

信任感知的组合服务动态选择方法

王 勇¹⁾ 代桂平²⁾ 侯亚荣¹⁾

¹⁾(北京工业大学计算机学院 北京 100124)

²⁾(北京工业大学电控学院 北京 100124)

摘 要 把信任概念和信任度引入到服务组合中来,讨论了信任感知的服务组合选择问题,分别基于两种观点建立了其数学模型.并基于观点 1,深入地研究了服务组合的动态选择问题,分别采用蚁群系统作为优化工具设计了两种动态选择方法:方法 1 针对服务在上限阈值的范围内提供优质服务,服务质量保持不变,超过阈值则拒绝服务的情况;方法 2 针对服务无限制地接受请求,但随着请求数量的增多,其服务质量下降的情况.通过对方法 1 和方法 2 的仿真实验结果分析表明,两种方法具有很好的效果.

关键词 服务组合;信任;服务质量;动态选择方法

中图法分类号 TP393 **DOI 号:** 10.3724/SP.J.1016.2009.01668

Dynamic Methods of Trust-Aware Composite Service Selection

WANG Yong¹⁾ DAI Gui-Ping²⁾ HOU Ya-Rong¹⁾

¹⁾(College of Computer Science & Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

²⁾(College of Electronic Information & Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

Abstract Trust concept and Trust Degree are introduced into service composition and trust-aware service selection problem in service composition is discussed. The mathematic models based on two opinions are established. Based on opinion 1, the dynamic selection problem of service composition is researched deeply. Two dynamic selection methods are designed based on ant colony system; method 1 is under the environment of service providing perfect service without exceeding threshold and rejecting service with exceeding threshold; method 2 is under the environment of service's QoS descending when the invoke number increase. The tow methods have good effect through experiments and experiment results analysis.

Keywords service composition; trust; QoS; dynamic selection method

1 引 言

服务(Web 服务或者网格服务)组合研究如何把服务组合成为一个更大粒度的服务,以供进一步的组合或者直接供上层应用和用户使用在 Web 或

者网格中存在大量的功能特性相同、非功能特性各异的服务,这样的一类服务称为服务本体^[1-3].为提高服务组合的适应性,在定义组合服务时并不是直接绑定到具体服务,而是指明一个服务本体;在组合服务执行时,由服务组合的执行部件(如服务组合执行引擎)实现由服务本体到具体服务的绑定.在服务

收稿日期:2008-10-06;最终修改稿收到日期:2009-05-08. 本课题得到国家“九七三”重点基础研究发展规划项目基金(2007CB311100)、国家自然科学基金重大项目(60496322/60496327)、北京工业大学博士科研启动基金(52007013200704)、北京工业大学青年基金(97002011200702/X1007011200801)资助. 王 勇,男,1974 年生,博士,讲师,主要研究方向为可信计算、服务组合、网格计算. E-mail: wangy@bjut.edu.cn. 代桂平,1977 年生,博士,讲师,主要研究方向为离散事件动态系统、信任理论与信任模型. 侯亚荣,女,1974 年生,博士,讲师,主要研究方向为信息安全、多媒体通信、可信计算.

组合执行部件实现从服务本体到具体服务的绑定时,需要一种实现调度和绑定的依据,这种依据只能来自服务的信任度、服务质量等非功能特性。

在实际的应用中,服务组合技术是跨组织业务集成(如电子商务、电子政务)的关键技术.对于电子商务的虚拟市场应用模式,虚拟市场提供面向最终用户的电子商务应用,以组合服务的形式提供;一个组合服务聚合多个厂家提供的成员服务(如预定机票服务、预定宾馆服务).用户总是希望在自己的一次交易过程中,虚拟市场的组合服务能够选择优质的成员服务(如信任度高、响应时间低、花费小),但是当所有的交易过程都集中在优质的成员服务时,成员服务提供的服务质量可能发生变化:一种可能是成员服务可能限制提供服务的数量(如宾馆提供固定数量的预定房间,超过则拒绝服务,即存在提供服务的上限阈值);另一种可能是随着提供服务数量的增多,其服务质量可能下降(如提高花费).针对此应用场景,需要设计一种组合服务的动态选择方法,确保组合服务能够提供高质量服务的同时,又不会在执行过程中集中在少量成员服务上。

