

# Web 服务组合编辑器的设计与实现

赵会群, 申 宁

(北方工业大学信息工程学院, 北京 100144)

**摘要:**针对现有的 Web 组合编辑器存在描述组合的方式不够全面和以一种紧耦合方式组合 Web 服务的问题, 该文从软件体系结构的视角提出组合 Web 服务方法的新观点。Web 服务视为可复用的软件体系结构的实体时, 采用组件连接运算的方式来组合 Web 服务, 该文中也提及相应的 Web 服务组合运算符, 生成一个 WS-BPEL(Web Service Business Process Execution Language) 的连接器。最后通过 WS-CDL(Web Service Choreography Description Language) 把每个 BPEL 连接器组装到一起, 形成一个完整的模型。该文最后给出了支持 Web 服务组合建模方法的工具, 用以说明该方法的可行性。

**关键词:** Web 服务; 软件体系结构; WS-BPEL; WS-CDL

**中图分类号:** TP31

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2012)12-0153-04

## Design and Implementation of Web Services Composition Editor

ZHAO Hui-qun, SHEN Ning

(School of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

**Abstract:** From the perspective of software architecture, aiming at solving the problems caused by the existing Web services composition editor, including the descriptions of the Web services composition are not comprehensive enough and the composition manners are tightly-coupled the composition of Web services, propose new ideas on composition web services. When regarded as reusable entity in SA, composition operation is used to combine Web services. Some of Web services combination operators are mentioned in the article. And then Web services composition generates a WS-BPEL as connector. Combined all the BPEL-connectors through WS-CDL, form a complete model. Finally, it also shows a modeling tool that supports Web services composition to illustrate the feasibility of this method.

**Key words:** Web service; software architecture; WS-BPEL; WS-CDL

### 0 引言

目前, 为了能够满足动态、复杂的业务需求, 解决多变的应用系统中的难题, 使用 SOA 的核心技术 Web 服务组合, 从而实现应用系统集成和软件复用。各类 Web 组合工具也得到极大的发展。

国内外研究目前比较典型的 Web 服务组合的工具如下:

1) SELF-SERV<sup>[1]</sup>, 此工具是澳大利亚新南威尔士大学实现的一个分布式 Web 服务组合执行环境。

2) SWORD<sup>[2]</sup> 系统, SWORD 是美国斯坦福大学 SWIG 研究组提出的一种基于规则的构建 Web 服务组合的专家系统。SWORD 不依赖 Web 服务的各种协议, 组合过程简单高效, 但是只能处理简单的服务组

合, 对于具体复杂语义的 Web 服务, 组合能力较弱且不适用于开放的 Web 服务环境。

3) Oracle BPEL, 它是标准化集成工具, 建模速度快, 部署成本低。但是 Oracle 提供在线服务的组合, 是一种紧耦合的方式来组合。

4) Eclipse BPEL, 它是 Eclipse 下提供的一个 BPEL 插件, 是一个可视化的 Web 服务组合工具, 但是其对于组合方式的描述还是比较薄弱, 只是提供了基本的组合方式。

5) WSFlow<sup>[3]</sup> 系统, 它是由中国科学院软件研究所开发的支持 Web 服务的运行和管理框架。WSFlow 利用工作流机制组合已有的 Web 服务。

6) WebSASE<sup>[4]</sup> 是有北京航空航天大学计算机新技术所研制开发的基于 XML 和 Web Service 技术的应用支撑环境。

上述 Web 服务组合工具它们都只能支撑某种 Web 服务流程描述语言, 在体系结构上并没有考虑对其他 Web 服务流程描述语言的支持, 从而导致系统的可扩展性差。

文中主要是结合文献[5]中理论基础来做实际工

收稿日期: 2012-05-15; 修回日期: 2012-08-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61070030, 61111130121); 北京市市属高校学术创新团队项目(PHR201107107)

作者简介: 赵会群(1960-), 男, 博士, 教授, CCF 会员, 研究方向为可信网络和可信软件; 申宁(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向为软件测试。

作。将当个的 Web 服务视为可复用的软件体系结构的实体时, Web 服务组合也可以视为是一种在 Internet 上的基于构件的软件开发。采用 BPEL 来连接 Web 服务作为“连接器”,在通过 WS-CDL 把每个 BPEL 连接器组装到一起,形成一个完整的模型。

