

DOI:10.13196/j.cims.2016.01.002

## 支持多模式协作的业务服务集成模型

辛 乐, 范玉顺<sup>+</sup>

(清华大学 自动化系/清华信息科学与技术国家重点实验室, 北京 100084)

**摘 要:**为兼容服务组合的多种协作模式,合理衡量各参与方对消费体验的影响,以价值链分析模型为基础,通过厘清参与服务的各类角色,提出支持多模式协作的业务服务集成模型,该模型支持对核心服务流程进行标注,支持链式与非链式的服务集成模式表述。提出根据领域特点自适应汇聚的多角色业务服务组合质量集成算法,通过仿真实验分析验证了算法的有效性与适用性。

**关键词:**多模式协作;业务服务集成模型;服务网络;服务质量集成

中图分类号:TP391 文献标识码:A

### Multi-patterns integrated model for business services

XIN Le, FAN Yushun<sup>+</sup>

(Tsinghua National Key Laboratory for Information Science and Technology, Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** To be compatible with many cooperative modes and to measure the impact of participating parties on consumer experience reasonably, by clarifying the various roles of participants, a Multi-patterns Integration Model for Business Services (MIM4BS) was proposed based on value chain analysis model, which supported the expression of core services processes and the integration types of processes or combinations. On this basis, a Domain aware Multi-patterns Business Services selection (DMBS) algorithm was proposed, and its effectiveness was tested by simulations.

**Keywords:** multi-pattern collaboration; business service integration model; service network; integration of quality of service

## 0 引言

近年来,服务业逐渐成为商业领域中发展最快、占比最大的行业,为实现服务业的长足发展,需要更广泛、更便捷、更高效地实现服务的发现与接入。信息技术的发展对促进服务发现及消费起到了显著的作用,多种多样的服务通过信息技术进行管理与组合,实现服务增值,并通过互联网进行服务提供与消费。

目前在服务领域中,Web 服务的运营与管理发展得较为成熟。Web 服务是支持计算机自动交互的软件系统或模块,通常由 Web 服务描述语言(Web Service Description Language, WSDL)描述其功能,通过简单对象访问协议(Simple Object Access Protocol, SOAP)与远程机器进行交互,使用超文本传输协议(Hypertext Transfer Protocol, HTTP)或可扩展标记语言(eXtensible Markup Language, XML)序列进行数据传达,Programma-

收稿日期:2014-11-21;修订日期:2015-01-02。Received 21 Nov. 2014; accepted 02 Jan. 2015.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61174169);国家 863 计划资助项目(2012AA02A613);高校博士学科点专项科研基金资助项目(20120002110034)。**Foundation items:** Project supported by the National Natural Science Foundation, China(No. 61174169), the National High-Tech. R&D Program, China(No. 2012AA02A613), and the Specialized Research Fund for Doctoral Program of Higher Education, China(No. 20120002110034).

bleWeb<sup>[1]</sup>网站所聚合的大量网络应用程序接口(Application Programming Interface, API)即属于Web服务的范畴。随着云计算思想及技术的不断普及,多种领域的服务通过互联网或移动技术实现了按需、易扩展的资源提供,传统的IT服务被扩展到制造云服务<sup>[2]</sup>、云商务<sup>[3]</sup>以及下一代服务网络(Internet of Services, IoS)<sup>[4]</sup>等业务服务领域。

为实现复杂的业务功能,基础的服务个体可按需进行组合。目前,对Web服务进行集成与组合的方式可分为服务编制(service orchestration)与服务编排(service choreography)<sup>[5]</sup>两类。其中,服务编制指通过定义业务逻辑与执行逻辑,获取可执行的业务流程,该流程往往具有较长的生命周期,且分为多个步骤,一般由集中式控制中心对流程中的活动进行分配与协同,常用标准为BPEL4WS(business process execution language for Web services),主要用于处理业务流程模型;服务编排则用以描述服务之间的消息交换,定义全局角度的合作模式,没有集中控制中心,互动者的参与是对等的,其标准为WS-CDL(Web service choreography definition language),主要描述对象是实体之间的公共行为以及消息的交互方式,不涉及预定义的业务流程模型。由此可见,面向流程和面向协作是服务个体聚合为大粒度服务的两种主要集成方式,可将其分别称为链式模式和非链式模式。目前,对链式的流程模型<sup>[6-8]</sup>、非链式的协作模式<sup>[9-10]</sup>都有较丰富的研究成果,且对服务组合的性能分析更多是以链式模型为基础。而随着服务网络的逐渐发展,越来越多的服务复用与协作采用了链式与非链式混合的模式<sup>[11-12]</sup>,对于混合模式聚集的服务组合的特性分析及优化选择等方面的研究相对较少。

在服务网络背景下,大量研究面向其多种类型、各方面特性进行了深入探索,例如:为提升推荐质量,Ganu等针对在线评价文本进行了知识提取以提升推荐准确度<sup>[13]</sup>,Sun对协同过滤的相似性度量算法进行了改进<sup>[14]</sup>;为促进服务资源分配,罗贺等对云商务中的分配模式与定价问题进行了分析<sup>[3]</sup>;针对云制造系统,刘卫宁等对基于服务质量(Quality of Service, QoS)的多任务云服务组合的建模与寻优<sup>[2]</sup>进行了研究;此外,服务关注与评价关系<sup>[14]</sup>、服务标签标注关系<sup>[15]</sup>等新型关联关系也被纳入服务网络系统特性分析的范畴。上述研究多关注服务提供者与消费者的互动操作及反馈信息,将服务提

供环境视为无差别、无影响,适用于单一服务平台下的服务选择或推荐,然而随着面向服务思想的不断发展,为支持快速开发和定制化服务交付,多种类型的服务支持平台不断涌现,服务平台支持服务的注册、匹配、交付、管理、支付和评价等功能,服务平台对服务消费质量的影响无法被忽略,例如,在电子商务领域,同样的商品在不同平台上的价格、配送时间、信誉度等属性均有差别。在服务网络的海量服务中,为了检索到合适的个体,跨平台在线服务搜索系统的应用越来越广泛,如Expedia、KAYAK、去哪儿等的旅行方案搜索网站,以及一淘、盒子比价网等商品搜索网站,这些应用实现了对不同商业化服务平台上服务基础数据的获取(如价格、服务评价等),并能够对其进行展示及对比,为消费者选择服务提供了数据支持。然而,由于服务的平台运营模式繁多,提供商与代理商等服务参与者的关联关系复杂,仅仅是基于关键字的基础信息陈列无法实现更深层次的服务质量分析与个性化推荐。

通过上述分析可以发现,随着基于网络的业务服务的不断发展,在商业化运营之下,服务之间产生了多种复杂的交互关系,目前的服务组合模型、服务检索与推荐等方面的成果难以直接应用的场景的问题包括:①业务服务的提供与交付需要多个参与者的支持,如B2C(business to customer)环境下的平台运营商、服务提供商以及支付、广告等辅助业务的提供商等在进行服务推荐与选择时,除了考虑核心服务流程的交付质量与提供者的信誉,还需要将平台支持与辅助服务的质量纳入考量范围,因此需要扩充服务组合参与者的角色与作用;②业务服务的交互关系较复杂,服务个体可以进行多阶段、多层次的组合、托管和交付,如O2O(online to offline)类型的服务,既包括互联网线上的入口、预订、支付等服务,又涵盖了线下的实际服务交付,线下部分的服务可能包括复杂的业务流程且涉及多个业务领域的结合,因此在分析服务组合的性能质量、用户对服务的信誉评价等信息时,需增加对多阶段、多层次复杂代理关系的分析,增强对核心业务服务的识别度,并从多个领域全面恰当地衡量服务质量特性,这对面向用户的服务推荐、选择、评价等具有重要的意义。

