

# 面向云环境实时感知的服务选取及评估方法研究

肖 刚 吴斐斐 徐 俊 陆佳炜 张元鸣

(浙江工业大学计算机科学与技术学院 杭州 310023)

**摘 要** 在云计算环境中,感知服务能力变化缺少实时性,服务质量难以保证。可信与不可信实体对元服务可能做出相同或者不相同的服务描述,存在欺骗行为。多个用户同时调用同一个高质量的服务时,极有可能出现用户访问量超过服务的负载容量从而导致服务能力下降的情况。针对此类问题,提出了一种基于环境实时感知的服务选取方法。在该方法中,服务调度中心采用招标投标的方式选取满足用户需求的元服务簇,以保证中标服务的 QoS。同时服务质量感知模块实时感知元服务质量的变化,确保所选 Web 服务质量的高实时性和高可靠性。另外,信誉模型对服务提供者的承诺质量进行评价,从而建立高度可信的服务环境。实验结果表明,所提方法能够有效实现服务的预测评估,并为用户提供服务质量更优的 Web 服务。

**关键词** 服务颠簸,环境感知,招标投标,服务质量感知模块

**中图分类号** TP311 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.11.051

## Real-time Cloud Environment Aware Web Service Selection and Evaluation

XIAO Gang WU Fei-fei XU Jun LU Jia-wei ZHANG Yuan-ming

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract** Currently, the quality of service(QoS) of Web services can not be guaranteed, because the cloud environment lacks the ability to be real-time aware of their load capacity changes. Non-trusted and trusted Web service providers may make the different service description of the meta-service, where deceit exists. Multiple consumers may simultaneously invoke the same high quality service and thus it is very likely to occur that the users' access exceeds the load capacity of service leading to the decline in service capacity. In this paper, we proposed a service selection and evaluation method based on real-time environmental-aware. The service dispatch center proposed in this paper aims to select meta-service clusters by way of bidding and tendering to guarantee the QoS of the selected service. Meanwhile, the QoS aware module of each meta-service will make real-time perception of QoS to ensure the selected web service with high real-time and high reliability. Furthermore, the reputation model was proposed to evaluate the promised QoS of the service providers and a highly reliable service environment was established. Extensive simulation results show that the method can achieve evaluation and forecast of QoS efficiently, and provide an optimal Web service for users.

**Keywords** Service turbulence, Environmental-aware, Bid and tender, QoS aware module

## 1 引言

Web 服务<sup>[1]</sup>是一种基于 XML(Extension Markup Language)、WSDL(Web Services Description Language)和 SOAP(Simple Object Access Protocol)等标准的面向服务架构(Service-Oriented Architecture, SOA)<sup>[2]</sup>的实现技术。Web 服务的核心是使用标准接口,实体接口只需满足标准就能进行相互通信。

随着云计算<sup>[3]</sup>技术的迅速普及,Web 服务不断增加,其发展势不可挡。而 Web 服务成功运作的关键技术在于如何为用户从海量的 Web 服务中选择满足用户需求、高质量、使

供需方实现利益最大化的服务。服务质量(Quality of Service, QoS)<sup>[4]</sup>是用于描述服务能力的指标集,可分为功能性属性和描述性属性两类,功能性属性指的是对服务属性产生决定性影响的属性,包括 CPU 利用率、处理速度、内存、网络带宽、丢包率等;而描述性属性指的是对元服务的服务质量没有决定性影响的属性,例如:截止时间、平均响应时间、服务执行期限、可信度、价格等<sup>[6]</sup>。

然而,在动态、开放和多样的云环境中,由于 QoS 的不确定性,存在“服务颠簸”现象<sup>[5,6]</sup>,即 QoS 的不确定性使得服务选取结果与实际结果偏差较大。并且特征和需求极其不同的应用程序都在争用有限的网络资源,导致负载失衡,无法及时

到稿日期:2015-10-27 返修日期:2016-03-13 本文受浙江省科技厅项目(2014C31078,2014C33071),浙江省自然科学基金(LQ12F02016),浙江省重大科技专项(2014C01048)资助。

