

文章编号: 1006-5911(2010)01-0030-07

基于工作流的 Web 服务组合多视图模型

苑迎春, 王克俭, 韩宪忠, 吴超

(河北农业大学 信息科学与技术学院, 河北 保定 071001)

摘要: 基于工作流建模技术, 提出一种包含个性化服务质量需求且具有多视图特性的服务组合模型, 包括过程模型、资源模型、需求模型和服务组合相关数据。过程模型建立在活动网络图基础上, 扩展了其表述能力, 具有较好的可读性; 资源模型考虑服务的功能和非功能特性, 有很好的扩展性; 需求模型采用定性和定量描述相结合的方式, 来体现个性化的全局服务质量需求。基于该模型给出了一个服务组合建模的原型系统, 初步验证了模型的可用性。

关键词: 工作流; Web 服务; 多视图; 服务质量; 模型

中图分类号: TP393

文献标识码: A

Multi-view model for Web Services composition based on workflow

YUAN Ying-chun, WANG Ke-jian, HAN Xian-zhong, WU Chao

(Faculty of Information Science & Technology, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: Based on the workflow modeling technology, a multi-view service composition model named PRRD with personalized Quality of Service (QoS) requirements was proposed. The model exhibited four aspects, i. e. process model (P), service resource model (R), user requirement model (R) and relevant data of service combination (D). The process model extended the presentation capabilities of activity network diagram with the best readability. The resource model had better expansibility due to considering functions and non-functional properties. The demand model used both qualitative and quantitative descriptions to reflect overall service quality requirements with personalized characteristics. Finally, based on the PRRD model, a prototype system for Web Services composition modeling was implemented, and feasibility of the model was verified.

Key words: workflow; Web Services; multi-view; quality of service; models

0 引言

近年来, 以 Web 服务为基础的面向服务架构 (Service-Oriented Architecture, SOA) 成为基于 Internet 构造跨组织分布式应用的标准框架^[1]。Web 服务组合随之成为服务计算领域的一个重要问题, 其主要思想是利用 Web 服务的高度可集成能力和松耦合特性, 将现存的多个 Web 服务 (即基本服务) 快速、灵活地组合出各种新增服务 (即组合服

务), 以满足不同用户的复杂应用需求^[2]。Web 服务组合研究涉及的方面包括服务合成、服务编排以及服务质量 (Quality of Service, QoS) 等^[3], 而服务合成研究的一个关键问题就是服务组合建模, 该问题通常与采用的服务组合方法相关。工作流作为一种面向过程建模和管理的核心技术, 在实现面向流程的应用集成方面表现出了强大的应用能力。利用工作流来组织相关服务, 并对服务进行协同控制, 实现一定的业务功能, 已成为一种有效利用众多服务

收稿日期: 2009-02-20; 修订日期: 2009-04-28。Received 20 Feb. 2009; accepted 28 Apr. 2009.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60873236); 河北省自然科学基金资助项目 (F2009000653); 河北省科技厅计划资助项目 (072135126)。

Foundation items: Project supported by the National Natural Science Foundation, China (No. 60873236), the Natural Science Foundation of Hebei Province, China (No. F2009000653), and the R&D Program of Hebei Science & Technology Department, China (No. 072135126).

作者简介: 苑迎春 (1970-), 女, 河北清苑人, 河北农业大学信息科学与技术学院副教授, 博士, 主要从事服务组合、工作流技术、企业信息集成等的研究。E-mail: nd_hd_yyc@163.com。

的可行方式^[4-5]。因此,基于工作流的服务组合方法是目前比较通用、可行的服务组合方法^[6-8]。

在基于工作流的服务组合方法中,服务组合建模已取得一些研究成果。如 HP 实验室开发的 eFlow 服务组合平台^[6],采用有向图描述组合流程,支持自适应的动态服务组合,但没考虑服务资源的 QoS 特征。SELF-Serv^[7]采用状态图(state charts)对组合服务逻辑进行描述,引入服务社区(service community)组织服务资源,并定义了包括价格、时间、可靠性、可用性和声誉的 QoS 模型,是一个较完整的组合模型,但其用状态图描述服务逻辑相对比较复杂,且 QoS 需求采用线性加权方法描述,没有考虑 QoS 个性特征。金海等^[8]采用有向无环图(Directed Acyclic Graph, DAG)描述服务组合模型,也考虑了价格、时间、可靠性、可用性和声誉等 QoS 属性,但 DAG 比较简单,仅能描述服务组合的串、并逻辑。文献[9]提出一个可视化服务组合建模平台,提供可视建模界面、脚本转换工具及工作流质量度量功能,但没有考虑 QoS 需求。Petri 网作为一种图形化的数学建模工具,也被引入到服务组合建模研究中。文献[10]和文献[11]都利用 Petri 网(或其变种)丰富的表达能力和分析能力描述服务组合过程,并利用 Petri 网特性对其进行正确性分析和验证。但 Petri 网在建模时引入了较多的模型元素,缺乏简单、直观、易于被用户使用的特点。