基于业务服务的多样性、复杂性等特征,并受已有研究的启发,本文展开了对业务服务多模式集成模型(Multi-patterns Integration Model for Busi-

ness Services, MIM4BS)的探索,所提模型在传统 Web service 模型的基础上,根据业务服务的实际特征扩充了参与者的角色,并对业务服务进行分层次、分阶段的组合关系表示,从而兼容链式与非链式模式,并支持多参与者的服务组合方式;在此基础上提出用于服务选择的跨领域、多模式服务组合质量汇聚算法(Domain aware Multi-patterns Business Services Selection, DMBS),描述复杂服务组合的多领域业务质量,为服务检索与优化选择提供决策支持。

## 1 服务协作参与者角色分析

传统的 Web service 模型参与者只包括服务提供者、服务消费者和服务中介,然而随着差异化服务组织与交付理念的出现,涌现出了以电子商务为概念模型的服务平台,该平台支持服务交付管理、评价和支付等;同时对于面向服务的企业(Service Ori-

ented Enterprises, SOE)<sup>[16-17]</sup>来说,业务流程的执行不再局限于组织内部,而是部分外包给合作联盟中的其他服务提供商,外部服务商依据需求提供业务方案协作的支持。

由于多种复杂业务的出现,服务中介的作用已不再局限于发布服务、提供服务检索功能,经典的 Web 服务模型也难以描述服务交付中其余各类支持性业务的作用。对于企业业务信息系统,Barros 等<sup>[18]</sup>提出的服务交付框架(Service Delivery Framework, SDF)扩展了支持性服务与角色,并基于此实现软件即服务(Software-as-Service, SaaS)及基于软件驱动的服务部署与管理;Dojchinovski 等<sup>[1]</sup>将 Web API 平台的参与者定义为 API 开发者、API 消费者、应用聚合者和应用消费者等。本文在上述研究成果的基础上,针对业务服务的多参与者、多交付形态等特性,对业务服务角色进行了扩充与定义,各角色及其作用如表 1 所示。

表 1 业务服务参与者角色

| 角色           | 主要行为                                  |
|--------------|---------------------------------------|
| 服务消费者 SCsm   | 发布需求、选择服务、支付与评价服务等                    |
| 核心服务提供者 CSP  | 服务交付时提供最大化满足用户需求的服务个体                 |
| 服务平台         | 作为中介方参与服务消费,服务的多种参与者通过平台进行消息传递与交换     |
| 运营方 SPO      | 将多个核心服务个体进行流程化编制与组合,发布后为用户提供相对完整的解决方案 |
| 服务托管方 SH     | 对核心服务提供商的产品或服务进行维护与管理,支持服务消费          |
| 支持性服务提供者 SSP | 为服务提供商与服务消费者提供可达性通道                   |
| 服务入口运营方 SEO  | 面向服务消费者提供可能的服务介绍并吸引服务消费               |
| 其余支持方 OSO    | 包括未列出的其他服务支持方式                        |

通过扩充服务网络的参与角色与定义相应的功能,可更细化地分析各参与者对服务个体或服务组合的影响,为进一步定义多层次、多模式的服务组合构成提供支持。

## 2 多形态服务组合模式分析与模型定义

复杂的业务服务组合往往存在多种交互模式,在 Web 服务的集成中常用基于流程的服务编制、基于协作的服务编排两种标准解决方法,与此类似,Web 服务平台所支持的分析模型主要包括:①单一的流程模型,以科学工作流网站 myexperiment<sup>[19]</sup>为典型应用;②单一的服务集合模型,不区分执行顺序,只显示参与情况,典型应用为 Web API 的聚集网站 Programmable Web<sup>[20]</sup>。由于业务服务的交互方往往既包括 IT 服务组件及系统的自动化处理,

又包括人工活动支持,且完整的服务周期可能由不同的组织同时协作,或在不同时期由多个组织负责各自的阶段,这些多样化的协同模式难以用上述两种模型的任何一种完整表述,且服务不再是消费者与提供者两方的交互,平台运营方与支持性服务产生的影响日渐重要。本章首先对业务服务的组合实例进行分析,然后提出支持多粒度、多阶段组合的业务服务多模式集成模型(MIM4BS)描述业务组合逻辑。

### 2.1 服务组合案例分析

考虑 O2O 类生活服务实例如下:消费者乙在携程旅行网预订了由海南椰晖旅行社提供的三亚团体旅游,其中包括北京往返海南的国航航班、三晚的玛瑞纳酒店住宿以及娱支洲岛、亚龙湾、海豚湾等景点

的三天观光,并有全程领队引导往返,当地各项服务由旅行社三亚分社接待。在该过程中,消费者首先通过线上(计算设备执行过程)携程网平台进行椰晖旅行社提供的旅行产品浏览、选择及 Visa 信用卡支付等,其支持性服务包括咨询服务、信息标准化展示服务等,然后在线下(非计算设备执行过程)的服务中享受椰晖旅行社编制及调用的一系列服务个体。由此可见,消费者的体验既受到线上服务中介平台与服务提供者的影响,也受到线下服务编制者及核心服务个体提供者的影响。

由上述实例可见,在用户消费服务的全生命周期中,可能会出现多阶段、多粒度、多参与者的协同交付情况,因此构建合理的模型以描述各参与方对服务实例做出的贡献,一方面可根据各服务个体的质量或服务提供商的信誉等指标,恰当地预估服务交付流程的性能,为服务推荐与选择提供依据;另一方面,也可在服务消费之后,根据实际服务组合的协同方式、服务个体的质量指标维度等特性,自动化地制定反馈数据的维度与形式,支持用户恰当、公平、合理地评价各服务个体,而不仅限于对整个服务流程或组合的笼统评价。

## 2.2 基于价值链理论的 MIM4BS 模型

在业务服务的整个交付过程中,服务提供者完成从零开始的服务设计与实现,而服务编制者则负责设计应用集成方案,渠道运营方为交付方案提供交付的通道,因此客户面对的备选方案往往是经过实例化的服务解决方案,业务服务选择的主要对象是组合方案,而非只有服务个体。

为分析业务服务组合中各个体的协同情况,本文基于价值链分析方法<sup>[21]</sup>(value chain)的基本观点和模型进行了扩充与改进,下面分别介绍价值链模型及基于价值链理论的 MIM4BS 模型。

### 2.2.1 价值链理论模型

价值链分析法是管理学领域的经典模型,其主要思想为:企业通过一系列业务活动创造价值并传递给客户,同时为企业创造利润。这些业务活动又可根据“与价值增值是否直接相关”被分为两类:

(1)基本增值活动,即与企业主营业务(如商品流转)直接相关的活动,如原料供应、产品开发、产品生产、储备及运输和售后服务等。

(2)辅助增值活动,如人力资源、信息技术支持、法律顾问和广告策划等。

价值链模型中的各活动相互影响和关联,根据其价值链上的环节关系,可分析企业的核心业务能力及价值,同时可依据行业特点对从事不同业务种类的企业进行关键竞争力分析。

价值链分析法适用于服务组合的协同方式分析,一方面因为其对业务活动模块的重要性分类支持较好,可用于对核心服务与支持性服务的差异化分析;另一方面则由于该模型兼容了链式与非链式的业务活动,适合于描述服务组合中不同参与方的协同模式。

### 2.2.2 业务服务多形态集成模型 MIM4BS 定义

近年来,基于价值理论的服务模型与分析优化方法的研究逐渐涌现,例如:应用价值网络模型分析价值在服务提供者与消费者之间的再分配<sup>[22]</sup>、系统化的服务价值指标定义与图形化建模<sup>[23]</sup>、价值依赖性、不确定性关系分析<sup>[24]</sup>等。以上分析主要在现有服务模型的基础上对服务价值流转进行建模,本文提出的 MIM4BS 模型则是受价值链模型启发建立的服务多形态集成模型。

MIM4BS 模型的主要元素定义如下:

**定义 1** 服务个体(service)。指个人或组织作为服务提供者向消费者提供的业务支持或商品等满足对方需求的物质产品或非物质行为,通常具有经济价值。用  $s = (sp, sn)$  表示,其中:  $sp$  为服务提供者;  $sn$  为服务的统一标识,如 ID 或名称。

**定义 2** 服务参与者(user)。作为各种角色参与服务交互的个人或组织,记作  $u = (un, \{uType, s\})$ ,其中:  $un$  为服务参与者标识;  $\{uType, s\}$  表示服务参与者在特定服务中的作用,  $uType$  为参与者角色,为第 1 章介绍的多种服务网络参与者角色之一,即  $uType \in \{SCsm, CSP, SBP, SA, SH, SCM, SEO, OSO\}$ 。

**定义 3** 核心服务流程(core service flow)。指在服务组合中的基本增值服务个体组合成的过程,是直接影响消费者体验的链式模型,记为  $csf = (sa, \{sp, sn, sSqc\})$ ,其中:  $sa$  为服务流程编制者,  $\{sp, sn, sSqc\}$  表示一系列核心服务,其关键属性包括服务提供者、组合顺序。对于  $s_i, s_j \in csf$ ,若  $s_i. sSqc + 1 = s_j. sSqc$ ,则记为  $s_i a s_j$ ,核心服务流程的链式模型为  $s_1 a \dots a s_m$ ,亦可用  $\underset{s_j \in csf}{a}$   $s_i$  表示。

**定义 4** 支持性服务(support service)。指服务组合中承担辅助增值作用的一系列服务个体,往往不按照流程逻辑进行组织,虽然不直接参与

服务流程的价值增值,但对核心服务环节产生影响,如使能、改进等,支持性服务与核心服务流程通过服务中介平台进行交互协作。记作  $sptS = (sp, sn, sT)$ , 其中:  $sp$  为服务提供者,  $sn$  为服务标识,  $sT$  为服务支持性类别,  $sT \in \{SBP, SA, SH, SCM, SEO, OSO\}$ 。

定义 5 服务组合(service composition)。分别由直接增值服务流程与辅助增值服务构成,记作  $sc = (csf, \{sptS\})$ , 即包括核心服务流程与支持性服务的集合,服务组合也可作为服务个体参与其余组合的构建。对于  $s_k \in \{sptS\}$ , 记  $s_k \cdot sT$  为其支持类型,将其与核心服务流程的非链式组合记作  $csf \otimes^{s_k \cdot sT} s_k$ , 将服务组合的模型记作  $(a_{s_i} s_i)_{s_i \in csf} \otimes_{s_k \in \{sptS\}}^{s_k \cdot sT} s_k$ 。

由上述定义可见,对于 MIM4BS 服务组合模型  $sc := (a_{s_i} s_i)_{s_i \in csf} \otimes_{s_k \in \{sptS\}}^{s_k \cdot sT} s_k$ :

- (1)若令  $s_k = \emptyset$ , 则  $sc = a_{s_i} s_i$ , 即为链式协作关系的服务流程模型。
- (2)若令  $csf = s_i$ , 则  $sc = s_i \otimes_{s_k \in \{sptS\}}^{s_k \cdot sT} s_k$ , 即为非链式协作关系的服务组合模型。
- (3)若令  $s' = sc$ , 则可将服务组合作为大粒度的服务个体加入新的组合的构建,实现多层次服务组合的表达。

由此可见, MIM4BS 模型能够兼容对链式、非链式、混合式等多层次业务服务集成模式的表达,并

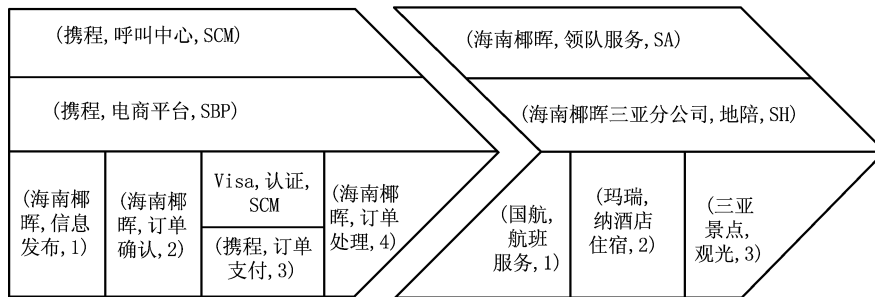


图2 案例3的MIM4BS模型

MIM4BS 模型与原价值链模型的不同之处在于:①价值链分析模型往往针对特定的企业,限定在组织内部,因此将价值链上经营管理活动的提供者默认为该企业,而在 MIM4BS 模型中,不同的服务个体可在服务平台的支持下便捷地参与核心流程或支持性活动,不同服务组件可由不同组织提供,从而打破了传统模型的边界限制;②价值链

区别性地分析核心服务流程与各种类别的支持性服务。

2.2.3 MIM4BS 模型的算子性质

性质 1 流程算子  $a$  不满足交换律,即  $\forall s_i, s_j \in csf, s_i a s_j \neq s_j a s_i$ 。

性质 2 流程算子  $a$  满足结合律,即  $\forall s_i, s_j, s_m \in csf$ , 若  $\exists sc_1 = s_j a s_m, sc_2 = s_i a s_j$ , 则  $s_i a sc_1 = s_i a (s_j a s_m) = s_i a s_j a s_m = (s_i a s_j) a s_m = sc_2 a s_m$ , 此处括号表示较大粒度服务组合对服务个体的包含关系,并不代表逻辑处理上的优先关系,余同。

性质 3 支持性算子  $\otimes$  满足交换律,即  $\forall s_i, s_n \in \{sptS\}, csf \otimes^{s_i \cdot sT} s_i \otimes^{s_n \cdot sT} s_n = csf \otimes^{s_n \cdot sT} s_n \otimes^{s_i \cdot sT} s_i$ 。