服务质量感知的组合服务选择问题是近几年研究的热点问题,许多的研究工作涉及该问题的研究^[1-7].文献[1-2]考虑了包含顺序、并发、选择、循环等4种控制结构的组合服务模型,建立了费用、响应时间、信誉、可用性等服务质量参数的参数体系来评价组合服务的服务质量,并借助非线性规划方法从全局角度进行服务选择.文献[3]给出了包含费用、响应时间、可靠性、可提供性以及信誉等参数的服务质量参数体系,建立了服务质量感知的网格服务组合调度问题的数学模型,并给出基于遗传算法的选择算法.文献[4-7]采用了与文献[1-3]类似的研究思路,采用不同的数学方法解决服务质量感知的组合服务选择问题.但是,这些工作都把组合服务的成员服务选择问题作为一个纯粹的优化问题,在组合服务的一次执行过程中选择出一组最优的成员服务,没有考虑在组合服务执行过程中服务等资源动态变化的情况,即一个服务质量参数优质的服务在被多次访问时,其服务质量参数可能下降或者只能提供固定数量的服务.也就是说以上的工作都是服务的静态选择问题,假定了服务提供的服务质量是一成不变的。

人际网络中的信任概念被引入计算机系统,用来解决分布、异构、自治的大规模网络环境下跨组织之间发生交互、共享与协作^[8-10]时实体之间信任关

系的建立问题.通过把信任度作为组合服务实现调度和绑定的依据,可以使得组合服务的执行和调度更好地围绕服务的信任度展开,有利于信任度高的成员服务加入到服务组合的过程中来,进而提高组合服务的可信性.在信任感知的组合服务研究中,Rajbhandari等人提出了利用服务和组合服务的运行源数据来评价组合服务信任度的方法,并提出了一种基于模糊逻辑的评价模型^[11-13].Yang等人研究了可信服务组合中组合服务的信任评估问题,并提出了一种基于模糊逻辑的评估方法^[14].但是这些工作仅仅涉及到组合服务信任度的评估,没有涉及服务组合的执行路径选择和成员服务选择等核心问题,没有系统地研究可信服务组合中的关键技术。

在把信任概念和信任度引入到服务组合中来的基础上,首次讨论了动态的服务选择问题,同服务质量感知的组合服务选择及信任感知的组合服务等工作相比较,主要有以下两个创新之处:

(1)把信任概念和信任度引入到服务组合中来,讨论了信任感知的组合服务选择问题,建立了其数学模型,并基于蚁群系统设计了选择方法,使得服务组合的执行路径选择问题和成员服务选择问题合二为一;

(2)首次深入讨论了动态的服务组合选择问题,提出了两种基于蚁群系统的解决方法,通过仿真实验表明,两种解决方法具有很好的效果。

本文第2节讨论信任感知的组合服务选择问题,建立了其数学模型;第3节深入讨论组合服务的动态选择问题,设计了两种基于蚁群系统的解决方法;第4节介绍相关实验,通过实验结果分析表明,两种动态选择方法具有较好的效果;最后对全文的内容进行总结。

2 信任感知的组合服务选择问题数学模型

在服务选择问题上存在两种观点,基于这两种观点建立的数学模型是不同的。

观点 1. 组合服务中的一个活动由一个成员服务实现,并单独计算执行代价;

观点 2. 一个成员服务可以为组合服务中一个或者若干个活动提供实现,在计算执行代价时一次性完成,这两种观点在实际中都有广泛的应用。

2.1 观点 1 的数学模型

服务组合中服务质量感知的成员服务选择问题

的研究中,一般都建立了服务质量的参数体系,包含了费用、响应时间、信誉、可提供性以及执行成功率等服务质量参数.本文在服务质量参数体系中选择了费用和响应时间两个服务质量参数(观点1下服务质量参数的数量并不影响具有两个参数以上的选择问题数学模型的复杂程度)以及信任度作为讨论选择问题的参数.

通过信任度的估算算法^[15]和费用、响应时间的估算算法^[3]可以得出组合服务的信任度、费用、响应时间与成员服务本体的信任度、费用、响应时间之间的函数关系分别为 $f(tr_1, \dots, tr_i, \dots, tr_n)$ 、 $g(c_1, \dots, c_i, \dots, c_n)$ 和 $\varphi(ti_1, \dots, ti_i, \dots, ti_n)$ (假定组合服务包含 n 个成员服务本体).其中信任度为正效应参数,而费用和响应时间为负效应参数,并分别满足一定的约束,如 $f > Tr$, $g < C$, $\varphi < Ti$, 其中 Tr, C, Ti 分别为信任度、费用和响应时间的常数.由此可以得出信任感知的成员服务选择问题的数学模型为以下优化问题:

目标:

$$\begin{cases} \max(f(tr_1, \dots, tr_i, \dots, tr_n)) \\ \min(g(c_1, \dots, c_i, \dots, c_n)) \\ \min(\varphi(ti_1, \dots, ti_i, \dots, ti_n)) \end{cases} \quad (1)$$

限制条件:

$$\begin{cases} f(tr_1, \dots, tr_i, \dots, tr_n) > Tr \\ g(c_1, \dots, c_i, \dots, c_n) < C \\ \varphi(ti_1, \dots, ti_i, \dots, ti_n) < Ti \end{cases} \quad (2)$$

上述优化问题可以归结为一个多选择背包问题的变种,为一类 NP-难问题.

2.2 观点2的数学模型

按照观点2:一个成员服务可以为组合服务中的一个或者若干个活动提供实现,服务选择的过程就是从成员服务的集合中选择一个成员服务的子集,使得子集中的成员服务所实现的活动的集合恰好为组合服务中所包含的活动的集合.其数学模型如下:

$\langle A, S \rangle$ 由组合服务中所有的活动构成的有限集合 A 和成员服务的子集 S 构成. S 覆盖了 A 并且根据组合服务的信任度估算算法计算的 S 的信任度 f 最大,即 $\frac{1}{f}$ 最小.即 A 中的每一个元素恰好属于 S 中某一个成员服务所实现的活动,即 $A = \bigcup_{s \in S} a(s)$, 其中 $a(s)$ 为成员服务 s 所实现的活动集合且使得 $\frac{1}{f(\bigcup_{s \in S} a(s))}$ 最小.信任感知的成员服务选择问题就

是从成员服务集合中找出 S 的过程.

这是一个最小代价集合覆盖问题,代价即为 $\frac{1}{f}$, 为一类 NP-难问题.

3 基于蚁群系统的动态选择方法

3.1 蚁群系统简介及采用蚁群系统的原理

蚁群系统是一种仿生优化算法,最初由意大利学者 Dorigo 于 1991 年提出^[16],在众多的应用领域得到了推广和应用.蚁群系统受到真实世界中蚂蚁觅食的群体行为的启示,通过蚂蚁之间信息交流与相互协作而最终得到待求问题的解.蚂蚁在觅食时,如果找到食物,在返巢途中会通知同伴并留下“信息素”作为蚁群前往食物所在地的标记.信息素会逐渐挥发;巢穴与食物之间某条路径聚集的蚂蚁越多,信息素越浓.因此,蚂蚁之间的信息交换是一个正反馈过程,某一条路径上走过的蚂蚁越多,后续蚂蚁选择该路径的概率就越大.

一个优化问题能不能采用蚁群系统作为优化工具,关键是能否建立该优化问题的图形化表示,把优化问题转换为求解图形化表示中的最优路径问题.如果优化问题能够转换为图形化表示,接下来的工作就是蚁群系统的具体应用过程和算法设计问题,下面给出组合服务选择问题的图形化表示问题分析.

限于篇幅,本文只讨论观点1下的服务选择问题,观点2下的服务选择问题将另文介绍.

许多服务组合模型采用了基于有向无环图的构造方法,如 WSFL^①;而 WS-BPEL^② 则混合采用了结构化和有向无环图两种构造方法;采用结构化构造方法的服务组合模型比较容易转换为基于有向无环图构造形式,具体转换方法不再介绍.

图1是增加具体服务后的组合服务的例子,每一个具体服务都隶属于某一个服务本体.不失一般性,为叙述方便,假定每一个服务本体包含了10个具体服务,即图1中包含了20个服务本体和200个具体服务,对200个具体服务进行了编号,如服务本体0的10个具体服务的编号为{0~9},而服务本体15的10个具体服务的编号为{150~159}.

① Leymann F. Web service flow language (WSFL) 1.0, 2005. <http://www-4.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>

② OASIS Web Services Business Process Execution Language (WSBPEL) TC. Business Process Execution Language for Web Services. <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/wsbpel-v2.0.pdf>

