

一种基于分层 Petri 网的软件工作流程开发模型

敖丽敏^{1,2} 王树大² 郭永洪³

(中国农业大学信息与电气工程学院 北京100083)¹ (东北电力学院信息工程系 吉林132012)²

(中国农业大学经济管理学院 北京100083)³

摘要 软件开发模型很多,基于 Web 的三层结构的软件设计开发模型的关键是要考虑它的并发性。本文提出一种基于分层 Petri 网的 Web 软件开发模型。该模型对基本有限自动机进行了扩充;将扩充后的有限自动机转换为分层状态图;根据分层状态图转换成为多功能视图;在此基础上进行软件开发。最后将这个模型发展成为分层 Petri 网模型,使模型更具描述能力。利用这个开发模型可以方便地进行需求分析和描述;只需开发功能子服务组件或模块,便可进行新的软件开发、系统扩充以及后来的系统重构。

关键词 软件开发模型,有限自动机,软件 workflow,分层状态图,重构

A Developing Model for Software Workflow Based Hierarchical Petri Net

Ao Limin^{1,2} Wang Shu-Da¹ Guo Yong-Hong³

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)¹

(Department of Information Engineering, Northeast China Institute of Electric Power Engineering, Jilin, 132012, China)²

(College of Economic Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)³

Abstract There are many models of software developing. The key to the software-developing model of three-hierarchy structure based on Web is to consider its concurrency. A kind of Web models of software developing based on hierarchical Petri Net is introduced. The model extends finite automaton, converts the extended finite automaton into hierarchical state charts, then into multi-function views; according to which software development is processed. Last the model is extended to model of hierarchical Petri Net, which has more ability of description. It is convenience to make requirement analysis and description with the model. The used the model only needs to establish separate component or sub modules for software development, system extension and subsequent system refactoring.

Keywords Model of soft developing, Finite automaton, Software workflow, Hierarchical petri net, Refactoring

1 引言

在智能 Web 系统的开发过程中,需求分析的描述方式很多。企业软件工作流子系统在信息系统中占有一定的数量。文[1]给出了一种基于规则和属性的层次状态机模型。本文将模型扩展并改进,用于 B/S 方式的企业软件工作流问题的设计方案描述和后来的开发模型。该模型描述了网络中的并发软件工作流程。作为描述模型,这种图示描述的方式概念清晰,很容易被用户理解;作为开发模型,又可以很方便地转换成等价的多功能视图。在多功能视图下,开发一个可重用的职能/服务型事件驱动软件工作流程序模型系统的程序框架。在这个框架下,面向多功能视图进行系统的模块或组件开发,之后快速完成整体系统的整合。

为了能够介绍基于分层 Petri 网的软件 workflow 开发模型,首先介绍基于有限自动机的软件 workflow 开发模型。后一种模型是建立在前一种基础之上的。

2 基于有限自动机的软件 workflow 开发模型

针对需求分析和需求描述形式构建一个模型开发通用的程序框架,使需求分析描述和开发模型直接相连。

2.1 分层状态图

确定有限自动机的定义描述了一个有向转换图。需求分析时用状态描述某一时刻系统的相关环境;用转换函数描述系统的状态迁移。系统从初始状态到终止状态是一个任务的执行过程。终止状态所代表的是任务执行之后的结果。

与职能相关的工作、工作对象以及工作顺序的

敖丽敏 博士生,教授,主要研究方向:计算机软件、计算机在电力系统中的应用。王树大 本科生,主要研究方向:计算机软件程序设计。郭永洪 博士生,主要研究方向:信息管理与信息系统。

安排,是企业工作常见的工作流程。要对每一步工作任务描述。任务称为服务。服务描述包括的元素有:(部门;人员/职能;服务的条件;服务)。服务的条件是系统当前状态的描述。人员和部门函数依赖职能,职能与服务相关。将职能与服务“绑定”作为影响系统“状态”的“函数”;将系统能够进行服务的基本条件描述为系统状态。职能与服务“绑定”成为事件或综合服务,简称服务。系统可用扩展有限状态自动机描述,称之为扩展状态图。

定义1 扩展状态图定义为九元组: $SM = \langle S, M, J, s, C, \alpha, \beta, F, T \rangle$

S : 状态集 M : 职能集 J : 事件/服务集
 s : $\in S$ 初始状态 C : 条件 F : 失败终态集
 T : 成功终态集 $\alpha: M \rightarrow J$ $\beta: S \times \alpha \times C \rightarrow S$

其中, $\alpha: M \rightarrow J$, 表示某职能具有处理某事务的能力(权力), $\beta: S \times \alpha \times C \rightarrow S$, 表示的是动态系统的状态迁移, 在 $s(\in S)$ 状态下当满足 $c(\in C) = T$ 时, $m(\in M)$ 职能执行 $j(\in J)$ 服务, 之后转移到另外一种状态。初始状态标为: +, 终止状态标为: -。

