

基于有色 Petri 网的 Web 服务合成建模

应 宏, 吴 愚, 郭 皎

(重庆三峡学院 数学与计算机科学学院, 重庆 404000)

摘 要:分析了用一般 Petri 网进行 Web 服务合成建模的不足, 提出用有色 Petri 网进行改进。利用有色 Petri 网原理给出了 Web 服务的形式化定义, 描述了 Web 服务合成的五种基本结构的 Petri 网模型, 通过一个行程规划实例, 分析了行程中的不同 Web 服务, 描述了行程规划服务由不同 Web 服务合成的有色 Petri 网模型, 展示了有色 Petri 网在 Web 服务合成建模中的优势。

关键词:Web 服务; 有色 Petri 网; Web 服务网模型; 合成建模

中图分类号:TP393.09

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0128-03

Web Service Composition Modeling Based on Colored Petri Net

YING Hong, WU Yu, GUO Jiao

(College of Mathematics and Computer Science, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404000, China)

Abstract: Have analyzed inadequate of using general Petri nets to the Web services composition modeling, having put forward the improvement by colored Petri net. Have given the formal definition of Web services based on colored Petri net theory, have described the Petri net model of five kinds of basic structure of Web services composition. Through an examples - schedule, have analyzed the different Web services of the schedule, have described colored Petri net model that were from a combination of different Web services formed a schedule service and demonstrated advantage of the colored Petri net in the Web services composition model methods.

Key words: web services; colored petri net; web service net model; composition modeling

0 引 言

Web 服务合成是指将多个服务按照一定业务规则组合成新服务的技术。合成之后的新服务被称为合成服务, 用于组成合成服务的子服务称为基本服务。目前, Web 服务合成的工具主要是 BPEL4WS^[1]。但是, BPEL4WS 并没有为合成提供形式化的建模与分析手段, 不利于对合成 Web 服务业务流程的性能评价。文献[2]提出了基于一般 Petri 网的 Web 服务合成方法, 它可以确保合成服务的控制流的可靠性。然而, 一般 Petri 网因无数据概念, 不能精确表达 Web 服务的语义, 例如消息概念、服务操作集合等。由丹麦 Kurt Jensen 提出的有色 Petri 网扩展了 Petri 网的 token 机制^[3], 支持在网模型中 token 颜色的定义, 以描述复杂的数据对象, 从而使得有色 Petri 网在描述业务流程控制流的同时能描述流程中的数据流, 更全面地刻画业务流程。因而文中利用有色 Petri 网来对 Web 服务

及其合成进行建模。

1 Web 服务 Petri 网模型

1.1 有色 Petri 网

有色 Petri 网作为一种数学工具, 被广泛应用于过程的描述、分析和验证。与基本的 Petri 网类似, 有色 Petri 网有图形表示, 也有描述语言表示, 两者之间的转换可以运用工具来完成。在有色 Petri 网的图形中, 有以下几个基本概念^[4]:

- (1) 库所(place), 圆表示, 描述系统状态。
- (2) 变迁(transition), 矩形表示, 描述系统活动。
- (3) 弧(arc), 箭头表示, 描述变迁发生时系统状态的变化。

- (4) 令牌(token), 每个库所都有一个令牌集合, 每个令牌包含一个给定类型的数据元素。

定义 1^[5] 一个有色 Petri 网是一个九元组 $CPN = (K, P, T, F, C, G, E, i, o)$, 其中:

K 是一个非空有限颜色集, $K = \{k_i | k_i \text{ 是 token 的颜色, } i \in N\}$, 用于表示 Web 服务中涉及的数据类型。

收稿日期: 2008-08-08

基金项目: 重庆市科技计划项目(KJ081109)

作者简介: 应 宏(1962-), 男, 重庆万州人, 教授, 研究方向为网格计算和 Petri 网。

P 为一位置有限集,表示 Web 服务的状态。

T 为一变迁有限集,表示 Web 服务的操作。

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$, 是一个有限弧集,对应 Web 服务中操作和状态之间的关系。

C 是一个数据类型函数,定义为 $C: P \rightarrow K$, 即每个位置中 token 都属于数据类型 $C(p)$ 。

G 是防卫(guard)表达式,它把每个变迁 t 都映射到一个布尔表达式 B , 并且 $G(t)$ 中所有变量的类型必须包含于数据类型集 K 中。可用一种布尔表达式 $[Bexpr_1, Bexpr_2, \dots, Bexpr_n]$ 作为防卫表达式,等价于 $Bexpr_1 \wedge Bexpr_2 \wedge \dots \wedge Bexpr_n$, 防卫表达式为空时为真。 G 用于指定除输入参数外调用 Web 服务操作必须满足的条件。

E 是一个弧表达式函数,定义为从弧到表达式的函数 $E(f)$, 满足 $\forall f \in F: [Type(E(f)) = C(p)_{MS} \wedge Type(Var(E(f))) \subseteq K]$, 其中 p 是位置, $C(p)_{MS}$ 返回位置 p 上多集的类型。 $E(p, t) = \{w(k_1)'k_1, w(k_2)'k_2, \dots, w(k_n)'k_n\}, (p, t) \in F, k_i \in K, n = |K|, w(k_i) \in \mathbb{Z}, \mathbb{Z}$ 是正整数的集合。 $w(k_i)'k_i$ 表示 $w(k_i)$ 个 k_i 类的 token。弧表达式可不出现,缺省为空,用于表示调用 Web 服务操作的输入、输出参数。