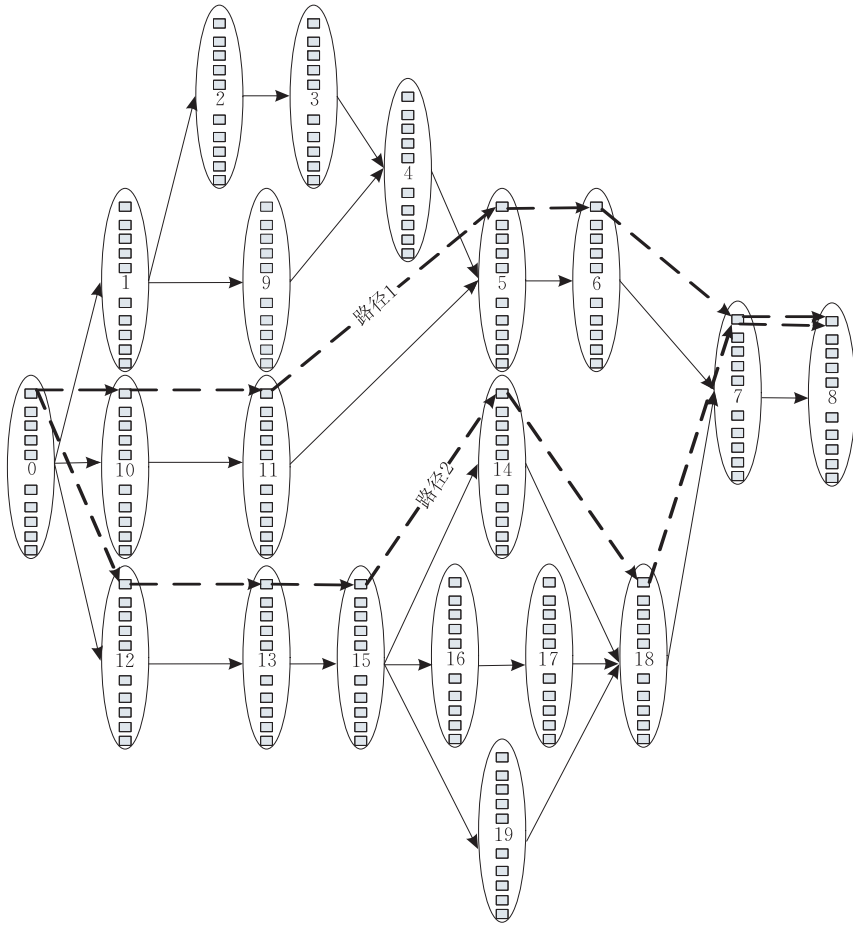


图 1 一个组合服务的例子

组合服务在执行时状态转移发生在具体服务之间,而不是服务本体之间,但是具体服务之间的状态转移需要服从服务本体之间的执行约束.从起始具体服务,经历一系列中间具体服务,最终达到终止具体服务,称为一条执行路径,0→100→110→50→60→70→80 就是一条执行路径,如图 1 中粗虚线路径 2 所示.

信任感知的成员服务选择问题转换为在组合服务的有向图表示中寻找一条最优路径的问题.但是如果所有组合服务的执行都经过同一条执行路径,会导致路径中各个具体服务的服务质量下降,服务组合的动态选择问题就是如何把对组合服务的请求动态规划到一系列的路径中,既达到优化的目的,又避免优化路径的拥塞.

3.2 方法 1

在一类提供高服务质量的服务中,服务对外界提供优质的服务,采用超过请求上限阈值则甩掉负载的手段,从而确保阈值内提供服务的服务质量不发生变化.方法 1 就是基于该思路设计.采用蚁群系统对方法 1 进行设计,为途中的每一个节点添加一

个能够响应请求、提供服务上限阈值,如果在阈值内,则途中的节点能够提供服务;如果请求超过阈值,则简单拒绝服务.

方法 1 采用蚁群系统的具体步骤如下:

1. 参数初始化:设循环次数 $N_s=0$,设置最大循环次数 $N_{s_{max}}$,将 M 只蚂蚁至于起始服务上,初始化信息素初值 $\tau_{ij}(0), \Delta\tau_{ij}(t)=0$;
2. $N_s \leftarrow N_s + 1$;
3. 蚂蚁数目 $k \leftarrow k + 1$;
4. 依据禁忌表更新规则更新禁忌表;
禁忌表在选定下一个具体服务 s 时更新,在更新时遵循以下 3 条规则:
 - ① s 加入禁忌表.
 - ② 与 s 同属于一个服务本体的其它具体服务加入禁忌表.
 - ③ 从 s 出发不存在一条可达的执行路径的具体服务加入禁忌表,从而消除死节点.
5. 依据状态转移规则选定下一个服务;
位于节点 i 的蚂蚁依据下列规则来选择节点 j :
如果 $q \leq Q_0$,有

$$\rho_{ij}(t) = \begin{cases} \text{Max}(\tau_{ij}(t)^\alpha \times \eta_{ij}^\beta), & \text{若 } j \in \{allowed\}, i \text{ 到 } j \text{ 存在直接} \\ & \text{路径且 } j \text{ 的请求数未超过阈值} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

