用，从而避免重复的领域知识分析；（3）它提供了统一的术语和概念，从而使知识共享成为可能。业务服务支撑框架使用OWL语言<sup>[3]</sup>作为本体的描述语言。OWL语言建立在RDF<sup>[4]</sup>、RDFS<sup>[5]</sup>等已有标准基础上，并通过添加大量的基于描述逻辑<sup>[6]</sup>的语义原语来描述和构建各种本体。这使得它具有定义良好的语义和表示能力、基于逻辑的推理能力并能保证计算复杂度的可控性和可判定性。

### 3.1.2. 业务服务规范及业务服务模型

业务服务规范是指通过领域分析所得到的应用领域业务功能的基本知识体系，其组成元素是业务服务。业务服务代表了领域内一个业务活动或一个业务流程。业务服务支撑框架采用多侧面机制来刻画业务服务。这是因为用户习惯于以渐进的方式了解事物。通过这种机制，用户可以从描述最基本信息的侧面出发，并通过不同侧面间的联系按需展开各个侧面并逐步了解更详细的信息。业务服务模型中的主要元素和实现细节被划分为以下四个侧面：

1. 功能概况侧面：该侧面描述了业务服务所完成业务功能的基本信息。借鉴情景演算、动态逻辑等动作理论已有研究成果，业务服务模型的功能概况侧面以“动作+客体”方式分别描述服务涉及的动作及动作作用对象，以一种直观的方式对业务服务进行简单抽象。
2. 业务特征侧面：该侧面描述了业务用户在业务服务基础上所能设置的个性化配置信息。领域工程的特征分析技术被用来描述业务服务的具体业务特征。通过特征分析技术得到的特征模型作为一种需求组织方式，具有结构简单、支持复用、易于图形化建模等优点<sup>[7]</sup>，业务用户可以通过特征了解应用是否满足其需求。
3. 需求规范侧面：该侧面具体说明业务特征侧面中产生的每项特征在服务中的作用，我们称之为业务层需求信息。需求规范侧面内容主要借鉴OWL-S Profile<sup>[8]</sup>内容，具体包括输入输出接口、非功能和前提效果信息。
4. 实现侧面：该侧面主要描述业务服务执行时所需的信息，具体包括与该业务服务关联的Web服务和对这些Web服务进行的虚拟化操作。

### 3.1.3. 虚拟化机制

业务服务是业务需求的表达，与已有的Web服务间可能存在语义不一致情况，另外业务服务粒度往往较大，实现层面上可能需要多个Web服务关联。而服务虚拟化机制就是要屏蔽底层Web服务细节，提供服务代理，然后利用服务匹配以及服务虚拟化转换方法建立和业务服务的关联。建立关联主要依赖下面三个核心技术：

1. 服务聚类：是指根据语义Web服务特征项（输入、输出等）之间的相似程度，将功能相同或相似的语义Web服务进行分组，并抽象出聚类服务作为语义相似的Web服务的代理。
2. 组合和转换操作：当基于参数匹配的关联无法实现所需的业务功能时，领域专家可借助于组合和转换操作来进行业务服务与Web服务的关联。组合操作是指通过将Web服务组合成为一个流程来完成业务服务所要实现的功能。而转换操作则被定义为一套虚拟化运算。虚拟化运算的定义参考了关系数据库的相关理论，主要包括投影、选取、并，交，差运算等，详细内容可参看[9]。
3. 基于语义的服务匹配和绑定：将业务服务需求规范侧面提供的输入、输出等信息与语义Web服务接口参数进行匹配。若匹配成功，则表明该服务很有可能实现业务服务所描述的业务功能。也就是说，该服务可以和业务服务进行绑定。为确保正确性，匹配还需领域专家进行评估和调整。

