

柔性工作流元模型及应用^{*}

余 阳, 汤 庸

(中山大学计算机科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 随着企业竞争的加剧和政府对于提高工作效率的迫切需要, 工作流的柔性问题成为研究的热点。以元模型为基础, 提出了一种实现柔性工作流的方法。以 WfMC 过程定义元模型为基础, 提出了一种支持工作流柔性的元模型。在此基础上, 通过引入 ECA 规则, 对工作流中主要元素进行了形式化描述。以实例说明了该模型在实践中的应用。

关键词: 工作流; 元模型; 柔性

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 02-0021-04

1993 工作流管理联盟 (WfMC) 的成立和它在次年发布的工作流系统参考模型^[1]标志着工作流技术开始进入相对成熟的阶段, 涌现出了大量工作流系统产品^[2]。使用这些系统的工作方式分为两个阶段: 建模阶段和运行阶段。在建模阶段, 使用建模工具定义工作流程, 形成过程的某种形式化描述; 在运行阶段, 工作流引擎解释执行过程的定义。这使得工作流管理系统 (WFMS) 比较适合过程可预知且相对固定的任务。

随着企业竞争的加剧和政府提高效率的迫切需要, 企业对业务过程重组 (BPR) 日益重视, 成为企业增强应变能力和竞争力的日常工作。政府的职能转变和结构调整也需要进行部门重组、业务调整、流程优化等工作。许多工作流程事先无法清楚地预知, 最多只能预知某些常规情况的处理; 即使是一些原来固定的流程也会改变, 这需要 WFMS 具有在执行阶段动态修改过程定义的能力, 也即柔性。现有 WFMS 产品的两阶段工作模式已很难适应这种需要。

1 相关研究状况及分析

文献[3]将工作流的柔性分为选择性柔性和适应性柔性。选择性柔性要求建模时预知可能的变化; 适应性柔性又分为型调整和实例调整两类, 其中实例调整要求对工作流的修改可以立即生效, 也称动态适应。文献[4]基于面向对象技术实现了一个支持动态适应性的原型系统。这些研究都没有涉及组织模型和信息模型中相关元素的变化, 也没有

进行形式化的描述。对工作流进行形式化描述必须有元模型的支持。元模型 (meta model) 是用来定义语义模型的构造 (construct) 和规则 (rule) 的, 通常称为定义表达模型的语言的模型^[5]。工作流的元模型是用于描述工作流内部的各个元素、元素之间关系及元素属性的。

WfMC 提出了一个基础的工作流过程定义元模型^[1], 如图 1 所示。

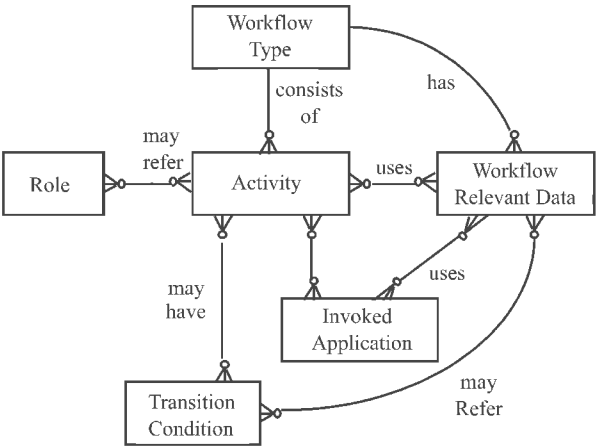


图 1 WfMC 过程定义元模型

Fig. 1 Basic process definition meta-model of WfMC

WfMC 过程定义元模型描述了工作流定义中的对象和对象关系。它更侧重于定义期过程模型的概念, 对组织模型、信息模型和运行期相应概念的描述比较薄弱。对象间的关系涉及到 uses 等行为关系的描述, 缺乏对基本元素间数据关系的描述, 因

^{*} 收稿日期: 2003-12-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60373081); 广东省十五重大专项资助项目 (A10203-1)

