

一种 QoS 感知的语义 Web 服务组合群决策算法^①

李 祯^② 杨放春 苏 森

(北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室 北京 100088)

摘 要 针对 QoS 信息不确定和存在多个决策者的语义 Web 服务组合问题,基于多属性群决策理论给出了一个自治的语义 Web 服务组合群决策算法(AGSC)。该算法能够对以实数型、区间型和语言型数据描述的复杂的 QoS 信息进行综合评估,从而为多客户提供正确、高效的决策支持,为其优选出最佳的组合服务执行计划。利用真实 Web 服务的质量对该算法进行了实验验证,结果表明该算法具有优秀的决策灵敏性和稳定性,并能有效地反映决策群中个体角色的变化。

关键词 语义 Web 服务, 服务组合, 服务质量(QoS), 不确定理论, 多属性群决策(MAGDM)理论

0 引 言

随着互联网行业的迅猛发展,越来越多的在线商业解决方案被构建出来。然而任何一个服务只能满足相对单一的客户需求。服务提供商们迫切希望现有的服务能够被自治地、快速地组合成增值的复杂服务用来满足更为复杂的需求。语义 Web 服务组合技术使得这种设想成为可能^[1]。在一个服务组合场景中,客户首先向服务组合引擎提供他对于组合服务的功能性和非功能性(在本文中主要指 QoS)的需求,然后组合引擎基于工作流技术生成服务组合的执行路径^[2],随后组合引擎将访问服务发现主体,通过语义匹配的方法^[3]为执行路径中的每个任务找到满足功能性需求的服务实例。在这之后,相对于每个任务会出现众多的功能相似的候选服务,这些候选服务的每一个可能的组合被称作一个服务组合执行计划^[2]。最后最优的执行计划通过一个 QoS 感知的服务组合过程得出。从概念上讲,QoS 感知的服务组合可分为两个顺序的步骤:QoS 聚合^[2,4](计算整个计划的总体 QoS 值)和最终决策^[5-11](在候选计划中找到 QoS 综合最优的方案)。然而目前的 QoS 聚合算法和最终决策算法都基于两个假设:所有的服务质量数据必须以实数的形式明确给出;在组合场景中只存在一个决策者(客户)。这样的假设早已不能满足商业应用灵活多样的需求。首先,

越来越多的学者认为某些 QoS 数据并不适宜以确定的形式给出,他们建议了两种不确定的描述形式,其中采用了区间型数据描述 QoS 属性在某一时间段内的突发最大值和最小值^[3,9](如:时延),同时采用语言型数据描述那些模糊的 QoS 属性^[9](如:可靠性)。另外,在现实生活中往往会出现多客户请求组合服务的情况,例如,一个在线自组织的旅行团请求旅游服务。在这种情况下,每个客户都需要参与决策过程。

为了解决上面的问题,本文基于多属性群决策(multi-attribute group decision making, MAGDM)理论第一次提出了一种自治的语义 Web 服务组合群决策算法(autonomous group decision making algorithm for semantic Web service composition, AGSC)。该算法包括 4 个主要的步骤:首先用一种去模糊化的方法将语言型表示的数据转变为实数,然后给出决策矩阵的标准化方法,另外,设计一种群偏好的自动生成算法,最后提出一个优良度指标函数来综合评估每个执行计划的 QoS。通过真实数据对本算法进行的实验验证了其优越性和有效性。

1 QoS 本体

为了达到 AGSC 自治运行的目的,我们设计了一个 QoS 本体(见图 1),用来丰富服务组合引擎的知识。

① 973 计划(2003CB314806),863 计划(2006AA01Z164)和教育部新世纪人才支持计划(NCET-05-0114)资助项目。

② 男,1981 年生,博士生;研究方向:新一代互联网服务,语义网,语义 web 服务;联系人,E-mail:jasonlizhen@gmail.com
(收稿日期:2008-01-30)