## 3.2. 业务服务支撑框架构建过程

构建某一应用领域的业务服务支撑框架主要分为构建领域概念规范、构建业务服务以及建立业务服务和Web服务间关联等三个步骤。

### 3.2.1 领域概念规范构建

如图2所示，领域概念规范的构建主要分为确定领域范围、知识获取、知识重用以及知识编码等几个步骤：

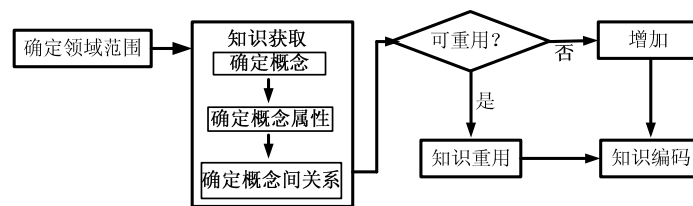


图 2 领域概念规范构建原理图

1. 确定应用领域：首先，领域专家应该明确规范的应用领域，其要旨是确定领域概念规范建设的目的、范围、用途和使用者。
2. 知识获取：首先确定该领域所具有的核心概念，然后确定每个概念的属性及每个属性所具有的约束，最后需要确定概念之间所具有的关系。
3. 知识重用：判断是否可以重用现有的本体，如果不能则构建新的知识添加到规范中去。
4. 知识编码：将构建好的知识记录并保存下来。我们采用OWL语言<sup>[4]</sup>来保存所构建的知识内容。

### 3.2.2. 业务服务规范构建

业务服务支撑框架采用业务逻辑领域动作分析来得到用户直接可用的业务服务，这种方法被称为动作驱动的业务服务规范构建方法。领域内动作分析可以通过描述领域用例（也称为抽象用例）的方法得到。这些领域用例中所描述的动作将作为向用户提供的业务功能。建模过程如图 3 所示（图中结合第 4 节例子说明），主要分为以下三个阶段（注：业务服务实现侧面建模在服务虚拟化时完成，此处不做介绍）：

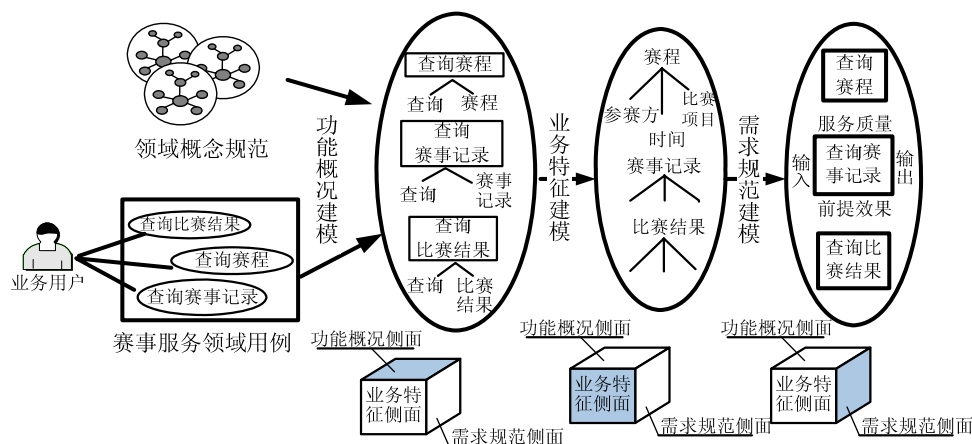


图 3 业务服务建模示意图

1. 功能概况侧面建模：用例通常采用“动词+对象”的形式说明用户的任务<sup>[10]</sup>，所以可以通过分析比较直观地得到每一个领域用例中的动词和对象。利用所获得的动词和对象找到它们在领域本体中的精确定义，所得内容即为业务服务功能概况侧面中的动作和客体。
2. 业务特征侧面建模：业务服务的特征需要利用领域概念规范内容向业务用户描述每个服务的应用能力。领域专家以上一步选择的动作和客体概念为起始，分析本体库中与之有关联的概念。如果与该业务服务所要完成的业务功能相关，则作为业务服务对应特征模型的元素，最终可构造得出该业务服务的特征侧面。
3. 需求规范侧面建模：领域专家通过建立需求规范侧面各项概念（IOPE<sup>2</sup>、QoS<sup>3</sup>）与上一步所得特征概念间关系，可以说明这些概念的业务语义，得到需求规范侧面内容。

### 3.2.3. 服务虚拟化

服务虚拟化大致分为语义标记、服务聚类、关联业务服务等三个步骤：

1. 语义标记：业务服务支撑框架采用手动标记的方法来为 Web 服务添加语义标注，将本体概念和 WSDL 相关描述信息相关联。

<sup>2</sup> Inputs, Outputs, Preconditions and Effects, 输入、输出、前提和效果

<sup>3</sup> Quality of Service, 服务质量

2. 服务聚类：首先，配置待聚类特征项。所谓特征项，就是聚类的目标。当前考虑的聚类特征项包括：领域分类、服务名称、服务接口信息、服务质量信息等。其次，根据聚类要求，为每个特征项设置权值。最后，利用加权求和计算公式，计算任意两个服务之间的距离，并根据定义，设置相似阈值。最终求得服务聚类集合。
3. 与业务服务关联：系统首先依赖聚类服务的接口信息与业务服务软件规范侧面的参数匹配自动建立业务服务与聚类服务的关联，领域专家对关联结果进行审核；对于无法落实或者匹配关系无法表达如何实现业务服务功能的情况，领域专家尝试使用服务虚拟化运算及服务组合等方法建立业务服务与聚类服务的关联。关联信息记录在对应业务服务的实现侧面。