S 是一个初始化函数 $S(p)$, 定义为从 P 到一个封闭表达式,封闭表达式是不含任何变量的表达式。 S 必须满足: $\forall p \in P: [Type(S(p)) = C(p)_{MS}]$, 即 $S(p)$ 函数对位置 P 进行初始化时,其封闭表达式结果的类型必须与位置上的多集的类型相一致。 S 用于指定 Web 服务的初始输入参数。

i 是输入位置, $i = \{x \in P \cup T | (x, i) \in F\} = \emptyset$, 表示 Web 服务开始的位置集。

o 是输出位置, $o = \{x \in P \cup T | (o, x) \in F\} = \emptyset$, 表示 Web 服务结束的位置集。

有色 Petri 网通过扩展令牌机制,使其具有色彩(color)和类型(type),可以描述复杂的数据对象,从而使得有色 Petri 网既关注控制转移结构,又关注流程中数据的流过程,适用于对系统全面刻画。

1.2 Web 服务的 Petri 网模型

根据 WSDL 的定义,一个 Web 服务主要由定义、类型、消息、操作、接口、特性、属性、绑定、端点和服务等组件组成^[6]。为描述 Web 服务的内部组成结构,可不考虑具体协议和属性,用有色 Petri 网描述如下。

定义 2 Web 服务可以用一个六元组 $WS = (SName, SDesc, SLoc, SURL, CS, SN)$ 来表征。其中:

(1) $SName$ 代表 Web 服务名称,使用唯一的标识符表示;

(2) $SDesc$ 是 Web 服务提供的描述,描述 Web 服

务提供的服务,即功能;

(3) $SLoc$ 是 Web 服务所在位置,即服务调用地址,用于服务自动发现;

(4) $SURL$ 是 Web 服务对应的 URI 地址;

(5) CS 是此 Web 服务包含的 Web 服务名称集合,如果 $CS = \{SName\}$, 那么这个 Web 服务 WS 就是一个基本服务,反之则是一个合成的 Web 服务;

(6) $SN = (K, P, T, F, C, G, E, i, o)$, 是此 Web 服务对应的服务网模型,定义同定义 1。颜色可以表达丰富的数据对象,颜色集既可以包含各种应用数据又可以描述各类控制参数,可区别不同种类的 Web 服务。Web 服务的状态一般分为未初始化、就绪、运行、挂起、完成五种状态^[7]。弧表达式函数用于表达复杂的业务规则,如并行、共享等。变迁防卫函数为变迁的使能附加了限制条件,便于控制业务流程,增强了过程建模的柔性。在 WS 执行开始前只有输入位置 i 包含 token, 在 WS 执行完成后, token 最终到达输出位置 o 。

2 Web 服务基本合成结构

合成 Web 服务可以由多个基本服务或合成服务嵌套组合而成,但最基本的合成结构包括如下 5 种^[8]:

(1) 顺序。当一个服务需要用到另外一个服务的输出时就要使用顺序结构来合成,即 $WS1$ 必须在 $WS2$ 开始之前完成。合成服务 WS 满足 $i = i_1, o = o_2$ 。如图 1(a)所示。

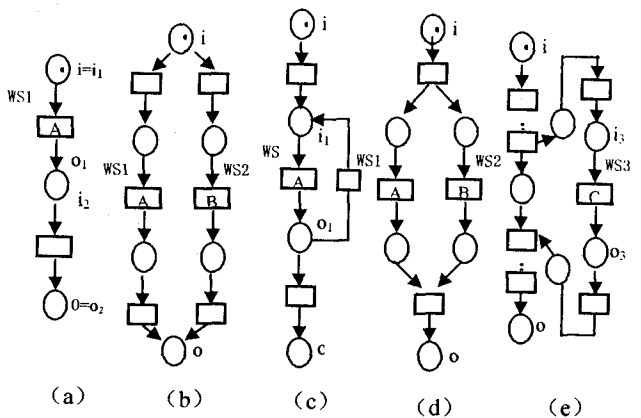


图 1 5 种基本合成结构

(2) 选择。选择结构实现或者执行 $WS1$, 或者执行 $WS2$, 且必须执行一个服务的时候,如图 1(b)所示。

(3) 循环。当需要多次重复执行同一个 Web 服务来完成既定任务时,可以通过循环结构来实现。用库中所 $token$ 的个数来控制循环的次数,如图 1(c)所示。

(4) 并行。并行结构允许 Web 服务 $WS1$ 和 $WS2$ 可不分先后地完成,但一定要两者都执行完成后整个合成服务才算执行完成。并行结构又分为有通讯的并