## 1 相关研究

当前,许多学者从不同角度对 Web 服务组合进行了大量研究,提出了多种 Web 服务组合方法。

下面介绍一些代表性的工作。

1) 基于 Petri 网的 Web 服务组合方法: 针对于现有的许多 Web 服务及其组合描述语言都是半形式化的,容易出错和不容易检测,正确性难以保证,基于以上问题提出了 Petri 网模型。Web 服务在行为上是操作的偏序集,因此适宜用 Petri 网进行建模。文献[6]中定义一个基本 Petri 网的 Web 服务组合模型,将组合 Web 服务的要素映射到 Petri 网结构。提供了一种图形化的 Web 服务组合建模的表达方法,利用 Petri 网提供的分析技术分析和验证组合 Web 服务的正确性和性能。

2) 基于进程代数的 Web 服务组合方法: 基于进程代数的形式化方法允许对基于消息通信的并发系统进行建模和分析,因此很自然地可以应用与 Web 服务的建模和开发中。基于  $\pi$ -演算的 Web 服务组合是一种常用的形式化的 Web 服务组合方法。国内也有研究者给出了基于  $\pi$ -演算的 WS-BPEL 模型。这些模型的建立依赖于各进程代数语言本身<sup>[7]</sup>。文献[8]中以 Web 服务编排复合方法为研究对象,以 Web 服务编排复合为目标,研究基于进程代数的 Web 服务编排复合关键方法和技术,提出了基于进程代数的 Web 服务 (Process Algebra for Web Service, PA4WS) 形式化模型。

3) 基于 WS-BPEL 的 Web 服务组合: BPEL 是 Web 服务的业务流程执行语言,是一种使用 Web 服务定义和执行业务流程的语言。BPEL 通过定义控制流,来描述 Web 服务应用的执行逻辑,为伙伴服务提供一种共享上下文的方法。文献[7]中提出并实现了一种 Web 服务组合的认知模型检测方法,在分析 BPEL 语言控制流程基础上,提出 BPEL 活动形式化模型。

4) 基于语义的 Web 服务组合方法: 为了使 Web 服务成为计算机可以理解的实体,从而实现服务的自动、精确地发现服务并生成服务过程,提出了面向语义的 Web 服务组合。文献[9]中提出了一种基于语义的 Web 服务组合算法,该算法定义了用户关注度和最优信息组充分利用语义本体的特征,从信息和 Qos 两个

方面筛选最优原子服务集,从而提高服务的查准率与查全率,增强与用户的交互能力。文献[10]中针对语义 Web 层次结构中 Web ontology 语言 OWL 在一般规则表达能力方面的不足,在其基础上设计了一种语义 Web 规则标记语言,即 OWLRule+。在现有语义 Web 服务描述模型 OWL-S 的基础上进行了扩展和完善,形成增加用户偏好表示的模型,OWL-S+,同时也给出了基于这种模型和状态演算的服务自动组合方法 OWL-SC。

5) Web 组件方法: Web 服务组合从系统级的高度上看也是一种软件开发。它也支持基本的软件开发原则。例如,重用、细化和扩展。文献[11]中给出一种基于 BPEL 的 Web 服务组合系统体系结构风格,并针对这种风格设计了 WSC/ADL 体系结构描述语言。文献[5]中针对 SOA 在可信属性建模方面的不足,用代数学方法对服务、服务组合以及服务体系结构的属性和行为进行抽象,把服务组合解释成组件“运算”实现。定义了多种服务组合运算,从而建立 SOA 的代数模型。

6) Web 服务组合形式化方法验证: 文献[12]中提出并实现了一种 Web 服务组合的认知模型检测方法,在分析 BPEL 语言控制流程基础上,提出 BPEL 活动形式化模型。开发从 BPEL 流程到迁移七元组集合以及从这些迁移七元组到 MCTK 输入语言的自动转换算法,通过 MCTK 进行验证。

## 2 基于 SA 思想的建模工具的设计与实现

本工具的实现是基于文献[5]中面向服务的可信软件体系结构代数模型为理论基础的。在组合服务时用到代数模型中定义的算子来描述组合的方式。下面笔者将从构成软件体系结构的三个要素(组件、连接器和体系结构)的方面来阐述工具的设计与实现。

