

SaaS 模式下多租户层次定制模型研究

魏 哲

(辽宁大学 信息学院, 辽宁 沈阳 110036)

摘 要: SaaS 的典型特征是“单实例多租户”。为提高多个租户定制同一 SaaS 应用的效率,避免多个租户在对同一 SaaS 应用进行定制时对相同定制内容的重复定制,提出了层次定制模型。利用树形数据模型和交运算思想,最大限度地计算出多个租户共性的定制内容,将相同的定制内容只需一次定制供多个租户共享,层次定制模型在层次定制的基础上不仅满足了租户的个性化定制需求,而且提高了定制效率,降低了定制复杂度。仿真实验结果证实了该层次定制模型减少了租户的定制时间,节省了存储空间。

关键词: SaaS; 定制; 层次定制模型; 多租户

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)12-0043-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.12.010

Study of Multi-tenant Level-customization Model under SaaS Mode

WEI Zhe

(College of Information, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

Abstract: The typical character of SaaS is “single-instance, multi-tenant”. To improve the efficiency of SaaS customization and avoiding the repeated customization of the same contents of multiple tenants, the level-customized model is proposed. The model uses tree-model and intersection operations to extract many common custom content extremely, and only need custom once to share the same custom content for multi-tenant. Not only meet the customization needs of the tenants on the basis of level-customization, but also improve the efficiency and inducing the custom complexity. Experiments demonstrate the level-customization model can save the time and space on customization.

Key words: SaaS; customization; level-customization model; multi-tenant

0 引 言

SaaS (Software as a Service, 软件即服务)^[1]作为全球快速发展的新模型,在未来十年将会成为软件行业的一个新的方向。SaaS 消除了企业需求购买、建造和维护基础设施和软件的复杂过程,仅仅需要花费很少就可以从 SaaS 提供商租赁到所需的应用请求,这就相应地给 SaaS 定制技术带来了新的挑战。

实现 SaaS 的一个必要条件是应用服务提供商 (ASP)^[2]必须提供基于单实例多租户 (Single instance Multi-tenancy) 的定制机制。^[3]即单个 SaaS 应用可以供多个租户定制,每个租户在使用的时候都以其所定制的 SaaS 应用专门为自己服务,如 Google 提供的在线 Office 办公软件、Salesforce.com 提供的在线 CRM

(Customer Relationship Management, 客户关系管理)系统^[3]等。企业提供的 SaaS 定制,即是提供一个服务平台供成千上万的租户订购个人服务,像大多数的金融系统就会允许用户从同一个平台(例如 Hotels.com 和 Expedia.com)定制旅行服务。ASP 对满足不同租户需求的 SaaS 应用所需要的存储、计算和带宽等资源进行统一的资源共享与优化,并随着运行状态实时地进行动态扩展,这样可以节约软硬件成本,进而提高 SaaS 应用的生产效率。SaaS 成为当下非常受大众欢迎的服务模式,它的重点不是管理服务,而是最终用户。不同的租户可以根据各自的需求向 ASP 提出定制申请,并且按照订购的 SaaS 应用的不同和时间长短向 ASP 支付费用。这样一来,SaaS 模式下必须提供灵活的服务定制机制来满足不同租户个性化的需求。

收稿日期: 2013-02-16

修回日期: 2013-05-23

网络出版时间: 2013-08-28

基金项目: 辽宁省教育科学研究项目 (L2011004)

作者简介: 魏 哲 (1987-), 女, 辽宁锦州人, 硕士研究生, 研究方向为云计算、SaaS 定制; 导师: 陈廷伟, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为网格计算、云计算、Web 服务。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130827.1432.020.html>

SaaS 的典型特征是“单实例多租户”,即在同一环境下,成百上千个租户可以对同一 SaaS 服务进行定制,多个租户对同一 SaaS 应用的定制模式相似,所以存在诸多相同的定制内容,若每个租户分别定制同一应用,需要重复定制多次。文中提出一个层次定制模型,对于多个租户的相同的定制内容可以实现一次定制完成,避免重复定制。