作者简介: 余阳 (1966 年生), 男, 在职博士, 副教授; E-mail: yuy@zsu.edu.cn

此较难支持基本元素及关系的形式化描述。

目前，已有不少研究者对该元模型进行了改进和扩展^[6-9]。文献[6]将工作流元模型分为四个角度来看：功能观点、行为观点、信息观点和组织观点；文献[7]描述了一个三维工作流模型：控制流模型、资源模型和实例模型；文献[8、9]都将工作流元模型分为：过程模型、组织模型、数据/信息模型，为了支持工作流的动态变化，文献[8]将活动中的结构描述及约束分离出去，引入了连接符，并对工作流过程定义语言 WPD L 进行了相应的扩展，但没有进行形式化的建模和分析。文献[9]引入了活动实例、过程实例等运行期元素形成了动态工作流元模型，对过程模型、组织模型、信息模型的动态变化进行了较全面的形式化分析。其动态过程模型能较好的描述新增和删除活动的变化，但对活动结构的改变缺乏描述。文献[6-9]取得的成果为我们的研究提供了良好的基础。我们的目标是要建立一个支持柔性工作流的元模型，用它提供概念可以方便地、形式化的描述和研究工作流的动态变化。

2 改进的工作流元模型

为此，采用 ER 图来详细描述工作流的元模型，即各元素、元素间的关系和属性，这样更容易建立模型的形式化描述（图 2）。

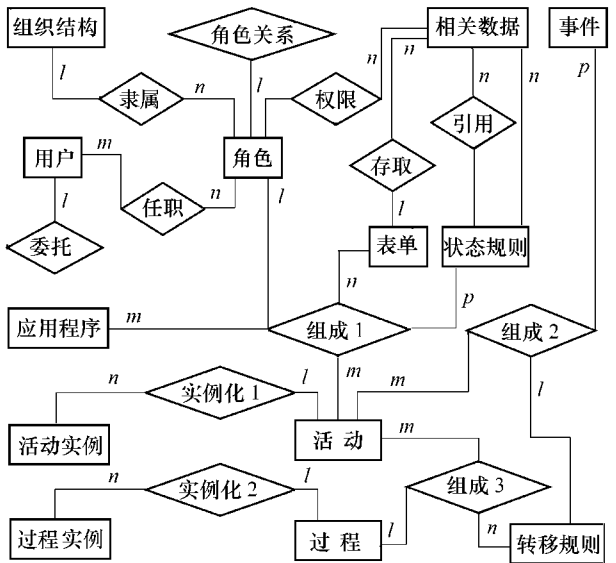


图 2 一个改进的工作流元模型
Fig. 2 A modified workflow meta-model

该模型描述了工作流系统过程模型、组织模型和信息模型中的基本元素、元素间的关系。几点说明如下：

(1) ER 图模型中屏蔽了元素间的行为关系，

如 WMC 过程定义元模型中应用程序与 workflow 相关数据间的“uses”关系。从识别 workflow 系统的主要构成元素及其关系的角度来说，该模型提供了足够的信息。

(2) 模型中的“角色关系”和“委托”关系的描述得益于文献[9]的相关论述，其中角色关系包括：隶属关系和对等关系（同一过程或活动中的排他关系和约束关系）。

(3) “组织结构”实体因不同 workflow 系统的支持能力不同而没有细化，最常见的组织结构是树型结构。

(4) 模型中的“表单”为用户直接存取 workflow 相关数据提供了结构化框架，主要用于非自动化活动中的数据录入。工作流定义期时定义表单模版，运行期产生表单实例，为清晰起见没有标出表单实例。

(5) 为清晰起见，模型没有标出运行期元素间的关系。如：活动实例与过程实例。

该模型吸取了文献[8]的思想，将 WMC 过程定义元模型中的转移条件（Transition Conditions）分解为活动的状态转换规则和活动间的转移规则。活动的状态转换规则是活动描述的一部分，可将它们封装在一起。活动间的转移规则是处理活动结构（join, split 等）及其约束（AND, OR, XOR）、活动间转移的规则，可单独封装。这些封装的独立性使得 WFMS 对过程定义进行动态修改变得更加容易和灵活，增强了 WFMS 对各种变化的适应性。

3 工作流形式化模型

基于图 2 所示的元模型，可以直接导出 workflow 的形式化模型。限于篇幅，本文仅对 workflow 中的过程、活动、规则、角色、表单、等主要元素进行形式化描述，并且只列出了这些元素的主要属性。完整的形式化模型将另文论述。

定义 1 过程可形式化表示为

$$WP = \langle \text{Pid}, \text{Pn}, \text{Ver}, \text{RuleSets}, \text{Activities}, F \rangle$$

