

基于 Petri 网和 WS-BPEL 的自动服务组合研究

李增智^{1,2}, 董少然^{1,2}

(1 西安交通大学 计算机系统结构与网络研究所, 陕西 西安 710049;

2 北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876)

摘 要: 为了研究 Web 服务的自动组合, 首先设计从 BPEL 文档到 Petri 网的转换规则, 并在 Petri 网中显示 BPEL 文件的执行流程, 然后按照深度优先搜索算法以搜索两个状态之间的可达路径, 并提供服务组合质量信息给用户, 最后按照搜索到的路径, 自动生成可执行 BPEL 文件。

关键词: 自动服务组合; WS-BPEL; Petri 网; 深度优先搜索算法

中图分类号: TP302.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)09-0100-03

Research on Web Service Auto-Composition Based on Petri Net and WS-BPEL

LI Zeng-zhi^{1,2}, DONG Shao-ran^{1,2}

(1 Institute of Computer System Architecture and Network, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2 State Key Laboratory of Networking and Switching Technology,

Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: In order to research into web service auto-composition, firstly design translating rules from BPEL to Petri net and display the flow of execution in BPEL, then search path between two states with depth first algorithm and provide web service quality information to users, at last auto-generate executable BPEL file according to the path found.

Key words: service auto-composition; WS-BPEL; Petri net; depth first algorithm

1 引言

WS-BPEL (Web Services Business Process Execution Language) 是由 IBM、Microsoft 共同推出的 Web 服务业务流程执行语言规范。WS-BPEL 是 IBM 的 WSFL 和 Microsoft 的 XLANG 相结合的产物。WSFL 和 XLANG 分别基于 Petri 网和 Pi-calculus, 因此 BPEL 吸收和借鉴 Petri 网和 Pi-calculus 的优点, 是一种高级的、抽象的、可执行建模语言, 它不仅实现 Web 服务间的交互和流程编排, 也将流程自身暴露为 Web 服务。

WS-BPEL 中包含了工作流的 Petri 网结构。将

多个 BPEL 文档中工作流的 Petri 网结构整合起来, 可得到现有 Web 服务的状态转换图。服务组合可视为寻找从原状态到目标状态之间路径的过程, 鉴于此, 本文在 Petri 网实现了简单的自动服务组合过程, 最终可生成可执行的 BPEL 文档。

2 Petri 网的建模

2.1 BPEL 文档分析

WS-BPEL 文档的工作流中所包含的活动, 按照调用时间与安全性等服务组合的要素的不同, 可分为两类。

第一类是工作流中的内部逻辑^[1], 包括变量复

收稿日期: 2009-07-06; 修回日期: 2009-09-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60673170, 60803162); 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室开放性课题 (SKLNST-2008-1-03)

制、逻辑控制等活动,这些活动由 Web 服务容器(如 Tomcat)完成.比起外部调用,其访问时间几乎可以忽略不计,而且由于执行在服务容器内部完成,往往不涉及到网络访问安全性的问题.

第二类是对外部服务的调用,这些活动需要调用外部 Web 服务.一般说来,通过网络访问站点要占用一定的时间,而且外部站点的执行时间也无法控制.这两点使得外部调用活动要占用工作流程过程中的绝大部分执行时间.除此之外,访问网络还带来安全性控制的问题.

因此, Petri 网应主要考虑第二类活动.对于第一类活动,可作为细节保存在 Petri 描述文件中,以供后文服务组合实现时引用.

2.2 从 BPEL 到 Petri 网的映射

Petri 网中元素可分为三类:场所、变迁与弧(place transition and arc).其中根据起点的不同,弧又可分为两类,即从场所指向变迁的弧,以及从变迁指向场所的弧.本文设计映射规则如下:

- (1) 场所指 Web 服务中所处于的状态.
- (2) 变迁指对当前状态的处理,通常指对外部某一 Web 服务站点的调用.
- (3) 从场所指向变迁的弧中含有执行变迁的前提条件,以及简单数据输入.
- (4) 从变迁指向场所的弧中含有将变迁的输出写入状态的操作.

2.3 Petri 网建模示例

为了说明从 WS-BPEL 文档到 Petri 网的建模^[2]过程,本文展示一段示例性代码,并显示了它的 Petri 网模型.以下是 BPEL 文档片段:

```
<if condition = "request.unconnected">
  <invoke portType = "PT1" operation = "connect"
    inputVariable = "request" outputVariable = "reply"/>
</if>
<assign>
  <copy>
    <from variable = "reply"/>
    <to variable = "varB"/>
  </copy>
</assign>
```

其 Petri 网模型如图 1 所示.

