

基于环境本体的 Web 服务投影描述方法

蔡广军^{1,3} 金 芝^{1,2}

(中国科学院计算技术研究所 北京 100190)¹ (中国科学院数学与系统科学研究院 北京 100190)²
(中国科学院研究生院 北京 100049)³

摘要 服务描述在面向服务计算中的作用至关重要,描述不足是服务描述的主要问题。以环境本体为基础,提出了一种投影描述方法,给出了该方法描述所需信息及描述产生的结果,陈述了描述的步骤。该方法可以根据具体领域的需要来生成服务的描述,不仅可以更确切有效地描述服务的效果,而且还可以刻画服务作用环境的特征。

关键词 投影,服务描述,环境本体

中图法分类号 TP311 文献标识码 A

Based on Environment Ontology Web Service Description: A Projection Approach

CAI Guang-jun^{1,3} JIN Zhi^{1,2}

(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)¹
(Academy of Mathematics and Systems Science, CAS, Beijing 100190, China)²
(Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)³

Abstract Services description is essential in service-oriented computing (SOC). The major problem with most Web services description is a lack of information for using services. Based on environment ontology, a projection method was proposed that generates service description for a specific domain. The contents needed by this description approach and its consequence were illustrated. And then the description process was presented. This method can provide more precise description results and the knowledge of the service environment.

Keywords Project, Service description, Environment ontology

面向服务计算^[3](SOC)是一种新的分布式计算模型,有助于解决系统集成中的平台互操作问题。作为当前 Web 服务集成的有效机制, SOC 可应用领域越来越多。Web 服务是一种新型的自包含、自描述的,能被发布、发现、定位的模块化组件,是 SOC 最重要的一种解决方案。当前,如何描述服务,重用和集成已有服务构建新的应用是 SOC 关注的主要问题。服务描述不仅是 SOC 关注的主要问题之一,同时还是服务提供者和服务请求者沟通的桥梁,是服务发现和服务组合的前提和基础。

虽然已经有很多描述方法^[7-11],但大多数关注的是服务自身性质的描述。比如在 OWL-S^[8]中,服务被建模为输入、输出、前提和效果的四元组(IOPR)。指出软件包括问题空间、设计空间、平台空间 3 方面的内容^[1],服务作为一种可重用软件,需要刻画这 3 方面的内容;从服务基于接口描述到基于语义描述,再到基于行为、基于语境描述的发展看,服务描述中存在描述不足的问题。这种不足的原因有 3 点:一是对服务问题空间描述重视不够,将其作为一种在应用时才考虑的问题,造成描述知识的不足;二是描述足够知识和隐藏服务实现的矛盾,在不同应用中需要不同程度的服务实现细节,要

扩大服务的应用领域,就要公开更多的服务实现细节,而这与服务要隐藏实现细节矛盾;三是服务应用领域的差异,服务所处的是动态、开发的环境,需要满足不同领域的需要,为此要求彼此不同的描述,而不同的描述中可能存在不同、甚至不一致的地方,采用单一描述会造成描述间的不一致。

为克服这种不足,本课题组前面^[2,5]提出了基于环境本体描述服务的方法,它不是从服务自身来刻画服务的功能,而是通过描述服务所作用的环境实体的状态变化来刻画服务的功能。环境本体是对领域知识的描述,不仅描述了服务功能,而且为服务描述增添了领域中的知识,同时避免了对服务内部实现的描述,隐藏了服务实现。解决了第一方面的问题,缓解了第二方面的问题,但对于第三个问题,作用不大,描述不足与描述一致性间的矛盾仍然存在。

在需求分解过程中提出了投影的分解方法,它比传统的需求划分方法更有效^[6],受此启发,本文通过投影方法来描述服务。本方法根据 Web 服务所要作用领域的不同,生成服务的不同投影,为服务添加不同的领域知识,产生不同的描述。图 1 显示了投影描述方法与前面描述方法的差异,非环境本体的描述(图 1(a))是针对服务自身的,每个服务只有一个描

到稿日期:2009-01-16 返修日期:2009-03-05 本文受国家杰出青年基金项目(No. 60625204),国家自然科学基金重点项目(No. 60736015),国家重点基础研究发展计划项目(No. 2002CB312004),国家高技术研究发展计划项目(No. 2006AA01Z155)资助。

蔡广军(1978-),男,博士生,CCF 学生会会员,主要研究方向为 Web 服务、需求工程等, E-mail: caiguangj@mails.gucas.ac.cn; 金 芝(1962-),女,博士,研究员,CCF 会员,主要研究方向为软件需求工程、领域建模和基于知识的软件工程等。

