

服务组合中面向端到端用户 QoS 需求的 QoS 聚合机制研究

刘志忠^{1,2} 王 勇¹ 贺毅辉¹ 彭 辉¹

(解放军理工大学指挥信息系统学院作战软件教研室 南京 210007)¹

(南京大学计算机科学与技术系计算机软件研究所 南京 210000)²

摘 要 服务组合基于多种基本的组合结构,组合多个已有的服务来满足用户的功能性和非功能性(即 QoS)需求。通常,用户的需求直接是端到端的需求,而服务描述本身具有自身的 QoS 描述。由于所处的层次不同,端到端的 QoS 需求描述和单个服务的 QoS 描述存在一定的语义鸿沟。基于层次化本体模型建立 QoS 本体模型,建立了用户 QoS 和服务 QoS 之间的映射关系。并针对基本的服务组合结构,研究了异构 QoS 本体环境下服务的 QoS 聚合机制。基于基本组合结构的 QoS 聚合,提出了完整的服务组合中的 QoS 聚合算法和 QoS 转换算法,以满足端到端的 QoS 需求。

关键词 QoS, 端到端用户需求, 服务组合, QoS 聚合

中图法分类号 TP311 **文献标识码** A

QoS Aggregation for End-to-End QoS Requirement in Service Composition

LIU Zhi-zhong^{1,2} WANG Yong¹ HE Yi-hui¹ PENG Hui¹

(College of Command Information Systems, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)¹

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210000, China)²

Abstract While service individual's QoS description is from its own viewpoint, there is a semantic gap between these services' description. Based on a hierarchical ontology model, a QoS ontology model was proposed, which establishes the relationship between user QoS and service QoS. And the QoS aggregation mechanism was studied for several basic structures. A QoS aggregation algorithm was proposed to aggregate the QoS of whole composite service. Further, A QoS translation algorithm was discussed to translate service QoSs to user QoSs, and it satisfies the end-to-end QoS requirements.

Keywords QoS, End-to-end user requirement, Service composition, QoS aggregation

1 引言

Web 服务应用通常由多个不同厂商协同开发,因此需提供相应的方式来实现跨组织边界的无缝业务过程集成。服务组合基于一定的规范组合多个不同服务(可能是不同厂商提供)来形成新的服务,实现新的功能,以为跨组织边界的应用集成提供良好的支持。服务组合所组合的服务均为抽象服务。在运行时,每个抽象服务都选定一个具体服务,并使用该服务,从而真正完成组合。服务的 QoS 属性(即非功能性属性)有:响应性、可用性、代价和吞吐量等,它们在实施服务选择并确定组合应用的成功与失败时发挥重要功能。

用户实施服务选择通常基于服务等级协议(Service Level Agreement, SLA)。服务等级协议是服务使用者和服务消费者之间对期望 QoS 的基础。但是,在服务组合的 QoS 需求中,用户通常对于所涉及服务的具体 QoS 并不关心,他们仅仅是根据端到端的 QoS 约束在 SLA 中设定他们的 QoS 需求。基于 QoS 的服务组合的目标就是对每个外包任务选定

一个服务或者是服务组合使得聚合的 QoS 值满足所有应用层的 QoS 约束。当 Web 上提供的功能类似的服务的数量增多时,该问题就变得特别重要,也特别具有挑战性。基于 QoS 的服务组合的目的就是满足端到端 QoS 约束集的情况下寻找最佳的 Web 服务组合以满足用户的功能性需求。

面向端到端的 QoS 需求的服务组合主要涉及两个主要问题。首先,不同的用户对于 QoS 的描述会有所不同,特别是 Web 用户和服务外包的客户之间对 QoS 的刻画可能处于不同的抽象层次。以描述服务可用性的 QoS 属性为例,用户的需求描述通常直接用可用性来描述(如:服务的可用性 95% 以上),而单个 Web 服务描述服务的可用性的描述为:平均故障时间(每两天发生一次故障)等。其次,不同的 QoS 本体概念之间如何实施 QoS 聚合,以保证组合的 QoS 能满足用户端到端的 QoS 需求,如服务 A 描述可用性为每两天发生一次故障,而服务 B 的可用性描述为最长连续可用时间为 48 小时。为了解决这些问题,我们需要建立这些不同表述之间的差异,从而实现满足端到端 QoS 约束的服务组合。本文通过