肖 刚(1965—),男,博士,教授,主要研究方向为数字化技术、智能信息技术、产品族方法等;吴斐斐(1992—),女,硕士生,主要研究方向为服务计算;徐 俊(1979—),男,硕士,高级实验师,主要研究方向为软件工程、电子商务,E-mail: xujun@zjut.edu.cn;陆佳炜(1981—),男,硕士,助理研究员,主要研究方向为软件工程;张元鸣(1977—),男,博士,副教授,主要研究方向为软件体系结构、软构件。

响应用户请求,迫使服务提供能力下降。同时,对服务质量的可信性评价往往来源于历史经验,可信与不可信实体对元服务可能做出相同或不相同的评价<sup>[15]</sup>,而服务调度中心也无法同步感知节点变化,形成稳定信誉度。本文针对以上问题,在云计算环境下对服务选取和评估进行了研究,由 Web 服务对自身能力进行评估,从而保证服务质量及感知失效服务具有较高的实时性和可靠性,并且本文中的信誉度指的是元服务对其承诺的服务质量能否达到的可信程度。因此,不同元服务只要信守承诺,就能获得较高的信誉度,从而迫使不诚实的元服务趋向于诚实,建立服务竞争的公正环境。

## 2 相关工作

目前,学术界就开放的云环境下服务动态选取策略及信誉度评估已展开研究。

文献[5]提出了使用不同负载下的 QoS 特征向量来表征服务实体的 QoS,采用负载能力特征图来全面表征元服务的 QoS 特征,以更好地指导服务的选择。文献[7]提出了一种适应服务执行环境状态的服务选取方法,通过建立服务的 QoS 与其所在的环境状态(包括服务器状态和网络状态)的映射关系来选取服务。文献[8]采用 LSSM 框架来感知用户满意度和服务负载的变化情况,解决了用户访问量超过服务的负载容量致使的服务失衡的问题。文献[9]提出了一种支持服务 QoS 差异度控制的 Web 服务发现模型,通过增加第三方监控 Interceptor,控制用户的反馈评价和服务提供者给出的 QoS 差异度,对服务和提供者能有一个较准确和客观的信誉度评价,使得服务 QoS 提供值更加接近真实值。文献[10]提出了一种面向多用户的负载感知的动态服务选择模型以实现动态负载环境下的服务优化选择,在保证用户端到端 QoS 需求的前提下,及时而有效地提供优化的服务选择方案。文献[14]根据用户确定的功能和 QoS 需求,基于现有的 QoS 评价指标进行服务的选取。

但是,上述文献对服务质量的评估均属于事后评估,无法及时感知失效服务的状态,因此本文提出一种基于招标投标策略的服务选取方法。通过事先评估服务信誉度,实时感知元服务的状态,避免出现由于“服务颠簸”导致的负载失衡现象。同时,引入服务质量预测算法,预测元服务所承诺的自身质量能否达到的可信程度。元服务的实际质量由服务质量感知模块实时提供,并对元服务质量的变化做出实时响应。

## 3 方法框架

在云环境下,不同元服务所处节点的环境存在变化,极大影响了服务实施的效果,同时服务调度者无法同步感知元服务的 QoS。目前众多文献提到的信誉度是对服务能否完成服务需求的可信程度,只代表了历史经验,而环境变化导致的“服务颠簸”现象直接影响元服务的执行效率。因此,本文提出一种基于招标投标的服务选取及评估框架,如图 1 所示。

框架包含 3 个组件:服务调度中心(Service Dispatch Center,SDC)、服务注册中心(Service Registry,SR)和服务库(Service Library,SL);2 个阶段:服务设计阶段和服务执行阶段;2 个模型:服务质量评估模型(QoS Evaluation Model, QoSEM)和信誉模型(Reputation Model, RM);1 个关键算法:服务质量预测算法(QoS Prediction Algorithm, QoSPA)。