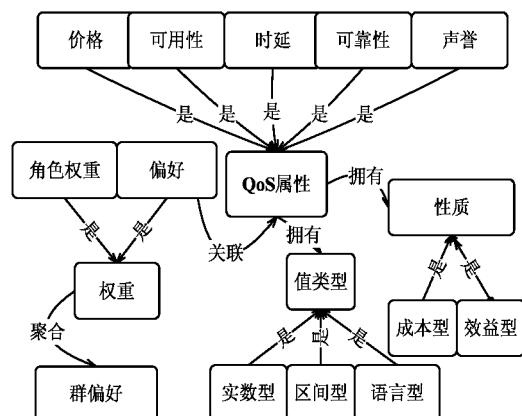


图 1 QoS 本体描述

每个 QoS 属性有其性质:成本型(其值越高,其质量越低),效益型(其值越高,其质量越高)。另外,每个属性值使用不同类型的数据进行描述(实数型、区间型或者语言型)。在该本体中另外一个根概念是权重,包括单个客户的偏好以及每个客户在群组中的角色权重。其中偏好表达了每个客户对于不同 QoS 属性的重视程度,而角色权重描述了每个客户在群组中的不同地位。角色权重和偏好被聚合成为群偏好从而应用到决策过程中(细节请见 2.3)。

为了描述和验证 AGSC,本文中给出了 5 种 QoS 属性作为例子(其详细说明见^[2,5,8,9])——价格、可用性、时延、可靠性和声誉。其中价格、可用性和声誉以实数形式描述,时延以区间形式给出,可靠性以语言型数据衡量(非常低,低,一般,高,非常高)。容易看出,价格和时延为成本型属性,其余为效益型属性。

2 AGSC

一般情况下,根据不同的 workflow 原子结构,可定义三种不同的算子用来计算整个执行计划的 QoS 值^[2,4]: Σ 算子、 Π 算子和 $\max$ 算子。不过需要特别注意的是,在聚合不确定的 QoS 数据时需要采用区间数和三角模糊数 (triangle fuzzy number, TFN) (我们用 TFN 来表示语言型数据)的四则运算法则。

在介绍该算法之前,首先基于算法输入构造决策矩阵。我们让 $p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 代表一个离散的候选计划的集合, $q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ 代表候选计划的总体 QoS 属性, $D = (d_{ij})_{n \times m}$ 为决策矩阵,其中 d_{ij} 为第 i 个候选计划的第 j 个总体属性值。不失一般性,假设在决策矩阵中的实数型数据均大于 0,区间型数据的上下限均大于 0 且 TFN 的上下界和核

值均大于 0。下面我们介绍该算法的具体步骤。

2.1 去模糊化

首先,为了能够对执行计划的总体 QoS 进行综合评估并进一步地进行最优决策,必须将矩阵 D 中的语言性数据去模糊化。去模糊化方法是对于模糊数据的相对精确解释,对于每个三角模糊数来说其重心是常用的最佳的解释^[12]。所以我们用下面公式将总体可用性数据去模糊化:

$$R' = \frac{\int_S x \mu(x) dx}{\int_S \mu(x) dx} = \frac{\int_{R^L}^{R^M} x \mu(x) dx + \int_{R^M}^{R^U} x \mu(x) dx}{\int_{R^L}^{R^M} \mu(x) dx + \int_{R^M}^{R^U} \mu(x) dx} \quad (1)$$

其中 $\mu(x)$ 表示 R 的隶属度函数, S 表示相应的积分区间。上标 L, M, U 分别表示 TFN 的下界核值和上界。在去模糊化过程结束之后,初始矩阵 D 转变成成为 $\tilde{D} = (\tilde{d}_{ij})_{n \times m}$, 其中仅包含实数型数据和区间型数据。

2.2 规格化

为了便于数据的评估和比较,需要将矩阵 $\tilde{D}$ 中的数据规格化至一个相同的量纲,将 $\tilde{D}$ 中的每个实数型数据看作一个上下界相等的区间数,让 $N = (n_{ij})_{n \times m}$ 表示规格化矩阵。我们所使用的规格化定理由公式

$$\begin{cases} n_{ij}^L = \tilde{d}_{ij}^L / \|\tilde{d}_{ij}^L\| & \text{效益型} \\ n_{ij}^U = \tilde{d}_{ij}^{U-1} / \|\tilde{d}_{ij}^{U-1}\| & \text{成本型} \end{cases} \quad (2)$$

