

# 一种可扩展的 SOA 服务质量描述模型

刘 栋<sup>1</sup> 张彩环<sup>2</sup>

(金蝶国际软件集团公司金蝶研究院 深圳 518057)<sup>1</sup> (洛阳师范学院数学科学学院 洛阳 471022)<sup>2</sup>

**摘要** 面向服务的架构已经成为软件产品开发和企业信息系统建设的主要技术和方法。随着具有相同或相似功能的服务日益增多,人们对于服务质量的关注随之增强。通过对 SOA 服务质量属性特征、特征的分类、QoS 模型的现状进行研究,分析了 SOA 的服务质量研究面临的问题,并针对 QoS 的特点提出了一个 QoS 描述模型,该模型反映了 SOA 服务质量的多侧面、动态性的特点,支持灵活扩展和动态度量。

**关键词** 面向服务架构,服务质量,属性特征,描述模型

中图分类号 TP311 文献标识码 A

## Extensible Model for SOA Quality of Service

LIU Dong<sup>1</sup> ZHANG Cai-huan<sup>2</sup>

(Kingdee Research, Shenzhen 518057, China)<sup>1</sup> (Dept. of Mathematics, Luoyang Normal Univ., Luoyang 471022, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Service-Oriented Architecture(SOA) is emerging as a prevalent technology for software and enterprise information system development. As more and more services with similar functionality, people pay increasingly attention to Quality of Service(QoS). This paper made the state of the art analysis to QoS models, and classified characteristics in existing literature. Their advantages and disadvantages were summarized. This contribution presented a QoS model for SOA which reflects its multi-dimensional characteristics, and can be extended and measured dynamically.

**Keywords** SOA, Quality of service, Characteristics, Model

## 1 引言

随着 IT 应用的不断深化,在一个企业中通常会存在异构的基础设施,当企业的业务出现变化时,架构面临着选择:一种方案是构建一个全新的基础设施来支持新的业务或需求;另一方案是通过重用、扩展以及集成服务来达成目标。显然后者可以节省开发时间和成本,是更为理想的选择。企业的 IT 基础设施需要更加灵活地面对瞬息万变的市场以及不断增长的业务需求,SOA(Service-Oriented Architecture)应运而

生。SOA 是一种设计、开发、部署和管理系统的方式<sup>[1]</sup>,它将应用程序的不同功能单元(称为服务)通过这些服务之间定义良好的接口和契约联系起来。本质上 SOA 是服务的集合,服务间彼此通信,这种通信可能是简单的数据传送,也可能是两个或更多的服务协调进行某种活动。服务间需要某些方法进行连接。与传统技术相比,SOA 从业务着眼,基于标准化的技术手段,以“服务”为基本元素来构建或整合适合于各行业应用需求的信息系统,提高信息系统的开发效率,充分整合和复用 IT 资源,并使信息系统能灵活快速地响应业务变化需求。SOA 松耦合的特性解决了功能的扩展和更新问题,然而这只是问题的一部分,对服务质量(QoS)的要求如性能、安全等也是非常重要的。在服务组合中,一个低质量的原子服务

将降低整体服务质量,因此在 SOA 环境中,服务质量必须受到重视<sup>[2]</sup>。当提到 SOA 的服务质量时,大多数情况下人们指的都是 Web Service 的服务质量,这是因为 Web Service 是 SOA 非常重要的、也是目前主流的具体实现技术之一,尽管还有其他的实现技术,比如 Common Object Request Broker Architecture(CORBA)、Jini 等。鉴于 Web Service 目前已经成为 SOA 事实上的实现技术,本文对服务质量的讨论也主要基于 Web Service。

本文第 2 节分别从 QoS 属性特征、分类和 QoS 模型 3 个方面对 SOA 服务质量的研究现状进行了总结和分析;第 3 节提出一个可以灵活扩展的 QoS 描述模型;最后是总结和展望。