复杂的扩展状态图会有许多状态具有某些相同属性。根据这些状态的共性进行层层综合, 用分层状态图来描述。将具有某种共同属性的状态集定义为超状态; 同时构成此集合的元素仍然可以是状态集。状态图类似于文[2]介绍的分层状态图, 状态集之间不包含交叠。分层状态图与原扩展状态图等价。

对模型自环问题进行改进, 引进一种终止状态称为自环状态, 这是伪终止状态。服务完成后不发生状态迁移。这种状态标记为: *。在不发生混淆的情况下仍称之为分层状态图。

2.2 系统开发模型

在分层状态图下进行系统开发, 要将分层状态图转换成多功能视图的过程是将分层状态图“展平”的过程。

任务视图如表1所示。总服务号是关键字。描述的不是直接的 $\beta: S \times J \times C \rightarrow S$ 。总服务号对应指定的服务; 状态值对应总服务号的服务执行之后事物所处的状态; 后继状态组是状态值所有可能的后继状态的集合; 附加条件是当前服务能够执行的必备条件。当出现自环且进入状态的服务与自环服务不同的情况下, 自环服务的后继状态组中标以 * 号。

表1 任务视图

总服务号	状态值	后继状态组	附加条件	服务文字说明
------	-----	-------	------	--------

职能/服务即综合服务视图如表2所示。职能/服务视图描述的是 $\alpha: M \rightarrow J$ 。每一个职能对应一个职能/服务视图。服务号是本职能的所有服务的关键字。服务参数组是服务过程对应的标识和携带的一组参数, 其描述如表3所示。

表2 职能/服务视图

服务号	服务名称	服务标识	服务参数组
-----	------	------	-------

表3 服务参数组

总服务号	参数1	参数2	参数3	...
------	-----	-----	-----	-----

限于篇幅, 可重用的框架程序的实现算法与算法框图略。

3 基于分层 Petri 的软件 workflow 开发模型

分析改进分层状态图的开发模型, 注意到有一个特点: 从一个状态经过一个事件迁移到的后继状态唯一。也就是说在给定的状态下, 经过一个事件只能到达一个确定的后继状态。如果在给定的状态下经过一个事件, 在这个事件的处理中得到的结果影响将要到达的后继状态时, 也就是说一个状态的后继状态不完全依赖于它的前驱状态, 而是前驱状态和事件处理的结果共同来决定的就有些问题。基于分层 Petri 网的软件 workflow 开发模型就是针对这个问题提出来的。下面所述包括: 状态图到标记图的等价; 从标识图到 C/E 图的扩充; 最后介绍分层 Petri 的软件 workflow 开发模型。

3.1 从状态图到标记图^[3]

定义2 设 $\Sigma = (S, T, F, M)$ 为一个 EN 系统, 我们称 Σ 为一个标记图, 如果: (1) $\forall e_1, e_2 \in T$, 有 $e_1 F^* e_2$ 成立, 其中 F^* 表示有限多条弧 $f \in F$ 的顺序连接。这个性质表示从 e_1 有一条正向通路通向 e_2 ; (2) $\forall a \in S, |^* a| = |a^*| = 1$, 表示任何条件元素 a 都只有一条入弧和一条出弧。

注意, 限制了条件元素的出入弧的数目并不等于限制事件元素出入弧的数目。如图1便是一个标记图。

同时, 由于条件元素的出入弧数限制为1, 就可以把原来位于条件中的标码看成是位于该条件所在的弧上, 因此有可能从网中取消所有条件, 把标码看成是流动于弧之上的, 于是图1就变成了图2, 又称为同步图。

将标码看成事件, 同步图就类似与状态转换图。在某种意义上, 同步图与状态转换图等价。由定义3得知, 如果将事件用于标记图中的 S 集来描述, 状态转换图就转换为标记图。

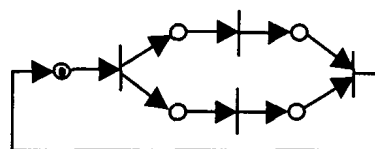


图1 标记图

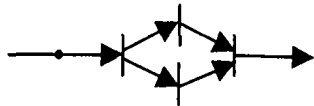


图2 同步图

3.2 从标记图到 C/E 图^[3]