1 多视图 Web 服务组合模型

服务组合建模的目的是以一种形式化方法,对服务组合流程进行直观的描述和形式化表达,为服务组合流程的结构和性能分析提供技术基础。同时,服务组合的目标是快速、灵活地创建各种增值服务,以满足不同用户的复杂应用需求,即用户需求也是服务组合在建模时应考虑的一个重要方面。用户需求包括功能需求和 QoS 需求,功能需求确定组合服务的基本服务组成及其逻辑和时序关系,而 QoS 需求描述用户对组合服务的目标和偏好。但现有的服务组合建模多考虑服务组合的过程模型和资源模型,并没有将需求模型作为模型的主要方面显式地加入到服务组合模型中^[9-11]。即使组合模型中考虑了用户的需求,一般也只针对节点的局部 QoS 需求^[12],用户的全局 QoS 需求通常作为服务选择的优化目标^[7-8]。本文在已有的基于工作流的服务组合建模基础上,结合服务组合的自身特点,提出一个

比较完整的、具有多视图特性的服务组合模型 PRRD,包括过程模型 P(process model)、资源模型 R(resource model)、需求模型 R(requirement model),以及服务组合相关数据 D(service composition relevant data),模型的组成结构和内部各模型之间的关系如图 1 所示。

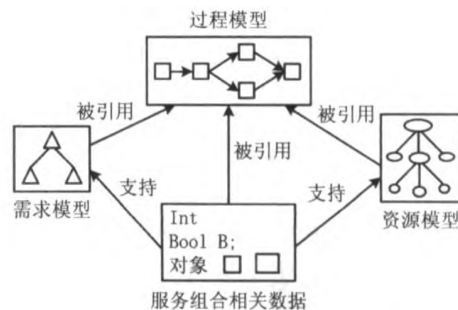


图1 PRRD服务组合模型的组成结构

过程模型主要用来定义和描述服务组合的流程逻辑,包括组成组合服务的基本服务及基本服务之间的依赖关系。资源模型用来定义服务组合过程中所需的资源,在服务组合过程中最主要的资源是 Web 服务。Web 服务是一个能够完成某个特定功能的资源(软件或硬件资源),它同时还具有非功能属性(服务质量,如执行时间、费用等)。资源模型除描述服务的功能和非功能特征之外,还要考虑服务的组织结构,以方便组织和查找。需求模型对用户需求进行定义,包括功能需求和服务 QoS 需求。服务组合相关数据用来定义组合服务执行过程中用到的数据,包括简单数据类型和复杂数据对象,重要属性包括数据名称、路径、数据类型等。流程相关数据主要用于各种条件的判断以及实现不同活动的选择性路由,为服务组合执行提供信息支持。下面依次对各子模型进行形式化定义和详细说明。

2 PRRD 的过程模型

过程模型是整个服务组合模型的基础和核心,下面给出服务组合的过程模型定义。

定义 1 服务组合过程模型 SCPM 表示为一个五元组, $SCPM = (ID, N, D, V, R)$, 其中: ID 是模型标识, N 是模型名称, D 是模型描述, V 表示模型包含的节点集合, R 表示节点间的依赖关系。

可以看出,过程模型中的节点集合 V 和关系 R 是过程模型中的主要元素。如前所述,服务组合流程在设计时多基于面向过程的工作流技术,采用状态图、DAG、Petri 网等图形描述方式。对普通用户

而言,活动网络图(activity network diagram)是一种最直观、最自然的过程表达方式,具有最好的可读性^[13]。因此,本文选用活动网络图描述服务组合的过程模型,并遵循工作流管理联盟(Workflow Management Coalition, WfMC)定义的四种工作流基本模型。由于活动网络图在描述能力和逻辑性上还存在一些不足,这里通过对其扩展来描述服务组合的过程模型。

2.1 过程模型的构成元素

过程模型的基本元素由节点、连接弧、条件和状态构成。

节点代表服务组合流程中的一个活动,即功能逻辑。按功能分为标志节点、路由节点和服务节点三种。标志节点仅标志流程的入口和出口,不做任何实际操作,默认每个流程有唯一起点和唯一终点;路由节点主要处理复杂的逻辑关系,实现活动间的分支、组合等,它也不做实际操作;服务节点是构成组合流程的基本逻辑单元,表示服务组合流程中实际需要完成的活动或任务,但不代表具体服务;服务节点包括原子级节点和非原子级“过程”。原子级节点不可再分解,由单个服务实现,过程节点实质是一个子流程,其功能可由多个原子级服务协同实现。

