

基于有向图的工作流模型的研究

陈 张, 赵卫东

(同济大学 CAD 中心, 上海 200092)

摘 要: 工作流模型的建立是工作流管理系统中非常重要的一步, 关系着工作流管理系统实施的成败。文中首先分析了基于 IPO 图的有向图工作流模型, 并在其基础上运用面向对象的思想提出了基于活动节点和有向连接弧的有向图模型。接着分析了这种模型的特点, 结合 XML 技术给出了该模型的 XML 文件定义, 通过具体的实例说明了该种模型的可扩展性和可维护性, 可以有效解决一些流程描述中的难点, 并给出了流程描述难点如联合审批和回退机制的支持和解决方案。最后结合了电子文件的申请浏览流程的例子说明了该模型定义在实际流程中的有效运用。

关键词: 工作流建模; IPO 图; 有向图

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2006)04-0069-04

Directed Graphic - Based Workflow Model Research

CHEN Zhang, ZHAO Wei-dong

(CAD Center, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The workflow model is a very important part of workflow management system. It can bring success to it or not. Analyzes the the directed-graph model based on IPO graph, then brings out the research of the directed-graph model based on activities and directed arcs using the object-oriented method. Then gives the traits of this model. An XML file is given according to the definition of this model. Explain the expansibility and maintenance of this model by some material examples. It can resolve some difficulties effectively in the flow description. Also overcome the difficult questions such as united checking and returning mechanism during the course of the running of workflow. At last, an example of the applying view course of the electronic files is introduced to explain the concrete application of this model.

Key words: workflow model; IPO graph; directed graph

0 引 言

信息技术的发展推动了企业信息化的进程, 信息管理系统在企业的运作和发展中占据着越来越关键的作用。为了适应企业的信息化管理, 企业纷纷进行业务重组, 并在重组过程中促进了工作流技术的发展。

在对企业的业务流程实施工作流管理的过程中, 首要的任务即是建立与业务流程相对应的流程模型, 即工作流建模^[1,2]。该模型建立的好坏直接影响整个工作流管理系统的可维护性和扩展性。

文中对如何有效地建立流程模型进行了研究, 在对已有的基于有向图的工作流模型进行仔细分析的基础上, 给出了基于活动节点和有向连接弧的有向图模型的具体过程定义。分析该模型的利弊, 并在实际的企业业务流程的重组过程中, 对如何利用该模型进行有效建模等等的问题进行了阐述。

1 基于有向图的工作流建模

1.1 基于 IPO 图的工作流模型

有向图工作流模型是一种被广泛采用的流程定义模型。它是一种基于活动的 IPO(输入—处理—输出)的模型^[3]。

输入: 是保证活动节点开始的物质条件。每个活动节点的输入都是有条件的, 只有当这些条件都满足的时候, 控制流才能到达该活动节点。

活动节点: 表示业务流程描述中的任务或者状态, 一个需要由一些相关资源处理或者由计算机应用程序处理的任务。同时活动节点也包含用户组织结构如用户角色等信息, 还有别的一些流程执行时的相关数据, 甚至可能是子流程节点。

输出: 即是活动节点的执行结果, 下一个活动节点的输入。

IPO 图是以活动节点或任务状态为主线, 把输入、输出都看作活动节点的一个附属条件, 有了这些附属条件, 业务流程才得以在各个不同节点之间流转。

下面提出一种新的基于活动节点和有向连接弧的有向图模型的流程定义方法。

收稿日期: 2005-07-26

作者简介: 陈 张(1981-), 男, 安徽滁州人, 硕士研究生, 研究方向为图形图像处理及计算机辅助设计; 赵卫东, 研究员, 博士生导师, 研究方向为计算机辅助设计。

1.2 基于活动节点和有向连接弧的有向图工作流模型

和基于 IPO 图的有向图模型相比,将有向图看作由两部分组成——活动节点和活动节点间的相互关系即有向连接弧,在进行流程定义时,将活动节点和有向连接弧作为两个独立的对象。如图 1 所示。