## 4 业务服务框架的应用

业务服务框架已经在北京 2008 奥运城市综合信息服务项目中得到了初步的实践验证。本节将结合具体应用场景来介绍业务服务支撑框架的应用及其效果。

### 4.1. 应用背景

奥运城市综合信息服务项目旨在使奥运期间来到北京的观众、记者及运动员等能够按需方便地使用各种信息资源，为他们提供一站式的信息服务及资源的个性化视图。为了达到上述目标，需要解决以下两个关键问题：

1. 各个信息提供商所提供的资源多种多样，而且不同厂商提供的资源往往会基于不同的软件平台。这使得这些资源难以互联互通，相互协作。
2. 最终用户的 IT 知识有限，这使得他们难以有效地使用信息提供商所提供的信息资源。

### 4.2. 解决方案

应用业务服务框架搭建的奥运综合信息服务系统的架构图如图 4 所示。该系统将各种信息资源以 Web 服务的方式接入平台，以屏蔽软件平台的异构性；通过构建业务规范屏蔽 Web 服务的技术细节，将用户最关注业务功能信息展示出来；通过服务虚拟化机制保证业务服务在执行时可以动态绑定到合适的 Web 服务。下面详细解释其中每一步是如何操作的。

1. 制定领域概念规范：领域概念规范由领域专家采用 3.1 节中所述的方法得到。它具体实现为一组实体本体和动作本体。其中，实体本体的主要概念有：比赛、赛程、比赛场馆、比赛结果等。动作本体的主要概念有：预测、查询、分析等。这些描述为业务服务实现互操

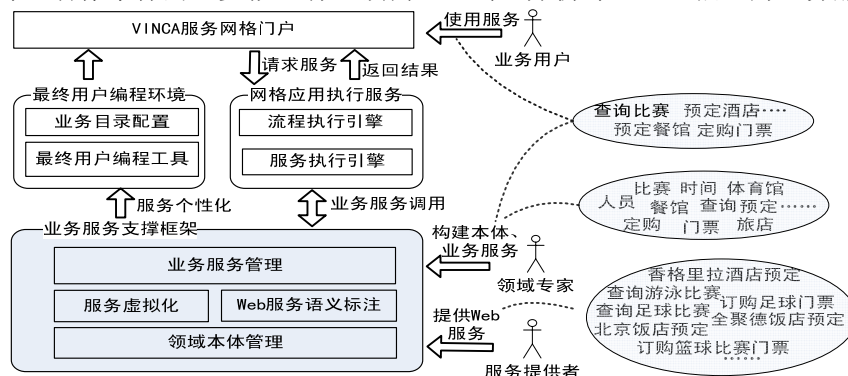


图 4 奥运综合信息服务系统

作以及服务虚拟化机制建立了基础。

2. 构建业务服务规范：业务服务规范是通过业务逻辑领域的动作分析得到的。例如针对“赛程查询”这一领域用例，首先，在本体库中找到了相应的动作概念为“查询”，实体概念为“赛程”，这样就得到相应的业务服务的功能概况侧面。然后，进一步在本体库中选取与所要描述业务功能相关的概念作为特征概念，与“赛程”概念有关系的概念有：“时间”、“比赛场馆”、“比赛项目”和“参赛方”，从这些概念出发又可以得到“大类”、“小类”等概念，从而得到业务特征侧面。接着，建立需求规范侧面各项概念与以上特征概念间关系。在该业务服务中，需要用户填写查询日期，得到当天所有的比赛信息。因此需要建立特征“日期”和“输入”间关联，“比赛场馆”、“比赛项目”及“参赛方”和“输出”间关联。其中“参赛方”为可选特征，表示该项输出为可选项，这样就得到了需求规范侧面。



