

SaaS 服务超市的构建模型和服务推荐方法

张秀伟^{1,2,3}, 何克清¹, 王健¹, 李征¹

(1. 武汉大学 软件工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉大学 计算机学院, 湖北 武汉 430072;

3. 中国人民解放军 94005 部队, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 从 SaaS 的多租户特性出发, 提出了一种服务超市的构建元模型, 并针对服务超市中服务数量庞大的特点, 提出了一种 User-based 协同过滤和基于服务地图的标签式推荐相结合的服务推荐方式, 弥补单一推荐方法的缺陷。最后, 在 CloudCRM 平台中构建了以 CRM 领域服务为主的服务超市, 并进行有效推荐, 验证了方法的可行性和有效性。

关键词: SaaS; 多租户; 服务地图; 服务推荐

中图分类号: TP311

文献标识码: B

文章编号: 1000-436X (2011)9A-0158-08

SaaS service supermarket building model and service recommendation approach

ZHANG Xiu-wei^{1,2,3}, HE Ke-qing¹, WANG Jian¹, LI Zheng¹

(1. State Key Lab of Software Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Computer School, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 3. 94005 Troops of PLA, Jiuquan 735000, China)

Abstract: According to the characteristic of multi-tenancy of SaaS, a meta-model was proposed as guideline during the construction of SaaS service supermarket. With a large number of services in service supermarket, a new recommendation approach was proposed by combining user-based collaborate filter recommendation and service map-based recommendation approach, which make up their own defects. Finally, a CRM-based service supermarket was built on CloudCRM as an example to verify the probability and effectiveness of the proposed approach.

Key words: SaaS; multi-tenancy; service map; service recommendation

1 引言

随着云计算的兴起, 软件即服务 (SaaS) 作为一种新型的模式得到了越来越多的认可, 并将成为云计算时代主要的软件运营方式。SaaS 与按需软件 (on-demand software)^[1], 应用服务供应商 (ASP)^[2], 托管软件 (hosted software)^[3] 等模式有一定的相似性。SaaS 模式的典型特征是“单实例多租赁”, 即多个租户共享服务提供商的一个应用实例, 对于每

个租户来说, 这个实例像是只为自己服务。SaaS 这种统一的、共性的软件服务形式要满足业务需求各异的不同租户, 必须提供灵活的按需定制机制, 以便让租户在共享实例的基础上构建专属于自己的业务流程和服务。

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

收稿日期: 2011-07-05

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (“973”计划) 基金资助项目 (2007CB310801); 国家自然科学基金资助项目 (60970017)
Foundation Items: The National Key Basic Research Program of China (973 Program) (2007CB310801); The National Natural Science Foundation of China (60970017)

务^[4]。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,迫切需要一个能够支撑开放式的服务展示和订购平台即 SaaS 服务超市。在超市中租户可自由定制服务,但是 SaaS 模式下的服务定制过程较为复杂,涉及到流程、服务、数据等不同层次,这些层次的定制活动之间存在着诸多的依赖关系,例如定制流程中的服务通常需要定制这个服务所依赖的其他服务,而删除流程中的某个服务需要先考虑是否有其他服务依赖于这个服务,因此,租户的定制行为必须同这些约束一致。另外,租户的定制行为也需要遵守 SaaS 服务提供商定义的一些外部业务规则,否则将会导致错误的定制结果^[5]。

服务超市中租户的个性化定制以及 User-based 协同过滤推荐方法为租户带来很大的方便,融入基于服务地图的标签式推荐方法可以克服协同过滤的缺陷。基于此,本文以 SaaS 服务的个性化定制为导向,将 SaaS 服务超市作为个性化的服务定制平台,提出了一种用于指导构建 SaaS 服务超市的元模型;构建了服务地图模板和服务地图集,并利用协同过滤和基于服务地图相结合的服务推荐方式向用户推荐服务;最后在 CloudCRM 平台上构建了以 CRM 服务为主的的服务超市并进行有效推荐,验证了方法的有效性。

