

服务组合中基于 DTMC 的可靠性和性能分析

曹科强 顾庆 任颖新 陈道蓄

(南京大学计算机科学与技术系计算机软件新技术国家重点实验室 南京 210093)

摘要 Web 服务组合可以通过整合网络上现有的多种异构服务从而形成新的服务。针对服务组合中的可靠性和相关性能评估问题,提出了一种基于离散时间马尔可夫链 DTMC(Discrete Time Markov Chain)的评估方法。从不同运行场景的角度,利用 DTMC 相关性质和公式综合估算了服务组合的可靠性和其他性能,并针对具体服务组合的瓶颈进行了分析,提出了改进措施。与现有的服务组合可靠性和性能分析方法相比,本方法对服务组合中结构复杂和运行场景多样化的特点具有更好的适应性,更全面、准确地评估了服务组合的可靠性和相关性能。实验表明,本方法具有良好的分析效果和指导改进的能力。

关键词 服务组合,可靠性分析,离散时间马尔可夫链,运行场景

中图分类号 TP311.5 **文献标识码** A

Reliability and Performance Analysis of Web Service Composition Based on DTMC

CAO Ke-qiang GU Qin REN Ying-xin CHEN Dao-xu

(State Key Laboratory for Novel Software Technology, Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract Web service composition enables a new way to create new services by assembling independent service components. One of the important goals in service composition was analyzed aiming at reliability and performance attributes of service compositions. In this paper, a novel evaluating method based on DTMC(Discrete Time Markov Chain) was presented to solve this problem. By applying properties and formulas derived from the theory of DTMC, this method comprehensively estimated reliability and performance attributes of service compositions in view of different execution scenarios. It also assisted in identifying bottlenecks of given service compositions and suggesting strategies for improvements. Compared with previous researches, this method not only analyzed reliability and performance attributes more accurately, but also adapted better to complex structures and multiple execution scenarios which are distinct characteristics of service compositions. Experiments show that it has a good ability in terms of reliability and performance analysis of Web service composition.

Keywords Service compositions, Reliability analysis, DTMC, Execution scenarios

1 引言

Web 服务是一种新兴的分布式 Web 应用模式,是 Web 上数据和信息集成的有效机制。为了简化现实应用的逻辑,提高服务可重用性,单个 Web 服务往往比较简单,因此现实中复杂服务的应用需要组合多个简单的 Web 服务^[1]。为了解决现实 Web 应用中“应用到应用(application-to-application)”的核心问题,使当前 Web 应用适应复杂商务处理的需求,对 Internet 上已有服务进行整合和集成,研究 Web 服务组合(Service Composition)具有重要的意义。服务组合作为 Web 服务技术的核心问题,已有大量研究工作和实证经验^[2-5],但缺乏评估服务组合的非功能指标(可靠性、价格等)的相关模型和系统方法。

可靠性表示系统在规定的条件下和时间内完成规定功能

的能力^[6]。系统可靠性分析是保证系统正确、可靠、安全工作的关键步骤。传统的基于构件的软件系统可靠性分析方法,主要分为路径法和状态法^[7]。前者是根据构件软件系统的所有执行路径的可靠性估计系统的可靠性^[8,9];后者是把构件系统的执行过程看成一个构件间的状态转移过程,然后利用随机过程的理论(以马尔可夫链为主)进行分析^[10,11]。现有关于服务组合的可靠性和性能评估的研究,多数基于这两类方法^[5,12,13]。但是,这些工作都忽略了运行场景对系统可靠性的影响。所谓运行场景,是对用户如何使用系统的定量刻画。在服务组合中,各个用户的执行情况不同,导致了用户类型的多样性,比如不同类型的用户对于组合中的各个服务访问的概率和时间是不同的。因此,相较于基于构件的软件系统,服务组合在运行场景多样化的特征上更为明显。另外,传统的路径法和状态法只限于各自适用的模型。在结构的复杂

到稿日期:2008-11-18 返修日期:2009-02-05 本文受国家自然科学基金项目(编号: NSFC60873027)资助。

曹科强 硕士研究生,研究方向为服务组合, E-mail: ckq@dislab.nju.edu.cn; 顾庆 副教授,研究方向为分布式计算与并行处理、软件工程; 任颖新 硕士研究生,研究方向为软件可靠性; 陈道蓄 教授,博士生导师,研究方向为分布式计算与并行处理等。