所示,其中 $\|\tilde{d}_{ij}^L\|$ 为矩阵 $\tilde{D}$ 中第 j 个列向量的欧几里得模(表示该向量的长度)且 $\|\tilde{d}_{ij}^L\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n \tilde{d}_{ij}^{L2}}$, $\|\tilde{d}_{ij}^{U-1}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n \tilde{d}_{ij}^{U-2}}$ 。根据区间数的四则运算法则,公式(2)可被推导为公式

$$\begin{cases} n_{ij}^L = \tilde{d}_{ij}^L / \sqrt{\sum_{i=1}^n (\tilde{d}_{ij}^L)^2} & \text{效益型} \\ n_{ij}^U = \tilde{d}_{ij}^U / \sqrt{\sum_{i=1}^n (\tilde{d}_{ij}^L)^2} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} n_{ij}^L = (\tilde{d}_{ij}^U)^{-1} / \sqrt{\sum_{i=1}^n (\tilde{d}_{ij}^L)^{-2}} & \text{成本型} \\ n_{ij}^U = (\tilde{d}_{ij}^L)^{-1} / \sqrt{\sum_{i=1}^n (\tilde{d}_{ij}^U)^{-2}} \end{cases} \quad (4)$$

容易看出,在矩阵 N 中,对于所有 i 和 j 都有 $0 \leq n_{ij}^L \leq 1 \wedge 0 \leq n_{ij}^U \leq 1$, 且当 n_{ij}^L 和 n_{ij}^U 越大时表明其质量越优。

2.3 群偏好生成

在一个决策群中,每个决策者关于 QoS 的偏好都会有所不同。我们让 $\Omega = (\omega_{ij})_{n \times m}$ 表示决策群中所有 r 个决策者提出的权重矩阵。其中, ω_{ij} 表示第 i 个决策者对第 j 个 QoS 属性的偏好程度。除此之外我们还需要在决策群中定义一个“角色”的概念,在一个群决策的服务组合场景中,每个决策者的角色表明他在决策群中的地位,换句话说,角色表示一个决策者对于 QoS 的偏好在群决策中所占的重要程度。我们给群组中的每种角色打一个分数(按照重要程度的降序打分)。其中最高的打分为角色的种类数且最低的打分为 1。例如,一个在线自组织旅行团中可能有 3 种角色,即团长、副团长和团员。那么,角色的级别可表示为 3, 2 和 1。下面我们为每种角色定义其权重:

$$\omega_i^d = \frac{\text{rank}_i}{\sum_{j=1}^s \text{rank}_j n_j}, j = 1, 2, \dots, s \quad (5)$$

其中 ω_i^d 表示第 i 个决策者的权重, s 表示角色的数量, n_j 表示角色为 j 的决策者数量。容易看出, ω_i^d 满足归一化条件: $\omega_i^d > 0 \wedge \sum_{i=1}^r \omega_i^d = 1$ 。我们基于角色权重和偏好矩阵给出了对于每个 QoS 属性的群偏好:

$$\vec{\omega}^g = \vec{\omega}^d \times \Omega \quad (6)$$

也给出了加权的决策矩阵 $\tilde{W} = (w_{ij}^g)_{n \times m}$, 其中 $w_{ij}^g = \omega_j^g n_j^L = [\omega_j^g n_j^L, \omega_j^g n_j^U]$ 。

2.4 综合评估

在介绍 QoS 综合评估模型前,我们需要定义矩阵 $\tilde{W}$ 中的正理想点和负理想点作为评估的基准。

定义:正理想点 (s^{+}) 和负理想点 (s^{-})

$$s^{+} = \langle s_1^{+}, s_2^{+}, \dots, s_m^{+} \rangle$$

$$s_j^{+} = [s_j^{+L}, s_j^{+U}] = [\max_i(w_{ij}^L), \max_i(w_{ij}^U)]$$

$$s^{-} = \langle s_1^{-}, s_2^{-}, \dots, s_m^{-} \rangle$$

$$s_j^{-} = [s_j^{-L}, s_j^{-U}] = [\min_i(w_{ij}^L), \min_i(w_{ij}^U)]$$

容易看出,正理想点表示理想的最优服务组合执行计划,而负理想点表示理想的最劣计划。下面我们介绍一个优良度函数用来评估候选的服务组合执行计划:

$$\begin{aligned} \text{fin}(w_i^g, s^{+}, s^{-}) &= \frac{d(w_i^g, s^{-})}{d(s^{+}, s^{-})} \times 100\% \\ &= \frac{\sum_{j=1}^m \sqrt{(w_{ij}^L - s_j^{-L})^2 + (w_{ij}^U - s_j^{-U})^2}}{\sum_{j=1}^m \sqrt{(s_j^{+L} - s_j^{-L})^2 + (s_j^{+U} - s_j^{-U})^2}} \times 100\% \end{aligned}$$

