

一种 SaaS 模式下的服务社区模型及其 在全国科技信息服务网中的应用

王卓昊^{1),3)} 赵卓峰²⁾ 房俊²⁾ 王希诚¹⁾

¹⁾(大连理工大学计算机科学与技术学院 辽宁 大连 116023)

²⁾(中国科学院计算技术研究所 北京 100190)

³⁾(科学技术部信息中心 北京 100862)

摘 要 如何从服务的提供、运营和使用等多个维度有效组织和管理服务是软件即服务(SaaS)模式下面临的一个重要挑战. 以支持服务发现为主要目标的传统服务管理方法难以适应 SaaS 模式下服务的动态有界、关联演化和可控可测等特征及满足服务全生命周期管控的需求. 该文结合全国科技信息服务网实际应用, 探索了一种支持科技信息资源整合共享与综合利用的“双向”SaaS 模式, 并提出一种适于该模式下服务管理的服务社区模型. 服务社区模型支持服务元建模和业务规范及服务管控策略自定义, 可以使能面向特定业务领域的有界化和有序化服务管理. 文中还针对服务管理边界的演化需求讨论了该模型下的服务社区派生机制. 最后, 以全国科技信息服务网中的科技信息服务运营管理为具体案例, 展示并讨论了服务社区模型的使用方法、应用效果和适用范围.

关键词 软件即服务; 服务管理; 服务社区; 服务运营; 服务生命周期

中图法分类号 TP311 **DOI 号**: 10.3724/SP.J.1016.2010.02033

A SaaS-Friendly Service Community Model and Its Application in the Nationwide Service Network for Sharing Science and Technology Information

WANG Zhuo-Hao^{1),3)} ZHAO Zhuo-Feng²⁾ FANG Jun²⁾ WANG Xi-Cheng¹⁾

¹⁾(College of Computer Science and Technology, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116023)

²⁾(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

³⁾(Information Center, Ministry of Science and Technology, Beijing 100862)

Abstract How to organize and manage services from the different dimensions of service provision, operation and usage is a big challenge in SaaS(Software as a Service) mode. Traditional service management methods in Web services research domain, which focus on service discovery and service selection, can not satisfy the management requirements of dynamic partitioning, evolving, monitoring and controlling during the whole service lifecycle. This paper proposes a service community model for a bilateral SaaS mode which is abstracted from a real project of the nationwide service network for sharing science and technology information. The service community model can be used to enable business-oriented service management in an ordered, bordered and controlled way through service meta-modeling and self-configuration of business criterion and service monitoring policy. A generating mechanism for the evolution of service community is also discussed. Finally, the paper gives a case study which shows the usage and practicability of the service community model.

Keywords software as a service; service management; service community; service operation; service lifecycle

收稿日期:2010-06-08;最终修改稿收到日期:2010-08-31. 本课题得到国家科技基础条件平台项目基金(2005DKA64200)、国家自然科学基金(60903137)和国家“八六三”高技术研究发展计划项目基金(2009AA01Z141)资助. 王卓昊,男,1977年生,博士研究生,主要研究方向为服务计算、互联网信息服务等. E-mail: wangzhuohao@gmail.com. 赵卓峰(通信作者),男,1977年生,博士,助理研究员,主要研究方向为服务计算、服务工程等. E-mail: zhaozf@software.ict.ac.cn. 房俊,男,1976年生,博士,助理研究员,主要研究方向为服务计算、服务工程等. 王希诚,男,1946年生,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为网格计算、并行计算等.

1 引言

软件即服务(Software as a Service, SaaS)是一种基于互联网服务形式的软件交付和提供模式, 其将通用软件功能推到基础设施层面并在其上实现各种业务软件功能, 由第三方运营商负责提供并运维, 支持用户以“使用而不拥有”的方式消费和利用^①. 从应用形式来看, SaaS 模式的主要特征在于软件服务的托管和基于互联网的提供, 它代表了未来软件发展的一个方向. SaaS 及其背后所蕴含的软件服务化的目标是以低成本的托管方式使更多的软件(特别是封装现实世界业务及资源的软件)以互联网服务的形式对外提供, 从而优化软件服务的生产和消费商业模式, 促进服务环境的形成. 基于此目标, 在经历了 CRM、ERP、OA 等单一类型传统软件的 SaaS 化初期建设之后, SaaS 正逐渐进入一个以支持更多的软件服务生产和提供为重点的平台化发展阶段, 这也将催生更多基于互联网的新型服务, Salesforce 的 Force.com^②、Google 的 GAE^③ 以及阿里的软件互联平台^④等 SaaS 平台的兴起正体现了这一趋势. 针对 SaaS 的这种平台化发展趋势及该趋势下所产生的大量、异质服务, 迫切需要一套能够支撑服务的开放式生成、托管、运营和使用的基础设施, 如何对 SaaS 模式下产生的服务进行有效管理就成为其中的一个关键问题.

为了支持服务托管和运营, 要求将动态、无序、无组织的服务变为有界化、有序化和可管可控的服务集合, 即能够根据不同行业或业务领域的需求从可接受的服务对象的范围、管理规范和控制策略等角度来确定服务管理的边界, 从而保证 SaaS 模式下服务的可管理性. 传统服务计算领域的服务管理模型和方法^[1-2], 主要针对通用的、技术层面的 Web 服务, 以服务注册、语义标注、QoS 信息管理等形式来进行服务管理, 并主要用来解决服务计算中的服务发现及服务动态选取等问题, 难以满足上述 SaaS 模式下的灵活界定服务管理边界和支持服务全生命周期管控的要求.

本文对上述问题的研究来源于一个实际的应用项目——全国科技信息服务网. 服务社区模型作为本文求解该应用背景中服务管理问题的一种手段, 旨在指导面向第三方运营的服务逻辑容器(即服务社区)的建立, 实现有界化、有序化和可管可控的服务管理. 该模型通过提供可扩展定制的服务模型来

实现对特定领域服务的一体化描述与组织, 通过基于规则的服务管控策略支持服务全生命周期管控, 并通过该模型下服务社区的派生机制来应对服务管理边界动态调整的需求.

