

面向产业链协同 SaaS 平台的业务流程定制技术

曹 帅^{1*}, 王淑营¹, 刘述雅²

(1. 西南交通大学 CAD 工程中心, 成都 610031; 2. 成都国龙信息工程技术有限责任公司, 成都 610031)

(* 通信作者电子邮箱 357774297@qq.com)

摘 要:针对产业链协同软件即服务(SaaS)平台各企业群对业务流程个性化定制的需求,建立了业务流程与业务功能之间的映射关系和企业群与业务流程之间的定制关系,在此基础上构建了 SaaS 平台面向多企业群的业务流程定制模型,并提出了业务流程驱动规则和加载控制方法,以实现平台在应用过程中基于用户身份的业务流程动态加载支持。构建的业务流程定制模型和流程驱动规则以及相应的加载方法在汽车零部件产业链售后服务的外出申请审批流程的定制方面进行了应用验证,能实现 SaaS 平台运行过程中企业群对业务流程的个性化定制需求。

关键词:协同; SaaS 平台; 业务流程; 定制

中图分类号: TP302.1 **文献标志码:** A

Workflow customization technology for collaborative SaaS platform of industrial chains

CAO Shuai^{1*}, WANG Shuying¹, LIU Shuya²

(1. CAD Engineering Center, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China;

2. Chengdu Guolong Information Engineering Company Limited, Chengdu Sichuan 610031, China)

Abstract: A workflow customization model for a collaborative Software-as-a-Service (SaaS) platform of industrial chains was proposed based on the mapping between workflow with operation and the custom relationship between the enterprise groups with workflow. A drive rule and a load and control mode of the workflow model were proposed to provide the dynamic load based on the identities of users. The proposed method was validated by the workflow customization on out application of the after service of automobile parts industrial chains, which showed that it met the needs of workflow customization on the collaborative SaaS platform of industrial chains.

Key words: collaboration; Software-as-a-Service (SaaS) platform; workflow; customization

0 引言

随着信息技术的高速发展,企业竞争的关键逐渐转变为未来信息应用的效率和速度,软件即服务(Software-as-a-Service, SaaS)趁着这一波的信息演化浪潮,充分利用网络技术与资源共享的特性,成为信息服务产业的主流^[1]。SaaS 的一个重要特征是多租户共用一套代码,这样可以最大限度地共享,使软件开发成本和维护成本达到最低。但是要求所有租户使用相同功能是满足不了租户需求的,这就要求 SaaS 有灵活的业务可配置性和可扩展性^[2],必须要根据用户的需求,支持用户在应用时的个性化定制且不影响其他用户的使用,使每个用户感觉只有自己在使用一样。

随着 Web 应用的不断发展,软件运行时用户的个性化定制已成为当前软件领域研究的热点,其内容主要集中在用户界面的个性化定制和业务流程的定制方面。在业务流程个性化定制方面,有大量研究者围绕动态选择、按需定制^[3]、流程的动态改变^[4]、监控和业务规则进行了不懈的探讨,其中,网络服务业务流程执行语言(Business Process Execution Language for Web Service, BPEL4WS)、Web 服务编排接口(Web Service Choreography Interface, WSCI)等描述业务流程

的标准规范已被广泛采用,但这些规范多是用来描述流程的静态业务逻辑,执行时的灵活性比较差^[5]。文献[6]提出了一套面向业务人员的、直观易用的、基于有向图的工作流建模方法,但该方法在实际建模过程中,对某些非结构化的业务过程无法准确描述,在面向大量租户、各类业务流程均可能出现的 SaaS 平台上,显然是不适用的。文献[7]针对企业业务流程动态变化,在面向办公自动化系统的工作流引擎技术的协同式管理理念基础上,提出了工作流引擎的设计与开发方法,但未提供简易的可视化流程定制界面,对于 SaaS 平台上并不专业的租户不适用。文献[8]通过对可配置项设计模板,采用元数据配置的方式实现 SaaS 应用的多租约定制,该方法不能适应新业务变更带来的业务流程定制和个性化业务定制问题。文献[9]提出一种策略驱动的定制机制,若租户的定制请求同定制策略一致,服务提供方将对服务进行相应升级,这种方法可以确保定制的正确性,但同时增加了服务提供商的负担,并且定制响应周期过长。

针对上述问题,本文对 SaaS 的多租户特点和产业链企业间围绕核心企业开展业务协同的需求,建立业务流程定制模型,提出面向产业链协同 SaaS 平台的业务流程可定制技术和方法。

