

## 企业战略驱动的 QoS 属性相关 Web 服务选择与部署方法

于磊\* 王智立 戢勇 孟洛明 邱雪松  
(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:** 将业务与面向服务的体系(SOA)结合受到企业决策者越来越高的重视,这种结合利用信息技术优势提高了企业的业务性能。SOA 具有可重用和松耦合的技术特点,可以很好地保证业务的敏捷性。然而,当面对如何选择和部署 Web 服务这样的技术问题时,企业的战略目标经常被忽略。为了解决该问题,同时考虑到服务 QoS 属性的相关性可以更准确地反映属性的重要程度,该文提出了一种改进的层次分析法来综合技术和战略方面的决策,帮助企业决策者更好地使用 Web 服务实现企业战略目标。

**关键词:** 服务管理; Web 服务选择; 相关 QoS 属性; 改进的层次分析法

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2014)02-0488-05

DOI: 10.3724/SP.J.1146.2013.00634

## A Web Services Selection and Deployment Method Based on Enterprise Strategies and Related QoS Criteria

Yu Lei Wang Zhi-li Ji Yong Meng Luo-ming Qiu Xue-song

(State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** Combination of business and Service Oriented Architectures (SOA) is getting more attention of enterprise decision makers. The combination employs information technology to improve the business performance of enterprises. SOA possesses the features of reusability and loose coupling, which makes business agile. However, when the managers face how to select and deploy Web services and such technical problems, enterprise's strategic objectives are often ignored. To solve this problem, and also to consider the related service QoS criteria reflects the importance of the criteria more accurate, an improved analytic hierarchy process to balance technical and strategic decisions is proposed, which helps the enterprise managers to better use Web services to achieve enterprise strategic objectives.

**Key words:** Service management; Web services selection; Related QoS criteria; Improved analytic hierarchy process

### 1 引言

企业的业务市场变化正在加剧,客户的需求和维护成本与日俱增。面对市场的不确定性,企业必须找到维持自己竞争力的方式。信息系统可以提高企业对市场的快速反应能力,面向服务的体系(SOA)已经成为一种对信息系统的构造方法。企业对与其目标相关的,可以满足客户需求和期望的高质量IT服务的需求越来越强烈,促进了传统的以技术为中心的IT管理模式向以服务为中心的IT管理模式转移<sup>[1]</sup>。业务驱动的服务管理研究已成为目前信息领域的热点<sup>[2,3]</sup>。然而,以前的研究主要关注IT系统问题,很少考虑企业发展的战略,战术和收益问题。所以

企业需要考虑3个层面的决策问题<sup>[4]</sup>: (1)战略决策: 在市场中建立企业的核心竞争力,例如产品价格和客户满意度等; (2)运营决策: 决定服务的QoS属性,例如响应时间和可靠性等等; (3)战术决策: 找出每个业务对企业的贡献并且在战略层面衡量QoS权重,例如核心业务的可靠性和响应时间比成本更重要,次要业务的成本比其它属性更重要。

在战略层面,一个企业可能决定要提供响应时间更快,成本更低的业务给客户,以保持最优竞争力。一家企业提供的业务是由不同部门协同完成的,这些部门分别进行战术层面的决策。因为降低成本的代价过高,各部门可能决定把所有资源集中在提高响应时间上,而把降低成本放在较低的优先级上。缺少通讯渠道,标准化流程,以及较差的IT服务支持都可能使战术层面的决策不符合企业战略层面的决策。

多准则决策方法是一种对具有多个属性的方案

2013-05-09 收到, 2013-10-11 改回

国家自然科学基金创新研究群体科学基金(61121061), 国家 863 计划项目(2013AA013502)和国家自然科学基金(61302078)资助课题

\*通信作者: 于磊 yuleiks@bupt.edu.cn

进行排序的方法<sup>[5]</sup>，可以用于解决企业的3个层面的决策问题。很多研究者<sup>[6-9]</sup>使用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)，即一种多准则决策方法，对具有多个QoS属性的服务进行排序。然而，该方法没有把运营层面的决策和战术层面的决策联系起来，并且没有区分服务对企业业务的重要程度。Casola等人<sup>[10]</sup>用层次分析法来获取用户的偏好，然后根据这些偏好来评估这些服务。尽管考虑到客户的满意度，但作者没有考虑战略因素。Godse等人<sup>[6]</sup>考虑了一些服务的业务属性，例如采购成本和使用成本等，但仍没有触及战略问题。还有一些研究者<sup>[8,11,12]</sup>针对多个用户的场景提出了基于层次分析法的协同过滤方法。Büyükožkan等人<sup>[13]</sup>考虑到语言表达的模糊性，将模糊层次分析法应用于医疗服务中。Tao等人<sup>[14]</sup>使用层次分析法在动态和实时的环境下选择最可信的交易伙伴服务。