性质 4  $\otimes$  运算对  $a$  运算满足分配律,即  $\forall s_i, s_j \in csf, s_n \in \{sptS\}, (s_i a s_j) \otimes^{s_n \cdot sT} s_n = (s_i \otimes^{s_n \cdot sT} s_n) a (s_j \otimes^{s_n \cdot sT} s_n)$ 。

2.3 MIM4BS 的图形模式表示

MIM4BS 基本模型表示如图 1 所示,在此基础上可进行多层、多阶段的服务组合表示。

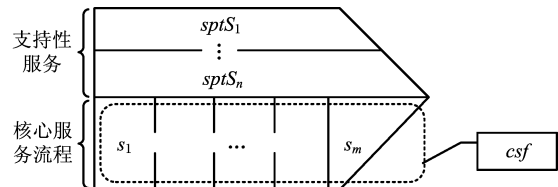


图1 基于价值链的MIM4BS模型示意

用图形模型表示 2.1 节案例的面向消费者视角的服务交付全周期,如图 2 所示。

模型往往只有一个单元,而 MIM4BS 模型可根据分层次的组合模式进行顺序或集合逻辑再组织。

3 MIM4BS 模型跨领域服务质量集成

为满足消费者需求,除了分析服务个体及组合的基础属性、功能特性以外,还需要针对 QoS 进行分析,并对组合内服务的 QoS 指标进行汇聚和集

成<sup>[6]</sup>,经过对比服务组合不同备选方案的性能,选出较优的组合,为服务的推荐与选择提供决策支持。

目前的服务质量模型主要是针对服务的软件质量,如反馈时间(response time)、可用性(availability)、吞吐量(throughput)、可靠性(reliability)等<sup>[25]</sup>,可称为服务的线上(online)软件领域维度,与服务的线下(offline)业务领域及服务角色无关。然而对于消费者来说,服务的业务质量属性相比于软件属性更能影响用户的服务选择倾向,如制造行业的物流成本<sup>[26]</sup>、观影服务的影院音效等。文献<sup>[27]</sup>通过定义领域知识的语义描述模型,采用专家预定义与机器学习交互的方式,从 Web 领域的通用属性扩展到业务领域的属性,实现了服务个体评价指标的自适应定义及权重求取,但其主要面向服务个体,没有涉及服务组合的交互方式及质量属性。下面主要研究跨领域服务个体构成的服务组合,如何根据组合的层次结构、组织特征、参与者作用等,自适应地分析和集成服务质量指标。

### 3.1 MIM4BS 的服务质量特征分析

首先给出业务服务质量指标的定义。

**定义 6** 业务服务质量指标(Quality of Business Service, QoBS)表示服务个体或服务组合在业务领域内的非功能性性能,记作  $qobs(sc/s) = \{domain, attribute, qos\}$ ,分别表示领域、指标维度与质量取值。

业务服务的领域信息可根据服务信息中的行业分类进行区分,或通过服务的文本描述等内容进行文本挖掘分类;QoBS 的指标维度与取值受领域类别与服务组合参与方的影响。

为了分析领域背景和服务个体在组合中的作用,合理描述业务服务组合的质量特性,从两方面对每个服务个体的质量属性进行分析:

(1)服务的业务领域质量 表明业务服务提供商的交付水平,其维度由业务服务所在行业领域的特征决定,如航班准点率、餐厅级别、电影院音效、酒店入住率等。常用的业务领域属性维度如表 2 所示。

表 2 业务领域质量属性示例

| 业务领域   | 属性集合                             | 参考  |
|--------|----------------------------------|---|
| Web 服务 | {反馈时间,可用性,吞吐量,可靠性}               | <a href="http://www.programmableweb.com/">http://www.programmableweb.com/</a> |
| 酒店服务   | {性价比,房间设施,干净程度,客服水平}             | <a href="http://www.tripadvisor.com/">http://www.tripadvisor.com/</a>         |
| 航班服务   | {历史准点率,预计准点率,换飞机指数,天气实况,进出港机场流量} | <a href="http://www.veryzhun.com/">http://www.veryzhun.com/</a>               |
| 电子商务   | {描述相符,服务态度,发货速度}                 | <a href="http://www.taobao.com">http://www.taobao.com</a>                     |
| 影片服务   | {总评分,印象,表演,画面,故事,导演,音乐}          | <a href="http://movie.mtime.com">http://movie.mtime.com</a>                   |

(2)服务的角色质量 表明其在服务组合中所起的作用,这些作用可以归纳为相应的影响因子指

标。典型的影响如表 3 所示。

表 3 服务角色质量属性示例

| 服务角色        | 关键作用                | 含义及值域  |
|-------------|---------------------|--|
| 服务提供者 CSP   | 信誉度 $Rpt(cps_i)$    | 服务提供者在历史服务交付中实现宣称 QoS 的概率, $[0, 1]$          |
| 服务平台运营方 SPO | 信誉度 $Rpt(spo_i)$    | 服务平台方对服务个体的担保能力, $[0, 1]$                    |
| 服务托管方 SH    | 可靠性 $R(sh_i)$       | 托管方对相关服务的稳定可靠性能的影响, $[0, 1]$                 |
| 服务渠道运营方 SCM | 平均等待时长 $T_w(scm_i)$ | 影响服务在一段时间内的可用性, $[0, +\infty]$               |
| 服务入口运营商 SEO | 安全性 $S(seo_i)$      | 通过入口访问到可信服务与非可信服务的次数之差, $[-\infty, +\infty]$ |

### 3.2 MIM4BS 的服务质量集成算法

由于业务服务的多种组合与复杂交互方式,其涉及的服务多为异构、跨领域、IT 服务与人工服务相混合的形式,Web 服务所适用的基于流程的 QoS 聚合算法<sup>[6]</sup>不再完全适用于 MIM4BS 模型。为实

现跨领域服务质量的聚集与分析,首先提出如下业务 QoS 集成原则:

**原则 1** 由于不同领域之间的行业质量标准不同,对服务组合的质量必须根据不同领域进行区别性评价。

原则 2 支持流程型或非流程型等不同形态集成方式下的质量指标的聚集。

原则 3 合理公平地描述服务各参与方的贡献及影响。

算法 1 为 MIM4BS 模型的跨领域、多模式服务组合质量汇聚算法 (Domain aware Multi-patterns Business Services Selection, DMBS)。

算法 1 跨领域业务服务质量集成算法 DMBS。

输入:服务组合 SC。

输出:服务质量列表  $H\langle \text{Domain}, \text{Attribute}, Q \rangle$  (分别为领域,指标,服务质量)。

1. 初始化:服务质量列表  $H = \text{NULL}$ , 节点变量  $\text{SN} = \text{SC}$ , 迭代信息堆栈  $\text{ST} = \text{NULL}$ , 领域属性列表  $V\langle \text{SC}, \text{Domain}, \text{Attribute}, Q \rangle = \text{NULL}$ ,  $V1 = \text{NULL}$ ;

```

2. for each  $S_i$  in  $\text{SN}. \text{coreServiceFlow}$  {
3.   if( $S_i. \text{type} = \text{Composition}$ ) //若为服务组合嵌套
4.     { $\text{PUSH}(\text{SN}, \text{ST})$  //当前服务组合信息存入堆栈
5.      $\text{SN} = S_i$ ;
6.     Goto 2;}
7.   else
8.      $V1 = \text{FlowIntg}(V1, \text{SN}. \text{coreServiceFlow}. S_i)$ ; //