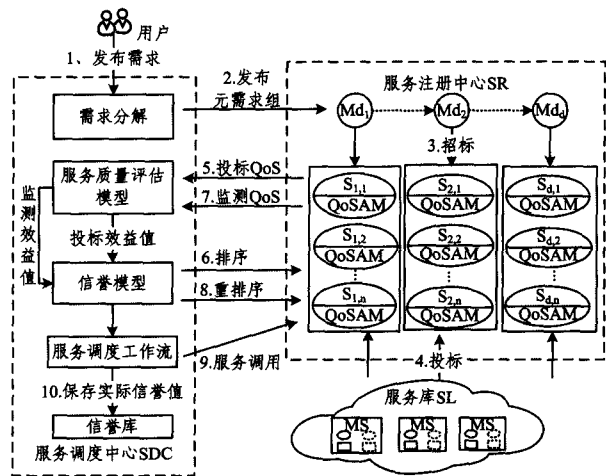


图1 服务选取框架

SDC 的职责分为 3 个部分:用户需求分解、服务调度及用于信誉管理的信誉库。SR 用于管理投标的元服务簇序列,并实时感知被调用服务的服务质量。SL 用于存储元服务。

服务生命周期分为两个阶段:第一阶段为设计阶段,依据用户元需求,生成元服务簇;第二阶段为执行阶段,选取元服务队列中最优服务并执行。

QoSEM 对服务的质量属性进行归一化处理,计算投标服务的综合效益值,在服务执行阶段,监测投标服务中各 QoS 属性的变化情况,及时修正元服务的综合效益值。RM 对服务承诺的质量进行评估,为服务的选取提供更准确的依据。QoSPA 在服务设计阶段收集元服务节点反馈的投标信息,对信息进行分析和计算,并将投标服务的分析结果进行排序。在执行阶段,实时感知预调用元服务的质量变化情况,并及时作出调整。服务调用结束后,计算实际信誉度,并将其保存至信誉库。

**定义 1(元服务 MS)** 由单一服务节点完成单一服务请求的服务个体。

**定义 2(元需求 MD)** 由一个元服务或元服务组合完成的需求称为元需求。

**定义 3(元服务簇 MSS<sup>i</sup>)** 满足元需求组的元服务集群称为元服务簇。

具体流程是:

(1)当 SDC 接收到用户需求后,首先对用户请求(User Demand, UD)进行分析,如果请求的是单一的元服务(Meta-service, MS),则不需要进行需求分解。如果用户所请求的是组合服务(Composite Services, CS), UD 就被分解成多个元需求(Meta-demand, MD),即无法由单一的 MS 或元服务组合(Meta Composite Services, MCS)提供的请求转换为由众多 MCS 完成的服务。

(2)~(3)SDC 将转换完成的服务组合需求进行服务招标,服务招标的指标包括对 MS 的功能需求以及指标性要求(服务性能、服务价格上限、服务负载等),SDC 将服务组合需求中的 MD 广播给在 SR 注册的 MS。

(4)MS 收到投标邀请后,如果自身能满足服务招标需求,则进行投标,SR 将满足需求的元服务添加到 MSS<sup>i</sup> 中。若 MS 无法满足招标要求,则直接反馈拒绝信息。MSS<sup>i</sup> 中每个 MS 都包含服务质量感知模块(QoS perception module, QoSAM),由服务自身的 QoSAM 实时感知影响服务质量的指标,包括服务预期完成的时间、服务指标失效时间、服务报

价、服务可靠性。其中,服务预期完成的时间又由服务节点的性能、负载以及所处网络环境等因素决定。

(5)SDC 收集 MSS 中 QoSAM 反馈的投标信息后,由 QoSEM 分析和计算投标信息,获取投标效益值。其中,对 MS 以往的服务评价结果都保存在信誉库。RM 结合投标效益值以及 MS 的历史信誉度评价指标,获取服务的综合效益值。依据 QoSPA 算法,如果 MS 投标指标非常优秀,但历史信誉度较低,服务的综合效益值则会降低,影响其服务质量预测结果,最终导致低信誉度的 MS 中标概率降低。相反,对于信誉度较高的 MS,其反馈的投标指标将获得较大信任。

(6)SDC 将服务组合形成服务调度 workflow,服务调度 workflow 的每一节点由相应能提供服务的元服务队列组成。元服务队列是根据 SDC 收集到的具备投标能力的元服务组成,QoSPA 依据服务的综合效益值进行排序。选取 workflow 的每个节点中综合效益值最优的服务组成最优服务预调用序列。