2 相关研究

目前,Amazon 的 AWS、微软的 Windows Azure 平台和 IBM 的 Blue Cloud 都采用“超市”模式,它与云计算中的“电厂”模式相比,更容易实现,与单一类型的 SaaS 相比更能满足用户需求。SaaS 服务超市与苹果公司的 Appstore 非常相似,但是, SaaS 服务之间有依赖关系,而 Appstore 中的应用是相互独立的。另外, SaaS 的服务定制与传统模式下服务定制也大不相同,传统模式定制相关研究多是从服务动态选择及最优组合、流程的形式化验证、流程的动态改变等几方面展开,而 SaaS 模式下,面向多租户应用的服务定制研究刚刚起步,研究相对较少。文献[6]以 Petri 网为基础模型,模拟服务的组合过程,并对组合后的流程进行分析验证,确保服务组合的正确性。文献[7]提出了一个支持业务流程动态改变的管理机制,形式化地定义了服务选择约束与服务调度约束,在构建业务流程时,能够动态地进行约束验证,但该机制只涉及局部的服务

选择和调度,无法从整体上对组建的流程进行验证。文献[5]提出了一个面向 SaaS 应用的业务流程定制及验证框架,通过 TLA (temporal logic of actions) 对租户个性化定制行为进行建模,形式化地描述了租户在流程、服务及数据层次上可能进行的所有定制活动,并以此为基础设计验证算法。上述方法都将流程定制作为目标,并且对流程间的依赖规则进行验证,确保流程定制的正确性,但是流程定制仅仅是 SaaS 服务定制中的一种,性能服务定制、商务智能服务定制、数据服务定制也是 SaaS 服务中重要的服务定制内容。服务定制不仅要满足租户提出的业务需求,也要满足 QoS (quality of service) 和 QoE (quality of experience) 需求。

国内外的学者对个性化推荐算法进行了大量的研究,例如传统的协同推荐算法^[8]和基于内容的推荐算法^[9]。Tapestry^[10]是最早提出来的基于协同过滤的推荐系统,目标用户需要明确指出与自己行为比较类似的其他用户。基于内容的推荐重点关注推荐内容的相似性,并不关注用户群的相似性。关联规则技术在零售业得到了广泛的应用,基于关联规则的推荐算法根据生成的关联规则模型和用户当前的购买行为向用户产生推荐^[11]。关联规则挖掘可以发现不同商品在销售过程中的相关性,由于计算耗时太长,并不适合于实时推荐的场合。文献[12]提出了一种基于项目评分预测的最近邻协同过滤推荐算法,通过计算项目 (Item) 之间的相似性,初步预测用户对未评分项目的评分,然后采用一种新颖的相似性度量方法计算用户的最近邻居。文中的服务推荐采用传统的 User-based 协同过滤推荐和基于服务地图的标签式推荐相结合的方式,不仅有利于有效弥补协同推荐的缺陷,同时又突出了 SaaS 服务的个性化的特点。

3 SaaS 服务超市与运营平台

超市的出现给人们的生活带来了极大的方便,使“开门七件事”不再让人头疼。这种“超市”模式就是平台化的概念,在这个平台上提供丰富的服务供 SaaS 租户选择,无论是来自平台商的还是第三方的服务,都可以按需购买,而且价格一般比自建服务优惠。随着平台中服务的数量和种类的增加,服务超市的优势会越来越明显。图 1 为 SaaS 运营平台架构图。首先,需要在用户的入口处构建一个服务超市,服务超市涵盖平台提供的所有服

务。服务地图呈现给用户的是完成特定业务目标的完整流程、服务间的依赖关系、流程与服务映射关系、供应商以及 RGPS(Role, Goal, Process, Service) 信息,也可能是某项性能指标定制的服务协议和价格信息。服务超市中有大量的服务地图集指导租户订购服务。租户在面对众多 SaaS 服务时,如果没有一个好的服务分类组织与推荐方法,用户将失去耐心,同时对运营方而言,仅仅采用“一刀切”的营销策略难以满足用户的个性化需求,也很难取得高额的运营回报。因此,服务超市构建和服务推荐成为其中的 2 个关键问题。

