

层次颜色工作流 Petri 网建模与应用

陈伟, 文东戈, 王昊

(黑龙江科技学院 计算机与信息工程系, 黑龙江 哈尔滨 150027)

摘要:当前,复杂工作流建模和动态工作流建模成为工作流研究中的重点。提出了层次颜色工作流 Petri 网的概念,并指出用层次颜色工作流网不仅能以层次化的方式描述业务过程,而且因为所获得的模型的语义更精确,所以可用此方法描述具有事务属性并行任务在执行失败时的回滚策略。

关键词:工作流;动态工作流;Petri 网;层次颜色工作流

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)01-0049-04

Modeling and Application of Hierarchical Colored Workflow Net

CHEN Wei, WEN Dong-ge, WANG Hao

(Department of Computer and Information Engineering,

Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: At present, complicated workflow modeling and dynamic workflow modeling become more important. To make up for the shortcomings of these existing modeling methods, hierarchical colored workflow net (HCWF-net) is proposed and based on hierarchical colored Petri net (HCPN) in the dissertation. Business processes can be modeled hierarchically by the hierarchical colored Petri net (HCPN). Since there are accurate semantics in the workflow process model based on hierarchical colored workflow net, rollback strategy of parallel tasks with transaction attribute can also be modeled by the model.

Key words: workflow; dynamic workflow; Petri net; HCPN

0 引言

自从 20 世纪 70 年代产生以来工作流管理技术得到了广泛的应用,并促进了业务过程的发展。文献[1]给出了工作流的定义。文献[2]给出了基于 Petri 网的工作流建模的一些方法。为了有效解决复杂工作流建模和动态工作流建模问题,过程建模方法必须得具备足够的灵活性和实时的可维护性。该文从系统结构建模思想出发,引入层次颜色工作流 Petri 网建模方法并对其加以分析验证,同时以此为基础探讨工作流的动态建模问题。

1 层次颜色工作流 Petri 网建模法

1.1 层次颜色工作流 Petri 网建模

定义 1 层次颜色 Petri 网是一个九重序元,用 HCPN 表示层次颜色 Petri 网, $HCPN = (S, SN, SA,$

$PN, PT, PA, FS, FT, PP)$ 。其中, S 是页的集合 ($\forall s \in S, s$ 是非层次颜色 Petri 网,或者 s 是 HCPN; $\forall s_1, s_2 \in s$, 都有 $s_1 \neq s_2 \Rightarrow (P_{s_1} \cup T_{s_1} \cup A_{s_1}) \cap (P_{s_2} \cup T_{s_2} \cup A_{s_2}) = \emptyset$; SN 是替代变迁(substitution transition)集合且 $SN \subseteq T$, T 是 HCPN 中的变迁集合; SA 是页分配函数(page assignment), $SA: SN \rightarrow S$, 任何页都不是自身的子页; PN 是端口库所(port place)集合, $PN \subseteq P$, P 是 HCPN 中的库所集合; PT 是端口库所类型(Type)函数, $PT: PN \rightarrow \{in, out, in/out, general\}$, in 表示端口库所是输入结点, out 表示端口库所是输出结点, in/out 表示端口库所既是输入结点又是输出结点, $general$ 表示该库所是普通库所; PA 是端口库所分配函数, 将 SN 映射到序偶集合 ($\forall t \in SN, PA(t) \subseteq X(t) \times PN$; $\forall t \in SN: \forall (p_1, p_2) \in PA(t): [PT(p_2) \neq general \Rightarrow ST(t, p_1) = PT(p_2)]$; $\forall t \in SN: \forall (p_1, p_2) \in PA(t): [C(p_1) = C(p_2) \wedge I(p_1) = I(p_2)]$), 函数 C 与 I 的定义与在非层次颜色 Petri 网中的定义一致); FS 是融合集合(fusion set)的有限集且 $FS \subseteq P_S, P_S$ 表示集合 P 的子集集合; FT 是融合类型(fusion type)函数, $FT: FS \rightarrow \{global, page, instance\}$; PP 是初始页