以前的研究假设一个Web服务中QoS属性间的关系是独立的，但这并不符合实际情况，不同QoS属性是正相关或者负相关的，并且某些QoS属性具有汇聚性(汇聚成几个集合)，集合内的互相作用关系要强于集合间的关系，低层次的集合更大地影响高层次的集合。因此，我们把QoS属性分类，并确定类间的关系，然后计算出具有依赖关系的QoS权重。以前的Web服务选择方法根据综合的QoS权重计算出最优的候选服务提供给用户，但这样综合最优的候选服务并不一定是用户最需要的。例如，有两个候选服务，一个服务具有综合最优的QoS值，但是一些QoS属性不满足用户约束，另一个服务的综合QoS值比较低，但满足所有的用户约束。在这种情况下，以前的服务选择方法将选择第1个服务，但这不一定是用户最想要的服务。

本文提出一个改进的层次分析法，综合考虑企业的3个层面的决策来选择和部署服务。本文的目标是减少技术视角和业务视角的差距，从而能让信息系统更好地服务于业务策略。本文的方法可以给出将Web服务部署在最优服务器上的决策方案。

## 2 本文提出的服务选择和部署方法

本文提出的服务选择和部署方法分两个阶段：第1阶段进行战术和运作层面的决策，第2阶段根据第1阶段的决策筛选出符合战略层面的决策。

### 2.1 战术和运作层面决策

这一层决策首先需要确定QoS属性权重。在Web服务选择问题中，QoS属性权重的取值直接影响了组合服务的质量。通常，QoS属性间具有依赖关系。例如，可扩展性影响可靠性，因为当一

个系统不能很好地扩展来应对增加的负载时，其可靠性也随之降低。如果忽略这些依赖关系来进行服务选择，则优选服务的准确性将降低。

QoS属性有很多，本文取其中常用的几种，如图1所示，QoS属性间的关系应当由相关领域的专家指定(图中箭头)，QoS属性间关系的权重可由AHP方法计算得出。不失一般性，通过在QoS属性成对比较矩阵(表1)中增加或删除QoS属性来保证QoS属性的完整性和定制性需求。根据QoS属性间依赖关系的强弱，本文将各QoS属性分成3类，其中前两类和性能相关，后一类和非性能相关。前两类中一类是高层QoS，一类是低层QoS。低层QoS直接被网络延迟等因素影响，同时可能造成一个或多个高层QoS属性的极大变化。

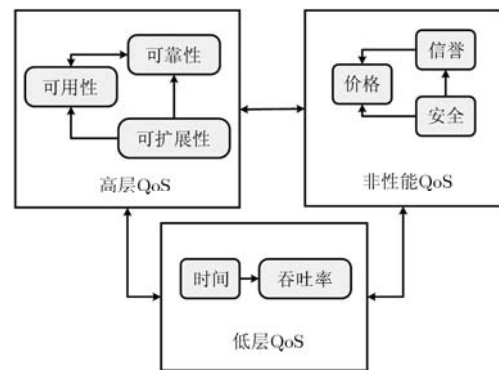


图1 本文提出的QoS属性依赖图

高层QoS包括：可用性(AV)，可靠性(RL)，可扩展性(SC)。低层QoS包括：响应时间(RT)，吞吐量(TH)。非性能QoS类包括：成本(CO)，信誉(RP)，安全(SE)。

在QoS属性分类图中，箭头表示依赖关系，带箭头的一端表示被影响的属性，双向箭头表示互相影响。对于图1，我们构造了成对比较矩阵，具体见表1。如果最上面一行的一个QoS属性影响了最左边一列的某一个QoS属性，那么在图表中的相应值大于零，如果不影响则等于零。

使用AHP方法计算表1的成对比较矩阵，可以求出QoS的权重，如表2所示。

传统Web服务选择方法很少考虑所选服务间的关系。例如，把所选服务部署在一个服务器上可能降低服务器的性能或者增加预期的成本。我们用方案来表示战术和运作层面的决策，一个方案是企业的服务在服务器上的一个分配方案。每个方案在战略层面可能具有不同的战略优势和劣势。企业可