1 层次定制模型

1.1 相关工作

目前已有的在 SaaS 定制方面的大多数研究侧重于对租户的定制模型、定制能力、定制程度和定制方法的优化,文献[4]在考虑多租户的基础上,提出了一种满足 SaaS 服务个性化定制的模型,强调以服务为主导、租户为主体、需求为基础、按需定制为目标的个性化定制方式,降低了服务定制复杂度,提高了客户满意度。文献[5]提出了一个支持租户业务流程定制行为建模及验证的框架,提高了租户的定制效率,增强了定制行为的准确性。文献[6]针对 SaaS 应用新的定制需求,对 SaaS 应用定制模型进行研究,实现了 SaaS 应用定制模型的设计和定制模型数据存储映射架构,提高了定制效率。文献[7]提出了基于 SBTM 的多租约个性化定制框架,将业务端与租约端相分离,提高了定制效率,简单地满足租约的个性化定制问题。文献[8]提出了一个适合 SaaS 应用的灵活的业务逻辑定制框架,降低了定制的复杂度,扩充了定制能力,提高了定制的灵活性和有效性。为更好地满足客户的需求,文献[9]对比 SaaS 应用定制和传统软件定制在定制技术和定制方法上的差别,将 SaaS 应用的可定制内容从数据定制、功能定制、界面定制和业务逻辑定制四个方面进行研究,实现了面向 SaaS 应用的数据定制技术和逻辑定制技术。文献[10]为了实现单个实例支持多个租户的定制需求,提出了面向应用层的业务流程定制

模型,并结合 Web 服务对具体的定制流程和如何执行进行了具体的讨论。文献[11-12]为文中的成千上万个租户定制同一 SaaS 应用提供了理论支持,指出多个租户定制同一服务的可能性。

文中提出一种层次定制思想,从定制模型上实现 SaaS 定制优化,在多个租户对同一 SaaS 应用进行定制时,将各个租户的数据模型中共同的定制内容提取出来,实现对多个租户的共享,并且一次定制完成,无需不同租户分别定制,提高了定制效率。

1.2 层次定制策略

当多个租户租赁并定制同一个 SaaS 应用时,按照一般的定制方式,不同的租户有自己不同的定制,多个租户需要分别进行定制,虽然租户之间存在定制需求上的差异性,但是成千上万个租户对于同一个 SaaS 应用使用同一个定制平台进行定制,必然会出现较多相同的内容。为提高定制效率,可以一次定制相同的定制内容,供多个租户共享,避免对同一内容的反复定制,这种定制方法称为层次定制。在多个租户对同一 SaaS 应用进行定制时,对相同的定制内容进行共享,多个租户对其维护一份定制,减少多个租户重复的定制操作,以实现定制元数据的共享,减少冗余的定制元数据。

图 1 为多个租户对同一个 SaaS 应用进行定制的层次定制图,当多个租户进行层次定制时,会出现交叉重复的定制内容,这样就可以把共性的定制内容提取出来,抽象为定制模板(Temp_{ij},表示第 i 层的第 j 个定制模板)。除最高层外,每一层继承来自上层定制模板的定制内容(继承关系用→表示)。租户在进行定制时,由上及下逐层定制,层次越趋近于上面的,共享度越高,层次越趋于下侧,租户个性化的程度越高。

该层次图的定制模板可实现单继承(一个子模板继承自一个父模板,如 Temp_{n3} 继承自 Temp_{(n-1)2})和多继承(一个子模板继承自多个父模板,如 Temp_n