## 2 SOA 服务质量的研究现状与分析

在 RACE(Research into Advanced Communications in Europe)中 QoS 的定义是:QoS 描述了一个服务的某些性能特点。这些性能特点是用户可见的,并以用户可理解的语言表示为一组参数,这组参数具有客观值或者主观值<sup>[3]</sup>。一般来说,人们常说的 QoS 是指带宽、延迟、抖动、丢失率等,主要是网络流量参数,均为客观值。不过在 SOA 领域中,QoS 不仅仅局限于这些端到端的网络层和传输层参数,还与主机性能、安全、交易和花费等有关,涉及到参与其中的所有组件和

本文受 2010 年度河南省基础与前沿技术研究项目(102300410211),2009 年河南省高等学校青年骨干教师资助项目(2009GGJS-105)资助。

刘 栋(1971-),男,博士,主要研究方向为 SOA、云计算、服务计算等,E-mail:dong\_d\_liu@kingdee.com;张彩环(1969-),女,博士,副教授,主要研究方向为计算数学、组合数学等。

层,表现为客观值或主观值。QoS 主要用于如下几个方面:

服务的非功能性描述。描述一个服务的非功能性特征, QoS 体现服务功能完成的性能指标,是服务提供方业务逻辑优势的展现以及作为与竞争对手竞争的利器。

服务查找选择。当有多个可以满足同样需求的服务时,作为用户选择服务的依据和标准。

服务监控。QoS 可以看作服务提供方与客户之间的一种协议,通过在服务运行期的监控以及结束后的计算,可以评定服务是否满足了预定义的质量指标协议,并根据完成情况进行计费或惩罚。

服务改进。服务提供方可以通过对 QoS 进行统计和分析来改进服务,以提高各项 QoS 指标,在不断变化的环境中提供更加符合客户需求的服务以赢得竞争。

## 2.1 SOA 的 QoS 属性特征

目前在 QoS 的模型与属性研究方面已经存在大量的工作。IBM 的研究者认为 Web Service 的 QoS 属性主要包括以下 7 个特征<sup>[4]</sup>:

可获得性(availability):指 Web Service 是否可以立即使用,通常用 Web Service 可以立即使用的概率或可获得所占的时间百分比来确定。

可达性(accessibility):指 Web Service 可以处理服务要求的能力级别,一般用一定时间内成功回应的概率和百分比来衡量。

完整性(integrity):指 Web Service 在交互过程中保持正确。

性能(performance):指 Web Service 的总性能,一般用时延和吞吐率来表示。

可靠性(reliability):指 Web Service 能够维持可获得性和 QoS 的能力,一般用一定时间内不可靠的服务数目来表示。

合法性(regulatory compliance):指 Web Service 合乎规定的程度。

安全性(security):指 Web Service 提供信息的保密性、加密性、访问控制等程度。

SEI(软件工程协会, Software Engineering Institute)认为正是对服务质量的需求促进了架构的设计,列出了 SOA 应该考虑的 13 个质量属性<sup>[5]</sup>:互操作性(Interoperability)、可靠性(Reliability)、可用性(Availability)、有用性(Usability)、安全性(Security)、性能(Performance)、伸缩性(Scalability)、可扩展性(Extensibility)、适应性(Adaptability)、可测试性(Testability)、可审计性(Auditability)、可运营和部署性(Operability and Deployability)、可修改性(Modifiability)。文献[6]收集整理了 SOA 的 QoS 属性,建立了一个 SOA 质量评价模型。将属性从技术和业务的角度分为两大类:技术方面包括可修改性(Modifiability)、便携性(Portability)、可重用性(Reusability)、可集成性(Integrability)、安全性(Security)、效率(Efficiency)、可伸缩性(Scalability)、可靠性(Reliability);业务方面包括有用性(Usability)、业务灵活性(Business Flexibility)、开发成本(Development Costs)、投资回报(Return on Investment, ROI)。

由此可以看出,研究者对于属性的研究主要集中于枚举

需求和定义需求。不同的利益相关者从其本身需求出发可以定义出不同的属性。例如根据立足于服务提供者还是服务消费者的角度可以提出不同的质量属性特征,因为他们各自的关注点不同;第三方的测量者又可以根据属性特征是否可计量而提出一些属性,许多特定的领域又有着不同的侧重点和新的质量需求,比如航空订票可能更加关注出票率等属性,而这些属性在其他领域或者不存在或者不受关注。在这样的形势下确定一个普遍适用的属性特征集几乎是不可能的。