表 1 QoS 属性成对比较矩阵

QoS	可用性	可靠性	可扩展性	响应时间	吞吐率	成本	信誉	安全
可用性	0	0.70	0.70	0.20	0.40	0	0	0.30
可靠性	0.30	0	0.70	0	0.30	0	0	0.20
可扩展性	0	0	0	0.30	0.20	0	0	0.10
响应时间	0.10	0.50	0.50	0	0	0	0	0.50
吞吐率	0.90	0.50	0.60	0.80	0	0	0	0.20
成本	0.50	0.50	0.60	0.70	0.70	0	0.90	0.60
信誉	0.60	0.50	0.25	0.50	0.50	0	0	0.50
安全	0	0	0.50	0	0	0	0	0

表 2 QoS 属性权重

QoS 属性	可用性	可靠性	可扩展性	响应时间	吞吐率	成本	信誉	安全
权重	0.12	0.08	0.03	0.05	0.16	0.33	0.18	0.01

以决定响应时间、成本、可靠性和可扩展性等战略评价指标。使用层次分析法进行战术和运作层面的决策，层次结构图的目标是各个战略指标，战略指标即 QoS 属性，具体结构图如图 2 所示。

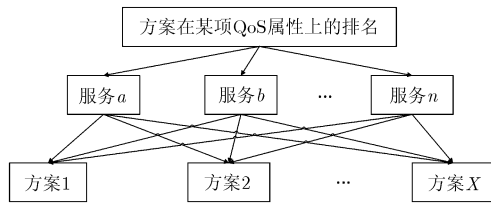


图 2 战术与运作层的 AHP 结构图

以图 2 为例，如果选择了服务 *a* 且选择其战略指标是可扩展性，那么所选的方案应该是对服务 *a* 具有最好扩展性的方案。如果战略指标是响应时间，那么所选的方案应该是对服务 *a* 具有最短响应时间的方案。从用户价值的角度来看，用户可能选择那些具有最小响应时间和最低成本的方案。

2.2 战略层面决策

战略就是要保证公司根本的、长远的和整体的利益，起到对下属部门所制定方案的纠正作用。首先，公司要制定战略决策，其次，从下属部门的战术和运作决策中选择最贴近战略决策的方案。这一节需要对上一节提出的方案从战略角度进行排序。上一节提出的战术和运作层决策方案，一般是由企业中不同部门的管理者根据自己部门的业务特点提出的。这些分散的和局部化的方案需要符合企业的总体战略决策，本节主要讨论如何选择符合企业战略的方案。

对于两个方案， $P_i$ 和 $P_j$ ，在所有战略指标上 $P_i$ 优于 $P_j$ 被量化可表示为

$$D(P_i, P_j) = \sum_{k=1}^m w_k \times (A_{ik} - A_{jk}) \quad (1)$$

第 *k* 个战略指标的权重 *w* 如表 2 所示，*m* 是战略指标的数量，*A* 是方案在指标下的值。

一个方案相对于其它所有方案的优化值  $\Delta^+$ ，以及一个方案对于其它所有方案的差距  $\Delta^-$  可用式 (2) 和式 (3) 计算：

$$\Delta^+(P_i) = \frac{1}{x-1} \times \sum_{P_j \in P} D(P_i, P_j) \quad (2)$$

$$\Delta^-(P_i) = \frac{1}{x-1} \times \sum_{P_j \in P} D(P_j, P_i) \quad (3)$$

其中，*x* 是所有可选方案的数量，*P* 表示可选方案的集合。一个方案的  $\Delta^+$  和  $\Delta^-$  值很可能不同。本文采用式 (4) 进行权衡。

$$\Delta(P_i) = \Delta^+(P_i) - \Delta^-(P_i) \quad (4)$$

按式 (4) 排出的方案顺序可以作为最终的排名列表，但还需考虑客户的确切需求。客户的确切需求意味着客户需要最符合他要求的方案，而不是各方面最好但可能有一两个方面不符合需求的方案。因此，我们提出了新的排名方法，用式 (5) 表示用户需要的方案对所选方案的差别。差别越小，排名越高。

$$\Delta^s(S, P_i) = D(S, P_i) \quad (5)$$

结合式 (4) 的排名 ( $\Delta$ ) 和用户需求排名 ( $\Delta^s$ )，本文还提出另一种排名方法：

$$\text{Ranking}(P_i) = a \times \Delta(P_i) - b \times \Delta^s(S, P_i) \quad (6)$$