否则,有

$$\rho_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{n \times \tau_{ij}(t)^\alpha \times \eta_{ij}^\beta}{\sum_{u \in allowed} \tau_{iu}(t)^\alpha \times \eta_{iu}^\beta} > 1, & \text{若 } j \in \{allowed\}, i \text{ 到 } j \text{ 存在直接} \\ & \text{路径且 } j \text{ 的请求数未超过阈值} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (4)$$

其中 $q \in [0, 1]$ 之间的随机数, $Q_0 \in [0, 1]$ 之间的常数, $\rho_{ij}(t)$

为转移条件, $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ 为启发函数, α 为信息启发式因子, β 为期望启发式因子, $allowed = \{S - tabu\}$, S 为组合服务中所包含的所有具体服务的集合, $tabu$ 为蚂蚁搜索过程所产生的禁忌表, n 为 $allowed$ 中包含的具体服务的数量。

6. 若有服务未搜索到, 转至步 4, 否则转至步 7;

7. 依据信息素局部更新规则更新信息素;

对观点 1 的数学模型中多个优化目标进行归一化处理, 得到式(4), 定义为有向图中两个节点之间的距离。

$$d_{ij} = \begin{cases} \frac{Tr \times (c_i + c_j) \times (t_i + t_j)}{tr_i \times tr_j \times C \times Ti}, & \text{若存在从 } i \text{ 到 } j \text{ 的直接路径;} \\ \infty, & \text{否则} \end{cases} \quad (5)$$

具有 N 个具体服务的组合服务模型中信息素的初始值 $\tau_{ij}(0)$ 定义为

$$\tau_{ij}(0) = \frac{1}{0.5 \times N \times \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d_{ij} / N^2} = \frac{2N}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d_{ij}} \quad (6)$$

信息素采用如下的局部更新规则:

$$\tau_{ij}(t+N) = (1-R) \times \tau_{ij}(t) + R \times \tau_{ij}(0) \quad (7)$$

N 为组合服务中具体服务的个数, M 为蚂蚁的个数, R 为信息挥发系数且 $R \in [0, 1)$ 。

8. 若 $k \leq M$, 清空禁忌表, 转至步 3, 否则转至步 9;

9. 依据信息素全局更新规则更新信息素;

在蚁群完成一次迭代时, 信息素采用如下的全局更新规则:

$$\tau_{ij}(t+N \times M) = (1-R) \times \tau_{ij}(t) + R \times \Delta \tau_{ij}(t) \quad (8)$$

其中

$$\Delta \tau_{ij}(t) = \sum_{k=0}^{M-1} \Delta \tau_{ij}^k(t) \quad (9)$$

$$\Delta \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{1}{L_k}, & \text{若蚂蚁 } k \text{ 在本次迭代中经过 } (i, j) \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (10)$$

N 为组合服务中具体服务的个数, M 为蚂蚁的个数, R 为信息挥发系数且 $R \in [0, 1)$, L_k 表示第 k 只蚂蚁在本次迭代中所经过执行路径的总长度。

10. 若 $N_s \leq N_{s_{\max}}$, 转至步 2, 否则程序结束。

3.3 方法 2

有一类的服务并不拒绝服务, 但是随着并发请求数量的增多, 其服务质量呈下降趋势, 即优质的服务随着并发请求数量的增多可能演变为劣质的服务。方法 2 就是基于该思路设计, 同样采用蚁群系统对方法 2 进行设计, 核心思想是改变途中路径的信息素, 即随着并发请求数量的增多, 路径的信息素按照一定的方式衰减。

方法 2 采用蚁群系统的具体步骤与方法 1 相同, 不同点在于状态转移规则和信息素更新规则, 其状态转移规则如下:

位于节点 i 的蚂蚁依据下列规则来选择节点 j :

如果 $q \leq Q_0$, 有

$$\rho_{ij}(t) = \begin{cases} \max(\tau_{ij}(t)^\alpha \times \eta_{ij}^\beta), & \text{若 } j \in \{allowed\}, \\ & i \text{ 到 } j \text{ 存在直接路径} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (11)$$

否则, 有

$$\rho_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{n \times \tau_{ij}(t)^\alpha \times \eta_{ij}^\beta}{\sum_{u \in allowed} \tau_{iu}(t)^\alpha \times \eta_{iu}^\beta} > 1, & j \in \{allowed\}, \\ & i \text{ 到 } j \text{ 存在直接路径} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (12)$$