本文第 2 节基于全国科技信息服务网项目背景阐述双向 SaaS 模式和该模式下服务管理的关键问题; 第 3 节介绍服务社区模型的定义及服务社区派生机制; 第 4 节给出并讨论服务社区模型在全国科技信息服务网服务运营管理中的实现与应用; 第 5 节讨论服务管理的相关研究工作; 第 6 节给出全文的结论.

2 背景与问题

2.1 应用背景

全国科技信息服务网是一个基于互联网整合分散的科技信息资源和提供丰富的科技信息服务为目标的国家科技基础条件平台项目. 如图 1 所示, 全国科技信息服务网组织体系由国家科技信息资源中心、20 个省级科技信息服务节点和数百家基层科技机构(科研院所、县市科技服务站、农技推广机构、科技中介、专业协会等)三层组织机构构成, 并主要包含两类用户, 一类建设并提供各类基础的科技信息资源服务, 包括科技信息资源数据的收集、存储、检索和提供; 另一类面向各种需求并综合利用已有科技信息资源开发并提供增值型的科技信息资源应用服务. 针对该项目中存在的科技信息资源整合共享和综合利用这一传统并仍具有典型性的信息集成问题, 我们采用了如图 2 所示的“双向”SaaS 模式. 所谓的“双向”SaaS 模式是一种通过统一的平台为信息集成中涉及的信息提供和信息消费两类租户提供一体化的软件服务的模式. 这里提供的一体化软件服务包括信息资源存储与管理与信息应用开发与部署运行. 在全国科技信息服务网中, 即为科技信息资源提供单位和科技信息应用开发单位提供一体化的科技信息服务运营平台, 满足科技信息资源服务和科技信息应用服务的接入、开发、运行、管控和计量等需求, 从而一方面支持科技信息资源提供单位方便地将其拥有的科技信息资源以服务形式对外共

① Robison S. Executive Viewpoint—The next wave: Everything as a service [EB/OL]. 2008[2009-03-23]. <http://www.hp.com/hpinfo/executeam/articles/robison/08eaas.html>

② <http://force.com>

③ <http://code.google.com/appengine/>

④ <http://www.alisoft.com/portal/index.htm>

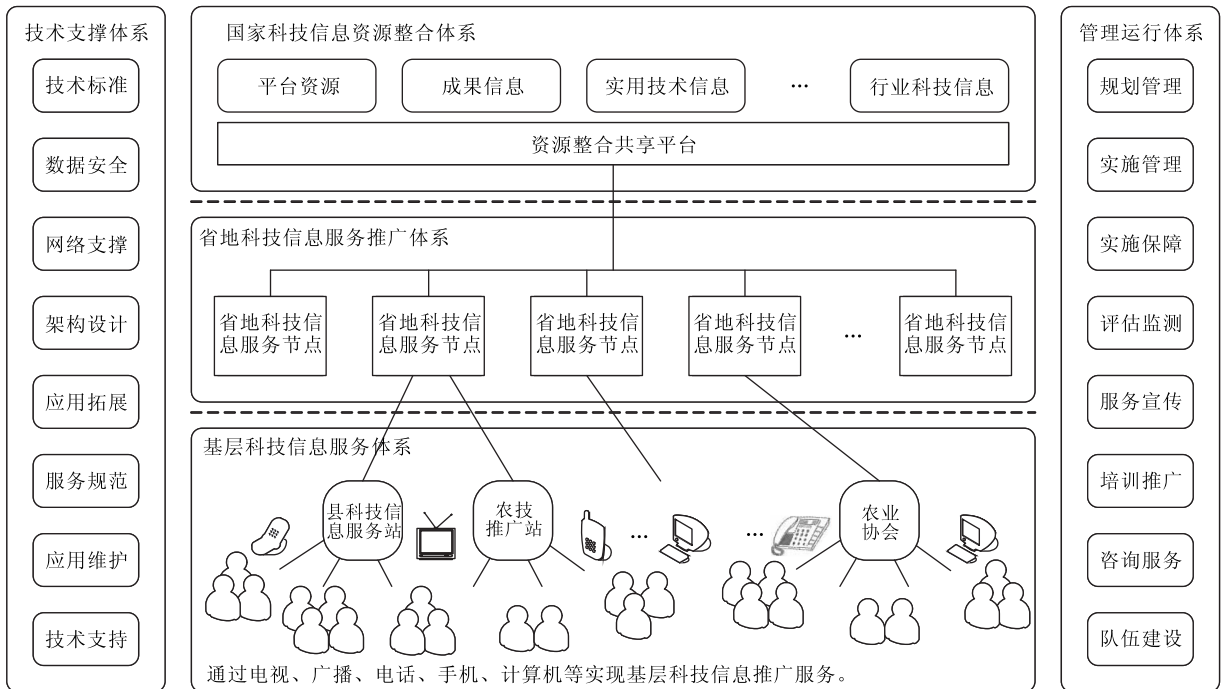


图 1 全国科技信息服务网组织体系

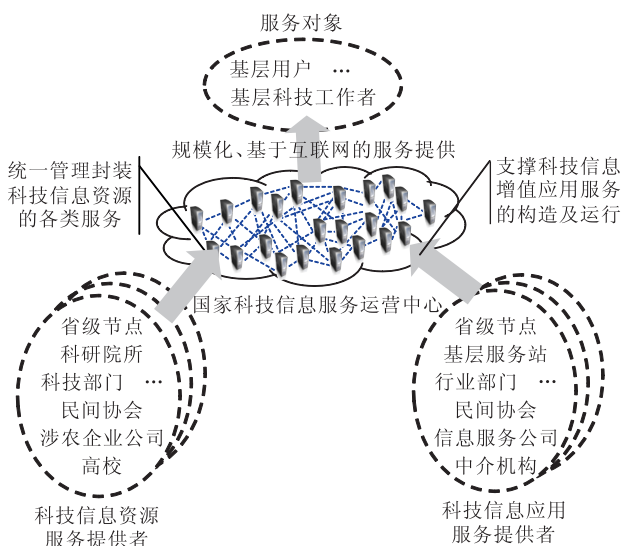


图 2 “双向”的科技信息服务 SaaS 运营模式

享,另一方面允许科技信息应用建设单位开发及提供科技信息应用服务. 国家科技信息资源中心和省级科技信息服务节点作为两个级别的平台运营者, 负责对上述两类租户及他们各自提供的资源服务和应用服务进行运营管控.