(7)

优良度函数将第 i 个执行计划的加权 QoS 信息和正、负理想点作为输入,函数 $d(,)$ 表示两个区间型向量的距离。优良度越高的执行计划其综合质量越好。这样我们就可以对决策矩阵中的每个执行计划按照优良度的高低进行降序排序从而得到最优的决策结论。

3 实验与分析

3.1 实验设置

我们的实验分为两组,第一组实验通过改变执行计划的 QoS 属性值,验证了该算法具有优秀的决策灵敏性和相对稳定性;第二组实验验证了其可以感知决策群中角色的变化。

实验采用的是一个旅游服务组合场景,该旅游服务由 3 个顺序执行的任务组成:机票预订、旅馆预订和租车服务。每个任务下有 3 个候选服务(自行开发的真实 Web 服务)。每个候选服务的 QoS 都由第 2 节中介绍的属性描述(属性值为真实测量数据)。5 个组合服务使用者在线组团出行且提出了对 QoS 的基本需求(总价格低于 150 美元)。在 27 个候选执行计划中共有 15 个满足客户的需求,其数据见表 1。

表 1 候选执行计划

序号/QoS	价格	可用性	时延	可靠性	声誉
1	120	0.97	[200,350]	[8,10,10]	0.91
2	150	0.97	[180,320]	[5,7,9]	0.98
3	130	0.98	[240,310]	[8,10,10]	0.93
4	95	0.95	[280,320]	[3,5,6]	0.86
5	125	0.85	[190,360]	[0,0,2]	0.62
6	140	0.93	[210,260]	[3,5,6]	0.40
7	120	0.98	[220,340]	[8,10,10]	0.98
8	110	0.99	[230,300]	[8,10,10]	0.28
9	135	0.87	[180,280]	[1,3,4]	0.56
10	100	0.94	[260,270]	[3,5,6]	0.97
11	105	0.93	[196,269]	[5,7,9]	0.99
12	110	0.96	[215,318]	[5,7,9]	0.99
13	125	0.95	[208,271]	[8,10,10]	0.55
14	115	0.99	[237,346]	[0,0,2]	0.89
15	130	0.89	[188,332]	[1,3,4]	0.96

供测试的偏好矩阵见表 2。

表 2 偏好矩阵

序号/QoS 偏好	价格	可用性	时延	可靠性	声誉
1	0.36	0.28	0.13	0.08	0.15
2	0.26	0.47	0.03	0.14	0.10
3	0.15	0.21	0.43	0.11	0.10
4	0.25	0.13	0.07	0.38	0.17
5	0.18	0.10	0.20	0.23	0.29

从表 2 我们可以看出 5 个决策者重视不同的 QoS 属性,同时他们的角色权重被设置为: $\vec{\omega}^d = \langle 0.375, 0.25, 0.125, 0.125, 0.125 \rangle$ (团长、副团长、团员、团员、团员)。根据公式得出群偏好为: $\vec{\omega}^g = \langle 0.2725, 0.2775, 0.14375, 0.155, 0.15125 \rangle$ 。

3.2 结果和分析

一个好的 QoS 感知的服务组合算法必须能够感知 QoS 的变化并且对于 QoS 没有变化的执行计划保持相对的稳定性。为了评估 AGSC 的这种灵敏性和稳定性,我们介绍两个评估指标:

$$sen(p_i) = \left| \frac{fin(p'_i, s^{++}, s^{--}) - fin(p_i, s^{++}, s^{--})}{fin(p_i, s^{++}, s^{--})} \right| \times 100\% \quad (8)$$

$$sta(p_j) = 1 - \left| \frac{fin(p_j, s^{++}, s^{--}) - fin(p_j, s^{++}, s^{--})}{fin(p_j, s^{++}, s^{--})} \right| \times 100\% \quad (9)$$

$$sta^- = \frac{\sum_{j=1}^n sta(p_j)}{n-1}, j \neq i \quad (10)$$

如果执行计划 p_i 的总体 QoS 动态改变了,我们使用函数 $sen()$ 来表示 AGSC 相对于 p_i 的灵敏性(理想点的值也可能会随之改变),函数 $sta()$ 用来表示 AGSC 对于某个 QoS 未改变的执行计划的稳定性(p_i QoS 的改变应该尽量小地影响到对其余计划的评估), sta^- 表示该算法对于所有 QoS 未改变的计划的平均稳定性。