### 2.1 组件

将 Web 服务视为可复用的软件结构实体时,每个 Web 服务相当于一个单一的组件。文献[5]中指出组件实际上是由组件的接口和实现模块来组成的,即  $\langle Port_1, Port_2, \dots, Port_n \rangle$ , 而每一个接触点  $Port_i$  是一个八元  $\langle ID, Publ_i, Extn_i, Priv_i, Beha_i, Msgs_i, Cons_i, Non - Func_i \rangle$ 。组件以 WSDL 文档的形式表现,如表 1。

上述定义的八元组已经足以描述一个 WSDL 文档的内容。然而 WSDL 文档只是对服务本身的作用和接口进行描述,其中八元组中其它没有在 WSDL 文档中体现信息如, Beha<sub>i</sub>(接触点行为语义描述), Non - Func<sub>i</sub>(触点非功能说明,包括组件的服务策略、合同、安全性、可靠性说明等)。其中 Non - Func<sub>i</sub> 在最终配置体现结构的时候会用到。

表 1 WSDL 元素与八元组的映射关系

WSDL 元素	八元组	说明
Type	Cons <sub>i</sub>	组件运行的初始条件、前置条件和后置条件,即 Cons(init, pre - cond, post - cond) 通常用来做类型约束
Message	Msgs <sub>i</sub>	使用 Msgs <sub>i</sub> 的消息集合,传递的消息
PortType	Cons <sub>i</sub> , Msgs <sub>i</sub> , Publ <sub>i</sub>	引用 < message > 标签的定义来描述函数 Publ <sub>i</sub> 中说明此服务对外提供哪些功能
Binding	Cons <sub>i</sub> , Msgs <sub>i</sub> , Publ <sub>i</sub> , Extn <sub>i</sub>	Web 服务使用的通信协议。 < portType > 标签中定义的每个操作在此绑定实现 Extn <sub>i</sub> 提供服务运行时所需要的外部环境
Service	Cons <sub>i</sub> , Msgs <sub>i</sub> , Publ <sub>i</sub>	确定每一 < Binding > 标签的端口地址

2.2 连接器

按照文献[5]中提出把服务组合解释成服务组件连接运算的实现。定义如下几种组合运算:激发,使用,反馈,协同,并行,选择,重复。即相对应的符号表示为:⊕,⊗,↑,⊙,||,+,•。Web 服务每次组合都是按照上述七种组合运算的其中一种运算来组合,最后得到一个的 BPEL 连接器。反馈的组合运算依赖“使用”或“激发”运算,所以反馈本身一定与这两种运算一起构成表达式。该运算只是结果的返回。“使用”和“激发”这两种组合运算,在不需要区分二者的环境下,可以统称为“调用”。表 2 中给出了几种组合运算与 BPEL 文档中元素的对应关系。

“协同”的组合运算,它是在两个或多个组件组合的时候按某种条件协同一致地完成服务的组合。“协同”在具体的 BPEL 流程中并没有明显的体现,在实际开发的工具中“协同”体现在两个或多个组件在组合过程中相互制约相互协同合作的方式组合成一个连接器的过程。

表 2 服务组合运算与 BPEL 文档元素对应关系

服务组合运算	BPEL 文档中的元素
调用	invoke
并行	flow
选择	if... elseif
重复	while

开发一个 BPEL 连接器一般所需要的步骤:

- 1) 熟悉相关的 Web 服务;
- 2) 为此 BPEL 流程定义 WSDL;
- 3) 定义合作伙伴连接类型(定义由哪些 PortType 组成一个交互调用);
- 4) 进行开发 BPEL 流程开发。
  - A. 定义合作伙伴连接。
  - B. 声明变量。

C. 编写逻辑。

步骤 1~3 中在本工具的第一部分生成 WSDL 组件中已经能够了解相关的 Web 服务和其接口信息等。步骤 4 中,根据连接器的基本信息页面提供的信息导航分别定义合作伙伴连接,变量等信息。编写逻辑是 BPEL 流程开发的核心工作,一个 BPEL 流程由多个步骤组成,每个步骤称作“活动”。BPEL 支持基本活动和结构活动。BPEL 中定义基本活动:assign(操作数据变量),invoke(调用其它 Web 服务),receive(接收请求,等待客户端通过发送消息调用业务流程);reply(生成同步操作的响应);结构活动:sequence(定义一组将按顺序调用的活动),flow(用于定义一组将并行调用的活动),while(用于定义循环),if...elseif(用于实现分支)。在本工具中对于逻辑部分的编写采用组件运算的方式来体现,在根据所选择的运算方式配置组合服务所需要的具体条件。