本文受江苏省自然科学基金项目(BK2010130, BK2011120)资助。

刘志忠(1980—),男,博士,讲师,主要研究领域为服务组合、语义 Web;王 勇(1976—),男,硕士,讲师,主要研究领域为 QoS 建模、本体论;贺毅辉(1973—),男,硕士,教授,主要研究领域为面向服务计算、多 Agent 仿真。

建立层次化的 QoS 本体来消除不同服务在 QoS 描述上的差别以及用户和服务在 QoS 描述层次上的差别,并基于层次化本体模型来实施服务组合中的 QoS 聚合。

第2节介绍 QoS 建模与服务组合中 QoS 聚合;第3节介绍层次化的 QoS 本体模型;第4节简单介绍服务组合中的基本操作:顺序、并行、选择、循环以及同步等,然后分别讨论基本结构中基于层次化本体模型的 QoS 聚合以及服务组合整体的 QoS 聚合;最后总结全文,并对未来的工作进行展望。

2 相关研究工作

Chen Zhou^[1] 等研究了基于语义的 QoS 规范,并在 DAML 基础上提出了 DAML-QoS 本体。并从该本体出发提出了 QoS 本体的设计准则。他们在研究过程中将本体分为 3 个不同的抽象层次:QoS 概貌层、QoS 属性定义层和 QoS 度量定义层。实际上,他们所提出的分层 QoS 本体模型和本文提出的 QoS 本体模型很相似。此外,他们还基于该模型提出了响应的服务发现和排序算法。此模型为基础,本文作者在文献[2,3]中结合层次化本体模型提出了一种层次化的 QoS 本体模型,并研究了综合 QoS 属性和功能性属性的语义服务发现模型。

范小芹等^[4]针对静态 QoS 聚合经常导致服务组合失败的情况,提出了 Web 服务各随机 QoS 指标的度量方法和自适应 QoS 管理体系结构,并利用随机型离散事件系统唯一的动态控制方法——马尔可夫决策过程(MDP),设计出随机 QoS 感知的可靠 Web 服务组合算法。该算法针对几种基本的服务组合结构,基于马尔可夫决策过程给出了服务组合中的 QoS 聚合机制。但是该算法并未考虑用户需求和 service QoS 描述之间的异构。

Hyunyoung Kil 等^[5]针对大规模系统中 Web 服务组合效率的问题,提出了一种任意时间的 Web 服务组合算法。该算法并不是穷尽搜索所有的候选服务以查找到针对某个需求的最佳服务组合,而是在一定的时间约束范围内,为特定需求寻找某种可能的解决方案。在算法在服务组合中考虑了 QoS 的聚合问题。

罗元盛等^[6]针对服务组合中端用户的模糊和不确定的需求与服务组合过程的精确性要求之间存在着矛盾,提出一种多粒度的服务组合形式化模型。这一模型从端用户的角度来考虑服务组合中用户的需求。为了构建多粒度的服务组合视图,将 Web 服务描述映射成广义决策逻辑语言(GDL)。GDL 是由粒度计算的研究组织提出的一种形式化语言,试图用来作为定义粒度模型的规范。利用 GDL 构建的服务组合多粒度模型,可以使用户和服务组合代理在不同的信息粒层进行组合工作。该研究工作将端到端的用户需求映射到了不同的服务组合中。

3 层次化 OoS 本体模型

针对服务描述中 QoS 概念建模在不同层次上有所不同的特性,本文采用层次化本体模型来建立服务组合中所需要的 QoS 本体模型,如图 1 所示。该模型将 QoS 模型分为 QoS 上层本体模型、QoS 中间层本体模型以及 QoS 下层本体模型。上层本体主要描述的是本体元模型;而中间层本体则描述的是应用领域一般的 QoS 本体概念;下层本体模型则是具

体应用的 QoS 描述。在一般的应用中,中间层本体主要针对的就是用户端到端的 QoS 描述,而 QoS 下层本体则更多适用于单个服务的 QoS 属性描述。QoS 模型的层次化化关系为建立 QoS 描述之间的关系以及 QoS 之间的聚合提供了基础。