2.2 问题分析

在上述“双向”SaaS 模式下, 将产生大量的信息资源服务和信息应用服务, 从而在服务支撑环境、基础设施优化、服务组合应用构造及服务管理等方面带来诸多挑战, 本文则主要关注其中的服务管理问题. “双向”SaaS 模式下的服务管理需求相对于传统

服务计算中 Web 服务管理具有以下新特征:

(1) 有界动态. 不同于完全开放的 Web 服务环境下的动态性, SaaS 模式下产生的服务一般是在某个特定领域边界下具有动态性. 这里所说的边界可以理解为从运营角度对服务准入条件的一种定义, 是为了满足服务管理的需求而设定的. 在科技信息服务运营中, 一个自然的边界例子就是服务运营的组织管理域(即省级节点的地域管辖范围)以及在该管理域下对科技信息服务的约束, 包括服务类型和服务接入要遵循的规范.

(2) 关联演化. 在“双向”SaaS 模式下, 两类租户作为科技信息资源的生产者和消费者具有上下游的关联关系, 从而对服务提出分域管理、跨域使用的要求, 要求从服务使用维度对最初从服务提供维度划定的边界进行演化, 比如在从提供维度按照地域划分的管理边界基础上派生出从使用维度要求的面向藏区高原农业、光伏产业群、抗震救灾等不同主题使用需求的服务管理边界.

(3) 可控可测. 不同于 Web 服务的完全自治性, 运营者要求对 SaaS 模式下产生的服务具有足够的可管理性, 能够从运营角度对服务的生命周期进行一定的管控. 此外, 虽然科技信息服务运营不涉及计费问题, 但为了对各科技信息服务单位进行绩效评估, 需要掌握提供科技信息资源服务和应用服务的使用情况及使用效果, 并对它们进行客观的评测.

上述特征也体现了 SaaS 模式下从服务运营的操作性和保障角度提出的新的服务管理要求. 针对这些特征,“双向”SaaS 模式下的服务管理需要解决以下两方面关键问题:

(1) 服务管理边界的定制. 如前所述,上述 SaaS 模式下的服务管理需要明确界定服务管理的范畴(包括所管理服务的类型、服务描述及管理的规范等),为此要求能够面向不同行业或业务领域进行服务管理边界的定制,进而指导服务管理中涉及的服务注册、服务描述、服务监控和评测等工作环节. 服务管理边界的定制具体包括以下内容:

① 支持领域规范的定义. 领域规范可以看作是界定服务管理边界的一种形式,可以用来从业务角度约束接入服务的范围和格式要求. 为此,要求能够定义支持服务接入及后续的服务描述相关的业务规范,包括分类本体、业务数据 Schema 等内容.

② 可扩展的服务模型. 科技信息资源和应用的多样性要求能够对服务及其封装科技信息资源进行一体化的建模,以支持面向不同科技信息资源管理与应用需求提供特定的服务模型. 为此,需要提供可扩展的服务模型定义手段.

③ 统一的服务管控策略. 面向运营管理的特定要求,提供规范、统一的服务管控策略的定义手段,支持服务管控内容、监测手段、度量评估方法、控制方式等内容的定义,满足特定管理域下服务监测、服务评估及服务质量保障等多方面的需求.

(2) 服务管理边界的演化派生. 由于 SaaS 服务的关联演化性,服务需要从提供、运营和使用多个维度分别进行组织,从而要求在预先确定服务管理边界基础上能够面向不同的应用域进行派生,形成新的服务管理边界. 派生得到的服务管理边界可以看作是跨多个原管理边界的管理单元. 同时,由于新服务管理单元和已有服务管理单元会同时运作,从而对如何保证不同管理边界下服务管理的一致性提出了更高的要求. 为此,要求提供融合、演化等手段支持新的服务管理边界的派生,并解决由此带来的服务管理一致性问题. 在本文中,我们主要讨论服务管理边界的派生操作,对于不同管理边界下服务管理的一致性问题,将结合后续的研究结果给出.

3 服务社区

本节将针对上述“双向”SaaS 模式下服务管理的关键问题,提出服务社区概念以及相应的服务社

区模型. 服务社区是根据不同问题域的服务管理需求定制的服务组织单元,可以看作是一个由第三方建立的服务逻辑容器. 为了支持服务管理边界的定制,服务社区模型主要包含支持服务元建模、业务规范和服务管控策略定义等构成要素. 基于服务社区模型,用户可以灵活地定制包含特定服务模型、业务规范和管控策略的服务管理边界,即建立服务社区. 服务社区一方面通过自主定制服务模型、业务规范、管控策略等内容来确定服务社区的逻辑边界,实现对服务的逻辑划分;另一方面面向不同维度的服务管理需求,通过服务社区的派生操作支持服务管理边界的演化.

下面分别对服务社区模型和该模型下服务社区实例的派生操作进行介绍.

3.1 服务社区模型

如图 3 所示,服务社区模型的基本元素是服务实例,它是服务社区的管理对象. 为了界定服务社区中可以包含的服务实例的范畴,服务社区模型又包含了用于界定服务实例类型的服务模型和用作服务实例描述语义基础的业务规范;为了支持对服务实例的管控,服务社区模型中还包含用于定义服务实例管控操作和管控策略的规则集合,用来完成服务生命周期各环节中的管理活动. 此外,租户作为服务社区的主体,是服务实例的提供者,其租用统一的 SaaS 平台功能来提供各类服务.

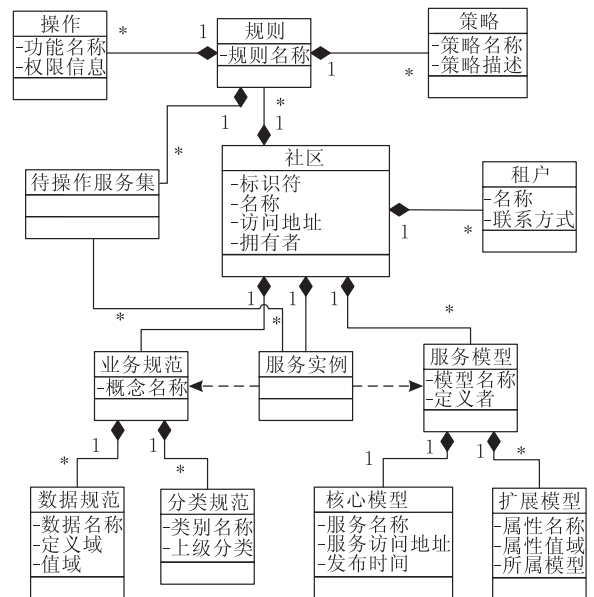


图 3 服务社区模型构成

按照上述描述,服务社区模型可以定义为一个六元组:

$$Community = (p, SM, BC, T, S, R),$$

其中:

(1) $p=(id, name, url, o)$ 是社区的基本信息, 其中 id 是社区的内部标识符, 用于唯一标识社区, $name$ 是社区名称, url 是社区访问地址, o 是社区的拥有者, 也是社区的创建者, 社区之间进行融合等互操作行为时, 往往需要社区的管理者之间达成协议.