2.3 体系结构

体系结构这部分工作是把上述生成的 BPEL 连接器组装到一起,最终得到一个比较复杂业务逻辑模型。此部分 BPEL 连接器的连接采用的是构件 SOA 合成应用的另一种方法,Web 服务编排描述语言,即 WS-CDL。WS-CDL 描述了 Web 服务和参与者直接的点对点关系,这些参与者既可以在受信范围内,也可以不在受信范围内。

在用 WS-CDL 组装 BPEL 连接器的时候,并不是单纯按照一定编排规范来组装,还要考虑到组装后的模型是一个可信性模型,如文献[5]中提到的组件组合后应该满足的几种范式。

3 数据结构和算法

3.1 数据结构

组件信息基于 2.1 小节中的八元组结构,其在数据库中的存储形式如表 3 和表 4。笔者考虑到组件是由多个 Port 组成,而每个 Port 又是一个八元组的结构,每个端口中又可能有许多输入或输出消息,基于上述一对多的情况所以分成两个表来存储组件的信息。

表 3 组件的 message 信息

元数据名称	说明
cnpnid	组件的标识
publ <sub>i</sub>	组件提供的功能
cnptpre	组件的前置条件,目前只做类型上的约束
message	组件的输入消息

3.2 BPEL 组合 WSDL 算法

1. Begin
2. 加载 BPEL 连接器所需要组合的 Web 服务

表 4 组件的详细信息

元数据名称	说明
id	详细信息的编号
portid	端口的编号
pbic	组件提供的功能
extn	组件所需要外界提供的动能
prvt	组件自己的私有功能或信息
behr	组件的行为
cndtint	组件的初始条件
cndtpost	组件的后置条件
cnpnid	组件的标识
retrnmessage	组件的返回消息
componentname	组件的名称

3. 定义伙伴链接

4. 定义变量

5. //在具体的逻辑编写中应用加载

Web 服务的端口或者消息信息

a) Receive//逻辑流程的开始

①选择组合运算的方式

②根据所选的组合运算配置详细信息,具体列出所需要的“活动”

③为每个“活动”添加详细信息

b) Reply//逻辑流程的结束

6. End

### 4 实际案例

这部分将通过一个简单 Web 服务组合实例来生成一个 BPEL 连接器。首先,笔者利用自己开发的工具来生成两个简单的 Web 服务,分别实现加法和减法运算的 Web 服务。加法 Web 服务的实现的功能是输入两个整形参数,输出一个返回结果;减法 Web 服务的实现过程同加法。将两个服务按照 BPEL 连接器中的选择功能组合成一个运算服务。在组合成运算服务之前,根据 2.2 连接器小节中所提到的内容,开发一个 BPEL 连接器的步骤。选择加法服务和减法服务组合的连接运算符。在通过导航提示配置好具体的信息,就可以生成一个 BPEL 连接器。

下面给出 BPEL 连接器代码的部分截图,如图 1 所示。

### 5 结束语

随着 Web 服务组合的日益发展,许多学者已经给出了各种形式的 Web 服务的语言描述或组合方法。与此同时,也给出了相应组合 Web 服务的编辑器。例如,Eclipse BPEL 插件,主要是用图形化的方法展示出

服务组合流程。通过配置一些具体的信息得到一个 BPEL 文档。虽然 BPEL 插件组合方式更为直接方便但是它只是一个 BPEL 的文本编辑器。目前,从体系结构这个角度来组合 Web 服务的方法还是比较少的。文中从 SA 的角度来组合 Web 服务,以文献[5]中提出的 SOA 代数模型为理论基础,将 Web 服务按照组合运算来组合服务,最终可以得到一个逻辑结构较为复杂的代数模型。也可以在组合 BPEL 连接器按照某种范式来组合,最后得到一个可信性模型。