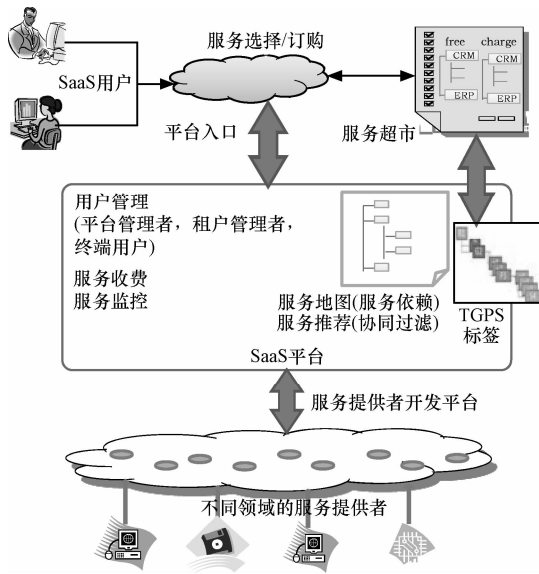


图 1 SaaS 运营平台架构

4 SaaS 服务超市

4.1 相关概念

超市作为商业术语,它是一种开放式的购物形式,在一个大的综合商场,经营者为顾客提供琳琅满目的商品,并将商品向大家自由开放,顾客在商场里,可以任意选择自己喜欢、需要的商品。文中的“SaaS 服务超市”也可称为 SaaS 服务商店,是指把不同 SaaS 服务项目、服务内容、服务方法等像商品一样集合起来,建立一个开放式的服务“商场”,任用户自由选择和定制来满足个性化需求。SaaS 服务超市具有如下优势:①让租户在服务订购的同时体会到平等、轻松,并且让用户有自主获取信息及其产品权利的一种服务模式,这种服务模式将给 SaaS 推广带来明显的效益。②通过了解和观察不同租户的业务流程及特点后,对其所需专项的

服务内容、服务流程以及服务性能给予个性化定制的服务模式,可有效提升用户的满意度。③它是一种尽最大可能发挥租户的主动性、否定大一统并且将各种非功能服务和附加服务也加入到服务超市中供用户选择,为用户的一站式订购提供了有效途径和场所,提升服务定制效率。

4.2 服务超市构建元模型

服务超市模型的基本元素是服务实例和服务协议,也是呈现给用户的订购对象。图 2 是服务超市的构建元模型,服务超市中的服务包含 3 个属性和一个依赖关系,服务的 hasDomain 属性、hasRole 属性和 hasGoal 属性对于服务组织和推荐有着非常重要的作用。服务集由不同领域中的服务构成, $S = sd_1 \cup sd_2 \cup \dots \cup sd_n$ 。服务 S 与业务流程 P 之间是实现 (realizes) 关系,即通过服务来实现业务流程。服务地图在服务超市中可有效帮助和指导用户订购服务,它们之间的关联关系是 guidedBy 的关系。服务地图集由多个服务地图组成,服务地图之间以业务目标作为分类标准,服务地图为完成特定业务目标的相关服务之间的依赖关系。服务超市的服务分为 2 类:一类是完成业务功能的功能服务集,包含原子服务和组合服务;另一类是向用户提供附加增值服务的非功能服务集,包括情景服务、服务质量协议(QoS)服务、性能定制服务、商务智能(BI, business intelligence)服务、预警服务、数据定制服务等其他服务。图中的元类是服务超市构建的基本元素,在服务超市构建过程中,元类间的关系可作为构建服务超市的框架。