如果企业管理者偏向于综合优先排名，可以提高 *a* 的值。如果企业管理者偏向于用户需求排名，可以提高 *b* 的值。

### 3 案例研究

在本例中，有两个提供云服务的提供商，提供商1和提供商2，提供Web服务托管服务，并且QoS属性值有差异。一个客户企业将部署两个Web服务(分别是WS<sub>a</sub>和WS<sub>b</sub>)在这两个云服务提供商上。客户企业需要平衡成本，根据性能和客户价值等来决定哪些Web服务部署在哪些云服务提供商上，并且制定的方案要符合企业战略。云服务提供商提供的各项指标如表3所示。

表3 提供商提供的服务QoS属性值

WS	提供商1			提供商2		
	时间	成本	可用性 (%)	时间	成本	可用性 (%)
WS <sub>a</sub>	12	5	90	7	12	96
WS <sub>b</sub>	8	7	95	10	6	98

不同的Web服务给企业产生了不同的商业价值，并且同一个Web服务部署在不同的服务器上会有不同的成本和性能。综合这两个因素，IT管理者需要平衡运营成本和服务的商业价值。本文提出的方法综合了战略层、战术层和运作层3个层次的决策。首先从表1中抽取出本例涉及的QoS属性，然后使用层次分析法计算出响应时间，成本和可用性的权重，如表4所示。

表4 QoS权重

QoS属性	时间	成本	可用性
权重	0.08	0.80	0.11

#### 3.1 战术层和运作层决策

战术层和运作层的决策是第1阶段的决策，其结构如图2所示。在该案例中，共有两个Web服务和两个云服务提供商，即有2×2种方案，例如方案1是将服务a部署在提供商1上，服务b部署在提供商2上。管理者设计了在响应时间属性下部署服务a的成对比较矩阵并得出了结果如表5。

表5 涉及WS<sub>a</sub>时间属性的方案比较矩阵

时间(WS <sub>a</sub> )	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	结果
P <sub>1</sub>	1.00	0.50	0.50	3.00	0.21
P <sub>2</sub>	2.00	1.00	2.00	2.00	0.38
P <sub>3</sub>	2.00	0.50	1.00	2.00	0.27
P <sub>4</sub>	0.30	0.50	0.50	1.00	0.12

接下来设计在响应时间属性下部署服务b的成对比较矩阵并求出结果，与表5的结果合并得到表6。

表6 涉及时间属性的方案汇总

时间	WS <sub>a</sub>	WS <sub>b</sub>
P <sub>1</sub>	0.21	0.04
P <sub>2</sub>	0.38	0.09
P <sub>3</sub>	0.27	0.82
P <sub>4</sub>	0.12	0.03

此时，管理者需要做出决定，哪一个服务的响应时间对企业的业务策略更重要，设计出表7。

表7 服务在时间属性上对业务的重要程度

时间	WS <sub>a</sub>	WS <sub>b</sub>	结果
WS <sub>a</sub>	1.00	0.16	0.14
WS <sub>b</sub>	6.00	1.00	0.85

根据服务的响应时间对业务的重要程度，方案的得分由式(7)求得。

$$\begin{matrix}
 WS_a & WS_b \\
 \begin{pmatrix} 0.21 & 0.04 \\ 0.38 & 0.09 \\ 0.27 & 0.82 \\ 0.12 & 0.03 \end{pmatrix} & \times \begin{pmatrix} 0.14 \\ 0.85 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.07 \\ 0.13 \\ 0.74 \\ 0.04 \end{pmatrix}
 \end{matrix} \quad (7)$$

接下来用同样的方法求出方案在成本和可用性上的得分，综合这些得分，得到如表8所示的结果，S是企业制定的战略目标，在本文中为已知值。

表8 企业战略与各战术方案

战略/战术	时间	成本	可用性
P <sub>1</sub>	0.07	0.03	0.54
P <sub>2</sub>	0.13	0.43	0.13
P <sub>3</sub>	0.74	0.38	0.14
P <sub>4</sub>	0.04	0.14	0.16
S	0.04	0.43	0.10

#### 3.2 战略层决策

根据上一步求得的方案值(表8)和QoS权重(表4)，按照式(1)~式(5)，可以得到各方案的排序，如表9所示，从而选出最符合战略层决策的方案。

从表9中可以看出，以Δ排序，方案3的排名最高，但其Δ\*中的排名仅为第2。根据式(6)，可以调

表9 战术方案的排序结果(按  $\Delta$  排)