收稿日期: 2012-12-04; **修回日期:** 2013-01-04。 **基金项目:** 国家科技支撑计划项目(2011BAH21B02, 2011BAH21B03); 四川省科技支撑计划项目(2012GZ0063); 制造业产业链协同与信息化支撑技术四川省重点实验室开放项目(2013-002)。

作者简介: 曹帅(1988-),女,四川成都人,硕士研究生,主要研究方向:产业链协同 SaaS 平台业务协同; 王淑营(1974-),女,天津人,研究员,博士,主要研究方向:基于 SaaS 平台的企业群业务协同技术; 刘述雅(1956-),女,四川成都人,高级工程师,主要研究方向:制造业信息化。

1 产业链协同 SaaS 平台的流程可定制需求

随着网络技术和信息技术的不断发展,企业之间的竞争由单个企业之间的个体竞争已发展成为以龙头企业为核心的供应链的整体竞争。供应链上下游的每个供应商、经销商和服务商均可能影响产品的质量和品质。为缩短产品的响应时间,提高产品的整体竞争能力,龙头企业纷纷联合渠道运营商构建供应链协同平台,实现企业间的业务流程和信息的集成。产业链协同 SaaS 平台正是在这种背景下应运而生的,它以专业化的第三方服务的方式集成软硬件资源,为企业群提供以龙头企业为核心的个性化应用服务,具有资源优势、资金优势和人才优势,随着企业对软件服务外包方式的逐渐认可,产业链协同 SaaS 平台逐渐成为支撑企业间业务协同的有效解决方案^[10]。

产业链协同 SaaS 平台支持以龙头企业为核心的企业群对零部件协同采购、产品协同销售、产品协同维修以及售后配件的协同调拨等。在企业群业务协作过程中,龙头企业与 SaaS 平台运营商签订应用协议,定制该企业群的业务功能,包括单据样式、内容和业务执行流程的控制规则,并配置与内部既有的 ERP/PDM 等系统的集成接口和集成规则^[11]。协作企业群则通过龙头企业分配的账号和权限通过浏览器来使用平台,完成与该龙头企业的业务协作。在企业群应用过程中,龙头企业可以根据需要对配置后的流程模型进行二次修改^[12],达到在最大限度上满足租户需求的目的。

由于产业链协同 SaaS 平台以同一套软硬件支持多龙头企业为核心的多企业群的业务协同,因此,对于同一业务功能,不同龙头企业定制不同的业务流程并且在应用过程中根据需要动态调整其业务流程的需求明显,采用修改代码的方法显然不能满足企业群实时应用需求,以基于 SaaS 平台的汽车三包服务为例,龙头企业 A 公司、B 公司、C 公司三包服务中的外出服务业务流程如表 1 所示。对于同一业务,不同企业群的业务流程需求往往是不同的,因此业务流程定制和运行时的动态配置是产业链协同 SaaS 平台需要解决的首要问题。

表 1 不同龙头企业对产品三包外出服务审批流程

流程步骤	A 公司	B 公司	C 公司
1	申请	申请	申请
2	供应商审批	供应商审批	供应商审批
3	业务员审批	制造厂回访	业务员审批
4	外出服务	业务员审批	经理审批(大金额)
5	索赔鉴定	外出服务	外出服务
6		索赔鉴定	索赔鉴定

2 产业链协同 SaaS 企业群业务流程定制模型

为实现 SaaS 平台对以不同龙头企业为核心的企业群个性化业务流程定制的支持,建立如下的 SaaS 平台业务流程定制模型。

2.1 企业群业务流程定制模型

针对产业链协同 SaaS 平台面向企业群的动态业务流程定制需求,需要建立一套企业群业务流程定制模型,支持企业群动态定制业务流程。为了便于对业务流程定制模型的描

述,对平台业务流程涉及的对象进行以下定义。

定义 1 在面向多联盟的产业链协同 SaaS 平台环境下,企业联盟 U_i 用一个四元组 $U_i = (E_{U_i}, T_{U_i}, R(T_{U_i}), E \rightarrow R(T_{U_i}))$ 表示,其中:

$E_{U_i} = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ 表示联盟中的企业, n 为企业数量;

$T_{U_i} = \{T_{U_{i1}}, T_{U_{i2}}, \dots, T_{U_{in}}\}$ 表示联盟企业协作关系类型集,包括经销商、服务商、供应商等协作关系类别;

$R(T_{U_i})$ 表示按协作关系类型对企业划分的片区级;

$E \rightarrow R(T_{U_i})$ 表示联盟 U_i 中的协作关系集^[7]。

定义 2 产业链协同 SaaS 平台为各企业群提供多项业务服务,这些业务 O_i 可用五元组 $O_i = (O_{id}, O_{des}, A_{O_i}, F_{O_i}, A \rightarrow R(F_{O_i}))$ 表示,其中:

O_{id} 表示业务标识。

O_{des} 表示业务描述。

$A_{O_i} = \{A_{O_{i1}}, A_{O_{i2}}, \dots, A_{O_{in}}\}$ 表示该业务包含的活动集, n 为业务包含的活动数,且 $\forall A_{O_{ij}} \in A_{O_i}$, 有 $A_{O_{ij}} = (A_{O_{ijid}}, A_{O_{ijN}}, P_{A_{O_{ij}}}, S_{A_{O_{ij}}}, C_{A_{O_{ij}}})$, 其中: $A_{O_{ijid}}$ 表示活动标识; $A_{O_{ijN}}$ 表示活动名称; $P_{A_{O_{ij}}}$ 表示具有执行活动的权限标识; $S_{A_{O_{ij}}}$ 表示活动绑定的状态; $C_{A_{O_{ij}}}$ 表示活动的性质,如参考、执行、开始等。

$F_{O_i} = \{F_{O_{i1}}, F_{O_{i2}}, \dots, F_{O_{in}}\}$ 表示功能模块集, n 为业务包含的功能模块,且 $\forall F_{O_{ij}} \in F_{O_i}$, 有 $F_{O_{ij}} = (F_{O_{ijid}}, I_{F_{O_{ij}}}, R(P_{F_{O_{ij}}}))$, 其中: $F_{O_{ijid}}$ 表示功能模块标识, $I_{F_{O_{ij}}}$ 表示功能模块接口, $R(P_{F_{O_{ij}}})$ 表示模块所需参数集。

$A \rightarrow R(F_{O_i})$ 表示活动到功能模块集的映射, $\forall A_x \in A_{O_i}$, 有 $A_x \rightarrow R(F_{O_i}) \neq \emptyset$, 即每个活动包含一个或多个功能模块。

定义 3 企业群定制的业务流程模型可用一个四元组 $M_i = (M_{id}, S_{M_i}, R(F_{M_i}), E_{M_i})$ 表示,其中:

M_{id} 表示流程模型标识。

S_{M_i} 表示流程模型的触发活动, $S_{M_i} \in A_{O_i}$ 。

$R(F_{M_i})$ 表示流程模型原子集,对于功能复杂的业务,其流程模型由多个流程模型原子 F_{M_i} 组成,且 $\forall F_{M_x} \in R(F_{M_i})$, 有 $F_{M_x} = (F_{M_{xid}}, Aw_{F_{M_x}}, Af_{F_{M_x}}, Con_{F_{M_x}}, Ch_{Con})$, 其中: $F_{M_{xid}}$ 表示流程模型原子标识; $Aw_{F_{M_x}}$ 和 $Af_{F_{M_x}}$ 分别表示前驱活动和后置活动, $Aw_{F_{M_x}} \in A_{O_i}$ 且 $Af_{F_{M_x}} \in A_{O_i}$; $Con_{F_{M_x}}$ 表示转移条件,由用户定义; $Ch_{Con} = (0 | 1)$, 1 表示为“真”, 0 表示为“假”。

E_{M_i} 表示流程模型的结束活动, $E_{M_i} \in A_{O_i}$ 。

定义 4 一个流程实例可用一个六元组 $FE = (FE_{id}, M_{id}, C_{FE}, S_{FE})$ 表示,其中:

FE_{id} 表示流程实例的标识;

M_{id} 表示流程模型标识;

C_{FE} 表示创建该实例的用户标识,即使用该流程模型的用户;

S_{FE} 表示流程实例的状态,如 Running、End、waiting 等;

A_i 表示流程实例当前运行到的活动;

T_{FE} 表示实例创建的时间。

定义1~4分别对产业链协同SaaS平台业务流程定制所涉及的对象进行了定义和描述。定义1描述了SaaS平台的使用对象,即企业联盟;定义2描述了SaaS平台为定义1中的各企业群提供的业务;定义3描述了各企业群定制的流程模型;定义4描述了流程实例的组成。产业链协同SaaS平台业务流程定制过程即是对这些对象之间的协同关系定义的过程,因此,定义1~3之间关系可表示为一个三元组: $CN_i = (CN_{id}, U_i \rightarrow R(O_j), O_j \rightarrow M_j)$, 其中:

CN_{id} 表示关系标识;

$U_i \rightarrow R(O_j)$ 表示企业联盟与业务的对应关系集, 且 $\forall E_x \in E_{U_i}$, 有 $E_x \rightarrow R(O_j) \neq \emptyset$, 即每个联盟中的企业有一个或多个业务;