程度上,服务组合也比传统的基于构件的软件系统要高,单一地使用路径法或状态法无法良好地适应服务组合的复杂结构和多种指标。

针对以上问题,本文介绍了一种服务组合中评估可靠性和性能的分析方法。首先,主要考虑对用户更加重要的衡量参数,比如时间和可靠性;其次,根据离散时间马尔可夫链(DTMC)相关性质得到计算可靠性和时间的分析表达式,并使用SDG(Service Dependency Graph)来表示各种运行场景;接着,对SDG中符合路径法的部分进行结构的聚集、简化,并将其中符合状态法性质的部分映射成为DTMC,以便于下一步分析;然后,结合定制的参数和表达式得到每种运行场景下该服务组合的可靠性和会话时间;最后,根据该服务组合各种运行场景的分布情况,计算得到该服务组合总体的可靠性和性能。与现有工作相比,本文的工作针对不同的模型在不同层面中灵活地使用基本方法,可以更全面地适应服务组合的复杂结构。本方法在分析同一服务组合下各种运行场景的指标之后综合、归纳得到整体指标,与不考虑多种场景的现有工作相比,评估结果更准确,更符合实际情况。

本文第2节介绍DTMC和相关公式;第3节介绍用于表示运行场景的SDG,同时给出SDG的简化步骤以及SDG到DTMC的映射过程;第4节描述可靠性和性能的分析方法;第5节结合例子给出计算结果和相关分析;最后进行总结并对未来工作进行展望。

2 DTMC基本性质及公式

马尔可夫过程是研究事物的状态及其转移的基础理论之一,它在任何时刻的结果仅依赖于前一时刻的结果而与更以前的结果无关。它既适合于时间序列,又适用于空间序列。马尔可夫过程的一种特殊类型为马尔可夫链,它具有有限个或者可列无限个状态 $\{e_1, e_2, e_3, \dots\}$,在已知系统现在所处状态的情况下,系统将来的演变与过去无关。马尔可夫链和马尔可夫过程都可以是离散时间或者连续时间的过程,这取决于时间指标是离散的还是连续的^[14]。本文涉及到的时间指标是离散的,所以采用的是离散时间马尔可夫链(Discrete Time Markov Chain, DTMC)。DTMC的作用在于转化SDG,以便更好地分析可靠性和性能指标。每张SDG图描述的是这类用户在执行服务组合的模式,这些模式都带有一个起始节点和一个结束节点。而这样一个特征符合带吸收状态的DTMC(absorbing DTMC)的描述。

每个DTMC都可以由它的单步转移概率矩阵 $P=[p_{i,j}]$ 来表征和确定。转移概率 $p_{i,j}$ 表示系统在时刻 t 处于状态 i ,在下一时刻 $t+1$ 处于状态 j 的概率。而 P 矩阵的所有元素均在0和1之间,且每一行的和为1,所以 P 是一个随机矩阵。一个带吸收状态的DTMC是指至少有一个状态是没有任何转移的。一旦该DTMC进入一个吸收状态,那么它将永远停留在那里,不可能再转移到其他状态。一个带吸收状态的DTMC的转移概率矩阵可以表示成下面的形式:

$$P = \begin{pmatrix} Q & C \\ 0 & I \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中, Q 是一个 $(n-m) \times (n-m)$ 的亚随机矩阵,即该矩阵至少有一行的元素之和是小于1的; I 是一个 $m \times m$ 的单位矩阵; 0 是一个 $m \times (n-m)$ 的零矩阵; C 是一个 $(n-m) \times m$ 的

矩阵。 n 表示该DTMC的状态个数, m 表示 n 个状态中吸收状态的个数。而 k 步转移概率矩阵 P^k 表示如下:

$$P^k = \begin{pmatrix} Q^k & C^k \\ 0 & I \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中, Q^k 的第 (i,j) 元素表示从 i 状态开始,经过 k 步之后到达 j 状态的概率。易见,当 t 趋向于无穷大时, $\sum_{i=0}^t Q^i$ 是收敛的,所以 $(I-Q)^{-1}$ 矩阵即吸收链的基础矩阵 M 是存在的:

$$M = I - Q^{-1} = I + Q + Q^2 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} Q^i \quad (3)$$