收稿日期: 2008-04-07

基金项目: 黑龙江省教育科研重点计划项目(11521250)

作者简介: 陈伟(1972-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 讲师, 硕士, 研究方向为网络技术及应用、信号处理。

(prime page), 且 $P \in S_{MS}$, S_{MS} 表示建立在 S 上的多集的集合。

与层次颜色 Petri 网定义一样, 层次颜色工作流的定义也是一个递归定义。

1.2 层次颜色工作流网合理性

文献[3]已经证明了一个一般工作流网 N 所建模的过程是合理的充要条件, 因此得到定理 1。

定理 1 一个颜色工作流网 CPN 所建模的过程是合理的, 当且仅当 CPN 是活的而且有界的。

定理 2 如果初始状态是安全的, 那么合理的自由选择颜色工作流网是安全的。证明略。

定理 3 $CPN_1 = (\sum_1, P_1, T_1, A_1, N_1, C_1, G_1, E_1, I_1)$, $CPN_2 = (\sum_2, P_2, T_2, A_2, N_2, C_2, G_2, E_2, I_2)$ 分别表示一个颜色工作流网, 满足 $T_1 \cap T_2 = \emptyset$, $P_1 \cap P_2 = \{i, o\}$, 而且 $t^+ \in T_1$ 。假设 $CPN_3 = (\sum_3, P_3, T_3, A_3, N_3, C_3, G_3, E_3, I_3)$ 是用 CPN_2 替换 CPN_1 中的 t^+ 而得到的颜色工作流网, 那么 CPN_1 , CPN_2 和 CPN_3 分别满足下面的条件:

如果 CPN_3 是自由选择的, 那么 CPN_1 和 CPN_2 也是自由选择的; 如果 CPN_3 是结构良好的, 那么 CPN_1 和 CPN_2 也是结构良好的; 如果 CPN_1 是安全并合理的, CPN_2 是合理的, 那么 CPN_3 是合理的; CPN_1 和 CPN_2 是安全和合理的当且仅当 CPN_3 是安全和合理的; CPN_1 和 CPN_2 是自由选择的和合理的当且仅当 CPN_3 是自由选择的和合理的; 如果 CPN_3 是结构良好的和合理的, 那么 CPN_1 和 CPN_2 是结构良好的和合理的; 如果 t^+ 和 t^{++} 仅含有一个元素, 那么 CPN_1 和 CPN_2 是结构良好的和合理的当且仅当 CPN_3 是结构良好的和合理的。

定理 3 的证明说明: 如果颜色工作流网是合理的, 那么按照层次颜色工作流网的定义由它们组合而成的工作流网仍是合理的。

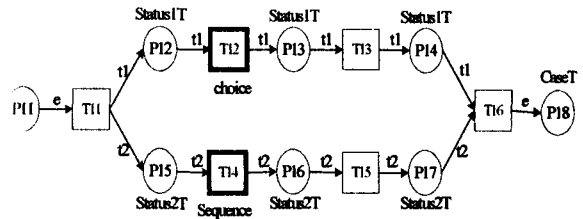
1.3 层次颜色工作流网的合理性验证

图 1 为层次颜色工作流网分析图。

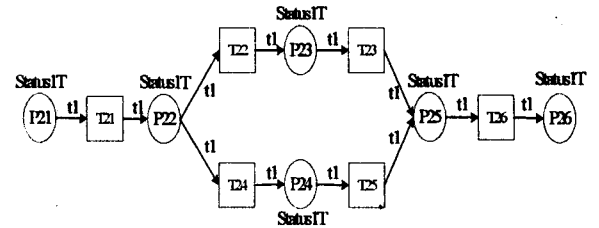
CPN Tools 是由现代颜色 Petri 网理论的开创者 K. Jensen 所领导的小组开发出来的^[4-6]。借助 CPN Tools 可以证明 CPN_1 、 CPN_2 和 CPN_3 的各自的短回路网是活的和有界的(见表 1 和表 2), 从而得出各自的颜色工作流网所建模的过程是合理的。