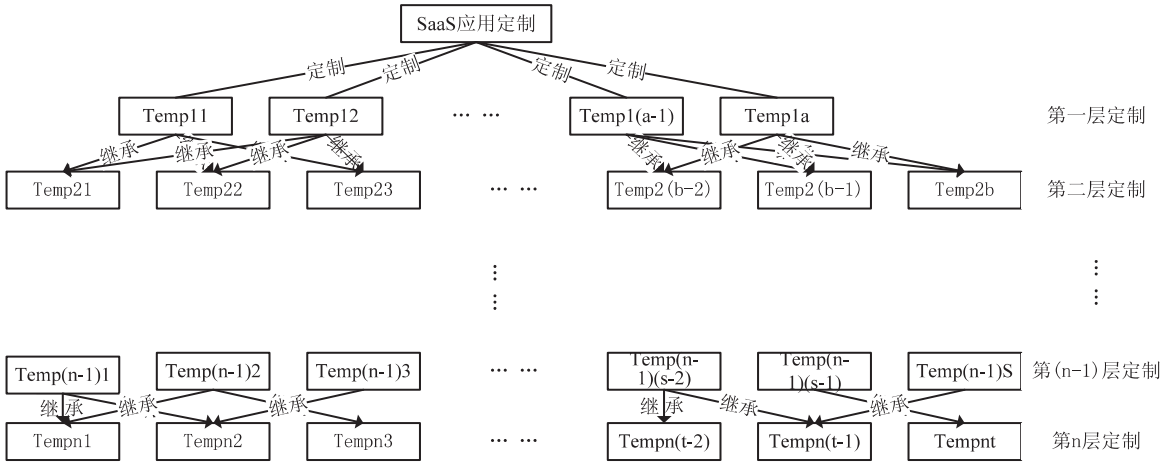


图 1 多租户层次定制图

继承自 $\text{Temp}(n-1)1$ 和 $\text{Temp}(n-1)2$; 多个子模板继承自一个父模板, 如 $\text{Temp}n2$ 继承自 $\text{Temp}(n-1)1$ 和 $\text{Temp}(n-1)3$, 和多个子模板继承自多个父模板)。

当新添加一个租户或一个已有租户修改定制需求时, 由于对同一 SaaS 应用存在定制上的共性, 租户只需由上及下检索层次图, 将与其他租户相同的定制内容提取出来, 使用模板库中定制好的内容即可, 只需定制个性化的需求内容。

1.3 层次定制模型

定义 1: 对于上面的层次定制策略进行形式化表示: 当多个租户定制一个 SaaS 应用时, 将租户的每一个 SaaS 定制实例称为一个定制对象, 形式化表示如下:

$$\{\text{Obj} \langle \text{attr} \rangle\}, \{\langle \text{customability} \rangle\}$$

Obj 表示被定制的对象; attr 表示每个定制对象包含的定制属性; customability 表示定制对象和定制对象的属性的定制能力。

Customability 可定制能力包括三层含义:

- (1) 在定制过程中能否对已有的定制对象进行修改、删除, 能否添加新的定制对象。
- (2) 一个定制对象的属性能否被继承。
- (3) 在定制过程中能否对一个定制对象的属性进行添加、修改和删除。

定义 2: 对于租户的每一步定制行为, 定义为一个 Operation, 每一步定制操作称之为一个定制行为。一个 Operation 可以定义如下:

- (1) 添加一个定制对象。
- (2) 删除一个定制对象。
- (3) 对一个定制对象属性的添加、删除和修改操作。

定义 3: 模板 (Temp), 多个对象的相同属性的抽象即为模板, $\langle \text{Temp} = \cap \{\text{attr} \} \rangle$ 。

对于添加租户和修改租户属性的情况, 只需检索层次图, 对已抽象模板的属性无需再定制, 而对于新添加的属性, 抽象为模板, 根据继承的先后关系添加到层次图中。

对于删除某个租户或租户属性的情况, 与其他租户共有的属性不予删除, 删除单独所具有的属性。

1.4 实例分析

下面通过一个实例介绍层次定制过程。

对于中国移动全球通定制业务, 不同的租户有不同的定制需求, 例如, 有四类租户提出如下定制需求:

租户 1: (来电显示, 来电提醒, 无线上网 5 元包月, 短信, 彩信, 省内定向长途优惠, “非常假期” 漫游优惠, 手机邮箱)

租户 2: (来电显示, 来电提醒, 无线上网 5 元包

月, 短信, 彩信, 省内定向长途优惠, 手机报, 亲情号)

租户 3: (来电显示, 来电提醒, 无线上网 5 元包月, 短信, 彩信, 省内定向长途优惠, 彩铃, “天气预报”)

租户 4: (来电显示, 来电提醒, 无线上网 5 元包月, 短信, 彩信, 省内定向长途优惠, 彩铃, 手机微博)

根据层次化定制策略, 流程如下:

第一步: 形式化。

$$\text{Obj}1(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_8, a_{12})$$

$$\text{Obj}2(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_9, a_{13})$$

$$\text{Obj}3(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_{10})$$

$$\text{Obj}4(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_{11})$$

第二步: 找相同属性。

$$\text{Obj}1 \cap \text{Obj}2 \cap \text{Obj}3 \cap \text{Obj}4 = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$$

$$\text{Obj}1 \cap \text{Obj}2 \cap \text{Obj}3 - \text{Obj}1 \cap \text{Obj}2 \cap \text{Obj}3 \cap$$

$$\text{Obj}4 = \{a_5, a_6\}$$

$$\text{Obj}3 \cap \text{Obj}4 - \text{Obj}1 \cap \text{Obj}2 \cap \text{Obj}3 \cap \text{Obj}4 = \{a_7\}$$