体属性的描述和实体之间关系的描述。图 3 给出了教学系统中部分本体的描述。图 3(a)描述了一个领域中的实体(例中是 teacher, study entity 等),实体的属性(如 teacher 的属性 name)及其关系。对于领域中的每个实体,还需要给出其具体描述。图 3(b)示例了自主实体的描述,其中 teacher 对应于现实中教师主导的教学过程,教师可以根据情况决定他做什么;而图 3(c)给出了教师作为可控实体的描述,它由层次状态机描述,具有确定的状态变化,对应于教学中教师完成一个确定任务的情形。

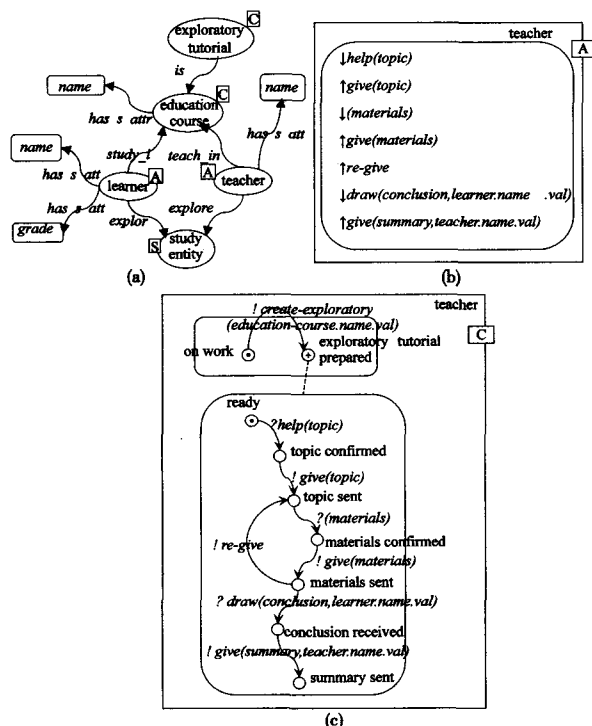


图 3 CELO 中的环境实体以及它们之间的关系

2 Web 服务功能描述

要实现服务基于环境本体的语义描述,需要服务提供自身的信息。这些信息是关于 Web 服务自身信息的描述,这包括它可作用的领域、可作用的实体、与实体间的交互及自身的变化特征等信息。这些信息可看作服务的初步描述,与一般服务描述给出的描述结果相似。这些信息可描述为一个四元组:

$ServiceProfile = (Domains, OperateEntities, Interactions, Effects)$

其中

- *Domains* 是服务可作用的领域的集合,可以是对具体领域的列举,或者是对作用领域特征的刻画,具体领域需要给出其对应的环境本体;

- *OperateEntities* 是服务的可操作实体的集合,服务的能力就体现在它对可操作实体的作用效果,具体描述时可以指定资源所在领域;

- *Interactions* 是服务执行过程中需要的输入信息和产生的输出信息的集合,输入信息是变迁发生的触发条件;输出信息是产生的信息。

- *Effects* 描述了服务对外部可见的状态及服务内各状

态之间的关系。*effects* 仅与可控实体的描述有关,状态是 $\langle init, Mids, target \rangle$ 的集合, *init* 为服务执行要求的初始状态, *Mids* 为改变过程要经过的中间状态的集合, *target* 为服务执行结束时的状态;服务内状态中包括 *effects* 中外部可见状态和一些其它状态,对这些状态之间关系的描述是为了确定环境变化的具体过程。

ServiceProfile 提供了描述一个服务语义所需要的信息,其中 *Effects* 是可选的,仅当服务操作可控实体时需要给出。

实体集中实体是服务要作用的实体,在这些领域中都对应到实体 teacher;交互描述了服务与实体之间共享的信息,例中是抽象描述,不带具体领域信息;效果集则描述了服务操作下可控实体的变化过程,其状态可以有领域中没有的状态,如 summary revised.