我们按照上面所述的实验初始设置运行该算法,计划 5 被决策为最差的计划。我们以计划 5 为例说明其具有较高的灵敏性和稳定性。图 2 给出了实验结果。首先,我们将计划 5 的价格每次递减

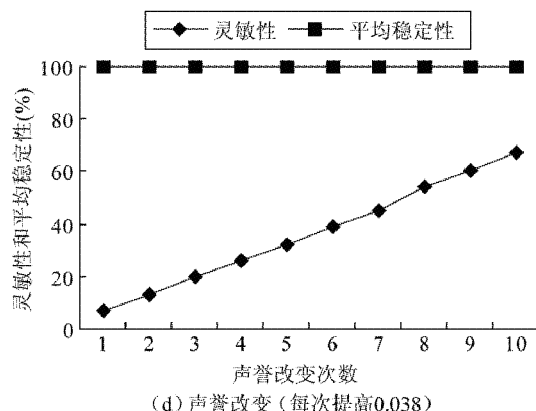
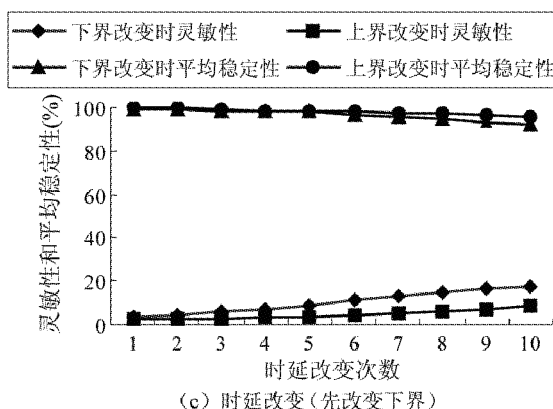
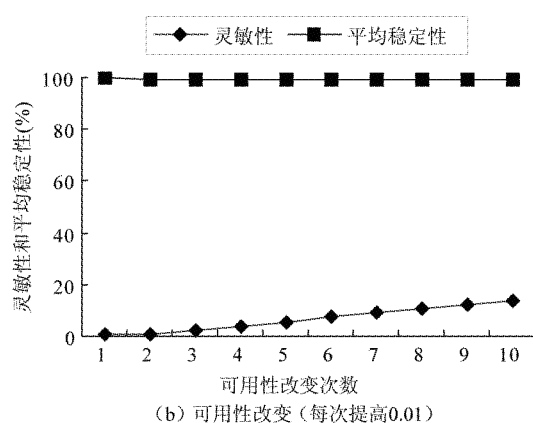
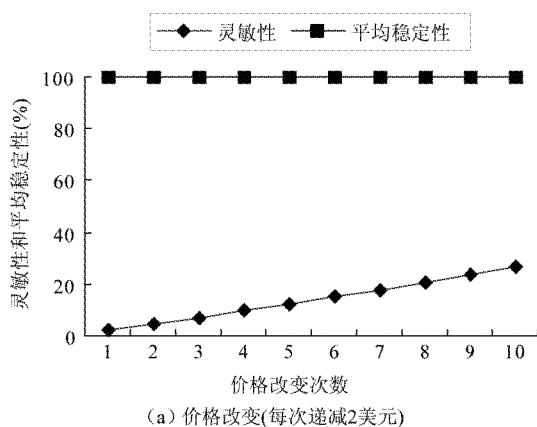


图 2 算法的灵敏性和稳定性

2 美元,递减 20 次。图 2(a)显示了该算法相对于计划 5 的灵敏性从 3.6617% 上升至 28.1442%,并且当其价格减少 18 美元时,计划 5 的总体排名上升了 1 位。然而,计划 5 价格的变动却对于其他计划的评估影响甚微。该图同时给出的其对于其他所有计划的平均稳定性均高于 99.6528%。随后我们将计划 5 的价格重置,并改变其可用性(每次提高 0.01)。这时最高灵敏性可达 12.6548%,平均稳定性均在 99.6548% 以上(图 2(b))。相似地,我们改变计划 5 的时延(先下界后上界,每次递减 5ms)和它的声誉(每次提高 0.038)其灵敏性和稳定性都达到很高的水平(见图 2(c)和图 2(d))。