$O_j \rightarrow M_j$ 表示业务与流程模型的对应关系, 对于联盟企业中的任意业务 O_j , 有且仅有一个流程模型 M_j 与之对应。

2.2 模型驱动规则

产业链协同SaaS平台业务流程定制模型表达了业务流程定制过程中所涉及的对象以及这些对象之间的协同关系, 这些关系需要在定制规则的驱动下, 实现产业链协同SaaS平台面向不同企业群不同业务需求的业务流程定制。

在企业群业务流程模型中, 模型驱动规则主要包含 ORD (顺序) 规则、DIS (分支) 规则、SUR (并发) 规则、OR (抑或) 规则、CON (聚合) 规则和 ASY (异步参考) 规则。

1) ORD 规则。

对于 ORD 规则, 如图1所示。其中, $Actw$ 和 $Actf$ 分别代表前驱活动和后置活动; D 代表活动的转移算法, C 为 D 的条件, 由租户定义。则有 ORD 规则:

$$Ordinal = f(g(Actw, D(C)), Actf) \quad (1)$$

式(1)为业务流程的顺序执行规则, 默认情况下: $C = 1$, 即执行条件为真。

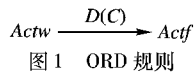


图1 ORD 规则

2) DIS 和 SUR 规则。

对于 DIS 规则, 如图2所示。其中, $Actw$ 和 $Actf_i (i \in N^+)$ 分别代表前驱活动和后置活动; D 代表活动的转移算法, $C_i (i \in N^+)$ 为 D 的执行条件。则有 DIS 规则:

$$Dispersed = f(g(Actw, D(C_i)), Actf_i); i \in N^+ \quad (2)$$

SUR 规则是 DIS 规则的特例, 即 $C_1 = C_2 = \dots = C_n$ 。设 $C = C_i (i \in N^+)$, 则有 SUR 规则:

$$Intercurrent = f\left(g(Actw, D(C)), \sum_{i=1}^n Actf_i\right); i \in N^+ \quad (3)$$

其中 n 为活动 $Actw$ 的出度。

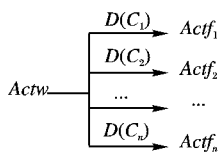


图2 DIS 和 SUR 规则

3) OR 和 CON 规则。

对于 OR 规则, 如图3所示。其中, $Actw_i (i \in N^+)$ 和 $Actf$ 分别代表前驱活动和后置活动; D 代表活动的转移算法, $C_i (i \in N^+)$ 为 D 的执行条件; or 为规则标识, 在 OR 规则中, $or = 1$, 且只要其中一个条件满足, 即可得到 $Actf$, 则有 OR 规则:

$$or = f(g(Actw_i, D(C_i)), Actf); i \in N^+ \quad (4)$$

CON 规则是 OR 规则的特例, 即 $or = 0$, 表示所有条件都满足, 才能得到 $Actf$ 。则有 CON 规则:

$$Converge = f\left(\sum g(Actw_i, D(C_i)), Actf\right); i \in N^+ \quad (5)$$

其中 n 为活动 $Actf$ 的入度。

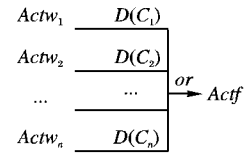


图3 OR 和 CON 规则

4) ASY 规则。

对于 ASY 规则, 如图4所示。其中, In 代表入口, 可以是其他活动或“开始”节点; $Actr$ 代表具有参考性质的活动; R 代表参考映射; $Actw$ 和 $Actf$ 分别代表前驱活动和后置活动; D 代表活动的转移算法, C 为 D 的执行条件。设参考公式为 $Ref = k(R(Actr), Actw)$, 则有 ASY 规则:

$$Asynchronism = f(g((Actw | Ref), D(C)), Actf) \quad (6)$$

在实际的业务流程中, 可能不只是需要其中一种规则驱动模型, 更多的是多种规则的组合, 往往需要先将其分解为单个规则来逐一驱动流程模型。

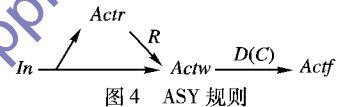


图4 ASY 规则

3 企业群业务流程定制实现的关键技术

3.1 流程模型的存储和调用

流程模型的存储和调用如图5所示。首先由企业联盟 U_i 通过流程定制工具定制流程模型, 流程模型将按照模型原子 Fm_i 进行分条存储, 并得到模型原子集 $R(Fm_i)$, 按照 M_i 的要求, 得到 S_{M_i} 和 E_{M_i} , 并生成 M_{id} , 最后将整个 M_i 的信息存储到流程模型库中。由企业群与业务流程模型关系 CN_i 可知, 首先生成 CN_{id} , 然后根据 U_i 所选择的业务 O_x 得到关系 $U_i \rightarrow O_x$, 并建立业务 O_x 与定制的业务流程模型 M_i 的关系 $O_x \rightarrow M_i$, 最后将 CN_i 存储到流程控制数据库中。