连接弧是连接节点间的有向线段,它从前驱指向后继,体现过程的控制逻辑和节点间的时序关系,分为有条件转移和无条件转移。

状态分为活动状态和流程状态。活动状态是指活动在运行过程中经历的状态,有初始、就绪、运行、挂起、终止、执行后、完成几个状态;流程状态指流程在运行过程中经历的状态,有初始、就绪、运行、挂起和结束几个状态。

条件是定义在服务组合相关数据上的表达式,用于决定过程中的节点在不同情况下所要进行的不同处理方式。模型中设置开始、结束和转移三类条件。开始条件和结束条件作为活动的一个属性定义在活动内部,在活动开始前和结束前检查,如满足条件,则活动进入运行和结束状态;转移条件定义在控制连接弧上,条件满足则转移通过。

以上四个元素构成了服务组合模型中的过程模型,其中节点和连接弧以图形方式给出,而状态和条件以属性设置方式出现。

2.2 过程模型的基本模型

利用上述基本元素可定义过程模型的基本流程,基本模型包括串行、并行、条件选择、循环等控制

流程^[13]。在所有控制模式中,分支模式是最难刻画的一种控制模式。图 2 给出了四种分支控制模式,分别为与连接(And Join)、与分支(And Split)、异或连接(Xor Join)和异或分支(Xor Split)。And Join(图 2a)表示节点 A 的所有前趋活动都执行完毕才能被执行;And Split(图 2b)表示节点 B 执行完毕后,才可激活所有后继活动;Xor Join(图 2c)只要前趋活动集中任何一个节点执行完毕,节点 C 就可开始执行;Xor Split(图 2d)表示节点 D 执行完后,沿满足输出弧条件的那条弧的后继节点才可以执行。

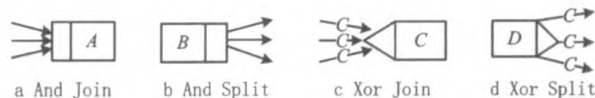


图2 过程模型的四种分支控制模式

在上述四种分支控制模式上,可以定义串行(图 3a)、循环(图 3b)、并行(图 3c)、条件选择(图 3d)四种基本模型。为保证模型控制模式表达的简洁性,在基本模型基础上引入嵌套模型(图 3e),用双线矩形表示过程节点,嵌套模式中的过程节点可由上述四种基本结构作为子流程替换和表示。对另外一些较复杂的分支合并情况,用路由节点辅助,图 3f 是一个通过异或路由节点来完成的复杂分支实例。

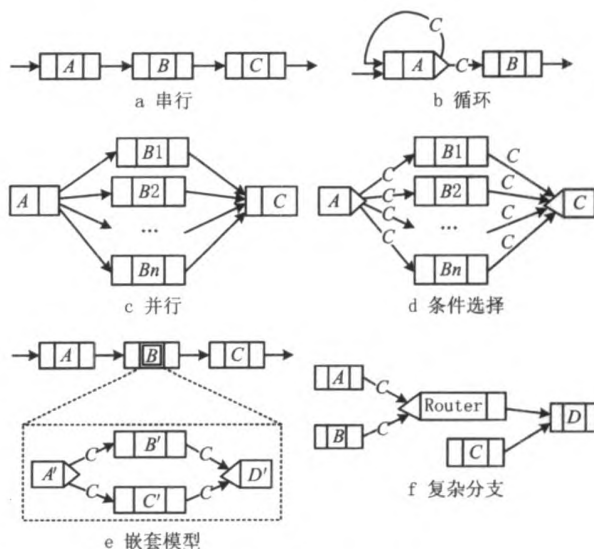


图3 过程模型的基本结构

过程模型包含串联、并联、循环和选择模型四种基本模型。通过重复利用各种基本模型,可对各种复杂的服务组合流程逻辑进行有效的表达,满足服务组合流程建模需求。另外,引入的路由节点增强了复杂控制结构的表达能力,增加的嵌套模型丰富了组合流程的表达能力。因此,该模型能更好地满

足复杂服务组合流程建模的表达需求。

3 PRRD 的资源模型

资源模型就是对服务组合执行所需的资源进行描述。服务组合中最重要的资源是 Web 服务, 因此这里的资源主要指 Web 服务资源。因为网络上存在大量功能相同、非功能属性不同的 Web 服务, 所以不仅需要对这些资源进行有效的描述, 还需要对它们进行合理的组织。

3.1 Web 服务描述

Web 服务描述是对 Web 服务的定义和表达。随着 Web 服务的广泛部署与应用, QoS 越来越受到用户的关注。QoS 不仅是企业与企业、企业与消费者等各类交易中的一个重要条件, 同时也是服务组合中服务动态选择和绑定、服务组合流程执行和监控的重要依据。因此, 完整的 Web 服务描述包含功能定义和非功能属性描述, 下面给出完整的 Web 服务描述模型的定义。