这组实验说明 AGSC 能够感知候选计划中任何 QoS 的改变,并能同时确保其他计划的优良度函数稳定。因此,如果一个计划的 QoS 有所提升,他的优良度函数值就会相应地提升,其决策排名也可能会升高。相反地,如果一个计划的 QoS 指标下降,那么它会很快地失去竞争力。

另外,作为一个群决策算法,其应能够对于决策者角色变化做出快速反应,以便能够得出新的正确的群优化决策结果。下面的一组实验测试两组不同的角色权重 $\vec{\omega}^d$ 和 $\vec{\omega}^{d'} = \langle 0.125, 0.125, 0.375, 0.25, 0.125 \rangle$ 。对于 $\vec{\omega}^d$ 来说,其对应的群偏好向量为: $\vec{\omega}^{d'} = \langle 0.21875, 0.2175, 0.22375, 0.1925, 0.1475 \rangle$ 。实验结果见图 3。

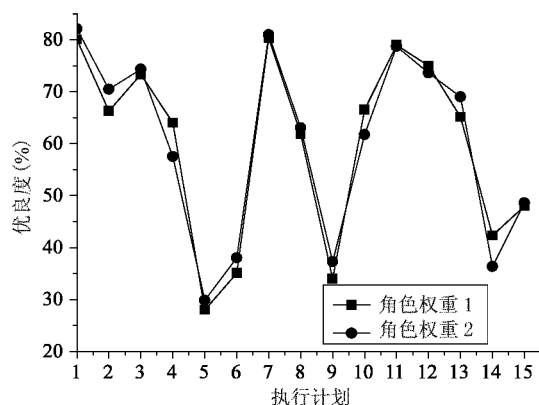


图 3 角色转变对于决策结果的影响

当我们使用 $\vec{\omega}^d$ 来运行 AGSC 时,计划 7 被选为最优计划(其优良度函数为 80.3601%)并且计划 1 排名第二(优良度函数为 80.0284%)。产生这种情况的原因是 $\vec{\omega}^d$ 偏重于可用性的质量(计划 7 的可用性高于计划 1 的可用性 0.01)。当我们改变角色时,时延变成新群最关注的属性。在这种情况下计划 1

超越计划 7 称为最优决策结果,因为其相比计划 7 有较好的时延表现,尽管其可用性和声誉较之计划 7 偏低。这组实验说明总体的群偏好将随着角色的改变而合理地改变。AGSC 能够正确地反映一个决策群的偏好,从而为其选择出群最优的执行计划。

4 相关工作

在本节中,我们总结本领域内的相关工作并与 AGSC 算法进行比较。就我们所掌握的情况来看,服务组合的执行计划优选方法可以分为三类。第一类是 QoS 计算法,例如文献[4]的工作讨论了在动态服务选择过程中对 QoS 指标进行综合计算,试图建立一套开放的、公平的和动态的 QoS 计算框架用来评估大量 Web 服务的 QoS。Wang 等[5]提出了一套语义 Web 服务的 QoS 综合评估方法,是对上面算法的一种改进,提高了 QoS 计算法的效率。第二类是数学规划法,Zeng 等[2]提出了一个中间件平台用于 QoS 感知的 Web 服务组合。他们使用整数规划的方法来选择最优的执行计划。但是这种方法需要产生所有的计划,因此算法的性能将随着候选服务的增加而迅速下降。第三类是启发式方法,Canfora 等[6]建议使用遗传算法来解决服务组合问题。在文献[7]中,服务组合问题被建模成多维、多选择的 0-1 背包问题(或多限制的最优路径算法)。在这两项工作中都用到了启发式的思想。Berbner 等[8]介绍了一系列的 QoS 聚合算法和一个基于回溯的计划选择算法。他们的实验证明了启发式的算法性能要远远高于整数规划方法,但是会丧失对最优解的选择。

然而,上述方法均将所有 QoS 属性定义为确定的实数且不能适用于群决策的场景。因此他们不能满足灵活多样的商业 QoS 需求。在我们以前的工作[10]中,我们介绍了一个简单的决策算法用来评估由实数和区间数描述的 QoS。其后,我们扩展了这项工作[11],将语言型 QoS 加入到评估框架中来,并将我们的方法与不确定的客户偏好结合起来。但这两项工作仍存在不足,我们仅仅考虑了局部优化的问题且没有考虑群决策场景。

AGSC 算法改进了我们前面的工作,与以往的工作相比 AGSC 有以下特点:(1)提出了一个 QoS 本体用于描述不确定的 QoS 和群偏好;(2)从全局优化的角度介绍了一种能够评估多种不确定 QoS 的决策方法;(3)能够支持决策者数量大于 1 时的群决策过程。