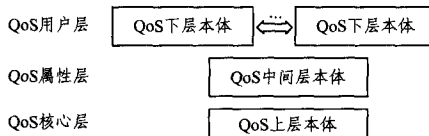


图 1 层次化 QoS 本体模型

具体说来, QoS 上层本体对应于 QoS 的概念模型, 刻画了对服务的 QoS 进行建模的规范, 包括 QoS 模型、QoS 规范、QoS 参数、QoS 场景、QoS 度量以及关系等等概念。QoS 上层本体应该由 QoS 建模专家提供, 并且服务提供者和服务使用者都需要完全遵守。图 2 所示为 QoS 上层本体模型的一些关键要素。

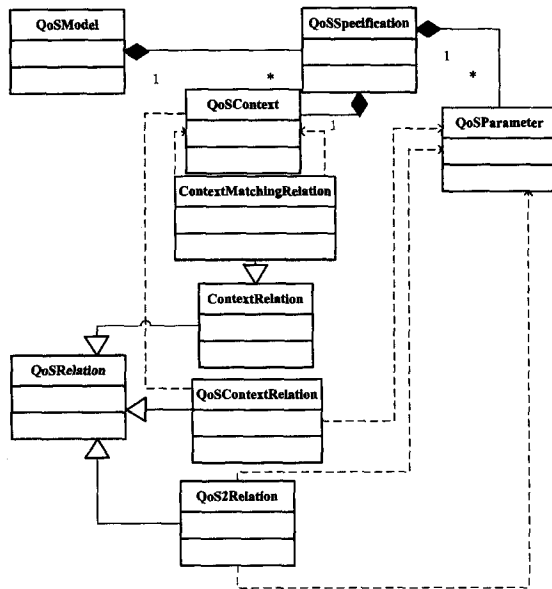


图 2 QoS 上层本体模型

QoS 中间层本体模型, 主要定义领域关注一般的 QoS 指标及相应的 QoS 规范场景, 一般不涉及具体的 QoS 属性度量方法。如, 该层本体可以定义服务的经济性、可用性以及性能描述等一般参数。显然, 用户描述其 QoS 需求通常所采用的描述形式均为中间层 QoS 本体中的概念。QoS 下层本体则是对 QoS 中间本体或(和)上层本体的扩展, 具体定义 QoS 参数及 QoS 参数之间的关系。QoS 下层本体的共享范围比较广, 但用户可以通过对现有本体的扩展或修改来得到。不同的 QoS 下层本体之间可以通过计算相似性来建立 QoS 之间的关系, 从而为不同 QoS 属性之间的聚合提供基础^[7]。

4 服务组合中 OoS 聚合机制

4.1 服务组合的基本结构

通常说来,基于流程的服务组合一般由一些基本的服务组合结构组成:主要包括顺序结构、并行结构、循环结构和选择结构。

- **顺序结构:**顺序执行是服务组合中最普遍的一种。在顺序执行的结构中,服务的执行具有严格的先后顺序,后一个服务的执行需要前一个服务的输出。并且,任务的完成需要

两个服务均正常执行,如图 3(a)所示。

- 并行结构:通常一个任务的执行可划分为多个子任务,且这些子任务的执行顺序结构,但是其中的某个子任务并不能由单个服务来实现,需要同时由多个服务来完成,这些服务之间并不存在先后关系,但是子任务的完成需要两个服务均正常执行。我们称此种结构为并行结构,如图 3(b)所示。

- 循环结构:循环结构实际上是顺序结构的一个特例,在循环结构中,先后执行的服务均为同一个服务,服务执行多次,并在满足一定的条件后,执行结束,如图 3(c)所示。

- 选择结构:从总体结构上看,选择结构和顺序结构非常类似。但是在选择结构中,存在某个子任务,满足该子任务需求的服务并不止一个,这些服务中的某个服务成功执行后,该子任务就完成,其基本结构如图 3(d)所示。