Petri 网中用长方形表示变迁,用椭圆表示场所.图 1 第一个场所表示数据库断开连接的状态: state = "unconnected",通过变迁中的 "operation = 'connect'" 可以连接数据库,执行完操作将返回的

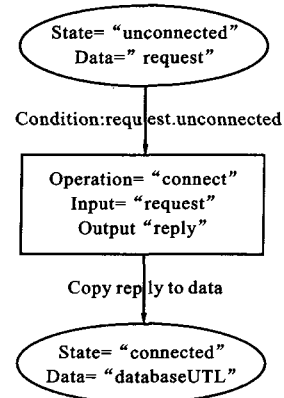


图 1 Petri 网模型

信息 "output = 'reply'" 复制到下一个状态的数据中,即 "data = 'databaseURL'".

3 服务组合搜索算法

3.1 问题描述

本文将 Web 服务视作对在前状态上的操作,因此服务组合可以视作一个搜索从初始状态到目标状态的可达路径的过程^[2-4].在 Petri 网中由场所来描述状态,由变迁来描述 Web 服务,所以可以将服务组合描述为这样的问题:是否存在一条从源场所到目的场所的路径.假如存在这样的路径,那么该路径上的变迁即为需要综合起来的服务.如此, Petri 网的服务组合可简化为搜索有向图中两点间可达路径的问题.

3.2 Path-Search 搜索算法

在用伪码描述算法之前,这里先对下面所用到的形式化描述进行定义:

(1) 对于场所 p_1, p_2 , 如果存在变迁 $t, p_1 \rightarrow t$ 且 $t \rightarrow p_2$, 那么称 p_2 为 p_1 的后继状态, 记作 $p_1 \Rightarrow p_2$.

(2) $\text{mark}(p_1, p_2)$: 标记连通 p_1, p_2 的变迁 t ; $\text{isMarked}(p_1, p_2)$: 若连通 p_1, p_2 的 t 已被标记则返回 true; 否则返回 false.

(3) $p.\text{next}()$: 若存在 $p \Rightarrow p_2$, 且 $\text{!isMarked}(p, p_2)$, 则返回 p_2 ; 否则返回 null.

Stack Path-Search(P_1, P_2) {

Stack stack;

stack.push(P_1);

while(! stack.isEmpty()) {

Place p = stack.peek();

if($p = P_2$)

return stack;

```

if (p.next() != null) {
    stack.push(p.next());
    mark(p, p.next());
}
else stack.pop();
}
return null;
}

```

3.3 算法分析

本算法将在达到目标场所或遍历完所有路径后返回. 假设目标场所并不存在, 那么 Path-Search 将遍历完从源场所出发的所有路径. 在一个有 N 个场所的 Petri 网, 最多可能存在 $(N-1)^2$ 个变迁. 最糟糕的情况下, Path-Search 算法复杂度将达到 $O(n^2)$.

理论上来讲, 这种情况是不可行的. 但是, 对于实际的 Web 服务来讲, 一般不会出现这样的情况. 大多数情况下, 两个状态之间并没有太多的变迁, 并且搜索的路径也不会太长, 一般不超过十个. 因为超过十个之后, 所得到的服务组合的安全性将很难得到保证. 为了考虑到路径不存在的情况, 用户可设定一个最大值 N , 当搜索次数超过 N 时即默认目标状态不可达.

3.4 服务协商

Petri 网中的变迁对应于 Web 服务. 可以在变迁中保存服务质量描述信息. 本文在变迁中保存了服务的返回时间和安全性等两种信息. 在返回路径的同时, 可返回服务组合的执行时间和安全性供用户参考. 倘若用户不满意, 可作再次搜索, 直到服务组合的质量达到用户要求为止. 服务协商过程如图 2 所示.

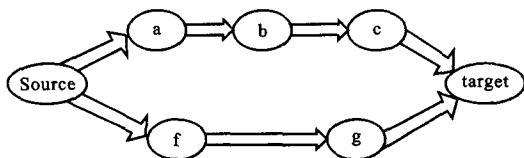


图 2 服务协商过程

第一次返回路径是 $path1 = \{Source, a, b, c, Target\}$. 假设 $path1$ 的执行时间或安全性不符合用户要求, 那么算法将进行再次搜索. 因为第一次搜索时 $path1$ 上的变迁已经被标记, 即算法中的 $mark(p, p.next())$ 操作, 所以跳过 $path$ 搜索其他路径. 图 2 中第二次返回路径是 $path2 = \{Source, f, g, Target\}$. 假如 $path2$ 的执行时间和安全性都符合用

户要求, 那么 $path2$ 即为所求; 否则再次搜索返回 null, 即不存在满足用户需要的服务组合.