5 结 论

目前 QoS 感知的语义 Web 服务组合算法不能有效地支持不确定的 QoS 属性值和群决策策略。为了解决此难题,我们提出了 AGSC 算法——一种基于不确定多属性群决策理论的服务组合算法。在本文中,我们首先介绍了一个 QoS 本体用于描述相关的知识。随后我们介绍了 AGSC 算法细节(包括 4 个步骤:去模糊化、规格化、群偏好生成和综合评估)。最后我们通过实验证明,AGSC 方法在解决不确定 QoS 和多客户场景下的服务组合问题具有优秀的可行性和效力。

然而,我们必须承认的是 AGSC 还有可以改进的地方,我们还可以将 AGSC 植入一个启发式算法框架当中,这样做可以进一步减少候选执行计划的数量,从而提高算法的性能。

参考文献:

- [1] McIlraith S A, Son T C, Zeng H L. Semantic web services. *IEEE intelligent systems*, 2001, 16: 46-53
- [2] Zeng L Z, Benatallah B, Ngu A H H, et al. QoS-aware middleware for Web services composition. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2004, 30(5): 311-327
- [3] Sycara K, Paolucci M, Ankolekar A, et al. Automated discovery, interaction and composition of semantic web services. *Journal of Web Semantics*, 2003, 1(1): 27-46
- [4] Liu Y, Ngu A H H, Li Z. QoS computation and policing in dynamic web service selection. In: Proceedings of the 13th International Conference on World Wide Web (WWW 2004), New York, USA, 2004
- [5] Wang X, Vitvar T, Kerrigan M, et al. Synthetical evaluation of multiple qualities for service selection. In: Proceedings of the 4th International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC 2006). Heidelberg: Springer, 2006. 152-162
- [6] Canfora G, Penta M D, Esposito R, et al. An approach for QoS-aware service composition based on genetic algorithms. In: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2005), Washington DC, USA, 2005. 1069-1075
- [7] Yu T, Lin K J. Service selection algorithms for composing complex services with multiple QoS constraints. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC 2005), Amsterdam, The Netherlands, 2005. 130-143
- [8] Berbner R, Spahn M, Repp N, et al. Heuristics for QoS-aware web service composition. In: Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Web Service (ICWS 2006), Chicago USA, 2006. 72-82
- [9] Li Z, Su S, Yang F C. WSrep: a novel reputation model for dynamic web services selection. In: Proceedings of the 1st KES International Symposium on Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications (KES-AMSTA 2007). Heidelberg: Springer, 2007. 199-207
- [10] Li Z, Su S, Yang F C, et al. A decision making approach for semantic web services selection with heterogeneous QoS values. In: Proceedings of the China-Ireland International Conference on Information and Communications Technologies (CI-ICT 2007), Duberlin, Ireland, 2007. 783-790
- [11] Li Z, Shuang K, Yang F C, et al. Towards autonomic semantic web services selection with heterogeneous QoS values and uncertain user weights. In: Proceedings of the International Conference on Semantic Web and Web Services (SWWS 2007), Las Vegas, USA, 2007. 535-543
- [12] Deng H P, Yeh C H. Simulation-based evaluation of defuzzification-based approaches to fuzzy multiattribute decision making. *IEEE Trans Syst, Man, Cybern*, 2006, 36(5): 968-977

A group decision making algorithm for QoS-aware semantic Web service composition

Li Zhen, Yang Fangchun, Su Sen

(State Key Laboratory of Networking and Switching, Beijing University of Posts and Telecommunication, Beijing 100876)

Abstract

For solving the difficulties of uncertain QoS and multiple decision makers involved in the semantic Web service composition, this paper presents an autonomous group decision making algorithm for semantic Web service composition (AGSC), which is based on the multi-attribute group decision making (MAGDM) theory. This algorithm can synthetically evaluate the complex QoS information expressed by real numbers, intervals and linguistic types, and then make fair and efficient decisions on the optimal execution plan for multiple customers. At last, this algorithm was validated by real data based experiments. The results show that it has the outstanding sensitivity and stability of decisions and can accurately reflect the roles changing in the decision group.

Key words: semantic Web service, service composition, quality of service (QoS), uncertainty theory, multi-attribute group decision making (MAGDM) theory