表 1 短回路网 HCPN' 的活性

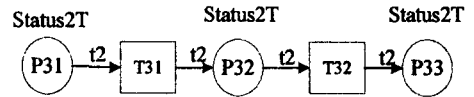
Liveness Properties	Answers
Dead Markings	None
Dead Transition Instances	None
Live Transition Instances	All



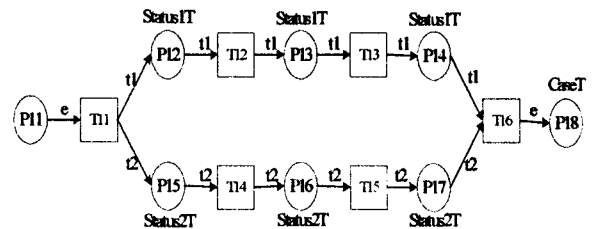
(a) 颜色工作流网 CPN₁



(b) 颜色工作流网 CPN₂



(c) 颜色工作流网 CPN₃



(d) 层次颜色工作流网 HCPN

图 1 层次颜色工作流网的分析图

表 2 短回路网 HCPN' 的有界性

Best Integer	Upper	Lower
Place		
Sequence' P32 1	1	0
Top' P11 1	1	0
...
Top' P18 1	1	0
choice' P22 1	1	0
...
choice' P25 1	1	0

2 业务过程的建模方法

在层次颜色工作流网模型中, 不再使用特殊的符号来表示 AND-join(或 OR-join)。基于类似的原因, 也不建议使用符号表示路由选择的情况, 而是用多个变迁共享同一个输入(或输出)库所的方法来表示路由选择, 可以借助 Standard ML 构造恰当的警卫函数

以确保在一定条件下触发其中某一个变迁。

3 应用

采煤机械制造业产品种类很多,但产品开发过程有极大的相似性,其一般过程包括图 2 所示的几个任务,接下来分别用三种方法对采煤机械制造行业的业务过程进行建模。

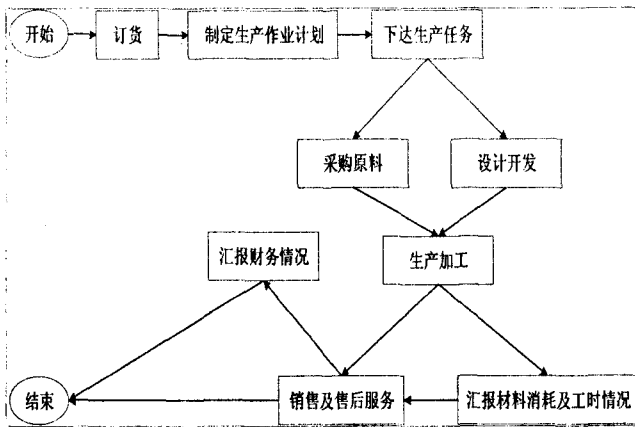


图 2 基于活动网络的经营管理过程模型图

3.1 基于活动网络的过程模型

图 2 所示的经营管理过程模型不能描述任务执行失败时的回滚策略,那么在任务不能被完全执行时 workflow 执行服务仅仅抛出一个异常。使处理异常具有很强的随意性而且会在一定程度上浪费资源。