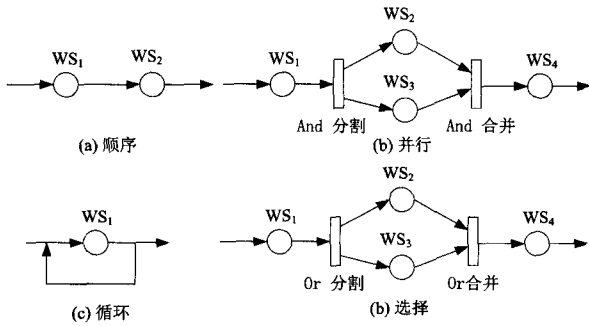


图 3 服务组合的基本结构

基于这些基本的服务组合结构,通过嵌套使用,我们可以构建出任意复杂的服务组合结构。因此,一旦确定了以上几种基本结构中 QoS 的聚合,就可以获取整个组合服务的 QoS 聚合,以实现端到端 QoS 的保证。

4.2 服务组合中的 QoS 聚合算法

下面将针对不同的服务组合结构,基于层次化本体模型,研究服务组合中的 QoS 聚合机制,以得到服务组合中端到端的 QoS,以为面向用户的服务组合机制提供基础。

为了研究服务组合中的 QoS 聚合,假设有一组服务 WS_i ($i=1, \dots, n$),其中各个服务 WS_i 均有一组 QoS 属性 Q_{ij} ($j=1, \dots, m$),用户需求的 QoS 描述为 $U=(u_1, \dots, u_q)$ 。所有的 QoS 属性均由 QoS 本体中的相关概念表示, QoS 的概念模型之间以及用户 QoS 需要之间可以通过 QoSRelationship 获取。假设服务 WS_k 和 WS_l 之间的关系 R_{kl} 为一个 $m \times m$ 的矩阵,记为 $(R_{kl})_{m \times m}$,服务 WS_k 的 QoS 描述和用户 QoS 需求 U 之间的 R_{kl} 为一个 $m \times q$ 的矩阵,记为 $(R_{kl})_{m \times q}$ 。为了便于表述,本文将某向量 V 的第 k 个分量记为 $(V)_k$ 。

对于顺序结构的服务组合,假设包含服务 WS_i ($i=1, \dots, n$),对于代价 Q_k (如时间,花费等),经过组合后,其代价可以表示为 $\sum_{i=1}^n (Q_{ij} R_{1n})_k$;对于概率性的 QoS 指标 Q_k (如可靠性、可用性),组合后的 QoS 指标可表示为 $\prod_{i=1}^n (Q_{ij} R_{1n})_k$ 中的第 k 个分量;

在并行结构的服务组合中,假设包含服务 WS_i ($i=1, \dots, n$),对于代价 Q_k (如时间,花费等),经过组合后,其代价可以表示为 $\sum_{i=1}^n (Q_{ij} R_{1n})_k$;对于概率性的 QoS 指标 Q_k ,组合后的 QoS 指标可以表示为 $\sum_{i=1}^n (Q_{ij} R_{1n})_k$ 。

在选择结构的服务组合中,假设包含服务 WS_i ($i=1, \dots,$

n),对于代价性 QoS 指标 Q_k ,组合后 QoS 指标可以表示为 $\text{Max}\{(Q_{ij} R_{1n})_k | i=1, \dots, n\}$;对于概率性的 QoS 指标 Q_k ,组合后的 QoS 指标可以表示为 $\text{Min}\{(Q_{ij} R_{1n})_k | i=1, \dots, n\}$ 。在选择结构中,以各项属性均为最坏值的一个虚拟服务作为我们的候选服务。在组合服务实际执行时,由于绑定的任意一个候选服务都比该服务的 QoS 性能优越,因此可以保证只要服务组合的 QoS 聚合能满足用户端到端的 QoS 需求,那么服务执行时端到端的 QoS 肯定可以得到保证。

在循环结构的服务组合中, QoS 的聚合可以看成是顺序结构的特例,因此其代价聚合可以分别表示为 KQ_{ij} 和 Q_{ij}^n ,其中 K 为循环结构的循环次数。