由于本工具目前只实现了 BPEL 连接器的部分,下一部分的工作将是把 BPEL 连接器最终按照某种范式的形式组合形成一个可信模型。

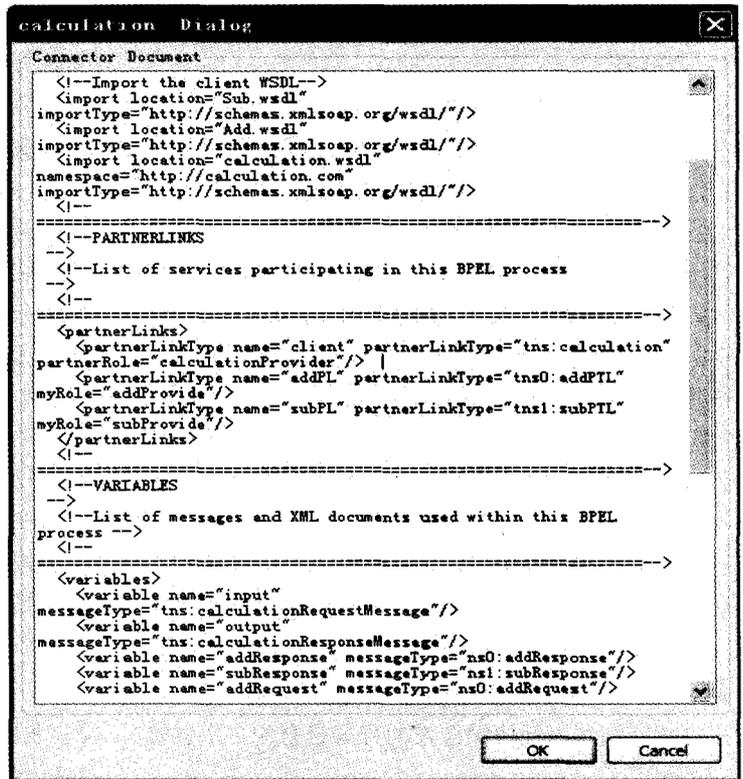


图 1 连接器代码的界面

### 参考文献:

[1] Benatallah B, Dumas M, Sheng Q Z. Facilitating the Rapid Development and Scalable Orchestration of Composite Web Services[J]. Distributed and Parallel Databases, 2005, 17(1): 5-37.

[2] Ponnekanti S R, Fox A. SWORD: A Developer Toolkit for Web Service Composition [C]//Proceedings of the International World Wide Web Conference. Honolulu, Hawaii, USA: [ s. n. ], 2002.

[3] 任志宏, 李京, 金蓓弘. 基于 Internet 工作流的复合 Web 服务框架[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(7): 1081-1087.

[4] 葛声, 马殿富, 胡春明, 等. 基于 Web 服务的网络软件运

前 2000 次的迭代过程中, BP 算法的训练误差波动较大, 在迭代到 2000 次以后趋于收敛, 但仍然存在“波动现象”; 由图 2(b) 可看出, GA-BP 算法在迭代生成 40 代以后就已经收敛, 而且不存在“波动现象”, 显而易见, 在收敛性方面 GA-BP 算法优于 BP 算法。

## 2.6 未来含油饱和度的预测

利用已获得的 GA-BP 神经网络预测模型, 对 5 年以后的含油饱和度进行了预测, 预测结果见表 3。通过对预测结果进行总结, 得到这样一个结论: 伴随着注水开发, 含油饱和度在不断的减小; 在含油饱和度高值区, 含油饱和度减小的幅度较大, 在含油饱和度低值区, 在含油饱和度减小的幅度较小。

表 3 GA-BP 神经网络对 5 年以后含油饱和度的预测值列表

属性	深度(m)	测井解释		GA-BP 神经网络预测	
		T 值	测井解释值	T 值	预测值(5年之后)
含油饱和度(%)	1601.000	3	58.090	63	46.332
	1602.625	105	30.220	165	25.013
	1603.500	105	5.840	165	4.328
	1605.000	76	0.000	136	0.000
	1606.125	22	53.269	82	46.361
	1607.000	22	8.250	82	6.310
	...	...	...	...	...