(7)~(9)SDC 根据服务 workflow 运行情况,每执行到一个节点就调用当前环境下的最优服务。当 QoSAM 感知到元服务队列中服务质量指标发生较大程度下降时,及时将服务质量预测反馈至 SDC,QoSPA 根据反馈的服务质量重新计算元服务的综合效益值,对元服务队列进行重排序。

(10)SDC 完成对 MS 的调用后,需要收集服务完成情况的信息,并将其与服务投标指标进行对比。计算出服务承诺质量与服务结果质量比较后的服务实际信誉度;更新信誉库。

其中步骤(1)~步骤(6)为服务的设计阶段,步骤(7)~步骤(9)为服务的执行阶段。

基于招标投标的服务选取及评估框架最具特色的是在服务设计和执行阶段体现了所选取服务质量的高度实时性。在服务设计阶段由服务质量感知模块 QoSAM 感知投标服务的 QoS 指标。同时,服务质量预测算法 QoSPA 依据投标信息和历史信誉度对每一节点的元服务队列进行排序。在服务的执行阶段,QoSPA 依据 QoSAM 反馈值重新计算投标服务的综合效益值。

## 4 关键模型与算法分析

服务选取框架中,涉及到的关键算法是服务质量预测算法 QoSPA,采用质量评估模型 QoSEM 对服务质量进行归一化处理及效益值计算,通过信誉模型 RM 评估服务的信誉度。为方便说明,关键模型算法描述中的变量定义如表 1 所列。

表 1 变量定义

变量名称	变量含义
$\varphi_{S_d,i}^{i, \text{monitor}}$	服务执行阶段,投标服务实际效益值
$S_{d,i}^{\text{high}}$	高信誉度服务
$S_{d,i}^{\text{low}}$	低信誉度服务
$S_{d,k}^{\text{avg}}$	平均信誉度服务
$\varphi_{S_d,i}^{\text{actual}}$	中标服务实际效益值
$\varphi_{S_d,i}^{\text{response}}$	服务设计阶段,服务的投标效益值
$R_{S_i}^{\text{history}}$	服务历史信誉度
$R_{S_i}^{\text{actual}}$	服务实际信誉度
$\varphi_{S_d,i}^{\text{weight}}$	服务的综合效益值
$S^{\text{best}}$	最优服务预调用序列

### 4.1 服务质量评估模型

曝光率较高的 QoS 属性有性能、价格、可靠性和可用性等<sup>[11,12]</sup>。本文主要考虑与环境感知、信誉度相关的 QoS 属性,包括响应时间、可靠性、可用性、费用、信誉度等。

Web 服务的 QoS 属性可以分为积极属性和消极属性两类<sup>[13]</sup>:积极属性,其值与用户的满意度成正相关,如可用性;消极属性,其值与用户的满意度成负相关,如价格等。

服务招标时,服务注册中心将满足元需求  $d$  的元服务组成元服务队列,投标的元服务队列质量属性集如式(1)所示。

$$Q_{d,\text{all}}^{\text{response}} = \begin{bmatrix} q_{S_d,1}^1 & \cdots & q_{S_d,1}^m \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{S_d,i}^1 & \cdots & q_{S_d,i}^m \end{bmatrix} \quad (1)$$

矩阵中的  $q_{S_d,i}^m$  表示在满足元需求  $d$  的元服务队列中,元服务  $S_i$  对服务属性  $u$  的服务质量评价。

根据文献<sup>[19]</sup>QoS 效益值计算方式,获取元服务队列中各个服务的综合效益值如式(2)所示:

$$\varphi_{S_d,i}^{\text{response}} = [\varphi_{S_d,1}, \varphi_{S_d,2}, \dots, \varphi_{S_d,i}] \quad (2)$$

在服务执行阶段,由服务质量感知模块 QoSAM 获取各投标服务的实时 QoS 属性,得到与式(1)相似的矩阵,如式(3)所示:

$$Q_{d,\text{all}}^{\text{monitor}} = \begin{bmatrix} q_{S_d,1}^{t_i,u} & \cdots & q_{S_d,1}^{t_i,u} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{S_d,i}^{t_i,u} & \cdots & q_{S_d,i}^{t_i,u} \end{bmatrix} \quad (3)$$