其中，Pid 是 WP 的惟一标识；Pn 是过程名；Ver 是版本号；RuleSets 是转移规则集的集合，Activities 是活动的集合，F 是转移规则集与活动的对应关系。

可以看出 workflow 的过程定义与 Petri 网的概念有着较直接的对应关系，如：规则集对应库所，活动对应变迁，F 对应弧的集合。

定义 2 活动可形式化表示为

$$WA = \langle \text{Aid}, \text{Pid}, \text{Rid}, \text{Tid}, \text{APid}, \text{SRule}, S \rangle$$

Aid 是活动 WA 的惟一标识；Pid 是 WA 所属过程的

标识; Rid 是角色标识; Tid 是要处理的表单标识; APid 是应用程序标识; SRule 是状态规则集。

定义 3 活动基本状态集

$State = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4\}$

其中, S_0 表示活动处于就绪状态; S_1 表示活动处于运行期; S_2 表示活动已完成; S_3 表示活动挂起; S_4 表示活动异常。 S_0 是初始状态, S_2, S_4 是终止状态。状态转换如图 3 所示。

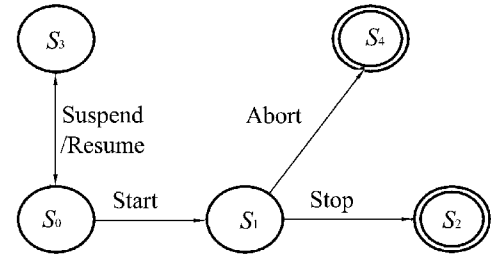


图 3 活动实例状态转换图

Fig 3 State transition diagram for activity

活动的状态转换和活动间的转移都是由事件和条件触发的。当活动状态到达终止态时, 触发活动完成事件 Done。采用 ECA (Event Condition Action) 形式来统一描述这些规则。

定义 4 规则的表达式是^[10]：

WHEN Events
IF Conditions THEN
Action
ENDIF
ENDWHEN

定义 5 角色形式化表示为

$Role = \langle Rid, Rn, C, A \rangle$

其中, Rid、Rn 是角色标识和名称; C 是角色能力的集合; A 是该角色对其它资源的访问权限。

定义 6 表单形式化表示为

$WT = \langle Tid, Ver, DataList, Frame \rangle$

Tid 是表单唯一标识, Ver 是表单版本号; DataList 是相关数据列表, Frame 是表单框架定义。

4 应用举例

例：处理工厂建设审批的简化工作流：申请人填写申报资料后, 要先进行规划审批, 再进行环保审批, 最后进行综合审批。因机构调整和流程优化, 在申请人提交申报资料后要加入与政策法规相关的预审, 若预审通过, 对申报材料同时进行规划审批和环保审批, 最后进行综合审批。

我们用 Petri 网进行过程建模, 该例的 Petri 网描述如图 4 所示。图 4 中, 活动 T_1 ：填写并提交申

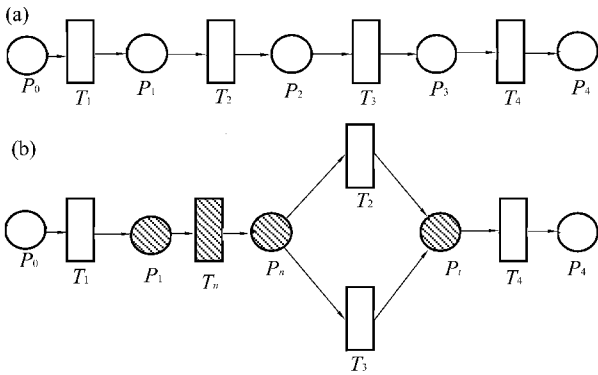


图 4 工厂报建审批流程

Fig 4 Petri net model of applying for factory constructing

(a) 原流程; (b) 调整后的流程

请资料; T_2 ：规划审批; T_3 ：环保审批; T_4 ：综合审批。 P_0 为开始结点, P_4 为结束结点。流程调整后加入了活动 T_n (预审) 和 P_n (转移规则集); 修改了 P_1 , 删除了 P_2, P_3 , 增加 P_t 。由于我们在元模型中将所有与活动结构及其约束的描述分离到了转移规则集中, 所以尽管流程调整后影响了活动的结构, 但并不影响活动本身的描述(如: T_2, T_3), 图 4(b) 中阴影部分是受调整影响的部分。这为灵活地调整工作流打下了良好的基础。