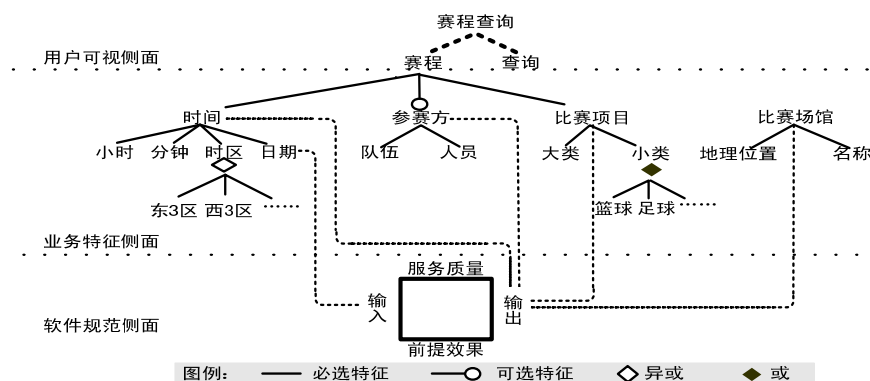


图 5 赛程查询业务服务实例

最终得到的“赛程查询”业务服务如图 5 所示，它以用户所熟悉的概念来描述，便于用户理解；关联到相应的领域本体，便于正确地映射到底层资源。用户通过对业务特征层的配置，能够方便地表达自己的个性化需求。达到了以统一的方式使用 IT 资源而不用关心底层的技术细节的效果。

3. 服务虚拟化：领域专家定义的业务服务与注册到服务支撑框架中的语义服务可能并不完全兼容，还需要通过服务虚拟化机制将它们联系起来。例如对应“赛事查询”业务服务，可能涉及来自多个信息提供商的不同 Web 服务。假定其中“足球报”提供了“足球赛事查询”Web 服务。如图 6 的代码所示：

<pre> ID: BizService001 {   名称: 赛程查询, #Query Match   输入: 日期, #Day   输出: 时间, #Time         项目, #Event         场馆, #Stadium         参赛方, #Attendee } </pre>	<pre> ID: WebService001 {   名称: 足球赛事查询, #Query Soccer   输入: null   输出: 日期, #Day         时间, #Time         场馆, #Stadium         参赛方, #Team } </pre>
---	--

图 6 赛事查询服务代码片断

此时，业务服务软件规范层与已有语义 Web 服务的接口不匹配，需要用服务虚拟化运算进行服务接口的转换。领域专家通过分析足球赛事查询服务，首先进行增加常值输出运算，增加比赛项目作为输出项，设其值为足球。然后进行输出集合并运算，获得所有赛事安排，再利用输出选择和投影运算即可得到业务服务所需要的结果，从而实现业务服务的功能。

建立了 Web 服务和业务服务的映射后，业务服务就可以正确地执行了。当用户使用“查询赛程”业务服务时，系统会自动地根据用户的输入及虚拟化过程中建立的映射动态地选取一个最合适的底层 Web 服务，并将结果返回给用户，以满足用户的业务需求。这里映射的细节对业务用户是屏蔽的，用户可以在不考虑技术细节的同时使用当前最合适的服务。

## 5 相关工作比较

业务服务建模框架提供了一个业务层面的服务模型，以支持用户更方便地使用 Web 服务。为了达到同样的目的，众多学者从各自的角度出发对基础服务模型作了相应的改进。本节主要从服务模型和建模两个角度进行相关工作比较：

### 5.1.1. 与其它服务模型比较

OWL<sup>4</sup>-S<sup>[8]</sup>是一个以OWL语言描述的服务本体，它的目标在于支持Web服务的自动发现、调用、组合、管理等功能。OWL-S将一个Web服务描述为OWL-S Service的一个实例，用户根据需求生成profile<sup>5</sup>文件，通过推理查找满足需求的Web服务；WSMO<sup>6</sup><sup>[11]</sup>与OWL-S有着相似的目的，它提供了一个概念框架和一种形式化描述Web服务的语言，用户通过Goal描述需求，通过基于语义的推理来确定满足需求的服务。基于以上工作，DIANE<sup>[12]</sup>进一步提出一种专用于服务的本体语言来描述服务本体，一种专用于描述用户需求的语言来表达用户所需的服务，从而更准确地表达服务和用户的需求，使得更精确的推理和匹配成为可能。