## 2.2 QoS 属性特征的分类

随着研究者理解的侧重点不同,可以给出不同的质量属性的度量指标;从不同的角度出发也可以给出属性指标的不同分类。比如:在文献[7]中,作者将 Web 服务的服务质量属性分成了两大类:一类是与 Web 服务所处的服务环境无关而与 Web 服务自身的实现相关的内部属性,如正确性、效率等;另一类则是与 Web 服务所处的服务环境存在联系的外部属性,如可用性、吞吐率、响应时间等。在文献[8]中,作者从另一个角度将 Web 服务的服务质量因子分成了 3 类:

静态因子(Static Factors)

它们不经常发生变化,如 Web 服务的规范性(Regulatory)和安全性(Security)。

动态因子(Dynamic Factors)

它们反映了那些随着特定环境(如网络负载)的变化而改变的服务质量信息,包括服务可用性(Service Availability)、网络可用性(Network Availability)和执行时间(Execution Duration)。

统计因子(Statistical Factors)

它们根据服务的统计数据计算得到,包括服务可靠性(Service Reliability)、网络可靠性(Network Reliability)、执行可靠性(Execution Reliability)和信誉度(Reputation)。

文献[9]将 Web 服务中的操作(Operation)称作为事务(Transaction),并定义了服务质量规约(Specification)和相应的度量指标(Metrics)。度量指标被分成原始(Raw)指标和聚合(Aggregate)指标两大类,比如事务开始时间和结束时间就是原始指标而事务服务时间即为聚合指标。文献[10]提出了一种支持功能性和非功能性需求的服务发现模型,文中将 QoS 的属性指标分为如下几类:

运行时(Runtime)相关的服务质量属性:伸缩性(Scalability)、容量(Capacity)、响应时间(Response Time)、延迟(Latency)、吞吐率(Throughput)、可靠性(Reliability)、可用性(Availability)、鲁棒性/灵活性(Robustness/Flexibility)、异常处理(Exception Handling)和准确性(Accuracy)。

事务支持(Transaction Support)相关的服务质量属性:事务完整性(Transaction Integrity)。

配置管理\_(Configuration Management)和开销(Cost)相关的服务质量属性:规范性(Regulatory)、对标准的支持(Support Standard),稳定性/变更周期(Stability/Change Cycle)、开销(Cost)和完整性(Completeness)。

安全(Security)相关的服务质量属性:身份验证(Authentication)、授权(Authorization)、保密性(Confidentiality)、可记账性(Accountability)、可追踪性(Traceability)、可审计性