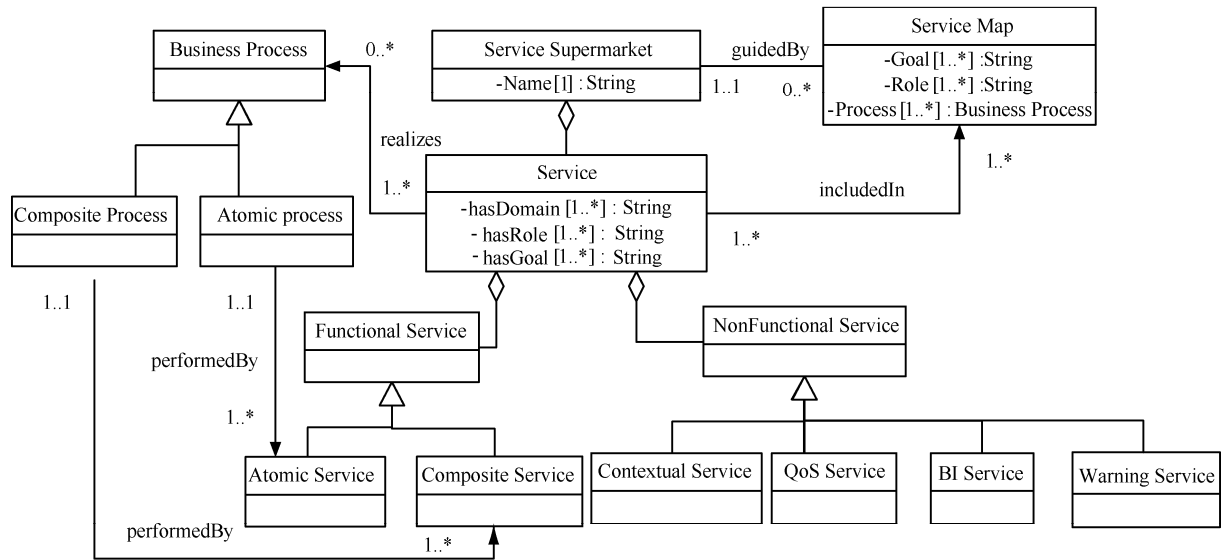
4.3 SaaS 服务超市形式化表达

服务超市模型可以定义为一个六元组 $\langle p, S, SM, D, R, G \rangle$ 其中:

1) $p = (name, url, O, M)$ 表示超市的基本信息,其中 name 是服务超市的内部标识名称,为唯一标识, url 是服务超市访问地址, O 是服务超市的运营者, M 为服务超市的管理员。

2) $SM = \{sm_i | i = 1, 2, \dots, k\}$ 表示一个服务超市中包含的服务地图集合。一个服务超市包含很多种类服务地图,所有服务地图来源于租户需求和服务实践经验,服务地图中包含租户的需求标签信息,帮助用于协助租户订购服务。

3) $S = \{Functional_Service\} \cup \{Nonfunctional_Service\}$ 表示超市的服务集由功能服务和非功能服务组成。



NOTE Metaclasses whose names are italicized are abstract metaclasses

图 2 服务超市构建元模型

4) $D = \{d_i | i = 1, 2, \dots, k\}$ 表示服务超市涵盖服务的领域集。例如 d_i 可以是 CRM、ERP、HRM、BI、SCM 等领域。

5) $R = \{r_i | i = 1, 2, \dots, k\}$ 表示服务超市中服务使用者的角色集。

6) $G = \{Functional_Goal\} \cup \{Nonfunctional_Goal\}$, 表示服务超市的服务目标集, 是功能目标集和非功能目标集的并集。

从服务超市的构成可以看出, 服务超市的定义有助于呈现服务超市的服务范围和边界, 在可提供的服务范围内尽可能满足用户的个性化服务目标的需求定制。

4.4 服务地图

服务地图也可形象描述为 SaaS 服务超市的服务“订购向导”, 服务地图包含服务间的依赖关系, 以及服务的角色、目标和业务流程间的关联关系。用户可以根据业务目标、业务角色、业务流程来选择服务, 高效合理的服务推荐不仅可以有效节省租户的订购时间, 还可以提升用户的满意度。

从服务功能的抽象角度来看, 可以将服务间依赖关系分为 2 类: 1) 直接依赖 (direct dependency), 反映的是服务间显示的依赖关系, 比如在 CRM 中, 缺陷跟踪服务依赖于账户管理服务。2) 间接依赖 (indirect dependency), 反映的是服务间隐含的依赖关系, 列入 CRM 中报表服务和市场活动服务之

间不是直接依赖, 而是间接依赖, 间接依赖具有传递性。

从业务流程的角度来看, 依赖有层内定制约束、层间定制约束、内部依赖约束、外部依赖约束 4 种约束关系, 其中定制约束是指租户的定制行为必须按照这些约束进行, 否则无法进行定制; 依赖约束是指租户的定制行为必须满足这些约束, 否则定制结果将是错误的。功能性服务的定制又涉及到数据表以及表间的关系, 最终涉及表中的数据信息以及字段间的依赖, 这种定制在一定程度上受上述四类约束限制。非功能服务的定制则强调服务的性能和质量, 仅和需求目标关系紧密。

服务地图包含的主要信息是服务间的依赖规则, 目前, 服务超市中可定制服务间关系有以下 4 种规则: 1) 强制包含规则 ($ManS(s_x)$), 即完成某个流程必须包含某个服务; 2) 包含规则 ($Inc(s_x, s_y)$), 表示两个服务间的依赖关系, $Inc(X, Y)$ 表示订购 X 服务必须订购 Y, 而订购 Y 时并不一定订购 X; 3) 排它原则 ($Exc(s_x, s_y)$), 定义了两个服务间的排它依赖关系, 如 $Exc(X, Y)$ 表示订购 X 就不能订购 Y; 4) 共存原则 ($Cor(s_x, s_y)$), 定义了 2 个服务间的共存性依赖关系。在 CRM 中服务 Account、Contact 和 lead 之间的关系是: $Inc((Contact\ Service, Lead\ Service), Account\ Service)$, 表示 (Contact, lead) 和 Account 之间是包含依赖关系, 即订购 Contact 服务或 Lead 服务必须订购 Account 服务。