其中 $q \in [0, 1]$ 之间的随机数, $Q_0 \in [0, 1]$ 之间的常

数, $\rho_{ij}(t)$ 为转移条件, $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ 为启发函数, α 为信息启发式因子, β 为期望启发式因子, $allowed = \{S - tabu\}$, S 为组合服务中所包含的所有具体服务的集合, $tabu$ 为蚂蚁搜索过程所产生的禁忌表, n 为 $allowed$ 中包含的具体服务的数量。

信息素更新规则如下:

信息素采用如下的局部更新规则:

$$\tau_{ij}(t+N) = ((1-R) \times \tau_{ij}(t) + R \times \tau_{ij}(0)) / U^v \quad (13)$$

在蚁群完成一次迭代时, 信息素采用如下的全局更新规则:

$$\tau_{ij}(t+N \times M) = ((1-R) \times \tau_{ij}(t) + R \times \Delta \tau_{ij}(t)) / U^v \quad (14)$$

其中

$$\Delta \tau_{ij}(t) = \sum_{k=0}^{M-1} \Delta \tau_{ij}^k(t) \quad (15)$$

$$\Delta \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{1}{L_k}, & \text{若蚂蚁 } k \text{ 在本次迭代中经过 } (i, j) \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (16)$$

N 为组合服务中具体服务的个数, M 为蚂蚁的个数, R 为信息挥发系数且 $R \in [0, 1)$, L_k 表示第 k 只蚂蚁在本次迭代中所经过执行路径的总长度, $U > 1$ 为信息素下降因子, v 为该节点 j 的并发请求次数.

4 实验及其结果分析

实验微机为 Intel® Core(TM)2 CPU 6300 @ 1.86GHz, RAM 2GB, 硬盘 160GB. 蚁群系统采用 Java 语言实现.

采用图 1 所示的组合服务作为实验对象(具体服务数量 $N=200$), 状态转移规则中信息启发式因子 $\alpha=1$, 期望启发式因子 $\beta=2$, 信息素更新规则中信息挥发系数为 $R=0.1$, 最大循环次数 $N_{\max}=10$, $Tr=0.6$, $C=300$, $Ti=100$, $Q_0=0.95$.

在实验数据上, 除具体服务 $\{0, 100, 110, 50, 60, 70, 80, 120, 130, 150, 140, 180\}$ 设置一组最优参数(即服务的信任度、费用和响应时间比随机生成的数据小一个数量级)外, 其余 188 个具体服务的信任度、费用和响应时间值均随机生成. 也就是说, 在图 1 中存在两条优化路径: $0 \rightarrow 120 \rightarrow 130 \rightarrow 150 \rightarrow 140 \rightarrow 180 \rightarrow 70 \rightarrow 80$ (路径 1) 和 $0 \rightarrow 100 \rightarrow 110 \rightarrow 50 \rightarrow 60 \rightarrow 70 \rightarrow 80$ (路径 2).

实验的目的是在蚁群的一次执行中, 通过设置不同的蚂蚁数量, 观察方法 1 和方法 2 对蚂蚁经过路径的分布情况, 从而确定它们的执行效果.

4.1 方法 1 的实验结果及分析

各个具体服务提供服务的上限阈值设置如下: 服务 0、70、80 的阈值为 20; 服务 50、60、100、110、120、130、140、150、180 的阈值为 10; 其它服务的阈值随机设置.

进行了 6 组实验, 蚂蚁数量 M 分别为 5、10、15、20、25、30. 实验结果如图 2 所示.

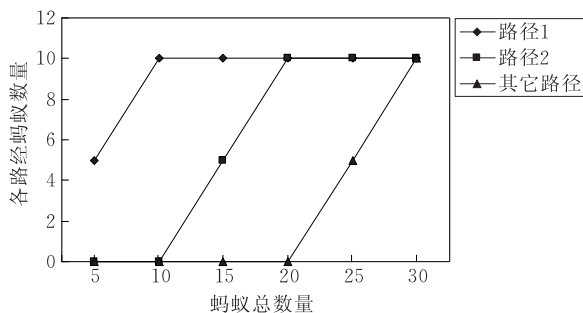


图 2 方法 1 实验结果

从实验结果看, 在蚂蚁数量 $M \leq 10$ 的时候, 还没有达到路径 1 中服务的阈值, 所以所有的蚂蚁都经过路径 1; 在蚂蚁数量 $10 < M \leq 20$ 的时候, 路径 1 已经达到饱和数量 10, 但是其余的蚂蚁数量没有达到路径 2 中服务的阈值, 所以所有的蚂蚁都经过路径 1 和路径 2; 在蚂蚁数量 $20 < M$ 的时候, 已经超过了路径 1 和路径 2 的饱和数量 20, 蚂蚁开始经过其它的路径, 而路径 1 和路径 2 维持饱和数量不变. 方法 1 在执行路径选择上完全按照服务提供的上限阈值进行, 实验效果很好.