(Auditability)、数据加密程度(Data Encryption)和不可否认性(Non-Repudiation)。

### 2.3 QoS 的模型

Zeng 等提出了一个包括执行时间、价格、信誉等在内的五元 QoS 模型<sup>[11]</sup>；张静总结了现有研究中提到的 Web Services 的 QoS 属性特征，如性能、可靠性、可用性、可访问性、兼容性等，提炼出一个 Web Service QoS 描述模型<sup>[12]</sup>；Siram 等提出的 UniFrame 框架给出了描述构件 QoS 的元模型<sup>[13]</sup>；杨胜文等提出的 QoS 模型则定义了一组描述 Web 服务 QoS 属性和信誉度的分类 tModel，其支持携带 QoS 描述信息的服务发布以及基于 QoS 约束的服务发现<sup>[14]</sup>；杨文军等提出了一种领域自适应的 Web 服务质量评价模型<sup>[15]</sup>；赵俊峰等引入了构件服务质量模型及相应的质量属性量化方法，同时给出了相应的规约描述<sup>[16]</sup>；邵凌霄等在此基础上进行扩展，给出了一种可扩展的 Web Service 的 QoS 模型(WSQM, Web Service QoS Model)<sup>[17]</sup>；牟玉洁等分析了 Web Service 服务质量综合性、模糊性、动态性和可配置性等特点，建立了基于可配置综合模糊评价指标体系的扩展 Web Service 服务质量模型<sup>[18]</sup>。文献[19]引入了第三方的 broker，建立了 Web Service 服务质量的架构，用来处理有关 Web Service 服务质量的网络服务选择、资源分配和服务定价等问题，分别建立了 Web Service 服务质量架构的客户模型、broker 模型和提供商模型。文献[20]建立了一个结合领域相关服务质量属性的 Web Services 服务质量模型并提出了一种基于 API Hook 技术的 Web Services 服务质量度量方法。张良杰等<sup>[21]</sup>提出一个 SOA 解决方案级的 QoS 管理框架，其中环境感知的 QoS 模型定义为： $QoS(s) = f(aRe, bSe, cSa, dAv, \dots) | (KPIs, environment, relationships)$ ，其中  $aRe, bSe$  等分别代表对可靠性、安全性等属性的度量，考虑了在不同的上下文情境下属性对于 SOA 质量的不同影响。

综上所述，建立 SOA 的服务质量模型是一项基础性的工作，直接决定后续的服务质量信息的采集、度量，以及基于 QoS 的服务发现、选择和组合，从上面的文献调研中可以看出 SOA 的服务质量研究有如下几个特点：

主要考虑了通用的 QoS 属性特征。研究者从不同的角度如服务消费者、服务提供者、技术的或者业务等方面提出了不同的 QoS 属性，这些属性都只反应 SOA 服务质量的某个侧面，不能够满足 QoS 描述、选择、监控和改进的需要。

个别研究关注了领域相关的 QoS 属性特征，但其无法满足包含通用和特定领域 QoS 属性指标在内的全面综合地反映 QoS 的需要。

QoS 属性的度量方法并不统一，对于同一个 QoS 指标人们出于各自的目的提出了不同的度量方法。

事实上，SOA 的服务质量具有多侧面、动态性的特点，我们无法建立一个包含了全部 QoS 属性的模型，它也无法包含所有领域指标，其度量的方法也不可能做到统一。因此解决的办法就是建立一个可以灵活配置和扩展的 QoS 模型，这是本文提出的 QoS 模型要解决的主要问题。

### 3 可灵活扩展的 QoS 模型

服务质量模型定义为下面的三元组：

$$QoSModel := \langle CharacteristicSet, ValueSet, MeasureRuleSet \rangle$$

式中，CharacteristicSet 是由三元  $\langle Name, CharacterId, RuleId \rangle$  组成的集合。Name 是 QoS 属性特征的名字，CharacteristicId 是该特征的唯一 Id 号，设立 Id 是为了方便识别和管理；需要说明的是在这个模型中，我们没有对特征进行分类，这是因为首先分类的标准因人而异，预先对特征分类可能对于不同的使用目的并不合适；其次这里的特征可以是原子的特征，也可以是聚合的特征，也就是说如果将模型看成是树的话，特征既可以是叶子结点，也可以是分支结点，如果一定要分类的话也可以把分支结点看成是一个特征类。

ValueSet 是由六元组  $\langle CharacterId, RuleId, Type, Unit, RawValue, Value \rangle$  组成的集合。该集合描述了每一个特征的类型、单位和值。CharacteristicId 对应于某个特征；RuleId 对应于计算该 QoS 特征的度量方法，每一个度量方法有唯一的 Id 号；Type 指该特征取值的类型，比如数值型、区间型、等级型等等；Unit 是特征的计算单位，比如秒、天、元等；RawValue 是该特征与单位关联的原值如 3 小时、100 元、非常满意等；Value 是经过设置的度量方法计算并经过统一处理的最终值，例如可以采用模糊算法统一数据处理。

