

基于领域本体的 Web 服务动态组合模型

汪清明

(广东轻工职业技术学院 计算机工程系, 广州 510300)

(wangqm@gdqcj.edu.cn)

摘 要:给出了领域本体、Web 服务及服务组合的形式化描述,综合基于业务流程的动态服务组合和基于服务接口匹配的服务组合方法,提出了一种基于领域本体的 Web 服务动态组合模型。该模型首先把服务请求分解为业务流程,再对业务流程的每个服务按接口匹配方法分解为组合服务。以客户订购产品为例,说明了领域本体的建立方法和 Web 服务动态组合模型的应用方法。

关键词:领域本体;Web 服务;动态服务组合;组合模型

中图分类号: TP311 **文献标志码:** A

Dynamic Web service composition model based on domain ontology

WANG Qing-ming

(Department of Computer Engineering, Guangdong Industry Technical College, Guangzhou Guangdong 510300, China)

Abstract: A formal description of domain ontology and dynamic Web service composition was presented. Based on the composition of dynamic service process and service interface match method, a new domain ontology-based model was proposed. The model decomposed the service request into service processes first, then, based on the service interface match, it further decomposed every broken down service process into composition services. An example of customer subscription was also illustrated to show how to create and apply this new model in enterprise applications.

Key words: domain ontology; Web service; dynamic service composition; composition model

0 引言

Web 服务组合方法有静态组合和动态组合两种:静态组合服务是在设计或装载时进行,缺少应用的灵活性;动态服务组合是在运行时进行,能给用户带来更大的灵活性。为了实现动态服务组合,需要让软件理解用户需求,自动把用户需求分解为一系列的 Web 服务,然后在互联网上匹配符合要求的 Web 服务,并控制和协调这些 Web 服务的执行和数据传递,最终实现用户需求。为了让软件理解用户需求,需求信息表达需具有语义信息,具有相关知识库的支持,领域本体通过对特定领域内概念及概念间关系的精确描述,成为人机之间、机器和机器之间互相理解的语义基础。本文重点研究如何基于领域本体建立 Web 服务动态组合模型,并给出利用该模型进行服务组合的应用实例。

1 领域本体和服务描述

文献[1~3]给出了关于领域本体及 Web 服务的相关定义,本文借鉴这些定义,给出如下形式化描述。

定义 1 领域本体模型可以用五元组表示: $O = \{C, P, R, H, X\}$, 其中 C 表示概念的集合, P 表示属性的集合, R 表示关系的集合, H 表示继承关系集, 包括概念继承和属性继承, X 为本体规则集, 可以采用一阶谓词逻辑或者描述逻辑形式化地进行描述。

定义 2 一个 Web 服务可以用下面的表达式来描述: $WS_i = \{F_i, I_i, O_i, P_i, E_i\}$, 其中 F_i 表示该服务的功能, I_i 表示该服务的输入集合, O_i 表示该服务的输出集合, P_i 表示该服务执行的前提条件, E_i 表示该服务执行后的效果。

本体的描述语言很多,本文采用 W3C 的最新推荐标准 OWL 作为本体描述语言, Web 服务本体用 Web 服务本体描述语言 OWL-S 表示。基于 OWL 语言,给出下列定义:

定义 3 一个 Web 服务请求可以用下面的表达式来描述: $WSR_k = \{F_k, I_k, O_k, P_k, E_k\}$, 其中 F_k 表示该服务请求的功能, I_k 表示该服务请求的输入集合, O_k 表示该服务请求的输出集合, P_k 表示该服务请求执行的前提条件, E_k 表示该服务请求执行后的效果。

定义 4 对于服务请求 WSR_k 和服务 WS_i , 若满足 $WSR_k \cdot F_k \subseteq WS_i \cdot F_i$, 则 WSR_k 与 WS_i 功能语义匹配。

定义 5 对于服务请求 WSR_k 和服务 WS_i , 若满足 $WSR_k \cdot P_k \subseteq WS_i \cdot P_i$ 且 $WSR_k \cdot I_k \subseteq WS_i \cdot I_i$, 则 WSR_k 与 WS_i 入口语义匹配。

定义 6 对于服务请求 WSR_k 和服务 WS_i , 若满足 $WSR_k \cdot E_k \supseteq WS_i \cdot E_i$ 且 $WSR_k \cdot O_k \supseteq WS_i \cdot O_i$, 则 WSR_k 与 WS_i 出口语义匹配。

定义 7 对于两个服务 WS_i 和 WS_j , 若满足 $WSR_i \cdot P_i \subseteq WS_j \cdot P_j$ 且 $WSR_i \cdot O_i \subseteq WS_j \cdot O_j$, 则 WS_i 和 WS_j 是可组合的。