定义3 $\Sigma=(S,T,F,C)$ 称为一个条件/事件系统,或简称 C/E 系统,如果

- (1) (S,T,F) 是一个网;
- (2) C 是一个标记集合,若 M_1 和 M_2 为 C 中的任意两个标记,则定有一广义步序列 $g_1g_2g_3\cdots g_n$,使得 $M_1g_1g_2g_3\cdots g_n > M_2$ 。这里的广义步 g_i 指的是一个普通的步 s ,或普通步的逆 s^{-1} 。逆就是倒着走,回到一组并发事件点火以前的标记;
- (3) 对 T 中任一事件 e ,必存在 C 中的一个标记,使 e 在此标记下能点火。

取消上述定义3条件(2)中广义步 g_i 中的普通步的逆 s^{-1} 。这个系统是 Petri 网中最重要的一种。将此系统与3.1小节的标记图对比,C/E 系统就是扩

展的标记图,也可以说标记图是受限的 C/E 系统。此时 C/E 系统中的 S 和 T 分别用于描述状态图中的状态和事件。

3.3 分层 Petri 网的软件 workflow 开发模型

C/E 图具有很好的性质。与分层状态图一样的原因,为了描述方便以至于后期的模型化简和分析,将 C/E 系统分层描述形成分层 Petri 网。以这样一个分层 Petri 网的软件 workflow 开发模型进行基于 Web 的应用系统开发,比用改进分层有限状态图模型更具描述能力。利用此模型可以解决第3节中描述的问题。将在第4节中用例子详细说明本模型。

4 实例

这里给出服务于电力系统的变电一种工作票开发实例。在改进分层有限状态图模型中调研分析阶段给出的扩展有限自动机如图3;分层状态图、改进分层状态图略;状态控制表、职能/服务表略。为了清晰,在图中省略了“职能”和“附加条件”。

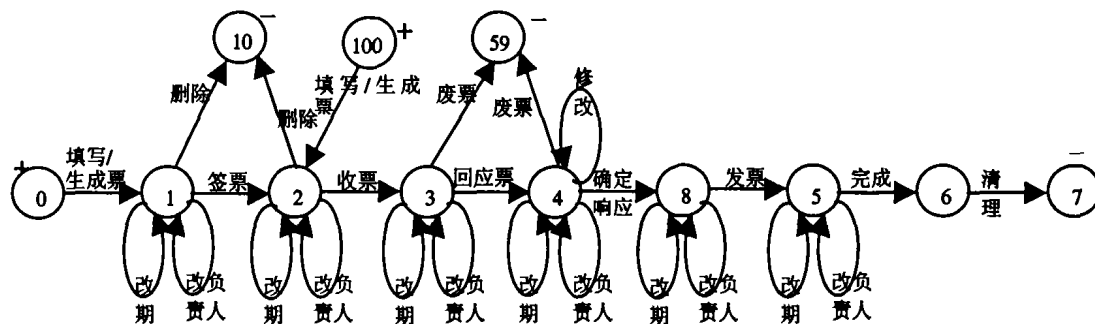


图3 扩展有限自动机

在基于分层有限自动机模型中“填写/生成票”和“填写/生成票并签票”是在两个服务中完成的。每完成一项服务之后转向一个确定状态。在基于分层 Petri Net 软件 workflow 开发模型中将二者合二为一。使得服务之后根据需要转向不同的状态。“回应票”和“修改应票”“合成”为一个服务,扩展和改进分层 Petri 网如图4,5。分层 Petri 网略。

在基于分层 Petri 网软件 workflow 开发模型中建立一张事件控制表,本例子所对应的事件控制表如表4。事件控制表比分层状态图方法中的状态控制表要简单得多。在这里假定任何服务的出口是有顺序的,后继状态的确定是与出口顺序号对应的。如果形式化工作做得更细的话,事件控制表中可以包含转向控制的逻辑表达。