MeasureRuleSet 可以表示为六元组  $\langle Name, RuleId, Description, Parameters, ClassName, MethodName \rangle$  的集合。该集合描述了 QoS 特征的度量方法，Name 是度量方法的名字，RuleId 唯一标识了该方法；Description 是对度量方法的描述；Parameters 是计算该特征所需要的参数的集合；ClassName 和 MethodName 是计算该特征的方法对应的类名和方法名，记录这两个参数是为了编程期间运用反射机制对相应的函数进行调用，这种机制增强了度量的灵活性。

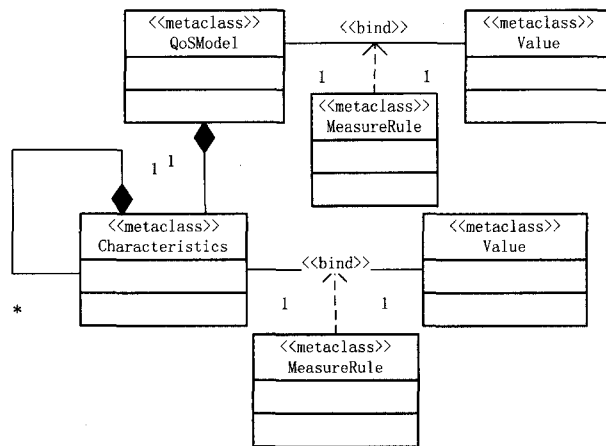


图1 可扩展服务质量模型

该模型可以用下面的UML图来说明。图1中 QoSModel 代表一个可计算的服务的服务质量，它包括 1 个或多个质量特征，该服务的 QoS 值通过它所绑定的度量方法计算出来；每一个质量特征都对应一个值，该值通过绑定的度量方法来得到；质量特征可以是原子的，也可以是聚合的；这样就形成了多层次的树形结构，这样一个服务质量树既可以描述通用的质量特征，也可以针对领域的特点添加新的特征，比如针对酒店预定服务、入住率等领域特有的服务质量特征。随着添加的领域不断增多，将形成一个包含尽可能多领域的服务

质量特征的广泛的服务质量树,当需要描述某个具体的目标服务对象的 QoS 时,可以通过对该服务质量树进行剪裁并抽取出一个服务量子树作为对该目标对象的 QoS 描述,来保证本模型的高度可扩展性和可配置性。

该模型有如下特征:

(1)整合了特征与特征类。与其他模型中的特征分类不同,本模型中将特征类看成是一个聚合特征,两者从本质上不再区别。聚合特征和普通特征一样都可以通过绑定的度量方法计算出相应的值,只不过它的值依赖于各个组成特征;在进行评价时也可以设定权重,作为一个成分特征计算其上一级特征的值。

(2)灵活的扩展性。模型中的特征既可以包含通用的属性,也可以任意添加领域相关的属性。此外,由于每个结点都对应有值(包括根结点),随着添加的通用及领域特征的不断增加,已经形成的树形结构又可以作为一个分支合并成更大的树,也可以称之为泛服务质量树。在实际应用中,又可以根据需要进行裁剪,抽取符合需要的服务量子树。

(3)可配置性。对于每个服务质量属性特征其度量方法可能是多种多样的,比如服务的可用性可以使用基于使用次数的计算方法,即  $Avu = N_s / N_a$ 。其中  $N_s$  表示服务被成功调用的次数, $N_a$  表示服务总共被调用的次数。也可以使用基于时间的计算方法,即  $Avu = T_s / T_a$ ,其中  $T_s$  表示在度量时间段内可用的时间, $T_a$  表示度量的时间段长度。用户在度和评价一个服务质量属性特征时可以根据不同的度量方法来综合考虑,也可以根据自己的偏好来选择度量方法。这样,每个属性特征在不同的度量方法下就会有多个值,这些值通过 *RuleId* 来区分。

**结束语** 面向服务的架构已经成为软件产品开发和企业信息系统的建设的主要技术和方法,能够有效地提高信息系统的开发效率,充分整合和复用 IT 资源,并使信息系统能灵活快速地响应业务变化需求,在许多行业和领域中已经有了许多成功案例。随着具有相同或相似功能的服务日益增多,人们对于服务质量的关注随之增强。本文对 SOA 服务质量属性特征、特征的分类、QoS 模型现状进行了研究,分析了 SOA 的服务质量研究面临的问题,并针对 QoS 的特点提出了一个 QoS 描述模型,该模型反映了 SOA 服务质量的多侧面、动态性的特点,支持灵活扩展和动态度量。下一步将继续研究该模型的应用问题,包括 QoS 信息的采集、存储和管理。