行合成和无通讯的并行顺序合成,如图 1(d)所示。

(5)调用。当一个 Web 服务执行时,需要通过调用另外一个 Web 服务来完成任务,就形成了调用结构。如图 1(e)所示。

有了上述 5 种基本结构,就可合成各种复杂的结构。通过这 5 种合成结构得到的合成服务同样有且仅有一个输入库所 i 和一个输出库所 o ,因而复杂的合成 Web 服务可以用定义 2 中的 Petri 网模型来描述,从而可以在 Petri 网定义的范围内对其性质和行为进行分析和仿真。由 5 种基本结构迭代合成出来的合成服务只要在最开始的输入库所 i 中放入 token,就可驱动整个服务的执行。

3 建模实例

基于有色 Petri 网给 Web 服务合成建模后,就可以在 Petri 网定义的范围内对其性质和行为进行分析和仿真。在此给出一个建模的实例。用户要从 A 地到 B 地参加一个会议,要预定从 A 地到 B 地的机票,到达 B 地住宿的酒店,以及到 B 地机场后酒店的接送。假设从 A 地到 B 地有两家不同的航空公司及航班,到达 B 地后有两个可预定的酒店。

用户可制定一个行程规划服务(Schedule Service),具体过程如下:首先查询航班信息和酒店信息,然后根据用户对时间、价格以及服务质量的要求选择一个航班和酒店,接着向航空公司请求订票服务和向酒店预订房间,并通过银行信用卡分别进行网上支(预)付,最后由预订的酒店负责到机场接送。这个过程可以划分为航班查询服务(Airline Query Service, AQS)、酒店查询服务(Hotel Query Service, HQS)、航班订票服务(Airline Ticket Service, ATS)、酒店预订服务(Hotel Booking Service, HBS)、网上支付服务(PayByCMB Service, PBCS)、酒店接送服务(Hotel Reception Service, HRS)等基本 Web 服务,它们组合形成一个行程规划服务。用有色 Petri 网对 Schedule Service 建模如图 2 所示。

从上述过程可以看到, Schedule Service 由 AQS、HQS、ATS、HBS、PBCS 和 HRS 等服务通过使用并行、选择、顺序和调用等结构合成。针对图 2 的 Petri 网,可以构造其可达树或者可达图以研究其活性,从而验证 Schedule Service 的正确性,限于篇幅,在此就不论述。

4 结束语

根据有色 Petri 网理论定义了 Web 服务网模型,

并给出了 5 种基本合成结构的 Petri 网模型,最后通过一个具体的建模实例展示了有色 Petri 网在服务合成建模方法的优势。今后的工作是利用有色 Petri 网分析技术,辅助 Web 服务合成的设计、验证合成服务的正确性,提供直观的、图形化的工具用于 Web 服务合成的设计和分析。

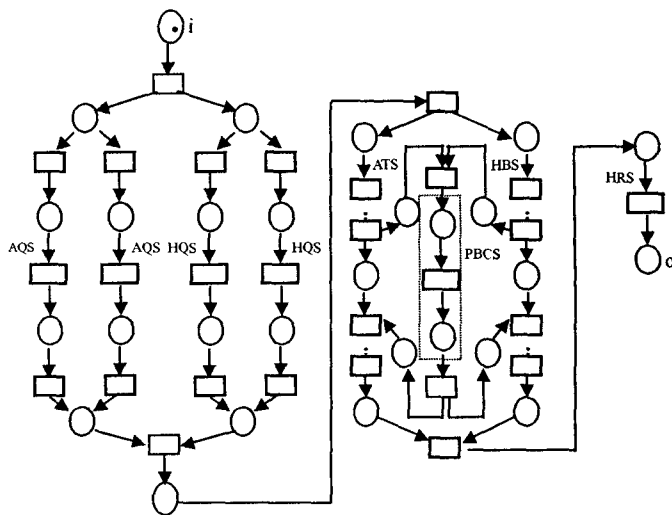


图 2 行程规划服务有色 Petri 网描述

参考文献:

- [1] BP4WS. Business Process Execution Language for Web Services version 1.1 [EB/OL]. 2003. <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-bpel/>.
- [2] Hamadi R, Benatallah B. A Petri Net - based Model for Web Service Composition[C]//In 14th Australasian Database Conference (ADC2003). Adelaide, Australia: [s. n.], 2003: 191 - 200.
- [3] Jensen K. An Introduction to the Theoretical Aspects of Colored Petri Nets[C]//de Bakker J W, de Roever W - P, Rozenberg G. A Decade of Concurrency, Lecture Notes in Computer Science. [s. l.]: Springer - Verlag, 1994: 230 - 272.
- [4] 吴哲辉. Petri 网导论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [5] 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [6] 饶元, 冯博琴, 李尊朝. 基于 Web Service 的服务合成技术研究综述[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(8): 1481 - 1489.
- [7] 薛贵友. SOAP 有状态/无状态分析及有状态实现[J]. 天津理工学院学报, 2002, 18(2): 61 - 64.
- [8] Wohed P. Analysis of Web Services Composition Languages: The Case of BP4WS[C]//In: 22nd International Conference on Conceptual Modeling. [s. l.]: Springer - Verlag, 2003: 142 - 162.