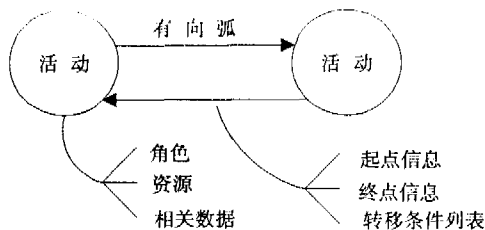


图 1 基于活动节点和有向连接弧的有向图模型

活动节点:与基于 IPO 图的有向图模型相似,也是指业务流程的任务节点或者子流程节点。

有向连接弧:将连接两个活动节点之间的有向连接弧当作一个独立的有形实体来处理,在描述该连接弧时可以有这样几个属性。

(1)起始节点:即有向连接弧的箭尾方向所指节点。表示该有向弧的响应事件源节点。

(2)终止节点:即有向连接弧的箭头方向所指节点。表示该有向弧的流向节点。

(3)转移条件列表:列举了所有由起始节点转移到终止节点时需要满足的条件。

1.2.1 流程定义中的关键思想

针对上面描述的有向图模型,运用面向对象的思想对流程进行定义,将活动节点和有向连接弧分别作为一个对象来建模,即首先通过业务流程分析,将业务流程中的每一个状态对应于有向图模型中的一个活动节点^[4]。有向连接弧定义了活动节点之间的流转逻辑。每个活动节点都有一组属性,这些属性包括用户组织结构、与该活动节点相关的资源和流程执行时所需要的相关数据。每条有向连接弧也有一组属性,如使得活动节点可以顺着该弧进行流转的条件等。

下面给出了基于该种工作流模型的流程定义的 XML 文档^[5]。

```
<? xml version="1.0">
<Workflows>
<!-- 整个流程定义的相关数据 -->
<RelevantDats>
</RelevantDats>
<Workflow id="">
<!-- 特定流程定义的相关数据 -->
<RelevantDats>
<CurrentNode>
当前流程所处节点的 id
</CurrentNode>
</RelevantDats>
<!-- 活动节点的定义 -->
</Nodes>
```

```
<Node id="">
<Name>
活动节点的名称
</Name>
<Role>
活动节点的角色属性
</Role>
<IsLastNode>
是否为结束节点
</IsLastNode>
...
<Description>
活动节点描述信息
</Description>
</Node>
...
<!-- 子流程 -->
<Subflow>
...
</Subflow>
</Nodes>
<!-- 有向连接弧的定义 -->
<Links>
<Link>
<Head>起始节点的 id</Head>
<Tail>终止节点的 id</Tail>
<!-- 节点由起始节点到终止节点的转移条件 -->
<!-- 有向连接弧的定义 -->
<Conditions>
<!-- 并行条件 -->
<Parallel>
<Condition>
<Para_Name></Para_Name>
<Para_Type></Para_Type>
<Para_Value></Para_Value>
</Condition>
...
</Parallel>
<!-- 串行条件 -->
<Condition>
<Para_Name></Para_Name>
<Para_Type></Para_Type>
<Para_Value></Para_Value>
...
</Condition>
</Conditions>
</Link>
...
</Links>
</Workflow>
<!-- 另外一个流程定义 -->
<Workflow id="">
```

```

...
</Workflow>
<!-- 用户角色定义,适用与所有流程 -->
<Roles>
  <Role id="">
    <Name></Name>
    <Description></Description>
    ...
  </Role>
  ...
</Roles>
...
</Workflows>

```

上述流程定义文档具有以下几个特点:

a. 流程是基于有向连接弧来流转的,活动节点的改变不影响有向连接弧的定义,它的方向反映了流程流转所经过的节点的顺序。

b. 用户角色独立出来,可以供所有的流程定义所引用。

c. 定义流程转换时的条件信息,考虑到流程定义的多种可能性,定义了两种条件:一是串行执行的条件即必须要满足的条件;二是并行执行的条件即几个需要满足的条件中只要有一个条件满足即可。