矩阵中的  $q_{S_d,i}^{t_i,u}$  表示在  $t_i$  时刻满足元需求  $d$  的元服务队列中,元服务  $S_i$  对服务属性  $u$  的服务质量评价。

按式(3)经效益值计算公式进行计算,得到各个投标服务所监测的综合效益值,如式(4)所示:

$$\varphi_d^{t_i, \text{monitor}} = [\varphi_{S_d,1}^{t_i}, \varphi_{S_d,2}^{t_i}, \dots, \varphi_{S_d,i}^{t_i}] \quad (4)$$

### 4.2 信誉模型

云环境中,由于服务质量存在不确定性,仅通过历史服务质量选取最优服务十分困难。依据信誉库提供的历史信誉度难以判断服务提供者承诺质量是否可信。信誉模型是一个动态模型,随着服务调用次数的增加,服务的信誉值更加准确。根据信誉值可将元服务 MS 分为 3 个等级:高信誉度元服务  $S_{MS}^{\text{high}}$ 、平均信誉度元服务  $S_{MS}^{\text{avg}}$ 、低信誉度元服务  $S_{MS}^{\text{low}}$ 。信誉模型由历史信誉度、实际信誉度两个参数组成,其定义如下。

历史信誉度是表示服务提供者所承诺服务质量的可信程度,根据服务历史的执行情况加权求得,其计算方式如式(5)~式(7)所示。

为最大程度体现最近的信誉度,避免久远信誉度的干扰,引入时间衰减因子<sup>[17]</sup>,即距离当前时刻越近信誉度所占的权重越大,越可信。本文的时间衰减因子的计算方法将不再累述,采用文献<sup>[18]</sup>的计算方式,获取当前时刻的时间衰减因子:

$$\lambda_c = \Delta t_c / (\Delta t_c + \sum_{c=1}^n \Delta t_c) \quad (5)$$

其中,  $\Delta t_c$  为  $c$  时刻与初始时刻的差值。

由信誉库获取元服务队列中各个元服务信誉度的加权值,组成信誉度评价矩阵:

$$\overline{R_{S_i}^c} = \sum_{c=1}^n \sum_{i=1}^m \lambda_c \cdot R_{S_i}^c \quad (6)$$

$$R_{S_i}^{\text{history}} = [\overline{R_{S_1}^c}, \overline{R_{S_2}^c}, \dots, \overline{R_{S_i}^c}] \quad (7)$$

实际信誉度是中标服务执行完后,收集服务的实际完成情况,根据服务的承诺质量与实际质量获取服务实际信誉度。其计算方式如式(8)所示:

$$R_{S_i}^{\text{actual}} = \varphi_{S_d,i}^{\text{actual}} / \varphi_{S_d,i}^{\text{response}} \quad (8)$$

### 4.3 服务质量预测算法

如表 2 所列,在 QoSPA 算法执行初期,使用 QoSEM 对

投标的服务的 QoS 进行归一化处理,并产生最优服务预调用序列。在服务执行阶段,由 QoSAM 实时监控投标服务的质量变化,若发生较差变化,服务调度中心对竞标服务进行重排序。中标服务执行完成后,根据服务实际质量与投标质量,计算服务实际信誉度并保存至信誉库。

在  $t=0$  时,每个元服务的历史信誉度等于初始化信誉度; $t>0$  时,元服务的历史信誉度为服务历次执行的实际信誉度的加权平均值。

表 2 QoSPA 算法

Algorithm QoSPA	
1.	for time $t=0; N_{time}$
2.	for demand $d=0; N_{demand}$
3.	generate $S_{d,i}^{high}, S_{d,i}^{low}, S_{d,i}^{avg}$
4.	for each service
5.	compute $\varphi_{S_{d,i}}^{response}$
6.	end for
7.	$\varphi_{S_{d,i}}^{weight} = \varphi_{S_{d,i}}^{response} \cdot R_{S_i}^{history}$
8.	end for
9.	select MAX( $\varphi_{S_{d,i}}^{weight}$ ) generate $S^{best}$
10.	for demand $d=0; N_{demand}$
11.	monitor $Q_{d,i}^{monitor}$ change
12.	if ( $\varphi_{S_{d,i}}^{weight}$ declined)
13.	sort $\varphi_{S_{d,i}}^{weight}$ again
14.	end if
15.	select MAX( $\varphi_{S_{d,i}}^{weight}$ )
16.	compute $\varphi_{S_{d,i}}^{actual}, R_{S_i}^{actual}$ and save to reputation library
17.	end for
18.	end for