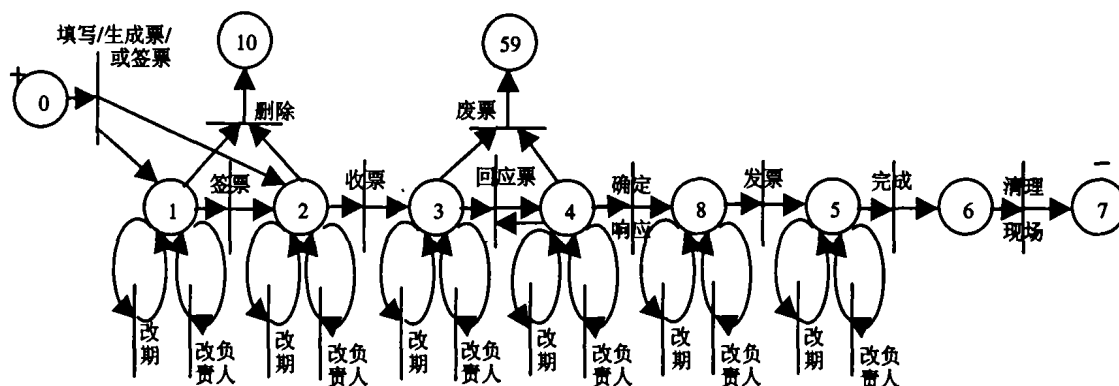


图4 扩展 Petri 网

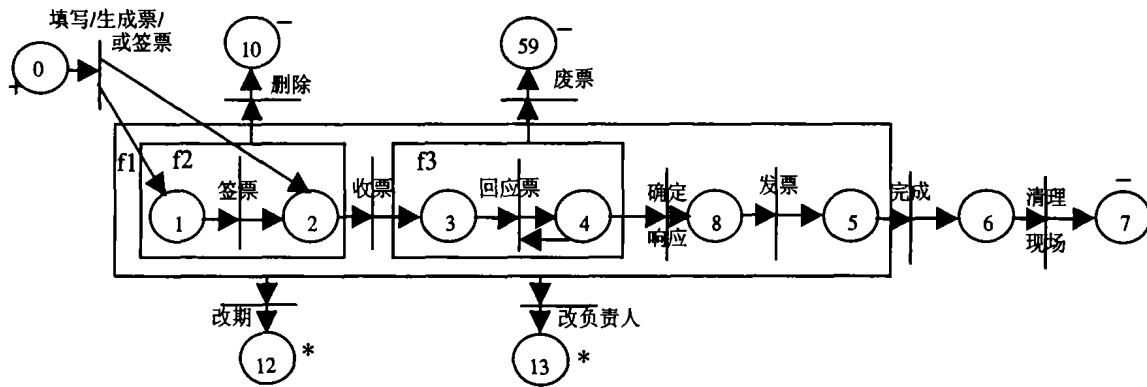


图5 改进分层 Petri 网

在表4中,服务后继状态组中的*号仍然是服务之后回到原状态的意思。在0号服务的后继状态有两个,意思是0号服务有两个出口,第一出口转到服务后继状态组中的第一个状态,这里是1状态;第二出

口转到服务后继状态组中的第二个状态,这里是2状态。3号服务的前驱状态有两个,表示在那两个状态下都可以进入3号服务,服务只有一个出口,之后均转入其后继状态。10和59号服务与3号服务类似。

表4 事件控制表

服务号	服务前状态值	服务后继状态组	附加条件	状态文字说明
0	*	1 2	1	负责人或签发人\$ (填票/生成票)或(填票/生成票并签票)
1	1	2	1	签发人\$ 填票/签票
2	2	3	0	值班负责人\$ 收票
3	3 4	4	1	许可人\$ 回应票
4	8	5	0	许可人和负责人\$ 发票
5	5	6	0	许可人和负责人\$ 完成工作签字
6	6	7	0	许可人和值班员\$ 清理现场
7	4	8	0	值班负责人\$ 确认回应
8	1 2 3 4 5 8	*	1	签发人\$ 更改工作负责人
9	1 2 3 4 5 8	*	0	签发人\$ 工作票改期
10	1 2	10	0	签发人\$ 工作票删除
59	3 4	59	0	签发人\$ 票作废

5 模型分析与进一步的研究

在基于有限自动机的软件工作流开发模型中,引进了“状态值”这个全局变量作为描述动态系统的“事实”集合;每一个服务都是对系统的“事实”发生影响的函数。这个模型描述能力介于状态转换图与 Petri 网之间。模型的优点是系统简单实用。分层 Petri 网软件工作流开发模型描述能力强于有限自动机的模型。描述也比较简单,但在实现上要求对事务处理进行形式化。这项工作要复杂一些。B/S 工作模式在多样化和不断变化的企业运行方案下,开发、完善、扩充以及重构系统的工作经常发生。构建具有适应能力较强的开发工具是快速适应这种变化的途径。

进一步的工作是开发一个建立在分层 Petri 网软件工作流开发模型上的开发工具。构成一个完整

的软件工作流系统需求分析和开发的工具。

结语 用基于分层 Petri 网软件工作流开发模型可以方便地进行大型企业信息化建设的设计和开发。在基于 Web 的电气工作票系统开发过程中,利用基于有限自动机的软件工作流开发模型收到了良好效果。基于分层 Petri 网软件工作流开发模型具有更强的描述能力。它的使用会在网络应用系统的开发工作中发挥作用,具有实际意义。

参考文献

- 1 毋国庆,胡春丽,蔡持峰,何峰. 面向嵌入式实时系统的需求模型[J]. 计算机工程与科学. 1999, (A1): 83~88
- 2 Harel D. The STATEMATE Semantics of Statecharts. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, Oct. 1996, 5(4): 293~333
- 3 陆汝钊. 计算机语言的形式语义. 北京:科学出版社. 1990:71~80