假设流程从状态1开始, $K_{1,j}$ 表示从状态1开始到该流程进入吸收状态之前访问状态 j 的次数。而基础矩阵 M 的第 $(1,j)$ 元素 $m_{1,j}$ 表示从状态1开始到该流程进入吸收状态之前访问状态 j 的次数的期望值。可以得到:

$$k_j = E[K_{1,j}] = m_{1,j} \quad (4)$$

其中, k_j 表示 $K_{1,j}$ 的期望值, $m_{1,j}$ 表示基础矩阵 M 的第 $(1,j)$ 元素。

同理,基本矩阵 M 也可以用于计算流程进入吸收状态之前访问状态 j 次数的方差。假设 σ_j^2 表示从状态1开始到该流程进入吸收状态之前访问状态 j 次数的反差,则可以得到:

$$\sigma^2 = M \times (2M_d - I) - M^2 \quad (5)$$

其中, M_d 表示矩阵 M 的对角线矩阵,所以可以得到:

$$\text{Var}[K_{1,j}] = \sigma_j^2 \quad (6)$$

3 SDG概念及处理

3.1 SDG概念

SDG(Service Dependency Graph)是一种表示服务、服务可靠性和相关性能、转移的有向图,它是结合本文服务组合的场景和CDG^[8]修改得到的。SDG的建立和分析严格基于运行场景。在每个SDG中,每个状态表示单个服务,状态之间的转移表示服务之间的迁移。这些转移通常具有概率,表征了服务与服务之间迁移的随机性。除此之外,SDG还包括了两个服务之间转移时用户所需要花费的转移时间,这个时间在实际情况中可能包含通信耗费时间和用户或组合控制后台思考的时间。为了便于后续分析,SDG可以表示成为一个 $n \times n$ 的矩阵,其中 n 表示图中的状态个数。该矩阵的每个元素包含两个参数 $t p_{i,j}$ 和 $tt_{i,j}$,前者表示状态 i 到状态 j 的转移概率,后者表示状态 i 到状态 j 的转移时间。创建SDG图可以通过研究服务组合的设计报告得到,或者通过收集和分析服务组合执行的历史数据也可以获取。图1展示了一个带转移概率的SDG图。

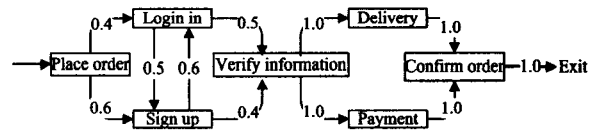


图1 带转移概率的SDG图

3.2 SDG的聚合和映射处理

在进行可靠性和性能分析之前,为了降低结构的复杂度,更好地描述服务组合的状态和行为。SDG图需要做两步预处理:结构聚合和SDG图到DTMC图的映射。

3.2.1 聚合处理

聚合基于组成服务组合的基本结构模式,例如顺序结构、循环结构和并行结构等。而服务组合的基本模式,源于工作

流模式。工作流下适用的公式、方式同样适用在服务组合的场景^[15]。表1给出了常用的几种结构聚合的可靠性和时间指标的计算,其中 x_a 表示聚合之后的指标值, x_i 表示被聚合的单个服务的指标值, q 表示被聚合服务的个数, k 表示循环的执行次数。更多模式和公式参见文献^[16]。

表1 聚合结构的可靠性和运行时间计算公式

模式	可靠性	运行时间
Sequence	$x_a = \prod_{i=1}^q x_i$	$x_a = \sum_{i=1}^q x_i$
Loop	$x_a = x_i^q$	$x_a = kx$
AND	$x_a = \prod_{i=1}^q x_i$	$x_a = \max(x_1, \dots, x_q)$

3.2.2 映射处理

聚合之后的SDG图,对其中符合DTMC性质的部分结构,进行到DTMC的映射处理;否则,保持原状。

SDG映射到DTMC的过程遵循下列流程:

- 每个SDG中的状态都映射成为DTMC中的相应状态,并称这些状态为服务状态;
- 如果服务状态 i 和服务状态 j 之间的转移概率 $w_{i,j} > 0$,即该服务组合有可能从状态 i 迁移至状态 j ,则在DTMC中相应加入一个中间状态 $mt_{i,j}$,表示状态 i 到状态 j 存在迁移;
- 如果 $w_{i,j} > 0$,则状态 i 到状态 $mt_{i,j}$ 的转移概率设为 $w_{i,j}$,而状态 $mt_{i,j}$ 到状态 j 的转移概率设为1。

每个服务组合的各种运行场景都可以分别用SDG图表示。经过聚合和映射处理之后的SDG图,就可以用来计算该运行场景下每个服务状态或中间状态的访问次数的期望值和方差。服务状态的访问次数的期望值和方差表示了该运行场景下服务组合对该状态的使用程度;中间状态的访问次数的期望值和方差表示了该运行场景下服务组合对该中间状态所连接的两个状态的连续执行次数。与现有的工作^[5,12,13]相比,这样不仅可以更好地描述状态的访问情况,而且加入转移时间则使得服务组合的会话时间得到更加精确的衡量。

4 分析方法

本文提出的可靠性和性能分析方法分为两个部分:第一部分,针对每一类运行场景,根据服务状态和中间状态的参数,采用分析表达式计算得到该类运行场景下服务组合的可靠性和性能指标;第二部分,根据每一类运行场景下服务组合的可靠性和性能指标,综合得到该服务组合的可靠性和性能指标。

4.1 运行场景级别的可靠性和性能分析

本节将针对每类运行场景,推导出分析表达式,计算该场景下服务组合的可靠性和性能指标。

4.1.1 可靠性分析

可靠性分析的目标是针对每类运行场景,根据服务状态和中间状态的可靠性求得服务组合的可靠性。对于运行场景 s ,假设 $r_{i,s}$ 表示服务状态在提供服务时的可靠性,同样 $r_{i,j,s}$ 表示服务组合在服务状态 i 和 j 之间的中间状态的可靠性,则服务状态 i 在运行场景 s 下的可靠性 $R_{i,s}$ 表示为:

$$R_{i,s} = r_{i,s}^{N_{i,s}} \quad (7)$$

其中, $N_{i,s}$ 表示运行场景下在一次服务组合的会话当中服务状态 i 的执行次数。 $N_{i,s}$ 和 $R_{i,s}$ 都是随机变量,而使用泰勒展

式可以求得一个随机变量组成的函数的均值(数学期望),因此一次会话下服务状态 i 的可靠性期望值 $E[R_{i,s}]$ 可表示为:

$$E[R_{i,s}] = E[r_{i,s}^{N_{i,s}}] \approx r_{i,s}^{k_{i,s}} + \frac{1}{2} r_{i,s}^{k_{i,s}} (\log r_{i,s})^2 \sigma_{i,s}^2 \quad (8)$$

其中, $k_{i,s}$ 表示运行场景 s 一次会话中服务状态 i 执行次数的期望值, $\sigma_{i,s}^2$ 则表示运行场景 s 一次会话中服务状态 i 执行次数的方差。同理,可以推导得到中间状态 $mt_{i,j}$ 的期望值 $E[R_{i,j,s}]$:

$$E[R_{i,j,s}] = E[r_{i,j,s}^{N_{i,j,s}}] \approx r_{i,j,s}^{k_{i,j,s}} + \frac{1}{2} r_{i,j,s}^{k_{i,j,s}} (\log r_{i,j,s})^2 \sigma_{i,j,s}^2 \quad (9)$$

其中, $k_{i,j,s}$ 表示运行场景 s 一次会话中中间状态 $mt_{i,j}$ 执行次数的期望值, $\sigma_{i,j,s}^2$ 则表示运行场景 s 一次会话中中间状态 $mt_{i,j}$ 执行次数的方差。

运行场景 s 下整个服务组合的可靠性 R_s 可以由上述推导得到的服务状态和中间状态的可靠性得到:

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_{i,s} \prod_{i=1,j=1}^{i=q_i, j=n} R_{i,j,s} \quad (10)$$