3.2 基于工作流网的过程模型

图 3 中由于连接“生产加工”和“销售及售后服务”两个任务的弧,连接“销售及售后服务”任务和“结束”状态的弧均是无效路径,所以在图 3 中没有画出这些弧[7]。

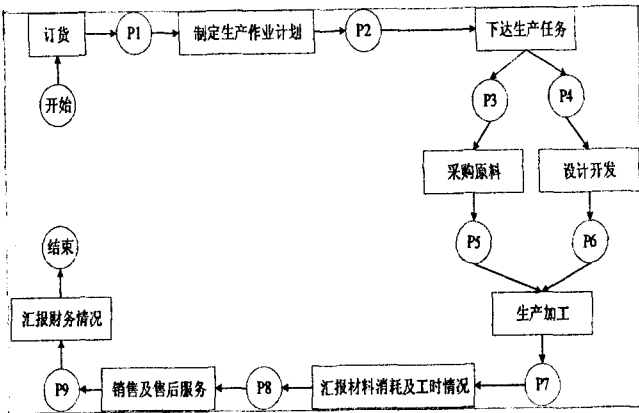


图 3 基于一般 Petri 网的工作流网

3.3 基于层次颜色工作流网的过程模型

图 4 和图 5 是用层次颜色工作流网^[8]所构造的采煤机械制造业经营管理过程模型。图 4 表示过程模型的初始页(prime page),图 5 是替代变迁“生产准备”

所对应的 ProPre 子页实例。图 4 和图 5 总共引入了三个状态集,分别是 CaseT, BranT1 和 BranT2,即三种颜色。使用层次颜色工作流网可以描述具有事务属性的并行任务在执行失败时要采用的回滚策略。

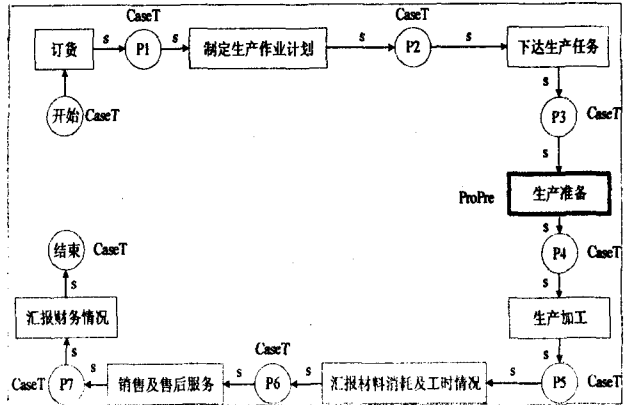


图 4 模型的初始页

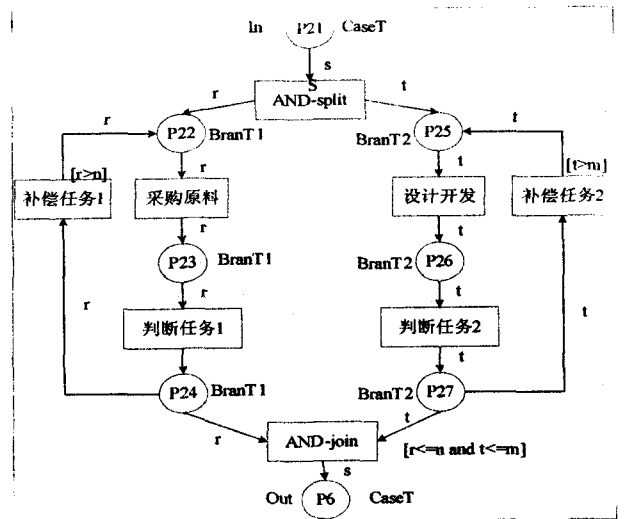


图 5 替代变迁“生产准备”所对应的 ProPre 子页实例

3.4 模型仿真及应用效果分析

使用 CPN Tools 对业务流程部分结果分析如图 6 所示。

Liveness Properties

Dead Markings: None
 Dead Transitions Instances: None
 Live Transitions Instances: All

Boundedness Properties

Best Integers Bounds	Upper	Lower
Development-Order' designer 1	3	1
D-P-order' d-account 1	3	0
Development-Order' D-Order 1	3	0
Development-Order' buyer 1	1	0
B-P-Order' dorder-get 1	3	0

图 6 仿真部分结果显示

图 6 的结果显示本工作流 Petri 网模型是活的和有界的,验证了模型的正确性。

本模型开发的软件投入使用后,应用效果良好。系统实现了网络内及远程机关部门信息共享、生产计划制定、库存微机管理、成本自动核算、设计参数自动提取、报表自动生成等功能,从而提高了整体工作效率、降低了成本。

4 结束语

分别使用活动网络、基于一般 Petri 网的工作流网和层次颜色工作流网对采煤机械制造行业的经营管理过程进行建模,再次证明了基于层次颜色工作流网的过程模型的优点,具备更丰富的语义表达能力、层次化表达能力和描述事务属性的能力。

参考文献:

[1] The Workflow Reference Model[EB/OL]. 2007. <http://www.wfmc.org/standards/model.htm>.