排序	$\Delta^+$	$\Delta^-$	$\Delta$	$\Delta^s$
$P_3$	0.91	0.09	0.82	0.04
$P_2$	0.62	0.10	0.52	0
$P_4$	0.09	0.54	-0.44	0.23
$P_1$	0.14	0.75	-0.62	0.32

整  $a$  和  $b$  的值来得到一个唯一的排名列表。排到最顶端的是最符合企业战略的方案。

#### 4 结论

业务能力与IT水平相匹配一直是企业发展的最高优先级, SOA是推动这种匹配的关键技术。然而, 如果没有一个可以衔接战略、战术和运作层面的方法, 使用SOA的优势将很难在企业的业务层展现出来。此外, 如果认为服务的QoS属性间的关系是相互独立的, 将不能很好地判断QoS属性的变动对客户价值的影响。因此, 考虑上述两方面因素, 本文提出了一种改进的层次分析法, 该方法结合战略、战术和运作层面的决策, 同时考虑相互依赖的QoS属性, 对服务选择和部署的方案进行了排序, 从中选择出最适合企业战略的方案。

#### 参考文献

- [1] Iden J and Eikebrokk T R. Implementing IT service management: a systematic literature review[J]. *International Journal of Information Management*, 2013, 33(3): 512-523.
- [2] Lima A, Jacques S, and Sauve J. Capturing the quality and business value of IT services using a business-driven model[J]. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 2012, 9(4): 421-432.
- [3] Bartolini C and Stefanelli C. business-driven IT management [C]. International Symposium on Integrated Network Management, Dublin, 2011: 964-969.
- [4] Hong E K. Information technology strategic planning[J]. *IT Professional*, 2009, 11(6): 8-15.
- [5] Rohitratana J and Altmann J. Impact of pricing schemes on a market for Software-as-a-Service and perpetual software[J]. *Future Generation Computer Systems*, 2012, 28(8): 1328-1339.
- [6] Godse M, Sonar R, and Mulik S. The analytical hierarchy process approach for prioritizing features in the selection of web service[C]. IEEE European Conference on Web Services, Dublin, Ireland, 2008: 41-50.
- [7] Lamparter S, Ankolekar A, Studer, *et al.* Preference-based selection of highly configurable web services[C]. International Conference on World Wide Web, Banff, Canada, 2007: 1013-1022.
- [8] Wanchun D, Chao L, Xuyun Z, *et al.* A qos-aware service evaluation method for co-selecting a shared service[C]. IEEE International Conference on Web Services, Washington DC, USA, 2011: 145-152.
- [9] Thirumaran M, Dhavachelvan P, Lakshmi P, *et al.* Parallel analytic hierarchy process for web service discovery and composition[C]. International Workshop on Information Integration on the Web, Hyderabad, 2011: 456-461.
- [10] Casola V, Fasolino A R, Mazzocca N, *et al.* An alp-based framework for quality and security evaluation[C]. International Conference on Computational Science and Engineering, Washington DC, 2009: 405-411.
- [11] Dou W C and C Lv. A collaborative QoS-Aware service evaluation method among multi-users for a shared service[J]. *International Journal of Web Services Research*, 2012, 9(1): 30-50.
- [12] 王海艳, 张大印. 一种可信的基于协同过滤的服务选择模型[J]. *电子与信息学报*, 2013, 35(2): 349-354.  
Wang Hai-yang and Zhang Da-yin. A trustworthy service selection model based on collaborative filtering[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2013, 35(2): 349-354.
- [13] Büyükköçkan G and Çifçi G. A combined fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS based strategic analysis of electronic service quality in healthcare industry[J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(3): 2341-2354.
- [14] Tao W and Zhang G Q. Trusted interaction approach for dynamic service selection using multi-criteria decision making technique[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2012, 32(SI): 116-122.

于磊: 男, 1984年生, 博士生, 研究方向为网络与业务管理。

王智立: 男, 1975年生, 副教授, 研究方向为网络管理与通信软件。

戢勇: 男, 1973年生, 博士生, 研究方向为网络管理与通信软件。

孟洛明: 男, 1955年生, 教授, 研究方向为网络管理与通信软件。

邱雪松: 男, 1973年生, 教授, 研究方向为网络与业务管理。