ServiceProfile: teaching service

```

Domain Set: {
    teaching, interactive teaching, geography teaching, teaching e-
    valuation, ...
}
OperateEntity Set: {
    teacher
}
Interaction Set: {
    teacher ↓ help(topic), teacher ↑ give(topic), teacher ↓ (materi-
    als),
    teacher ↑ give(materials),
    teacher ↑ re-give, teacher ↓ draw(conclusion, learner. name. val),
    teacher ↑ give(summary, teacher. name. val)
}
Effect Set: {
    {ready, {topic_confirmed, topic_sent}, materials sent},
    { materials sent, summary sent}, { summary sent, summary
    revised}
}
    
```

图 4 teaching 服务的 service profile

3 Web 服务的语义描述

基于环境本体的描述把服务描述为服务作用下环境的状态变化。它包括实体内的变化过程和实体间的相互依赖关系。下面分别从单个实体描述,领域内描述和服务描述 3 个方面给出描述结果的形式定义。

实体描述结果 它包括两个部分,静态属性的描述和动态属性的描述,定义为:

$EntityDescription = \{s(e), k(e)\}$

其中,

- $s(e)$ 是实体属性的描述,它描述了领域中环境实体自身的一些性质和服务对该实体作用的一些性质,这些属性都在本体或描述过程中选定并赋值,在描述后不再改变。

- $k(e)$ 是服务对实体作用效果的描述,它根据实体的类型不同有不同的描述形式:对于符号实体,描述为可操作数据的集合,包括读数据和写数据;对于自主实体,描述为事件的集合,包括发送事件和接收事件;对于可控实体,则描述为状态集合和变迁图状态集是服务对此领域可见状态的集合,变迁图刻画了此服务作用下实体的状态变化过程,状态集合中

状态数小于等于变迁图中的状态数,不在状态集中的状态表示被服务隐藏,外部不能访问。 $k(e)$ 的分类描述如下:

$$k(e) = \begin{cases} \text{dataset} & e \in \text{符号实体} \\ \text{eventet} & e \in \text{自主实体} \\ \{\text{stateset}, \text{transgraph}\} & e \in \text{可控实体} \end{cases}$$

领域描述结果 给出了服务在单个领域中的描述,其形式如下。

$\text{DomainDescription} := \langle E, \text{depend}_E, \text{EntityDescription} \rangle$

其中

- $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ 是服务在此领域内可作用的环境实体集

- depend_E 是 E 中环境实体在服务作用下相互之间的依赖关系集

- EntityDescription 如实体结果描述定义,它是 E 中的环境实体在网构软件实体作用下的展现的效果。

服务描述结果 它是一个服务对所作用环境的效果的描述。其描述形式为:

$\text{ServiceDescription} := \langle D, \text{DomainDescription} \rangle$

其中,

- $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 是 Web 服务的可作用的领域集;

- DomainDescription 是服务在每个领域内的描述结果。

4 Web 服务描述过程

由于基于投影的描述结果更具体,它需要更多的知识和推理,描述过程也更加复杂,它是以领域环境本体和服务 ServiceProfile 为输入,以语义描述为结果描述。其描述步骤如下。

步骤 1 选定服务要作用的领域。选定了领域相当于选定了领域本体,本体需要提供描述服务所需的领域内的知识。领域的选择可通过推理判定,也可由服务提供者确定。同时为简化问题,本文中不考虑不同领域间本体的关系,假定不同领域的描述是独立的。

步骤 2 确定领域内服务可操作的环境实体、环境实体的属性及部分属性值。在不同领域内,服务可操作的环境实体的个数和名称都可能不同。可以是服务提供者根据领域环境本体人工选择,也可以是在确定了服务可操作的实体与领域内实体映射规则后的自动投影。自动投影时需要映射规则的形式化描述和投影机制的建立,投影结果是服务可作用的实体集合。选定实体后还需要根据服务选择实体属性,根据服务的性质对实体中和服务有关的属性赋值。

步骤 3 确定服务与所选环境实体的交互,当实体属于符号实体或自主实体时,可根据交互内容确定实体的描述;如果实体属于可控实体,则根据交互内容确定实体的输入、输出信息。交互是服务与环境实体共同的接口,它可以直接决定符号实体和自主实体的内容,也是确定可控实体描述内容的重要部分。确定交互主要是确定服务支持的输入输出与本体中实体交互的关系,可以人工给出,也可在给定知识情况下推理获得。在确定与实体交互后,如果是自主实体,还需要根据交互来选取实体的事件集,并确定事件的方向;如果是符号实体,则需要根据交互来选取实体的数据集,并确定是读数据还是写数据;如果是可控实体,则交互确定了它的输入输出消息。在某些情况下,还需要实现对交互信息的合成或分解,这

部分的讨论超出了本文的范围。

步骤 4 推导服务对可控实体作用效果的描述。其描述包括确定可见状态集和确定状态变迁图两部分。服务提供了服务支持的状态和部分状态间关系,本体描述了领域中可控实体的状态变迁图,可以通过求服务 effect 中状态和本体中状态的交集来确定服务的可见状态集。同时可以根据服务 effect 中状态、状态间的关系,本体中可控实体的状态变迁图,及步骤 3 中确定的输入输出消息来推导服务对可控实体作用效果的状态变迁图。其具体生成算法见文献[5]。