4.2 方法 2 的实验结果及分析

设置 $U=1.2$. 同样进行了 6 组实验, 蚂蚁数量 M 分别为 5、10、15、20、25、30. 实验结果如图 3 所示.

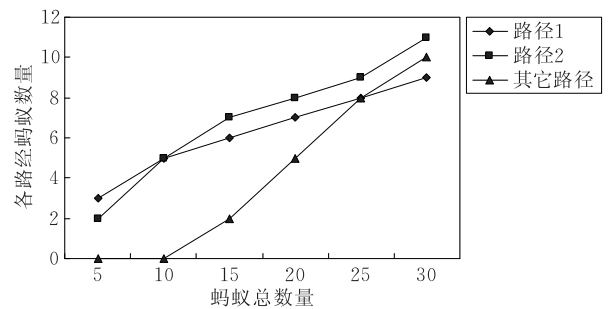


图 3 方法 2 实验结果

从实验结果看, 在蚂蚁数量 M 较少的时候, 蚂蚁集中在优化路径 1 和路径 2 上, 而且路径 1 和路径 2 的蚂蚁数量基本一致; 随着蚂蚁数量 M 的增多, 路径 1 和路径 2 的蚂蚁数量均衡增多的同时, 经过其它路径的蚂蚁数量开始增长. 方法 2 解决了服务的动态选择问题, 实验效果很好.

4.3 传统的优化方法的实验结果与分析

对于传统的服务质量感知的服务组合选择问题, 采用相同配置参数的蚁群系统同样进行了 6 组实验, 蚂蚁数量 M 分别为 5、10、15、20、25、30. 实验结果如图 4 所示.

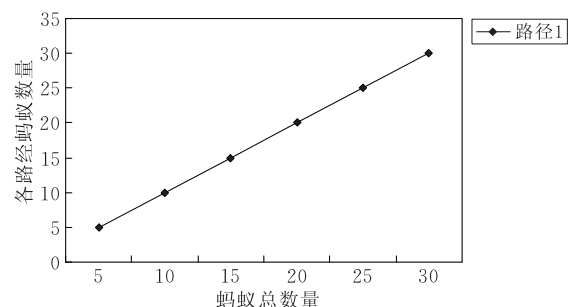


图 4 传统方法实验结果

从实验结果看,传统的优化方法中蚂蚁都集中在路径 1 上,可以看出传统的方法是一种静态的选择方法,没有考虑成员服务提供的服务质量动态变化的情况或者成员服务存在提供服务的上限阈值的情况.

5 结束语

把信任概念和信任度引入到服务组合中来,讨论了信任感知的服务组合选择问题,分别基于两种观点建立了其数学模型.并基于观点 1,深入地研究了服务组合的动态选择问题,分别采用蚁群系统作为优化工具设计了两种动态选择方法.通过对方法 1 和方法 2 的仿真实验结果分析表明,两种方法具有很好的实验效果;与传统优化方法的实验结果分析表明本文提供动态方法的实际效果.

参 考 文 献

- [1] Zeng Liangzhao, Benatallah Boualem. QoS-aware middleware for Web services composition. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2004, 30(5): 311-327
- [2] Zeng Liangzhao, Benatallah Boualem, Dumas Marlon et al. Quality driven Web services composition//*Proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web*. 2003; 411-421
- [3] Wang Yong, Hu Chun-Ming, Du Zong-Xia. QoS-awared grid workflow schedule. *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. *软件学报*, 2006, 17(11): 2341-2351)
- [4] Qu Yang, Lin Chuang, Wang Yuan-Zhuo, Shan Zhi-Guang. QoS-aware composite service selection in grids//*Proceedings of the 15th International Conference on Grid and Cooperative Computing*. Hunan, China, 2006: 458-465
- [5] Dai Yu, Yang Lei, Zhang Bin, Gao Yan. QoS for composite Web services and optimizing. *Chinese Journal of Computers*, 2006, 29(7): 1167-1178(in Chinese)
(代钰, 杨雷, 张斌, 高岩. 支持组合服务选组的 QoS 模型及优化求解. *计算机学报*, 2006, 29(7): 1167-1178)
- [6] Liu Shu-Lei, Liu Yun-Xiang, Zhang Fan, Tang Gui-Fen, Jing Ning. A dynamic web services selection algorithm with QoS global optimal in web services composition. *Journal of Software*, 2007, 18(3): 646-656(in Chinese)
(刘书雷, 刘云翔, 张帆, 唐桂芬, 景宁. 一种服务聚合中