在确定了各服务组合基本结构的 QoS 聚合机制后,通过递归计算,我们可以得到整个组合服务的 QoS。假设给定一个组合服务 S_{com} ,该服务组合仅仅包含以上基本结构的组合,每个服务的 QoS 属性为 Q_{ij} ($j=1, \dots, m$),我们按照如下算法聚合得到该组合服务的 QoS。在算法执行前,将组合服务看成一组简单的服务串行组合,每个被串行的服务可能是简单操作,或者是循环、并行和选择基本结构。

算法 1 服务组合中的 QoS 聚合算法

Function QoSAggregation(S_{com})return Q_{com}

ForEach Service S_i

If S_i is Simple Service then//简单操作

$Q_{com} = \text{AggregateAsSeq}(Q_{com}, S_i)$

Else if S_i is LoopComposition//循环操作

$Q_{com} = \text{AggregateAsLoop}(Q_{com}, S_i)$

Else if S_i is AndSplitComposition//并行操作

$Q_{com} = \text{AggregateAsSplit}(Q_{com}, S_i)$

Else if S_i is OrSelectionComposition//选择操作

$Q_{com} = \text{AggregateAsSelection}(Q_{com}, S_i)$

EndF

Return Q_{com}

AggregateAsSeq, AggregateAsLoop, AggregateAsSplit, AggregateAsSelection 分别是对单个基本操作的 QoS 聚合函数,其基本思路为上面的聚合算法。在完成了服务的 QoS 聚合后,对于服务 QoS 和用户 QoS 之间的差别,需要通过一个 QoS 映射与转换算法将实施转换。此时, QoS 本体中 QoS 参数之间的关系将发挥重要的作用。假设组合服务的 QoS 为 $Q_{com} = \{Q_{com_1}, \dots, Q_{com_m}\}$,用户的 QoS 描述为 $Q_{user} = \{Q_{user_1}, \dots, Q_{user_n}\}$,在此情况下, QoS 之间的映射算法表示如下。

算法 2 QoS 之间的映射

Function QoSTranslation(Q_{com}) return Q_{user}

ForEach QoSCharacter Q_i in Q_{user}

Initialize(Q_i);

ForEach QoSCharacter Q_j in Q_{com}

If QoSRelation(Q_i, Q_j) then $Q_i = \text{Append}(QoSRelation(Q_i));$

EndF

EndF

Return Q_{user}

其中 Initialize() 函数完成对 QoS 变量的初始化, Append() 函数是为了解决一个用户 QoS 属性对应多个服务 QoS 描述时的一个综合函数。QoSRelation(Q_i, Q_j) 函数为真,表示 Q_i 和 Q_j 在 QoS 本体中存在一个关联,并利用该关系可以将一个属性映射到另一个属性。

(下转第 26 页)

建立地形、天气等环境信息的模型。

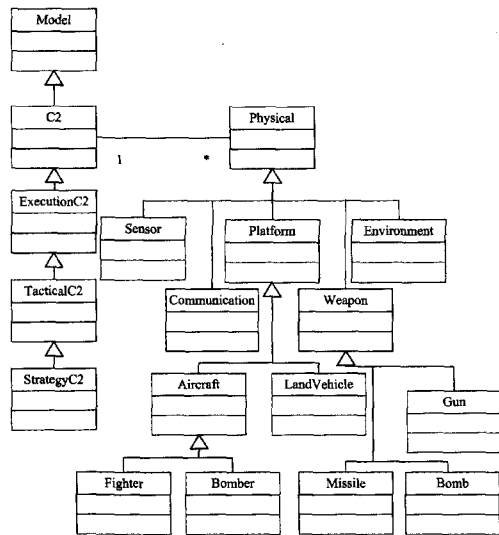


图4 模型体系结构图

交战裁决通过裁决对象类进行,分为空空裁决、空地裁决和地地裁决。例如,空空裁决使用随机数的方法确定是否有毁伤,其裁决过程如图5所示。

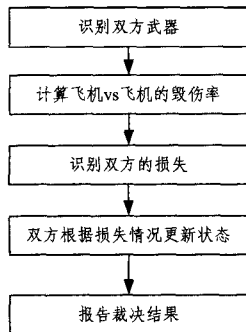


图5 裁决过程图

本实例主要示例了大规模多军兵种作战环境中某一战区的建模;对于全战场空间的建模,可以依据本实例通过扩展模型体系结构扩展其规模。

结束语 感知、信息处理、决策和行动构成了军事复杂系统中的OODA决策环。层次Agent建模方法,既系统地研究了军事事实体的这4种能力,也提供了对实体之间指控关系的