定义 2 Web 服务描述模型 SDM。一个完整的 Web 服务描述用二元组 $SDM = (FM, QM)$ 表示, 其中 FM (function model) 是功能模型, QM (QoS model) 是 QoS 模型。

目前对 Web 服务功能描述的研究大多遵循 Web 服务本体语言 (Ontology Web Language for Services, OWL-S) 标准^[14]。这里沿用本体语言给出服务功能模型的定义。

定义 3 Web 服务功能模型是描述有关功能信息的属性集合, 包括服务名称、服务描述、服务输入、服务输出以及前提和结果等参数。记作 $FM = (Sn, Sd, Sin, Sout, Sp, Sr)$ 。

FM 各功能参数的含义如下:

(1) 服务名称 Sn (service name) Web 服务只能有一个名字, 发布时指定。

(2) 服务描述 Sd (service description) 文字性功能描述, 是 Web 服务的重要属性。

(3) 服务输入 Sin (service input) 对服务输入参数有关信息的描述, 包括参数名称、参数类型、关联的领域本体等信息。

(4) 服务输出 Sout (service output) 对服务输出参数有关信息的描述, 包括参数名称、参数类型、关联的领域本体等信息。

(5) 执行前提 Sp (service precondition) 使用该服务之前必须满足的一些条件, 是服务执行的前

提条件, 包括条件类型、条件表达、关联的领域本体等信息。

(6) 执行结果 Sr (service result) 描述了该功能执行后产生的一些结果, 包括结果名称、结果类型、关联的领域本体等信息。

QoS 模型用于描述服务的非功能属性, 主要包括性能、可靠性、可用性、正确性、完整性、费用和安全等。根据应用领域的不同, 具体的 QoS 参数也有多种, 目前采用比较普遍的是执行价格、执行期限、声誉、可靠性和可用性等五个 QoS 参数, 它们从不同方面对 Web 服务进行评价, 并为服务组合提供基础支持, 其定义和度量方法参见文献[7]和文献[8]。为使 QoS 具有很好的灵活性和扩展性, 这里给出 Web QoS 模型的定义。

定义 4 Web 服务 QoS 模型 QM 定义为描述 Web 服务非功能信息的相关属性集合, 设 Q_i 表示服务的一个非功能属性, 则 $QM = \bigcup Q_i$ 。

Q_i 用参数集 $Q_i = (Qid, Qv, Qu, Qt, Qe)$ 表示, 其中:

(1) 属性名称 Qid (QoS identification) 具有唯一性, 如服务的响应时间、衡量服务性能的 QoS 属性。

(2) 属性取值 Qv (QoS value) 如服务价格是 20 元。

(3) 度量单位 Qu (QoS unit) 给出 QoS 属性取值的度量单位, 如响应时间是 h。

(4) 属性类型 Qt (QoS type) 代表 QoS 属性的度量标准, 服务组合时的计算类型, 如累加、级乘, 或者最大最小等。

(5) 期望度量 Qe (QoS expection) 指定该 QoS 属性的取值范围 (如大于、小于、等于、区间) 及在满足范围内的期望方向 (如价格不大于 10 元)。

这里对 Web 服务 QoS 模型的定义遵循通用性原则, 同时又具有相当的灵活性, 以支持具体实现时的各种扩展。上述各种 QoS 参数都能引入到 QoS 模型中。

根据定义 2~ 定义 4, 完整的 Web 服务描述模型如图 4 所示。

3.2 Web 服务组织结构

对 Web 服务市场中分布的各种服务, 可根据其功能、服务质量、地域等标准进行不同的分类组织, 即存在多种服务分类和组织方法。目前, 基于功能的分类被不同团体广泛采纳, 成为一种有效的服务组织方式, 如 SELF-SERV^[7] 提出服务社区 (service

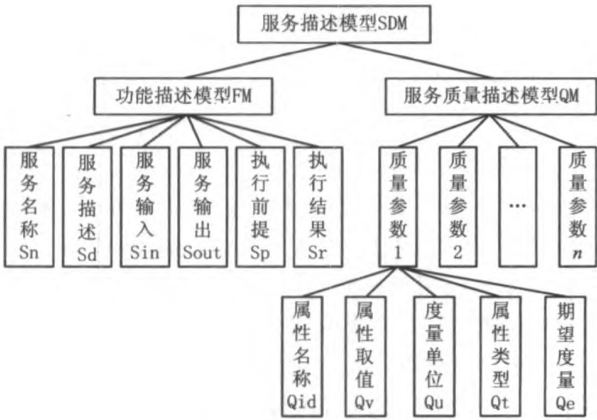


图4 Web服务描述模型

community) 的概念, IBM 提出服务域(service domain)^[15]的概念,都是基于功能特征对 Web 服务分类。因此,本文也以功能分类组织 Web 服务。下面引入服务实例和服务池两个概念。