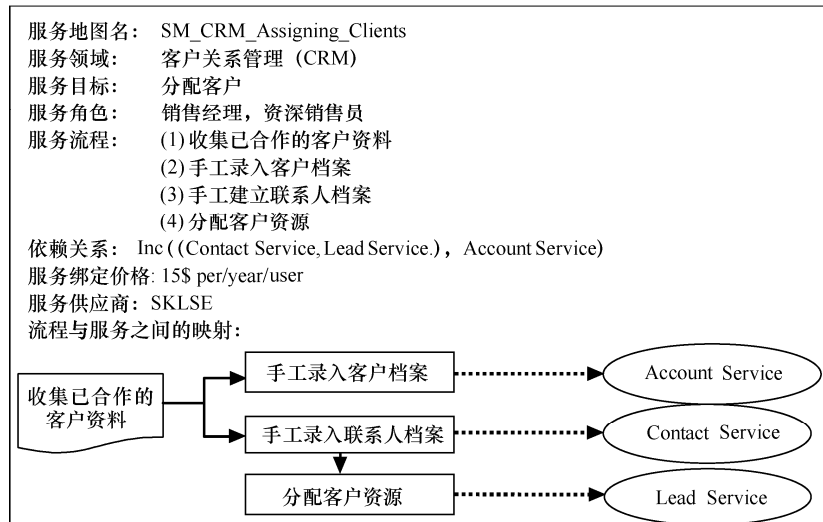


图 3 服务地图模板

图 3 是 CRM 领域中的分配客户的服务地图，包含服务地图名、服务领域、服务角色、服务流程、服务间关系、价格、流程服务间映射图等信息。

5 服务推荐方法

目前个性化的推荐算法^[13]主要包括协同推荐算法和基于内容的推荐算法，协同算法强调挖掘相似用户兴趣进行推荐，但是它们存在着稀疏，冷开始和特殊用户等缺陷。在功能服务定制中，租户是基于一个应用实例进行定制的，在不同租户之间定制的服务是有相关性的，即存在多数租户共同定制一组服务，对此，首先采用传统的协同推荐算法，收集其他租户的定制信息，为当前租户的定制提供推荐服务。而当协同推荐无法满足或用户有明确需求情况下，采用基于服务地图的服务推荐方式，图 4 为文中采用的推荐方式。

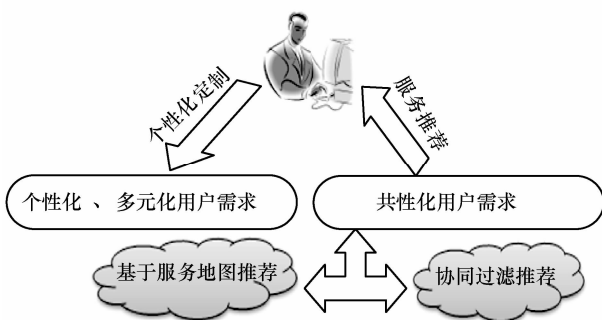


图 4 服务推荐方法

5.1 基于协同过滤的服务推荐

协同过滤推荐根据其他用户的观点产生对目标用户的推荐列表，主要分为 2 步：1) 寻找最近

邻居；2) 产生推荐。它基于这样一个假设^[11]：如果用户对一些服务的需求比较相似，则他们对其他服务的需求也比较相似。协同过滤推荐系统使用统计技术搜索目标用户的若干最近邻居，然后根据最近邻居对服务的需求预测目标用户的需求，产生对应的推荐列表。为了找到目标用户的最近邻居，必须度量用户之间的相似性，然后选择相似性最高的若干用户作为目标用户的最近邻居。目标用户的最近邻居查询是否准确，直接关系到整个推荐系统的推荐质量，准确查询目标用户的最近邻居是整个协同过滤推荐成功的关键。

租户服务评价数据可以用一个 $M \times N$ 阶矩阵 $A(m, n)$ 表示，如表 1 所示， m 行代表 m 个租户， n 列代表 n 个服务，第 i 行第 j 列的元素 $R_{i,j}$ 代表租户 i 对于服务 j 的评分。度量租户 i 和租户 j 之间相似性的方法是，首先得到租户 i 和租户 j 订购的所有服务，然后通过相似性度量方法计算用户 i 和用户 j 之间的相似性，记为 $\text{sim}(i, j)$ 。