由式(8)和式(9)可以得到运行场景 s 下整个服务组合的可靠性的期望值 $E[R_s]$:

$$E[R_s] = \prod_{i=1}^n \left[r_{i,s}^{k_{i,s}} + \frac{1}{2} r_{i,s}^{k_{i,s}} (\log r_{i,s})^2 \sigma_{i,s}^2 \right] \prod_{i=1,j=1}^{i=q_i, j=n} \left[r_{i,j,s}^{k_{i,j,s}} + \frac{1}{2} r_{i,j,s}^{k_{i,j,s}} (\log r_{i,j,s})^2 \sigma_{i,j,s}^2 \right] \quad (11)$$

4.1.2 性能分析

性能分析的目标是针对每类运行场景,根据服务状态的服务时间和中间状态耗费的时间求得服务组合的耗费时间。对于运行场景 s ,假设 $t_{i,s}$ 表示服务状态在提供服务时的耗费时间,同样 $t_{i,j,s}$ 表示服务组合在服务状态 i 和 j 之间的中间状态 $mt_{i,j}$ 的耗费时间。

服务状态 i 在运行场景 s 下的耗费时间 $T_{i,s}$ 为:

$$T_{i,s} = N_{i,s} t_{i,s} \quad (12)$$

其中, $N_{i,s}$ 表示运行场景下,在一次服务组合的会话当中服务状态 i 的执行次数。 $N_{i,s}$ 和 $T_{i,s}$ 都是随机变量,而使用泰勒展式可以求得一个随机变量组成的函数的均值(数学期望),因此一次会话下服务状态 i 的可靠性期望值 $E[T_{i,s}]$ 表示为:

$$E[T_{i,s}] = E[t_{i,s}^{N_{i,s}}] = k_{i,s} t_{i,s} \quad (13)$$

其中, $k_{i,s}$ 表示运行场景 s 一次会话中服务状态 i 执行次数的期望值。同理可以推导得到中间状态 $mt_{i,j}$ 的期望值 $E[T_{i,j,s}]$:

$$E[T_{i,j,s}] = E[t_{i,j,s}^{N_{i,j,s}}] = k_{i,j,s} t_{i,j,s} \quad (14)$$

运行场景 s 下整个服务组合的可靠性 T_s 可以由上述推导得到的服务状态和中间状态的耗费时间得到:

$$T_s = \sum_{i=1}^n T_{i,s} + \sum_{i=1,j=1}^{i=q_i, j=n} T_{i,j,s} \quad (15)$$

由式(13)和式(14)可以得到运行场景 s 下整个服务组合的耗费时间的期望值 $E[T_s]$:

$$E[T_s] = \sum_{i=1}^n k_{i,s} t_{i,s} + \sum_{i=1,j=1}^{i=q_i, j=n} k_{i,j,s} t_{i,j,s} \quad (16)$$

4.2 服务组合级别的可靠性和性能分析

本节将根据服务组合所有运行场景下的可靠性和性能指标,综合得到整个服务组合的可靠性和性能。假设 n 为该服务组合的所有运行场景的数量, $g_i (1 \leq i \leq n)$ 表示属于运行场景 i 的可能性,那么服务组合的综合可靠性 $E[R]$ 可以表示为:

$$E[R] = \sum_{i=1}^n E[R_i]g_i \quad (17)$$

其中, $E[R_i]$ 可由式(11)求得。

同样服务组合的综合耗费时间 $E[T]$ 可以表示为:

$$E[T] = \sum_{i=1}^n E[T_i]g_i \quad (18)$$

其中, $E[T_i]$ 由式(16)可求得。

5 实验与分析

将以一个在线购物的服务组合^[2]作为例子说明前述分析方法。客户进入在线购物服务,选择好购买商品并放入购物车。在下订单之前,需要登录个人帐号。如果已经注册帐号,只需直接登录,否则必须注册成为新成员。在成功验证信息之后,需要同时选择运送模式和付款方式。最后,客户确认订单并完成在线购物。对于经验较多的老客户,通常会较少去注册新帐户,并且对整个流程也较为熟悉,所以花费时间会相对较短;而对于新客户,则可能更多地需要注册,而且整个购物过程花费时间会相对较长。