## 3 结束语

(1) 针对 BP 神经网络存在的两点不足, 文中引入了 GA-BP 神经网络, 并分析了 GA-BP 神经网络算法的迭代求解过程。

(2) 利用 GA-BP 神经网络实现了对江苏油田庄 2 断块某小层含油饱和度的动态预测: 首先确定 GA-BP 神经网络的输入、输出层神经元, 接着建立经验公式, 实现了输入神经元时间  $T$  的量化, 然后选取训练样本对 GA-BP 神经网络进行了训练, 建立起含油饱和度的动态预测模型。并在同等条件下对比分析了 GA-BP 算法和 BP 算法的训练误差, 结果表明 GA-BP 算法的收敛性大大优于 BP 算法。

(3) 利用 GA-BP 神经网络实现了 5 年以后含油饱和度的动态预测, 其结果对油田下一步的生产实践

具有一定的指导意义。但地下储层参数的动态变化异常复杂, 仅仅应用 GA-BP 神经网络来对其进行预测是远远不够的。文中只是提出了一种含油饱和度的动态预测方法, 以期达到抛砖引玉的作用。

## 参考文献:

- [1] 徐守余, 王艳红. 利用神经网络建立储层宏观参数动态模型—以胜坨油田二区为例[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 10-12.
  - [2] 邵才瑞, 印兴耀, 李洪奇, 等. 储层属性的遗传神经克里金插值方法及其应用[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2007, 31(5): 35-40.
  - [3] 单敬福, 纪友亮, 柳成志. 改进人工神经网络原理对储层渗透率的预测—以北部湾盆地涠西南凹陷为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(1): 106-109.
  - [4] 王文娟, 曹俊兴, 张元标, 等. 基于微粒群算法的神经网络储层物性参数预测[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(6): 31-33.
  - [5] 陈蓉, 王峰. 基于 MATLAB 的 BP 神经网络在储层物性预测中的应用[J]. 测井技术, 2009, 33(1): 75-78.
  - [6] 陈钢花, 董维武. 遗传神经网络在煤质测井评价中的应用[J]. 测井技术, 2011, 35(2): 171-175.
  - [7] 周金应, 桂碧雯, 李茂, 等. 基于岩控的人工神经网络在渗透率预测中的应用[J]. 石油学报, 2010, 31(6): 985-988.
  - [8] 吴秋波, 吴元, 王允诚. 混合学习法前向网络多属性储层参数预测[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2011, 33(2): 68-72.
  - [9] Vander B M. Neural networks in geophysical applications[J]. Geophysics, 2000, 65(4): 1032-1047.
  - [10] 杨宁, 史仪凯, 袁小庆, 等. 基于 BP 网络横向磁场永磁电机调速系统的设计[J]. 西北工业大学学报, 2011, 29(5): 824-828.
  - [11] 邓一兵, 胡伟, 高峰, 等. 遗传神经网络在载人飞船环控决策系统中的应用研究[J]. 西安交通大学学报, 2010, 44(7): 64-69.
  - [12] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用[M]. 南京: 复旦大学出版社, 1994.
- 
- (上接第 156 页)
- [5] 赵会群, 孙晶. 面向服务的可信软件体系结构代数模型[J]. 计算机学报, 2010, 33(5): 890-899.
  - [6] 高勇, 刘瑜, 谢昆青, 等. 一个基于 Petri 网的 Web 服务组合模型[J]. 计算机工程, 2006, 32(6): 17-18.
  - [7] 辜希武, 卢王鼎. 基于 Pi-演算的 BPEL4WS Web 服务组合形式化模型[J]. 计算机科学, 2007, 34(3): 69-74.
  - [8] 黎升洪. 基于进程代数的 Web 服务编排方法及其类型理论研究[D]. 上海: 上海大学, 2009.
  - [9] 赵春娟, 肖迎元. 一种基于语义的 Web 服务组合方法[J]. 天津理工大学学报, 2010, 26(5): 29-33.
  - [10] 梁晟. 基于语义 Web 的服务自动组合技术的研究[D]. 北京: 中国科学院, 2000.
  - [11] 杨鑫, 陈俊亮. WSC/ADL: Web Services 组合系统体系结构描述语言[J]. 软件学报, 2006, 17(5): 1182-1194.
  - [12] 骆翔宇, 谭征, 苏开乐, 等. 一种基于认知模型检测的 Web 服务组合验证方法[J]. 计算机学报, 2011, 34(6): 1041-1061.