表 1 租户服务订购评价矩阵

	Service ₁	...	Service _k	...	Service _n
Tenant ₁	$R_{(1,1)}$	...	$R_{(1,k)}$	...	$R_{(1,n)}$
...
Tenant _j	$R_{(j,1)}$	...	$R_{(j,k)}$	...	$R_{(j,n)}$
...
Tenant _m	$R_{(m,1)}$	...	$R_{(m,k)}$	...	$R_{(m,n)}$

余弦相似性 (cosine) 度量，用户订购的服务被看做是 n 维服务空间上的向量，如果租户对服务没有进行订购评价，则将租户对该服务的评分设为 0，

租户间的相似性通过向量间的余弦夹角度量。设租户 i 和租户 j 在 n 维服务空间上的评分分别表示为向量 i, j , 则租户 i 和租户 j 之间的相似性 $\text{sim}(i, j)$ 为

$$\text{sim}(i, j) = \frac{\cos(i, j)}{\|i\| \|j\|} \quad (1)$$

分子为 2 个租户服务评分的内积, 分母为 2 个用户向量模的乘积。

通过上面提出的相似性度量方法得到目标租户的最近邻居, 下一步需要产生相应的推荐。设租户 t 的最近邻居集合用 $NBSt$ 表示, 则租户 t 对服务 i 的订购预测评分为 $P_{t,i}$ 可以通过租户 t 对最近邻居集合 $NBSt$ 中服务的评分得到, 计算方法如下:

$$P_{t,i} = \bar{R}_t + \frac{\sum_{n \in NBSt} \text{sim}(t, n) (R_{n,i} - \bar{R}_n)}{\sum_{n \in NBSt} (|\text{sim}(u, n)|)}$$

$\text{sim}(u, n)$ 表示用户 u 与用户 n 之间的相似性, $R_{n,i}$ 表示用户 n 对服务 i 的评分, \bar{R}_n 分别表示租户 t 和租户 n 对服务的平均评分。该推荐方法最大的缺陷就是在用户初始数据稀疏的情况下, 很难找到相似邻居, 推荐效果不佳, 但是随着用户数据的增加, 其推荐准确率和满意度都会同步增加。

5.2 基于服务地图的服务推荐

这种基于服务地图的推荐方式的基础是 RGPS 元模型框架^[14]。基于服务地图的推荐方式是一种精确匹配的标签式服务推荐方式, 服务地图中推荐的服务对应着一个特定目标, 它包含服务与流程中的映射关系以及服务依赖关系等信息, 基于服务地图的推荐, 可以向用户推荐一整套的服务订购方案, 包含服务的执行流程、执行顺序、依赖关系等信息。图 5 给出了这种推荐方式包含的步骤, 1) 分析用户需求, 获取用户目标信息; 2) 依据获取的目标信息与服务地图信息进行匹配; 3) 如果匹配不成功跳转到搜索与目标相关的流程和角色, 将上述搜索结构继续与服务地图匹配; 4) 同时将服务目标进行分解后再与服务地图继续匹配。

5.3 服务推荐示例

基于服务地图的标签式推荐方式是将服务的内容属性作为标签, 充分利用 RGPS 属性, 结合用户相似性的协同过滤, 也将为传统协同过滤推荐带来新的动力。本示例将 RGPS 以及领域 (Domain) 作为标签。例如, 当用户需要订购一套销售员使用

的 CRM 的商机管理服务, 从它的需求中我们可以有效获取到它的 D (Domain)、R (Role)、G (Goal) 标签属性。即 $D=CRM$, $R=销售员$, $G=管理商机$, 图 6 是 Service Map 中显示的 P、S 映射图, 它是销售商机管理流程与服务间映射图, 商机管理流程包含 7 个相关的可定制服务, 流程服务映射图也可帮助用户了解商机管理的流程, 用户可以参考图 6 来进行定制, 也可以自行定制符合业务规则的流程。从这个例子中可以看出, 这种基于服务地图的服务推荐方式可有效帮助用户了解服务流程以及服务定制, 弥补协同过滤的缺陷。