联盟中的企业在调用流程模型时, 由 CN_i 根据 O_x 和 E_{M_i} 得到模型标识 M_{id} , 根据 M_{id} 即可调用流程模型库中的相应模型 M_i 进行流程控制。

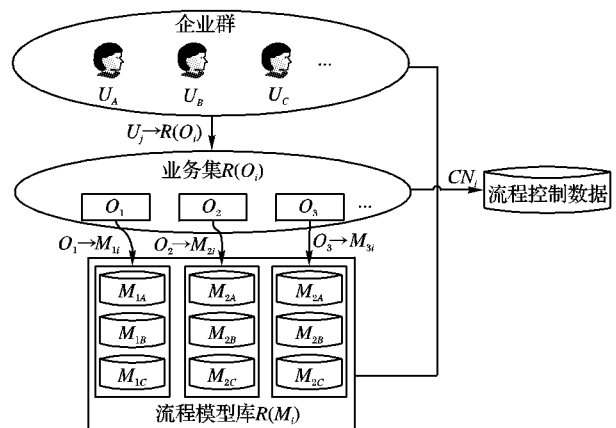


图5 流程模型的存储和调用

3.2 流程模型的加载

业务 O_x 的流程模型的加载由 S_{M_i} 触发开始, 得到 M_{id} 后,

在流程模型库找到相应的流程模型原子集 $R(Fm_i)$, 并为用户创建一个流程实例 FE , 由 $R(Fm_i)$ 中 $C_{A_{O_i}}$ 为“Start”的活动 A_i 开始, 以 $R(Fm_i)$ 为基础由模型驱动规则对整个业务流程进行控制。

算法 流程模型执行和加载算法。

输入 联盟标识 A_{id} , 企业标识 E_{id} , 流程模型触发活动 S_{M_i} 。

输出 业务流程执行结果。

BEGIN

- 1) 企业 E_i 通过活动 S_{M_i} 触发进行业务 O_x ; // E_i 中 $ID = E_{id}$
- 2) SELECT MID FROM OM WHERE OM. $A_{id} = A_{id}$;
//MID 为流程模型 ID, OM 为业务模型对应表
- 3) MID $\rightarrow E$;
//E 为流程实例表
- 4) SELECT Rm FROM M WHERE M. MID = MID;
//Rm 为流程模型原子集, M 为流程模型表
- 5) 解析 Rm 中的各模型原子符合的驱动规则并标记;
//4) ~5) 为模型加载过程
- 6) SELECT Act FROM M WHERE M. MID = MID AND
M. $C_{A_i} = \text{"Begin"};$ //M 为流程模型表
- 7) Execute Act, Set State = Running;
- 8) Act 执行结束后, 将 Act 的执行结果作为当前流转条件 C;
- 9) 根据 Act、C 和模型驱动规则, 得到 Actf;
- 10) UPDATE E SET Act = Actf WHERE E. MID = MID;
- 11) SELECT C_{A_i} FROM M WHERE M. ID = MID AND
M. Act = Actf;
- 12) if $C_{A_i} \neq \text{"End"};$ 跳至 5); else SET State = End, 跳至 11);
- 13) DELETE FROM E WHERE E. MID = MID;

END

4 流程定制验证实例

三包服务是售后服务的重要组成部分, 也成为企业快速发展的需求。外出申请是三包服务中所必须的业务之一, 在服务商需要进行外出服务时, 均需进行该业务。此外, 产品协同销售也是产业链协同 SaaS 平台的重要功能, 其具体的业务流程体现在销售订单中。因此, 本章通过汽车零部件产业链售后服务的外出申请审批流程和销售订单业务流程的定制说明企业群个性化定制过程及结果的验证。

4.1 外出申请流程定制

以联盟企业 A 的身份登录, 定制包含多种流转类型的外出申请业务流程模型, 如图 6 所示。

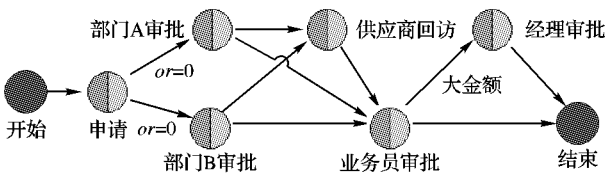


图6 外出申请流程模型

其中, 从申请到部门 A 和部门 B 的审批满足 SUR 规则, 部门 A 和部门 B 审批到业务员审批和供应商回访满足 SUR 和 CON 规则, 供应商回访和业务员审批到经理审批满足 ASY 规则, 从业务员审批到经理审批和结束满足 DIS 规则, 从经理审批到结束满足 ORD 规则。因此, 联盟企业 A 定制的流程模型执行过程为:

$Ordinal \rightarrow Intercurrent \rightarrow Intercurrent\&Converge \rightarrow$
 $Asynchronism \rightarrow Dispersed \rightarrow Ordinal$

其中:

$Ordinal = f(g(\text{开始}, D(1)), \text{申请})$

$Intercurrent = f(g(\text{申请}, D(1)), \sum(\text{部门 A 审批},$
 $\text{部门 B 审批}))$

$Intercurrent\&Converge = f(\sum(g(\text{部门 A 审批}, D(1)),$
 $g(\text{部门 B 审批}, D(1))), \sum(\text{供应商回访}, \text{业务员审批}))$

$Asynchronism = f(g(\text{业务员审批} \mid k(R(\text{供应商回访}), \text{业$
 $\text{务员审批}), D(1)), (\text{经理审批} \mid \text{结束}))$

$Dispersed = f(g(\text{业务员审批}, D(C_i)), Actf_i)$; 当 $C_i = 1$
时, $Actf_i = \text{结束}$, 当 $C_i = \text{大金额}$ 时, $Actf_i = \text{经理审批}$
 $Ordinal = f(g(\text{经理审批}, D(1)), \text{结束})$

4.2 结果验证

登录汽车零部件产业链 SaaS 平台, 执行 $Ordinal$ 规则, 填写外出申请单据, 得到如图 7 结果, 单据号 0500112101801。

1) 提交单据后, 执行 $Intercurrent$ 规则, 可看到单据状态为待部门审批, 如图 8(a) 所示。

2) 以部门 A 身份登录, 对单据进行审批, 审批通过, 单据状态如图 8(b) 所示。以部门 B 身份登录, 审批单据通过, 执行 $Intercurrent\&Converge$ 规则, 单据状态如图 8(c) 所示。可以看出, 在 $Converge$ 规则中, 只有所有审批都通过, 才能进行下一级审批。

3) 当单据状态为待业务员参考审批时, 既可以进行供应商回访, 也可以进行业务员审批。首先进行供应商回访, 执行 $Asynchronism$ 规则, 回访通过后, 单据状态如图 8(d) 所示; 以业务员身份登录, 审批单据通过, 执行 $Dispersed$ 规则, 可得到单据状态为完成审批, 如图 8(e) 所示, 说明流程结束。若业务员选择大金额审批通过, 可看到单据状态为待经理审批, 如图 8(f) 所示。

4.3 销售订单业务流程定制

以联盟企业 B 的身份登录, 定制销售订单业务流程模型, 如图 9 所示。

其中, 从申请到驻外业务员审批和驻外业务员审批到订单审核员审批均满足 ORD 规则, 订单审核员审批到请示上级和结束满足 DIS 规则, 请示上级到结束满足 ORD 规则。因此, 联盟企业 B 定制的流程模型执行过程为:

$Ordinal \rightarrow Ordinal \rightarrow Ordinal \rightarrow Dispersed \rightarrow Ordinal$

其中:

$Ordinal = f(g(\text{开始}, D(1)), \text{申请})$

$Ordinal = f(g(\text{申请}, D(1)), \text{驻外业务员审批})$

$Ordinal = f(g(\text{驻外业务员审批}, D(1)),$
 $\text{订单审核员审批})$

$Dispersed = f(g(\text{订单审核员审批}, D(C_i)), Actf_i)$; 当
 $C_i = \text{余额足够}$ 时, $Actf_i = \text{结束}$, 当 $C_i = \text{A 类经销商余$
 款不足 , $Actf_i = \text{请示上级}$

$Ordinal = f(g(\text{请示上级}, D(\text{补足余额})), \text{结束})$

4.4 结果验证

登录汽车零部件产业链 SaaS 平台, 执行 $Ordinal$ 规则, 填写配件销售订单, 如 4.2 节得到单据号为 0600083302301 的销售订单。

1) 以驻外业务员身份登录, 对单据进行审批, 审批通过, 执行 $Ordinal$ 规则, 单据状态如图 10(a) 所示。以订单审核员身份登录, 审批余额足够, 单据状态如图 10(b) 所示。