定义 8 若存在一个服务序列 $WS_1, \dots, WS_i, WS_{i+1}, \dots, WS_n$, 且该服务序列满足以下条件: 1) WSR_k 与 WS_1 入口语义匹配; 2) WS_i 和 WS_j 可组合 ($1 \leq i < n$); 3) WS_n 与 WSR 出口语义匹配。则称该服务序列 $WS_1, \dots, WS_i, WS_{i+1}, \dots, WS_n$ 是满足服务请求 WSR 的一个服务组合。

2 Web 服务组合方法

本文提出的动态 Web 服务组合方法以现有技术和研究成果为基础,从两方面构建 Web 服务组合:一方面,依据领域本体的知识,把用户需求按业务流程逻辑分解为一系列业务

流程的组合,然后将各个业务流程按服务接口匹配算法分解为由原子服务组合而成的组合服务;另一方面,采用类似于搜索引擎的方式,在领域本体定义的概念范围内,搜索各个

UDDI 中心注册的 Web 服务,建立 Web 服务索引库,构成领域本体范围内定义的原子服务或组合服务库。服务组合方法如图 1 所示。

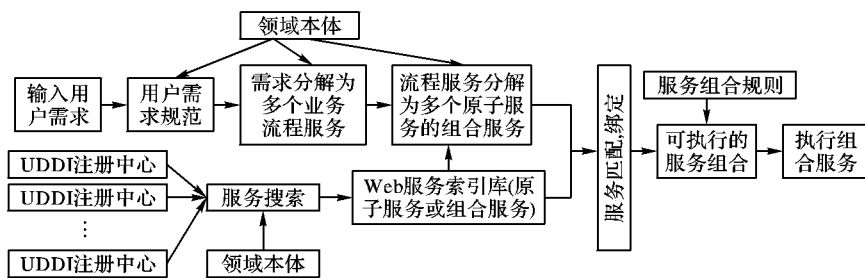


图1 动态 Web 服务组合方法

3 Web 服务组合模型

动态 Web 服务组合方法主要有基于业务流程的动态服务组合、基于服务接口匹配的 Web 服务组合方法、基于人工智能规划的 Web 服务组合方法。

基于业务流程的组合服务与经典 workflow 建模类似,活动、控制流、数据流是组合服务建模的基本元素,活动对应于基本服务执行的某个操作,控制流描述活动之间的依赖关系,即基本服务执行的时间顺序,数据流描述活动之间的数据传递。文献[6]定义抽象服务作为“占位符”替代具体活动来建立 workflow 模型,组合服务执行前通过中间环节执行服务的匹配和绑定,将每个抽象服务替换为实体服务。

基于接口匹配的 Web 服务组合方法通过计算服务接口之间的相似度,找出潜在的消息依赖关系,就能够自动地发现潜在的 Web 服务,从而实现 Web 服务的自动组合。Web 服务的接口不但包括输入输出参数,而且还包括服务执行的前提条件和服务执行的效果。文献[2-5]分别给出了接口参数的语义匹配方法及接口参数匹配的不同算法,然后基于接口参数匹配完成 Web 服务自动组合。

基于业务流程的服务组合,需要预先确定业务流程,不利于实现自动服务组合,基于接口匹配的服务组合要求服务接口之间有严格的语义关联。而对于大粒度的服务请求,初始的输入输出接口参数包含多个功能语义,直接采用接口参数匹配算法很难得到可行的组合服务。因此先采用基于业务流程的服务组合,把大粒度的服务请求分解为小粒度的业务流程服务,然后对小粒度的业务流程服务采用接口参数匹配算法得到可行的组合服务。

本文综合业务流程的服务组合和接口参数匹配的服务组合,建立图 2 所示的 Web 服务组合模型。在该模型中,首先对用户需求进行规范,在领域本体的支持下转换为用户服务请求,该服务请求包含服务功能描述、输入输出参数、服务执行的前提条件和服务执行的效果。然后根据在领域本体中定义的业务流程,把用户服务请求分解为多个流程服务,并定义相应流程服务的功能、输入输出参数、前提条件和执行效果。最后对每一个流程服务,在 Web 服务索引库中查找与之匹配的 Web 服务,若未找到,则以该流程服务作为用户服务请求,按定义 8 的接口参数匹配方法,查找该流程服务的组合服务。