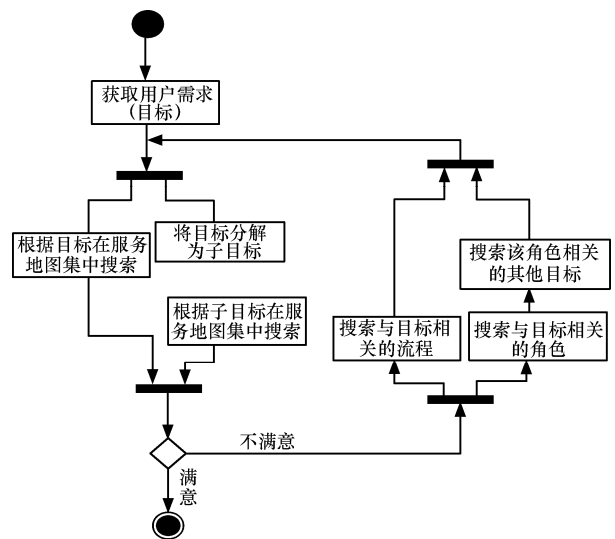


图 5 基于服务地图的服务推荐流程

6 SaaS 服务超市示例

CloudCRM 是一款面向多租户的以客户关系管理为主的 SaaS 运营平台, 目的是在企业管理人员、销售人员和客户之间建立了一个立体的管理系统, 帮助企业对内和对外实现以“客户为中心”的全方位管理。当前在 CloudCRM 服务超市中提供了 14 种从 SugarCRM 封装的客户关系管理服务、Google 的经纬度查询服务、以及 53 种快递查询服务, 服务超市是 CloudCRM 平台的重要组成部分, 用于用户服务订购, 在构建过程中, 采用文中的服务超市的构建元模型作为指导, 目前服务推荐以基于服务地图的服务推荐策略为主。随着用户数量的增加和服务种类的扩展, 这种基于协同过滤和服务地图相结合的服务推荐策略的优势将会越来越明显。图 7 是 CloudCRM 平台及服务超市的截图, 在超市中订购服务非常方便和快捷。

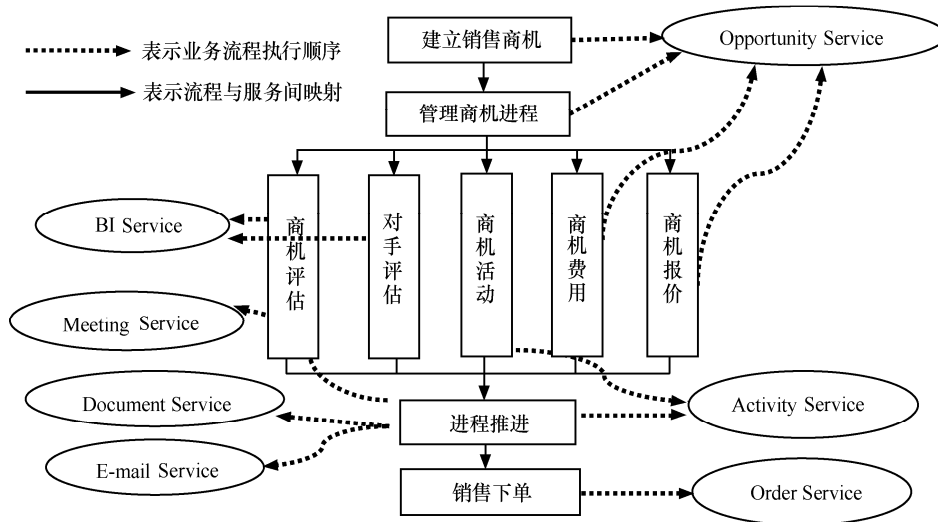


图 6 商机管理流程服务映射



图 7 CloudCRM 平台与服务超市

7 结束语

本文提出了一种 SaaS 服务超市构建模型和服务推荐方法, SaaS 服务超市将是平台中非常重要的组成部分, 也是租户定制服务最直接、最简单、最有效的订购平台。这种服务订购模式需要充分考虑到 SaaS 服务的内容、服务对象、服务目标和服务平台的特殊性, 并根据租户的特点, 尽最大可能发挥其主动性来选购服务。服务超市是以服务为主导、租户为主体、需求为基础、服务地图为主线、按需定制为目标的个性化定制与推荐方式。通过这种方式可有效降低服务定制复杂度和提升客户满意度。下一步工作中将继续深入研究服务超市中服务依赖和流程定制关系, 以及可定制服务的粒度问题研究。另外在服务推荐方面, 继续研究能够如何从用户对推荐内容的反馈中自行调整和学习来提高推荐效率, 以便让租户在最短的时间内, 以最便捷的方式找到需要的服务。

参考文献:

[1] AHMED E, PAUL L. Software as a service: a negotiation perspective

tive[A]. Proceedings of the 26th Annual International Computer Software and Applications Conference[C]. Oxford, England, 2002:50-56.