图 4(b) 中调整的转换规则的具体描述如下。

P_1 对应的转换规则:

WHEN Done(T_1)
IF WT. DataList. Valid THEN
Initialize(T_n)
ENDIF
ENDWHEN

规则中 WT. DataList. Valid 是活动 T_1 对申请资料进行格式验证后做的布尔标识。函数 Initialize() 的功能是产生活动实例并将其初始化为 S_0 状态。

P_n 对应的转换规则:

WHEN Done(T_n)
IF WT. DataList. Approved THEN
Initialize(T_2)
Initialize(T_3)
ENDIF
ENDWHEN

P_t 对应的转换规则:

WHEN Done(T_2) AND Done(T_3)
IF true THEN
Initialize(T_4)
ENDIF
ENDWHEN

5 对比分析及总结

本文通过用 ER 图描述一种改进的工作流元模型, 提供了对工作流模型形式化和工作流柔性的支持能力。由于文献 [9] 对组织模型和信息模型的动态变化做了较充分的研究, 本文的讨论主要关注过程模型。由于 ER 图描述的元模型属于更基础的静态模型, 无法对工作流基本元素间的行为关系进行描述, 与文献 [9] 提出的动态工作流元模型可以互为补充, 在本文静态元模型基础上, 对动态元模型进行适当调整, 可以增强其对活动结构变化的处理能力。

元模型的改进对工作流系统的影响是广泛的, 今后对工作流的研究至少会涉及如下几个方面:

(1) 以本文提出的工作流元模型为基础, 对元模型中的元素和关系进行封装, 用面向对象的方法研究描述基本对象间的行为关系, 形成更加完整的动态模型。

(2) 在此元模型的基础上, 全面引入元素和关系的时态属性。工作流的动态变化和影响与时间因素密切相关。

(3) 与工作流版本管理相结合研究工作流的柔性。在现实世界中, 柔性并不意味着可以对工作流任意修改, 工作流的变化必须进行管理控制, 也即版本管理。

(4) 柔性工作流的实现技术研究。在理论研究的指导下, 具体研究其实现技术。

参考文献:

- [1] HOLLINGSWORTH D. The workflow reference model[M]. Workflow Management Coalition, 1995.
- [2] 范玉顺, 吴澄. 工作流管理技术研究及产品现状及发展趋势[J]. 计算机集成制造系统 CIMS, 2000, 6(1): 1—7.
- [3] PETRA H, STEFAN H, STEFAN J, et al. A comprehensive approach to flexibility in workflow management systems[C]. Software Engineering Notes, 1999.
- [4] 朱文华, 王茜. 企业动态联盟中柔性工作流地研究与实现[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(4): 758—762.
- [5] RUMBAUGH J, JACOBSON I, BOOCH G. The unified modeling language reference manual[M]. Addison Wesley Longman Inc., 1999.
- [6] KAATHOVEN R van, JEUSFELD M A. Organizational memory supported workflow management. Electronic business engineering[C]. Heidelberg: Physica-Verlag, 1999: 543—563.
- [7] der AALST W M P van. Workflow verification: finding control-flow errors using petri-net-based techniques. Business Process Management. Lecture note in computer science 1806 [C]. USA, 2000: 161—183.
- [8] 赵文, 胡文惠, 张世琨, 等. 工作流元模型的研究与应用[J]. 软件学报, 2003, 14(6): 1052—1059.
- [9] 孙瑞志, 史美林. 一个支持动态变化的工作流元模型[J]. 电子学报, 2002, 30(12A): 2052—2056.
- [10] 胡锦敏, 张申生, 余新颖. 基于 ECA 规则和活动分解的工作流模型[J]. 软件学报, 2002, 13(4): 0761—0767.

A Flexible Workflow Meta model and Its Application

YU Yang, TANG Yong

(Department of Computer Science, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: As the increasing enterprise competitions and demands for government efficiency, the research on the flexibility of workflow has become an academic hot spot. Firstly, based on WfMC's Basic Process Definition Meta model, a modified workflow meta model supporting the flexibility is presented. Secondly, with the help of this meta model and ECA rules, some primary elements in workflow are formalized. Finally, an example is given to show the application of this model.

Key words: workflow; meta model; flexibility