第三步: 提取定制模板, 共享程度高的属性作为高层模板, 依次类推:

$$\text{Temp}1 = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$$

$$\text{Temp}2 = \{a_5, a_6, a_7\}$$

$$\text{Temp}3 = \{a_8, a_9, a_{10}, a_{11}\}$$

$$\text{Temp}4 = \{a_{12}, a_{13}\}$$

第四步: 根据继承关系将各层模板联系起来, 共享度高的模板位于高层次, 层次图如图 2。

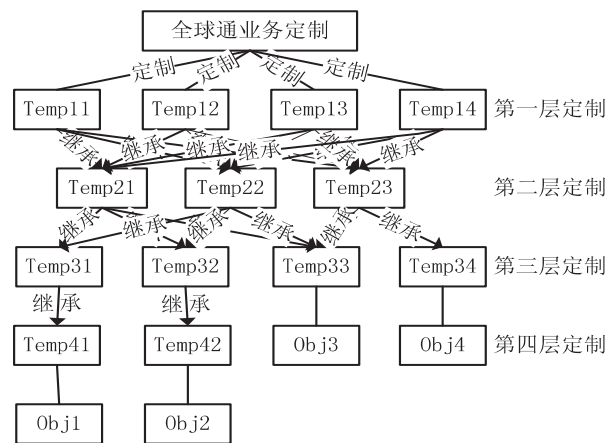


图 2 实例层次定制图

层次图中, 租户根据继承属性, 由上及下层层定制。若添加新的租户:

租户 5: (来电显示, 来电提醒, 短信, 无线上网 5 元包月, 彩信, 省内定向长途优惠, 省外定向长途叠加包)

将其形式化表示如下: $\text{Obj}5(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_{14})$, 然后检索层次图, 前六个属性已经以模板的形式存在于层次图中, 无需再定制, 对于最后一个属性, 进行定制, 定制之后也以模板的形式添加到层次图中, 如

图 3 所示。

对于修改租户属性的情况,例如,租户 2 定制需求变更如下:

租户 2:(来电显示,来电提醒,无线上网 5 元包月,短信,彩信,彩铃,天气预报,亲情号)

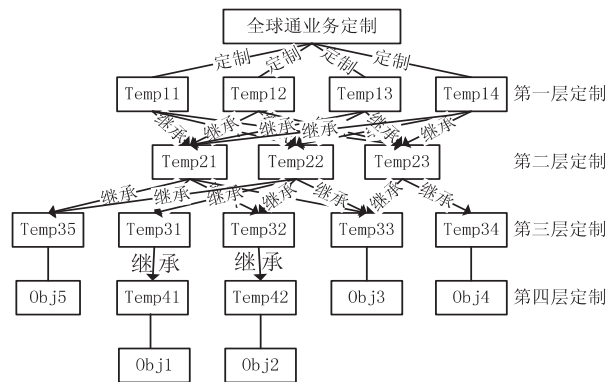


图 3 添加对象后的层次定制图

按照层次定制策略修改如图 4。

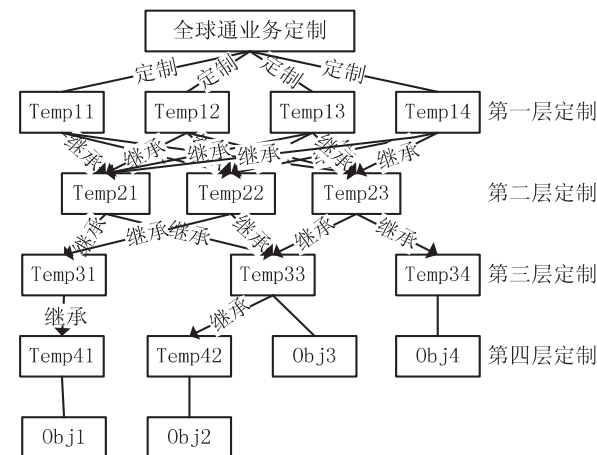


图 4 属性变更后的层次定制图

2 层次定制模型实例分析和实验验证

验证采用基本表+名称值对作为存储结构,将抽象为模板的内容存储在基本表中,各个租户个性化的内容存储在名称值对表中。

(1) 假设 n 个用户对同一 SaaS 应用定制出 n 个对象 Obj1, Obj2, ..., Objn;

(2) 假设对于每一个 Operation,元数据表中就会添加一条记录,则对于每一个定制对象,定制元数据的记录数表示为: T_1, T_2, \dots, T_n ;