(2) $SM=\{sm_i | i=1, 2, \dots, k\}$ 表示一个社区中包含的服务模型集合. 一个社区可以包含多个服务模型, 所有服务模型均基于公共的核心服务模型扩展定制而来. 由于本文重点关注科技信息服务运营模式下的综合集成问题以及由此带来的服务管理边界定义与变更需求, 在此不对核心服务模型及其扩展定制进行讨论, 具体内容可参见文献[3-4].

(3) $BC=\{bc | bc \in DC \vee bc \in CC\}$ 表示社区的业务规范集合, 包含用来支持服务描述及服务组织的数据规范、分类规范等内容. $DC=\{(name, type, range)_i | i=1, 2, \dots, t\}$ 是服务社区所包含的数据规范, 数据规范由若干数据标准项构成, 其中 $name$ 是数据项的名称, $type$ 是该数据项的数据类型, $range$ 是该数据项被限定的取值范围; $CC=\{cc_i | i=1, 2, \dots, n\}$ 为 n 个类别构成的分类规范, 分类规范采用 OWL 描述.

(4) $T=\{t_i | i=1, 2, \dots, l\}$ 表示社区的租户集合, 租户是服务社区中服务实例的提供者, 其通过公共的 SaaS 平台对外提供信息资源服务及信息应用服务.

(5) $S=\{s_i | i=1, 2, \dots, m\}$ 表示社区的服务实例集合, 服务实例是依赖特定的服务模型和给定的业务规范以注册方式发布到社区的服务资源, 是服务社区的基本要素以及管理的主要对象.

若用 $s_i.sm$ 表示服务实例 s_i 所依赖的服务模型, $s_i.BC$ 表示 s_i 所依赖的一组业务规范, 则有 $s_i.sm \in SM, s_i.BC \subseteq BC$.

(6) $R=\{(subS, op, po)_j | j=1, 2, \dots, m\}$ 表示社区的规则集合, 其中:

① $subS \subseteq S$, 表示施加该规则的服务集合;

② $op \in OP, OP=\{op_i | i=1, 2, \dots, r\}$ 表示服务社区中支持的服务管理操作集合, 主要包括对服务实例及租户两类对象可以施加的管理操作, 如服务实例状态的调整操作、租户的权限控制操作等;

③ $po \in PO, PO=\{po_i | i=1, 2, \dots, t\}$ 表示服务社区的管控策略集合, 包括服务监测策略、服务审核策略、服务质量评估策略、租户评价策略等.

从服务社区模型的构成可以看到, 引入的可扩

展的服务模型以及支持业务规范和管控策略的定义有助于界定服务管理的范围和能力, 满足不同问题域对服务管理的特定需求.

3.2 服务社区派生操作

服务社区是面向特定问题域基于上述模型定制的服务管理单元, 其界定了该问题域下的服务管理边界, 然而在“双向”SaaS 模式下由于涉及多类角色 (如服务组织者、服务运营者、服务使用者等), 要求能够从不同角度建立相应的服务管理单元. 为了快速、一致地建立这些服务管理单元, 需要解决如何在已建的服务社区基础上演化形成新的服务社区的问题. 为此, 我们定义服务社区的派生操作来支持这种服务管理边界的演化需求. 本文中主要考虑两种基本的服务社区派生模式: 一是在单个服务社区上的派生, 即提取已有服务社区中的部分内容形成新的社区; 二是融合两个服务社区的派生, 即通过合并两个已有服务社区形成新的社区. 下面针对这两种服务社区派生模式, 分别给出相应的派生操作定义.

3.2.1 社区选择派生操作

社区选择派生操作主要用于通过选取特定的服务模型或业务规范而缩小服务管理边界的情况. 比如, 当服务社区不再管理某类服务, 其对应的服务模型将从服务社区中去除, 那些原来依赖于该服务模型的服务实例也相应地予以去除; 同理, 服务所依赖的业务规范集合缩小后, 相应的服务实例也应进行适当同步. 在下文中, 记源社区为 c_{old} , 新社区为 c_{new} .

(1) 社区服务模型集合缩小, 即 $SM_{new} \subseteq c_{old}.SM$, 派生新社区 $c_{new} = \sigma_{SM=SM_{new}}(c_{old})$ 的过程如下:

1. $c_{new}.SM = SM_{new}$;
2. $c_{new}.BC = c_{old}.BC$;
3. $c_{new}.T = c_{old}.T$;
4. $c_{new}.S = \{s | s \in c_{old}.S \wedge s.SM \in SM_{new}\}$;
5. $c_{new}.R = \{r | r \in c_{old}.R \wedge r.subS \cap c_{new}.S \neq \emptyset\}$.

其中, 第 1 步设定 c_{new} 的服务模型集合为 SM_{new} ; 第 2、3 步表示 c_{new} 的业务规范, 租户不变; 第 4 步当 c_{old} 中服务实例的模型在 SM_{new} 中时, 将其加入 c_{new} 的服务集合; 第 5 步当 c_{old} 中规则作用的服务集合含有 c_{new} 的服务时, 将其加入 c_{new} 的规则集合.

(2) 社区的业务规范集合缩小, 即 $BC_{new} \subseteq c_{old}.BC$, 派生新社区 $c_{new} = \sigma_{BC=BC_{new}}(c_{old})$ 的过程如下:

1. $c_{new}.SM = c_{old}.SM$;
2. $c_{new}.BC = BC_{new}$;
3. $c_{new}.T = c_{old}.T$;
4. $c_{new}.S = \{s | s \in c_{old}.S \wedge s.BC \subseteq BC_{new}\}$;
5. $c_{new}.R = \{r | r \in c_{old}.R \wedge r.subS \cap c_{new}.S \neq \emptyset\}$.