定义 5 服务实例(Service Instance, SI)。服务实例是一个具体的、可运行的 Web 服务个体。

定义 6 服务池(Service Pool, SP)。服务池是由不同服务提供者提供的、具有相同调用接口、能够实现相同功能的一组服务实例。

可见,服务池是一组功能相同、QoS 属性不同的 Web 服务实例集合。服务资源按服务池方式组织,可使组合应用建立在服务池之上而不是建立在可直接访问的具体 Web 服务实例上。这样,便于查找功能相同的候选服务集,使服务组合流程在实例化时可通过一定的服务选择策略从中选择最优的服务来满足具体的组合应用需求;同时,服务池的组织和管理方式既实现了服务实例访问的透明性,又能提高面向服务网络应用的容错能力和负载均衡能力,从而解决服务的动态变化问题,满足服务动态组合的应用特点。

4 PRRD 的需求模型

需求模型对用户需求进行定义,包括功能需求和 QoS 需求。功能需求是组合服务应用得以创建的前提和基础,是服务组合流程建模中的一个重要因素;QoS 需求影响服务组合中具体服务实例的选择、组合方案的评价优化、流程执行的监控等方面,是服务组合成功的关键因素。

4.1 需求模型定义

对用户的功能需求而言,因为服务组合的结果仍是一个 Web 服务,所以对功能需求的描述可完全

借鉴 Web 服务的功能描述模型。对用户的 QoS 需求来说,其描述方式比较复杂。这是因为不同用户对组合服务有不同的目标和偏好,难以形成统一的 QoS 需求表达方式。从目前的 QoS 需求表达方式看,主要采用定量描述的目标优化函数和约束表达两种方式。目标优化函数普遍采用线性加权求和的方法^[8, 16-17],而约束表达即用户对某个 QoS 参数限定上限或下限^[18],如服务组合限定最晚完成时间(即截止期, deadline)或者总费用(成本, budget)不超过最大取值;也有用户需求是上述两种方式的混合^[8, 19-20]。为比较全面、直观地处理用户的不同偏好和需求,本文给出需求模型的形式化定义。

定义 7 用户需求模型 URM。一个完整的用户需求应由功能需求、约束需求和优化目标三部分组成,即 $URM = (FR, CR, OF)$, 其中: FR(function requirements)表示功能需求, CR(constraint requirements)表示约束需求, OF(object function)表示优化目标需求。

上述需求模型中,功能需求是服务组合形成新服务所具有的功能,是服务组合在功能上必须达到的一个硬条件,即服务组合的结果必须满足用户的功能需求。功能需求描述可采用 Web 服务功能描述模型(参见 3.1 节定义 3)。

约束需求是在组合过程中对单个节点或整个组合服务提出的局部约束或全局约束,它是服务组合实例必须满足的 QoS 需求,称为硬约束。约束需求定义如下:

定义 8 约束需求 CR 定义为三元组 $CR = (ID, T, QC)$ 。其中: ID 是约束标识; T 表示该约束适用的节点集合(若 CR 表示整个服务组合流程的 QoS 约束,则 T 取值为空); $QC = (C_1, C_2, \dots, C_n)$, $C_i = (C_N \infty C_V)$, C_N 表示 QoS 约束名称(如服务执行时间、执行费用等), C_V 表示约束取值, ∞ 表示约束关系,基本约束关系有“ \leq ”,“ \geq ”,“ $=$ ”。

优化目标需求通常是得到某个 QoS 参数的最大或最小值,一般分为单目标或多目标优化,它是用户需求模型中的软条件。优化目标可对某一 QoS 参数进行优化,也可以是模型中部分或所有 QoS 参数的任意组合。因此优化目标定义如下:

定义 9 目标函数 OF 定义为一个二元组, $OF = (ID, QO)$, 其中: ID 表示优化标识, $QO = (O_1, O_2, \dots, O_n)$, $O_i = (O_N, O_T)$, O_N 表示优化参数的名称(如服务执行时间、执行费用等), O_T 表示优化类型。

优化类型通常有 Maximum 和 Minimum 两种。由于 QoS 参数具有不同度量特征, 目标函数需求也可采用定性描述方式, 以方便用户直观、简洁地表达, 如可靠性需求定义可采用“高”、“中”、“低”描述方式。

4.2 服务质量全局需求模型举例

目前 QoS 描述普遍采用执行期限(完工时间)、执行费用(总费用)、声誉、可靠性和可用性五个参数。这里仅考虑全局 QoS 需求, 分析上述五个 QoS 参数可知, 时间和费用采用定量描述易于被用户理解和接受, 而可靠性、可用性和声誉采用定性描述容易被用户接受, 具体需求如下:

(1) 时间和费用的定量描述

分为约束和目标函数两种描述方法:

1) 约束表达 是 QoS 需求的硬条件, 遵循定义 8 的设置方法, 如所需费用最大不超过 500 元, 运行时间最晚为 10 h 等。

2) 优化函数 是 QoS 需求的软条件, 遵循定义 9 的设置方法, 如期望组合服务完工时间或所需费用最小。

(2) 可靠性、可用性和声誉的定性描述

定性描述遵循等级设定方法, 用户定性刻画其需求, 服务组合系统在定性刻画和定量数值之间建立映射, 即把用户的定性要求映射为一个简单的定量数值, 三个属性的定性度量设置和映射函数如下:

1) 可靠性描述 令 $f_c(re)$ 表示全局可靠性需求, 可靠性属性需求按等级分为四类, 映射函数为

$$f_c(re) = \begin{cases} 1 & re = \text{低} \\ 2 & re = \text{中低} \\ 3 & re = \text{中} \\ 4 & re = \text{高} \end{cases} \quad (1)$$

2) 可用性描述 采用和可靠性相同的分类方式。令 $g_c(av)$ 表示全局可用性需求, 映射函数为

$$g_c(av) = \begin{cases} 1 & av = \text{低} \\ 2 & av = \text{中低} \\ 3 & av = \text{中} \\ 4 & av = \text{高} \end{cases} \quad (2)$$

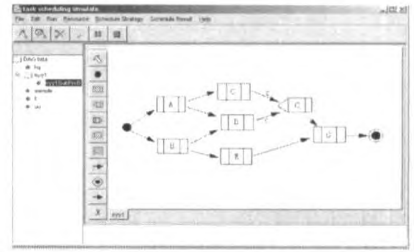
3) 声誉描述 将用户对声誉属性的需求按信誉等级分为五类, 即 $rep \in \{\text{很差, 差, 一般, 好, 很好}\}$ 。令 $h_c(rep)$ 表示全局声誉需求, 则映射函数为

$$h_c(rep) = \begin{cases} 1 & rep = \text{很差} \\ 2 & rep = \text{差} \\ 3 & rep = \text{一般} \\ 4 & rep = \text{好} \\ 5 & rep = \text{很好} \end{cases} \quad (3)$$

QoS 全局需求模型采用定性和定量两种方式建立, 目的是便于用户接受、理解和使用。用户可根据自己的目标和偏好选取所需的 QoS 参数并设置相应需求。通过这些参数的任意组合, 就能设计和表达出对组合服务的各种 QoS 需求, 最大程度地体现用户的个性化需求特征。

5 系统实现

基于上述模型构建思想, 运用 Web 服务资源框架(Web Service Resource Framework, WSRF)的核心工具包(Globus toolkit core), 搭建了 SOA 的服务组合建模平台, 实现了文中提出的服务组合过程模型、资源模型及需求模型的部分功能, 如图 5 所示。其中图 5a 为过程模型的流程建模实例, 图 5b 为服务资源的属性设置实例, 图 5c 为 QoS 全局需求模型设置实例。



a 过程模型建模界面



b 服务资源属性设置界面



c QoS全局需求模型设置界面

在过程视图中,用户可借助工具栏中过程建模的图形元素,创建可视化的服务组合应用。建模元素包括过程模型所描述的起点、终点、四种分支节点、过程节点,以及条件弧和非条件弧,采用拖动方式创建服务组合应用,同时可对流程中的各个节点进行修改,并增加所需的功能描述信息和局部 QoS 需求信息。最后生成的应用实例采用可扩展标记语言(extendible Markup Language, XML)文件形式保存。XML 是一种标准的通用标记语言,也是当前处理结构化文档信息的有力工具,采用它来对模型进行定义,便于存储、读取和传递,具有通用性。资源模型类似统一描述、发现和集成(Universal Description, Discovery, and Integration, UDDI)管理模式,用户可注册增加新的服务实例,为服务设置各种功能属性和 QoS 属性,资源模型会根据功能特性将其添加到相应服务池中管理;同时资源模型还借助 Web 服务描述语言(Web Services Description Language, WSDL)文档,提供基于功能的服务实例查找,以匹配过程模型中抽象的服务节点。需求模型设置用户的全局 QoS 需求,同样采用 XML 文件存储。

6 结束语

综上所述,PRRD 模型具有如下特点:

(1) 面向普通用户,具有简单、直观、易于被用户理解和接受的特点。服务组合模型的过程模型建立在扩展的活动网络图基础上,对普通用户而言,活动网络图是可读性最好的一种,是最直观、最自然的过程表达方式。

(2) 体现了个性化需求特征。将需求模型显式地引入到组合服务模型的描述中,采用定性和定量相结合的方式描述,能很好地体现用户的个性化 QoS 需求特征。

(3) 过程描述能力强。过程模型是在活动网络图基础上,通过引入路由节点和各类条件来扩展其逻辑表达能力,能够定义可能发生的各种过程逻辑;过程节点的引入增强了模型表达的简洁性,实现了流程模型的层次化建模,并支持自顶向下的建模过程;路由节点的引入增强了复杂控制结构的表达能力。同时,在建模阶段明确定义了活动状态和流程状态,使整个模型的结构较为清晰,监控相对容易。