2) 若订单审核员审批单据结果为余额不足, 且供应商为 A

类经销商,执行 *Dispersed* 规则,单据状态如图 10(c)所示。以 相应供应商身份登录,补足余额,单据状态如图 10(d)所示。

申请单号: 0500112101801	申请主题: 流程定制测试
服务站名称: 测试	服务站地址: 测试
车辆底盘号: dph43243	外出人员手机: 12345678123
用户姓名: ce	用户电话: 43254542
购车日期: 2012-11-15	服务站联系电话: 43254353
车辆型号: 43n42	走保日期: 2012-11-29
外出地点: dee	外出方式: 公共车
故障描述: 测试	传真: 432435432
原因分析: 测试	发动机号: 4325
处理意见: 测试	行驶里程: 30
上传附件: 测试	开始外出时间: 2012-12-1
	单边里程: 4 公里

提交申请 撤回

图 7 填写外出申请

申请单号	底盘号	申请主题	申请日期	联系电话	传真	申请状态	操作
0500112101801	dph43243	流程定制测试	2012-12-1	43254542	432435432	待部门审批	管理

(a) 待部门审批状态

申请单号	底盘号	申请主题	申请日期	联系电话	传真	申请状态	操作
0500112101801	dph43243	流程定制测试	2012-12-1	43254542	432435432	待部门B审批	管理

(b) 待部门B审批状态

申请单号	底盘号	申请主题	申请日期	联系电话	传真	申请状态	操作
0500112101801	dph43243	流程定制测试	2012-12-1	43254542	432435432	待业务员参考审批	管理

(c) 待业务员参考审批状态

申请单号	底盘号	申请主题	申请日期	联系电话	传真	申请状态	操作
0500112101801	dph43243	流程定制测试	2012-12-1	43254542	432435432	待业务员审批	管理

(d) 待业务员审批状态

申请单号	底盘号	申请主题	申请日期	联系电话	传真	申请状态	操作
0500112101801	dph43243	流程定制测试	2012-12-1	43254542	432435432	完成审批	管理

(e) 完成审批状态

申请单号	底盘号	申请主题	申请日期	联系电话	传真	申请状态	操作
0500112101801	dph43243	流程定制测试	2012-12-1	43254542	432435432	待经理审批	管理

(f) 待经理审批状态

图 8 不同阶段单据状态(外出申请)

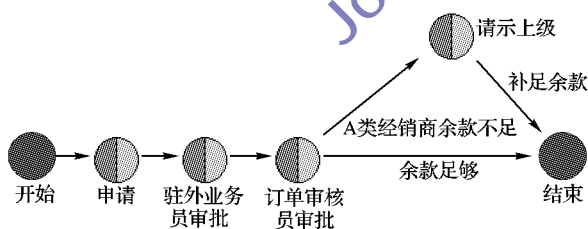


图 9 销售订单业务流程模型

5 结语

流程定制已逐渐成为产业链协同 SaaS 平台的发展趋势,也是不可缺少的功能,它在租户的个性化需求和节约供应商成本上有着至关重要的作用。本文在分析企业业务流程特点后,建立了业务流程与业务功能之间的映射关系和企业群与业务流程之间的定制关系,在此基础上构建了 SaaS 平台面向多企业群的业务流程定制模型,并提出了业务流程模型驱动规则和加载控制方法,实现了平台在应用过程中基于用户身份的业务流程动态加载支持。从上述用户定制过程和实验结果可验证本技术的简易性和有效性。

下一步的工作主要是对业务整个流程进行监控和安全方面的提升,从而提高整个业务进行的速度和安全性。

参考文献:

- [1] 周亮,曹健,陈姣娟. 软件即服务流程模型的自动演化[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(8): 1603-1608.
- [2] PETER B, THOMAS H. Software as a service [J]. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 2008, 50(6): 500-503.
- [3] 陈小兵,武泽旭. 支持多类终端与服务定制的 SaaS 软件服务架构[J]. 计算机应用, 2010, 30(10): 2754-2757.
- [4] 刘明,姚青. 基于知识的可变业务流程建模模型[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(12): 4020-4025.
- [5] 史良玉,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.
- [6] 王超,钟志农,熊伟,等. 流程业务化定制中的工作流建模方法研究[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(Z2): 172-177.
- [7] 王凯,张毅坤,杨凯峰,等. 面向 OA 系统的工作流引擎研发[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(19): 4967-4971.
- [8] THOMAS K, THAO N, LINH L. A software as a service with multi-tenancy support for an electronic contract management application [C]// 2008 IEEE International Conference on Service Computing.

Piscataway: IEEE, 2008: 179 – 186.