```

对服务核心流程进行质量集成 }

```

9. for each  $S_j$  in  $\text{SN}. \text{SptService}$ {
10.    $V1 = \text{SptIntg}(V1, \text{SN}. \text{SptService}. S_j)$ ; //对支持性
    服务的影响因素进行集成 }
11.  $V. \text{add}(V1)$ ;
12.  $\text{SN} = \text{POP}(\text{ST})$ ;
13. if( $\text{SN} \neq \text{NULL}$ ) {
14.    $V1. \text{clear}()$ ;
15.   Goto 2; }
16. else
17.    $H = \text{CompIntg}(V)$ ;
18. return  $H\langle \text{Domain}, \text{Attribute}, Q \rangle$ 

```

其中的关键算法步骤包括面向流程的质量集成、兼顾服务协作方的质量集成、领域质量更新三个子模块,下面给出计算方法的详细描述。

(1)面向流程的质量集成 FlowIntg

在处理服务流程时,常采用化简、合并等方式进行预处理,如关键路径法<sup>[6]</sup>、可行路径拆分法<sup>[28]</sup>等。由于业务服务最常见的逻辑为顺序流程,对于服务消费者来说,大量的服务备选方案即为一系列服务流程的实例,因此本文参照 Yu<sup>[28]</sup>的处理方法,即以顺序流程为主要流程模型,将选择、循环、并行等模型简化、转换为顺序模型。

由于领域不同,需由行业专家对服务的属性指标、取值范围、聚合方式等给出具体定义。根据 3.1 节的示例,给出部分领域的质量属性集成算法示例,如表 4 所示。

表 4 基于领域的 QoBS 集成示例

| 业务领域   | 属性维度                   | QoBS 集成公式                                 |
|--------|------------------------|---|
| Web 服务 | 反馈时间、价格                | $Q(sc) = \sum_{i=1}^N q(s_i)$             |
|        | 可用性、可靠性                | $Q(sc) = \prod_{i=1}^N q(s_i)$            |
| 酒店服务   | 性价比                    | $Q(sc) = \prod_{i=1}^N q(s_i)$            |
|        | 干净程度, 房间设施, 客服水平       | $Q(sc) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q(s_i)$ |
| 航班服务   | 历史准点率, 预计准点率           | $Q(sc) = \prod_{i=1}^N q(s_i)$            |
|        | 换飞机指数, 进出港 机场流量, 舒适度评级 | $Q(sc) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q(s_i)$ |

由于基于顺序流程的 QoS 的集成方式多为加和、乘积的形式,为简化模型,将 QoBS 集成公式统一表示为

$$Q_{Dm, Atb}(sc) = \sum_{i=1}^N \omega_{Dm, Atb}(s_i) \cdot q_{Dm, Atb}(s_i) \quad (1)$$

式中:  $\omega_{Dm, Atb}(s_i)$  表示在领域  $Dm$  和指标维度  $Atb$  下服务个体  $s_i$  的权重,根据领域知识分别进行定义,如  $\omega_{\text{WebAPI}, \text{time}}(s_i) = 1$ ,  $\omega_{\text{hotel}, \text{ranking}}(s_i) = \frac{1}{N}$ ,也可用基于信息增益的机器学习方法<sup>[27]</sup>确定服务在该流程相关领域中的权重因子。

若由专家定义的某项质量指标的集成方式为乘积,则先进行对数运算映射  $q' = \ln q$ ,随后代入式 (1) 进行集成运算。

流程集成算法如下:

算法 2 核心服务流程质量集成  $\text{FlowIntg}(V1, \text{SN}. \text{coreServiceFlow}. S_i)$ 。

输入:质量指标集  $V1$  及服务个体质量指标  $q(SN. \text{coreServiceFlow}. S_i) \langle \text{domain}, \text{attribute}, \text{qos} \rangle$ 。

输出:流程质量指标  $V1\langle \text{SC}, \text{Domain}, \text{Attribute}, Q \rangle$

```

1. for each  $Dm$  in  $q(s_i). \text{domain}$ {
2.   for each  $Atb$  in  $q(s_i). \text{attribute}$ {
3.     if( $V1[Dm, Atb]. Q \neq \text{NULL}$ )
4.        $V1[Dm, Atb]. Q += \omega_{Dm, Atb}(s_i) \cdot q(S_i)$ 

```

```
[Dm, Atb]. qos;
5.     else
6.         V1[Dm, Atb]. Q = wDm, Atb(si) · q(Si)[Dm,
Atb]. qos; }
7.     return V1(SN, Domain, Attribute, Q)
```

算法 2 表示的操作即为针对领域和维度进行 QoBS 取值的更新,在流程涉及的所有领域进行运算。将 QoBS 的指标维度分为两类:①正向指标,其集合记为  $U_{Atb}^+$ ,其取值越大性能越佳;②负向指标,其集合记为  $U_{Atb}^-$ ,其取值越小则意味着性能越佳。

(2)支持性服务协作的质量集成 *SptIntg*

3.1 节阐述了不同服务协作参与方对服务组合的关键属性,本节给出服务协作方对 QoBS 的影响因子的定义。

定义 7 支持性影响因子 *SIF* 用以描述辅助增值服务对服务组合或个体的影响程度,记作  $SIF(sptS) = \{(sc/s, \{cond\}, \{domain\}, \{attribute\}, factor)\}$ ,即表示支持性服务对于服务组合 *sc* 或组合中的个体 *s*,在预定义的一系列场景状态 *cond* 下,在相应领域及指标维度上的影响。

缺省情况下,若  $sc/s = sc, \{cond\} = U_{cond}, domain = U_{Dm}, attribute = U_{Atb}^+$ ,则将支持性影响因子简记为  $SIF(sptS) = factor$ ,即面向所有领域正向维度指标的影响。

支持性影响因子既可以对特定的领域及维度的指标产生影响,也可以对全局性的 QoBS 产生影响,协作方角色典型的作用因子如表 5 所示。

表 5 协作方支持性影响因子示例

| 服务角色        | 关键属性                 | SIF  |
|-------------|----------------------|--|
| 服务编制者 SA    | 信誉度 $Rpt(sa_i)$      | $Rpt(sa_i)$  |
| 服务中介平台 SBP  | 信誉度 $Rpt(sbp_i)$     | $Rpt(sbp_i)$   |
| 服务托管方 SH    | 可靠性 $R(sh_i)$        | $(sc, U_{cond}, U_{Dm}, reliability, R(sh_i))$                                     |
| 服务渠道运营方 SCM | 平均等待时长 $T_w(sc_m_i)$ | $(sc, U_{cond}, webAPI, responsetime, \beta^{-T_w(sc_m_i)}, \beta > 1)$            |
| 服务入口运营商 SEO | 安全性 $S(seo_i)$       | $(sc, U_{cond}, U_{Dm}, reputation, \frac{1}{1 + \alpha^{S(seo_i)}}), \alpha > 1)$ |
| 服务担保方 OSO   | 担保率 $CR(oso_i)$      | $(sc, fail, U_{Dm}, price, 1 - CR(oso_i))$   |

其余影响因子可根据扩展定义的服务角色分析求取。其中,支持性影响因子 *SIF* 的取值和 *factor* 的取值可根据实际服务交付中的反馈结果进行更新,

$$SIF(sptS_i). factor_t = (t-1, t] \text{时间范围内的统计结果}$$

$$f'_t = \frac{\overline{Q}_{Dm, Atb}(sc_j) | sc_j.state \in \{cond\} \wedge sptS_i \in sc_j \wedge t_{sc_j} \in (t-1, t]}{\overline{Q}_{Dm, Atb}(sc_l) | sc_l.csf = sc_j.csf \wedge sc_l.state \in \{cond\} \wedge sptS_i \notin sc_l} \quad (3)$$

于是,支持性服务协作的质量集成方法如算法 3 所示。

算法 3 支持性服务协作的质量集成  $V1 = SptIntg(V1, SN, SptService, S_j)$ .