其中,第 2 步设定 c_{new} 的业务规范集合为 BC_{new} ;第 1、3 步表示 c_{new} 的服务模型、租户不变;第 4 步当 c_{old} 中服务实例依赖的业务规范在 BC_{new} 中时,将其加入 c_{new} 的服务集合;第 5 步当 c_{old} 中规则作用的服务集合含有 c_{new} 的服务时,将其加入 c_{new} 的规则集合。

(3) 当社区 c_{old} 的服务模型集合和业务规范集合都缩小时, $SM_{new} \subseteq c_{old}.SM, BC_{new} \subseteq c_{old}.BC$, 派生新社区 $c_{new} = \sigma_{BC=BC_{new} \wedge SM=SM_{new}}(c_{old})$ 的过程如下:

1. $c_{new}.SM = SM_{new}$;
2. $c_{new}.BC = BC_{new}$;
3. $c_{new}.T = c_{old}.T$;
4. $c_{new}.S = \{s \mid s \in c_{old}.S \wedge s.BC \subseteq BC_{new} \wedge s.SM \in SM_{new}\}$;
5. $c_{new}.R = \{r \mid r \in c_{old}.R \wedge r.subS \cap c_{new}.S \neq \emptyset\}$.

其中,第 1 步设定 c_{new} 的服务模型集合为 SM_{new} ;第 2 步设定 c_{new} 的业务规范集合为 BC_{new} ;第 3 步表示 c_{new} 的租户不变;第 4 步当 c_{old} 中服务实例的模型在 SM_{new} 中并且依赖的业务服务规范在 BC_{new} 中时,将其加入 c_{new} 的服务实例集合;第 5 步当 c_{old} 中的规则对应的服务实例集合含有作用的 c_{new} 中的服务实例时,将该规则加入 c_{new} 的规则集合。

从上面 3 个定制过程可以得到 σ 操作具有可结合性与可交换性的性质,即

$$\begin{aligned} \sigma_{BC=BC_{new} \wedge SM=SM_{new}}(c_{old}) &= \sigma_{BC=BC_{new}}(\sigma_{SM=SM_{new}}(c_{old})) \\ &= \sigma_{SM=SM_{new}}(\sigma_{BC=BC_{new}}(c_{old})). \end{aligned}$$

3.2.2 社区合并派生操作

社区合并操作可以理解在两两社区间的融合,这种合并可以不断迭加。两个社区合并时可选择其中一个为主社区,另一个为附加社区,将附加社区的数据信息合并到主社区中。

当两个社区合并时,记 c_{master} 为主社区, c_{slave} 为附加社区,派生新社区 $c_{new} = c_{master} \circ c_{slave}$ 的过程如下:

1. 服务模型合并. 服务模型合并是求 c_{master} 和 c_{slave} 服务模型的并集,即

$$c_{new}.SM = c_{master}.SM \cup c_{slave}.SM.$$

在服务模型合并过程中,若两个社区中的服务模型具有相同的命名,则将其视为相同的服务模型。

2. 业务规范合并. 业务规范合并是求 c_{master} 和 c_{slave} 业务规范的并集,即

$$c_{new}.BC = c_{master}.BC \cup c_{slave}.BC.$$

在业务规范合并过程中,若两个社区中的业务规范具有相同的命名,则将其视为相同的业务规范。

3. 租户合并. 租户合并是求 c_{master} 和 c_{slave} 租户集合的并集,即

$$c_{new}.T = c_{master}.T \cup c_{slave}.T.$$

4. 服务合并. 服务合并是求 c_{master} 和 c_{slave} 服务的并集,即

$$c_{new}.S = c_{master}.S \cup c_{slave}.S.$$

在服务合并过程中,若两个社区中的服务具有相同的 URL,则将其视为相同的服务。

5. 规则合并. 规则合并是求 c_{master} 和 c_{slave} 规则的并集,即

$$c_{new}.R = c_{master}.R \cup c_{slave}.R.$$

在进行派生操作后,还需要对相关内容进行手动设定,如 $c_{new}.id$ 以及合并派生中的 $c_{new}.o$,以得到完整的新服务社区。

4 实现与应用

4.1 服务社区实现

为了支持服务社区模型及相应的派生操作,我们实现了支持分布式部署及层级互联的服务社区管理器,主要包括以下功能:

(1) 服务社区管理. 创建及管理领域相关的服务社区,具体包括管理面向特定领域定制的服务模型(服务描述框架)、领域概念本体(服务描述的公共语义基础)、公共数据规范(服务涉及数据的标准)、分类规范(服务分类方法)、组织结构模型(服务管理依赖的组织结构)等,提供遵循特定格式规范的各类模型与规范的导入功能。

(2) 服务管理. 提供依赖特定服务模型的服务注册、发布、信息更新、浏览及查找等基本功能以及服务关系分析等高级功能。

(3) 服务目录. 按照不同分类规范提供多维度的服务目录以及个性化的服务目录定制功能,支持不同用户定制个性化的服务视图。

(4) 服务社区互联. 提供多个服务社区间的服务发布/订阅、服务查找以及服务目录融合功能,支持不同服务社区间的互联及新服务社区的派生。

(5) 服务监控. 允许用户自定义监控策略,实现对服务使用及运行信息(如可用性、响应时间等)的监控,提供基于监控日志的服务应用情况统计分析及服务可用性等方面的预测功能。

(6) 通用服务. 包括用户与权限管理、系统配置管理、系统日志管理 3 个模块,完成社区用户权限分配、系统参数配置以及日志统计分析等功能。

图 4 给出了全国科技信息服务网中基于服务社区管理器实现的国家科技信息资源中心资源服务管理及展示界面。

4.2 应用案例

本节以全国科技信息服务网为例,从省级科技信息节点服务社区创建、服务全生命周期管控以及



图 4 国家科技信息资源中心界面截图

融合多个省级节点服务社区的主题应用服务社区生成三方面说明服务社区模型及其派生机制的应用效果。

4.2.1 省级科技信息节点服务社区创建

省级节点是科技信息资源及服务运营中心的主要租户,省级节点可以面向本省科技信息资源服务提供需求创建省级科技信息节点服务社区。具体包括以下步骤:

(1) 业务规范创建.