图2和图3显示了新客户和老客户在进行在线购物的服务流程的SDG图,主要有7个状态:Place order, Login in, Sign up, Verify information, Delivery, Payment, Confirm order,这些状态分别代表了构成该服务组合的7种主要服务。假设客户群包括60%的老客户和40%的新客户。

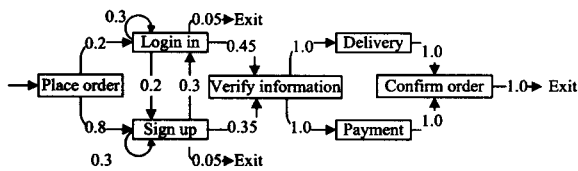


图2 新用户的SDG图

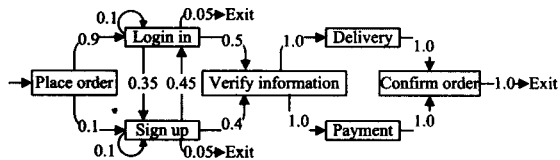


图3 旧用户的SDG图

图4和图5显示了新、老客户进行SDG图聚合处理和SDG到DTMC映射之后的状态图。上述两图的中间状态和服务状态的各项数据在表2和表3中给出,表中还包括每个状态的可靠性和耗费时间,以及利用第2节所述公式计算得出的各状态访问次数的期望值和方差。

表2 中间状态数据

状态	$R_{i,j}$	新用户			老客户		
		k_j	σ_j^2	$T_{i,j}(s)$	k_j	σ_j^2	$T_{i,j}(s)$
$m_{1,2}$	1.00	0.2000	0.1600	5.00	0.9000	0.0900	3.50
$m_{1,3}$	1.00	0.8000	0.1600	5.00	0.1000	0.0900	3.50
$m_{2,2}$	1.00	0.2651	0.4538	4.00	0.1310	0.1500	3.00
$m_{2,3}$	1.00	0.1767	0.1948	2.50	0.4586	0.4697	2.00
$m_{2,4}$	1.00	0.3977	0.2395	5.00	0.6552	0.2259	4.50
$m_{2,5}$	1.00	0.0442	0.0422	1.00	0.0655	0.0612	1.00
$m_{3,2}$	1.00	0.4186	0.3602	2.50	0.2793	0.3361	2.00
$m_{3,3}$	1.00	0.4186	0.6522	3.00	0.0621	0.0753	2.50
$m_{3,4}$	1.00	0.4884	0.2499	5.00	0.2483	0.1866	4.50
$m_{3,5}$	1.00	0.0698	0.0649	1.00	0.0310	0.0301	1.00

表3 服务状态数据

状态	R_i	$T_i(s)$	新用户		老客户	
			k_j	σ_j^2	k_j	σ_j^2
Place order	0.95	1.00	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000
Login in	0.90	4.00	0.8837	2.2125	1.3103	0.5874
Sign up	0.75	8.00	1.3953	2.2006	0.6207	0.7063
Verify information	0.85	3.50	0.8861	0.1010	0.9035	0.0872
Delivery & Payment	0.90	2.00	0.8861	0.1010	0.9035	0.0872
Confirm order	0.90	1.00	0.8861	0.1010	0.9035	0.0872

Place order	0.95	1.00	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000
Login in	0.90	4.00	0.8837	2.2125	1.3103	0.5874
Sign up	0.75	8.00	1.3953	2.2006	0.6207	0.7063
Verify information	0.85	3.50	0.8861	0.1010	0.9035	0.0872
Delivery & Payment	0.90	2.00	0.8861	0.1010	0.9035	0.0872
Confirm order	0.90	1.00	0.8861	0.1010	0.9035	0.0872