输入:质量指标列表 *V1* 及服务个体质量指标  $SIF(S_j) = \{SN, \{cond\}, domain, attribute, factor\}$ 。

输出:流程质量指标  $V1 \langle SC, Domain, Attribute, Q \rangle$ 。

```
1. for each Dm in SIF(Sj). domain{
2.     for each Atb in SIF(Sj). attribute{
3.         V1[Dm, Atb]. Q = Q · factor · p{cond}1-w(Sj) +
Q · (1-p{cond}1-w(Sj)); }
```

$$\begin{cases} f_0, & t = 0; \\ (1 - \omega_f) \cdot factor_{t-1} + \omega_f \cdot f'_t, & t \geq 1. \end{cases} \quad (2)$$

式中参数  $\omega_f \in [0, 1]$  用以控制统计结果的更新速度。

```
4. return V1(SN, Domain, Attribute, Q)
```

该方法是将服务协作方的作用施加于服务组合的 QoBS 取值上,并根据场景状态  $\{cond\}$  的概率求取值的期望,用  $w(S_j) \in [-1, 1]$  表示用户对支持性服务方的重视程度,  $w(S_j) = -1$  表示用户不关心此类状况的出现,  $w(S_j) = 0$  意味着用户对此类场景持客观态度,  $w(S_j)$  越接近 1 表示用户越关心协作方的作用,从而对其影响进行了扩大。

(3)服务组合领域质量汇聚 *CompIntg*

对面向流程的质量集成与支持性服务协作方的质量集成进行运算之后,得到当前服务组合的一系列领域质量指标,记为  $V \langle SC, Domain, Attribute, Q \rangle$ ,若为单层次服务组合,即组合的核心流程



均由服务个体组成,则  $V$  即为服务组合  $SC$  的领域服务质量 QoBS 列表;若为多层服务组合,则在进行上两步运算后需要根据领域  $Dm$  和指标维度  $Atb$  采用加权的形式再次汇聚 QoBS 指标,如算法 4 所示。

**算法 4** 支持性服务协作的质量集成  $H = CompIntg(V)$ 。

输入:质量指标列表  $V \langle SN, Domain, Attribute, Q \rangle$ 。

输出:服务组合的各领域质量指标列表  $H \langle Domain, Attribute, Q \rangle$ 。

1. for each  $Dm$  in  $V$ . domain {
2.     for each  $Atb$  in  $V$ . attribute{
3.          $H [Dm, Atb]. Q + = w_{d=Dm, a=Atb} (sc_k) \cdot Q_{d=Dm, a=Atb} (sc_k);$  }
4. return  $H \langle Domain, Attribute, Q \rangle$

其中权重  $w_{Dm, Atb} (sc_k)$  由用户对大粒度服务组合  $sc_k$  的重视程度确定,该数据可由用户的历史选择记录进行机器学习得来。经过算法 4 所表示的大粒度服务组合的质量汇聚,可以得到在每个领域及维度质量指标上的服务质量数据。

以上介绍了 MIM4BS 模型的跨领域 QoBS 指标集成算法 DMBS,通过基于模型对服务组合多模式协作、多参与方支持进行分析,可以获取服务组合涉及的领域、维度及服务质量的相关信息,不仅为用户服务选择提供了数据上的决策支持,也为评价服务组合提升了定制化的可能。随着服务组合化交付的涌现,部分服务平台为服务评价提供了多维度的反馈结构,如淘宝网区分了对商品特征、商家服务态度等的评价,京东网也对商品和快递评分做出了区别对待,然而初步的区分只能表达常见的固定模式,如电商服务的情况,无法支持复杂协作模式的信誉维度定制评价结构,而基于 MIM4BS 模型的 QoBS 集成算法能够在自适应定制评价维度、提升评价表达精确度、进一步增强服务质量真实性与可信度等方面做出一定的贡献。

#### 4 实验与分析

考虑用户选择旅行方案的场景,设定用户访问在线旅行产品预订服务平台  $P_i$ ,通过在线浏览旅行社  $SA_j$  提供的方案,浏览产品方案中的航空公司  $al_k$ 、宾馆  $ht_l$ 、景区运营商  $ss_m$  提供的服务,下单、支付并确认订单,随后该旅行社进行实际业务服务方案的交付,用户将完成所预订的一系列活动,

将其在第  $t$  天消费航班、宾馆与观光服务分别记作  $als_{k_t}$ ,  $hts_{l_t}$  和  $sss_{m_t}$ ,以上服务组合的基本模型如图 3 所示。

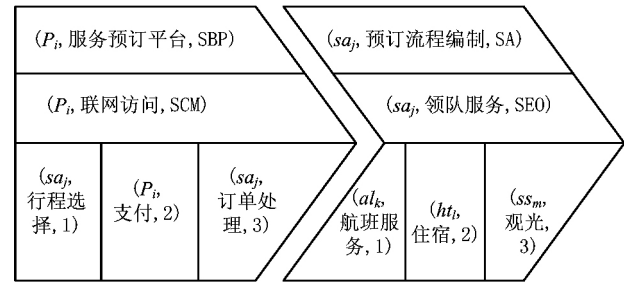


图3 业务服务算例模型

根据领域分析,服务组合涉及的领域及质量属性如表 6 所示,该示例简化了部分 QoBS 属性维度信息。

表 6 算例涉及的领域

| 服务提供者  | 业务领域   | QoBS 属性维度            |
|--------|--------|----------------------|
| $P_i$  | Web 服务 | { 响应时间, 费用, 信誉 }     |
| $SA_j$ |        |                      |
| $al_k$ | 航班服务   | { 航班评级, 准点率, 餐食情况 }  |
| $ht_l$ | 酒店服务   | { 酒店星级, 干净程度, 房间设施 } |
| $ss_m$ | 观光服务   | { 景区评级, 客服水平, 性价比 }  |