## 5 实验验证

本文采用仿真实验验证文中所提出的服务质量预测算法 QoSPA 的有效性。通过本实验得到的服务信誉度及服务 QoS 投标值等,可实时感知“服务颠簸”,尽最大可能选取当前环境下的最优服务。本实验选取 5 个常用的 QoS 属性:响应时间(RT)、可靠性(Res)、可用性(Ava)、费用(Fee)、信誉度(R)。其中,响应时间的计算单位为秒,可用性、可靠性及信誉度以百分制来计量,费用以元为计算单位,元服务初始信誉度都为 1,综合效益值以百分制表示。服务质量以区间内的随机值来模拟“服务颠簸”现象。如单个服务同时有多个中标,预设其实际效益值以 20% 比例下降,并且同一服务最多同时承担 3 次中标任务,以此模拟负载导致的服务性能降低。

随着服务的调用次数增加,若实际服务质量指标低于服务投标值,综合信誉度则会下降,低信誉度服务的中标概率将会降低;相反,高信誉度服务的中标几率则会增加。通过仿真实验证明了本方案的可行性。

本实验中,参数设置与文献[2]相似,没有特别说明,实验参数设置为:实验执行次数  $N_{time} = 100$ ,每次实验发布的用户需求数  $N_{demand} = 50$ ,高信誉度服务数  $S_{high}^{num} = 30$ ,低信誉度服务数  $S_{low}^{num} = 30$ ,平均信誉度服务数  $S_{avg}^{num} = 40$ 。

### 5.1 实验环境

本实验的执行环境:Inter 酷睿 i5 4200M 处理器,4GB 内存,操作系统为 Win8,MyEclipse10,JDK 1.7。

### 5.2 实验结果

实验将从以下几个方面来评价本文提出的基于环境感知的服务选取及评估方法。

#### (1) 同一元服务的质量属性变化

服务调度中心发布元需求  $Md_1 - Md_{50}$ ,对元服务注册中

心的元服务招标,符合需求的元服务  $S_1 - S_{100}$  将自身的投标质量反馈至服务调度中心。服务调度中心将依据服务质量评估模型,通过各服务的投标质量计算各服务的投标效益值。服务的实际效益值以及服务的投标效益值如表 3 所列。

表 3 元服务  $S_1$  投标的 QoS 属性

属性	$Md_1$ 调用 $S_1$	$Md_2$ 调用 $S_1$
实际质量	(4,60,90,5)	—
实际效益值	2.1	1.7
投标质量	(5,70,85,9)	(5,70,85,9)
投标效益值	2.8	2.8
综合效益值	2.8	2.5
历史库信誉度	1	0.9
当前信誉度	0.8	0.6

表 1 中  $S_1 - S_{100}$  服务投标属性的最大值为 (10, 95, 95, 10),最小值为 (2, 25, 15, 2)。服务调度中心 SDC 发布元需求  $Md_1, S_1$  为最优投标服务,中标此次需求,投标效益值为 2.8,历史信誉度为 1,则综合效益值为 2.8,实际效益值为 2.1,当前信誉度为 0.8,记录至信誉库。发布需求  $Md_2$ ,服务  $S_1$  再次中标,由于  $S_1$  第二次中标,其实际质量在原有的基础上下降 20%,历史信誉度为初始信誉度与  $S_1$  每次被调用实际信誉的加权值,其综合效益值为 2.5。元服务的每次选取由投标效益值与历史库信誉度共同决定,服务选取过程中,若中标服务的投标效益值高于实际效益值,将获得较低信誉度,降低下一次服务中标的可能性。若投标效益值低于实际效益值,元服务将获得较大信誉度,提高中标概率。

#### (2) 不同类型的元服务信誉度评价结果

图 2 显示了高信誉度元服务和低信誉度元服务在每轮实验中中标的次数。图 2 表明随着服务调度中心与各元服务交互次数的增加,高信誉度的元服务中标的次数逐渐增多,最后在 30 左右浮动;而低信誉度的元服务中标的概率逐步减少,最终在 10 左右浮动。其变化趋势均与实际情况相符合。