步骤 5 推导实体间的依赖关系。当服务作用的不同实体间共享了相同内容的交互时,它们之间存在依赖关系。依赖关系的推导与前面基于环境本体的非投影描述^[13]一样,在此不再叙述。

下面以教学系统 teaching 服务为例,说明一下投影法描述服务的过程。首先是确定服务应用的领域,选定领域的本体,图 5 中给出了服务在图 4 中几个领域的描述,从中可以看出描述在不同领域有很大不同。(a)和(c)一个是抽象的描述,一个是具体的地理教学的描述,(b)则描述了服务作为自主实体时的功能,而(d)描述了服务作为评测教师的功能,它描述了服务的不同功能子集。其次选定服务要操作的环境实体,对于 teaching 服务,在这 4 个领域中,都是操作同一个环境实体,对属性的选择和刻画也相同。然后是确定服务与实体间的交互,对于(b)服务作为自主实体,可以直接根据交互确定实体的内容,对于其它几个场景,则交互只能确定可用于变迁的输入输出消息。最后,先根据服务 effect 和本体描述确定可见状态集,如(a)对应 effect: {ready, {topic_conformed, topic_sent}, materials sent}, 其可见状态集应为 {ready, topic_conformed, topic_sent, materials sent}, 状态 materials_conformed 对于此服务则是外部不可见的;然后根据交互、实体 effect 和本体推导服务的状态变迁描述。由于此服务作用的是单个环境实体,不需要推导实体之间的依赖关系。

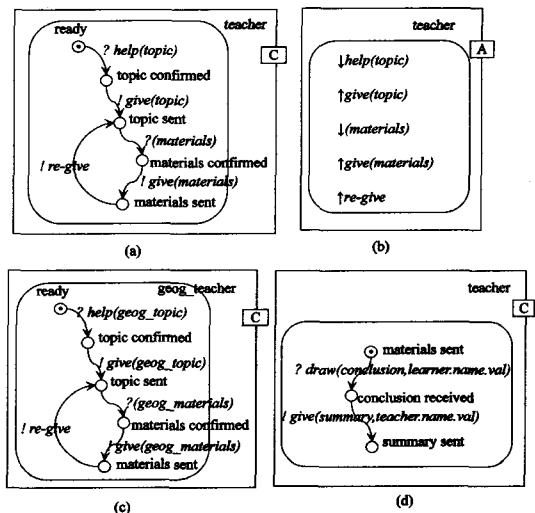


图 5 服务 teacher 的 4 种描述结果

5 相关工作

服务描述是使用服务、发现服务、推理服务之间关系及组合服务的前提,在这方面已有很多标准和研究。工业界的 Web 服务描述标准是基于 Web 服务接口的,例如 WSDL^[7],

它是基于关键字的描述语言,这种描述缺乏语义,不能实现服务的自动发现和动态组合。为此,很多语义 Web 服务技术被研究,代表性工作有 OWL-S^[8], WSMO^[9] 和 WSDL-S^[10]。其中 OWL-S 摘要模型通过描述 Web 服务的输入、输出、前件和结果(IOPR)来描述其功能。但这样的描述方式未描述输入输出之间的联系,所以 OWL-S 过程模型被提出来克服这一缺陷。WSMO 认为 Web 服务的功能体现为 Web 服务之间的交互,并通过状态机描述了这种交互。这两种方法都可以转到工业界的服务描述标准语言 WSDL 之上,而 WSDL-S 则是直接在 WSDL 中加入语义,它同样用输入、输出、前件和结果(IOPR)来描述服务功能。但与 OWL-S 类似,也没有克服 IOPR 模式的缺陷。

当前基于行为的功能描述^[11]受到关注,它具有比接口描述更强的表达能力。大多描述为扩展自动机、进程代数和 π 演算等形式。其缺点是不同团队开发的服务从服务自身很难达成一致的概念框架。基于语境(context)的描述^[12]从另一方面丰富了服务描述,描述了服务作用于目标对象时周围因素对服务作用效果的影响,但其关注的是服务执行环境的信息,比如服务执行的时间、地点或传输信息的通道的内容,并未提供更多的功能性信息。