[2] 万和平,王明哲. 层次工作流 Petri 网建模与分析[J]. 计算机工程与应用,2005,41(15):211-214.

[3] van der Aalst W. Verification of Workflow nets[J]. Lecture Notes in Computer Science,1997,1248:407-426.

[4] Desel J, Esparza J. Free Choice Petri Nets[J]. Cambridge Tracts in Theoretical Computer Science,1995,40:91-101.

[5] CPN Tools[EB/OL]. 2007. <http://wiki.daimi.au.dk/cpn-tools/cpntools.wiki>.

[6] Billington J, Gallasch G E, Han Bing. A Coloured Petri Net Approach to Protocol Verification[J]. Lecture Notes in Computer Science,2004, 3098:210-290.

[7] 谢玉凤,杨光信,史美林. 基于条件化有向图的工作流过程优化[J]. 计算机学报,2001,24(7):729-735.

[8] 肖郑进. 面向企业应用的工作流精简建模研究[D]. 杭州:浙江大学,2006:32-43.

(上接第 45 页)

参考文献:

[1] 章毓晋. 图像处理和分折[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

[2] Brown M, Lowe D. Invariant Features from Interest Point Groups[C]//In Proceedings of the 13th British Machine Vision Conference. Cardiff:[s. n.],2002:253-262.

[3] Lowe D. Object Recognition from Local Scale-Invariant Features[C]//In Proceedings of the International Conference on Computer. Corfu, Greece:[s. n.],1999:1150-1157.

[4] 周长发. 精通 Visual C++ 图像处理编程[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

[5] 何斌,马天予,王运坚,等. Visual C++ 数字图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.

[6] 徐正光,田清,张利欣. 图像拼接方法探讨[J]. 微计算机信息,2006,22(3):27-30.

[7] Uyttendaele M,Eden A,Szeliski R. Eliminating ghosting and exposure artifacts in image mosaics[C]// In Proceedings of the Interational Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii:[s. n.],2001:509-516.

[8] Szeliski R, Kang S. Direct Methods for Visual Scene Reconstruction[C]// In IEEE Workshop on Representations of Visual Scenes. Cambridge:[s. n.],1995:26-33.

(上接第 48 页)

4 结束语

分析了 ATR 信息处理系统的数据处理流程,提出了基于领域工程的构件模型,并采用代数语言进行了形式化描述。借助于范畴理论给出了 ATR 系统抽象模型。进一步的工作就是在构件模型的基础上支持算法评估和算法的优化选择。ATR 信息处理支撑平台的建立将为 ATR 系统和 ATR 算法的开发制定标准,推动 ATR 技术实用化的进程。

参考文献:

[1] Ruda H, Snorrason M, Shue D. Framework for automatic target recognition optimization[R]. U S: Charles River Analytics, 1999.

[2] 楚旺,钱德沛. 以体系结构为中心的构件模型的形式化语义[J]. 软件学报,2006,17(6):1287-1297.

[3] Shaw M, Garlan D. Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline [M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc. ,1996.

[4] Yang Fu qing. Software reuse and relevant technology[J]. Computer Science, 1999,26(5):1-4.

[5] Luckham D, Vera J, Meldal S. Three concepts of system architecture[R]. US: Stanford University, 1995.

[6] Guo Jiang. Using Category Theory to Model, Software Component Dependencies dependencies. [C]//In: Proc. of the 9th Annual IEEE Int'1 Conf. and Workshop on the Engineering of Computer - Based Systems (ECBS 2002). [s. l.]: IEEE Computer Society, 2002:185-192.