QoS 全局最优服务动态选择算法. *软件学报*, 2007, 18(3): 646-656)

- [7] Jin Hai, Chen Han-Hua, Lu Zhi-Peng, Ning Xiao-Ming. QoS optimizing model and solving for composite service in CGSP job manager. *Chinese Journal of Computers*, 2005, 28(4): 578-588(in Chinese)
(金海, 陈汉华, 吕志鹏, 宁小敏. CGSP 作业管理器合成服务的 QoS 优化模型及求解. *计算机学报*, 2005, 28(4): 578-588)
- [8] Beth T, Borchherding M, Klein B. Valuation of trust in open network//*Proceedings of the European Sysposium on Research in Security (ESORICS)*. Brighton, 1994: 3-8
- [9] Marsh S. Formalising trust as a computational concept [Ph. D. dissertation]. University of Stirling, UK, 1994
- [10] Almenarez F, Marin A, Diaz D, Sanchez J. Developing a model for trust management in pervasive devices//Bob Werner ed. *Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on Pervasive Computing and Communication Security (PerSec 2006)*. Washington, 2006: 267-272
- [11] Rajbhandari Shrija, Rana Omer F, Wootten Plan. A fuzzy model for calculating workflow trust using provenance data//*Proceedings of the 15th ACM Mardi Gras Conference*. Baton Rouge, Louisiana, 2008: 1-8
- [12] Rajbhandari S, Contes A, Rana O, Deora V, Wootten I. Trust assessment using provenance in service oriented application//*Proceedings of the 10th IEEE International EDOC Conference (EDOC 2006)*, 1st International Workshop on Service Intelligence and Service Science (SISS 2006). Hong Kong, China, 2006
- [13] Rajbhandari S, Wootten I, Ali A S, Rana O. Evaluating provenance-based trust for scientific workflows//*Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Cluster Computation and the Grid (CCGrid06)*. Singapore, 2006: 365-372
- [14] Yang S J H, Hsieh J S F, Lan B C W, Chung J-Y. Composition and evaluation of trustworthy Web services//*Proceedings of the IEEE (EEE05) International Workshop on Business Services Networks (BSN'05)*. Hong Kong, China, 2005
- [15] Wang Yong, Mao Guo-Jun, Hou Ya-Rong, Fang Juan, Jiang Zheng-Tao. A trust degree estimate algorithm of composite grid service. *Journal of Beijing University of Technology*, to be Accepted(in Chinese)
(王勇, 毛国君, 侯亚荣, 方娟, 姜正涛. 组合网格服务的信任度估算算法. *北京工业大学学报*, 已录用)
- [16] Duan Hai-Bin. *Ant Colony Algorithms: Theory and Applications*. Beijing: Science Press, 2005(in Chinese)
(段海滨著. *蚁群算法原理及其应用*. 北京: 科学出版社, 2005)



WANG Yong, born in 1974, Ph. D. , lecturer. His current research interests include trusted computing, service-oriented architecture and grid computing.

DAI Gui-Ping, born in 1977, Ph. D. . Her current research interests include discrete event dynamic system, trust theory and trust model.

HOU Ya-Rong, born in 1974, Ph. D. . Her current research interests include information security, multimedia and trusted computing.

Background

The work is supported by National Basic Research Program (973) (2007CB311100), BJUT Doctor Scientific Research Launching Fund (52007013200704) and BJUT Young Scientist Fund (97002011200702/X1007011200801). These programs aim to develop the basic theory foundation and key technologies of trusted computing. With trust concept and Trust Degree being introduced into service composition, the execution and selection of composite services could be carried out more effectively based on the trust degree of service; it is

favorable for those component services with higher trust degree to join into the process of service composition, thus, enhances the trustiness of composite service. In this paper, the mathematic models based on two opinions in service composition are established. Based on opinion 1, the dynamic selection problem of service composition is researched deeply and two dynamic selection methods are designed based on ant colony system.