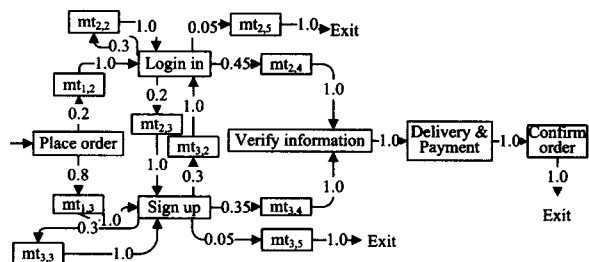


图4 新用户的DTMC图

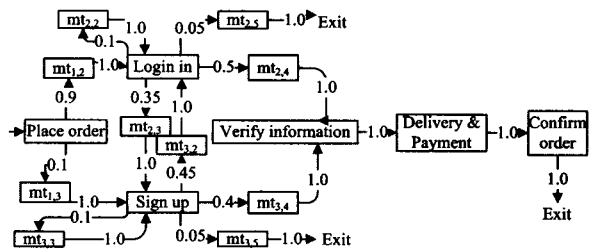


图5 旧用户的DTMC图

下面将讲述如何利用DTMC计算出的服务状态和中间状态的数据来计算整个组合的可靠性和耗费时间。这里需要指出的是,本文中所采用的数据只是一个举例说明。该类数据可在服务组合实际执行一段时间后,通过采集网络日志、客户调查和专家意见等各种方式来收集^[2]。在组合设计或者初始运行阶段,是无法采用上述方法取得所需的相关数据的。因此,本文设计了表2和表3所示参数来论证相关方法以及不同场景下不同的可靠性和耗费时间的对比。根据第4节所述的分析方法,可以得到表4所列的新、老用户的可靠性和耗费时间的相关指标。

表4 会话时间和可靠性

会话指标	新用户	老客户	综合
可靠性	0.4162	0.4940	0.4629
时间	34.806s	26.766s	29.982s

表4所示数据表明,新用户使用该服务组合的会话时间比老用户的会话时间长。老客户比较熟悉该服务组合的验证信息、付款、选择运送方式等操作,并且进入耗费时间较长的注册环节的情况较少发生。相比之下,新用户在进行操作之前需要花一定时间熟悉操作方式,较多情况下需要注册帐号进行后续环节。同一服务组合下,老用户的可靠性也比新用户要高,同样这也是在期望范围之内的。因为新用户在选择可靠性较低的服务如注册环节上访问次数的期望值较高,所以导致了整个会话的可靠性指标较低。

分析第4节相关公式可知,整个服务组合的可靠性、会话时间与各个状态的可靠性、会话时间是非线性的关系。但是从上述例子得出的结果可以看出,通过改变服务状态的指标可以改善服务组合的指标。从表2可知,新用户和老用户在Login in和Sign up两个服务状态上访问次数的期望值和方差相差较大。而同一服务在各类用户的访问中的可靠性都是

(下转第196页)

[6] Simard M, Cancedda N, Cavestro B, et al. Translating with non-contiguous phrases[C]// Proceedings Human Language Technology Conference and Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (HLT/EMNLP). Vancouver, British Columbia, Canada, 2005: 755-762

[7] 张大鲲, 张玮, 冯元勇, 等. 基于非连续短语的统计翻译模型研究[J]. 中文信息学报, 2007, 21(1): 101-108

[8] Och F J, Ney H. A Comparison of Alignment Models for Statistical Machine Translation[C]// Proceedings The 18th Conf. on Computational Linguistics. 2000: 1086-1090

(上接第 182 页)

一致的, 所以访问次数的差距是造成新用户在服务组合的可靠性较差的主要原因。同时, 访问次数的差别也造成了新用户用户在耗费时间上长于老用户。因此, 在这个服务组合中, 改进 Login in 和 Sign up 两个服务的耗费时间和可靠性, 不仅可以有效地提升新用户的服务组合的可靠性, 同时可以有效地减少服务组合的耗费时间, 这样也间接地提高了老用户使用该服务组合时的可靠性和耗费时间。因为对于老用户来说, 这两个服务在可靠性和耗费时间上对整体的影响也是最大。由于新用户用户在可靠性较低的 Sign up 上访问次数比老用户多, 老用户比新用户访问次数多的 Login in 服务可靠性相对较高, 所以同样的改进措施, 对于老用户来说, 效果将不如新用户明显。

结束语 如何评估服务组合的整体指标, 是服务组合领域研究的重要方向。基于 DTMC 的分析是目前最有效的组合指标评判手段之一。随着服务组合的日益流行、场景类别的不断增多, 如何根据不同情况分析服务组合的可靠性及相关指标, 成为一个亟待解决的问题。