关于服务组合的算法,在文献[1,3]中都给出了详细的算法,本文不再赘述。

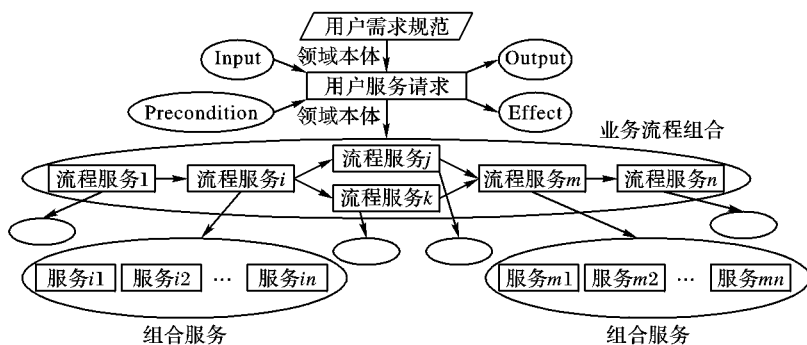


图2 Web 服务组合模型

4 Web 服务组合模型的应用

本文以客户订购产品为例,说明 Web 服务组合模型的应用。

4.1 建立领域本体

建立面向订购领域的领域本体,订购本体的层次结构如图 3 所示。订购本体包含产品、企业、服务等类,其中订购产品服务除包含服务功能、输入参数、输出参数、前提条件、执行效果等接口参数属性,还包含完成该服务的各个业务流程,每个业务流程同样是一个 Web 服务(称为流程服务),也包含该服务的相关接口参数属性(图中未标出)。同时,为了表示业务流程的执行顺序,每个流程服务还包含前驱和后继属性,前驱为 NULL 的流程服务是起始流程,后继为 NULL 的流程服务是结束流程。每一个流程服务还可以进一步分解为多个子流程的组合。

4.2 输入用户服务请求

图 4 是客户订购产品的服务请求数据,服务功能是订购产品。输入参数有订单信息、支付信息,服务执行的前提条件是该产品的初始库存低于一定数量,有必要执行订购产品服务,初始资金量要大于一定金额,以保证货款支付能顺利完成;输出参数有供应商返回的订单成交信息、银行返回的付款信息、仓库收货信息,服务执行的效果是该产品的期末库存量增加、期末资金量减少。

4.3 实施服务组合

接收到订购产品的服务请求后,首先根据领域本体的定义,把订购产品服务分解为多个业务流程的组合,如图 5 所示,然后针对每个业务流程,采用服务接口参数匹配算法查找服务索引库中与之匹配的 Web 服务,若服务索引库中存在与之匹配的原子服务,则该业务流程的服务组合完成,若不存在与之匹配的原子服务,则按定义 8 定义的条件,采用服务接口参数匹配算法,在服务索引库中查找与之匹配的服务序列,完成服务组合。