假设某省级节点所涉及的科技信息资源包括实用技术、科技成果、专家人才、科技政策等 8 类共性资源以及微生物菌种、果蔬精深加工技术及配套设备、陶瓷产业信息等 27 类特色资源,为此需要以 XML Schema 形式建立上述信息资源的数据标准。此外,从资源组织角度,该省级节点采用了资源主题分类和国民经济行业分类两种分类方式以及按照地域划分组织结构,上述内容均采用 OWL 表示。图 5 给出了 OWL 格式定义的国民经济行业分类规范的片段。

(2) 科技信息资源服务模型定义.

该省级节点允许用户对封装特色科技信息资源的服务进行标注和评分,以实现服务的有效组织和评估,为此需要在服务模型中建立“标签”和“用户评分”两类属性。通过服务社区中服务模型的扩展机制,用户可以快速定制出相应的服务模型。图 6 给出了该省级节点定制的服务模型的片段。

```

<rdf:RDF>
  <owl:Class rdf:about="# Category">
    <rdf:label rdf:datatype="XMLSchema# string">
      Business Category</rdf:label>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="agriculture">
    <rdf:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="# Category"/>
    </rdf:subClassOf>
    <rdf:label rdf:datatype="XMLSchema# string">
      agriculture</rdf:label>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="transportation">
    ...
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="seismology">
    ...
  </owl:Class>
  ...
</rdf:RDF>

```

图 5 分类规范定义片段

```

<rdf:RDF>
  <owl:Class rdf:ID="ExpandParameter">
    <rdf:label rdf:datatype="XMLSchema# string">
      ExpandParameter</rdf:label>
    <rdf:comment rdf:datatype="XMLSchema# string">
      domain specific property</rdf:comment>
  </owl:Class>
  <owl:DatatypeProperty rdf:ID="Tag">
    <rdf:domain rdf:resource="# ExpandParameter"/>
    <rdf:range rdf:resource="XMLSchema# string"/>
    <rdf:label rdf:datatype="XMLSchema# string">
      Tag</rdf:label>
    <rdf:comment rdf:datatype="XMLSchema# string">
      Web Tag</rdf:comment>
  </owl:DatatypeProperty>
  <owl:ObjectProperty rdf:ID="User Assessment">
    ...
  </owl:ObjectProperty>
  ...
</rdf:RDF>

```

图 6 服务模型定义片段

(3) 科技信息资源服务注册.

省级科技信息节点完成上述定制工作后,可以根据业务需求将相关科研院所、民间协会等服务提供者创建为社区用户,并将科技信息资源服务等功

4.2.2 服务全生命周期管控

在全国科技信息服务网中,服务社区提供以下管控支持:①注册服务审核.审核注册服务的描述信息是否符合服务社区要求,服务功能是否与描述一致;②服务版本升级.对已审核通过服务进行升级,服务升级要求不影响相关的服务应用;③服务监测评估.根据服务评估要求,对服务运行时行为及使用情况进行监测;④服务注销.注销经监测评估不合格及长期未被使用的服务.

服务监测是服务全生命周期管控的重点,我们采用了一种可扩展的服务监测实现方法,其通过对管理员定义的监测策略的解释执行来完成服务监测功能.其中,监测策略定义了待监测的服务属性、监测行为触发时间与周期、监测行为实现方法等信息,此外还可通过事件发布订阅的方式通知特定监测结果(如响应时间超限).图7给出了以服务响应时间为

```
<Specification>
  <Name>ResponseTime</Name>
  <Description>Monitor the response time of each services and compute the average response time </Description>
  <ServiceList> * </ServiceList>
  <MonitoringPolicy>
    <Metric>
      <Name>response_time</Name>
      <Type>java.lang.Long</Type>
      <Unit>ms</Unit>
    </Metric>
    <Sensor>org.sigsit.vinca.qos.engine.sensor.ResponseTimeSensor</Sensor>
  </MonitoringPolicy>
  <Schedule>
    <StartingTime>2009-07-20 0:00:00</StartingTime>
    <Lag>43200000</Lag>
    <Times> * </Times>
    <EndingTime/>
  </Schedule>
</Specification>
```

图7 服务响应时间监测策略定义

4.2.3 专题科技信息服务社区派生

在以省级科技信息服务节点为单位建立的科技信息服务社区基础上,往往需要从应用主题和服务对象角度融合已有科技信息资源,建立专题科技信

息服务社区.这里,我们以一个面向华北区域蔬菜产业集群提供科技信息服务社区为例,说明在已有服务社区基础上派生新服务社区的过程.为了生成上述服务社区,需要在几个华北区域省级科技信息节点已建的服务社区基础上提取并融合与蔬菜种植相关的内容.我们首先可以通过对几个已建服务社区执行基于业务规范的选择派生操作得到行业分类为“蔬菜种植”、数据标准为“实用技术或供求信息”的子社区,进一步通过合并派生操作对得到的子社区进行合并形成面向华北区域蔬菜种植的服务社区.图8给出了上述派生操作基于XML的定义.

```
<Community>
  <Name>华北蔬菜种植服务社区</Name>
  <Type>派生</Type>
  <Operation List>
    <Operation>
      <Name>merge</Name>
      <Sources>
        <Source>省级节点 A</Source>
        <Source>省级节点 B</Source>
        .....
      </Sources>
    </Operation>
    <Operation>
      <Name>select</Name>
      <Rule>
        <dataObject Name="实用技术" or "供求信息" type="农林牧副渔.农业.蔬菜、园艺作物的种植.蔬菜种植"/>
      </Rule>
    </Operation>
  </Operation List>
</Community>
```

图8 蔬菜种植服务社区派生操作定义

表1给出了两个假定的省级科技信息服务节点服务社区以及执行上述派生操作定义后将得到的蔬菜种植应用服务社区的详细信息.根据服务社区派生操作的语义,需要将蔬菜种植相关的分类规范、数据标准、组织规范以及相应的服务资源进行选择合并,对不能够自动合并的内容需要由管理员进行人工设置.