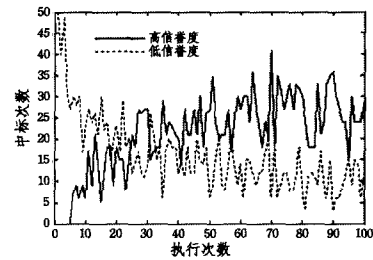


图 2 服务中标次数变化情况

图 3 显示了不同类型的元服务的信誉度的变化趋势,并记录了 3 类元服务信誉度的变化情况。所有服务的初始信誉度均为 1。图 3 表明随着执行次数的增加,高信誉度服务的信誉度有明显的上升,最终在 1.3 上下浮动。由于每轮实验中若服务再次中标,则其实际效益值以 20% 的比例下降,因此平均信誉度服务的信誉度略低于初始信誉度。在实验初期,低信誉度服务的信誉度有明显下降,最终其信誉度趋于 0.7。

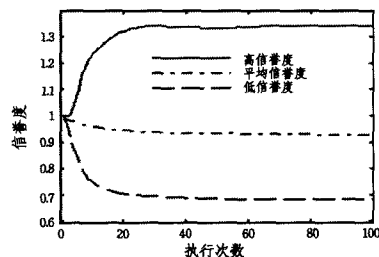


图 3 服务信誉度变化情况

### (3) 本文服务选取方法与其它方法的比较

本实验与经典的、具有代表性的最优服务质量选择算法(QoS\_Best)进行比较。在 QoS\_Best 服务选择算法中,依据元需求,从日志文件中选择一个历史服务质量最优的服务<sup>[14]</sup>。

图4显示了 QoS\_Best 与本文提出的 QoSPA 算法的比较结果。在交互初期,QoS\_Best 所选取服务的平均质量与本文方法选择的服务质量并无差别,服务质量在 50% 附近浮动,但经过一段时间运行,QoSPA 选取的服务质量有显著提升,保持在 80% 左右,而传统方法服务质量在 [30%, 70%] 区间内变化。由此可见,传统方法由于滞后性,无法事先预测服务“颠簸”,而本文提出的方法通过服务质量事先预测,并以事后服务执行情况反馈作为服务选取的标准,算法 QoSPA 所选取的服务质量高于传统方法,并且保持在稳定的水平,克服了“服务颠簸”的弊端。

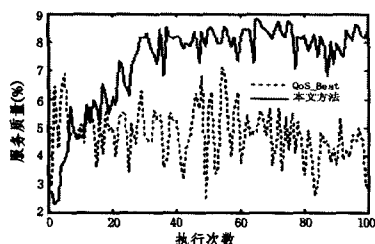


图4 不同选取方法下服务质量的变化情况

**结束语** 本文提出了一种基于环境实时感知的服务选取及评估方法。与以往研究不同的是本文服务质量的预测由服务质量感知模块实时提供,采用服务质量预测算法,结合承诺信誉度,在设计阶段与执行阶段尽最大可能选择最优服务。仿真实验证明,本文所提出的服务选取方法相比传统根据事后经验选取的方式更加准确,具备较高的实时性和可靠性,从而避免了服务选取结果与实际结果偏差较大的弊端。

### 参考文献

[1] Dumas M, García-Bañuelos L, Dijkman R M. Similarity Search of Business Process Models[J]. IEEE Data Eng. Bull., 2009, 32(3): 23-28

[2] Papazoglou M P, Traverso P, Dustdar S, et al. Service-Oriented Computing, State of the Art and Research Challenges[J]. Computer, 40(11): 38-45

[3] Iordache, Raluca, Moldoveanu F. QoS-Aware Web Service Semantic Selection Based on Preferences[J]. Procedia Engineering, 2014, 69(1): 1152-1161

[4] Kritikos, Kyriakos, Plexousakis D. Requirements for QoS-based Web Service Description and Discovery[C]//31st Annual International Computer Software and Applications Conference, 2007 (COMPSAC 2007). IEEE, 2007: 467-472