(4) 正确性易于分析和验证。根据过程模型中的基本元素和基本结构,能够很容易地得出过程模型的一些性质,利用这些性质可对模型的正确性进行分析和验证。

(5) 多角度描述服务组合模型。在过程模型基础上引入服务资源模型和需求模型,从多个角度刻画了服务组合建模的各个方面,模型比较完整,并具有多视图特性。

(6) 实现了服务组合建模和具体服务的分离,服务可被动态替换,流程实现更加灵活,用户可动态选择服务资源和所需的 QoS。

下一步的工作就是根据原型系统生成的这些 XML 文件创建基于 QoS 的服务组合实例,并借助工作流引擎来执行和监控组合服务实例的执行。通过逐步完善系统的整体功能,得到一个较完整、实用的建模系统。

参考文献:

- [1] YUE Kun, WANG Xiaoling, ZHOU Aoying. Underlying techniques for Web Services: a survey [J]. Journal of Software, 2004, 15(3): 428-442 (in Chinese). [岳昆, 王晓玲, 周傲英. Web 服务核心支撑技术: 研究综述 [J]. 软件学报, 2004, 15(3): 428-442].
- [2] DUSTDAR S, SCHREINER W. A survey on Web Services composition [J]. International Journal of Web and Grid Services, 2005, 1(1): 1-30.
- [3] ALONSO G, CASATI F, KUNO H, et al. Web Service concepts, architectures and applications [M]. Berlin, Germany: Springer, 2004.
- [4] BENATALLAH B, DUMAS M, FAUVET M C, et al. Towards patterns of Web Services composition, patterns and skeletons for parallel and distributed computing [M]. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002: 265-296.
- [5] MENG Jie, SU S Y W, LAM H, et al. Achieving dynamic inter-organizational workflow management by integrating business processes, e-services, events, and rules [D]. Gainesville, Fla., USA: University of Florida, 2002.
- [6] CASATI F, ILNICKI S, JIN L J, et al. Adaptive and dynamic service composition in e-flow [C] // Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Information Systems Engineering. London, UK: Springer-Verlag, 2000: 13-31.
- [7] BENATALLAH B, SHENG Q Z, DUMAS M. The self-service environment for Web Services composition [J]. IEEE Internet Computing, 2003, 7(1): 40-48.
- [8] JIN Hai, CHEN Hanhua, LU Zhipeng, et al. QoS optimizing model and solving for composite service in CGSP job manager [J]. Chinese Journal of Computer, 2005, 28(4): 578-588 (in Chinese). [金海, 陈汉华, 吕志鹏, 等. CGSP 作业管理其合成服务的 QoS 优化模型及求解 [J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 578-588.]
- [9] CHIA Y L, LEE H M. A formal modeling platform for composing Web Services [J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(2): 1500-1507.