不同于上述的方法,基于环境本体的服务描述不是关注服务的接口和服务自身的行为,或者服务在具体执行过程中所涉及的上下文信息,而是关注环境实体在服务作用下展现出来的变化的描述。它是根据环境实体的特征刻画服务的作用,根据环境实体的变化过程刻画服务的行为。他不仅可以作为需求和服务间沟通的桥梁,而且可以区分领域、需求、服务不同层次的知识。而投影的描述则是基于环境本体和服务分属不同领域的特点,根据服务应用领域的特征把服务功能投影生成不同的描述,可以更进一步考虑具体领域的情况,使得描述更加有效,避免同一描述中的不一致。

结束语 本文提出了一种新的基于环境本体描述服务的方法。与前面基于环境本体的描述方法一样,它也是通过描述服务所作用的目标资源的变化来描述服务,但本方法可以根据服务作用领域的不同生成多个不同的描述。与前面的描述方法比,它可以针对一个具体的领域,服务的作用效果更加确定,可以提供更多的知识,更具体更形式化地描述服务的效果;同时限定了每次描述的知识范围,不必再描述服务中与给定领域无关的内容,可以过滤掉一些不需要的信息,更有利于提高发现和组合的效率。本描述方法具有以下特点:

- 适中的描述,本方法对服务的每次描述都基于一个更加具体的领域,可以按领域需要来描述服务,可以有效地减少和领域无关知识的描述,也可为服务应用提供更多的和此领域相关的知识。

- 按需的描述,本方法不是一次给出服务的所有描述,它是按领域来描述服务。当新的应用领域出现时,先根据领域知识在专家指导下给出本体模型,然后再自动生成此服务在新领域中的描述。而当领域消失或服务不再提供对一个领域的支持时,则可直接删掉对应描述。

- 适应局部改变,本描述方法在一定程度上可适应领域

或服务变化,特别是领域变化,当出现新领域或领域变更时,在建立服务中信息与本体中概念的对应关系后,即可自动生成新的描述;当领域不再有效时,可直接删除相应领域的描述。对服务的变化虽改动虽大,但一方面不需要更改所有描述,只需要更改与变动相关的领域的描述,另一方面可以自动生成。

投影描述方法是对基于环境本体描述方法的扩展,基于环境本体描述中对环境与服务的划分,提供了投影描述的前提条件。对投影方法,本文只是探讨了它在基于环境本体描述中的运用。今后对投影方法的研究还需要进一步深入,特别是在服务环境下的研究。例如,把服务所作用的各个领域独立描述会造成描述的重复,需要进一步考虑如何利用各领域间的共同部分来降低领域描述的复杂度的问题。此外,投影描述生成的更加具体适中的描述,可以支持更精确的服务发现和更高效的服务组合。为此,可在此基础上研究更高效的发现和组合方法。

参 考 文 献

- [1] 杨芙清,梅宏,吕建,等. 浅论软件技术的发展[J]. 电子学报, 2002,30(12A):1901-1906
- [2] Jin Zhi. Revisiting the Meaning of Requirements[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2006,22(1):32-40
- [3] Papazoglou M P. Service-Oriented Computing: Concepts, Characteristics and Directions[M]. WISE, Rome, Italy, 2003;3-12
- [4] Chen Xiaohong, Jin Zhi, Yi Lijun. An Ontology of Problem Frames for Guiding Problem Frame Specification[C]//KSEM, Melbourne, Australia, 2007;384-395
- [5] Wang Puwei, Jin Zhi, Lin Liu, et al. Building Towards Capability Specifications of Web Services Based on an Environment Ontology [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2008,20(4):547-561
- [6] Jackson M. Problem Frames; Analyzing and Structuring Software Development Problems[M]. Addison-Wesley, 2001
- [7] Christensen E, Curbera F, et al. Web Services Description Language (WSDL) 1.1[R]. W3C, 2001, <http://www.w3.org/TR/wsdl>
- [8] The OWL Services Coalition, OWL-S: Semantic Markup for Web Services[OL]. 2004. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/overview/>
- [9] WSMO (Web Service Modeling Ontology) project Web site [OL]. <http://www.wsmo.org>
- [10] Akkiraju R, Farrell J, et al. Web Service Semantics - WSDL-S [R]. W3C, 2005. <http://www.w3.org/Submission/WSDL-S/>
- [11] Wombacher A, Fankhauser P, Mahleko B, E, et al. Matchmaking for Business Processes Based on Choreographies[J]. International Journal of Web Services Research, 2004,1(4):14-32
- [12] Little M, Webber J, Parastatidis S. Stateful Interactions in Web Services: A Comparison of WS-Context and WS-Resource Framework[J]. Web Services Journal, 2004,4(5)
- [13] 王璞巍. 基于环境本体的 Web 服务功能描述和发现 [D]. 北京: 中国科学院计算技术研究所, 2008