[5] Long Jun, Yuan Xin-pan, Cui Wei-hua. A Policy for the Trusted QoS Evaluation and Service Selection with Environment Aware[J]. Acta Electronica Sinica, 2012, 40(6): 1133-1140 (in Chinese)

龙军,袁鑫攀,桂卫华.基于环境感知的可信 QoS 评价与服务选取策略[J].电子学报,2012,40(6):1133-1140

[6] Meulenhoff P J, Ostendorf D R, Živković M, et al. Intelligent overload control for composite Web services[M]//Service-Oriented Computing. Berlin: Springer Heidelberg, 2009: 34-49

[7] Zhang Yue-song, Zhang Bin, et al. Service Execution Environment Oriented Service Selection Approach[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2014, 35(1): 1-5 (in Chinese)

张岳松,张斌,孙若男,等.适应服务执行环境状态的服务选取方法[J].小型微型计算机系统,2014,35(1):1-5

[8] Wang Xian, Liu Jian-xun, et al. A Load-aware Service Selection Method for Cloud Environment [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2014, 35(9): 1994-1998 (in Chinese)

王弦,刘建勋,曹步清,等.面向云环境的一种负载感知的服务选择方法[J].小型微型计算机系统,2014,35(9):1994-1998

[9] He Xiao-xia, Tan Liang. Web Service Discovery Model Supporting Service QoS Difference Degree Control [J]. Computer Science, 2014, 41(8): 202-208 (in Chinese)

何小霞,谭良.一种支持服务 QoS 差异度控制的 Web 服务发现模型[J].计算机科学,2014,41(8):202-208

[10] Zhu Yong, Li Wei, et al. Multi-User Oriented Load-Aware Dynamic Service Selection Model [J]. Journal of Software, 2014, 25(6): 1196-1211 (in Chinese)

朱勇,李伟,等.一种面向多用户的负载感知动态服务选择模型[J].软件学报,2014,25(6):1196-1211

[11] Yang Hui-rong, Fu Peng-bin, et al. Synthetic Evaluation and Matching of QoS Ontology and User QoS Description Preference Satisfaction [J]. Computer Science, 2011, 38(8): 39-47 (in Chinese)

杨惠荣,付鹏斌,等. QoS 本体定义及满足用户描述偏好的 QoS 评价与匹配[J].计算机科学,2011,38(8):39-47

[12] Tran, Xuan V. WS-QoSOnto: a QoS ontology for Web services [C]//IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE'08). IEEE, 2008: 233-238

[13] Alrifai, Mohammad, Risse T. Combining global optimization with local selection for efficient QoS-aware service composition [C] // Proceedings of the 18th International Conference on World Wide Web. ACM, 2009: 881-890

[14] Xu Xiao-mei, Hu Xi-lin. A Web service recommendation model of supporting QoS [J]. Ludong University Journal (Natural Science Edition), 2008, 24(3): 223-226 (in Chinese)

徐效美,胡喜玲.一种支持 QoS 评价的 Web 服务推荐模型[J].鲁东大学学报(自然科学版),2008,24(3):223-226

[15] Esfahani, Motlagh R K, FMardukhi, et al. Reputation improved Web services discovery based on QoS [J]. Journal of Convergence Information Technology, 2010, 5(9): 206-214

[16] Huang A F M, Lan C W, Yang S J H. An optimal QoS-based Web service selection scheme [J]. Information Sciences, 2009, 179(19): 3309-3322

[17] Huberman B A, Wu F. The dynamics of reputations [J]. Journal of Statistical Mechanics Theory and Experiment, 2003, 18(4)

[18] Rao Shen, Wang Yong. Dynamic fuzzy comprehensive trust model based on P2P network [J]. Journal of Computer Applications, 2011, 31(1): 139-142 (in Chinese)

饶岫,王勇.基于 P2P 网络的动态模糊综合信任模型[J].计算机应用,2011,31(1):139-142

[19] Lin Ri-chang, Chen Bi-huan, Peng Xin, et al. Dynamic web service combination method to support risk preference [J]. Science China, 2014, 44(1): 130-141 (in Chinese)

林日昶,陈碧欢,彭鑫,等.支持风险偏好的 Web 服务动态组合方法[J].中国科学:信息科学(中文版),2014,44(1):130-141