- J2EE system with UML[M]. LU Qingzhong, SUN Chang'ai, YANG Haiyan, et al, transl. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003 (in Chinese). [休伯特. 聚合体系结构: 用 UML 构建模型驱动 J2EE 系统[M]. 吕庆中, 孙昌爱, 杨海燕, 等, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.]
- [3] GRIFFIN A, HAUSER J R. The voice of the customer[J]. Marketing Science, 1993, 12(1): 1-27.
- [4] LI Xiangshuo, QI Guoning, LIU Haiqiang, et al. Incremental convergent method for development and implement action of product lifecycle management system[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(12): 2427-2432 (in Chinese). [李响烁, 祁国宁, 刘海强, 等. 面向产品全生命周期管理系统的增量式聚合开发实施方法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(12): 2427-2432.]
- [5] TAYLOR D A. Object technology: a managers guide[M]. 2nd ed. Boston, Mass., USA: Addison-Wesley, 1997.
- [6] MOORE J W. Converging software and systems engineering standards[J]. Computer, 2006, 39(9): 106-108.
- [7] ZHOU Bo. Research on enterprises spiral knowledge innovation system[D]. Shanghai: Fudan University, 2005 (in Chinese). [周勃. 企业螺旋型知识创新模式研究[D]. 上海: 复旦大学, 2005.]
- [8] MATHIASSEN L, POURKOMEYLIAN P. Managing knowledge in a software organization[J]. Journal of Knowledge Management, 2003, 7(2): 63-80.
- [9] Object Management Group Specification. MDA guide version 1.0.1[EB/OL]. (2003-06-12) [2008-10-13]. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-12>.
- [10] CRNKOVIC I. Component-based software engineering—new challenges in software development[J]. Software Focus, 2001, 2(4): 127-133.
- [11] WANG Zhongjie, XU Xiaofei. Ontology-based service component model for interoperability of service systems[M]//Enterprise Interoperability. Berlin, Germany: Springer, 2008: 367-380.
- [12] OMG. Meta object facility (MOF) specification Version 1.4[EB/OL]. (2002-03-05) [2008-10-10]. <http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>.
- [13] LEE H J, PARK J B, CHEN G. Robust fuzzy control of nonlinear system with parametric uncertainties[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2001, 9(2): 369-379.
- [14] ZHANG Chengwen, SU Sen, CHEN Junliang. Genetic algorithm on Web Services selection supporting QoS[J]. Chinese Journal of Computer, 2006, 29(7): 1029-1037 (in Chinese). [张成文, 苏森, 陈俊亮. 基于遗传算法的 QoS 感知的 Web 服务选择[J]. 计算机学报, 2006, 29(7): 1029-1037.]
- [15] ZHANG Chengwen, SU Sen, CHEN Junliang. Genetic algorithm on Web Services selection supporting QoS[J]. Chinese Journal of Computer, 2006, 29(7): 1029-1037 (in Chinese). [张成文, 苏森, 陈俊亮. 基于遗传算法的 QoS 感知的 Web 服务选择[J]. 计算机学报, 2006, 29(7): 1029-1037.]
- [16] ZENG L, BENATALLAH B, NGU A H H, et al. QoS-aware middleware for Web Services composition[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2004, 30(5): 311-327.
- [17] ZHANG Chengwen, SU Sen, CHEN Junliang. Genetic algorithm on Web Services selection supporting QoS[J]. Chinese Journal of Computer, 2006, 29(7): 1029-1037 (in Chinese). [张成文, 苏森, 陈俊亮. 基于遗传算法的 QoS 感知的 Web 服务选择[J]. 计算机学报, 2006, 29(7): 1029-1037.]
- [18] WANG Yong, HU Chunming, DU Zongxia. QoS-aware grid workflow schedule[J]. Journal of Software, 2006, 17(11): 2341-2351 (in Chinese). [王勇, 胡春明, 杜宗霞. 服务质量感知的网格工作流调度[J]. 软件学报, 2006, 17(11): 2341-2351.]
- [19] LIU Shulei, LIU Yunxiang, ZHANG Fan, et al. A dynamic Web Services selection algorithm with QoS global optimal in Web Services composition[J]. Journal of Software, 2007, 18(3): 646-656 (in Chinese). [刘书雷, 刘云翔, 张帆, 等. 一种服务聚合中 QoS 全局最优服务动态选择算法[J]. 软件学报, 2007, 18(3): 646-656.]
- [20] YUAN Yingchun, LI Xiaoping, WANG Qian, et al. Bottom level based heuristic for scheduling workflows in grids[J]. Chinese Journal of Computers, 2008, 31(2): 282-290 (in Chinese). [苑迎春, 李小平, 王茜, 等. 基于逆向分层的网格工作流调度[J]. 计算机学报, 2008, 31(2): 282-290.]
- [10] QIAN Zhuzhong, LU Sanglu, XIE Li. Automatic composition of Petri net based Web Services[J]. Chinese Journal of Computers, 2006, 29(7): 1057-1066 (in Chinese). [钱柱中, 陆桑璐, 谢立. 基于 Petri 网的 Web 服务自动组合研究[J]. 计算机学报, 2006, 29(7): 1057-1066.]
- [11] YANG Y P, TAN Q P, XIAO Y, et al. Transform BPEL workflow into hierarchical CP-nets to make tool support for verification[C]//Proceedings of the 8th Asia-Pacific Web Conference. Berlin, Germany: Springer, 2006: 275-284.
- [12] SHANKAR R P, FOX A. SWORD: a developer toolkit for Web Service composition[C]//Proceedings of the 11th International World Wide Web Conference. New York, N. Y., USA: ACM, 2002: 83-107.
- [13] FAN Yushun, LUO Haibin, LIN Huiping, et al. Workflow management technology basis[M]. Beijing: Tsinghua University Press, Springer, 2001 (in Chinese). [范玉顺, 罗海滨, 林慧萍, 等. 工作流管理技术基础——实现企业业务过程重组、过程管理与业务过程自动化的核心技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 施普林格出版社, 2001.]
- [14] PEER J. Bringing together semantic Web and Web Services[C]//Proceedings of the International Semantic Web Conference. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002: 279-291.
- [15] TAN Y. Service domain tutorials[EB/OL]. (2004-03-11) [2008-11-11]. [http://awwebx04.alphaworks.ibm.com/wstk/common/wstkdoc/services/demos/servicedomain/wes-](http://awwebx04.alphaworks.ibm.com/wstk/common/wstkdoc/services/demos/servicedomain/wes-bapp/ServiceDomainTutorials.pdf)