## 参考文献

- [1] SEI. SOA 定义[EB/OL]. [http://www.sei.cmu.edu/library/assets/whitepapers/SOA\\_Terminology.pdf](http://www.sei.cmu.edu/library/assets/whitepapers/SOA_Terminology.pdf), 2010
- [2] Choi S W, Her J S, Kim S D. Modeling QoS attributes and metrics for evaluating services in SOA considering consumers' perspective as the first class requirement[C]//Proc. 2nd IEEE Asia-Pacific Service Computing Conference. 2007
- [3] 冯名正. Web 服务组合关键技术研究[D]. 南京:东南大学,2006
- [4] Mani A, Nagarajan A. Understanding Quality of Service for Web Services [EB/OL]. <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-quality/index.html>, 2002
- [5] O'Brien L, Bass L, Merson P. Quality Attributes and Service-Oriented Architectures[R]. 2005
- [6] Pettersson A. Service-Oriented Architecture(SOA) quality attributes-A research model[Z]. Lunds University, 2006
- [7] Araban S, Sterling L. Measuring quality of service for contract aware Web services[C]//Krishnaswamy S, Loke S W, Yang J, eds. Proceedings of the 1st Australian Workshop on Engineering Service-Oriented Systems(AWESOS 2004), in conjunction with the 15th Australian Software Engineering Conference(ASWEC 2004). Melbourne, Victoria, Australia, 2004; 54-56
- [8] Yoon S, Kim D, Han S. WS-QDL Containing Static, Dynamic, and Statistical Factors of Web Services Quality[C]//Proceedings of ICWS'2004. 2004
- [9] Sahai A, Ouyang J, Machiraju V, et al. BizQoS: Specifying and Guaranteeing Quality of Service for Web Services through Real Time Measurement and Adaptive Control, Management Project [Z]. E-Services Software Research Department, HP Laboratories; Mill Road, Palo Alto, CA, 1501
- [10] Ran S. A model for Web services discovery with QoS[J]. SIGecom Exch., 2003, 4(1): 1-10
- [11] Zeng L, Benatallah B, Ngu A H H, et al. QoS-aware middleware for Web services composition[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2004, 30(5): 311-327
- [12] 张静. 软件构件库中 Web Service QoS 信息获取与处理子系统的设计与实现[D]. 北京:北京大学, 2006
- [13] Siram I N, Raje R R, Olson A M, et al. An architecture for the uniframe resource discovery service[C]//Proceedings of the 3rd International Workshop on Software Engineering and Middleware 2002. 2002
- [14] 杨胜文, 史美林. 一种支持 QoS 约束的 Web 服务发现模型. 计算机学报, 2005, 28(4): 6
- [15] 杨文军, 李涓子, 王克宏. 领域自适应的 Web 服务评价模型[J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 514-523
- [16] 赵俊峰, 王亚沙, 谢冰, 等. 一种支持构件服务质量的构件管理框架[J]. 电子学报, 2004, 32(F12): 165-168
- [17] 邵凌霜, 李田, 赵俊峰, 等. 一种可扩展的 Web Service QoS 管理框架[J]. 计算机学报, 2008(8)
- [18] 牟玉洁, 曹健, 张申生, 等. 扩展的 Web Service 服务质量模型研究[J]. 计算机科学, 2006, 33(1): 6
- [19] 林丽丽. Web Service 的服务质量(QoS)模型研究[D]. 上海:复旦大学, 2007
- [20] 郑奕. Web Services 的服务质量(Quality of Service)模型与度量研究[D]. 上海:复旦大学, 2006
- [21] Zhang L, Zhang J, Cai H. Services Computing[M]. Beijing, China: Tsinghua University Press, 2007