相对以上工作，业务服务模型更加强调了服务的易用性，具体表现在如下两个方面：首先，服务信息呈现的方式不同--业务服务模型通过基于侧面呈现服务信息，用户可以根据自己的目标选取不同的侧面，以获得最为关心的信息。第二，需求的表达方式不同--在上面几种方式中，用户需要使用相应的形式语言来表达需求，而应用业务服务模型，用户可以通过对业务服务的特征树的操作来表达个性化需求，减低了用户使用的难度。

### 5.1.2. 与其它服务建模方法比较

上节中讨论的各种模型只规定了相应表达方式，为了有效的应用这些模型，还要考虑服务的建模方法。[13]讨论了如何从需求出发进行Web服务建模，但该方法基于确定需求，建模结果重用性不高。[14]讨论了基于领域分解的Web服务建模方法，与业务服务建模方法同属于领域工程范畴，但没有讨论用户的使用模式及如何针对特定需求对建模结果进行配置。

相对以上工作，业务服务建模方法基于领域用例和领域本体进行建模，建模结果以本体概念形式描述，使得业务服务模具有更好的规范性和重用性，用户能够有效地重用已有的业务服务，并通过特征树进行个性化配置。

## 6 结论

业务服务支撑框架提供了一种业务层面，提供了反映用户需求且易于最终用户使用的服务模型及其建模、组织和使用机制。它能实现业务级别服务资源重用，支持业务应用的即时构造，并凭借虚拟化机制实现从业务功能向Web服务的动态绑定。业务服务支撑框架为业务敏捷性的实现提供了技术支撑，从而大大缩短应用开发周期，使即时快速地调整业务的运作行为成为可能，大大降低了应用构建的成本。

## 参考文献

- [1] Z. Baida, J. Gordijn, B. Omelayenko and H. Akkermans, "A Shared Service Terminology for Online Service Provisioning", in Proceedings of the Sixth International Conference on Electronic

---

<sup>4</sup> Web Ontology Language, Web 本体描述语言

<sup>5</sup> 描述

<sup>6</sup> Web Service Modeling Ontology, Web服务建模本体

- Commerce ,2004. ACM Press, pp. 1-10.
- [2] T. R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications," Knowledge Acquisition, vol. 5, no. 2, pp. 199-220, 1993.
  - [3] F. van Harmelen et al, "Owl web ontology language reference," W3C Recommendation, 2004.
  - [4] D. Beckett and B. McBride, "RDF/XML syntax specification," W3C Recommendation, 2004.
  - [5] D. Brickely and R. Guha, "RDF vocabulary description language 1.0: RDF schema," W3C Recommendation, 2004.
  - [6] F. Baader, D. Calvanese, D. L. McGuinness, D. Nardi, and P. F. Patel-Schneider, Eds., the Description Logic Handbook. Cambridge University Press, 2003.
  - [7] K. Kang, S. Cohen, J. Hess, W. Novak, and S. Peterson, "Feature-oriented domain analysis (FODA) feasibility study," Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Tech. Rep. CMU/SEI-90-TR-21, Nov. 1990.
  - [8] D. Martin et al, "OWL-S: Semantic markup for web services," The OWL Services Coalition, 2004.
  - [9] J. Yu, J. Fang, Y. Han, J. Wang, and C. Zhang, "An approach to abstracting and transforming web services for end-user-doable construction of service-oriented applications," in NODE/GSEM, 2005, pp. 248-258.
  - [10] K. E. Wiegers, "Software requirements," 1999.
  - [11] J. de Bruijn et al, "Web service modeling ontology (WSMO)," 2004.
  - [12] M. Klein, B. Konig-Ries, and M. Mussig, "What is needed for semantic service descriptions? A proposal for suitable language constructs," Int. J. of Web and Grid Services, vol. 1, pp.328-364, Dec. 17 2005.
  - [13] E. Colombo, C. Francalanci, and B. Pernici, "Modeling cooperation in virtual districts: A methodology for E-service design," Int. J. Cooperative Inf. Syst, vol. 13, no. 4, pp. 369-411, 2004.
  - [14] A. Arsanjani, "Service-oriented modeling and architecture," IBM developer Works, 2004.

作者简介:

- 林海略:** 中国科学院计算技术研究所网络与服务计算研究中心硕士研究生
- 刘 晨:** 中国科学院计算技术研究所网络与服务计算研究中心博士研究生
- 王建武:** 中国科学院计算技术研究所网络与服务计算研究中心博士研究生
- 房 俊:** 中国科学院计算技术研究所网络与服务计算研究中心博士研究生
- 李厚福:** 中国科学院计算技术研究所网络与服务计算研究中心助理研究员、课题组长