- [9] ZHANG K, ZHANG X, SUN W, *et al.* A policy-driven approach for software-as-a-service customization [C]// Proceedings of the 9th IEEE International Conference on E-Commerce Technology and the 4th IEEE International Conference on Enterprise Computing, Piscataway: IEEE, 2007: 123 – 130.

[10] 王淑营. 支撑产业链协同 SaaS 平台自适应演化技术[J]. 西南交通大学学报, 2012, 47(1): 39 – 45.

[11] 王淑营. 面向产业链协同商务平台的动态数据交换技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(6): 1336 – 1343.

[12] 杨娟, 曹健. 基于规则的服务流程配置模型与系统[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(8): 1547 – 1554.

销售订单号	订单类型	经销商名称	订单日期	联系电话	单据状态	订单所含零部件信息	操作
0600083302301	加急订单	XX 经销商	2012-12-12	82917263	待订单审核 业务员审批	查看	管理

(a) 驻外业务员身份登录, 审批通过

销售订单号	订单类型	经销商名称	订单日期	联系电话	单据状态	订单所含零部件信息	操作
0600083302301	加急订单	XX 经销商	2012-12-12	82917263	审核完成	查看	管理

(b) 订单审核员身份登录, 审批余额足够

销售订单号	订单类型	经销商名称	订单日期	联系电话	单据状态	订单所含零部件信息	操作
0600083302301	加急订单	XX 经销商	2012-12-12	82917263	待经销商补充余额	查看	管理

(c) 订单审核员审批单据结果为余额不足, 且供应商为 A 类经销商

销售订单号	订单类型	经销商名称	订单日期	联系电话	单据状态	订单所含零部件信息	操作
0600083302301	加急订单	XX 经销商	2012-12-12	82917263	审核完成	查看	管理

(d) 供应商身份登录, 补足余额

图 10 不同阶段单据状态 (配件销售)

(上接第 1434 页)

参考文献:

- [1] 卢桂馥, 林忠, 金忠. 基于核化图嵌入的最佳鉴别分析与人脸识别[J]. 软件学报, 2011, 22(7): 1561 – 1570.
- [2] WANG Q H, ZHANG Y Y, CAI L, *et al.* Fault diagnosis for diesel value trains based on non-negative matrix factorization and neural network ensemble [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2009, 23(5): 1683 – 1695.
- [3] BEHRENS T, ZHU A X, SCHMIDT K, *et al.* Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping [J]. Geoderma, 2010, 155(3/4): 175 – 185.
- [4] LIPOVETSKY S. PCA and SVD with nonnegative loadings [J]. Pattern Recognition, 2009, 42(1): 68 – 76.
- [5] CAMACHO J, PIC J, FERRER A. Data understanding with PCA: structural and variance information plots [J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 2010, 100(1): 48 – 56.
- [6] RADULOVIC J, RANKOVIC V. Feedforward neural network and adaptive network-based fuzzy inference system in study of power lines [J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(1): 165 – 170.
- [7] PETER N B, JOAO P H, DAVID J K. Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(7): 711 – 720.
- [8] LOPEZ M M, RAMIREZ J, ALVAREZ I, *et al.* SVM-based CAD system for early detection of the Alzheimer's disease using kernel PCA and LDA [J]. Neuroscience Letters, 2009, 464(3): 233 – 238.

- [9] MIKA S, RATSCH G, WESTON J, *et al.* Constructing descriptive and discriminative nonlinear features: Rayleigh coefficients in kernel feature spaces [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(3): 623 – 628.
- [10] YANG M H. Kernel Eigenfaces vs. kernel Fisherfaces: face recognition using kernel methods [C]// Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2002: 215 – 220.
- [11] GRIFFITHS T L, KALISH M L. A multidimensional scaling approach to mental multiplication [J]. Memory and Cognition, 2002, 30(1): 97 – 106.
- [12] ROWEIS S T, SAUL L K. Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding [J]. Science, 2000, 290: 2323 – 2326.
- [13] BELKIN M, NIYOGI P. Laplacian eigenmaps and spectral techniques for embedding and clustering [C]// NIPS: Proceedings of Advances in Neural Information Processing Systems. Cambridge: MIT Press, 2001: 585 – 591.
- [14] HE X F, NIYOGI P. Locality preserving projections [EB/OL]. [2012 – 09 – 11]. http://books.nips.cc/papers/files/nips16/NIPS2003_AA20.pdf.
- [15] WAGNER A. How the global structure of protein interaction networks evolves [J]. Proceedings of Biological Sciences, 2003, 270 (1514): 457 – 466.
- [16] 孔德生, 何洁月. 蛋白质作用网络中模体识别技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(8): 1 – 4.