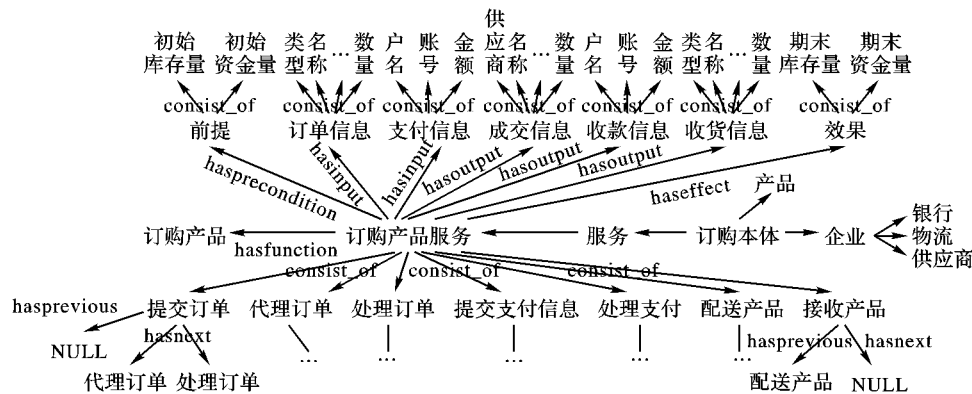


图3 订购产品的领域本体

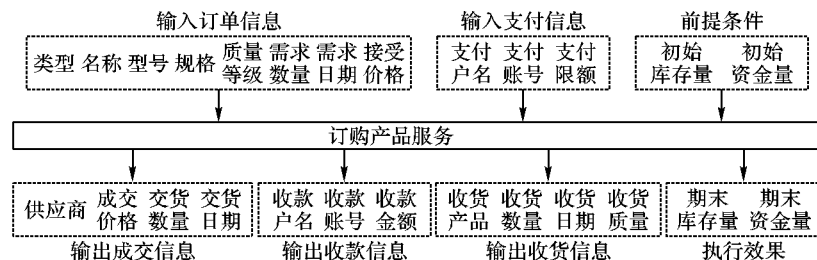


图4 订购产品服务请求

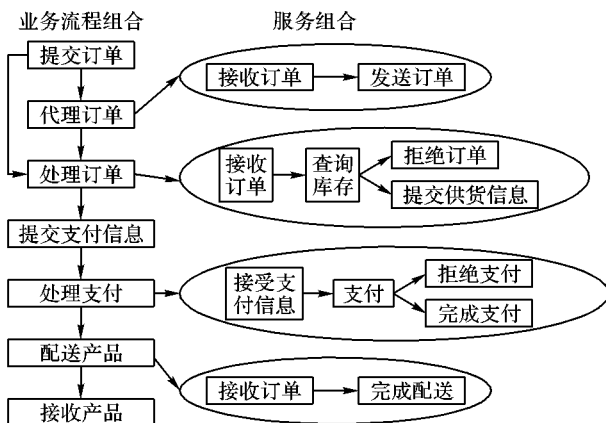


图5 服务组合实施过程

5 结语

动态 Web 服务组合是当前研究的热点问题,研究者提出了各种各样的 Web 服务组合方法和组合模型。本文提出的基于领域本体的 Web 服务组合模型,把组合过程分为基于业

务流程的服务组合和基于接口参数匹配的服务组合两个步骤,能较好地解决粗粒度服务请求的服务组合问题,通过应用实例证明该方法是有效、可行的。

参考文献:

- [1] 李曼,王大治,杜小勇,等. 基于领域本体的 Web 服务动态组合[J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 644-650.
- [2] 朱益琼,蔡鸿明,姜丽红. 基于领域本体的多层次服务综合匹配[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(10): 128-131, 173.
- [3] 付燕宁,刘磊,金成植. 基于服务链的 Web 服务组合方法[J]. 通讯学报, 2007, 28(7): 92-97.
- [4] PAOLUCCI M, KAWAMUAR T, PAYNE T, et al. Semantic matching of Web Services capabilities[C] // Proceedings of the 1st International Semantic Web Conference on the Semantic Web. London: Springer-Verlag, 2002: 333-347.
- [5] 于守健,何丰,乐嘉锦. 基于接口匹配的 Web 服务自动组合[J]. 计算机科学, 2007, 34(3): 61-68.
- [6] CASATI F, ILNICKI S, JIN L, et al. Adaptive and dynamic service composition in eFlow[C] // Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, LNCS1789. London: Springer-Verlag, 2000: 13-31.

(上接第 1956 页)

4 结语

本文提出的动态分布式消息调度方法与同类的其他方法相比存在一定的优越性,它能满足网络控制系统一些必要的要求,如消息的生命期约束、带宽的动态公平分配和同时支持各种类型消息等,实验结果也证实了它的这些特性。它能应用于网络化多轴协调控制系统,如多电机控制的电动车动力系统和多轴联动机械加工系统,当这类系统的性能要求不是很高时,可用低成本的通用型 CAN 取代专用型高成本的 SERCOS 和 SSCNET 网络等,从而可有效地降低系统成本。

参考文献:

- [1] 吴钦木,李叶松,秦忆. 网络控制系统稳定性分析和控制方法[J]. 电气传动, 2006, 36(6): 8-15.
- [2] 田克君,陈虎. 基于 CAN 总线的多伺服电机同步控制[J]. 微计算机信息, 2007, 28(2): 40-42.
- [3] 吴钦木. 交流伺服系统可重构和网络化控制技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007: 72-73.
- [4] TINDELL K, BURNS A, WELLINGS A. Calculating CAN message response times[J]. Control Engineering Practice, 1995, 3(8): 1163-1169.
- [5] CENA G, VALENZANO A. An improved CAN fieldbus for industrial applications[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1997, 44(4): 533-564.
- [6] CENA G, VALENZANO A. A distributed mechanism to improve fairness in CAN networks[C] // IEEE International Workshop on Factory Communication Systems. New York: IEEE, 1995: 3-11.
- [7] CENA G, VALENZANO A. Delay analysis of priority promotion systems[J]. Computer Communications, 2005, 23(13): 1252-1262.
- [8] BAI TAO, WU ZHIMING. Hybrid bandwidth scheduling for CAN-based networked control systems[J]. Acta Automatica Sinica, 2007, 33(9): 963-967.
- [9] CAN Specification 2.0 Part A, B[EB/OL]. [2008-11-15]. http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/can2spec.pdf.