针对服务组合的性能分析, 目前已经有不少运用不同的方法从不同层面上进行评估的工作。W. Abramowicz 等^[12]考察了同一服务组合在单元服务和组合服务、提供者和消费者的不同角度下可靠性评价的区别, 存在的不足是缺乏严谨、完备的形式化体系。S. Yacoub 等^[8]运用 CDG 图很好地刻画了软件系统的运行场景, 并依据不同运行场景分析了软件系统的可靠性, 得到系统的可靠性。该方法的不足是, 对采用该模型的系统约束较多, 难以适用于结构更加复杂、状态更多的情况, 比如无法良好地处理循环结构。S. S. Gokhale 等^[13]基于 DTMC 对商务网站进行了多执行场景的可靠性和性能分析, 也可以进行敏感度分析。但该文仅适用于网页浏览这样较为简单的结构, 并要求抽象出的模型必须是完全符合 DTMC 性质的, 难以兼容服务组合这样具有大量不符合 DTMC 性质的结构的情况。

本文运用 DTMC 理论的方法解决服务组合的可靠性和性能分析问题。通过研究服务组合的一些特点, 首先使用 SDG 图描述用户对该服务组合的执行行为, 接着对 SDG 图做相关处理, 然后从场景的角度区分不同的执行情况, 再通过相关映射方法得出服务组合的状态图以便进行最终分析。综合计算图中相关指标之后, 可以定量地刻画和分析服务组合的可靠性和性能指标, 并指出该服务组合的性能瓶颈, 以便更好地对服务组合进行理解、评估、预测、控制和改进。最后通过举例论证了本方法的可行性。

下一步的工作是研究服务组合的整体指标在各个服务的性能指标随时间变化的情况下的变化情况。同时, 将开发基于设计文档和网络日志等内容, 自动形成 SDG 图并收集可靠

性和其他性能指标数据的系统。

参 考 文 献

- [1] 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] Menasce D A, Almeida V A F. Capacity planning for web services: metrics, models and methods[M]. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002
- [3] Menasce D A. QoS Issues in Web Services[M]. IEEE Internet Computing. IEEE Press, November-December 2002: 72-75
- [4] Zeng L, Benatallah B, Ngu A H, et al. QoS-aware Middleware for Web Services Composition[J]. IEEE Transactions on Software Transactions, 2004, 30(5): 311-327
- [5] Jaeger M C, Ladner H. Improving the QoS of WS Compositions Based on Redundant Services[C]// Proceedings of the International Conference on Next Generation Web Services Practices. 2005
- [6] 李海泉, 李刚. 系统可靠性分析与设计[M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [7] 蔡开元, 白成刚, 钟小军. 构件软件系统的可靠性评估模型简介[J]. 西安交通大学学报, 2003, 37(6): 551-554
- [8] Yacoub S, Cukic B, Ammar H H. A Scenario-Based Reliability Analysis Approach for Component-based Software[J]. IEEE Transactions on Reliability, 2004, 53(4)
- [9] Yacoub S, Ammar H. A methodology for architectural-level risk analysis[J]. IEEE Trans. Software Eng., 2002, 28: 529-547
- [10] Whittaker A, Thomason M. A Markov chain model for statistical software testing[J]. IEEE Trans. Software Eng., 1994, 20(10): 812-824
- [11] Whittaker A, Rekab K, Thomason M. A Markov chain model for predicting the reliability of multi-build software[J]. Inform. Software Technol., 2000, 42(12): 889-894
- [12] Abramowicz W, Kaczmarek M, Zyskowski D. Duality in web service reliability[C]// Proceedings of the Advanced International Conference on Telecommunications and International Conference on Internet and Web Applications and Services. 2006
- [13] Gokhale S S, Lu Jijun. Performance and availability analysis of an e-commerce site[C]// Proceedings of the 30th Annual International Computer Software and Applications Conference. 2006
- [14] Papoulis A, Pillai S U. Probability, Random Variables and Stochastic Processes[M]. McGraw-Hill, 2002
- [15] Jaeger M C, Rojec-Goldmann G, Mühl G. QoS Aggregation for Service Composition Using Workflow Patterns[C]// Proceedings of the 8th International Enterprise Distributed Object Computing Conference(EDOC'04). Monterey, California; IEEE Press, 2004: 149-159