表1 服务社区派生示例表

	省级节点 A 服务社区	省级节点 B 服务社区	华北蔬菜种植服务社区
拥有者	A省科技厅	B省科技厅	待设置
数据标准	科技动态、实用技术、法律法规等	科技动态、实用技术、供求信息等	实用技术、供求信息
分类规范	国民经济行业分类、数据主题分类	国民经济行业分类	蔬菜种植
组织机构	A省下属县市	B省下属县市	待设置
服务实例	蔬菜种植实用技术查询服务1、生物菌种查询服务等	蔬菜种植实用技术查询服务2、蔬菜供求信息服务等	蔬菜种植实用技术查询1、蔬菜种植实用技术查询2、蔬菜供求信息服务

4.3 评价与讨论

前面展示了服务社区模型在全国科技信息服务网项目中的应用、服务社区模型及其实现被用作该项目中科技信息服务运营管理的基础。通过上述工作,全国科技信息服务网项目已经实现了对 100 余家单位基于 260 余类数据库资源提供的近千项科技信息资源服务的一体化管理,涉及共性科技信息资源、行业区域专业科技信息资源和地方特色科技信息资源等多方面内容,并以省级节点为单位建立了 20 个科技信息服务社区,实现了对科技信息资源服务的规范化组织和服务使用情况的统一监控与评测,将科技信息资源服务的数量从项目最初的几十个提高到近千个,同时基于使用情况评测激励了提供者提供更加适用的科技信息资源服务。同时,项目还面向藏区高原农业、四川抗震救灾、湖南柑橘大食蝇等主题应用和突发事件,在省级节点服务社区基础上,支持了 10 余个主题科技信息服务社区的快速生成及诸多增值应用服务开发与提供,大大降低了面向新主题应用的科技信息服务提供及组织实施与管理的成本。

实践工作也表明,服务社区模型在“双向”SaaS 模式下的服务管理方面具有以下好处:

(1) 服务管理域的灵活定制。针对不同管理域(领域)的业务和资源特性,允许通过服务元建模的手段方便地设定服务运营的对象范围,通过业务规范及管控策略定义的方式来保障管理规范 and 策略的系统化实施,从而实现服务管理边界定制,并满足服务全生命周期管控在服务信息收集、服务组织、服务监控和服务评测等方面的需求。同时,上述好处也体现了服务社区模型良好的扩展性。

(2) 面向应用的服务跨域组织。服务运营的目标是推动服务的应用,为此要求从应用视角对按照管理域建立的服务社区进行跨域的组织。基于服务社区的派生机制,支持以类似于关系数据库视图操作的方式,快速基于已有社区派生得出新的服务社区,满足多样化应用需求中普遍存在的服务跨域组织的需求。

(3) 服务评测方法的自定义。为了支持运营管理者对服务提供者的绩效进行准确评测,允许用户基于可自定义的服务监控与评价机制实现对服务运行时信息的监控以及对服务使用效果的评估,支持对不同类型服务采用不同的评价标准以及根据服务的不同情况采用不同的监控策略。

此外,本文所提出的“双向”SaaS 模式实际上代表了运用 SaaS 理念来解决传统的资源整合与应用

集成问题的一种新模式。该模式的基本思想是在统一的 SaaS 平台下为信息资源共享与应用提供第三方的运营支撑,以降低资源整合与应用提供的成本,从而促进各类信息资源服务和信息增值应用服务的产生,真正形成由大量网络服务构成的业务环境。服务社区模型则针对该模式下服务提供、服务监管和服务使用三个维度的服务管理需求而提出,允许以规范的形式按需定制满足不同维度管理需求的服务社区,支持不同维度下建立的服务社区间的演化,从而满足 SaaS 模式下 3 类主要用户的不同服务管理需求。

总结起来,服务社区模型作为服务管理的基础,可以适用于特定行业/业务领域中以服务为核心抽象的信息化建设,满足从多维度进行服务组织、提供服务的业务级抽象、支持服务的监测和评估及服务管理边界的动态演变等服务管理需求。而“双向”SaaS 作为一种可以促进服务环境形成的应用模式,对基于云计算的行业信息中心、物联网数据中心等新兴领域下的信息系统架构和实施也具有一定的参考价值。

5 相关工作比较

早期的服务管理工作主要集中在工业界,UDDI^[5]期望通过统一的服务描述、发布和发现协议来建立 Web 服务的管理中心;StrikeIron^①、XMethods^②等工作则通过对互联网上 Web 服务采集及提供者注册方式建立了互联网级的 Web 服务信息中心。这些工作主要基于预先定义的、技术层面的服务描述模型来注册服务元数据信息,主要用来解决 Web 服务的发现问题。在技术层服务描述基础上,学术界从语义角度展开了相关研究。Meteor-S^[6]和 VRESCO^[7-8]分别通过本体和领域模型对注册服务进行语义描述,期望建立语义级的服务描述模型以支持服务自动或半自动查找。同时,Meteor-S 还提出了一个联邦式的服务发布发现的框架,采用了 P2P 的实现架构,能够联合多个服务注册库来实现服务的发布和发现。文献[3]通过服务虚拟化手段建立技术层面 Web 服务到业务层面业务服务抽象的关联关系,从而为用户提供业务角度可理解并且技术层面可落实的业务服务。ebXML^③在电子商务领域通过可扩展

① <http://strikeiron.com>

② <http://xmethods.com>

③ OASIS. OASIS/ebXML registry services specification v2.0 [OL]. <http://www.oasis-open.org/committees/regrep/documents/2.0/specs/ebrs.pdf>

的过滤机制支持对服务的查找。此外,随着服务应用运行时保障要求的愈发强烈,一些研究者在服务运行时监控方面也开展了相关研究。AWSR^[9]提供了一种轻量级的服务变更管理方法,以 Atom Feeds 的形式支持注册服务变化通知。Zeng^[10]等人提出了一个 QoS 监测元模型,支持按照用户自定义的策略监测服务可用性等服务质量指标,从而实现了一个可扩展的服务 QoS 监测框架。此外,企业界也推出了面向企业级应用的私有服务管理软件,如 IBM 的 WSRR^[11],这类软件重点对服务全生命周期管控提供了支持。

本文提出的服务社区模型借鉴了文献[10]中采用 QoS 监测元模型的思路,将元模型的思路扩展到整个服务管理的范畴,支持用户从服务模型、业务语义和运行时管控策略角度对服务社区进行定制。同时,在服务模型定义方面,继承了研究者所在团队已有的业务服务^[3]工作基础,为服务社区中服务模型的可扩展性提供了支撑。