根据角色分析, QoBSA 的质量维度如表 7 所示,其余参数设定如表 8 所示。

表 7 算例基于角色的质量

| 服务提供者  | 服务角色       | QoBS 属性作用因子   |
|--------|------------|---|
| $P_i$  | 服务中介平台 SBP | $f = Rpt(sbp_i)$  |
|        | 服务渠道运营 SCM | $(sc, U_{cond}, webAPI, response\ time, \beta^{-T_w(sc_m)}, \beta > 1)$     |
| $SA_j$ | 服务编制者 SA   | $f = Rpt(sa_j)$   |
|        | 服务入口运营 SEO | $(sc, U_{cond}, U_{Dm}, reputation, 1/(1 + \alpha^{S(seo_i)}), \alpha > 1)$ |

表 8 算例参数设置

| 参数  | $i$    | $j$      | $k, l, m$ | $\alpha$ | $\beta$ | $Rpt()$         | $q()$     |
|-----|--------|----------|-----------|----------|---------|-----------------|-----------|
| 设定值 | [1, 4] | [1, 100] | [1, 200]  | 2        | 1.3     | $N(0, 6, 0.01)$ | $U(0, 1)$ |

由上述条件,可基于 MIM4BS 模型,用 DMBS 方法求取每个服务组合实例的 QoBS 指标,从而根据用户的需求为其推荐合适的旅行方案。为检测对不同用户的适用性,将用户类型分为如表 9 所示的 4 种。

表 9 算例中的用户类型

| 用户类别  | 特征                  | 偏好权重   |
|-------|---------------------|--|
| $U_1$ | 重视在线服务质量            | $w_{Dm=Web}(s_i) = high$                                 |
| $U_2$ | 关注旅行社服务的口碑          | $w_{Attr=rep}(SA_i) = high$                              |
| $U_3$ | 重视各旅游景点、航班、酒店的评级    | $w_{Dm=hotel,airline,sightseeing,Attr=star}(s_i) = high$ |
| $U_4$ | 关注旅行预订平台信誉,注重旅行住宿条件 | $w(Rpt(SBP_i)) = high,$<br>$w_{Dm=Hotel}(s_i) = high$    |

表 9 中,权重的高、中、低分别对应的取值范围为 $[0.7, 1]$ ,  $(0.3, 0.7)$ ,  $[0, 0.3]$ 。除了设定的特殊领域、维度或角色的权重以外,其余权重为随机生成,以确保同一层次指标加权时的权重之和为 1。

作为对比,参与实验的服务质量指标模型包括:

(1)QBWS<sup>[7]</sup>,属于传统 Web 服务汇聚方法,即不考虑领域及角色的信息,只对 Web 服务的相关指标进行集成。

(2)TACS(trust-aware composite service selection)<sup>[29]</sup>,Web 性能方面考虑时间、成本指标,业务服务属性只考虑信誉指标。

(3)DAWS(domain-adaptive Web service selection)<sup>[27]</sup>,综合考虑 Web 性能与业务性能,用评价因子概念树进行加权求和,只针对服务个体,忽略其余服务协作方的影响。

(4)DMBS,即本文提出的基于 MIM4BS 服务组合模型的质量集成算法,该方法综合考虑了领域特性、协作方的影响因素。

按照实验参数设置生成一系列服务个体、平台及编制者等角色,并组合为旅行方案,其中服务协作方角色的影响通过对其概率意义上的仿真实现,如服务中介平台与服务编制者的信誉、服务渠道的可用性、服务入口运营的安全性均表示用户感受质量达到服务宣称质量的概率。每次随机选择 10 个方案样本,根据 QBWS, TACS, DAWS 和 DMBS 方法计算组合方案服务质量,根据 4 类不同用户的偏好规则进行选择,生成选择结果样本集,完成 50 组实验并基于人工神经网络算法进行训练,在随后随机选择的方案中预测用户的选择,若所选方案符合用户决策的结果,则记为优选成功。每组预测实验进行 100 次,最后统计预测准确度。

基于 MATLAB 进行仿真的结果如表 10 和图 4 所示。

表 10 算例结果

| 用户类别  | 服务推荐准确度 |      |      |      | /% |
|-------|---------|------|------|------|----|
|       | QBWS    | TACS | DAWS | DMBS |    |
| $U_1$ | 65      | 64   | 60   | 79   |    |
| $U_2$ | 61      | 67   | —    | 80   |    |
| $U_3$ | —       | —    | 63   | 84   |    |
| $U_4$ | —       | —    | —    | 81   |    |

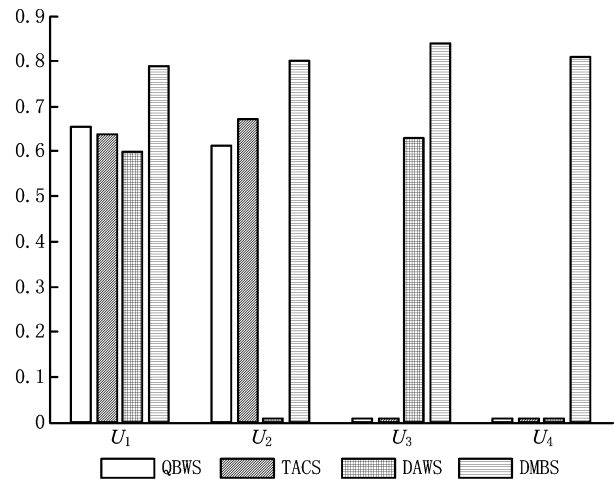


图 4 算法对比结果

表 10 中“—”表示该模型因未提供相关指标计算方法而无法支持用户进行符合其偏好的选择,例如 QBWS 模型由于缺乏业务服务信息,无法满足  $U_3$  和  $U_4$  类用户对业务服务领域的偏好性选择需求。由此可见,对于第一类用户,4 种模型均包括其关注的 Web 服务的指标,因此均可达到较好的预测效果;第二类用户比较看重旅行社的口碑,但 DAWS 在分析业务属性时,无法确定旅行社服务所起到的作用;第三类用户更加关注旅游服务个体的领域属性,只有 DAWS 与 DMBS 两种模型包含了服务领域的相关信息;因此 QBWS 和 TACS 无法支持此类用户的服务选择;第四类用户对角色影响及领域属性均有要求,因为前三种模型缺乏此类信息,所以无法支持用户做出选择,而 DMBS 模型的维度信息全面,可以支持用户做出选择。从整体上来看,DMBS 模型的预测效果优于其余三种方法,是因为其将中介平台、服务编制者等关键角色对服务交付质量的影响进行了综合考虑,所以预测时,在同等条件下更倾向于推荐协同方表现更好、更有可能实现宣称质量的服务组合,从而能够以更大概率满足用户的需求。综合来看,本文提出的基于 MIM4BS 模型的质量集成方法对多类用户的需求均有

较好的适用性。

## 5 结束语

在服务网络的支持下,服务个体之间的协作越来越频繁,服务个体被广泛调用、编排为服务组合交付方案供消费者选择,以满足用户对各个领域复杂业务功能的需要。为合理表达各服务个体对整体方案的影响,兼容不同类型参与者的交互方式,本文提出支持多模式协作的业务服务集成模型 MIM4BS,并在此基础上提出跨领域质量集成算法 DMBS。经仿真分析表明,本文所提方法可以较好地适用于多种用户需求下的服务推荐与选择。