(3) n 个对象共定制出 $\sum T_i$ 个元数据,它们是有重复的,将它们以等价类划分的方式进行分类,可以将相同的定制元数据划分在一起,假设总共划分为 X 个类,接着计算每个等价类中的元素个数,则设这条定制元数据的共享度为 $S(x)$,它的值域为 $[1, n]$;

(4) 进一步根据共享度进行等价类的划分,将具有相同共享度的等价类划分到一起,设得到 Y 个类;

(5) 在理想情况下,即完全无重复的定制层次为: Y (定制按照共享度从大到小进行),定制节约率为: $(\sum T_i - X) / \sum T_i$ 。

通过上述论证,该层次定制模型在成千上万个租户对同一 SaaS 应用进行定制时,能够提高定制效率。

3 实验

3.1 实验环境

HP 服务器,CPU 大小为 $4 * 2.26$ GHz,内存大小为 4 G,硬盘大小为 500 G;联想 PC 机,CPU 为 $2 * 2.26$ GHz,内存 8 G,硬盘 500 G;客户机:联想 PC 机,CPU 为 $2 * 2.26$ GHz,内存为 2 G,硬盘 160 G;数据库版本:ORACLE10.2.1.1。

3.2 实验结果和分析

对上文的实例进行仿真实验,随机抽取 300 到 900 个租户的定制需求,将一般定制方式和层次定制方式在定制时间和所占存储空间大小的结果进行比较,结果如图 5、图 6 所示。

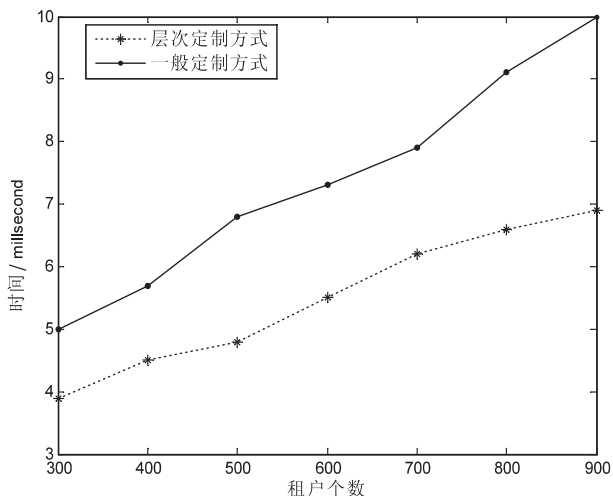


图 5 定制时间对比图

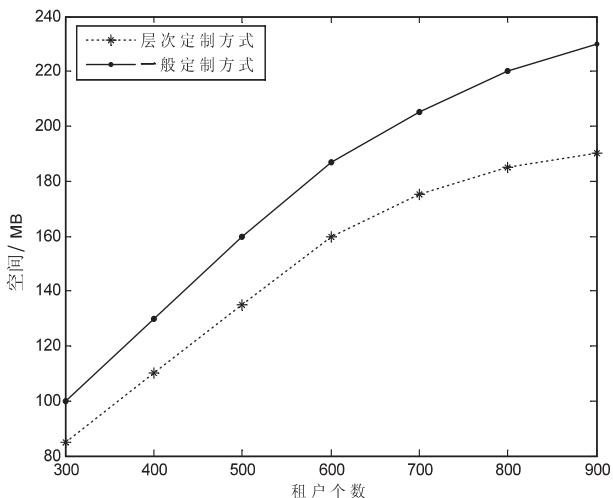


图 6 存储空间对比图

节点进行分层管理,使得网络规模可以层次式扩展。优化路由表,删除冗余信息并增加了反向路由表,同时淘汰部分连接响应慢的节点,改进资源查询过程,提升了查询效率。采用了主动维护和定期更新策略对扰动的网络进行维护,使得在不影响查询效率的同时尽量减少维护的开销。

仿真实验表明,C-Chord 路由算法减少了查询跳数,优化了查询效率。在今后的研究中集群的分裂与合并加以考虑,以减少系统的维护开销。

参考文献:

- [1] 王丽莉,孙 波,肖永康,等. 结构化 P2P 资源搜索算法研究综述[J]. 计算机应用研究,2009,26(10):3621-3624.
- [2] Stoica I, Morris R, Karger D, et al. Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications [C]//Proc of ACM SIGCOMM 2001. New York, USA: ACM Press, 2001: 149-160.
- [3] Ratnasamy S, Francis P, Handley M, et al. A scalable content addressable network [C]//Proc of ACM SIGCOMM 2001. New York, USA: ACM Press, 2001: 161-172.
- [4] Druschel P, Rowstron A. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer system [C]//Proc of the middleware 2001. Heidelberg: Springer-Verlag, 2001: 329-350.
- [5] Zhao B, Kubiawicz J, Joseph A. Tapestry: An infrastructure for fault-tolerant wide-area location and routing [R]. Berkeley: University of California, 2001.