相对于已有工作,服务社区模型主要具有以下两点不同和好处:(1)支持面向特定管理需求的服务社区定制。尽管服务社区模型也属于一种预定义的模型,但不同于传统服务注册模型,服务社区模型包含了支持服务元建模、业务规范和管控策略定义的要害,从而允许用户建立适合不同领域特定管理需求的服务社区。(2)支持面向应用管理需求的服务社区派生。传统服务管理主要从服务的接入和组织角度提供管理支持,缺乏从服务的应用角度对服务管理的支持,本文通过服务社区的派生操作支持面向多变的应用域的服务管理需求,从而能够达到柔性服务管理的目的。此外,针对 SaaS 这一特定模式下服务管理的支持也是本文与其他服务管理工作的一个不同之处。

6 结束语

SaaS 被认为是未来软件的主要交付形式。随着 SaaS 的广泛采用和发展,SaaS 逐渐体现出平台化的发展趋势,即为软件服务的生产和交付提供统一的平台,支持对服务的接入、组织、质量保障、监控、计费及评价等综合管理,有助于大量服务的产生和服务环境的建立。

在上述趋势下,本文结合全国科技信息服务网实际案例,探索了一种支持科技信息资源共享与应用的“双向”SaaS 模式,并针对该模式下所产生服务的动态有界、关联演化及可控可测等特征和相应的

服务管理需求,提出一种支持该模式下服务管理的社区模型。服务社区模型通过对服务元建模、业务规范和服务管控策略自定义的支持,允许用户面向特定的行业或业务领域,定制服务管理的边界,形成服务管理的逻辑载体——服务社区。在服务社区模型基础上,定义了服务社区派生操作,通过派生操作可以支持快速、一致地形成新的服务社区,从而满足从不同维度对服务的组织管理需求。此外,通过对全国科技信息服务网中科技信息服务管理的讨论,表明了服务社区模型及相关工作的可行性和有效性,对未来云计算及物联网等环境下以服务为核心抽象的信息系统架构和实施也具有一定的参考价值。

参 考 文 献

- [1] Papazoglou M P, Traverso P, Dustdar S, Leymann F. Service-oriented computing: State of the art and research challenges. *IEEE Computer*, 2007, 40(11): 38-45
- [2] Papazoglou M P, Heuvel W. Web Services Management: A Survey. *IEEE Internet Computing*, 2005, 9(6): 58-64
- [3] Wang Jian-Wu. Research on a domain and business user oriented service model [Ph. D. dissertation]. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 2007(in Chinese)
(王建武. 面向领域及业务用户的服务模型研究[博士学位论文]. 中国科学院计算技术研究所, 北京, 2007)
- [4] Wang Z, Zhao Z, Fang J. A domain-specific service metadata model for adaptive service registry//Proceedings of the 7th International Conference on Grid and Cooperative Computing. Shenzhen, China, 2008: 322-327
- [5] Curbera F et al. Unraveling the Web services Web: An introduction to SOAP, WSDL, and UDDI. *IEEE Internet Computing*, 2002, 6(2): 86-93
- [6] Verma K et al. Meteor-S WSDI: A scalable P2P infrastructure of registries for semantic publication and discovery of Web services. *Journal of Information Technology and Management*, 2005, 6(1): 17-39
- [7] Rosenberg F, Leitner P, Michlmayr A, Dustdar S. Integrated metadata support for Web service runtimes//Proceedings of the Middleware for Web Services Workshop. Munich, Germany, 2008
- [8] Michlmayr A et al. Towards recovering the broken SOA triangle—A software engineering perspective//Proceedings of the International Workshop on Service Oriented Software Engineering. Dubrovnik, Croatia; ACM, 2007: 22-28
- [9] Treiber M, Dustdar S. Active Web service registries. *IEEE Internet Computing*, 2007, 11(5): 66-71
- [10] Zeng L, Lei H, Chang H. Monitoring the QoS for Web services//Proceedings of the International Conference on Service Oriented Computing. Vienna, Austria, 2007: 132-139
- [11] IBM. WebSphere Service Registry and Repository Handbook. 2007



WANG Zhuo-Hao, born in 1977, Ph. D. candidate. His current research interests include Internet information services and service computing technology.

ZHAO Zhuo-Feng, born in 1977, Ph. D., assistant researcher. His current research interests include service engineering and service computing technology.

FANG Jun, born in 1976, Ph. D., assistant researcher. His current research interests include service engineering and service computing technology.

WANG Xi-Cheng, born in 1946, Ph. D., professor, Ph. D. supervisor. His current research interests include grid computing and parallel computing.

Background

As a new way of software provision, SaaS (Software as a Service) gets lots of research attention in recent year. After the development of many SaaS applications like Salesforce, SaaS is generalized as a new model of centralized management, operation and provision of software services through Internet. The appearance of SaaS platform, such as Google App Engine and Force. Com, shows the above characteristics and will foster more and more services on the Internet. With the growing number and types of service hosted and operated in SaaS mode, the importance of service management is highlighted. Traditional service management methods in Web services domain which focus at service discovery and service selection can not satisfy the requirement of service management in SaaS mode.

The research in this paper is also driven by a real-word project of building the nationwide service network for sharing information of science and technology, named STIS (www.stis.com). The goal of the STIS project is to spread distributed information of science and technology to more people and provide value-added and personalized information services for the masses through integrating the technological information

shared on the Internet. SaaS mode adopted in the project builds and provides large numbers of information services. So the requirements of service management are put forward from different views by service providers, service operators, service users, service organizers, etc.

In order to address the problem of service management in SaaS mode, this paper proposes a service community model and corresponding derivation mechanism of service community. The research results were applied and evaluated in the real case of the STIS project.

This work was sponsored by the National R&D Infrastructure and Facility Development Program of China under the grant No. 2005DKA64200, the National Natural Science Foundation of China under grant No. 60903137 and the Nation High Technology Research and Development Program (863 Program) of China under grant No. 2009AA01Z141. These projects aim to study the methods and mechanisms within a service-oriented environment and build a holistic approach for designing, developing, deploying and hosting service-based applications with an emphasis on service management and monitoring.