[2] MARK T, DAVID B, PEARL B. Turning software into a service[J]. Computer, 2003, 36 (10):38-44.

[3] STEPHEN F. Software on demand: Issues for RE[A]. Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering[C]. Annapolis, MD, USA, 1997:222-223.

[4] 王卓昊, 赵卓峰, 房俊等. 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[J]. 计算机学报, 2010, 33(11): 2033-2041.

WANG Z H H, ZHAO J F, FANG J, et al. A SaaS-friendly service community model and its application in the nationwide service network for sharing science and technology information[J]. Journal of Computer, 2010, 33(11): 2033-2041.

[5] 史玉良, 栾帅, 李庆忠等. 基于 TLA 的 SaaS 业务流程定制及验证机制研究[J]. 计算机学报, 2010, 33(11): 2054-2067.

SHI Y L, LUAN S H, LI Q Z H, et al. TLA based customization and verification mechanism of business process for SaaS[J]. Journal of Computer, 2010, 33(11): 2054-2067.

[6] 汤宪飞, 蒋昌俊, 丁志军等. 基于 Petri 网的语义 Web 服务自动组合方法[J]. 软件学报, 2007, 18(12): 2991-3000

TANG X F, JIANG C J, DING Z J, et al. A petri net-based semantic

- web service automatic composition method[J]. Journal of Software, 2007, 18(12):2991-3000.
- [7] RUOPENG L, SHAZIA S, GUIDO G. On managing business processes variants[J]. Data and Knowledge Engineering, 2009, 68(7):642-664.
- [8] HERLOCKER JL, KONSTAN JA, TERVEEN LG, et al. Evaluating collaborative filtering recommender systems[J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004, 22(1):5-53.
- [9] LINDEN G, SMITH B, YORK J. Amazon.com recommendation: Item to item collaborative filtering[J]. IEEE Internet Computing, 2003, 7(1):76-80.
- [10] GOLDBERG D, NICHOLS D, OKIB M, et al. Using collaborative filtering to weave an information tapestry[J]. Communications of the ACM, 1992, 35(12):61-70.
- [11] 邓爱林, 朱扬勇, 施伯乐. 基于项目评分预测的协同过滤推荐算法[J]. 软件学报, 2003, 14(09):1621-1628.
- DENG A L, ZHU Y Y, SHI B L. A collaborative filtering recommendation algorithm based on item rating prediction[J]. Journal of Software, 2003, 14(9):1621-1628.
- [12] SARWAR B, KARYPIS G, KONSTAN J, et al. A analysis of recommendation algorithms for E-commerce[A]. ACM Conference on Electronic Commerce. Minneapolis[A]. MN, USA, 2000. 158-167.
- [13] ADOMAVICIUS G, TUZHLIN A. Toward the next generation of recommender system: A survey of the state-of-art and possible extensions [J]. IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, 2005, 17(6):734-749.
- [14] WANG J, HE K Q. RGPS: A unified requirements meta-modeling frame for networked software[A]. Proceedings of the 3rd International Workshop on Advances and Applications of Problem Frames (IWAAPF08) Co-located with 30th International Conference on Software Engineering (ICSE 08)[C]. 2008, Leipzig, Germany, 2008. 29-35.

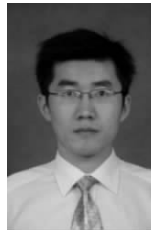
作者简介:



张秀伟(1980-),男,甘肃白银人,中国人民解放军94005部队工程师,武汉大学博士生,主要研究方向为互操作技术、电子商务、云计算。



何克清(1947-),男,湖北荆门人,武汉大学教授、博士生导师,主要研究方向为需求工程、ISO互操作标准、语义互操作技术、服务计算。



王健(1980-),男,山东淄博人,博士,武汉大学讲师,主要研究方向为需求工程、Web服务发现、语义互操作技术。



李征(1984-),女,河南汝南人,武汉大学博士生,主要研究方向为服务计算、Web工程。