4 WS-BPEL 文档的生成

根据搜索得到 Petri 网中两个场所之间的路径生成 WS-BPEL 文档, 是自动服务组合的工作流描述实现. 按照上节提到的从 BPEL 到 Petri 网的映射规则, 可相应生成从 Petri 网到 BPEL 文档的生成规则如下:

- 变迁作为 BPEL 文档中的远程 Web 服务调用元素 `<invoke>`.
- 场所中描述状态的必要数据将作为 BPEL 文档中的变量保存.
- 从场所到变迁的弧作为变迁执行条件.

由于 Petri 网是从 BPEL 文档转换而来, 所以逆转换的过程并不复杂. 根据以上规则, 图 1 可转为 BPEL 文档如下:

```

<variable name="request" value="..." />
<variable name="databaseURL" type="xsd:url" />
<if condition="request.unconnected">
    <invoke operation="connect"
        inputVariable = request outputVariable =
        "databaseURL" />
</if>

```

比较两段 BPEL 文档代码可知, 它们具有相同的执行结果. 也就是说, 两个转换过程是可行的. 这也证明了该 Petri 网模型的正确性.

5 结束语

本文利用已经具有成熟理论体系的 Petri 网为基础, 设计一种算法搜索服务组合, 并且利用 Petri 网中包含的信息可自动执行 BPEL 文档. 但是, 限于当前研究还处于初步阶段, 本文还存在一个问题, 即对服务组合中复杂的结构化活动支持不足. 实现复杂的结构化活动之后, 该自动服务组合理论才能够得到大范围应用. 所以, 完善 Petri 网模型以支持结构化活动, 将是今后研究的重点所在.

参考文献:

- [1] 伍伟, 李兵, 曾诚. 基于本体的语义 Web 服务注册平台研究[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(10): 40-42.
- [2] 刘青, 连样鉴. 基于上下文的 Web 服务动态组合[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(9): 50-52.

(下转第 108 页)

一步探讨的问题。

参考文献:

- [1] 余平,马小虎,李建国. 基于 LS9/7 小波的图像压缩算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(9): 109 - 111.
- [2] Le Pennec E, Mallat S. Bandelet image approximation and compression[J]. SIAM Journal of Multiscale Modeling and Simulation, 2005, 3, 4(3): 992 - 1039.
- [3] Peyré G, Mallat S. Discrete bandelets with geometric orthogonal filters[C]// Proceedings of ICIP. Genoa, Italy, 2005: 65 - 68.
- [4] Othman H, Shen - En Qian. Noise reduction of hyperspectral imagery using hybrid spatial - spectral derivative - domain wavelet shrinkage[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(2): 397 - 408.
- [5] Toet A. Multiscale contrast enhancement with application to image fusion[J]. Optical Engineering, 1992, 31(5): 1026 - 1031.
- [6] Le Pennec E, Mallat S. Sparse geometric image representations with bandelets[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(4): 423 - 438.
- [7] Peyré G, Mallat S. Surface compression with geometric bandelets[J]. ACM Transactions on Graphics, 2005, 24(3): 601 - 608.
- [8] 杨居义. 基于第二代 Bandelet 变换的自适应阈值去噪算法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(8): 219 - 222.

作者简介:

金海燕 女, (1976 -), 博士, 副教授, 硕士生导师. 研究方向为 SAR 图像处理、图像去噪与压缩、图像融合、图像处理及其优化问题等.

王 彬 男, (1971 -), 副教授. 研究方向为图像处理、网络通信与安全等.

(上接第 102 页)

- [3] 滕兴全, 李增智. 基于 OWL - S 的 Web 服务组合的验证研究[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(12): 62 - 65.
- [4] 曾诚, 何克清, 李兵. 一种改进的分布式 Web 服务注册管理模型研究[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(10): 18 - 20.

作者简介:

李增智 男, (1938 -), 教授, 博士生导师. 研究方向为 Web 服务的发现与组合.

董少然 男, (1985 -), 硕士研究生. 研究方向为 Web 服务的发现与组合.