科学描述,是当前信息化条件下以C4ISR为核心的战争的一种有效的建模方法。通过实例研究,证明了方法的可行性,为大规模军事分析仿真作战辅助决策系统的模型设计与开发提供了指导。

参考文献

- [1] 周云,黄柯棣. 动态数据驱动应用系统研究综述[C]//2005年全国仿真技术学术会议. 2005;87-89
- [2] 周云,黄柯棣,胡德文. 动态数据驱动应用系统的概念研究[J]. 系统仿真学报,2009,21(8):2138-2141
- [3] 周云. 支持动态数据驱动仿真的建模适应性研究[C]//2009建模与仿真标准化年会. 2009;75-78
- [4] 黄柯棣,赵鑫业,杨山亮,等. 军事分析仿真评估系统关键技术综述[J]. 系统仿真学报,2012,24(12):2439-2447
- [5] 杨姝,赵鑫业,蔡楹,等. 面向分析仿真评估的高性能仿真系统关键技术研究[J]. 系统仿真学报,2012,24(12):2463-2467
- [6] 蔡楹,杨姝,赵鑫业,等. 分析仿真支持技术研究[J]. 系统仿真学报,2012,24(12):2448-2454
- [7] 黄柯棣,邱晓刚,建模与仿真技术[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2011
- [8] Wooldridge M, Intelligent Agents[M]. The MIT Press, 1999
- [9] Bacrnds G. The functional organisation of behaviour[J]. Animal Behaviour, 1976, 24
- [10] Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms[M]. 2010
- [11] Joint Operations[R]. 2011
- [12] Mei Y, Ying C, Jian H, et al. Research on Atomic Component Model Development in BOM-based HLA Simulation[C]//Proceedings 2011 2nd IEEE International Conference On Software Engineering and Service Science. Beijing, China: IEEE Press, 2011;905-910
- [13] IEEE Standard for Modeling and Simulation(M&S) High Level Architecture(HLA)-Federate Interface Specification. 2010
- [14] Mei Y, Z. Xin-ye, Z Yun, et al. An Interest Management in Large-scale Analytic Simulation[C]//ICCI 2013. 2013
- [15] Hiniker P J. A Model Of Command And Control Processes For JWARS; Test Results From Controlled Experiments And Simulation Runs[R]. 2002

(上接第21页)

结束语 满足用户端到端的QoS需求是面向服务计算中的一个重要课题。本文通过建立层次化的本体模型,将用户端到端的QoS需求映射到单个服务的QoS属性,并通过研究服务组合中的QoS聚合机制,来实现单个服务QoS属性到组合服务QoS属性的聚合。通过将两者进行结合,能够基于端到端的QoS需求,来实现服务组合中各个服务的选择。如何基于用户端到端的QoS需求来实现QoS驱动的服务组合算法将是我们下一步需要研究的问题。

参考文献

- [1] Zhou Chen, L C, Lee B S. Service Discovery and Measurement based on DAMLQoS Ontology[C]// WWW. Chiba, Japan.

ACM, 2005

- [2] 刘志忠. 多本体环境下的服务发现的相关技术研究[D]. 长沙:国防科技大学, 2008
- [3] 刘志忠,王怀民,周斌,等. 一个面向语义服务发现的QoS本体[J]. 计算机工程与科学, 2007, 11: 117-121
- [4] 范小芹,蒋昌俊,王俊丽,等. 随机QoS感知的可靠Web服务组合[J]. 软件学报, 2009(3): 546-556
- [5] Kil H, Nam W. Anytime Algorithm for QoS Web Service Composition[C]// WWW2011. 2011; 71-72
- [6] 罗元盛,齐勇,等. 面向端用户的服务组合广义决策逻辑模型[J]. 软件学报, 2009(12): 138-143
- [7] 黄宏斌,刘志忠,等. 基于层次化本体模型的语义相似度计算方法[J]. 系统工程与电子技术, 2009(7): 1150-1154