## 参考文献:

- [1] DOJCHINOVSKI M, KUCHAR J, VITVAR T, et al. Personalised graph-based selection of Web APIs[C]//Proceedings of the Semantic Web—ISWC 2012. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2012; 34-48.
- [2] LIU Weining, LIU Bo, SUN Dihua. Study on multi-task oriented service composition in cloud manufacturing[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(1): 199-209 (in Chinese). [刘卫宁, 刘 波, 孙棣华. 面向多任务的制造云服务组合研究[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(1): 199-209.]
- [3] LUO He, SUN Jinbo, HU Xiaoxuan, et al. Resource Allocation model for multi-sources information service in cloud business[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(10): 2644-2651 (in Chinese). [罗 贺, 孙锦波, 胡笑旋, 等. 云商务环境下的多源信息服务资源分配模型[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(10): 2644-2651.]
- [4] OBERLE D, BARROS A, KYLAU U, et al. A unified description language for human to automated services[J]. Information Systems, 2012, 38(1): 155-181.
- [5] PAPA ZOGLOU M P, TRAVERSO P, DUSTDAR S, et al. Service-oriented computing: state of the art and research challenges[J]. Computer, 2007, 40(11): 38-45.
- [6] ZENG L Z, 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.
- [7] HUANG A F M, LAN C W, YANG S J H. An optimal QoS-based Web service selection scheme[J]. Information Systems, 2009, 179(19): 3309-3322.
- [8] LI S F, FAN Y S, LI X T. A trust-based approach to selection of business services[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2011, 24(8): 769-784.
- [9] CAMBRONERO M E, DIAZ G, MARTINEZ E, et al. A comparative study between WSCI, WS-CDL, and OWL-S[C]//Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on e-Business Engineering. Washington, D. C., USA: IEEE, 2009; 377-382.
- [10] VON RIEGEN M, HUSEMANN M, FINK S, et al. Rule-based coordination of distributed Web service transactions [J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2010, 3(1): 60-72.
- [11] DECKER G, KOPP O, BARROS A. An introduction to service choreographies[J]. Information Technology, 2008, 50(2): 122-127.
- [12] DECKER G, DECKER G, KOPP O, et al. BPEL4Chor: extending BPEL for modeling choreographies[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services. Washington, D. C., USA: IEEE, 2007; 296-303.
- [13] GANU G, KAKODKAR Y, MARIAN A. Improving the quality of predictions using textual information in online user reviews[J]. Information Systems, 2012, 38(1): 1-15.
- [14] SUN H F, CHEN J L, YU G, et al. JacUOD: a new similarity measurement for collaborative filtering [J]. Journal of Computer Science & Technology, 2012, 27(6): 1252-1260.
- [15] LI P, WEN J, LI X. SNTClus: a novel service clustering algorithm based on network analysis and service tags [J]. Przegląd Elektrotechniczny, 2013, 89(1b): 208-210.
- [16] SUFEN L, YUSHUN F. Research on the service-oriented business ecosystem [EB/OL]. [2014-09-06]. <http://www.simflow.net/Publications/Papers/Year2011/LSF-1101.pdf>.
- [17] WANG Weiran, FAN Yushun. Extensible integrated business service model[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2011, 51(3): 298-303 (in Chinese). [王伟然, 范玉顺. 可扩展的集成化业务服务模型[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2011, 51(3): 298-303.]
- [18] BARROS A, KYLAU U. Service delivery framework—an architectural strategy for next-generation service delivery in business Network[C]//Proceedings of the 2011 Annual SRII Global Conference. Washington, D. C., USA: IEEE Computer Society, 2011; 47-58.
- [19] Tan Wei, Zhang Jia, Madduri R, et al. ServiceMap: Providing Map and GPS assistance to service composition in bioinformatics[C]//Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Services Computing (SCC). Washington, D. C., USA: IEEE, 2011; 632-639.
- [20] Xia Bofei, Fan Yushun, Wu Cheng, et al. Domain-aware service recommendation for service composition[C]//Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Web Services (ICWS). Washington, D. C., USA: IEEE, 2014; 439-446.
- [21] MICHAEL M E P. Competitive advantage[M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 2005 (in Chinese). [迈克尔·波特. 竞争优势[M]. 北京: 华夏出版社, 2005.]
- [22] FENG L, CHUNHUA T, RONGZENG C, et al. Value network model for service ecosystem in business environment [C]//Proceedings of Network Operations and Management Symposium. Washington, D. C., USA: IEEE, 2008; 955-958.
- [23] WANG Zhongjie, XU Xiaofei. Multi-level graphical service

- value modeling method[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(12): 2319-2327 (in Chinese). [王忠杰, 徐晓飞. 多层次图形化服务价值建模方法[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(12): 2319-2327.]
- [24] MA C, WANG Z, XU X, et al. Measuring service value based on service semantics[J]. Journal of Service Science and Management, 2013, 6(1): 56-68.
- [25] SHEN Limin, CHEN Zhen, LI Feng. Service selection approach considering the uncertainty of QoS data[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(10): 2652-2663 (in Chinese). [申利民, 陈真, 李峰. 一种考虑 QoS 数据不确定性的服务选取方法[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(10): 2652-2663.]
- [26] LI Huifang, SONG Changgang, DONG Xun, et al. QoS-based optimal selection approach for cloud service composition in manufacturing[J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2014, 34(2): 171-175 (in Chinese). [李慧芳, 宋长刚, 董训, 等. 考虑物流服务的云服务组合 QoS 评价方法研究[J]. 北京理工大学学报, 2014, 34(2): 171-175.]
- [27] YANG Wenjun, LI Juanzi, WANG Kehong. Domain-adaptive service evaluation model[J]. Chinese Journal of Computers, 2005, 28(4): 514-523 (in Chinese). [杨文军, 李娟子, 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.]
- [28] YU T, LIN K J. Service selection algorithms for composing complex services with multiple QoS constraints[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3826: 130-143. DOI: 10.1007/11596141\_11.
- [29] WANG Yong, DAI Guiping, HOU Yarong. Dynamic methods of trust-aware composite service selection[J]. Chinese Journal of Computers, 2009, 32(8): 1668-1675 (in Chinese). [王勇, 代桂平, 侯亚荣. 信任感知的组合服务动态选择方法[J]. 计算机学报, 2009, 32(8): 1668-1675.]

#### 作者简介:

辛乐(1987—),女,河北邢台人,博士研究生,研究方向:服务网络、信誉模型、服务质量, E-mail: xin-l09@mails.tsinghua.edu.cn;  
 范玉顺(1962—),男,江苏扬州人,教授,博士,博士生导师,研究方向:企业信息化战略管理、服务科学、企业建模与系统集成、 workflow 管理等,通信作者, E-mail: fanyus@tsinghua.edu.cn.

### 《计算机集成制造系统》荣获 2015 中国国际影响力优秀学术期刊

2015 年 12 月 18 日,中国学术期刊(光盘版)电子杂志社发布了“2015 中国国际影响力优秀学术期刊”名单,《计算机集成制造系统》榜上有名。遴选依据是期刊的国际影响力指标,即国际他引总被引频次和国际他引影响因子。在 3500 多种自然科学技术期刊中,只有前 5%~10%的期刊获此殊荣,表明《计算机集成制造系统》期刊已经成为具有相当国际影响力的品牌期刊。