(上接第 46 页)

结果显示,层次定制方式比一般定制方式更节省存储空间和定制时间,且租户数目越多,优势越明显。

4 结束语

文中提出了一个 SaaS 层次定制模型,通过实例详细阐述和分析了层次定制策略,并通过数学分析验证了该模型的有效性,通过仿真实验验证该模型定制效率的提高,并且在一定程度上节省了空间。

参考文献:

- [1] Wu Shengqi. Schema evolution via multi-version metadata in SaaS [C]//Proc of international workshop on information and electronics engineering. [s. l.]: [s. n.], 2012: 1107-1112.
- [2] Kim W, Lee J H, Hong C, et al. An innovative method for data and software integration in SaaS [J]. Computers and mathematics with applications, 2012, 64: 1252-1258.
- [3] Li Liang, Mao Jiye. The effect of CRM use on internal sales management control: an alternative mechanism to realize CRM benefits [J]. Information & management, 2012, 49(6): 269-

- [6] 李 伟,葛洪伟. ECP: 一种改进的 Chord 协议[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(34): 103-106.
- [7] Peng Zhuo, Duan Zhenhua, Qi Jianjun. HP2P: A hybrid hierarchical P2P network [C]//Proceedings of the IEEE international conference on the digital society. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2007.
- [8] Garcés-Erice L, Biersack E W, Felber P A. Hierarchical peer-to-peer systems [J]. Lecture notes in computer science, 2003, 2790/2003: 1230-1239.
- [9] Lin Jenn-Wei, Jen Fu, Yang Mingfeng. Reliable hierarchical peer-to-peer file sharing systems [C]//Proc of 2006 IEEE region 10 conference. Hong Kong: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2006: 1-4.
- [10] 王必晴, 贺 鹏. H-Chord: 基于层次划分的 Chord 路由模型及算法实现[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(36): 141-143.
- [11] 王必晴, 钟志水, 孟伟东, 等. S-Chord: 一种层次式 Chord 路由模型[J]. 计算机工程, 2011, 37(1): 96-97.
- [12] 曾晓云. 基于 Chord 协议的混合 P2P 模型[J]. 计算机工程, 2010, 36(7): 112-113.
- [13] 李建华, 李桂林, 陈松乔, 等. 一种 Chord 的分层资源定位模型[J]. 小型微型计算机系统, 2009, 30(1): 83-86.
- [14] 王德永, 王晓光, 齐应杰, 等. OHChord: 基于优化路由表和路由热点的 Chord 改进[J]. 计算机与现代化, 2011(9): 57-60.
- [15] 陈 刚, 吴国新, 杨 望. G-Chord: 一种基于 Chord 的路由改进算法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2007, 37(1): 9-12.

- [16] 熊 伟, 李 兵, 何 鹏, 等. 一种创新的 SaaS 服务的构建模型[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(9): 141-144.
- [17] 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): 2055-2067.
- [18] 郑旭旭. 面向 SaaS 应用的租户多级定制模型[D]. 济南: 山东大学, 2011.
- [19] 张一川, 张 斌, 刘 莹. 支持多租约个性化业务定制的 SaaS 业务-租约模型[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2012, 33(5): 636-640.
- [20] 陈 伟, 沈备军, 戚正伟. 面向 SaaS 应用的业务逻辑定制框架的研究与实现[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(1): 155-158.
- [21] 陈 伟. 面向 SaaS 应用的软件定制技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
- [22] 李凯丰, 温浩宇, 杨朝君. 多租户业务逻辑可定制模型研究[J]. 情报杂志, 2010, 29(6): 166-168.
- [23] 关增产, 吴清烈. 大规模定制模式下的客户需求聚类分析与定制优化[J]. 统计与决策, 2009(1): 181-183.
- [24] 操云甫, 赵俊文, 韩永生, 等. 面向大规模定制的软件开发模式[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(5): 593-598.

SaaS模式下多租户层次定制模型研究

作者：[魏哲, WEI Zhe](#)

作者单位：[辽宁大学 信息学院, 辽宁 沈阳, 110036](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期): 2013(12)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201312010.aspx