d. 可以按照业务流程执行过程需要,对流程的相关数据进行方便的增删。增强了流程定义可扩展性,适应了企业业务流程不确定和多变的特点。

下面给出基于该有向图模型的流程定义的一些例子。

(1) 增加新节点的处理。

只需在流程定义<Nodes></Nodes>之间增加一个节点,再在<Links></Links>之间增加该节点与原有节点之间的有向连线即可。

(2) 更改节点间的流转逻辑的处理。

只要更改 Link 的起始节点和相关条件即可实现业务流程的重新定义。

(3) 联合审批的处理。

联合审批是常见的一种流程实例,也是工作流流程定义的一个难点。它指某一任务需要两个活动节点来共同完成。如图 2 所示。

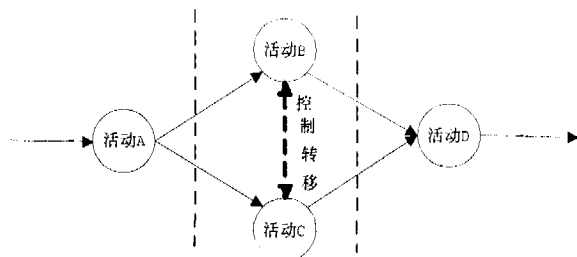


图 2 联合审批图例

当活动 A 完成以后,控制流同时转向了活动 B 和 C,这样 B 和 C 同时拥有了处理任务的权限,只有当 B、C 同时处理了任务,控制流才会继续转向 D(这里先不考虑任

务回退的情况)。

这里考虑这样一种情况。由于 B 和 C 处理任务时间上的不确定性,控制流存在着在 B 和 C 之间流转的可能。于是任务的处理流程有以下 3 种可能:

1) A→B→C→D

这种情况是在任务由 A 到达 B、C 后,B 先对任务进行了处理,在保存了处理结果后,控制流由 B 转到 C,再由 C 处理任务,并最终转到 D。

2) A→C→B→D

这种情况同 1) 类似,所不同的是 C 先于 B 对任务进行了处理,C 在参照了 B 的处理结果后将控制权传递给了 D。

3) A→(B,C)→D

这种情况是所不希望出现的。因为它可能会导致死锁,使得控制流无法在节点间正常流转。即 B 和 C 同时对该任务进行处理,同时提交了自己的处理结果。而 B 在提交时希望参照 C 的处理结果,发现 C 还未提交,于是将控制流传递到 C;C 在提交时希望参照 B 的处理结果,发现 B 还未提交,于是将控制流传递到 B。这使得控制流始终无法传递到 D,导致死锁。

为了解决这个问题,需要对联合审批的任务加“排他锁”,在其中一个用户处理任务时,拒绝其他用户的处理请求。

这里只考虑了两个节点对任务进行联合审批的情况,当有超过两个节点联合审批时,就需要为每个处在联合审批中的活动节点维护一个所有该联合审批的其他节点集合,当某一节点处理完后,需要将自己的处理结果通知所有集合中的其他节点。

一个简便的实现方法是在流程定义的相关数据里申请一些流程全局变量,用来存储联审节点的处理结果。当控制流传递到某一联审节点时,该节点将自己的处理结果存储在相应的全局变量里。

(4) 流程回退的处理。

在流程逻辑的流转过程中,还会有流程回退的时候,比如在公司请假流程的流转中,经理不同意员工的请假申请。此时的流程控制流就要回退到员工节点。为了处理这种回退机制,定义了“任务层”的概念,它代表了任务处理的一个阶段,每个节点都有一个“任务层”属性,指示该节点所在的“层”,即任务处理阶段。除了联合审批节点外,流程的流转逻辑都是发生在两个“任务层”之间。如图 3 所示。

流程前进中,节点只能一步一步推进,即只能前进到下一相邻“任务层”的节点,如节点 B 到 F, F 到 R,而在流程的回退中,高“任务层”节点可以回退至所有的低“任务层”节点,而且在回退中需要临时决定具体回退至哪一“任务层”节点。即图中虚线表示的流转逻辑在实际的建模过程中是不需要定义的,而是默认的,在实际的流程执行时再由用户临时指定一条回退路线。这一点很有意义。比

如说一个起草文件的流程,可能的流程是:草拟文件 -> 项目组长意见 -> 项目经理审核 -> 部门经理审核 -> 总经理审核,在总经理要求重新起草文件时,他只需选择将文件回退至起草员,而不需要一步一步地依次按原审核路线退回。

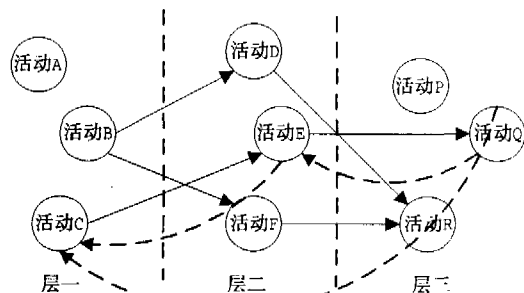


图 3 流程回退图例

1.2.2 模型的优缺点

●该模型具有以下优点:

(1)业务流程描述简单、清晰,可以通过建模更好地理解企业的业务需求。

(2)过程描述具有高度的可配置性,易维护,扩展性强,可以很好地适应中小企业业务流程多变性的特点。

(3)为流程定义中的一些难以描述、难以建模的过程给出了一个行之有效的解决方案。增强了流程定义的使用范围。

●当然也由一些缺点,具体表现在:

(1)用户角色等组织结构只是作为活动节点的属性出现,弱化了流程角色间的相互作用关系。

(2)将子流程节点当作一个完整的流程来定义,忽略了两者的区别。对子流程节点的定义有待改进。

2 有向图 workflow 模型的应用

下面以笔者参与的电子档案管理系统中电子文件的申请浏览流程为例,来说明基于活动节点和有向连接弧的有向图模型在实际中的应用。

●电子文件浏览申请流程有以下 4 个步骤:

(1)项目设计人员填写申请表,提出申请某一电子文件的查阅权限。

(2)项目审批人给出审批意见,审批同意则该申请单继续提交,否则返回(1)并附有审批意见。

(上接第 68 页)

文中 LPCC 分量的相对重要性是通过相邻若干分量的组合得到的,不能推广到不相邻分量组合的情况。对于 LPCC 的各个分量做出了定量的分析,得到了一个平均贡献序列,此序列可以作为 WDMVQ 权值分配的依据。

参考文献:

[1] Rabiner L, Juang B H. Fundamental of Speech Recognition [M]. New York: Prentice Hall, 1993.

(3)项目经理给出审批,过程同(2)。

(4)部门主管审批,审批同意则流程流转结束,赋予申请用户浏览电子文件的权限,否则退回。

●按照上面的步骤进行流程定义,分以下几步:

1)建立流程活动节点。

这里建立 4 个活动节点,名称依次为:项目设计人员申请单,项目审批人审批,项目经理审批,项目主管审批。

2)建立有向连接弧。

按照实际的流程流过程,建立相应的有向连接弧,这里的流转条件也比较简单,仅仅是同意或者不同意。有一点需要注意,就是在项目经理审批时,可能会出现联合审批的情况,这时还要定义存储审批意见的全局变量。

3)定义用户的权限。

4)将用户的权限加到流程的活动节点中。

这样,一个流程定义就基本上定义完成了。当然这只是针对于相对简单的流程而言,稍微复杂的流程还需要考虑到诸如节点资源库和流程执行的一系列定义过程,还有子流程的一些流转处理问题等等。

3 结束语

通过对基于有向图的建模方式的研究,提出了一些改进,并提出了基于活动节点和有向连接弧的有向图建模的方法。该过程建模对诸如联合审批和流程回退机制都有很好的支持。并很好地应用于项目开发中,取得了一定的效果。工作流建模是工作流管理系统中非常重要的一步。模型建立的好坏直接关系到工作流管理系统的实施的成败,因此还需要做更深层次的研究。

参考文献:

[1] Workflow Management Coalition. Workflow Standard - Interoperability Abstract Specification. Version 1.0[S]. 1996.
[2] Workflow Management Coalition. The Workflow Reference Model. Version 1.1[Z]. 1995.
[3] 罗海滨,范玉顺,吴澄.一种面向企业用户的工作流模型[J].计算机集成制造系统-CIMS,2000,6(3):55-61.
[4] 金字,周良,丁秋林.基于活动网络图的工作流建模工具的设计与实现[J].航空计算技术,2003,33(1):48-51.
[5] 谈贤芳,刘鲁源.一种基于 XML 的工作流过程模型的实现[J].控制工程,2003,10(3):198-200.

[2] 蔡莲红,黄德智,蔡锐.现代语音技术基础与应用[M].北京:清华大学出版社,2003.

[3] 杨行峻,迟惠生.数字语音信号处理[M].北京:电子工业出版社,1995.

[4] Knedera N, Arai T, Hermansky H, et al. On the Importance of Various Modulation Frequencies for Speech Recognition[A]. In: Proceedings of EUROSPEECH[C]. Rodos, Greece: [s. n.], 1997.

[5] 王吉林.利用矢量量化的说话人识别系统的研究[J].安徽工业大学学报,2005,22(3):282-285.